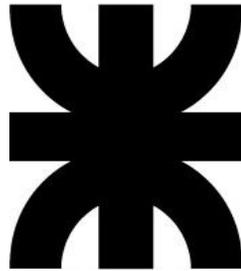


MAROTTE MATÍAS DANIEL



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Reconquista

PROYECTO FINAL DE CARRERA

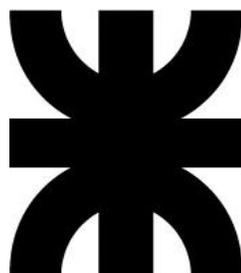
CÁLCULO Y DISEÑO DE UN LABORATORIO DE MEDICIONES Y MANIOBRAS
ELÉCTRICAS

RECONQUISTA

2019



MAROTTE MATÍAS DANIEL



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
Facultad Regional Reconquista

PROYECTO FINAL DE CARRERA

**CÁLCULO Y DISEÑO DE UN LABORATORIO DE MEDICIONES Y MANIOBRAS
ELÉCTRICAS**

Proyecto Final presentado en cumplimiento a las exigencias de la carrera Ingeniería Electromecánica de la Facultad Regional Reconquista.

Asesores:

Ing. Cabás Franco

Ing. Cendra Claudio

RECONQUISTA

2019



AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi abuelo, abuela y tíos. Me mostraron todo su apoyo y amor siempre en todos estos años de trayectoria universitaria, haciéndome sentir cerca de mi hogar.

Gracias a mi familia, padre, madre, hermanos y sobrinas. A pesar de la distancia que separa las provincias de Santa Fe y Santa Cruz, siempre me brindaron su apoyo incondicional, amor y cariño. Sin ellos no hubiese sido posible enfocarme en la carrera.

Gracias a todos mis amigos, los de mi juventud y los que gratamente me ha cruzado la vida en estos años universitarios en la ciudad de Reconquista, haciéndome formar parte de sus vidas y abriéndome las puertas cada vez que los necesite. Sin ellos no hubiese sido posible continuar en los momentos más duros.

Gracias a todos los compañeros y estudiantes de la UTN FRRq, por compartir momentos inolvidables.

Gracias al Ingeniero Cendra Claudio, y al Ingeniero y gratamente amigo Cábas Franco, por dedicarme su tiempo y brindarme siempre predisposición para la confección de este proyecto.

Gracias a todos los profesores de la UTN FRRq que me han formado como profesional y como persona. Les agradezco no sólo por el conocimiento, sino por los consejos y la buena predisposición. Entre ellos me llevo referentes y amistades.

Gracias a la UTN Facultad Regional Reconquista, por abrirme sus puertas y lograr ser un orgulloso egresado de la universidad pública.



ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| OBJETIVOS..... | 13 |
| Objetivos generales..... | 13 |
| Objetivos específicos..... | 13 |
| CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN | 15 |
| 1.1 - Características edilicias generales..... | 15 |
| 1.1.1 - Características del local..... | 15 |
| 1.1.2 - Ubicación y acceso..... | 15 |
| 1.1.3 - Características generales | 16 |
| 1.1.4 - Suelo..... | 16 |
| 1.1.5 - Acabado..... | 17 |
| 1.1.6 - Dimensiones | 17 |
| 1.1.7 - Ventilación | 17 |
| 1.1.8 - Carpintería..... | 18 |
| 1.1.9 - Defensas del transformador..... | 19 |
| 1.1.10 – Defensa del centro de transformación | 19 |
| 1.2 - Instalación eléctrica..... | 19 |
| 1.2.1 - Red de alimentación | 20 |
| 1.2.2 - Selección de conductores | 20 |
| 1.2.3 - Características de la aparamenta de Media Tensión/Baja Tensión..... | 20 |
| 1.2.3.1 – Sector de centro de transformación tipo interior | 20 |
| 1.2.3.2 – Sector de ensayos con transformadores..... | 21 |
| 1.2.3.3 – Sector de partes del transformador | 23 |
| 1.3 - Seguridad de la Instalación | 24 |



| | |
|---|-----------|
| 1.3.1 - Medidas de seguridad..... | 24 |
| 1.3.2 - Distancias de seguridad utilizadas | 25 |
| CAPÍTULO 2: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN..... | 26 |
| 2.1 - Elementos seleccionados..... | 26 |
| 2.2 - Protección..... | 28 |
| 2.3 - Ensayos | 28 |
| CAPÍTULO 3: ENSAYOS A TRANSFORMADORES | 30 |
| 3.1 - Selección de transformadores..... | 31 |
| 3.2 - Conexiones entre los transformadores | 31 |
| 3.2.1 - Conexión estrella – triángulo | 31 |
| 3.2.2 - Conexión triángulo – estrella | 32 |
| 3.2.3 - Conexión estrella – estrella | 33 |
| 3.2.4 - Conexión triángulo – triángulo | 34 |
| 3.2.5 - Conexión de triángulo abierto..... | 34 |
| 3.3 - Tablero de ensayos..... | 35 |
| 3.4 - Elementos de la mesa de mediciones del laboratorio..... | 35 |
| CAPÍTULO 4: PARTES DE UN TRANSFORMADOR | 38 |
| 4.1 - Partes constructivas de un transformador..... | 39 |
| 4.1.1 - Núcleo | 40 |
| 4.1.2 - Devanados | 40 |
| 4.1.3 - Sistema de refrigeración..... | 41 |
| 4.1.4 - Bornes de alta y baja tensión..... | 42 |
| 4.1.5 - Tanque, cubierta o cuba | 42 |
| 4.1.6 - Depósito de expansión | 42 |
| 4.1.7 - Relé de sobrepresión | 42 |



| | |
|--|-----------|
| 4.2 - Emplazamiento..... | 43 |
| 4.3 - Ensayo | 43 |
| CAPÍTULO 5: CÁLCULOS | 44 |
| 5.1 - Cálculo de Ventilación del laboratorio | 44 |
| 5.2 - Cálculos de corrientes y selección de conductor de entrada | 47 |
| 5.2.1 – Corrientes y tensiones nominales | 47 |
| 5.2.2 - Selección del conductor | 48 |
| 5.2.3 - Cálculo de corrientes de cortocircuito..... | 49 |
| 5.3 – Cálculo de resistividad del terreno | 49 |
| 5.3.1 - Ensayo | 50 |
| 5.3.2 - Conclusión..... | 52 |
| 5.4 - Cálculo de red de puesta a tierra | 52 |
| CAPÍTULO 6: ENSAYOS PROPUESTOS..... | 53 |
| 6.1 - Laboratorio 1: Resistencia de aislamiento | 56 |
| 6.1.1 - Introducción | 56 |
| 6.1.2 - Valores mínimos de resistencia de aislamiento..... | 58 |
| 6.1.3 - Valores de tensión de prueba | 59 |
| 6.1.4 - Esquemas de conexión | 59 |
| 6.1.5 - Instrumentos a utilizar..... | 61 |
| 6.1.6 - Objetivo..... | 61 |
| 6.1.7 - Descripción del ensayo..... | 61 |
| 6.2 - Laboratorio 2: Resistencia óhmica de los devanados. | 64 |
| 6.2.1 - Introducción | 64 |
| 6.2.2 - Instrumentos a utilizar..... | 70 |
| 6.2.3 - Objetivo..... | 70 |



| | |
|---|----|
| 6.2.4 - Descripción del ensayo..... | 70 |
| 6.3 - Laboratorio 3: Relación de transformación..... | 73 |
| 6.3.1 - Introducción | 73 |
| 6.3.2 - Instrumentos | 74 |
| 6.3.3 - Objetivo..... | 74 |
| 6.3.4 - Descripción del ensayo..... | 74 |
| 6.4 - Laboratorio 4: Prueba de vacío. | 75 |
| 6.4.1 - Introducción | 75 |
| 6.4.2 - Instrumentos..... | 77 |
| 6.4.3 - Objetivo..... | 77 |
| 6.4.4 - Conexión | 77 |
| 6.4.5 - Descripción del ensayo..... | 77 |
| 6.5 - Laboratorio 5: Ensayo de cortocircuito..... | 79 |
| 6.5.1 - Introducción | 79 |
| 6.5.2 - Conexión | 80 |
| 6.5.3 - Instrumentos | 81 |
| 6.5.4 - Objetivo..... | 81 |
| 6.5.5 - Descripción del ensayo..... | 81 |
| 6.6 - Laboratorio 6: Estimación de pérdidas del transformador. | 83 |
| 6.6.1 - Introducción | 83 |
| 6.6.2 - Conexión | 83 |
| 6.6.3 - Instrumentos | 84 |
| 6.6.4 - Objetivo..... | 84 |
| 6.6.5 - Descripción del ensayo..... | 84 |
| 6.7 - Laboratorio 7: Análisis de armónicos. | 86 |



| | |
|---|-----------|
| 6.7.1 - Introducción | 86 |
| 6.7.2 - Conexión | 89 |
| 6.7.3 - Instrumentos | 89 |
| 6.7.4 - Objetivo..... | 89 |
| 6.7.5 - Descripción del ensayo..... | 89 |
| 6.8 - Laboratorio 8: Ensayos de conexiones de transformadores | 91 |
| 6.8.1 – Introducción..... | 91 |
| 6.8.2 – Conexión..... | 91 |
| 6.8.3 – Instrumentos | 91 |
| 6.8.4 – Objetivo | 91 |
| 6.8.5 – Descripción del ensayo..... | 92 |
| CAPÍTULO 7: LAYOUT ACTUAL DE LOS LABORATORIOS | 94 |
| 7.1 - Laboratorios en existencia..... | 95 |
| 7.1.1 - Laboratorio de Física..... | 97 |
| 7.1.2 - Laboratorio de Química | 98 |
| 7.1.3 - Laboratorio de Conocimiento de Materiales | 99 |
| 7.1.4 - Laboratorio de Caracterización de Materiales | 101 |
| 7.1.5 - Laboratorio de Hidráulica y Neumática | 101 |
| 7.1.6 - Laboratorio de Ensayo motor | 102 |
| 7.1.7 - Laboratorio de caldera..... | 102 |
| 7.1.8 - Laboratorio de Mecánica..... | 103 |
| 7.1.9 - Laboratorio de Suelos..... | 104 |
| 7.1.10 - Laboratorio Electricidad..... | 104 |
| 7.1.11 - Laboratorio de Fluidodinámica | 105 |
| 7.1.12 - GRUDIM..... | 106 |



| | |
|--|------------|
| 7.1.13 - Laboratorio de Automatización..... | 107 |
| CAPÍTULO 8: LAYOUT PROPUESTO..... | 109 |
| 8.1 - Criterios..... | 109 |
| 8.2 – Cambios propuestos..... | 110 |
| 8.2.1 - Laboratorio de Física..... | 110 |
| 8.2.2 - Laboratorios de Química, Conocimiento de materiales y Caracterización de materiales..... | 111 |
| 8.2.3 - Laboratorio de Ensayo Motor | 111 |
| 8.2.4 - Laboratorio de Mecánica..... | 112 |
| 8.2.5 - Laboratorio de caldera..... | 113 |
| 8.2.6 - Laboratorio de Suelos..... | 113 |
| 8.2.7 - Laboratorio Electricidad..... | 113 |
| 8.2.8 - Laboratorio de Fluidodinámica | 114 |
| 8.2.9 - GRUDIM..... | 114 |
| 8.2.10 - Laboratorio de Automatización..... | 115 |
| CAPÍTULO 9: PRESUPUESTO..... | 116 |
| CONCLUSIONES..... | 119 |
| PROPUESTAS SUPERADORAS | 122 |
| BIBLIOGRAFÍA | 124 |
| ANEXOS | 126 |
| ANEXO I: CÁLCULOS..... | 127 |
| ANEXO II: CATÁLOGOS | 128 |
| ANEXO III: ENSAYOS Y TRABAJOS PRÁCTICOS | 129 |
| ANEXO IV: INFORMACIÓN..... | 130 |
| ANEXO V: PLANOS..... | 131 |



LISTA DE PLANOS

| | |
|--|----------|
| Plano N°1 “Superficie UTN FRRq” | Pág. 131 |
| Plano N°2 “Ubicación Laboratorio Propuesto” | Pág. 131 |
| Plano N°3 “Edificio 1 Planta Baja” | Pág. 131 |
| Plano N°4 “Edificio 1 Planta Alta” | Pág. 131 |
| Plano N°5 “Edificio 2 Actual” | Pág. 131 |
| Plano N°6 “Edificio 3 Actual” | Pág. 131 |
| Plano N°7 “Edificio 4 Actual” | Pág. 131 |
| Plano N°8 “Edificio 5 Actual” | Pág. 131 |
| Plano N°9 “Laboratorio Propuesto” | Pág. 131 |
| Plano N°10 “Unifilar” | Pág. 131 |
| Plano N°11 “Fachada Edificio” | Pág. 131 |
| Plano N°12 “Edificio 2 Propuesto” | Pág. 131 |
| Plano N°13 “Edificio 3 Propuesto” | Pág. 131 |
| Plano N°14 “Puesta a Tierra” | Pág. 131 |
| Plano N°15 “Vista en Planta Laboratorio” | Pág. 131 |
| Plano N°16 “Edificio 5 Propuesto” | Pág. 131 |
| Plano N°17 “Detalles Constructivos Cerco” | Pág. 131 |
| Plano N°18 “Funcional Enclavamiento e Indicador” | Pág. 131 |
| Plano N°19 “Tablero de Ensayo” | Pág. 131 |
| Plano N°20 “Unifilar Alimentación Facultad” | Pág. 131 |



INTRODUCCIÓN

Los temas que se tratan en el presente proyecto, están dirigidos a una institución académica en particular, la Facultad Regional Reconquista, de la Universidad Tecnológica Nacional. La misma se encuentra ubicada en el Parque Industrial Reconquista, Calle 44 N°1000, de la ciudad de Reconquista, provincia de Santa Fe.

Este proyecto final de carrera consta de dos partes que están estrechamente relacionadas, y son, por un lado, el desarrollo de un laboratorio de electricidad para ensayos y maniobras con una construcción tipo centro de transformación, y por otro, el relevamiento de datos de los laboratorios en existencia para luego proponer un nuevo layout.

En la primera parte se propone un laboratorio cuyo diseño se realiza conforme la norma AEA N° 95.401 “Reglamentación sobre Centros de Transformación y Suministros en Media Tensión”, y respetando en todo momento la “Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo N° 19587”, la cual rige en todo el territorio nacional y proporciona las especificaciones a tener en cuenta para los trabajos con tensión. La construcción propuesta para este laboratorio, es de una subestación transformadora tipo interior, con espacios amplios, teniendo en cuenta que quienes concurren al lugar serán estudiantes que estarán en proceso de aprendizaje, con lo que ello conlleva. Será un centro de transformación construido a partir de celdas didácticas y un transformador didáctico propuesto por la empresa Schneider Electric. La tensión con la que trabajan estos equipos es de 400 V, con una relación de transformación 1 a 1, pero su construcción es para simular toda la aparamenta de 13.2 kV, razón por la cual todos los cálculos del edificio se realizan con dicha tensión.



Además, en el mismo edificio, se tendrá una mesa para realizar distintos ensayos con tres transformadores monofásicos de iguales características. Los transformadores estarán separados de la mesa de ensayo con la misma malla de protección de la subestación.

Y, por último, en cuanto a este laboratorio, se utilizará a un transformador de distribución de marca Tadeo Czerweny de 25 kVA y 33 kV/0.4-0.231 kV, el cual se tiene en las instalaciones de la facultad, para mostrar las partes constructivas del mismo. Para ello, se abrirá un lateral y se reemplazará por policarbonato, para así poder observar todo su interior.

Este laboratorio será utilizado por varias carreras que se dicten en la facultad debido a que, si bien está dirigida principalmente a estudiantes que cursen la carrera de grado “Ingeniería Electromecánica”, las instalaciones e instrumentos pueden ser utilizados por los estudiantes de carreras de pregrado como “Tecnatura en Seguridad e Higiene” o “Tecnatura en Mecatrónica”. Otorgando así un espacio para estudiar subestaciones transformadoras dentro de las instalaciones de la institución académica. Por otro lado, su uso puede ser extendido hacia otras facultades o instituciones que decidan realizar sus ensayos en las instalaciones de este laboratorio, o incluso por empresas de la región, para poder realizar capacitaciones de su personal en cuanto al manejo de subestaciones transformadoras.

Para la segunda parte de este proyecto, se recolecta información mediante encuestas a laboratoristas y profesores de cátedras, los cuales exponen sobre las necesidades y fortalezas de cada sector, aportando material de los ensayos realizados en cada laboratorio y propuestas propias a futuro para la expansión del espacio que les compete. Además, para tener en cuenta el presupuesto de la facultad y tener concordancia con los pensamientos de las máximas autoridades de la UTN FRRq, con el avance de este escrito, se les realizaron distintas consultas sobre los lineamientos, y las propuestas que se plantean.

Cabe destacar que, como parte de este proyecto, se propone un Anexo III “Ensayos y trabajos prácticos” en el cual se juntan todos los trabajos prácticos académicos, y distintos ensayos y protocolos realizados en los laboratorios, con el objetivo de tener un espacio de consulta sobre una información muy importante para la facultad.

Realizado el relevamiento de datos, se prosiguió a brindar una propuesta de distribución de los laboratorios en la facultad, junto con proyecciones de construcción edilicias mínimas



necesarias, atendiendo siempre al acotado presupuesto actual de las universidades públicas, considerada por quien escribe, como una de las mejores posibilidades para el crecimiento de los mismos, la correcta utilización de los espacios, el ordenamiento de los equipos y la movilización de estudiantes.



OBJETIVOS

Objetivos generales

Agregar un laboratorio de electricidad en la UTN FRRq con tres partes:

- A partir de la incorporación de equipamiento didáctico de la firma Schneider Electric, el cual consta de celdas de media tensión de 13.2 kV y de un transformador de 13.2/0.4-0.231 kV, se armará un centro de transformación tipo interior de 13.2/0.4-0.231 kV. La tensión de trabajo real es de 400V, con una relación de transformación 1 a 1 por parte del transformador, pero su constitución física es de un equipo de 13.2 kV.
- Utilizando una unidad transformadora de 33/0.4-0.231 kV con una potencia de 25 kVA, ya existente en la institución, se mostrará las partes constructivas del mismo.
- Con tres transformadores monofásicos de iguales características, se armará un laboratorio de ensayos.

Con el mismo se podrán llevar a cabo diferentes prácticas de todas las cátedras de orientación eléctrica, ampliando así el conocimiento y la visión del estudiante.

Además, realizar un reordenamiento y mejoras de los actuales laboratorios, y los más próximos a tener existencia física, proponiendo mejoras edilicias y utilización de los espacios actuales más eficientemente.

Objetivos específicos

- Ampliar las instalaciones del laboratorio de electricidad.
- Aportar un proyecto para el desarrollo de la facultad.
- Especificar el lugar de asentamiento de este nuevo laboratorio.



- Diseñar según las normas pertinentes.
- Aplicar las normas de seguridad e higiene pertinentes.
- Orientar el proyecto para la aplicación a todas las cátedras eléctricas y no eléctricas pertinentes.
- Hacer que el estudiante de la UTN FRRq amplíe sus conocimientos de campo.
- Dirigir el proyecto hacia el estudiante de Ingeniería Electromecánica, pensando que la manipulación de los elementos estará en manos de estos, y desarrollar el diseño del emplazamiento en función de esto, ateniendo a la seguridad de las personas.
- Realizar un presupuesto total de la instalación, así como un estudio de los posibles tiempos de aplicación, implementándolo dentro del marco de costos de la facultad.
- Realizar un relevamiento de datos de los laboratorios actuales, hondando en necesidades y fortalezas de los mismos.
- Dejar asentado en un escrito todos los ensayos realizados en la facultad.
- Hacer de conocimiento público los laboratorios próximos a presentar una existencia física.
- Realizar una propuesta de layout acorde al presupuesto académico, a las relaciones entre laboratorios, y a los pensamientos de expansión de los laboratoristas.



CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

El centro de transformación, objeto de este proyecto, estará ubicado en el interior de un edificio cuya construcción se propone y será de uso exclusivo para este laboratorio. Tendrá las dimensiones necesarias para alojar el equipamiento correspondiente, y poder ser observado por los estudiantes de la facultad en el proceso de aprendizaje, respetando las distancias mínimas de seguridad entre los elementos según la AEA N° 95.401.

Las cargas a alimentar no se especifican, proyectando el tablero general de baja tensión para sus futuras salidas.

Las dimensiones del local, accesos, ventilación y ubicación de celdas se indican en los planos con el avance en la lectura del proyecto (ver Anexo V “Planos”).

1.1 - CARACTERÍSTICAS EDILICIAS GENERALES

1.1.1 - Características del local

El local se acondicionará según lo establecido por la AEA N° 95.401. El edificio se construirá en concordancia con la edificación existente, con paredes de bloque de hormigón.

1.1.2 - Ubicación y acceso

La ubicación se muestra en el plano general de la edificación de la UTN Facultad Regional Reconquista (UTN FRRq). Para ello ver los planos N° 1 “Superficie UTN FRRq” y N° 2 “Ubicación laboratorio propuesto”.

El acceso dará a la parte posterior del edificio N° 2, con fácil acceso desde el pasillo formado por este y el edificio N°3, dentro del predio de la facultad, para poder realizar las



distintas prácticas. Además, se tiene en cuenta que su ubicación sea cercana a la carga a la cual alimentaría.

1.1.3 - Características generales

La instalación del nuevo laboratorio no contendrá canalizaciones ajenas al Centro de Transformación, tales como agua, gas o teléfono.

Será construido enteramente con materiales no combustibles, respetando las normas de seguridad e higiene.

Los elementos delimitadores del centro de transformación, como por ejemplo los estructurales delimitadores del transformador, tendrán corta fuego. Los materiales constructivos del revestimiento interior (como pavimento y techo) cumplirán con los requisitos de seguridad en caso de incendio, para riesgo bajo.

No se dispondrá elemento alguno en la fachada a una distancia de dos metros de las rejillas de ventilación exteriores del emplazamiento.

Se deberá precisar extintores clase ABC, cubriendo así los tipos de incendios que se pudiesen ocasionar en un recinto con tensión y existiendo aparatos de medida.

Para respetar la edificación existente, y aprovechando este beneficio, el edificio será de una altura considerablemente alta, ayudando a la no acumulación de calor.

1.1.4 - Suelo

El suelo del CT estará a una altura de 25 cm respecto al suelo exterior, con el fin de evitar la entrada de agua al laboratorio. Con el fin de garantizar el acceso a los servicios de emergencia, una buena evacuación en caso de emergencia y tener un adecuado acceso que facilite las tareas de mantenimiento, no se permiten rampas en la entrada. La puerta de entrada al centro será accesible desde la cota cero del nivel exterior.

El forjado del pavimento del CT deberá aguantar una sobrecarga en la zona de rodadura suficiente para el transformador instalado y en el resto para el tránsito de personas y ubicación de equipos.

En el suelo del CT se habilitarán dos carriles paralelos, fijados por encima, sobre el suelo para apoyo y rodadura del equipo, con una distancia entre ejes de los carriles de 580mm. Dichos



carriles serán inamovibles. Los carriles serán del tipo carriles UPN 160 de longitud adecuada al recinto.

1.1.5 - Acabado

Piso de cemento y pintadas las distancias de seguridad con pintura asfáltica amarilla, siendo la distancia para 13.2 kV de 0.8 m, para precaución y enseñanza de las mismas. Se prohíbe acabados en yeso o decoraciones de madera en la pared.

1.1.6 - Dimensiones

El lugar constará de sus medidas mínimas que cumplirán con lo establecido en la Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo N°19587 y en la AEA N° 95.401. En esta última se especifican medidas a seguir para centros de transformación tipo interior, entre ellas distancias a las paredes y a los distintos elementos eléctricos. Las dimensiones del local se muestran en el plano N°11 “Fachada Edificio”.

La distribución de los elementos que constituyen el laboratorio se muestra en el plano N°9 “Laboratorio propuesto”.

1.1.7 - Ventilación

La ventilación será natural, con la instalación de las rejillas identificadas en el plano N°11 “Fachada Edificio”. Para el cálculo del área del conducto se utilizará lo establecido por la Asociación Electrotécnica Argentina en el reglamento “AEA N° 95.401 Anexo B”, y como referencia se utilizará una temperatura tal que cubra la mayoría de las situaciones reales que pudiesen presentarse mientras se realiza el ensayo. Para ello se elige como situación más desfavorable un día con temperatura de 40°C. Vale aclarar que al ser un laboratorio se puede optar por cambiar los días de ensayos, por lo tanto, no es necesario un tipo de ventilación forzada. Las dimensiones de las rejillas se pueden observar en el plano mencionado anteriormente.

1.1.7.1 - Dimensionado de la ventilación del CT

La ventilación del CT deberá ser capaz de evacuar el calor generado por las pérdidas del transformador. Se propone ventilación natural con el objetivo de cumplir con este cometido. Para el cálculo de las áreas de ventilación se utiliza de lo establecido por la Asociación electrotécnica Argentina en el reglamento “AEA N° 95.401 el anexo B: verificación de ventilación natural de transformador instalado en local”.



