



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“ESTUDIO DE CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE
DEVANADOS DE TRANSFORMADORES Y PRUEBAS DE
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN CON TTR/DTR AEMC 8510
EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA MONOFÁSICOS,
TRIFÁSICOS Y DE INSTRUMENTO DE POTENCIAL Y
CORRIENTE, DE CENTRAL HIDROELÉCTRICA 15 DE
SEPTIEMBRE”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR:

Br. Ever Hernández Rivas.

Br. Carlos Alberto Mayorga Mercado.

Br. Melvin Mauricio Campos Menéndez.

SANTA TECLA, NOVIEMBRE 2025



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

ING. ROSENDO MAURICIO SERMEÑO PALACIOS
RECTOR

DR. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LAREYNAGA
VICE-RECTOR

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS ALBERTO COCA MUÑOZ
FISCAL

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. RENE EDUARDO CUELLAR FIGUEROA
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRICA

SANTA TECLA, NOVIEMBRE 2025



ASESOR

ING. LUIS ALBERTO MORALES HERNÁNDEZ.

JURADO EVALUADOR

ING. JULIO ADALBERTO MARTINEZ LÓPEZ.

ING. OSCAR ALBERTO VÁSQUEZ GUADRÓN.

ING. RENE EDUARDO CUELLAR FIGUEROA.

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO.

SANTA TECLA, NOVIEMBRE 2025.

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS SESENTA Y CINCO

A las ocho horas del sábado ocho de noviembre de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por EVER HERNANDEZ RIVAS en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

ESTUDIO DE CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE DEVANADOS DE TRANSFORMADORES Y PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION CON TTR/DTR AEMC 8510 EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA MONOFASICOS, TRIFASICOS Y DE INSTRUMENTO DE POTENCIAL Y CORRIENTE, DE CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de *Ocho punto cero. (8.0)*, el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO ELECTRICISTA.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.

ING. JULIO ADALBERTO MARTINEZ LOPEZ

ING. OSCAR ALBERTO VASQUEZ GUADRON

ING. RENE EDUARDO CUELLAR FIGUEROA

ING. ROOSELVE ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS SESENTA Y SEIS

A las ocho horas del sábado ocho de noviembre de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por CARLOS ALBERTO MAYORGA MERCADO en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

ESTUDIO DE CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE DEVANADOS DE TRANSFORMADORES Y PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION CON TTR/DTR AEMC 8510 EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA MONOFASICOS, TRIFASICOS Y DE INSTRUMENTO DE POTENCIAL Y CORRIENTE, DE CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE

Se dio por aprobada, la parte escrita.

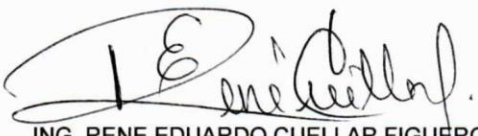
SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

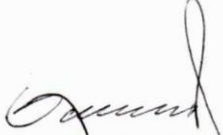
De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de *Ocho punto cinco. (8.5)*, el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO ELECTRICISTA.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.


ING. JULIO ADALBERTO MARTINEZ LOPEZ


ING. OSCAR ALBERTO VASQUEZ GUADRON


ING. RENE EDUARDO CUELLAR FIGUEROA


ING. ROOSELVEY ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL QUINIENTOS SESENTA Y SIETE

A las ocho horas del sábado ocho de noviembre de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por MELVIN MAURICIO CAMPOS MENENDEZ en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

ESTUDIO DE CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE DEVANADOS DE TRANSFORMADORES Y PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION CON TTR/DTR AEMC 8510 EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA MONOFASICOS, TRIFASICOS Y DE INSTRUMENTO DE POTENCIAL Y CORRIENTE, DE CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de *Ocho punto cero. (8.0)*, el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO ELECTRICISTA.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.


ING. JULIO ADALBERTO MARTÍNEZ LOPEZ


ING. OSCAR ALBERTO VÁSQUEZ GUADRÓN


ING. RENE EDUARDO CUELLAR FIGUEROA


ING. ROOSELVE ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



Tabla de contenido

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
ÍNDICE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	12
GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS.....	13
1 CAPITULO I : GENERALIDADES.....	23
1.1. INTRODUCCIÓN.....	23
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	24
1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
1.4. JUSTIFICACION	25
1.5. ALCANCES DEL PROYECTO.	26
1.6. LIMITANTES.	27
1.7. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.	28
2 CAPITULO II: TEORIA DEL TRANSFORMADOR, TIPOS DE TRANSFORMADORES.....	29
2.1. TEORÍA DE LOS TRANSFORMADORES.	29
2.2. TIPOS DE TRANSFORMADORES.....	55
2.3. TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.	57
2.4. TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.....	64
2.5. TRANSFORMADOR DE TENSION O POTENCIAL.	79