Cabe destacar que el cálculo se realiza como si se tuviera un centro de transformación, y no como un laboratorio. Al ser un laboratorio se tendrán ventanas para poder realizar el correcto uso de las instalaciones por parte de los estudiantes y profesores, las cuales se abrirán en su uso, y estas ventilaciones extras no se tendrán en cuenta en el dimensionamiento. El cálculo se realiza con la suposición de que está funcionando el CT cerrado, por lo que sólo contaremos con la ventilación de las rejillas propuestas en el mismo. Estas son necesarias para poder despejar el calor generado por el transformador. Al poseer equipos de medición para la utilización del laboratorio, supondremos el doble de la potencia del transformador a despejar por la ventilación para tener el resguardo necesario.

Tanto para el ducto de salida como para el ducto de entrada del aire, se proponen rejillas del siguiente estilo:



Imagen 1.1 – Rejillas ventilación – Imagen ilustrativa.

La rejilla de entrada tendrá una dimensión de 0.5 m x 0.5 m, un total de 0.25 m² de superficie de entrada de aire. Esta dimensión sobrepasa con un margen considerable el calculado, pero se opta por mantener las mismas.

La ventilación de salida, también será una sola, y tendrá una dimensión de 0.5m x 0.5m, totalizando una superficie de 0.25 m².

1.1.8 - Carpintería

La carpintería será metálica en su totalidad, protegida mediante galvanizado en puerta de entrada, defensas del transformador y rejillas de ventilación, para evitar su oxidación en el tiempo.

Además, los elementos de entrada en la parte exterior tendrán recubrimiento de pintura para protegerlos de la corrosión.

Las rejillas de ventilación tendrán malla anti pájaros y roedores.



1.1.9 - Defensas del transformador

Una malla de protección de dos metros de altura impedirá el acceso al sector del transformador, pero sin dificultar la visibilidad. Esta malla o cerco perimetral será construido con una estructura de acero estructural 40x40 mm y malla cima de 50x50 mm, con columnas de fijación de acero estructural 60x60 mm, con entrada mediante un portón corredizo. Dicho portón, además, irá enclavado electromecánicamente por cerradura con el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección, para que no se pueda acceder con el transformador tensionado.

En conjunto con el enclavamiento electromecánico, al abrirse el portón, se activará un indicador lumínico y sonoro. Este será para indicar la apertura del recinto en tensión, y podrá ser desactivado manualmente.

Se puede observar el lugar de ubicación del cerco perimetral en el plano N°9 “Laboratorio propuesto”, el sistema de enclavamiento electromecánico e indicador lumínico-sonoro en los planos N°17 “Detalles constructivos cerco” y N°18 “Funcional enclavamiento e indicador”.

1.1.10 – Defensa del centro de transformación

Se separará la zona del centro de transformación, de las demás partes del laboratorio, mediante una malla de protección. Esta malla o cerco perimetral, se construirá de acero estructural 60x60 mm y malla cima de 50x50 mm. Tendrá un portón de entrada cerrado con cerradura, la cual estará a cargo de las autoridades de la Facultad, quienes controlarán el acceso a la misma.

En este lugar, contra el cerco y del lado de la subestación, se pondrá una mesa donde se colocarán los transformadores monofásicos de ensayo, a una distancia de seguridad respecto a las celdas y al transformador.

Se puede observar el lugar de ubicación del cerco perimetral en el plano N°9 “Laboratorio propuesto” y en el plano N°17 “Detalles constructivos cerco”.

1.2 - INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación será tipo interior, junto a todos los elementos pertinentes del laboratorio, cumpliendo con todas las normas de seguridad para hacerlo seguro para los estudiantes y profesores.



1.2.1 - Red de alimentación

La red de alimentación al CT, y a los demás sectores del laboratorio, será tipo aérea, en bandeja porta cables, con red trifásica de 400V y 50 Hz.

Las celdas tienen una estructura que simulan exactamente las medidas de celdas de media tensión en 13.2 kV, pero se alimentan y funcionan en 400 V. Por lo tanto, para todos los cálculos de las dimensiones del edificio, se realizará como si el centro de transformación se alimentara en 13.2 kV. La potencia de cortocircuito para dicha tensión (Dato aportado por la empresa prestataria del servicio en Santa Fe, EPE “Empresa Provincial de Energía”) es de 250 MVA.

1.2.2 - Selección de conductores

En el Anexo I “Cálculos” se encuentran los cálculos de corrientes junto con la selección de protecciones y conductores.

Para la selección y verificación del conductor de baja tensión utilizado, se recurre al catálogo general de Prysmian “Cables para baja tensión”, disponible en el Anexo I “Catálogos”.

Conductor seleccionado:

- Conductor en baja tensión: conductor Prysmian Retenax Valio CU-0.6kV - 3x6 mm² con aislante XLPE.

1.2.3 - Características de la aparamenta de Media Tensión/Baja Tensión

A continuación, se muestran todos aquellos dispositivos y equipos principales que tendrá el laboratorio, con sus características. Estos mismos son exigidos por la AEA N° 95.401, en el caso del centro de transformación tipo interior. En el Anexo I “Cálculos” y en los respectivos capítulos de cada sector del laboratorio, se brinda la forma en la cual se seleccionó cada uno de ellos.

1.2.3.1 – Sector de centro de transformación tipo interior

Transformador didáctico MT/BT

| | |
|-----------|-----------------------------------|
| Marca: | Schneider Electric |
| Modelo: | CMDTRAFO2 |
| Tipo: | Transformador didáctico funcional |
| Potencia: | 5 kVA |



| | |
|-----------------------------|-------|
| Tensión asignada BT: | 400 V |
| Relación de transformación: | 1:1 |

Celdas didácticas

| | |
|-----------------------|---|
| Marca: | Schneider Electric |
| Modelo: | CMDCELMTT1 |
| Tipo: | C.T. Privado de abonado para un transformador |
| Celdas de protección: | Una celda QM de rupto-fusible |
| Celdas de línea: | Dos celdas IM de línea |
| Celdas de medida: | Una celda GBC-2C de medida |

Protecciones del Tablero General de Baja Tensión (TGBT)

Se realiza la selección de los elementos de protección mediante las corrientes calculadas en el Anexo “Cálculos” y con los correspondientes catálogos de las empresas fabricantes de las protecciones.

Interruptor termomagnético:

- Tablero seccional del laboratorio: Interruptor termomagnético 32 A, marca BETA, código 5SY7 332-8.

Interruptor diferencial:

- Tablero seccional del laboratorio: Interruptor diferencial marca SICA, 32 A, 300 mA.

1.2.3.2 – Sector de ensayos con transformadores

Elementos de medición de ensayos con transformadores

Estos fueron seleccionados de acuerdo a las necesidades de los distintos ensayos propuestos, y teniendo en cuenta las corrientes y tensiones que se manejarán.

Amperímetros y Voltímetros

- Amperímetro y voltímetro combinados.

| | |
|------------------------------|-------------|
| Marca: | Electrol. |
| Modelo: | Serie 7250. |
| Medición: | Monofásica. |
| Clase: | 0.1. |
| Rango de Medición Tensión: | 0 – 300 V. |
| Rango de Medición Corriente: | 0 – 10 A. |

Vatímetros

- Vatímetros Monofásicos.

| | |
|--------------------|-------------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | DP35WI. |
| Medición: | Monofásica. |
| Clase: | 0.5. |
| Rango de Medición: | 0 – 140% . |
| Tensiones: | 110-230 V. |
| Corrientes: | 1 o 5 A. |

Analizador de armónicos trifásicos

- Analizador de calidad de energía.

| | |
|----------------------|---------------------|
| Marca: | Fluke. |
| Modelo: | 435 Serie II. |
| Clase: | 0.1. |
| Rango de Armónicos: | grupos del 1 al 50. |
| Alimentación Máxima: | 1 MW. |

Frecuencímetros

- Frecuencímetro.

| | |
|---------|-------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | FC5C. |
| Clase: | 0.5. |



| | |
|-----------------|----------------|
| Rango: | 50-60 Hz. |
| Tensión Máxima: | $\pm 15\%$ Un. |

Fasímetros

- Fasímetro Monofásico.

| | |
|-------------|------------------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | DH4S. |
| Medición: | Monofásica. |
| Clase: | 0.5. |
| Rango: | 0 – 140%. |
| Tensiones: | 110-230 o 400 V. |
| Corrientes: | 1 A. |

- Fasímetro Trifásico.

| | |
|-------------|------------------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | DH4SI. |
| Medición: | Trifásica. |
| Clase: | 0.5. |
| Rango: | 0 – 140%. |
| Tensiones: | 110-230 o 400 V. |
| Corrientes: | 1 A. |

1.2.3.3 – Sector de partes del transformador

Este sector no tiene selección de elementos. Esto se debe a que el transformador ya se encuentra en existencia en la facultad. Las características del mismo son:

- Marca: Tadeo Zcerweny
- Tipo: Transformador de distribución
- Aislamiento: Aceite
- Potencia: 25 kVA
- Tensión asignada AT: 33 kV
- Tensión asignada BT: 400 V
- Tensión de cortocircuito: 0.4



Se le realizarán modificaciones a la cuba y se le colocarán luces LED en el interior, con el objetivo de poder observar a detalle todas las partes de las que está compuesto.

1.3 - SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN

1.3.1 - Medidas de seguridad

Como medidas de seguridad más importantes se propone:

- Disponer de una malla metálica de altura hasta 2,5m, conectada al sistema de puesta a tierra, para separar la zona de centro de transformación de la zona de laboratorio. Dicha separación tendrá una puerta de entrada con cerradura, para impedir el ingreso de personal ajeno al área, que pueda manipular el CT sin conocimiento ni consentimiento de las autoridades.
- Disponer una malla metálica de 2 metros de altura que impida el acceso directo de personas a la zona del transformador. Dicha malla se debe conectar al sistema de puesta a tierra, y la puerta de acceso debe tener un enclavamiento electromecánico con el seccionador de alimentación del transformador.
- Al cerrarse el portón de acceso al transformador, se activará una alarma lumínica y acústica, la cual indicará que se está trabajando con tensión en el recinto. Esta alarma tendrá la posibilidad de desactivarse al cerrarse el portón de acceso, si se considera que no se trabajará con tensión dentro del recinto.
- Las puertas de acceso al CT y las puertas y pantallas de protección de las celdas, deben tener el cartel de riesgo eléctrico, según dimensiones y colores que especifican las correspondientes recomendaciones.
- Remarcar con pintura asfáltica amarilla la zona fuera de riesgo eléctrico según las distancias de seguridad. Cumpliendo con la Ley 19.587 “Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo”, para tensiones de hasta 13.2 kV, la distancia a respetar es de 0.80 metros.
- Los equipos de observación de las mediciones deben estar fuera de la delimitación, en una zona segura para los estudiantes.
- Disponer de un matafuego clases ABC en el lugar.

1.3.2 - Distancias de seguridad utilizadas

Las distancias de seguridad utilizadas en este trabajo, se encuentran en la norma AEA N° 95.401. Esta es una norma que rige en nuestro país, y donde se especifica claramente las distancias a cada elemento que se encuentra en el interior de un edificio.

Es importante destacar que las medidas en el laboratorio son aún mayores, debido a que se necesita un mayor espacio para trabajo, considerando un total de 15 personas ocupando las instalaciones en el momento de realizar los ensayos.



CAPÍTULO 2: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

En este capítulo se desarrollará el centro de transformación, el cual será meramente de uso didáctico, y constará de elementos seleccionados de la firma Schneider Electric, de su sección de equipamientos académico.

Cabe aclarar que los elementos seleccionados son académicos, simulan estándares dimensionales y características de equipamientos en media tensión 13.2 kV, pero su tensión de trabajo es de 400 V trifásico. Esto es así, para poder realizar los ensayos con personas no calificadas que estarán en proceso de aprendizaje, en presencia de personal calificado, que ayudará con indicaciones y manteniendo las medidas de seguridad en todo momento.

El objetivo principal que se persigue con este laboratorio es realizar maniobras con celdas de media tensión, con y sin presencia de tensión, para poder preparar a los estudiantes de las distintas carreras afines de la UTN FRRq y a personal de otras instituciones.

2.1 - ELEMENTOS SELECCIONADOS

Se pretende tener un centro de transformación tipo interior, con todas las condiciones establecidas en media tensión, con el objeto de aprender a maniobrar las celdas. Para aprender las nociones básicas, el centro elegido para ejecutar, será un C.T. privado de abonado para un transformador. Que el centro de transformación sea “privado de abonado”, significa que es propiedad del cliente, y su tensión está condicionada por la empresa suministradora del servicio. Los límites de propiedad se reflejan en la siguiente imagen.

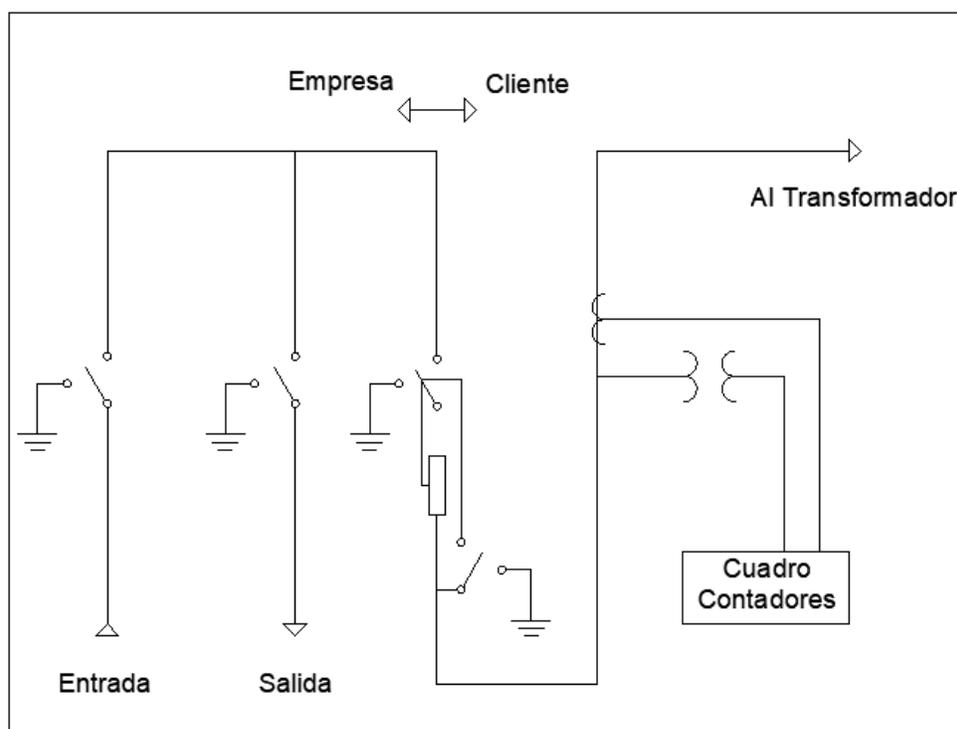


Imagen 2.1 – C.T. privado de abonado – elaboración propia

Este tipo de centro de transformación es muy utilizado, sobre todo en empresas locales. Esto hace que sea la mejor opción a elegir para poder realizar prácticas que sirvan para los futuros profesionales egresados de la facultad.

Las características de las celdas seleccionadas son las siguientes:

- Celdas didácticas de media tensión:

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| Marca: | Schneider Electric |
| Modelo: | CMDCELMTT1 |
| Celdas de protección: | Una celda QM de rupto-fusible |
| Celdas de línea: | Dos celdas IM de línea |

Las maniobras que se pretenden realizar serán con y sin tensión. Para poder realizar las maniobras con tensión, se alimenta con las celdas, un transformador de 5 kVA, con el cual, a su vez, se alimentarán distintas cargas para lograr una circulación de corriente.

Las características del transformador didáctico seleccionado son:

- Transformador didáctico de media tensión:

Marca: Schneider Electric

Modelo: CMDTRAFO2

Potencia: 5 kVA

Tensión asignada BT: 400 V

Relación de transformación: 1:1

2.2 - PROTECCIÓN

Se tiene, en los equipos a adquirir, una celda que protege el transformador mediante fusible, pero a su vez se tendrá protección contra cortocircuito y corrientes de fuga, aguas arriba de las mismas. Esto se realiza mediante PIA (pequeño interruptor automático) y disyuntor, respectivamente.

La selección de los mismos se realiza mediante los catálogos de sus respectivas empresas fabricantes:

- Tablero seccional del laboratorio: Interruptor termomagnético 32 A, marca BETA, código 5SY7 332-8.
- Tablero seccional del laboratorio: Interruptor diferencial marca SICA, 32 A, 300 mA.

2.3 - ENSAYOS

Los ensayos que se pretenden realizar en este laboratorio son todas maniobras que se llevan a cabo con celdas de media tensión con las celdas.

Existen distintos tipos de maniobras a realizar, entre ellas:

- Prueba de explotación anterior a la puesta en tensión.
- Puesta en tensión de los cables de media tensión.
- Puesta fuera de tensión de los cables de media tensión.
- Seguridad de explotación.
- Verificación de los fusibles.
- Enclavamiento por candado.



- Enclavamiento por llave.

Las enseñanzas de las mismas vienen incluidas con el material didáctico al adquirir los equipos de celdas didácticas de Schneider Electric. Esto requiere la compra de las mismas, por lo que no se considera necesario realizar una descripción paso a paso de las maniobras en el presente proyecto.



CAPÍTULO 3: ENSAYOS A TRANSFORMADORES

En este capítulo se desarrolla el sector de ensayos a transformadores, propuesta en este trabajo. El objetivo principal es poder realizar todos los ensayos vistos en las distintas cátedras eléctricas, desarrollarlos, y lograr un entendimiento óptimo del funcionamiento de los mismos. Por último, poder completar planillas de protocolos, especificando las características del transformador.

Se propone, para desarrollar esta parte del laboratorio, contar con tres transformadores monofásicos de idénticas características. Esto permitirá poder realizar los distintos conexiones propuestos, y de esta forma simular cinco tipos distintos de transformadores trifásicos:

- Transformador trifásico tipo estrella – triángulo.
- Transformador trifásico tipo triángulo – estrella.
- Transformador trifásico tipo estrella – estrella.
- Transformador trifásico tipo triángulo – triángulo.
- Transformador trifásico tipo triángulo abierto.

Para poder realizar tanto las conexiones como las mediciones, se armará un tablero de conexiones, donde el estudiante podrá realizar las conexiones entre los transformadores, y las conexiones de estos con distintas cargas, de forma segura con enchufes con conectores de punta, mientras los elementos se encuentran dentro del sector de subestación.

Todos los ensayos a realizarse, a partir de este sector del laboratorio propuesto, se encuentran descriptos en el Capítulo N° 6 “Ensayos” del presente proyecto.



3.1 - SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES

Para seleccionar los transformadores, se tendrá en cuenta el objetivo que se quiere conseguir, y es el de poder obtener distintos tipos de transformadores trifásicos, cambiando las conexiones de los tres transformadores monofásicos, y además tener las potencias suficientes como para alimentar distintas cargas. Por otro lado, las tensiones a las que se alimentarán los transformadores, será de 220V monofásica.

Con estos datos, se han seleccionado transformadores que tendrán las siguientes características:

| | |
|----------------------------|------------|
| Marca | Diloc |
| Tensión primaria nominal | 220 V |
| Tensión secundaria nominal | 12 V |
| Tipo | Monofásico |
| Frecuencia | 50 Hz |
| Potencia | 50 VA |

3.2 - CONEXIONES ENTRE LOS TRANSFORMADORES

Un transformador trifásico es el equivalente de una conexión entre tres transformadores monofásicos. De esta manera, si se tienen tres transformadores monofásicos, cambiando las conexiones entre los devanados de los mismos, podemos obtener distintos tipos de transformadores trifásicos, con distintas tensiones de salida.

Por lo tanto, como se menciona en el comienzo de este capítulo, se decide colocar tres transformadores monofásicos, y así poder ensayar los cinco tipos de conexiones entre ellos.

Esto es lo que se pretende en este capítulo, y para ello, se explicara a continuación los distintos tipos de esquemas de conexión que se pretende desarrollar en el laboratorio.

3.2.1 - Conexión estrella – triángulo

Con este tipo de conexión la corriente en el devanado de las bobinas secundarias es de un 58% de la corriente de carga. Las distorsiones de las tensiones de salida no resultan tan severas como una conexión estrella – estrella. La conexión se comporta razonablemente bien bajo cargas desequilibradas, ya que el triángulo redistribuye parcialmente cualquier desequilibrio que se presente.

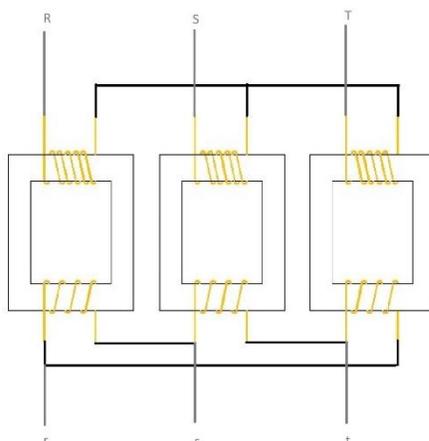


Imagen 3.1 – Conexión estrella/triángulo – Imagen ilustrativa.

Las tensiones secundarias sufren un atraso de 30 grados con respecto a las tensiones del primario.

Este tipo de conexión se adapta particularmente bien a transformadores en sistemas de alta tensión en el extremo reductor de tensión de la línea.

3.2.2 - Conexión triángulo – estrella

Con este tipo de conexión se consigue un adelanto de fase de 30 grados de las tensiones de salida respecto a las tensiones de entrada.

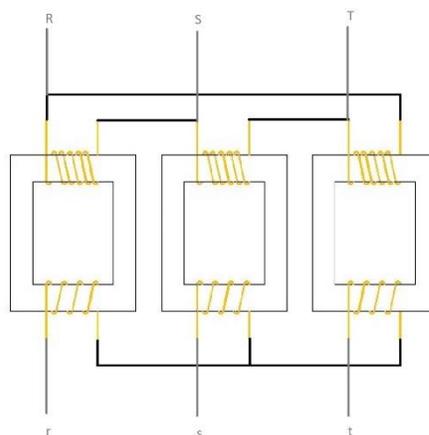


Imagen 3.2 – Conexión triángulo/estrella – Imagen ilustrativa.

La principal ventaja de este tipo de conexión es que reduce considerablemente el gasto económico en el aislamiento interno del transformador.

Esta conexión se utiliza en aplicaciones de elevación de tensiones. También es muy utilizada en los transformadores de distribución, correspondiendo la estrella al lado de baja tensión, lo que permite alimentar cargas trifásicas y monofásicas, debido a que se tiene neutro en el lado secundario del transformador.

3.2.3 - Conexión estrella – estrella

Con este tipo de conexión se tienen dos neutros, uno de las bobinas primarias y otro de las bobinas secundarias. El problema surge cuando no se conectan estos neutros a la masa o tierra, debido a que las señales u ondas senoidales salen por el secundario distorsionadas. En el único caso que no es necesario conectar los neutros a tierra, es cuando el sistema trifásico está muy equilibrado.

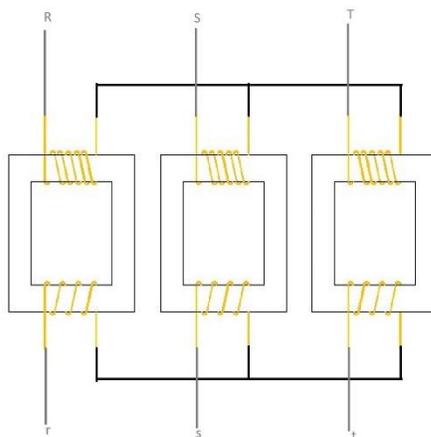


Imagen 3.3 – Conexión estrella/estrella – Imagen ilustrativa.

No existe, en este caso, desplazamiento de fase entre tensiones de entrada y salida.

Esta conexión presenta inconvenientes cuando tienen cargas desequilibradas, debido a que presentan corrimiento del neutro, y no pueden filtrar los terceros armónicos. Por esto, se suele conectar rígidamente a tierra los neutros, o se añade un tercer devanado en triángulo.

3.2.4 - Conexión triángulo – triángulo

Esta conexión se utiliza en transformadores de baja tensión, ya que se necesitan más espiras de sección menor. Se comporta bien ante cargas desequilibradas. La ausencia de neutro puede ser a veces una desventaja, por lo que suele generarse uno del lado secundario.

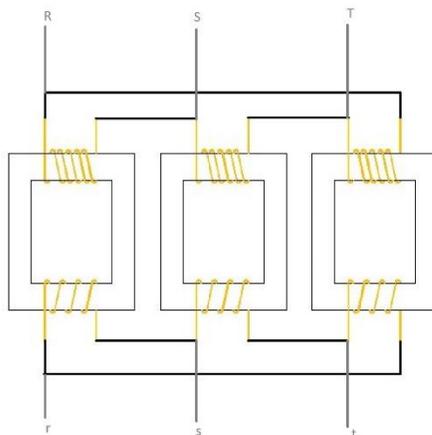


Imagen 3.4 – Conexión triángulo/triángulo – Imagen ilustrativa.

3.2.5 - Conexión de triángulo abierto

Esta conexión se genera con dos transformadores, de la manera especificada en el esquema.

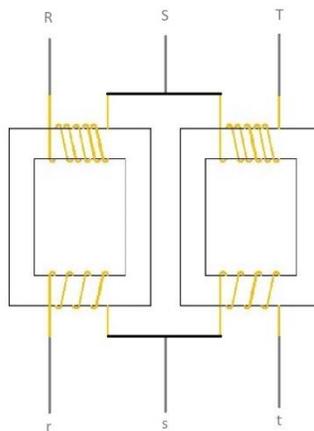


Imagen 3.5 – Conexión triángulo abierto – Imagen ilustrativa.

No es una conexión muy empleada, y sólo suele utilizarse cuando se estropea un transformador, es decir, en casos de emergencia.



El principal problema de este esquema de conexión, es que se pierde potencia en las líneas, en torno al 13.4 %.

El funcionamiento es similar a la conexión triángulo – triángulo.

3.3 - TABLERO DE ENSAYOS

El tablero de ensayo, a utilizar los estudiantes para realizar las conexiones y llevar a cabo todos los ensayos propuestos, deberá contar con los siguientes elementos:

- Línea de entrada: será trifásica con neutro, y vendrá del tablero seccional del laboratorio.
- Transformadores: son los tres transformadores monofásicos seleccionados anteriormente en éste capítulo. se marcarán los bornes de entrada y salida, de donde se van a realizar las conexiones entre ellos y con las cargas.
- Seccionadores: se tendrá a la entrada y salida de cada transformador, serán contactores.
- Cargas: se propondrán distintas cargas a alimentar, de acuerdo a la tensión de salida. En un principio se propondrán un motor, una resistencia y una lámpara, y una salida para alguna carga propuesta por las cátedras.

El tablero propuesto se puede ver en el plano N° 19 “Tablero de Ensayo”.

3.4 - ELEMENTOS DE LA MESA DE MEDICIONES DEL LABORATORIO

3.4.1 - Amperímetros y Voltímetros

- Amperímetro y voltímetro combinados.

| | |
|------------------------------|-------------|
| Marca: | Electrol. |
| Modelo: | Serie 7250. |
| Medición: | Monofásica. |
| Clase: | 0.1. |
| Rango de Medición Tensión: | 0 – 300 V. |
| Rango de Medición Corriente: | 0 – 10 A. |

3.4.2 - Watímetros

- Watímetros Monofásicos.

| | |
|---------|---------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | DP35WI. |

| | |
|--------------------|-------------|
| Medición: | Monofásica. |
| Clase: | 0.5. |
| Rango de Medición: | 0 – 140% . |
| Tensiones: | 110-230 V. |
| Corrientes: | 1 o 5 A. |

3.4.3 - Analizador de armónicos trifásicos

- Analizador de calidad de energía.

| | |
|----------------------|---------------------|
| Marca: | Fluke. |
| Modelo: | 435 Serie II. |
| Clase: | 0.1. |
| Rango de Armónicos: | grupos del 1 al 50. |
| Alimentación Máxima: | 1 MW. |

3.4.4 - Frecuencímetros

- Frecuencímetro.

| | |
|-----------------|----------------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | FC5C. |
| Clase: | 0.5. |
| Rango: | 50-60 Hz. |
| Tensión Máxima: | $\pm 15\%$ Un. |

3.4.5 - Fasímetros

- Fasímetro Monofásico.

| | |
|-------------|------------------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | DH4S. |
| Medición: | Monofásica. |
| Clase: | 0.5. |
| Rango: | 0 – 140%. |
| Tensiones: | 110-230 o 400 V. |
| Corrientes: | 1 A. |



- Fasímetro Trifásico.

| | |
|-------------|------------------|
| Marca: | SACI. |
| Modelo: | DH4SI. |
| Medición: | Trifásica. |
| Clase: | 0.5. |
| Rango: | 0 – 140%. |
| Tensiones: | 110-230 o 400 V. |
| Corrientes: | 1 A. |

CAPÍTULO 4: PARTES DE UN TRANSFORMADOR

En este capítulo, se desarrollará el sector del laboratorio destinado a observar las distintas partes que componen un transformador.

Para ello, se utilizará un transformador de distribución que se tiene en existencia en la facultad, con las siguientes características:

| | |
|----------------------------|----------------|
| Marca | Tadeo Czerweny |
| Tensión primaria nominal | 33 kV |
| Tensión secundaria nominal | 0.4/0.231 kV |
| Tipo | Trifásico |
| Aislamiento | Aceite |
| Uso | Distribución |
| Frecuencia | 50 Hz |
| Potencia | 25 kVA |
| Tensión de cortocircuito | 0.4 |

Dichas características se encuentran en la hoja de datos del transformador, en el Anexo II “Catálogos”.

Lo que se realizará, para poder destinar el equipo al uso requerido, será:

- Desencubar el transformador.
- Quitar a la cuba todo el aceite contenido y retirarlo a un lugar seguro.
- Limpiar con desengrasantes industriales, tanto la cuba como los arrollamientos. Es decir, todas las partes en contacto con el aceite.
- Cortar un lateral de la cuba.

- Reemplazar dicho lateral por un vidrio acrílico, policarbonato o un material similar.
- Colocar algunas lámparas led en el interior, de forma estratégica, para observar las partes de mayor importancia.
- Volver a introducir los arrollamientos dentro de la cuba.

Se tendrá, además, la posibilidad de quitar los arrollamientos, siempre que sea necesario.

El transformador se exhibirá como en la siguiente imagen.



Imagen 4.1 – Transformador de distribución en corte – Imagen ilustrativa.

4.1 - PARTES CONSTRUCTIVAS DE UN TRANSFORMADOR

Todos los transformadores cuentan principalmente con las mismas partes constructivas (Jesús Fraile Mora, 2012). Se detalla a continuación los principales componentes de un transformador, así como también aquellas partes específicas de un transformador de distribución.

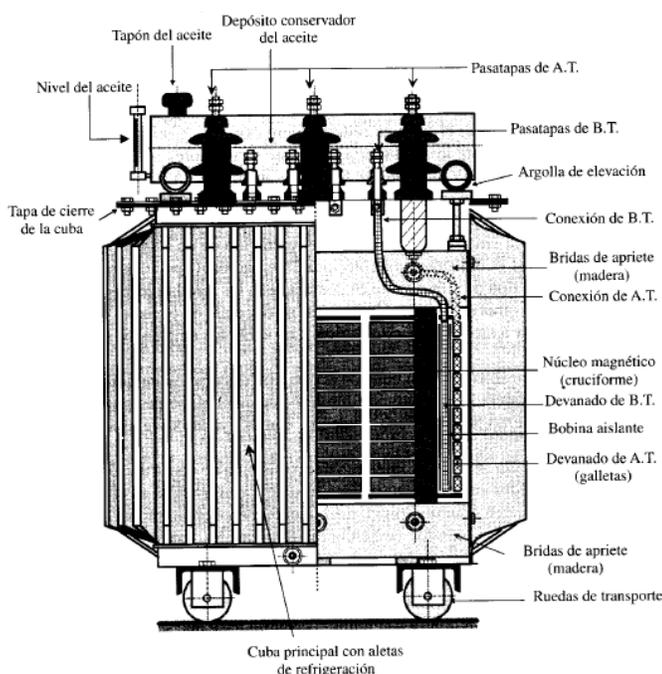


Imagen 4.2 – Componentes del transformador – Jesús Fraile Mora, 2012.

4.1.1 - Núcleo

Se denomina núcleo del transformador a las partes que conforman su circuito magnético, y que está constituido por chapas de acero al silicio, modernamente laminadas en frío, sometidas a un tratamiento denominado carlite, en el cual se lo recubre con una delgada capa de aislante, que cumple la función de disminuir considerablemente las pérdidas en el hierro.

El núcleo constructivamente se compone de “columnas”, que son las partes donde se montan los devanados, y “culatas”, que son las partes donde se realiza la unión entre columnas.

4.1.2 - Devanados

Constituyen el circuito eléctrico del transformador, y se constituyen de conductores de cobre en forma de hilos con sección circular (para diámetros inferiores a los cuatro milímetros) o de sección rectangular (pletinas de cobre, para diámetros mayores).

Los conductores están recubiertos por una capa aislante que suele ser barniz (para pequeños transformadores), capas de fibra de algodón o capas de cinta de papel (para transformadores con devanados de sección rectangular).



En cuanto a los devanados, existen de dos tipos:

- Devanado primario: también se le llama bobina primaria. Es la que se conecta a la fuente de energía y la que lleva la corriente alterna a través de la línea de suministro.
- Devanado secundario: se le llama también como bobina secundaria. Este se encarga de llevar energía a la carga y es desde donde se produce la fuerza electromotriz debido al cambio de magnetismo que hay en el núcleo al cual rodea.

A su vez, podemos tener estos dos arrollamientos de dos formas constructivas, según sea la disposición relativa entre ellos:

- Concéntricos: los bobinados tienen forma de cilindros coaxiales, y generalmente se coloca más cerca de la columna al arrollamiento de menor tensión, ya que es el más fácil de aislar. Entre ambos arrollamientos se intercala un cilindro de aislante de cartón o papel baquelizado.
- Alternados: los arrollamientos se subdividen en secciones, de manera que las partes de los devanados de mayor y menor tensión se suceden alternativamente a lo largo de la columna.

4.1.3 - Sistema de refrigeración

En un transformador, al igual que cualquier otro tipo de máquina eléctrica, se generan pérdidas en forma de calor, el cual debe ser liberado fuera de la misma para evitar que se consigan altas temperaturas y afecten la vida útil del mismo.

Para potencias pequeñas, la superficie externa es suficiente para evacuar el calor, dando lugar a los denominados transformadores secos. Pero para altas potencias, debe emplearse un medio refrigerante para poder eliminar de forma más rápida el calor, resultando así los transformadores bañados en aceite. Este aceite no sólo sirve como refrigerante, sino también como medio aislante.

Si no es suficiente con el medio de transporte del calor, se emplean otros principios para eliminar el calor, en combinación con los nombrados. Una forma es ampliando la superficie de contacto con el exterior del transformador, y otra es con una convección forzada utilizando ventiladores.



4.1.4 - Bornes de alta y baja tensión

Es donde se ejecutan las conexiones entre las líneas tanto de entrada como de salida con el transformador. Son elaborados con un material conductor y posteriormente recubiertos con un material aislante, denominados pasatapas, de porcelana y rellenos de aire o aceite.

Estos se encargan de llevar la electricidad de entrada y salida del transformador donde para ello deja la parte externa de este completamente aislada.

Su tamaño y la cantidad que utiliza de aislante como recubrimiento es lo que distinguirá un borne de baja tensión a uno de alta tensión.

4.1.5 - Tanque, cubierta o cuba

Es el recubrimiento exterior del transformador, y el cual da la superficie de contacto con el medio exterior para poder eliminar el calor hacia el aire. Estos pueden ser elaborados con formas lisas, con aletas, con radiadores y con ondulaciones, donde su elección dependerá directamente del medio de refrigeración y del tipo de aceite que se use.

Se presenta como una caja con forma rectangular o cilíndrica que se encuentra seccionada en dos partes, una que posee la serie de núcleo-bobinas, y la otra que posee las conexiones y terminales de los cables.

4.1.6 - Depósito de expansión

Depósito donde se almacena aceite de refrigeración, en una cantidad que dependerá de la presión instantánea de la cuba del transformador.

4.1.7 - Relé de sobrepresión

Es un dispositivo mecánico encargado de nivelar el aumento de presión que se genera dentro del transformador. Este se coloca en el tubo que une la cuba principal con el depósito de expansión, y funciona por el movimiento del vapor de aceite, producido por un calentamiento anómalo del transformador, que hace bascular un sistema de dos flotadores. Uno es sensible a sobrecargas ligeras, activa una alarma, y otro es sensible a sobrecargas elevadas, activando unos relés que controlan el disparo de unos disyuntores de entrada y salida del transformador.



4.2 - EMPLAZAMIENTO

Este sector del laboratorio sólo necesita una pequeña parte física, para la circulación de los estudiantes, con dimensiones un poco mayor a las del transformador de distribución Tadeo Zcerweny de 25 kVA y 33/0.4-0.231 kV, que se encuentra en la UTN FRRq.

Se elige su ubicación dentro del edificio de forma tal que permita la observación, en su totalidad, de todos los componentes nombrados anteriormente, por parte de los estudiantes que concurran. En el Plano N° 9 “Laboratorio propuesto” se puede observar su emplazamiento dentro del recinto.

4.3 - ENSAYO

Se realizará un único ensayo, en el cual se puedan reconocer todas las partes constructivas del transformador de distribución.

El objetivo es reconocer todas las partes constructivas de los transformadores, y entender el funcionamiento de ellas dentro esta máquina eléctrica, para fijar contenidos, de esta forma, por parte de los estudiantes.

Para ello, los estudiantes, se dirigirán al laboratorio, en el sector donde se encuentra el transformador mencionado, y registrarán todas las partes de este tomando fotos de todas ellas. Por último, se realizará un informe, en el cual se describirán los componentes observados, especificando las funciones, características, y adjuntando fotos en cada descripción.

CAPÍTULO 5: CÁLCULOS

5.1 - CÁLCULO DE VENTILACIÓN DEL LABORATORIO

A continuación, se muestra el cálculo de ventilación del recinto de acuerdo al anexo B de la AEA N° 95.401:

F_1 : área de la sección transversal del ducto de entrada de aire (m^2).

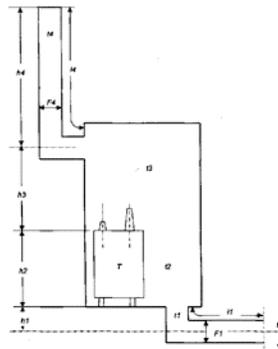
F_4 : área de la sección transversal del ducto de salida de aire (m^2).

h_1, h_2, h_3, h_4 : alturas en m.

T_0, t_1, t_2, t_3, t_4 : temperatura del aire en °C.

A: acceso de aire (generalmente con reja o malla).

L_1, L_4 : longitudes medias de conductos de entrada y de salida de aire respectivamente.



En la figura se observa un esquema de local genérico, con ductos de acceso de aire frío y salida de aire caliente.

La verificación del área del ducto de salida de ventilación (F_4), para un salto de temperatura previsto entre el aire de salida y entrada, se puede efectuar mediante la expresión siguiente (Fórmula 1):

$$F_4 = 3.67 \left(\frac{1}{t_4 - t_0} \right)^{1.5} \sqrt{\frac{R}{H}} P_p$$

Dónde:

- $t_4 - t_0$: es la diferencia de temperatura entre el aire de salida y entrada.
- P_p : es la potencia de pérdidas del transformador (en kW).
- H' : es la altura desde mitad del transformador hasta el extremo del ducto de salida, determinada con la expresión (Fórmula 2):

$$H' = \frac{h_2}{2} + h_3 + h_4$$

- R : es un coeficiente de resistencia a la circulación del aire por los ductos, determinado mediante la expresión (Fórmula 3):

$$R = m^2 R_1 + R_4$$

$$R_1 = \mu_1 + \varepsilon_1 + \lambda_1 \frac{I_1 p_1}{F_1}$$

$$R_4 = \mu_4 + \varepsilon_4 + \lambda_4 \frac{I_4 p_4}{F_4}$$

$$m = \frac{V_1}{V_4} \approx \frac{F_4}{F_1}$$

Dónde:

- R_1, R_4 son los coeficientes de resistencia del ducto de entrada y de salida de aire respectivamente.
- m : es la relación de velocidades de aire en la entrada y en la salida de aire (aproximadamente igual a la relación inversa de áreas).
- p_1, p_4 : perímetros de la sección transversal de los conductos de entrada / salida respectivamente.
- μ : coeficiente por aumento de velocidad del aire (de 0 a v , vale 1).
- ε : coeficiente de resistencia debido a pérdidas en cambios de dirección o rejillas, según la tabla siguiente:

| | |
|---|------|
| Codos rectos | 1,5 |
| Curvas a 135° | 1,0 |
| Rejas con sección de pasaje mitad del ducto | 1,5 |
| Rejas con sección de pasaje igual al canal | 0,75 |

- λ : índice de rugosidad de las paredes de los conductos: entre 0,005 y 0,009.

A esto debe agregarse que la superficie total (bruta) q_t puede calcularse con la fórmula:

$$q_t = \frac{q_n}{1 - k}$$

Siendo:

- q_n el valor neto de q_2 y q_1
- $q_2 = F_4$
- $q_1 = F_1$
- “ k ” el coeficiente de ocupación de la persiana (del orden de 0,2 a 0,35). Para las persianas con láminas de forma L normales de mercado, puede tomarse $k = 0.3$.

Se tiene entonces la disposición de las rejillas de entrada y salida del aire.

$$\text{Área de entrada: } F_1 = 0.5m \times 0.5m \times (1 - 0.3) = 0.25m^2 \times (0.7) = 0.175m^2$$

$$\text{Área de salida: } F_4 = 0.5m \times 0.5m \times 0.9 \times (1 - 0.3) = 0.225m^2 \times 0.7 = 0.1575m^2$$

$$\text{Las alturas son: } h_1 = 0; h_2 = 1.65m; h_3 = 2.3m; h_4 = 1m$$

$$\text{Las longitudes de los conductos son nulas: } L_1 = L_4 = 0$$

$$\text{Potencias generadas: } P_g = P_0 + P_{cc} = 30 + 160 = 190W$$

$$\text{Potencia a disipar: } P_p = 2 \times 0.19kW = 0.38kW$$

$$\text{De la fórmula (2): } H = 4.125m$$

$$\text{De la fórmula (3): } R_1 = R_4 = 2.5$$

$$\text{Entonces el coeficiente de resistencia a la circulación: } R = 5.43$$

$$\text{La relación de velocidades: } m = 0.9$$

$$\text{Los perímetros son: } p_1 = 2m; p_4 = 2m$$

$$\text{El coeficiente de aumento de velocidad: } \mu = 1$$

$$\text{El coeficiente de resistencia debido a pérdidas en rejillas: } \varepsilon_1 = \varepsilon_4 = 1.5$$

$$\text{Las temperaturas que tomamos de referencia por la zona son: } t_0 = 40^\circ C; t_4 = 55^\circ C;$$

Por lo tanto, la diferencia de temperaturas será $(t_4 - t_0) = 15^\circ C$

Por último, de la fórmula (1) se obtiene:

$$F_4 = 3.67 \left(\frac{1}{t_4 - t_0} \right)^{1.5} \sqrt{\frac{R}{H}} P_p$$
$$F_4 = 3.67 \left(\frac{1}{55 - 40} \right)^{1.5} \sqrt{\frac{5.43}{4.125}} 0.38$$
$$F_4 = 0.0275 m^2$$

Esta área es mucho menor a la que se propuso ($F_4 = 0.1575$), por lo tanto, las superficies de las rejillas de entrada (F_1) y de salida (F_4), cumplirían ampliamente con los cálculos del anexo B norma AEA N° 95.401.

5.2 - CÁLCULOS DE CORRIENTES Y SELECCIÓN DE CONDUCTOR DE ENTRADA

Uno de los cálculos principales para poder seleccionar los distintos elementos eléctricos del laboratorio en el que se instalará una subestación transformadora, son calcular tanto las corrientes nominales que circularán por el sistema en alta y baja tensión, como las corrientes de cortocircuito en el lugar donde se instalarán los mismos. Luego de tener estos resultados se puede seleccionar el conductor para el proyecto. A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos en los cálculos, para verificarlos se puede recurrir al Anexo I “Cálculos” al final del proyecto.

5.2.1 – Corrientes y tensiones nominales

Para calcular las corrientes nominales se necesitan los siguientes datos del sistema, teniendo en cuenta el transformador de distribución que alimenta la facultad:

| | | |
|----------------------------|----|---------|
| Tensión lado primario | U1 | 13.2 V |
| Tensión lado secundario | U2 | 440 V |
| Potencia del transformador | S | 315 kVA |

Y los datos del transformador a alimentar en el laboratorio:

| | | |
|----------------------------|----|-------|
| Tensión lado primario | U1 | 440 V |
| Tensión lado secundario | U2 | 440 V |
| Potencia del transformador | S | 5 kVA |

Para relacionar los datos y obtener los valores se utiliza la fórmula:



$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Y así se obtienen las corrientes nominales de circulación del transformador de distribución:

| | | |
|---------------------------|----|-----------|
| Corriente lado Primario | Ip | 13777.7 A |
| Corriente lado Secundario | Is | 454.66 A |

Y la corriente demandada por el centro de transformación:

| | | |
|--|-----|--------|
| Corriente del centro de transformación | Ict | 7.22 A |
|--|-----|--------|

5.2.2 - Selección del conductor

Se selecciona del catálogo Prysmian un conductor de baja tensión aéreo, que ingresará a la subestación transformadora, para poder realizar los cálculos de cortocircuito en los puntos necesarios.

Todos los cálculos y verificaciones se realizan siguiendo lo establecido en el catálogo general de Prysmian “Cables para Baja Tensión”, el mismo puede encontrarse en el Anexo II “Catálogos”.

El conductor se selecciona con la corriente nominal primaria y teniendo en cuenta los distintos coeficientes que afectan a ésta por la disposición seleccionada, y luego se realizan las posteriores verificaciones para poder establecer que soportará la corriente de cortocircuito. Además, se verificará que cuenta con la pantalla de protección electromagnética adecuada.

Para obtener la resistividad del terreno, valor necesario para el cálculo, se realizaron estudios del terreno de la facultad, realizando las correspondientes mediciones. En el punto 5.3 de este proyecto se indica la manera en la que se obtuvo ese valor.

Calculado la resistividad del terreno, se obtiene un valor de 9.02 Ω .m.

Con base en los cálculos realizados se selecciona 3 conductores de entrada monofásicos:

- Conductor Prysmian Retenax Valio CU-0.6kV - 3x6mm² con aislante XLPE.



5.2.3 - Cálculo de corrientes de cortocircuito

Para realizar el cálculo de corrientes de cortocircuito se utiliza el método de las componentes simétricas, establecido en el cuaderno técnico de la AEA 90909.

Se calculan las corrientes de cortocircuito monofásicas a tierra y trifásicas con las siguientes fórmulas:

$$I_{cc\text{trifásica}} = \frac{cc \times U}{\sqrt{3} \times |Z_1|}$$

$$I_{cc\text{monofásica}} = \frac{\sqrt{3} \times cc \times U}{|Z_1 + Z_2 + Z_0|}$$

Se realiza el cálculo en tres puntos diferentes, uno a bornes del transformador de alimentación del lado de baja tensión, otro en el tablero principal de la facultad y el último en el tablero general de baja tensión del laboratorio. Ver Plano N° 20 “Unifilar alimentación facultad”.

Los cálculos realizados se encuentran desarrollados en el Anexo I “Cálculos”, y arrojan los siguientes resultados:

| | | |
|---|------------|----------|
| Corriente de cortocircuito trifásica en 1 | I_{ccT1} | 360,67 A |
| Corriente de cortocircuito trifásica en 2 | I_{ccT2} | 339,52 A |
| Corriente de cortocircuito trifásica en 3 | I_{ccT3} | 129,39 A |
| Corriente de cortocircuito monofásica a tierra en 1 | I_{ccM1} | 537,16 A |
| Corriente de cortocircuito monofásica a tierra en 2 | I_{ccM2} | 472,26 A |
| Corriente de cortocircuito monofásica a tierra en 3 | I_{ccM3} | 60,48 A |

5.3 – CÁLCULO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO

La puesta a tierra es uno de elementos más importantes destinado a la protección de seres humanos, animales y cargas conectadas a la instalación contra las influencias de la corriente eléctrica. La intención de poner a potencial de tierra partes conductivas accesibles activas y pasivas de elementos eléctricos es conducir el posible potencial eléctrico que puede generarse en caso de cualquier falla en las cargas eléctricas al potencial de tierra.



Las puestas a tierra pueden ejecutarse de varias maneras. Normalmente se hace por medio de redes de metal, cintas metálicas, chapa metálica, jabalinas tubulares, etc.

La complejidad de la puesta a tierra depende del suelo, del objeto que tiene que ser conectado eléctricamente a él y de la resistencia máxima de puesta a tierra que se permite para un caso particular.

Por esto, antes de poder realizar el diseño de una puesta a tierra, es necesario conocer el valor de la resistividad del terreno del lugar en el cual va a instalarse.

5.3.1 - Ensayo

El día 28 de enero de 2019 se procedió a realizar una medición de resistividad del campo de la UTN FRRq, tomando mediciones en distintos puntos de la superficie donde se instalará el laboratorio propuesto.