2.6.	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	81
2.7.	NORMATIVA PARA MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES.....	91
2.8.	TIPOS DE PRUEBAS A TRANSFORMADORES.....	92
3.	CAPITULO III: EQUIPO TTR/DTR AEMC 8510.	105
3.1.	INTRODUCCIÓN DESCRIPTIVA.	105
3.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	107
3.3.	PARTES DEL EQUIPO TTR/DTR AEMC 8510.....	108
3.4.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIONES.....	112
3.5.	DESCARGA DE DATOS EN SOFTWARE DEL EQUIPO.....	129
3.6.	MENÚ ARCHIVO.	141
3.7.	DISEÑO Y VISULIZACION.....	155
4.	CAPITULO IV: APLICACION DEL TTR/DTR AEMC 8510 PARA LA MEDICION DE RELACION DE TRASFORMACION EN TRANSFORMADORES.	204
4.1.	DESARROLLO DE PRUEBAS REALIZADAS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA E INSTRUMENTACION EN LA CENTRAL DE GENERACION DE ENERGIA HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE CEL.	204
4.2.	REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO EN CENTRAL HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE.....	209
4.3.	INFORME DE ESTADO DE DEVANADOS DE TRANSFORMADORES A PRUEBA EN LA CENTRAL DE GENERACION.....	216
5.	CAPITULO V: GUIAS DE LABORATORIO.....	222
5.1.	REGLAMENTO DEL LABORATORIO Y SISTEMA DE EVALUACION	222

5.2.	GUIA 1.	223
5.3.	GUIA 2.	228
5.4.	GUIA 3.	234
5.5.	GUIA 4.	239
6.	CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	244
6.1.	RECOMENDACIONES.....	244
6.2.	CONCLUSIONES.....	245
7.	PRESUPUESTO.....	247
8.	CRONOGRAMA:	248
9.	BIBLIOGRAFIA.....	249
10.	ANEXOS.....	250
10.1	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL PROCESO INVESTIGATIVO.	250
10.2.	TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN REALIZADAS EN CENTRAL HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE CON EQUIPO TTR/DTR 8510 AEMC.	255
10.3.	INFORME FINAL DE PRUEBAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA E INSTRUMENTACIÓN DE CENTRAL HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE.	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 Esquema de Transporte y Reparto de Energía Eléctrica.	30
Ilustración 2: Símbolos Empleados para Designar un Transformador.....	30
Ilustración 3: Circuitos Magnéticos de Transformadores Monofásicos.....	32
Ilustración 4: Circuito y Devanados de un Transformador Trifásico.....	32
Ilustración 5: Devanados Concéntricos y Alternados	33
Ilustración 6: Aspectos Constructivos de un Transformador.	35
Ilustración 7: Relé Buchholz y Esquema Eléctrico de Protección.	38
Ilustración 8: Placa de Identificación de Transformador de Unidad No 2 de C.H. 15 de Septiembre.	38
Ilustración 9: Curva de imantación de diferentes materiales.....	41
Ilustración 10: Ciclos de Histéresis.	42
Ilustración 11: Transformador Monofásico con Núcleo Ideal.	58
Ilustración 12: Transformador Real con Resistencias Eléctricas y Flujos de Dispersión. 61	
Ilustración 13: Transformador Real con Bobinas Ideales en el Núcleo.	62
Ilustración 14: Circuito Equivalente Completo de un Transformador Practico Bajo Carga.	62
Ilustración 15:	63
Ilustración 16: Transformador Trifásico de Bobinas Expuestas, 13800/480 VAC, 750 KVA, Conexión Dd0, en Plataforma de Descarga de C.H. 15 de Septiembre.....	65
Ilustración 17: Banco Trifásico de Transformador, Compuesto por 3 Transformadores Monofásicos.	65
Ilustración 18: Transformador Trifásico, Construido sobre un Núcleo de 3 Columnas. ..	66
Ilustración 19: Conexión Estrella.	66