Para realizar el ensayo se utiliza el método de 4 puntos, realizándolo con el Telurímetro Eurotest 61557 perteneciente a la Facultad.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL INSTRUMENTO:

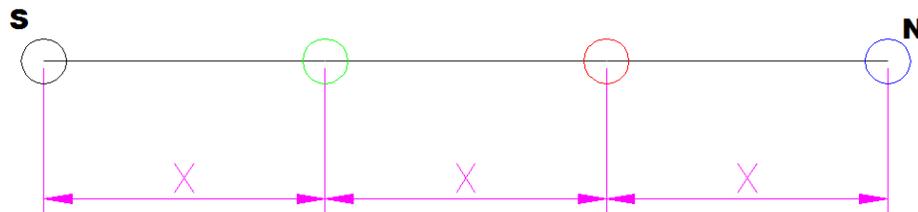
| | |
|--|--------------------------|
| Nombre | Eurotest 61557 |
| Modelo | MI-2086 |
| Alimentación | 6V en C.C. |
| Dimensiones (ancho x alto x profundidad) | 26,5 x 11 x 18,5 [cm] |
| Peso | 2,1 [kg] |
| Memorias | 3000 mediciones |
| Clasificación de protección | Doble aislamiento |
| Categoría de sobretensión | CATIII/300V o CATII/600V |
| Grado de contaminación | 2 |
| Grado de protección | IP44 |
| Temperatura de funcionamiento | 0÷40°C |
| Humedad máxima | 10÷30°C |
| Apagado automático | Si |
| Avisos visuales | Si |

El principio básico de este ensayo es inyectar corriente por el circuito amperométrico y medir la caída de tensión por el circuito voltimétrico. Es por ello que la pica del circuito voltimétrico debe estar conectada más cerca que la pica del circuito amperimétrico.

Para realizar el mismo se cuenta con los cuatro conductores, distinguido por colores, y cuatro picas para conectarlas al suelo.

Se procede a colocar las 4 picas alineadas a una distancia X entre cada una, en una dirección elegida. En esta misma dirección se conecta en la primera pica el cable azul del circuito amperométrico, cable rojo del circuito voltimétrico en la segunda, cable verde de tierra en la tercera, la cual será el punto de referencia, y finalmente el cable negro que cierra el circuito. El cable de tierra es el punto del campo que vamos a medir.

En este ensayo se eligió la dirección Sur-Norte para realizar las primeras mediciones. En la siguiente imagen se muestra el esquema de conexión:



Para obtener un valor de resistencia del campo se toma el promedio de varias mediciones. Estas distintas mediciones se realizan cambiando la distancia X entre picas manteniendo la pica de tierra en un mismo lugar, ya que esta es la de referencia.

Posteriormente, para obtener valores de resistividad en otro sentido, se realizan las mediciones, pero en dirección oeste-este.



El resultado del ensayo se muestra en la siguiente tabla:

| Distancia X [m] | Medición del Telurímetro [$\Omega.m$] | Dirección |
|-------------------|---|-----------|
| 1 | 10,51 | N-S |
| 2 | 7,31 | N-S |



| | | |
|---|------|-----|
| 3 | 8,3 | N-S |
| 1 | 8,67 | O-E |
| 2 | 9,02 | O-E |
| 3 | 10,3 | O-E |

5.3.2 - Conclusión

En cuanto a la resistividad del campo se puede decir que está en valores aceptables, variando de 7 a 11 Ω .m, y con un promedio total de 9.02 Ω .m, el cual se tomará como valor de referencia para realizar el cálculo de puesta a tierra del laboratorio.

5.4 - CÁLCULO DE RED DE PUESTA A TIERRA

Para realizar el cálculo de puesta a tierra se siguió el método de Howe. El mismo es replicado por la UNESA “Unidad Eléctrica S.A.”, la cual es la Asociación Española de la Industria Eléctrica, en su cuaderno técnico titulado “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría”. Este método se basa en una disposición ya establecida geométricamente de electrodos de puesta a tierra. Se elige una configuración con código 20-20/5/42. Esta consiste en una disposición cuadrada de dos metros de lado, con cuatro jabalinas de dos metros, una en cada esquina, y con los conductores enterrados a una profundidad de 0,5 metros. En el Anexo V “Planos” se encuentra el plano N°14 “Puesta a Tierra”, donde puede observarse esta configuración.

El cálculo se encuentra en el Anexo I “Cálculos” al final del proyecto.

Para realizar estos cálculos se toma en consideración los datos del terreno, para lo cual se tiene como resistividad del terreno $\rho_t = 9.02 \Omega m$ y una resistividad superficial del concreto de $\rho_s = 3000 \Omega m$.

Se diseña una puesta a tierra de protección, con la distribución geométrica mencionada anteriormente, y una puesta a tierra de servicio, que se compartirá con la de protección. Por lo tanto, se tendrá una única puesta a tierra que cumplirá con ambas funciones.

La puesta a tierra se realiza utilizando jabalinas correspondientes a las especificaciones de la EPESF como material normal 551B.



CAPÍTULO 6: ENSAYOS PROPUESTOS

Los ensayos con fines académicos que se realizarán a los transformadores monofásicos, tendrán como objetivo el afianzar los conocimientos dados en las distintas cátedras, y poder dar a los estudiantes las herramientas necesarias para poner en práctica esos conocimientos.

Los ensayos de laboratorio que se proponen realizar, establecidos en la norma internacional IEC 60076 como pruebas de rutina, son los siguientes:

1. Resistencia de aislamiento: Se lo lleva a cabo con el objetivo de determinar la cantidad de humedad e impurezas que contienen los aislamientos del transformador. La prueba se realiza con un instrumento denominado Megóhmetro.
2. Resistencia óhmica de los devanados: La medida de la resistencia es necesaria para calcular las pérdidas de los arrollamientos y para verificar que las conexiones internas efectuadas en los arrollamientos no presentan discontinuidad o que los mismos no estén quemados. Además, se utiliza para determinar la temperatura de los devanados, al final de la prueba de temperatura.
3. Relación de transformación: la relación de transformación se define como el cociente entre el número de espiras del devanado primario respecto al número de espiras del devanado secundario.
4. Prueba de vacío: se realiza para medir la corriente en vacío y las pérdidas en el núcleo, que son la suma de las que se tienen por histéresis y por corriente de Foucault.
5. Prueba de cortocircuito: se realiza para medir las pérdidas en el cobre. La prueba se realiza haciendo circular una corriente entre el 50% y el 100% del valor nominal en cada devanado del transformador.



Realizado todos estos ensayos por parte de los estudiantes, se procederá a completar una planilla de protocolo bajo el nombre “Protocolo de ensayo de transformador”, la cual puede encontrarse en el Anexo IV “Información”. Esta misma ayudara a ordenar la recaudación de datos, y a dar un carácter de formalidad, debido a que se confeccionó respetando un formato de planilla oficial expedida para la empresa PALMIERI HNOS, empresa de la ciudad de Rafaela, provincia de Santa Fe, por parte de una empresa de Reconquista, también Santa Fe, como parte de los ensayos de rutina realizados a los transformadores.

Por otra parte, se propone realizar ensayos de mediciones eléctricas del comportamiento de los transformadores al alimentar distintas cargas, de distintas naturalezas y tamaños. Las pruebas propuestas son:

1. Medición de pérdidas del transformador en situación de carga: se alimentarán cargas de distinto tamaño y naturalezas, y con las mediciones se estimará las pérdidas del transformador. Luego se debe verificar que son las mismas que las obtenidas de la suma de las pérdidas del núcleo y del cobre, realizadas en las pruebas de vacío y de cortocircuito respectivamente. Si se encuentran diferencias se deberán destacar y analizar las causas posibles.
2. Análisis de armónicos: alimentando cargas de distintos tamaños y naturalezas, utilizando un analizador de frecuencia, se estudiará la red en busca de armónicos generados por las mismas cargas, y analizando las pérdidas que estas producen en el transformador, así como los efectos que tienen sobre este y sobre la red.
3. Ensayos de conexiones de transformadores: Se tendrán tres transformadores monofásicos de idénticas características. Con estos se realizarán las distintas conexiones, mediante la conexión en estrella o triángulo de los devanados primario y secundario, para obtener de esta forma un banco de transformadores trifásicos.

Además de los ensayos antes mencionados, se podrán realizar trabajos prácticos sin tensión que pueden ser aprovechados por estudiantes de distintas carreras de la Facultad. Estos mismos se proponen realizar en distintos sectores del laboratorio a construir. Se proponen los siguientes trabajos prácticos:



1. Reconocimiento de elementos de protección: se propone dirigirse a las instalaciones para observar los elementos como PIA, disyuntor y fusibles de protección con los que se cuenta, viendo su forma externa, y realizando, con el aporte de datos específicos, cálculo de selección y coordinación de protecciones.
2. Seguridad e higiene: atendiendo a lo estudiado en la Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo N° 19.587, se puede constatar lo que dice respecto a instalaciones en media tensión. Con esto se estudiará, por ejemplo, distancias de seguridad en trabajos con tensión, medidas de seguridad tomadas con respecto a incendios, elementos de seguridad e higiene para poder realizar los trabajos con tensión, elementos indicativos, tipos de enclavamientos en la subestación, etc.
3. Estudio de Celdas: Con las cátedras “Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas”, “Mediciones Eléctricas” y “Centrales Eléctricas” de la carrera de grado “Ingeniería Electromecánica”, se estudian a detalle los tipos de celdas de media tensión y la conformación de las mismas. Por lo tanto, se propone un trabajo, en el cual se recorrerán las instalaciones del laboratorio para visitar las celdas que allí se ubican, recaudando todos los datos necesarios, haciendo planos de construcción de cada uno de ellos y describiendo los elementos de los que se conforman.

Como se ha desarrollado hasta aquí, se pueden proponer muchos trabajos más, de acuerdo a las necesidades de las cátedras. En este proyecto se van a describir ocho de los trabajos antes descriptos, dejando los demás como alternativas a las distintas cátedras, e instando a los profesores a utilizar las instalaciones propuestas de la manera más conveniente, con el motivo de ahondar los conocimientos de los estudiantes.

A continuación, se encuentran los trabajos prácticos de laboratorio propuestos y las cátedras a las cuales podrían aplicarse respectivamente.



6.1 - LABORATORIO 1: RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

6.1.1 - Introducción

El conjunto de instalaciones y equipos eléctricos deben respetar ciertas características de aislamiento para permitir su funcionamiento con seguridad, siendo de materiales que presentan una fuerte resistencia eléctrica para impedir la circulación de corrientes fuera de los conductores.

La calidad de estos aislamientos se ve alterada al cabo de los años por las exigencias a las que se someten los equipos. Esta alteración provoca una reducción de la resistividad eléctrica de los aislantes, que a su vez da lugar a un aumento de las corrientes de fuga. Estas mismas pueden provocar incidentes, cuya gravedad puede tener consecuencias serias, tanto para la seguridad de personas y bienes, como en los costos por paradas de producción en la industria.

Este ensayo se establece como prueba de rutina en transformadores nuevos según la norma IEC 60076, y se rige por la norma ANSI/IEEE Std. 62-1995. Además, suelen realizarse posteriormente en procesos de mantenimientos preventivos, ya que este permite detectar envejecimiento y degradación prematura de las características del aislante antes que alcance un nivel inadecuado.

La medición de la resistencia del aislamiento es una prueba no destructiva. Se lleva a cabo aplicando una tensión continua y se obtiene un resultado expresado en $k\Omega$, $M\Omega$, $G\Omega$, incluso $T\Omega$. Esta resistencia expresa la calidad del aislamiento entre dos elementos conductores. Su naturaleza no destructiva hace que esta prueba sea utilizada para el seguimiento del envejecimiento de los aislantes durante el período de explotación de un equipo o de una instalación eléctrica. Esta medición se lleva a cabo mediante un comprobador de aislamiento llamado también megóhmetro.

La medición de la resistencia se basa en la ley de Ohm. Al aplicar una tensión continua de un valor conocido y a continuación medir la corriente en circulación, es posible determinar fácilmente el valor de la resistencia de aislamiento del devanado. Por principio, la resistencia del aislamiento presenta un valor muy elevado, pero no infinito, por lo tanto, mediante la medición de la débil corriente en circulación el megóhmetro indica el valor de la resistencia del aislamiento.



Existen factores que afectan el valor de la resistencia del aislamiento, así pues, el valor de la corriente que circula cuando se aplica una tensión constante al circuito durante la prueba puede variar. Estos factores, como por ejemplo la temperatura o la humedad, pueden modificar considerablemente la medición. Un contenido bajo de humedad es necesario para obtener y mantener una rigidez dieléctrica aceptable, con pérdidas bajas. La norma ASTM D1533 es la que se toma como base de análisis en estas pruebas.

La temperatura hace variar el valor de la resistencia de aislamiento según una ley casi exponencial. Es conveniente realizar medidas en condiciones de temperatura similares o, en el caso de que no resultara posible, corregirlas para acercarlas a unas condiciones de temperatura de referencia.

La tasa de humedad influye sobre el aislamiento en función del nivel de contaminación de las superficies aislantes. Siempre hay que procurar no realizar una medida de resistencia de aislamiento si la temperatura es inferior a la del punto de rocío.

Entre las pruebas de diagnóstico de aislamiento, existen distintos métodos para realizarlos, que dependen del tiempo disponible para realizarlo y de la exactitud que se requiera en la medición:

- Medida puntual o a corto plazo: es el método más sencillo. Se aplica la tensión de ensayo durante menos de un minuto y se apunta el valor de resistencia de aislamiento en ese instante que nos muestra el megóhmetro. Este tipo de ensayo es altamente perturbado por la temperatura y la humedad. Con este método se analiza la tendencia a lo largo del tiempo, siendo más representativo de la evolución de las características de aislamiento de la instalación y del equipo, concluyendo un diagnóstico correcto, pudiendo comparar la lectura con las especificaciones mínimas de la instalación.
- Métodos basados en la influencia del tiempo de aplicación de la tensión de ensayo: prueba de diagnóstico tomando lecturas sucesivas a intervalos determinados para comparar la gráfica de un aislamiento en buen estado y un aislamiento contaminado (casi no influye la temperatura). Son recomendables para el mantenimiento preventivo de las máquinas rotativas y al control de sus aislantes.



- Índice de polarización: consiste en efectuar dos lecturas, a un minuto y a diez minutos. Dividiendo la resistencia de aislamiento a diez minutos entre la de un minuto se obtiene el índice de polarización. La recomendación IEEE 43-2000 "Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery" define: que un índice IP superior a cuatro es señal de un buen aislamiento, pero un índice inferior a dos indica un problema. Es un ensayo realizado generalmente en transformadores sólidos, debido a que en un transformador con aceite aislante puede generar resultados erróneos.

$$PI = \frac{Resistencia_{aislamiento\ a\ los\ diez\ minutos}}{Resistencia_{aislamiento\ al\ minuto}}$$

- Relación de absorción dieléctrica (DAR): es similar al IP, pero dividiendo la resistencia de aislamiento a los 60 segundos entre la de 30 segundos. Si el DAR es mayor de 1,6 la condición de aislamiento es excelente y si es menor a 1,25 insuficiente.

$$DAR = \frac{Resistencia_{aislamiento\ a\ los\ 60\ segundos}}{Resistencia_{aislamiento\ a\ los\ 30\ segundos}}$$

- Método basado en la influencia de la variación de tensión de ensayo (medición por escalones): Las medidas basadas en el tiempo (como las vistas PI, DAR) pueden revelar presencia de contaminantes (polvo, suciedad) o de humedad en la superficie de los aislantes. Haciendo una prueba en escala repartiendo en cinco escalones iguales la tensión máxima aplicada, los resultados son independientes del tipo de aislante y de la temperatura.
- Método de prueba de descarga (DD): o prueba de corriente de reabsorción se realiza midiendo la corriente durante la descarga del dieléctrico del equipo a probar. Se calcula dividiendo la corriente entre el producto de la tensión de ensayo y la capacidad global. Si el valor DD es mayor a siete la calidad del aislamiento es mala, si es menor a dos es buena. Este método es dependiente de la temperatura.

6.1.2 - Valores mínimos de resistencia de aislamiento

Los valores mínimos de resistencia de aislamiento, en pruebas a los transformadores, con nivel de bobinado en voltios, son dados por el comité técnico de la NETA "International Electrical Testing Association", que en ausencia de normas de consenso sugieren los siguientes valores:



| Tipo de Nivel de bobinado de Transformador en Voltios | Tensión de Prueba mínima en corriente continua | Resistencia de Aislamiento mínima recomendada en Mega-ohmios | |
|---|--|--|-------|
| | | Lleno de líquido | Seco |
| 0 a 600 | 1000 | 100 | 500 |
| 601 a 5000 | 2500 | 1000 | 5000 |
| 5001 a 15000 | 5000 | 5000 | 25000 |

6.1.3 - Valores de tensión de prueba

Los valores recomendados por la empresa inglesa MEGGER Group Limited para medir resistencia de aislamiento según el nivel de tensión del transformador son:

| Voltaje AC nominal de línea | Voltaje DC de prueba |
|-----------------------------|----------------------|
| <1000 | 500 |
| 1000 – 2500 | 500 – 1000 |
| 2501 – 5000 | 1000 – 2500 |
| 5001 – 12000 | 2500 – 5000 |
| >12000 | 5000 – 1000 |

6.1.4 - Esquemas de conexión

Todos los métodos descriptos anteriormente utilizan el mismo esquema de conexión, variando solamente el tiempo en el cual se realiza la toma de datos y la tensión aplicada.

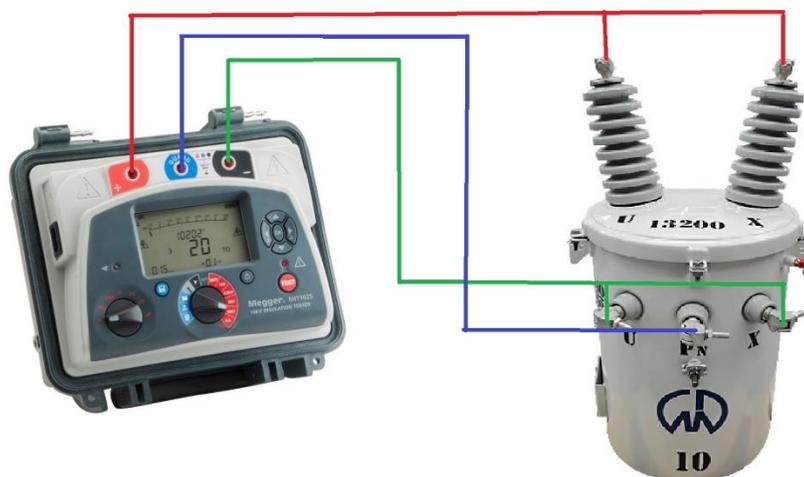
Lo primero que se debe hacer es cortocircuitar los bornes del devanado primario entre sí, y realizar lo mismo con los bornes del devanado secundario. Esto puede realizarse con alambres de cobre.

Luego, se debe realizar alguna de las siguientes conexiones.

1. Alta Tensión vs Baja Tensión y a tierra:



2. Alta tensión vs Baja tensión:



3. Baja Tensión vs Alta Tensión y a tierra:



6.1.5 - Instrumentos a utilizar

- Megóhmetro.
- Pinza amperométrica.
- Termómetro o cámara térmica.

6.1.6 - Objetivo

El objetivo del ensayo será determinar la cantidad de humedad y de impurezas que contiene el aislamiento del transformador, esto se hará mediante índices y parámetros que se constatarán con valores según consideraciones de normas pertinentes.

6.1.7 - Descripción del ensayo

El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas con la intención de realizar la medición de la resistencia de aislamiento de los transformadores monofásicos que se encuentran en dicha instalación.

La conexión del transformador a ensayar será abierta, o sea sin tensión, debido a que se necesita realizar las maniobras únicamente con el megóhmetro, y para esto es necesario trabajar únicamente con la tensión aplicada por dicho instrumento.



Entre todos los métodos descriptos en la introducción, se elegirán dos de ellos para llevarlos a cabo, y luego comparar resultados. Los mismos serán seleccionados a criterio de la cátedra, dependiendo del tiempo disponible y de la cantidad de personas o grupos que deban realizar el ensayo. Se recomienda, para una mejor experiencia, que los grupos no sean de más de dos personas.

La medición se realiza por devanado, y los valores obtenidos deben ser comparados con los de fábrica corregidos a la misma temperatura. Los valores medidos por fase en un transformador trifásico no deben sufrir una variación mayor al 5% entre fases.

Antes de analizar los resultados, se debe hacer la conversión de todos los valores a 20°C, utilizando la siguiente tabla:

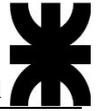
| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|
| Temperatura transformador [°C] | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 |
| Factor de corrección | 66 | 49 | 36.2 | 26.8 | 20 | 14.8 | 11 | 8.1 | 6 | 4.5 | 3.3 |
| Temperatura transformador [°C] | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 | -5 | -10 | -15 |
| Factor de corrección | 2.5 | 1.8 | 1.1 | 1 | 0.75 | 0.59 | 0.4 | 0.3 | 0.22 | 0.16 | 0.12 |

Si por ejemplo suponemos que la temperatura durante la prueba fue de 35 °C. Por lo tanto, todos los valores medidos se deben multiplicar por un factor de corrección de "2.5".

Si se elige el método “Medida puntual o a corto plazo”, se realizarán cinco mediciones puntuales, separadas en un orden de al menos un minuto para cada conexión que se eligiese, y luego se volcarán los resultados a una tabla. A modo de sugerencia, el formato de tabla será la siguiente:

| N° Medición | Resistencia Medida | Factor de corrección | Resistencia Corregida por temperatura |
|-------------|--------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

Es importante aclarar que el estudiante debe registrar los instrumentos utilizados, anotando características del mismo y de las conexiones utilizadas en el proceso de la práctica. Se sugiere el siguiente formato:



| | |
|----------------------|--|
| Marca de Instrumento | |
| Modelo | |
| Alcance | |
| Clase | |
| Aislación | |
| Tipo | |

Se debe realizar un informe con todos los datos. Por último, con los valores obtenidos, se deberá obtener una conclusión acorde a lo estudiado en las cátedras.



6.2 - LABORATORIO 2: RESISTENCIA ÓHMICA DE LOS DEVANADOS.

6.2.1 - Introducción

Se sabe que todos los puntos con alta resistencia en partes de conducción son fuente de problemas en los circuitos eléctricos. Esto se debe a que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, etc.

La prueba de resistencia óhmica, en general, es utilizada en todo circuito eléctrico en el que existen puntos de contacto a presión deslizables, tales circuitos se encuentran en interruptores, reconectores, taps de contacto de reguladores, o de cambiadores de derivaciones y cuchillas seccionadoras.

La prueba de resistencia óhmica de los devanados detecta los puntos con alta resistencia, que son puntos de obstaculización de la circulación de la corriente, y que pueden ser partes del transformador mal ajustadas, secciones quemadas del bobinado o incluso cortadas en casos extremos. Esto se hace midiendo la resistencia óhmica de los devanados y verificándola con los valores que establece el fabricante, y si no se los tiene, se compara con datos obtenidos anteriormente en ensayos, los cuales se consideran como iniciales.

Generalmente, para el análisis de los resultados del conjunto de pruebas, se integra el expediente de cada equipo, para vigilar su tendencia durante su vida en operación, haciendo uso de los formatos establecidos.

Existen dos métodos empleados para realizar este tipo de ensayo, uno basado en la caída de potencial en los devanados, y otro basado en los puentes de resistencias, ya sea de Wheatstone o de Kelvin. El más utilizado por su simplicidad y exactitud es el método de los puentes de resistencia, y además tiene la ventaja de operar con pequeñas corrientes, evitando de este modo el calentamiento de los devanados, y por ende errores en las mediciones debido al cambio de temperatura.

La norma IEC 60076 establece que el método del puente de resistencia es el único que se puede utilizar cuando la corriente nominal de circulación del devanado es menor a un ampere. En



cambio, establece que el método de caída de potencial se utiliza cuando la corriente nominal del devanado es mayor a un ampere.

6.2.1.1 - Método de la caída de potencial

Es el método más conveniente para las mediciones de campos, y se debe utilizar solamente si la corriente nominal de los devanados es mayor a un ampere, debido a que sino arrojaría resultados erróneos.

La medición se hace con corriente continua y las lecturas de corriente y voltaje deberán realizarse simultáneamente. La resistencia se calcula aplicando la ley de Ohm con las lecturas obtenidas.

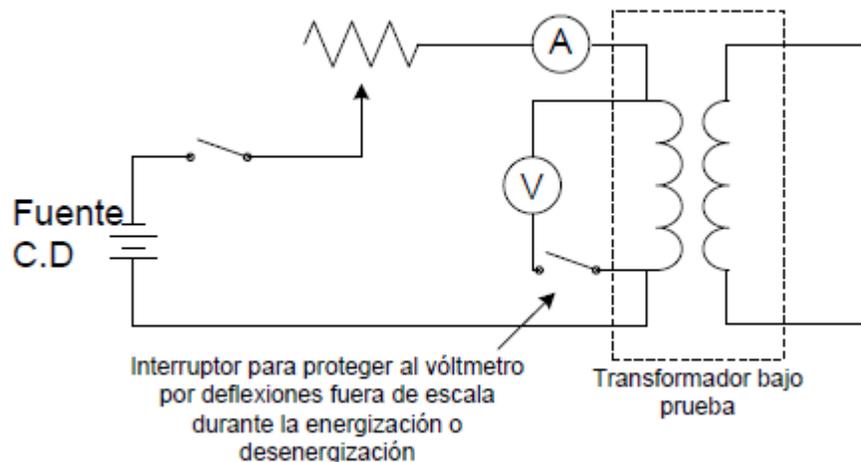
En este método se tienen que tener en cuenta ciertas consideraciones a la hora de realizar el ensayo, con el objetivo de que no se obtengan resultados cuyo nivel de error sea elevado, y son:

- La corriente utilizada en el ensayo no debe exceder el 15% de la corriente nominal del devanado bajo prueba, evitando de esta forma errores por calentamiento del conductor.
- Los terminales del voltímetro y del amperímetro deberán ser independientes entre sí.
- Los terminales del voltímetro deberán ser conectados tan cerca como sea posible de las terminales del devanado a medir.
- Para tomar las mediciones, se debe esperar a que se estabilicen las lecturas de los instrumentos.
- Se debe tomar de tres a cinco mediciones, tanto del voltímetro como del amperímetro. Con cada par de lecturas realizar el cálculo de la resistencia óhmica del devanado, y por último hacer el promedio de estas. Dicho promedio se tomará como la resistencia óhmica del devanado.

Se debe tener en cuenta que para realizar la medición se necesitan:

- Un amperímetro y un voltímetro.
- Dos interruptores, uno para cerrar el circuito y otro para proteger al voltímetro durante la energización y desenergización del devanado.
- Una fuente de corriente continua para alimentar el devanado.
- Una resistencia variable, cuyo objetivo es variar la tensión en el bobinado.

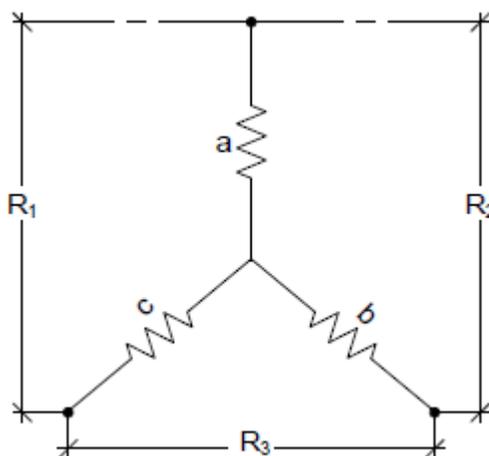
A continuación, se muestra el diagrama de conexión:



Para transformadores monofásicos la resistencia medida entre terminales corresponde al valor de la resistencia del devanado. En transformadores trifásicos, esto depende del tipo de conexión de los devanados. Es decir, que la medición que se está realizando no es de un devanado, sino de la resistencia que recorre la corriente entre devanados, y esta depende de si la conexión entre devanados es estrella o triángulo. En caso de un devanado conectado en estrella, cada medición será del doble de la resistencia buscada, es decir $2R$, siendo R el valor de la resistencia de la fase. En cambio, en una conexión triángulo, las lecturas serán de dos tercios de la resistencia buscada, o sea, $2/3R$.

En caso de que las mediciones de las tres conexiones entre fases arrojen valores diferentes de resistencias, significa que se tendrá desequilibrio entre fases, y por lo tanto se deben recurrir a las siguientes ecuaciones:

- Conexión estrella:

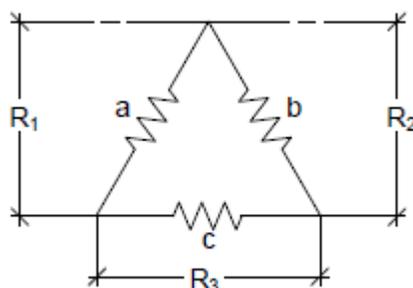


$$a = 0.5(R_1 + R_2 - R_3)$$

$$b = 0.05(R_2 + R_3 - R_1)$$

$$c = 0.5(R_1 + R_3 - R_2)$$

- Conexión Triángulo:



$$a = \frac{(-R_1 - R_2 + R_3)^2 - 4(R_1)(R_2)}{2(R_1 - R_2 - R_3)}$$

$$b = \frac{(-R_1 - R_2 + R_3)^2 - 4(R_1)(R_2)}{2(-R_1 + R_2 - R_3)}$$



$$c = \frac{(-R1 - R2 + R3)^2 - 4(R1)(R2)}{2(-R1 - R2 + R3)}$$

6.2.1.2 - Temperatura de los devanados

Como la resistencia de los conductores de los devanados varía con la temperatura, es necesario que al medir la resistencia se determine la temperatura a la que se encuentra el devanado por medir. Luego se refiere a la temperatura de operación a plena carga.

Cuando el transformador es sumergido en aceite, como en el caso del transformador de este proyecto, o en otro líquido dieléctrico, la temperatura del devanado es la misma que la del líquido. Por lo tanto, cuando se realiza la medición de la resistencia, en ese momento se debe tomar la medida del termómetro del transformador, que se anota como temperatura T2.

Para calcular la resistencia referida a la temperatura de operación a plena carga, se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_{t1} = R_{t2} \left(\frac{T_a + T1}{T_a + T2} \right)$$

Dónde:

R_{t1} =Resistencia referida a la temperatura T1

R_{t2} =Resistencia referida a la temperatura a T2

T1=Temperatura de operación en °C. esta se calcula como la elevación total de temperatura del transformador hasta alcanzar el estado de operación más 20°C.

T2=Temperatura del devanado en el momento de la medición de la resistencia R_{t2}

Ta=Constante de resistencia cero, para el cobre 234.5 y para el aluminio 225

6.2.1.3 - Método de los puentes

Por lo general en el laboratorio, el método que se prefiere por su exactitud y conveniencia es el método de los puentes, refiriéndonos a los puentes de Kelvin y de Wheatstone. En estos se aplica el principio de comparación de una resistencia conocida comparada con la resistencia por medir. Para obtener resultados correctos, los puentes deberán estar en buenas condiciones, todas las partes de contacto deberán estar limpias, las clavijas del aparato deben ser limpiadas con un

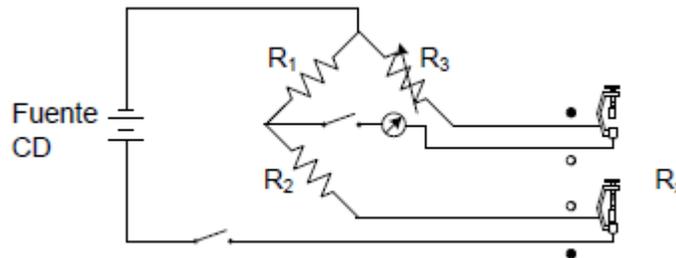
trapo húmedo de algún líquido solvente como el “thinner” para obtener así un buen contacto, deberá revisarse también que las condiciones eléctricas de las baterías sean aceptables. Para valores de resistencia que estén dentro del rango de 1 a $1 \times 10^9 \Omega$, es recomendable el uso del puente de Wheatstone y para aquellas que estén dentro del rango de 1×10^{-5} a 1Ω , se utiliza el puente de Kelvin.

Al realizar las mediciones, es necesario eliminar errores introducidos por el conductor con el cual se conecta el instrumento y la resistencia de contacto. Para esto se utiliza el llamado “método de los cuatro hilos”. En este método, dos hilos transmiten corriente y los otros dos miden la caída de tensión en el devanado.

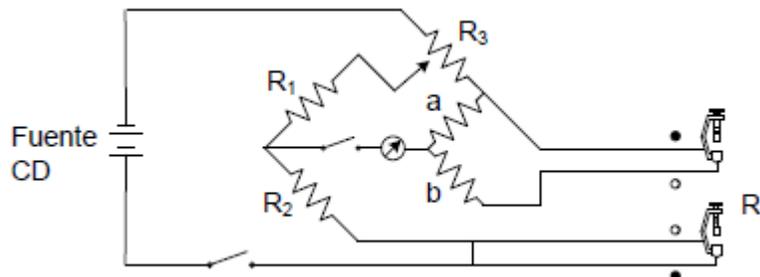
Los devanados que no están bajo prueba deberán permanecer en circuito abierto durante la prueba y así estabilizar más rápido la corriente de alimentación. Esto se aplica para ambos métodos.

Las conexiones son las siguientes:

1. Puente de Wheatstone:



2. Puente de Kelvin:



La ecuación de cálculo de la resistencia óhmica del devanado:

$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_1}$$

Una vez determinada la resistencia del devanado, por cualquiera de los dos métodos, se realiza el cálculo de las pérdidas del cobre con la fórmula:

$$P = I^2 R [W]$$

6.2.2 - Instrumentos a utilizar

- Puente de Kelvin.
- Termómetro.

6.2.3 - Objetivo

El objetivo del ensayo de resistencia óhmica de los devanados, es determinar las pérdidas en el cobre del transformador. También con este ensayo se comprueba que todas las conexiones internas y externas están sujetas firmemente.

6.2.4 - Descripción del ensayo

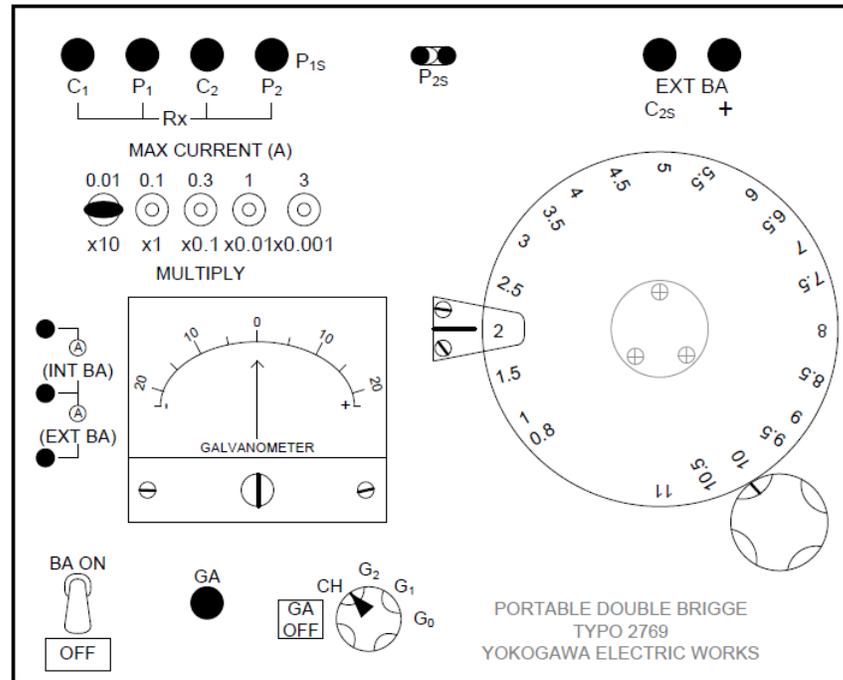
El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas con la intención de realizar la medición de la resistencia óhmica de los devanados de alguno de los transformadores monofásicos que se encuentra en dicha instalación.

La conexión del transformador será abierta, o sea sin tensión, debido a que se necesita realizar las maniobras con una fuente regulable de tensión, y para esto es necesario trabajar únicamente con la tensión aplicada por dicho instrumento.

El siguiente paso es realizar la conexión del puente de kelvin, con el método de los cuatro hilos, como se explicó en la introducción. Se utiliza este método dado que la corriente que circulará por los devanados es menor a un ampere.

Se explica a modo de ejemplo, a continuación, el empleo del puente de Kelvin marca Yokogawa Electric Works:

- Con el instrumento apagado, se identificarán las marcas de corriente C1/C2 y de potencial P1/P2 del puente. Entre estos elementos se conectará el devanado a medir.



- Se realizará la primera conexión, donde en una línea se conectará C1 y P1, y en la otra línea se conectará C2 y P2.
- Una vez conectado el equipo, se elige un múltiplo para trabajar, como por ejemplo x10. Luego se enciende el equipo llevando la perilla a G2 y oprimiendo el botón GA. Si la aguja del galvanómetro se deflexiona hacia el lado derecho, nos indica que se debe elegir un múltiplo menor, y si se deflexiona hacia el lado izquierdo, habrá que elegir un múltiplo mayor.
- Elegido el múltiplo con el que se trabajará, se girará la perrilla que tiene los valores marcados hasta estabilizar la aguja del galvanómetro en cero.
- El valor de la resistencia medida, será la multiplicación del valor marcado en el disco por el múltiplo de trabajo elegido.

Luego se debe corregir por temperatura el valor de la resistencia medida con el instrumento. Para ello debemos determinar las temperaturas mencionadas, utilizando el termómetro.



Una vez determinada de esta forma la resistencia, se pasa a calcular las pérdidas en el cobre por efecto joule, con la ecuación de pérdida mencionada anteriormente en la introducción.

En la siguiente tabla se volcarán los datos:

| N° de medición | Resistencia con el puente | Temperatura T1 | Temperatura T2 | Resistencia corregida | Pérdida en el cobre |
|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

Es importante aclarar que el estudiante debe registrar los instrumentos utilizados, anotando características del mismo y de las conexiones utilizadas en el proceso de la práctica. Se sugiere el siguiente formato:

| | |
|----------------------|--|
| Marca de Instrumento | |
| Modelo | |
| Alcance | |
| Clase | |
| Aislación | |
| Tipo | |

Realizar un informe con todos los datos. Por último, con los valores obtenidos, se deberá obtener una conclusión acorde a lo estudiado en las cátedras.



6.3 - LABORATORIO 3: RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.

6.3.1 - Introducción

En este ensayo se va a determinar la relación de transformación del transformador. Esta misma es la relación entre el número de espiras del devanado primario y el secundario. Esto también se lee como la relación entre la tensión de línea suministrada al transformador y la tensión obtenida a su salida. Se expresa a esta relación de la siguiente forma matemática:

$$a = \frac{N1}{N2} = \frac{V1}{V2} = \frac{I2}{I1}$$

Dónde:

a = relación de transformación.

N1 y N2 = número de espiras del devanado primario y secundario, respectivamente.

V1 y V2 = Tensión de línea primaria y secundaria.

I1 y I2 = Corriente en el devanado primario y secundario.

Existen tres métodos para determinar la relación de transformación del transformador:

- Método de los voltímetros.
- Método de los potenciómetros.
- Método del transformador patrón.

En este ensayo de laboratorio se utilizará el primer método, ya que, aunque es el más impreciso, es el más económico en cuanto a equipos de medición.

El método es sencillo y aplica la expresión matemática que se mostró más arriba. Consiste en aplicar una tensión alterna conocida en uno de los devanados, y medir del otro lado el valor arrojado. Por lo tanto, sólo se necesitan dos voltímetros para medir la tensión de cada lado.

Por otro lado, una forma más exacta de medir esta relación de transformación es mediante un instrumento denominado “Medidor de relación de transformación”. Este también será

utilizado para el ensayo, y se contrastaran luego, los valores obtenidos por el método de los voltímetros.

6.3.2 - Instrumentos

- Dos Voltímetros.
- Un medidor de relación de transformación trifásico, marca MEGABRAS, modelo TR8703.

6.3.3 - Objetivo

Determinar la relación de transformación del transformador.

6.3.4 - Descripción del ensayo

El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas, con la intención de realizar el ensayo para determinar la relación de transformación de alguna conexión entre los transformadores, elegida por el encargado del ensayo.

La conexión del transformador será cerrada, o sea alimentada con la fuente, debido a que se necesita realizar las mediciones con la corriente alterna suministrada al mismo. Por este motivo el primer paso es verificar la presencia de tensión de alimentación AC en el transformador.

Las mediciones se realizarán a distancia, con los voltímetros ya instalados en el laboratorio, para respetar las distancias de seguridad y reducir al mínimo los riesgos.

Por último, solo restará calcular la relación de transformación:

| Tensión en el lado de Alta | Tensión en el lado de Baja | Relación de Transformación |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | |

Por otro lado, se utilizará un “medidor de relación de transformación trifásico”, el cual se conectará entre los devanados de ambos lados del banco de transformadores, y medirá de forma exacta la relación de transformación que tiene el transformador de distribución a ensayar.



6.4 - LABORATORIO 4: PRUEBA DE VACÍO.

6.4.1 - Introducción

El ensayo de vacío, es una prueba utilizada para determinar diversos parámetros de las máquinas eléctricas, realizada sin carga aplicada.

En el caso de un transformador, permite determinar la impedancia de vacío en la rama de excitación del mismo. Este ensayo es fundamental a la hora de caracterizar un transformador, puesto que la impedancia de vacío es uno de los parámetros fundamentales de su circuito equivalente, y nos permite determinar las pérdidas en el hierro.

Para poder encontrar las pérdidas nominales de vacío, lo que se hace es alimentar el transformador con tensión y frecuencia nominal, y dejando el lado secundario abierto (Jesús Fraile Mora, 2012).

Si la tensión aplicada es la tensión nominal entonces aparecerá un flujo magnético nominal. Como las pérdidas en el hierro son función de la tensión aplicada, las pérdidas serán nominales. Las pérdidas en el hierro son máximas a tensión nominal y se miden utilizando el vatímetro. Como la impedancia serie del transformador es muy pequeña comparada a la de la rama de excitación, toda la tensión de entrada cae en la rama de excitación, por ello el vatímetro solo mide las pérdidas en el hierro. Este ensayo sólo mide las pérdidas en el hierro combinadas que constan de las pérdidas de histéresis y las pérdidas por corrientes de Foucault. A pesar de que las pérdidas por histéresis son menores que las debidas a las corrientes de Foucault, no se pueden despreciar.

Como el secundario del transformador está abierto, el primario absorbe la corriente de vacío, que incluye ciertas pérdidas en el cobre por una circulación de corriente en ese lado primario. Esta corriente de vacío es muy pequeña y como las pérdidas en el cobre son proporcionales al cuadrado de la corriente, es insignificante. No hay pérdidas en el cobre en el secundario porque no hay corriente en el secundario. Por lo tanto, se toma como que todas las pérdidas producidas cuando se alimenta a un transformador con su lado secundario abierto, corresponden a pérdidas en el hierro.

La corriente, la tensión y la potencia se miden en el primario para obtener la admitancia y el $\text{Cos}(\varphi)$.

El $\text{Cos}(\varphi)$ es el desfase entre la tensión y la corriente en la onda sinusoidal que está absorbiendo la máquina.

Para proceder a realizar los cálculos se necesitan las mediciones de:

1. Potencia consumida por el transformador.
2. Corrientes de línea de entrada.
3. Tensión aplicada.

Con estos datos se procede con el siguiente cálculo:

$$P = \frac{(V_0)^2}{R_{fe}}$$

Así se determina la resistencia del núcleo.

La corriente de vacío:

$$I_0 = I_l$$

Con lo cual se procede a:

$$I_{fe} = \frac{V_0}{R_{fe}}$$

$$I_m = \sqrt{I_0^2 - I_{fe}^2}$$

Entonces la reactancia del circuito de magnetización será:

$$X_m = \frac{V_0}{I_m}$$

Para el cálculo del $\text{Cos}(\varphi)$:

$$P = V_0 I_0 \text{Cos}(\varphi)$$

6.4.2 - Instrumentos

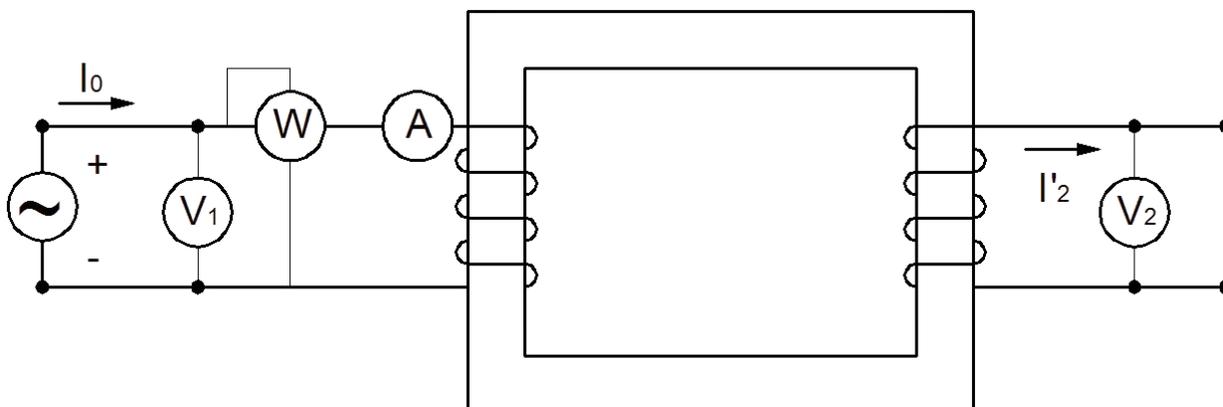
- Un vatímetro.
- Dos voltímetros.
- Un amperímetro.

6.4.3 - Objetivo

El objetivo del ensayo será encontrar la impedancia de vacío del transformador y las pérdidas en el hierro.

6.4.4 - Conexión

Para poder realizar este ensayo se utiliza la siguiente conexión de instrumentos:



6.4.5 - Descripción del ensayo

El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas con la intención de realizar el ensayo para determinar las pérdidas de vacío uno de los transformadores monofásicos que se encuentran en dicha instalación.

La conexión del transformador será cerrada debido a que se necesita realizar las mediciones suministrando corriente alterna al mismo. Por este motivo el primer paso es verificar la presencia de tensión de alimentación AC en el transformador.

La medición se realizará a una distancia adecuada, con los instrumentos ya instalados en el laboratorio, para poder evitar la posibilidad de riesgos eléctricos a los estudiantes.

Los pasos a llevar a cabo por quienes desarrollen el ensayo serán:

1. Dejar abierto los bornes del secundario del transformador.
2. Verificar la conexión de los instrumentos utilizados.
3. Aplicar la tensión nominal al primario del transformador.
4. Anotar las medidas observadas.
5. Realizar los cálculos correspondientes.

| P0 | Ia | Ib | Ic | V0 |
|----|----|----|----|----|
| | | | | |

| Im | Ife | Rfe | Xm | Cos(φ) |
|----|-----|-----|----|------------------|
| | | | | |

Por último, el estudiante realizará un informe del ensayo realizado, con una conclusión sobre los datos obtenidos, comparando el valor de pérdidas de vacío que se obtuvo en el ensayo con el otorgado por el fabricante en el catálogo.

6.5 - LABORATORIO 5: ENSAYO DE CORTOCIRCUITO.

6.5.1 - Introducción

El ensayo de cortocircuito es un método utilizado para determinar los parámetros del circuito equivalente de un transformador (Stephen J. Chapman, Eduardo Rozo Castillo, José Aníbal Ramírez Ávila, 2000). Consiste básicamente en hacer circular la corriente nominal en el lado secundario, aplicando una tensión en el lado primario, la cual va a ser mucho menor a la nominal debido a que se debe conectar en cortocircuito el lado secundario del transformador a ensayar.

El voltaje de suministro requerido para lograr una circulación de la corriente nominal a través del lado secundario del transformador es normalmente muy pequeño, del orden del 5 % del voltaje nominal, y está aplicado a través de primario. Las pérdidas en el núcleo son muy pequeñas debido a la pequeña tensión aplicada y pueden ser despreciadas. Así, el vatímetro solo medirá las pérdidas en el cobre.

En este caso, el ensayo nos permite determinar la resistencia y reactancia del devanado del transformador, y las pérdidas que producen.

Para poder realizar los cálculos se deben tener tres mediciones:

- a. Potencia consumida por los devanados.
- b. Corriente de línea de entrada.
- c. Tensión aplicada.

A partir de estos datos se empiezan a realizar los cálculos.

La corriente de línea será la medida por el amperímetro:

$$I_{línea} = I_a$$

La potencia o pérdida del cobre será igual a:

$$P_{cc} = (I_{cc})^2 R_{cc}$$

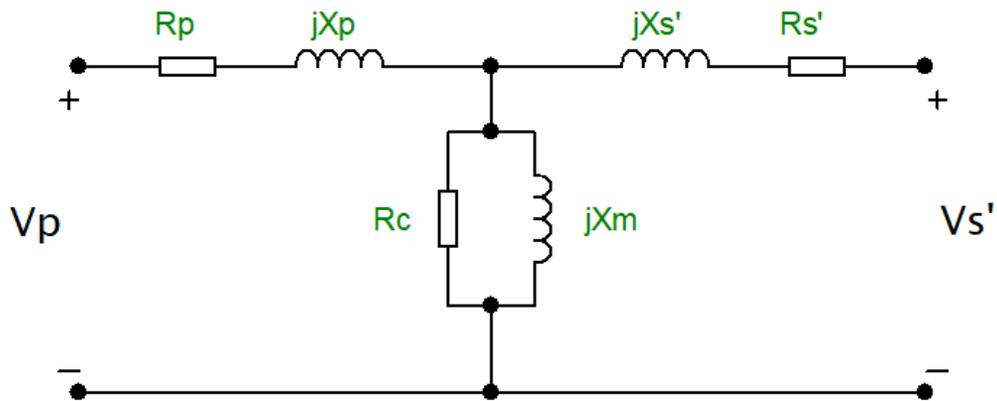
A partir de esa fórmula se determina la resistencia del circuito equivalente. Para determinar la reactancia se tendrá:

$$Z_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{cc}}$$

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2}$$

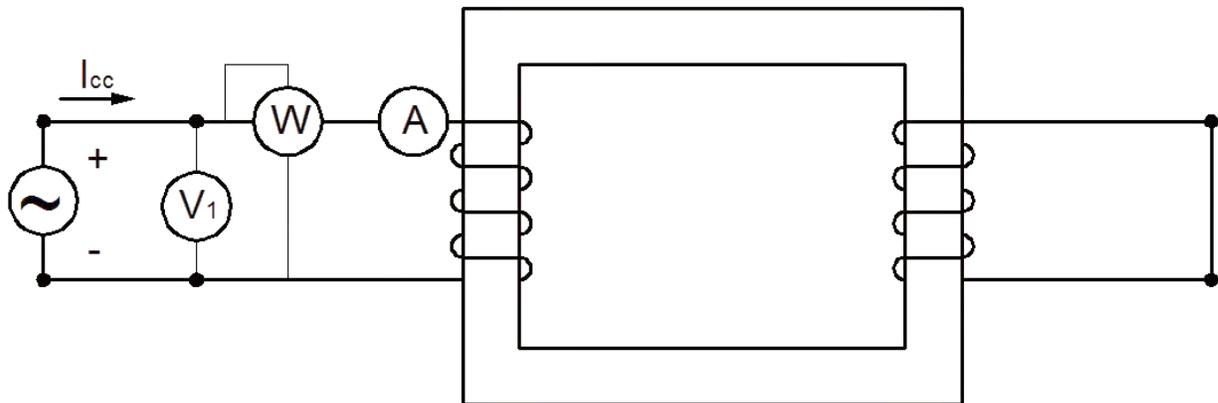
De esta forma se tendrán todos los parámetros del circuito equivalente correspondientes al devanado del transformador.

Con los ensayos de cortocircuito y de vacío, podemos determinar todo el circuito equivalente del transformador, mostrado a continuación.



6.5.2 - Conexión

Para realizar este ensayo se debe tener la siguiente disposición de instrumentos.



6.5.3 - Instrumentos

- Un vatímetro.
- Un amperímetro.
- Un voltímetro.

6.5.4 - Objetivo

Determinar los parámetros del devanado del circuito equivalente y las pérdidas en el cobre.

6.5.5 - Descripción del ensayo

El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas con la intención de realizar el ensayo para determinar las pérdidas de cortocircuito uno de los transformadores monofásicos que se encuentran en dicha instalación.

La conexión del transformador será cerrada debido a que se necesita realizar las mediciones suministrando corriente alterna al mismo. Por este motivo el primer paso es verificar la presencia de tensión de alimentación AC en el transformador.

La medición se realizará a una distancia adecuada, con los instrumentos ya instalados en el laboratorio, para poder evitar la posibilidad de riesgos eléctricos a los estudiantes.

Los pasos a llevar a cabo en el ensayo serán:

1. Cortocircuitar el secundario del transformador.
2. Verificar la conexión de los instrumentos utilizados.
3. Ir aplicando tensión, con una fuente variable, aumentándola hasta que por el secundario circule la corriente nominal.
4. Anotar las medidas observadas.
5. Realizar los cálculos correspondientes.

Proyecto Final de Carrera

Cálculo y diseño de un laboratorio de mediciones y maniobras eléctricas

Facultad Regional Reconquista – UTN

Marotte Matías Daniel



| P_{cc} | I_a | I_b | I_c | V_{cc} |
|----------|-------|-------|-------|----------|
| | | | | |

| Z_{cc} | R_{cc} | X_{cc} |
|----------|----------|----------|
| | | |

Por último, el estudiante realizará un informe del ensayo realizado, con una conclusión sobre los datos obtenidos, comparando el valor de pérdidas del cobre que se obtuvo en el ensayo con el dado por el fabricante en el catálogo.



6.6 - LABORATORIO 6: ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR.

6.6.1 - Introducción

Este ensayo de laboratorio se va a utilizar como un contraste de los dos anteriores: “Ensayo de vacío” y “Ensayo de cortocircuito”.

El transformador eléctrico es una máquina electromagnética que se usa para aumentar o disminuir una fuerza electromotriz. Está compuesto de dos bobinados independientes (devanados) en un núcleo de aire o material electromagnético. En un transformador ideal, la cantidad de energía que ingresa por el devanado primario se transmite por inducción al devanado secundario en su totalidad. Esto no sucede en la realidad, donde se tienen ciertas pérdidas por la circulación de la corriente por el conductor de los devanados, y por corrientes parásitas que se tienen en el núcleo magnético.

Si se mide la potencia que entrega la red al transformador, y la potencia que el transformador entrega a la carga, ambos con valores con un grado alto de exactitud, se puede realizar la diferencia de estas medidas y arrojará un valor de potencia. Si se analiza, este valor será la potencia que estaría consumiendo el transformador como una carga, es decir, las pérdidas que se tienen en el transformador.

Como se vio anteriormente, las pérdidas de un transformador se realizan mediante dos ensayos, y con estos se obtiene además el circuito equivalente de la máquina.

En este ensayo no se podrá obtener la información anterior, pero sí se utilizará para contrastar la suma de las pérdidas obtenidas en ambas pruebas, con las que se obtienen del transformador en funcionamiento, alimentando cargas de distintas naturalezas.

6.6.2 - Conexión

Para realizar este ensayo se necesitará tener mediciones en ambos lados del transformador.

Bastará con tener un vatímetro del lado de alta tensión, y un vatímetro del lado de baja tensión.



6.6.3 - Instrumentos

- Dos vatímetros.

6.6.4 - Objetivo

El objetivo que se persigue con este ensayo es el de evaluar las pérdidas totales del transformador, y evaluar si se generan variaciones de estas cuando se alimentan cargas de distintas naturalezas.

6.6.5 - Descripción del ensayo

El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas con la intención de realizar el ensayo para determinar las pérdidas totales de alguno de los transformadores monofásicos que se encuentran en dicha instalación.

La conexión del transformador será cerrada debido a que se necesita realizar las mediciones suministrando corriente alterna al mismo. Por este motivo el primer paso es verificar la presencia de tensión de alimentación AC en el transformador.

La medición se realizará a una distancia adecuada, con los instrumentos ya instalados en el laboratorio, para poder evitar la posibilidad de riesgos eléctricos a los estudiantes.

Los pasos a llevar a cabo en el ensayo serán:

1. Alimentar el transformador del lado de alta.
2. Verificar la conexión de los instrumentos utilizados.
3. Alimentar una carga de naturaleza mayormente resistiva.
4. Anotar las medidas observadas.
5. Desconectar la carga y alimentar una carga de naturaleza mayormente inductiva.
6. Anotar las medidas observadas.
7. Desconectar nuevamente la carga y alimentar otra carga, esta vez de naturaleza mayormente capacitiva.
8. Anotar las medidas observadas.
9. Realizar los tres cálculos de pérdidas.
10. Comparar con las pérdidas obtenidas en los ensayos de vacío y cortocircuito, o en su defecto, con los datos de pérdidas de placa del transformador.



Con los datos obtenidos se realizará un informe por parte del estudiante, sacando conclusiones sobre las pérdidas del transformador, y si estas cambian dependiendo de la potencia y naturaleza de la carga.



6.7 - LABORATORIO 7: ANÁLISIS DE ARMÓNICOS.

6.7.1 - Introducción

Los armónicos son corrientes o voltajes cuya frecuencia de operación es múltiplo entero de la frecuencia base de la fuente, es decir, en Argentina de los 50Hz a la cual está funcionando el sistema. Se designan por un “orden”, que equivale a ese número entero a la cual es múltiplo su frecuencia. Así se tiene armónicos de segundo orden de 100Hz, armónicos de tercer orden de 150Hz, etc.

Estos armónicos deforman la señal de intensidad y/o tensión, perturbando la distribución eléctrica de potencia y disminuyendo la calidad de la energía. La señal distorsionada puede ser descompuesta, mediante series de Fourier, en la suma de la señal de frecuencia fundamental y las armónicas de distintos órdenes.

Cabe aclarar que la causa de armónicos son las cargas que se conectan al sistema de distribución. Existen cargas de distintas naturalezas en la red de potencia, y cada una de ellas genera ciertos órdenes de armónicos en mayor o menor medida. A modo orientativo se muestra en la siguiente tabla algunas cargas y los armónicos generados:

| Tipo de Carga | Armónico generado |
|--|--------------------------------------|
| Transformador | Pequeños valores. Orden par e impar. |
| Motor asíncrono | Orden impar |
| Lámpara de descarga | Impares, mayormente de tercer orden. |
| Soldadura de arco | De tercer orden. |
| Hornos arco CA | En todo el espectro. |
| Rectificadores con filtros inductivos | De orden par e impar. |
| Rectificadores con filtros capacitivos | De orden par e impar. |
| Cicloconvertidores | Variables. |
| Reguladores PWM | Variables. |

Efectos de los armónicos:

Los efectos producidos por los armónicos en los componentes de los sistemas eléctricos han sido analizados tanto para circuitos particulares como para toda una red interconectada. En

este caso, interesa saber cuáles son los efectos que tendrá sobre el transformador de distribución, y si se puede de alguna forma cuantificarlos.

Los transformadores son mecánicamente resonantes a los campos magnéticos generados por los armónicos de alta frecuencia. Ante los distintos órdenes de armónicos esta máquina transformadora vibrará y/o emitirá distintos sonidos que van a depender del valor de la frecuencia.

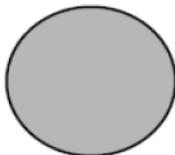
Otro efecto que tienen los armónicos sobre el transformador, y el cual puede ser fácilmente cuantificable, es el aumento significativo sobre las pérdidas. A mayor frecuencia, mayores serán las pérdidas que se generen en el transformador.

La circulación de corrientes con alto contenido armónico en los transformadores provoca un mayor calentamiento debido al aumento de las pérdidas adicionales con la frecuencia, lo que puede obligar a utilizarlos por debajo de su corriente nominal, para no sobrepasar las temperaturas máximas admitidas.

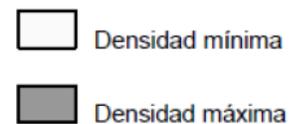
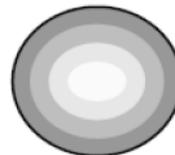
A continuación, se presentan los efectos sobre el transformador que causan el aumento de cada una de las pérdidas sobre este.

- Sobre las pérdidas en el cobre: Al circular corriente directa a través de un conductor se produce calentamiento como resultado de las pérdidas por efecto Joule, $I^2 \times R$, donde R es la resistencia a corriente directa del conductor. A medida que aumenta la frecuencia de la corriente que transporta el conductor, manteniendo su valor RMS igual al valor de corriente directa, disminuye el área efectiva por donde ésta circula, puesto que la densidad de corriente crece en la periferia exterior, lo cual se refleja como un aumento en la resistencia efectiva del conductor.

(a) Corriente directa



(b) Corriente alterna de alta frecuencia



- Sobre las pérdidas en el núcleo: Las pérdidas en el núcleo pueden dividirse en dos, pérdidas por histéresis y pérdidas por corrientes parásitas. En el caso de los armónicos, los

afecta. Estas pérdidas, a frecuencia fundamental, son proporcionales al cuadrado de la corriente de carga y al cuadrado de la frecuencia, razón por la cual se puede tener un aumento excesivo de éstas en los devanados que conducen corrientes de carga no senoidal (y por lo tanto en también en su temperatura).

- Sobre las pérdidas adicionales: Estas pérdidas aumentan la temperatura en las partes estructurales del transformador, y dependiendo del tipo de transformador contribuirán o no en el aumento de la temperatura del devanado. Se considera que varían con el cuadrado de la corriente y la frecuencia.

Cálculo de pérdidas:

Podemos calcular las pérdidas nominales del transformador como:

$$P_{Nom} = P_{cobre} + P_{parasitas} + P_{adicionales}$$

Pero para una corriente poliarmónica esta ecuación se ve afectada por distintos parámetros, quedando la expresión que nos presenta la norma IEEE Std C57.110-1998:

$$P_{Totales} = P_0 + I_{PU}^2 (P_{cobre} + P_{EC-h} F_{HL} + P_{STR-h} F_{HL-STR})$$

Dónde:

P_0 : Pérdidas en vacío.

I_{PU} : Corriente en por unidad

P_{EC-h} : Pérdidas por corrientes parásitas en conductores activos para el armónico h, en por unidad.

F_{HL} : Factor de incremento de pérdidas en conductores activos.

P_{STR-h} : Pérdidas por corrientes parásitas en otras partes conductoras para el armónico h, en por unidad.

F_{HL-STR} : Factor de incremento de pérdidas en otras partes conductoras.

P_{STR-n} : Pérdidas por corrientes parásitas en otras partes conductoras a frecuencia nominal, en por unidad.

P_{EC-n} : Pérdidas por corrientes parásitas en conductores activos a frecuencia nominal, en por unidad.

Para calcular estas pérdidas:

$$P_{EC-h} = P_{EC-n} I_h^2 h^2$$

$$P_{STR-h} = P_{STR-n} I_h^2 h^2$$

$$F_{HL} = \frac{\sum_h I_h^2 h^{0.8}}{\sum_h I_h^2}$$

$$F_{HL-STR} = \frac{\sum_h I_h^2 h^{0.8}}{\sum_h I_h^2}$$

Las pérdidas parásitas y adicionales nominales se extraen del catálogo del fabricante.

6.7.2 - Conexión

Para realizar este ensayo es necesario conectar un analizador de armónicos del lado carga del transformador.

6.7.3 - Instrumentos

- Analizador de armónicos.

6.7.4 - Objetivo

Este ensayo tiene como objetivo analizar las pérdidas en el transformador, los armónicos generados por las cargas, y los efectos de estos últimos sobre los transformadores.

6.7.5 - Descripción del ensayo

El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas con la intención de realizar el ensayo acerca de los efectos que tienen los armónicos, estudiando cómo estos afectan al transformador que se encuentra en dicha instalación.

La conexión del transformador será cerrada debido a que se necesita realizar las mediciones suministrando corriente alterna al mismo. Por este motivo el primer paso es verificar la presencia de tensión de alimentación AC en el transformador.

La medición se realizará a una distancia adecuada, con los instrumentos ya instalados en el laboratorio, para poder evitar la posibilidad de riesgos eléctricos a los estudiantes.

Los pasos para llevar a cabo este ensayo serán:

1. Alimentar el transformador de potencia.
2. Verificar la presencia de tensión.
3. Conectar una carga.
4. Tomar mediciones sobre los armónicos que se generan, junto con los valores eficaces de corriente de cada armónico.
5. Desconectar la carga.
6. Repetir los pasos tres, cuatro y cinco, con distintas cargas de distintas naturalezas, para poder realizar comparaciones.
7. Realizar los cálculos correspondientes de las pérdidas que se generan cuando existen armónicos.

Para tomar mediciones se completará una tabla por cada carga alimentada:

| | | | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Orden de armónico | | | | | | | |
| I _h | | | | | | | |
| I total | | | | | | | |

De ensayos anteriores o datos de catálogo se extraerá:

| | | | |
|-------|-------------|------------|-------------|
| P_0 | P_{cobre} | P_{EC-n} | P_{STR-n} |
| | | | |

Para realizar los cálculos:

| | | | | |
|----------|--------------|------------|-------------|---------------|
| F_{HL} | F_{HL-STR} | P_{EC-h} | P_{STR-h} | $P_{Totales}$ |
| | | | | |

Por último, con los datos obtenidos y los cálculos realizados, se sacarán conclusiones sobre cómo afectan los armónicos a las pérdidas producidas por el transformador.



6.8 - LABORATORIO 8: ENSAYOS DE CONEXIONES DE TRANSFORMADORES

6.8.1 – Introducción

En este ensayo se conectarán los devanados de tres transformadores monofásicos, de distintas maneras, con el objetivo de simular las distintas conexiones de transformadores trifásicos. A esto se lo denomina “Banco de transformadores”.

Los bancos de transformadores monofásicos se suelen utilizar en la práctica, en sistemas eléctricos trifásicos, como sustituto de los transformadores trifásicos. Por ejemplo, suele utilizarse en el transporte de energía en largas distancias. Así mismo, se lo utiliza para poder cambiar el número de fases del sistema, es decir, para convertir un sistema trifásico en un sistema bifásico, de seis fases, de doce fases, etc.

Los devanados se pueden conectar en distintas combinaciones, teniendo en cuenta que tanto las bobinas primarias como secundarias pueden estar formar una conexión estrella o triángulo.

6.8.2 – Conexión

Para desarrollar cada uno de los ensayos, con cada una de las conexiones, se debe saber cómo se realizan dichas conexiones. Las mismas se encuentran en el capítulo 3, inciso 3-2 “Conexión entre transformadores”.

6.8.3 – Instrumentos

- Panel de conexión entre elementos, creado para este fin.
- Amperímetros y voltímetros.

6.8.4 – Objetivo

Realizar las conexiones posibles entre los devanados de los transformadores monofásicos, creando de esta forma distintos bancos de transformadores. A partir de ellos registrar las relaciones de transformación obtenidas.

6.8.5 – Descripción del ensayo

El estudiante se dirigirá al laboratorio de mediciones eléctricas con la intención de realizar el ensayo de conexiones de transformadores monofásicos. Instalándose, por lo tanto, en la mesa de trabajo, donde se encuentra el panel de conexiones realizado para el presente proyecto.

Las conexiones se realizarán con conectores de punta, con los transformadores alejados de los estudiantes por la malla perimetral, por lo que se tendrá una mayor seguridad. Además, las mediciones se realizarán a una distancia adecuada, con los conectores e instrumentos ya instalados en el laboratorio, para poder evitar la posibilidad de riesgos eléctricos a los estudiantes.

Los pasos para llevar a cabo este ensayo serán:

- Elegir una de las cinco opciones de conexión entre los transformadores.
- Con los conectores de punta, realizar la conexión entre los devanados primarios, en el panel de conexiones del laboratorio.
- También con los conectores de punta, realizar la conexión entre los devanados secundarios, en el panel de conexiones del laboratorio.
- Verificar que la conexión sea correcta.
- Conectar los tres interruptores monofásicos, de cada uno de los transformadores.
- Conectar el interruptor trifásico, que alimenta los tres transformadores. En este punto se tendrá tensionados los tres transformadores.
- Realizar lo mismo en el lado carga de los transformadores, alimentando alguna carga seleccionada.
- Tomar las medidas de tensión y corrientes correspondientes, para luego encontrar las relaciones de transformación.

Se tomarán los datos en una tabla de características similares a la siguiente:

| | |
|------------------------------|--|
| Conexión tipo | |
| Tensión primaria de fase | |
| Tensión secundaria de fase | |
| Corriente primaria de fase | |
| Corriente secundaria de fase | |

Con estos datos se encontrará las tensiones y corriente de entre línea.



Luego, se buscará la relación de transformación. Se expresa a esta relación de la siguiente forma matemática:

$$a = \frac{N1}{N2} = \frac{V1}{V2} = \frac{I2}{I1}$$

Se repetirá el ensayo con los demás tipos de conexión. Por último, con los datos obtenidos y los cálculos realizados, se sacarán conclusiones sobre las características de cada tipo de conexión, y cómo reaccionan frente a las cargas conectadas.



CAPÍTULO 7: LAYOUT ACTUAL DE LOS LABORATORIOS

El diseño y el análisis de la decisión de distribución de planta es un problema omnipresente en todos los ámbitos laborables, por lo cual no queda exento el ámbito académico, esto es importante tanto para perspectivas estratégicas como operativas. Dicho problema es complejo, ambiguo, difícil y pobremente estructurado en una gran variedad de dominios de trabajo, que requiere análisis de decisión sofisticados e inteligentes para poder articular distintas áreas.

En el caso de la UTN FRRq, uno de los problemas asociados a la mala distribución de planta, viene dado por la localización de las distintas áreas de laboratorios. Estos agregados a la falta de espacio en alguno de ellos, o la falta de coordinación con los espacios curriculares.

Actualmente se cuenta con varios laboratorios que ayudan a complementar las cátedras y ampliar el conocimiento de los estudiantes. Además, se disponen de otros laboratorios, los cuales se dedican a realizar trabajos a terceros.

Estos laboratorios se encuentran distribuidos por varios sectores de la facultad, algunos de los cuales se establecieron en dicho lugar de forma provisoria y que con el tiempo se convirtió en lugar definitivo. Se puede ver su ubicación entre los planos N° 3 y N° 8.

También ocurrió que se establecieron en ciertos sectores, cuando la nómina estudiantil era baja comparada con la actual, es decir, se contaba con cátedras reducidas en cantidad de estudiantes, y actualmente para poder realizar los prácticos de laboratorios hay que dividir la cantidad de estudiantes de las cátedras en grupos y realizarlos en distintos días u horarios, con los problemas de tiempo que conlleva.



Otro de los problemas que se tiene, es que algunas pruebas de laboratorio no tienen lugar propio, y comparten sitio con otros laboratorios, habiendo de este modo problemas de lugar y posibilidades de dañar parte de la instalación de otro laboratorio de forma involuntaria, o modificando circuitos de pruebas que deberían permanecer intactas.

Si resolvemos estos inconvenientes se tendrán ventajas significativas para toda la comunidad educativa:

- Circulación adecuada del personal.
- Utilización efectiva del espacio disponible según la necesidad.
- Seguridad del personal docente y estudiantes.
- Disminución de accidentes.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo.
- Coordinación entre cátedras y laboratorios.
- Mejor aprovechamiento de la información por parte de los estudiantes.

Debido a lo mencionado, en este apartado se recaudará información acerca de los laboratorios en existencia, los ensayos realizados y sus problemáticas actuales, y su actual ubicación. Luego se realizará un plano con la distribución actual de los mismos. Por último, se propondrá un layout de distribución de los laboratorios para poder tener un buen uso de los mismos, y si es necesario se planteará la construcción edilicia de nuevos espacios, teniendo en cuenta las recomendaciones de distintas autoridades de la facultad.

Una vez realizado el layout de los laboratorios, se propone colocar un plano de facultad en la entrada a la misma, con indicación y una breve descripción de cada uno. Esto ayudará a un correcto uso de los mismos.

7.1 - LABORATORIOS EN EXISTENCIA

La UTN FRRq cuenta actualmente con trece laboratorios, y cada uno de ellos tiene tres funciones para articular.

Estas tres funciones son:



- Académica: Esta es la función en la cual se articulan las cátedras de las distintas carreras con los laboratorios, con la intención de volcar los conocimientos teóricos a la práctica, mediante la realización de ensayos y trabajos prácticos.
- Investigación: Esta función por parte del laboratorio se encuentra abocada a la realización de distintos proyectos de investigación por parte de distintos actores de la facultad, en el cual se intenta traspasar las barreras del conocimiento, es decir, obtener nuevos conocimientos y su aplicación para la solución de problemas o interrogantes, o tratar de explicar determinadas observaciones.
- Extensión: En esta función se engloban lo que es servicios a terceros y actividades en coordinación con otras instituciones. La primera deja un rédito económico a la facultad y a los laboratoristas; actualmente hay en existencia laboratorios que se dedican exclusivamente a esta actividad, como el laboratorio de suelos, y otros que no realizan esta función, como el laboratorio de física. La segunda se refiere a visitas a las instalaciones por parte de distintas instituciones, por ejemplo, las visitas de las escuelas secundarias; también forma parte de esto la presentación de stands en distintos eventos sociales.

En esta facultad, algunos de los laboratorios están abocados especialmente a completar las cátedras con trabajos donde se demuestren los fenómenos desarrollados en las clases, otros al área de investigación, y por últimos otros que abordan trabajos a empresas e instituciones donde se cobran por los servicios realizados, así como algunos que coordinan todas las funciones nombradas.

Para relevar datos, se elevó una nota a los profesores a cargo de los distintos laboratorios de la facultad (Ver Anexo IV “Información”), en el cuál se les pedía información específica para poder llevar a cabo el trabajo de layout y poder presentar una recaudación de datos, volcándolos en el presente proyecto. Además de esta nota, con la mayoría de ellos se tuvo la posibilidad de realizar entrevistas personales, siendo esto más provechoso y recaudando información y vivencias personales a lo largo de su trayectoria en la universidad. Cabe destacar que la UTN FRRq es una facultad cuya existencia es aún joven y, por lo tanto, muchos de los profesores y laboratoristas actuales han presenciado la transformación edilicia desde su nacimiento.



A continuación, se detallan cada uno de los laboratorios en existencia, ya sea que cuenten o no con un espacio físico específico, y las problemáticas de cada uno de ellos.

7.1.1 - Laboratorio de Física

Este laboratorio tiene espacio propio y se encuentra en el edificio N°3 de la UTN FRRq. Su función es únicamente académica. En el mismo se llevan a cabo ensayos para las cátedras “Física I”, “Física II”, “Nanotecnología y materiales avanzados” y “Elementos de máquinas”.

La Profesora a cargo del mismo es Mg. Prof. Soledad Ardiles.

Los ensayos de laboratorio realizados en el mismo son:

Física I

- TP N°1 Medición de magnitudes
- TP N°2 Determinación de la aceleración de la gravedad
- TP N°3 Determinación de la velocidad de lanzamiento de un proyectil
- TP N°4 Péndulo balístico
- TP N°5 Instrumentos ópticos simples

Física II

- TP N°1 Campo eléctrico y potencial electrostático
- TP N°2 Determinación de la resistencia eléctrica de un conductor
- TP N°3 Circuitos de carga y descarga de un capacitor
- TP N°4 Transformaciones termodinámicas
- TP N°5 Óptica física. Interferencia y difracción

Nanotecnología y materiales avanzados

- TP N°1 Mecánica ondulatoria. Interferencia y difracción

Elementos de máquinas

- TP N°1 Determinación del momento de inercia de un volante

Estos mismos se encuentran disponibles en este proyecto, en el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos”.



El espacio físico para realizar los ensayos es suficiente, siendo quince la cantidad de estudiantes óptimo para la realización de los mismos que considera la profesora a cargo. Esto hace que se deba dividir las cátedras en dos comisiones, pero no atrasa el dictado de clases, debido a que esta división es necesaria para un mejor provecho por parte de quienes aprenden.

Se cuenta con la iluminación y cantidad de mesas suficiente, así como con todos los instrumentos necesarios para cada ensayo. Sin embargo, como recomendación, se debería ampliar la instalación de agua potable para facilitar algunas actividades.

Es un laboratorio que engloba cuatro cátedras, y que, en función del pedido de éstas, podría necesitar nuevos instrumentos. Por lo tanto, se puede decir que su posibilidad de expansión es alta.

Si se muda este laboratorio, hay que tener en cuenta que las dimensiones actuales de su espacio físico son suficientes.

7.1.2 - Laboratorio de Química

Este laboratorio tiene espacio físico propio, ubicado en el edificio N°3 de la UTN FRRq, ver plano N° 6 “Edificio 3 actual”. Dentro de sus funciones tiene una parte en extensión, debido a que se coordinan visitas para realizar ensayos por parte de otras instituciones universitarias y terciarias. Investigación, ya que en sus instalaciones se llevan a cabo proyectos como por ejemplo uno de un biodigestor, y académica, en el cual se articula con las cátedras de química, conocimiento de materiales, entre otras.

Cabe destacar que este laboratorio, junto a los de “Conocimiento de materiales” y “Caracterización de materiales”, tienen una fuerte conexión, debido a que tienen muchos ensayos en los cuales deben compartir instrumentos y equipos. Por lo tanto, se podría decir que comparten espacio en muchas ocasiones. Esto hace que en el layout inicial se haya pensado colocarlos juntos. No obstante, como observación, se necesitan preparar compuestos químicos y trasladarlos de un espacio físico a otro, y por lo tanto se hace necesaria la comunicación entre ellos por algún espacio ajeno a la circulación de personas no capacitadas.

Tiene como encargados distintos profesores debido a lo explicado anteriormente. Entre ellos se encuentran Ing. Crudelli Rosana, Ing. Leschuita Germán y Mg. Ing. Mendoza Sandra.



Se considera que se puede trabajar en condiciones óptimas con un máximo de 20 personas, debido a que se debe manipular materiales peligrosos en muchas ocasiones. En este sentido se cuenta con las instalaciones acordes para esa cantidad de personas.

Es un laboratorio que se encuentra muy bien equipado para las necesidades actuales tanto en equipamiento como en servicios, y que soportaría posible incorporación de equipos sin inconvenientes. Además, se cuenta con materiales de seguridad e higiene apropiados.

Como recomendación se tiene dos cosas a agregar:

- Una puerta de seguridad que dé al exterior, debido a que la posibilidad de incendios es alta en este tipo de laboratorios, por los materiales que se manipulan.
- Una conexión directa a los laboratorios de “conocimiento de materiales” y “Caracterización de materiales”.

Los trabajos prácticos realizados anualmente en este espacio se pueden observar en el Anexo III “Ensayos y trabajos prácticos”.

7.1.3 - Laboratorio de Conocimiento de Materiales

Al igual que los dos anteriores, este laboratorio se encuentra en el edificio N°3 de la UTN FRRq, pudiéndose observar en el mismo plano mencionado en el apartado anterior. Su principal función es académica, aunque suele tener tareas de investigación y en menor medida de extensión. Dentro de esta última, las visitas de otras instituciones son su principal función.

Como se nombró anteriormente, este laboratorio tiene un fuerte vínculo con otros dos, el de “Química” y el de “Caracterización de Materiales”. Como encargados del mismo se tiene al Ing. Leschiutta Germán y la Doc. Ing. Mendoza Sandra.

Se planifica anualmente un total de seis trabajos prácticos de la cátedra “Conocimiento de materiales”:

- Trabajo Práctico N°1: “Análisis micrográfico de materiales. Observación de metalografías por microscopio”.
- Trabajo Práctico N°2: “Tratamiento térmico de aceros: Temple”.



- Trabajo Práctico N°3: “Análisis de fallas superficiales, mediante el uso de cintas penetrantes”.
- Trabajo Práctico N°4: “Análisis macrográficos de barras y piezas de acero”.
- Trabajo Práctico N°5: “Ensayo de flexión en materiales plásticos”.
- Trabajo Práctico N°6: “Ensayo de tracción en diferentes materiales metálicos”.

Los mismos se encuentran en el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos”.

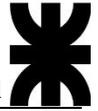
También se llevan a cabo trabajos prácticos de cátedras como “Nanotecnología”, “Estabilidad” y “Elementos de Máquinas”, pero depende de la disponibilidad de las mismas y la coordinación entre profesores. Como no están planificados anualmente, no se los incluirá en los anexos de este proyecto.

En cuanto a la cantidad óptima de personas, por el espacio y los trabajos realizados, los profesores consideran que un máximo de doce estudiantes es el ideal. En este caso es menor que el de química, debido a la complejidad de los equipos utilizados, y para poder tener un mayor provecho por parte de los estudiantes. Se considera que no atrasan el cursado de las materias, debido a que se busca concordar horarios con los estudiantes, fuera del horario de cursado, teniendo en cuenta la posibilidad de asistencia de todos ellos.

Con las instalaciones y equipamiento existente, y teniendo en cuenta el crecimiento actual de la facultad, se considera que por al menos 30 años será suficiente este espacio. Aunque cabe destacar que la posibilidad de expansión de este laboratorio es alta, y siempre que se tenga la posibilidad de incorporar equipamiento nuevo, se lo hará.

Las instalaciones de este laboratorio y el de química, son utilizadas por estudiantes de distintas carreras. Además de la carrera de grado “Ingeniería Electromecánica”, participan activamente en este laboratorio los estudiantes de las carreras “Tecnicatura Universitaria en Seguridad e Higiene en el Trabajo” y “Tecnicatura Universitaria en Mecatrónica”.

Como recomendación, al igual que el laboratorio de química, se debería agregar una conexión directa entre estos, para realizar con la mayor precaución posible los ensayos.



7.1.4 - Laboratorio de Caracterización de Materiales

Este laboratorio se encuentra también ubicado en el edificio N°3 de la UTN FRRq, ver plano N°6 “Edificio 3 actual”, y se encuentra a cargo de la Doc. Lic. Mendoza Sandra.

Es un laboratorio de alta complejidad, en donde se analiza los compuestos de los materiales. Es único en la provincia, y uno de los únicos del país.

Su función principal es la de investigación, con posibilidad de realizar trabajos a terceros.

Su espacio fue planificado y acondicionado desde su etapa inicial, por lo cual mover el equipamiento de este lugar sería una tarea difícil. Además, cuenta con el espacio suficiente para el trabajo.

La principal recomendación es su posibilidad de comunicación directa con el laboratorio de química, debido a que muchos compuestos utilizados en los ensayos, se encuentran en este laboratorio, y es peligroso el traslado de los mismos por un lugar donde concurren personas ajenas al trabajo.

7.1.5 - Laboratorio de Hidráulica y Neumática

Este laboratorio se encuentra en el edificio N°3 de la UTN FRRq, ver plano N°6 “Edificio 3 actual”. Tiene un espacio físico propio en la planta superior, el cual cuenta con varios equipos destinados a realizar ensayos para la cátedra, entre ellos “Banco de ensayo y pruebas de circuitos oleohidráulicos” y “Panel electroneumático micro”.

Es un laboratorio para uso exclusivamente académico. Las instalaciones con las que cuenta son equipos de ensayos que se utilizan para demostrar algunos conceptos dados en la cátedra electiva “Hidráulica y neumática”, y, además, este mismo espacio es utilizado para el dictado de las clases.

Este laboratorio está a cargo del Ing. Nóbile Robinson, que además dicta la cátedra “Hidráulica y Neumática”.

La cantidad de personas que el profesor considera óptimo son quince personas, que actualmente es la currícula con la cuenta la cátedra anualmente, razón por la cual el espacio de trabajo y la manera de trabajar, se consideran satisfactoria.



Al ser una cátedra electiva, no se cuenta con una posibilidad de expansión alta, salvo casos extraordinarios que se den en algún ciclo lectivo.

Podría decirse que este laboratorio se encuentra en un lugar que satisface sus necesidades, y cuenta con el equipamiento suficiente. Por lo tanto, no se recomienda realizar modificaciones de espacio.

Algunos ensayos se encuentran en el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos”.

7.1.6 - Laboratorio de Ensayo motor

Este laboratorio se encuentra en el edificio N°5 de la UTN FRRq, ver plano N°8 “Edificio 5 actual”. Es un laboratorio que se ha ido modificando en el tiempo, y actualmente ocupa un espacio en el sector de “mantenimiento” del edificio nombrado.

Este laboratorio está a cargo del Ing. Nóbile Robinson, quien lo ha acondicionado hasta su estado actual.

Cuenta con un equipamiento, al día de la fecha, que tras varias modificaciones logró su cometido de funcionar correctamente como banco de pruebas para ensayar motores.

Se pondrá en funcionamiento en el ciclo lectivo del año 2019, y en él se realizarán ensayos de motor utilizando un frenómetro, de uso exclusivo para cátedras como “Máquinas Térmicas”.

Algunos ensayos realizados se encuentran en el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos”.

El espacio que ocupa no es el ideal para realizar estos ensayos, y la construcción sufrió modificaciones para poder encontrar mejores condiciones de trabajo. Además, no cuenta con un espacio suficiente como para poder hacer trabajos prácticos, debido a que en la actual sala de comando no entran más de tres o cuatro personas, de forma que puedan manipular los comandos y observar el funcionamiento.

7.1.7 - Laboratorio de caldera

Este laboratorio se encuentra en una construcción exclusivamente realizada para colocar la caldera allí, junto al edificio N°2 de la UTN FRRq, ver plano N°5 “Edificio 2 actual”. Es un



espacio pequeño donde entra la caldera y queda un estrecho lugar alrededor de la misma para poder observarla.

Este laboratorio está a cargo del Prof. Ing. Nóbile Robinson, quien lo ha acondicionado hasta su estado actual.

Actualmente se realizan algunos ensayos y algunos trabajos prácticos en los que se observa el equipamiento, pero sin estar en funcionamiento. Por lo tanto, se puede afirmar que este laboratorio es de uso exclusivo académico, y su proyección en el tiempo es la misma.

El espacio de la sala es acotado, sin embargo, para el uso actual es suficiente como para que los estudiantes de una cátedra, en una visita a la misma, pueda recaudar los datos necesarios como para llevar a cabo los trabajos.

Para poder ampliar la cantidad de ensayos, es necesario poner un equipo que consuma vapor, y para ello es necesario no solo conseguir dicho equipo, sino también ampliar la sala actual para poder instalarlo. Además, es necesario colocarlo dentro de un espacio contiguo para así realizar distintos ensayos en los cuales los estudiantes observen el trabajo que se realiza.

En el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos” se encuentran algunos protocolos.

7.1.8 - Laboratorio de Mecánica

Este laboratorio se encuentra en el edificio N°2 de la UTN FRRq, ver plano N°5 “Edificio 5 actual”. Se encuentra en la planta baja, a un lado del laboratorio de fluidodinámica. Este comparte lugar con varios equipos utilizados en otras cátedras, y algunos no utilizados que se los resguarda en ese lugar. Por lo tanto, es un espacio no muy bien aprovechado.

Entre los equipamientos que se encuentran allí, podemos destacar “Banco de ensayo y prueba de circuitos electro-neumáticos”, “Banco de ensayo y pruebas de transmisiones mecánicas”, “Banco de pruebas de refrigeración”, “Compresores de muestra”, “Elementos y piezas de muestra” y “Motor de cuatro cilindros marca Fiat”.

Este laboratorio tiene distintas funciones; Una de ellas es académica, ya que es utilizado para realizar ensayos de distintos equipos en distintas cátedras; estas son “Instalaciones térmicas, mecánicas y frigoríficas”, “Máquinas eléctricas”, “Elementos de máquinas” y “Mediciones



eléctricas”. Otra función es de extensión, debido a que muchos de los cursos que se dictan en la facultad, utilizan este espacio para realizar las actividades.

En el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos” se encuentran los ensayos realizados en las cátedras nombradas anteriormente.

7.1.9 - Laboratorio de Suelos

Este laboratorio se encuentra en el edificio N°5 de la UTN FRRq, ver plano N°8 “Edificio 5 actual”.

Su función es exclusivamente de extensión, utilizándose para trabajos realizados a terceros. Esto, en parte, se debe a que en la facultad no se tiene una carrera con alguna relación a este laboratorio y, por lo tanto, realizar ensayos por parte de estudiantes no es algo en lo inmediato posible.

El laboratorio y sus ensayos se encuentran a cargo del Prof. Ing. Longhi Walter.

En cuanto al lugar disponible podría decirse que es acotado, debido a que gran parte del mismo se encuentra ocupado como depósito de elementos ajenos al uso por parte del laboratorista. Además, se podría decir que son insuficientes las mesas de trabajo, para hacer más cómodos los ensayos pertinentes. Por otro lado, en cuanto a los equipos, muchos de ellos son más bien rústicos, por lo que esto podría mejorarse.

Algunos protocolos de ensayos se encuentran en el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos”.

7.1.10 - Laboratorio Electricidad

Este laboratorio se encuentra en el edificio N°3 de la UTN FRRq, en la planta baja, ver plano N°6 “Edificio 3 actual”.

A su cargo se encuentra el Prof. Ing. Mancuello Cristian, quien nuclea varias áreas referidas al sector de electricidad de la facultad.

Entre sus funciones se encuentran las académicas, donde se trabajan varias cátedras que se dictan en la facultad, las cuales se refieren a electricidad y electrónica.



Las cátedras que dirigen sus ensayos a este laboratorio son “Máquinas Eléctricas”, “Mediciones Eléctricas”, “Electrónica Industrial”, “Automatización y Control Industrial” y “Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas”.

Es un laboratorio que se encuentra con una cantidad de instrumentos considerables y de complejidades elevadas. En él se llevan a cabo aproximadamente veinte ensayos en todas las cátedras nombradas, de las cuales algunas se encuentran en el Anexo III “Ensayos y Trabajos Prácticos”.

Podría decirse que, en cuanto a herramientas e instrumentos, se tiene una cantidad de elementos que cubre las necesidades actuales, aunque siempre exista la posibilidad de incorporar nuevos para una ampliación y mejora de los ensayos realizados. La principal falta del laboratorio es de espacios ya que, si bien es amplio, existe una mala distribución, y tiene armarios que ocupan demasiado lugar. Además, podría hacerse necesario agregar una mesa más de trabajo, y quitar del laboratorio las mesas y sillas con formato de salón, que ocupan demasiado espacio y obstaculizan a los estudiantes.

La cantidad de estudiantes óptimos para trabajar varía dependiendo del ensayo y la cantidad de instrumentos para llevarlos a cabo, pero se encuentra entre ocho y diez estudiantes. Muchas veces, el ensayo puede llevarse a cabo con la totalidad de los estudiantes, en cátedras como por ejemplo “Mediciones Eléctricas”.

Por lo tanto, como recomendación, se tiene la de reordenar el espacio de trabajo, pudiendo también así incorporar nuevos elementos y una mesa de trabajo más. Además, esto ayudaría a desarrollar grupos de investigación y desarrollo para electrónica, que actualmente se encuentran incipientes en nuestra facultad.

7.1.11 - Laboratorio de Fluidodinámica

El laboratorio se encuentra en el Edificio N°2 de la UTN FRRq, en la planta baja, compartiendo espacio físico con el GRUDIM, “Grupo de Diseño Mecánico”, ver plano N°5 “Edificio 2 actual”.

Este se encuentra a cargo del Prof. Ing. Nardín Carlos.

Cuenta con un equipamiento para realizar diversos ensayos de la cátedra “Mecánica de los Fluidos y Máquinas Fluidodinámicas”. En cuanto a los trabajos prácticos, posee el espacio suficiente para llevar a cabo con la totalidad de la curricula de estudiantes.

Actualmente en el laboratorio se realizan ensayos nombrados a continuación:

- Ensayo de Hidrostática.
- Volumen de control – Ecuación de continuidad – Régimen permanente e impermanente.
- Viscosidad – Pérdida de carga.
- Línea de energía, altura y caudal de la bomba.
- Ensayos de vertederos.

Uno de los problemas detectados es la falta de espacio y de mesas de trabajos, motivo por el cual algunos ensayos referidos a la cátedra se realizan en el laboratorio de química.

Por esto, una de las recomendaciones es ampliar el laboratorio, agregando mesas de trabajo y estantes para guardar herramientas y materiales necesarios.

7.1.12 - GRUDIM

Este es un grupo de investigación cuyas siglas significan “Grupo de Diseño Mecánico”, está a cargo del Doc. Ing. Martin Hector, en conjunto con los responsables Ing. Fabbro Alejandro y Prof. Soto Walter.

La función principal de este grupo es el de investigación, y realiza además tareas de extensión en distintos eventos en los que se presenta la UTN FRRq, exponiendo sus proyectos u organizando distintos stands informativos.

Actualmente, en cuanto espacio físico, cuenta con una oficina en el edificio N°2, donde los integrantes pueden gestionar el diseño de los proyectos que desarrollan, y un espacio junto al laboratorio de fluidodinámica, donde se tienen las máquinas herramientas con las que se desarrollan o prototipan los distintos proyectos diseñados. Ver plano N°5 “Edificio 2 actual”.

Este grupo a lo largo de los años ha crecido, siendo uno de los principales portadores de proyectos de investigación en la facultad. Con el pasar del tiempo, se ha ido mudando de espacios hasta su conformación actual.



Podría decirse que su principal necesidad es la designación de un espacio propio, para poder desarrollar los distintos proyectos que se diseñan. Actualmente, al realizar desarrollos de distintas índoles, se deben encontrar espacios disponibles en el momento, lo que dificulta una buena organización del grupo. Además, el espacio asignado en el edificio N°2, sólo es para solucionar momentáneamente el problema.

Por esto, la recomendación de los integrantes, y de quien desarrolla este proyecto, es la de designar algún espacio propio en la facultad. De esta forma se le permite al grupo un ordenamiento, la posibilidad de adquirir equipamiento más sofisticado acorde a sus necesidades y que estén resguardados, y con esto un crecimiento de GRUDIM.

7.1.13 - Laboratorio de Automatización

Este es uno de los laboratorios que no tiene existencia física actual, pero que tiene una fuerte proyección futura.

Ya se ha acordado la donación mediante convenio, en diciembre de 2018, de dos brazos robóticos, y además se tiene para instalar un conjunto de cintas transportadoras. Estos servirán para realizar laboratorios de diferentes cátedras, mayormente enfocada la cátedra de “Automatización y Control Industrial”, y con este equipamiento se prevé el desarrollo de diferentes grupos de investigación y desarrollo.

Para poder instalar y trabajar con este equipamiento hay que determinar un lugar a colocar toda la instalación. Para ello hay que tener en cuenta que el lugar que se necesita debe:

- Ser en planta baja, debido al peso de los brazos robóticos, no se lo puede proyectar en un entrepiso.
- Ser amplio, debido a que los equipos ocupan un gran volumen.
- Encontrar un lugar donde los laboratorios lindantes tengan relación alguna para poder proyectar laboratorios en conjunto.

Los dos brazos robóticos tienen un diámetro de alcance de 2.5 metros, razón por la cual se debe proyectar un espacio amplio. En cuanto a la cinta transportadora, que también se requiere un espacio amplio, es más fácil de instalar debido a que se puede adaptar a una forma de “L” para ahorrar espacio, y se colocaría en el perímetro del laboratorio.



Cabe destacar que la utilización de este laboratorio tiene gran proyección, debido a que será ocupada por varias carreras que actualmente dicta la UTN FRRq, como Ingeniería Electromecánica en cátedras ya nombradas, y Tecnicatura en Mecatrónica.



CAPÍTULO 8: LAYOUT PROPUESTO

Para proponer cambios de distribución y construcciones nuevas, se tienen en cuenta tanto los datos aportados por los distintos profesores, como los criterios que se nombrarán en el punto 8.1.

Cabe destacar que en el layout realizado, se intenta cubrir las necesidades expresadas por los laboratoristas, pero atendiendo o intentando respetar un presupuesto acotado actualmente, el cual fue discutido con autoridades de la facultad. La distribución propuesta puede verse en los planos N° 12, N° 13 y N° 15.

Para realizar un buen layout se necesita conocimiento de las necesidades y las posibilidades de cambio, y siempre existe la posibilidad de encontrar una mejor distribución. Por lo tanto, la información suministrada en este proyecto, y las propuestas que en este se recomiendan, con el tiempo pueden ser insuficientes, dependiendo de la expansión que la universidad pueda tener en el tiempo. No obstante, las propuestas establecidas a continuación se consideran de las mejores con el presupuesto actual y atiende cubriendo todas las necesidades expresadas.

8.1 - CRITERIOS

Para realizar la nueva distribución de planta, se tendrá en cuenta distintos criterios o aspectos para intentar realizar un layout, atendiendo a las posibilidades reales:

- **Funcionalidad:** Que los elementos y herramientas se coloquen en las áreas donde tengan mayor uso. Si se necesitan en varios laboratorios, y no existe la posibilidad de tener varias herramientas, se intentará que las mismas se coloquen en el lugar donde se usen en una



mayor cantidad de ensayos. Si estas mismas son pesadas o peligrosas de transportar, se intentará que las áreas estén cercanas.

- Económico: teniendo en cuenta que se trata de una universidad pública, el presupuesto que se destina a la construcción edilicia debe ser pedido y generalmente es acotado, por lo tanto, se tendrá este aspecto muy a consideración.
- Comodidad: Crear espacios o distribuir los actuales de forma que sean suficientes para el bienestar de los trabajadores y el traslado de los materiales.
- Aireación: Hay procesos que demandan una corriente de aire, ya que comprometen el uso de gases o altas temperaturas, como es el caso del laboratorio del centro de transformación propuesto.
- Accesos libres: Permitir el tránsito de estudiantes sin inconvenientes, de manera que los trabajos se puedan realizar de forma organizada y sin generar caos.
- Flexibilidad: Prever cambios futuros que demanden un nuevo ordenamiento de la planta, ya sea por el aumento de la currícula estudiantil o por la incorporación de nuevos laboratorios.

A continuación, se detallarán los cambios que se proponen en cada uno de los laboratorios, siguiendo todos los lineamientos mencionados.

8.2 – CAMBIOS PROPUESTOS

8.2.1 - Laboratorio de Física

Para este laboratorio, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, no se recomienda mudarlo, ya que actualmente cuenta con la comodidad necesaria.

Se recomienda agregar estantes y mesas de trabajo laterales. Esto permitirá la posibilidad de expansión o incorporación de equipos. Además, se recomienda habilitar accesos al agua en dichos puestos de trabajo, factor clave para realizar algunos ensayos, y una de las principales demandas pedidas por la profesora a cargo. Junto al servicio de agua, se podría agregar en las mesas de trabajo, el acceso a otros servicios, como por ejemplo gas, pudiendo de esta forma utilizarlo para realizar ensayos.

Una ventaja de tener este laboratorio en este edificio, es que está relacionado con los que se encuentran en la planta baja, y, por lo tanto, se pueden realizar ensayos en conjunto.



8.2.2 - Laboratorios de Química, Conocimiento de materiales y Caracterización de materiales

El problema principal de estos laboratorios, es la falta de comunicación directa para poder manipular químicos de los ensayos desde el laboratorio de química a los otros dos, o para realizar ensayos como temple de metales y luego trasladar el material para realizar un ensayo de dureza. Esto se hace, debido a que la relación que tienen estos es muy estrecha, y no resultaría provechoso ni económicamente posible tener equipos similares en cada laboratorio.

Para resolver el problema, se recomienda realizar un pasillo de comunicación, en el frente de los tres laboratorios, como se muestra en el plano N°13 “Edificio 3 propuesto”. Si bien se tapa la sala “jefatura laboratorio”, esta misma es utilizada por los mismos laboratoristas, por lo que actualmente no existirán inconvenientes.

Una situación a resolver en el laboratorio de química, es la de eliminación de ciertos materiales químicos que necesitan un tratamiento de residuos especial. Si bien este problema no se relaciona directamente con la conformación de un layout eficaz, puede decirse que ocupa espacio de trabajo y es muy riesgoso para quienes acuden al lugar.

8.2.3 - Laboratorio de Ensayo Motor

Para este laboratorio, la forma más conveniente de resolver el problema es mudándolo a un lugar propio, con posibilidades de prepararlo de forma adecuada, y que sea cómodo para los estudiantes, de forma que los ensayos se realicen con una cantidad adecuada de ellos.

Por esto, se propone una construcción de una sala de ensayo motor, contigua al edificio N°2 y la sala de caldera, como se muestra en el plano N°12 “Edificio 2 Propuesto”.

Esta sala, tendrá que ser insonorizada para la adecuada utilización, y tendrá una ventana con doble vidriado al edificio N°2, a la sección del laboratorio de mecánica. Allí, en una mesa cuya ubicación será estudiada para el correcto uso, cercana a la ventana, se pondrán los comandos de control del motor y el frenómetro.

De esta forma, no solo se encontrará un lugar correcto para estos ensayos, sino que la ubicación será la ideal, pudiendo tener un laboratorio de mecánica completo y contenido en un



mismo edificio, haciendo que el traslado de materiales y estudiantes sea el ideal, y teniendo la posibilidad de realizar ensayos con mayor comodidad y frecuencia.

Por lo tanto, en este proyecto, se proponen las siguientes modificaciones:

- La construcción de un lugar propio, en un sector contiguo al edificio N°2, a un lado del laboratorio de caldera. Esta sala será de uso exclusivo para el banco de pruebas.
- Un espacio de comando en el edificio N°2, contigua a la sala de banco de prueba, que tendrá una ventana doble de vidrio para observar sin riesgos el ensayo del motor.
- Insonorizar la sala de banco de prueba, debido al gran ruido provocado por el motor durante el ensayo.
- Colocar un extractor de aire en la parte superior, y un ventilador cercano al motor, para poder extraer el calor generado. Actualmente, para realizar el ensayo, se debe abrir un portón para extraer el aire, siendo una condición no ideal, que limita la realización del ensayo en horarios donde el sol no proyecte sobre el motor, ni en días lluviosos.
- Ubicar en un lugar ideal, el intercambiador de calor de agua, para el refrigerante del motor.

8.2.4 - Laboratorio de Mecánica

Este laboratorio se debe ordenar en cuanto a los materiales y equipos, y además aprovechar mejor los espacios. En el edificio N°2, se tiene un amplio pasillo que no se ocupa actualmente. Con la nueva distribución, mostrada en el plano N°12 “Edificio 2 propuesto”, se observa como hay un mejor aprovechamiento de las áreas del recinto. Además de ampliar el lugar de este laboratorio, y anexarle en uno de sus laterales el laboratorio de ensayo motor, se recomienda colocar mesas de trabajo centrales y estantes para poder colocar los equipos, y llevar los elementos que no pertenezcan a este laboratorio a sus respectivos lugares, entre ellos se sacará el transformador que formará parte principal del nuevo laboratorio propuesto en este proyecto.

Hay que destacar que este laboratorio se utilizará para otras cátedras como “Instalaciones térmicas, mecánicas y frigoríficas”, “Elementos de máquinas”, entre otras. Esto es debido a que dichas cátedras no necesitan actualmente un laboratorio propio, por la poca cantidad de ensayos



que se realizan, pero a la vez se tienen la necesidad de ubicarlos en un lugar físico, y no dejarlos a la deriva de encontrar un lugar en cada ciclo lectivo.

Estas incorporaciones, más la ampliación, van a hacer que se tenga un laboratorio de mecánica ordenado, y acorde a todas las necesidades.

8.2.5 - Laboratorio de caldera

Para este laboratorio, debido a que el lugar fue construido exclusivamente para el uso de la caldera, la única recomendación actual, es la de agregar un espacio contiguo para instalar un equipo de consumo, como por ejemplo un intercambiador de calor.

8.2.6 - Laboratorio de Suelos

Para este laboratorio, la recomendación no es un cambio de lugar, sino un reordenamiento. Para esto, el espacio que actualmente utiliza el laboratorio de ensayo motor, se utilizará como sala de depósito, y se llevarán allí todos los elementos ajenos a este laboratorio.

Esto hará una zona más limpia, con mayor espacio, y con posibilidades de trabajo sin inconvenientes.

Por último, se aconseja mejorar los elementos de trabajo actuales, para que los laboratoristas puedan trabajar con mayor comodidad.

8.2.7 - Laboratorio Electricidad

El laboratorista a cargo, Ing. Mancuello Cristian, expresa la comodidad del espacio, el cual es suficiente para el laboratorio por al menos diez años de proyección, y por lo tanto se decide no mudar el mismo. Además, recientemente se colocó una puesta a tierra, necesaria para este laboratorio.

Con el objetivo de ampliar su espacio, se decide agregar mesas de trabajo, colocar estantes superiores, y reordenar los armarios. Si cabe la posibilidad, se extraerá algún armario del espacio de trabajo.

Por otro lado, todas las mesas y sillas de salón se sacarán, debido a que ocupa un espacio demasiado amplio, y no es el objetivo el dictado de clases teóricas en este espacio.



Existe una amplia mesa usada actualmente como escritorio para poner carpetas y trabajos prácticos, entre otros folios, junto a un escritorio para una PC. En este caso, se sacará la mesa amplia debido a que ocupa mucho espacio para el fin que se utiliza. Será reemplazada por estantes laterales, que ocuparán un espacio desaprovechado, y dejará espacio para mesas de trabajo.

8.2.8 - Laboratorio de Fluidodinámica

La necesidad de ampliación del espacio de trabajo, hace que la reforma propuesta sea la que se puede observar en el plano N°12 “Edificio 2 propuesto”. Con esto, el espacio que ocupa el laboratorio en el edificio N°2 de la UTN FRRq, es considerablemente mayor al actual, y se le quitan de su espacio los elementos de trabajo del grupo GRUDIM. Además, se propone agregar mesas de trabajo y estantes, para poder guardar equipamiento, y poder realizar ensayos que hoy en día se realizan en las mesas de trabajo del laboratorio de química, o en otros casos, donde se encuentre lugar con mesas disponibles para hacerlo.

En cuanto a la disposición de los equipos actuales, se propone dejar las mismas. Para ello, al realizar el entrepiso del edificio N°2, que se propone construir en el punto 8.2.9, se deja libre la parte que daría al espacio del laboratorio de fluidos propuestos. Esto es debido a que existe la posibilidad de realizar laboratorios de ensayo de presiones, y para ello se requiere cierta altura libre. Ver plano N°12 “Edificio 2 propuesto”.

Cabe destacar que este laboratorio tiene proyectos de automatizarse. En conjunto con la cátedra “Automatización y Control Industrial”, y junto a estudiantes becados de la facultad, se proyectó la automatización del canal de pruebas que se tiene actualmente. El objetivo es poder realizar ensayos con comandos a distancias y pudiendo observar el proceso con cámaras desde una computadora.

Para ello se firmó un convenio de trabajo con el gobierno de la provincia, y se instalará un PLC para comandar las operaciones. De esta forma, el espacio de trabajo proyectado, tiene lugar suficiente para instalar todo el equipamiento necesario.

8.2.9 - GRUDIM

Este grupo tiene la necesidad de tener un espacio de trabajo propio, para poder desarrollar los proyectos, y para esto se propone sacarlo del lugar donde se encuentra.



Con motivos de encontrar un espacio, se propone la construcción de un entresuelo en el edificio N°2, cuyas dimensiones serán similares al aula con el que va a lindar. La construcción no ocupará un espacio grande en este edificio, por lo que el presupuesto destinado para este será pequeño, y no molestará a los laboratorios que están en la planta baja, tampoco disminuirá la altura de trabajo. La propuesta de construcción puede observarse en el plano N°12 “Edificio 2 propuesto”, y allí se plasma todo lo mencionado anteriormente.

De esta forma, se puede encontrar un lugar amplio para otorgarle al GRUDIM. Se propone colocar allí mesas de trabajo y los equipos con los que se trabaja actualmente. De esta forma, el grupo conseguirá un espacio propio para poder desarrollarse y ampliar sus estudios, reconociéndolo y jerarquizándolo de esta manera.

8.2.10 - Laboratorio de Automatización

A este laboratorio se le dará existencia física por primera vez. Por lo tanto, y bajo los criterios analizados con anterioridad, se le encuentra un lugar al que se considera, en primera instancia, el más propicio para su desarrollo.

Este lugar que se le dará, será en el Edificio N°2 de la UTN FRRq, ver plano N°12 “Edificio 2 propuesto”. En la planta baja debido al peso de los equipos, y con un amplio espacio, considerado suficiente para trabajar con los instrumentos. Se lo coloca junto al laboratorio de Fluidodinámica, con el cual tendrá una estrecha relación debido a que se proyecta automatizarlo, y del laboratorio de mecánica, con el cual también tiene relación debido a que por ejemplo el tema “Cintas transportadoras” es abordado en la cátedra de la carrera Ingeniería Electromecánica “Máquinas de elevación y transporte”, cuyos contenidos son meramente abocados a la mecánica. En el edificio N°2, hay en existencia un pasillo demasiado amplio, que hoy en día está desaprovechado, y solo se utiliza como medio de paso. En el plano N°12 “Edificio 2 propuesto”, se puede observar que, con la nueva distribución, se hace uso de ese pasillo, y la colocación de este laboratorio ocupará parte del mismo.



CAPÍTULO 9: PRESUPUESTO

Para este proyecto se armará un presupuesto del laboratorio de ensayos propuesto, con el objetivo de estimar el costo de la instalación.

Para confeccionar el presupuesto, se buscan los precios de distintos proveedores y se consulta a colegios de arquitectos, para de esta manera, encontrando un precio aproximado de lo que saldría actualmente la construcción total del laboratorio.

Hay ciertos elementos del presupuesto que se obtienen de forma aproximada, como, por ejemplo, el valor de la construcción edilicia del laboratorio, se obtiene del colegio de arquitectos de Entre Rios, con precios actualizados al mes de enero. El precio de la construcción estimado es de 33.844,76 pesos por metro cuadrado, y cuyo cálculo incluye el monto de los materiales, mano de obra y equipos. El objetivo de este presupuesto no es encontrar el valor exacto de la instalación, sino obtener un valor aproximado de lo que podría costarle a la facultad. Además, muchos de los precios que se consiguen son en pesos, y en una economía tan fluctuante como la de la Argentina actual, al cabo de los años el cálculo realizado aquí quedaría obsoleto.

El precio de la mano de obra para la instalación, se estima para este tipo de proyectos, un 30% del total de los materiales.

En la siguiente tabla se muestran precios de cada elemento, y al final el presupuesto total:



| Elemento | Marca | Modelo | Cantidad | Unidad | Precio Unitario | Moneda | Precio Total | Moneda |
|---|-----------------------------------|-------------------------|----------|--------|-----------------|--------|--------------|--------|
| Celdas didacticas | Schneider Electric | CMDCELMTT1 | 1 | U | 40.000,00 | Dólar | 1.786.800,00 | Pesos |
| Transformador didactico | Schneider Electric | CMDTRAFO2 | 1 | U | 20.000,00 | Dólar | 893.400,00 | Pesos |
| Conductor | Prysmian | Retenax Valio 3x240 mm2 | 2500 | m | 140,00 | Pesos | 350.000,00 | Pesos |
| Interruptor termomagnético | BETA | 5SY7332-8 | 1 | U | 350,00 | Pesos | 350,00 | Pesos |
| Interruptor diferencial | SICA | 32A | 1 | U | 850,00 | Pesos | 850,00 | Pesos |
| Tablero General de Baja Tensión | - | - | 1 | U | 10.000,00 | Pesos | 10.000,00 | Pesos |
| Malla de separación de CT | - | - | 1 | U | 21.000,00 | Pesos | 21.000,00 | Pesos |
| Malla perimetral de protección de transformador | - | - | 1 | U | 14.000,00 | Pesos | 14.000,00 | Pesos |
| Transformador monofásico | Diloc | 220/12 | 3 | U | 955,00 | Pesos | 2.865,00 | Pesos |
| Tablero de conexiones | - | - | 1 | U | 10.000,00 | Pesos | 10.000,00 | Pesos |
| Mesa de soporte de elementos | - | - | 1 | U | 14.000,00 | Pesos | 14.000,00 | Pesos |
| Mesa de Mediciones | - | - | 1 | U | 9.000,00 | Pesos | 9.000,00 | Pesos |
| Amperímetros y voltímetros | Electrol | Serie 7250 | 6 | U | 1.019,00 | Pesos | 6.114,00 | Pesos |
| Vatímetros | SACI | DP35WI | 2 | U | 1.800,00 | Pesos | 3.600,00 | Pesos |
| Frecuencímetro | SACI | FC5C | 1 | U | 1.398,00 | Pesos | 1.398,00 | Pesos |
| Fasímetro trifásico | SACI | DH4S | 1 | U | 15.450,00 | Pesos | 15.450,00 | Pesos |
| Fasímetro monofásico | SACI | DH4SI | 1 | U | 13.345,00 | Pesos | 13.345,00 | Pesos |
| Puente de kelvin | Yokogawa Electric Works | 2769 | 1 | U | 6.600,00 | Pesos | 6.600,00 | Pesos |
| Medidor de relación trifasico | MEGABRAS | TR8703 | 1 | U | 4.000,00 | Euro | 200.160,00 | Pesos |
| Puerta de Ingreso | - | - | 1 | U | 12.000,00 | Pesos | 12.000,00 | Pesos |
| Ventanas de Ventilación | - | - | 2 | U | 3.000,00 | Pesos | 6.000,00 | Pesos |
| Cable de cobre desnudo | ENEXAR | - | 9 | m | 390,00 | Pesos | 3.510,00 | Pesos |
| Jabalina de puesta a tierra | KLK weld | Tipo UNE 202006 | 4 | U | 16,19 | Euro | 3.240,59 | Pesos |
| Costo de contrucción edilicia | Colegio de arquitectos Entre Rios | Tipología 2 | 60 | m2 | 33.844,78 | Pesos | 2.030.686,80 | Pesos |
| Analizador de armónicos | FLUKE | 435 Serie II | 1 | U | 14.500,00 | Pesos | 14.500,00 | Pesos |
| Matafuego clase ABC | - | - | 1 | U | 2.400,00 | Pesos | 2.400,00 | Pesos |
| Carteles indicativos | - | - | 3 | U | 200,00 | Pesos | 600,00 | Pesos |
| Pintura asfáltica | - | - | 1 | U | 816,00 | Pesos | 816,00 | Pesos |
| Mano de Obra | - | - | 1 | U | | Pesos | 1.629.805,62 | Pesos |
| Precio total | 7.062.491,01 | | | | | | | Pesos |

Cabe destacar que los precios están en moneda argentina y, por lo tanto, sería un presupuesto a los precios que se tiene actualmente en el país. El precio del dólar y del euro se toma según el tipo de cambio del banco central al día 6 de mayo de 2019, estos son:

| Tipo de moneda | Valor en Pesos Argentinos |
|----------------|---------------------------|
| Dólar | 44.67 |
| Euro | 50.04 |



El presupuesto de licitación del proyecto es muy elevado y, por lo tanto, la única forma de realizarlo es buscar una línea de crédito que respalde este tipo de proyectos académicos. Estos suelen convocarse en distintos ministerios de la provincia o nación durante el año, lo cual haría posible la construcción del proyecto.

CONCLUSIONES

De este proyecto se pueden extraer varias conclusiones, y se las realizará por partes, debido a que este tiene dos temas abordados, que deben ser analizados por separado.

Por un lado, se tiene el laboratorio de electricidad diseñado para la Facultad. Es un proyecto ambicioso que tiene entre sus ventajas:

- Aporte a la comunidad educativa de un nuevo laboratorio.
- Posibilidades de realizar ensayos que hasta hoy en día no es posible hacerlos, y ampliar los trabajos prácticos propuestos por distintas cátedras de las distintas carreras.
- Posibilidad de enseñanza práctica de las instalaciones de una subestación transformadora.
- Posibilidad de enseñar las maniobras realizadas en una subestación transformadora, mediante celdas eléctricas, con una tensión de operación de 13.2 kV.
- Crecimiento del área electricidad de la carrera Ingeniería Electromecánica.
- Utilización de un transformador donado a la facultad, y que hoy en día está en desuso.
- Desarrollo práctico de los conocimientos dados en la teoría.
- Posibilidades de realizar todas las funciones de un laboratorio, incluidos la enseñanza a terceros.

Como desventajas de este proyecto se pueden citar:

- Principalmente el presupuesto, el cual es muy elevado para un laboratorio.
- Ocupa un gran espacio del terreno de la facultad.



Para llevar a cabo su construcción, al igual que ha sucedido con muchos de los laboratorios actualmente en existencia, la facultad debería realizar convenios con algunas empresas de la región, solicitar donaciones de algunos equipamientos, y costear el resto con líneas de financiamientos.

A pesar de todas las dificultades mencionadas, concluyo que es un proyecto que resulta interesante, y que debería tenerse presente para futuras ampliaciones de la facultad, estando ya a disposición ante el surgimiento de alguna financiación que posibilite su ejecución, debido a que sería un gran aporte para toda la comunidad educativa de la UTN FRRq e incluso para la ciudad de Reconquista.

Cabe destacar que la construcción de este tipo de laboratorios jerarquiza el nivel de la UTN FRRq, y eleva el nivel de enseñanza.

Por otro lado, se tiene el layout de los laboratorios en existencia.

Respecto a este tema, la propuesta realizada se ha estudiado con base en una gran recolección de datos, mediante encuestas y estudio de material aportado por parte de los profesores, y hablado con las autoridades de la facultad. Se puede decir que el trabajo de cambios propuesto es realista y acorde al presupuesto de esta institución. Y si bien es un tema en el cual siempre existirá una propuesta de mejora, se considera que es una de las mejores posibilidades actuales y acorde a las proyecciones futuras que se tiene de la facultad.

Mediante la propuesta, se ha intentado reunir las áreas que tengan características en común, y estén o pudiesen estar entrelazadas por proyectos que se requiera el aporte de varias de ellas. Por otro lado, se analizó el equipamiento en común que pudiesen tener, intentando que el traslado de las personas para su uso sea el menor posible, haciendo que los riesgos sean así menores si se tuviese que transportar material de un sector a otro.

Los cambios ayudarían de manera exitosa al desarrollo de los laboratorios, tanto de los actuales como de los que se propone darles un espacio propio, haciendo ameno el trabajo diario de los laboratoristas y dándole lugar a realizar propuestas de expansión, tanto de equipamiento como de desarrollo de proyectos.



Es de destacar que todos los profesores y laboratoristas de esta facultad, tienen ideas de expansión y desarrollo de sus laboratorios, y siempre han trabajado con el objetivo de ampliar su área, haciendo que la institución crezca. En este proyecto se da a conocer algunas ideas y propuestas de los mismos, y parte del trabajo de layout se ha realizado siguiendo sus lineamientos.

PROPUESTAS SUPERADORAS

En este apartado se darán algunas propuestas para futuros proyectos, que pueden ser desarrollados por la institución o a través de proyectos finales como este. Primero aquellas que están relacionadas al uso del transformador de 33/0.44 kV que se encuentra en existencia en la UTN FRRq:

- Instalación de una subestación transformadora tipo interior a nivel, para ser utilizada como laboratorio. Esta opción fue estudiada previamente por quien escribe el proyecto final de carrera. El principal problema, además de los costos, es que no hay posibilidades actuales, ni en un futuro cercano, de contar con una alimentación en 33 kV. Esto reduce mucho las posibilidades y hace buscar alternativas algo engorrosas, lo cual eleva el costo de la instalación.
- Instalación de una subestación transformadora tipo exterior a nivel, que pudiese ser utilizada para laboratorio. El coste de esta debería ser considerablemente menor, pero tendría todas las incomodidades para llevar a cabo los ensayos que representa una instalación de este tipo. Además de contar con el mismo problema de la falta de una línea de 33 kV que pudiese alimentar el laboratorio.
- Instalación de una subestación transformadora tipo exterior en altura, también de menor coste, pero con menores posibilidades de realizarle ensayos, o dificultando los mismos.

Por otro lado, y en cuanto a layout se refiere, el trabajo realizado en este proyecto podría ahondarse en gran parte. En el presente proyecto, se optó por recoger datos sobre ensayos, necesidades y fortalezas de cada laboratorio, y con esto encontrar una disposición que mejor se amolde a las necesidades de todos ellos. Pero en este sentido hay muchos temas en que trabajar,



como movimiento de materiales y de personas, coordinación con las carreras que se dictan en la institución y las aulas en las que se cursa, e incluso hacer homogéneo el traslado de personas por todo el ámbito de la facultad, pudiendo estudiar los salones con mayor concurrencia de estudiantes, las carreras que mayor cantidad de estudiantes aportan a la facultad, y la cantidad de estudiantes que se espera en cada año de sus respectivas carreras.

Está claro que la temática layout es muy amplia, y si se estudiara a detalle, ameritaría un proyecto exclusivamente para ello. Como propuesta a futuro, se deja el realizar un estudio que abarque todos los puntos mencionados anteriormente, realizando un reordenamiento completo de la facultad.



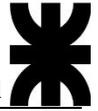
BIBLIOGRAFÍA

- Reglamentación AEA N° 95.401 “Centros de Transformación y Suministro en Media Tensión”, Edición 2016.
- Ley de Seguridad e Higiene en el Trabajo N° 19587.
- Jesús Fraile Mora (2003). “Máquinas Eléctricas”. Mc Graw Hill. Quinta Edición.
- Stephen J. Chapman (2000). “Máquinas Eléctricas”. Mc Graw Hill. Tercera Edición.
- “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría”. UNESA.
- “Efectos de los armónicos sobre los transformadores de distribución” de Luis Genaro Marulanda Gonzalez, Universidad del Valle. Recuperado del sitio en octubre del 2018: <https://es.scribd.com/doc/39963513/EFFECTOS-DE-LOS-ARMONICOS-SOBRE-LOS-TRANSFORMADORES-DE-DISTRIBUCION>
- “Costo del M2 Enero 2019 / Presupuesto Interactivo” de Colegio de arquitectos de Entre Rios. Recuperado del sitio en Febrero del 2019: http://www.colegioarquitectos.org.ar/despachos2.asp?cod_des=61918&ID_Seccion=265&fecemi=19/02/2019&Titular=costo-del-m2-enero-2019--presupuesto-interactivo.html
- “Guía de la Medición de Aislamiento” de CHAUVIN ARNOUX, Edición 2010. Recuperado del sitio en Septiembre del 2018: <http://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/D00VEC38.PDF>
- “Prueba de resistencia Óhmica en los devanados” de AMBAR. Recuperado del sitio en Octubre del 2018: <http://ambarelectro.com.mx/ambar/Documentos/33/150527.pdf>

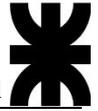
- Tesis “Manual de Pruebas a Transformadores de Distribución” de Ingeniería Eléctrica. Acevedo A., Ledesma R., Perera E. Escuela Superior de Ingeniería Eléctrica y Mecánica Unidad Zacatenco. Ciudad de México.
- Proyecto “Proyecto de Instalación de Centro de Transformación de 400kVA para Edificación Docente”. Universidad de Alicante. 2m Ingenieros. Año 2013.
- Proyecto “Proyecto de Instalación de Líneas de Distribución en Media Tensión en Fábrica Cerestar Ibérica. Mattos H. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Año 2009.
- “Prueba de Resistencia de Aislamiento” megger. Recuperado del sitio en Octubre de 2018:
https://www.google.com/search?q=prueba+de+resistencia+de+aislamiento+megger&rlz=1C1CHBF_esAR811AR811&oq=prueba+de+resistencia+de+aislamiento+me&aqs=chrome.69i57j0l3.6928j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Proyecto “Proyecto, Previsión e Instalación de una Subestación Transformadora Propia de Media Tensión para el Edificio de Legislatura Provincial”. Legislatura de la Provincia de San Juan. Agosto 2013.
- Proyecto “Proyecto eléctrico para la reforma de la instalación eléctrica de baja tensión alimentada desde el centro de transformación de residuos peligrosos de la planta de residuos de la zoreda, serín”, DEVA y COGERSA. Marzo 2017.
- Especificación Técnica GI-001-003 “Distancias eléctricas para instalaciones de media y alta tensión” ENERSA. Revisión 01/08/05.
- “GUIA DE DISEÑO Y NORMAS PARA PUESTA A TIERRA DE ESTACIONES TRANSFORMADORAS” de TRANSENER S.A.
- “GUIA DE DISEÑO PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS” de TRANSENER S.A.
- Catálogo general de Prysmian “Cables para redes de Media Tensión”.



ANEXOS



ANEXO I: CÁLCULOS



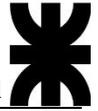
ANEXO II: CATÁLOGOS



ANEXO III: ENSAYOS Y TRABAJOS PRÁCTICOS



ANEXO IV: INFORMACIÓN



ANEXO V: PLANOS