	6
Ilustración 20: Conexión Triangulo.....	66
Ilustración 21: Conexión Zig Zag.....	67
Ilustración 22: Banco de 3 Transformadores Monofásicos YNy	76
Ilustración 23: Transformador Trifásico de 3 Columnas.....	76
Ilustración 24: Placa característica de Transformador trifásico en el cual se puede observar el marcado de los extremos de los devanados (Servicio Propio de C.H. 15 de Septiembre).	78
Ilustración 25: Marcado de los Extremos de los Devanados de un Transformador Trifásico (UNE 20158).	78
Ilustración 26: Transformador de Potencial para Exteriores, con relación $(115000/\sqrt{3})/$ (120 VAC), en subestación de C.H. 15 de Septiembre, para medición comercial y sincronización de Unidad 1.	81
Ilustración 27: Transformador de Potencial para Interiores, Relación de 14400:120 VAC, para medición, Sincronización y Protección de Unidades Generadoras de C.H. 15 de Septiembre.....	81
Ilustración 28: Transformador de Corriente de un Arrollamiento Secundario.....	82
Ilustración 29: Transformador de Corriente de dos Arrollamientos Secundarios.....	83
Ilustración 30: Transformador de Corriente en Patio de Subestación de C.H. 15 de Septiembre, con relación 1200:5 (utilizado en tap 600:5), para medición comercial y protección.	83
Ilustración 31: Placa de Característica de Transformador de Instrumento Mixto (corriente) de Servicio propio de C.H. 15 de Septiembre.	90
Ilustración 32: Componente de Transformadores de Potencia y sus fallas detectables. ...	93
Ilustración 33: Especificaciones Técnicas de Equipo TTR/DTR AEMC 8510.	107

Ilustración 34: Descripción Específica de Panel de Control del Equipo TTR/DTR AEMC 8510.	108
Ilustración 35: Accesorios Incluidos en Equipo TTR/DTR AEMC 8510.....	110
Ilustración 36: Tapa Superior de Equipo, con Ejemplificación Básica para la Conexión del TTR/DTR AEMC 8510.	111
Ilustración 37: Menú Principal de Navegación del Equipo.	112
Ilustración 38: Pantalla Principal del Instrumento.	112
Ilustración 39: Menús Disponible del Instrumento.	113
Ilustración 40: Permite formatear la hora (12 o 24 horas).....	114
Ilustración 41: Permite seleccionar el formato de la fecha (MM/DD/AA.DD/MM/AA o AA/MM/DD).	114
Ilustración 42: Menú de Introducción de Datos de Fecha y Hora.	114
Ilustración 43: Ejemplo de Placa de Transformador, se señalan datos a incorporar en el TTR/DTR.	114
Ilustración 44: Menú Configurar e Ingresar Datos de Placa.	115
Ilustración 45: Menú Habilitar Visualización.	115
Ilustración 46: Menú Lista de Valores Guardados y Editar.	115
Ilustración 47: Menú del Ingreso de Valores Numéricos de las Placas.....	116
Ilustración 48: Menú para la Selección de Tipo Test a Realizar.	116
Ilustración 49: Menú para Seleccionar Modo de Test.	117
Ilustración 50: Menú Selección de Filtro.	117
Ilustración 51: Menú para Seleccionar Idioma.....	118
Ilustración 52: Menú Retornar para Ver Datos Guardados en el Instrumento.	119
Ilustración 53: Visualización de Datos Guardados.....	119
Ilustración 54: Visualización de Datos Guardados.....	119

	8
Ilustración 55: Fecha y Hora de los Datos Guardados.	119
Ilustración 56: Tensiones de Transformador de Datos Guardados.....	120
Ilustración 57: Placa de Datos de Transformador.	122
Ilustración 58: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510. .	123
Ilustración 59: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510. .	123
Ilustración 60: Menú de Comprobación de Continuidad.....	123
Ilustración 61: Alarma de Falla en la Continuidad de Cables.	123
Ilustración 62: Pantalla Principal con Resultados Obtenidos en la Prueba al Transformador.	124
Ilustración 63: Placa de Datos de Transformador.	125
Ilustración 64: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510. .	125
Ilustración 65: Menú de Comprobación de Continuidad.....	126
Ilustración 66: Alarma de Falla en la Continuidad de Cables.	126
Ilustración 67: Pantalla Principal con Resultados Obtenidos en la Prueba al Transformador.	126
Ilustración 68: Placa de Datos de un Transformador TC.	127
Ilustración 69: Pruebas a Transformadores TC con Equipo TTR/DTR AEMC 8510.....	128
Ilustración 70: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510. .	128
Ilustración 71: Alarma de Falla en la Continuidad de Cables.	128
Ilustración 72: Pantalla Principal con Resultados Obtenidos en la Prueba al Transformador.	129
Ilustración 73: Cuadro de Dialogo de Inicio Rápido.....	130
Ilustración 74: Cuadro de Dialogo- Selección de Instrumento.....	132
Ilustración 75: Nuevo Informe.	133
Ilustración 76: Hoja de Trabajo en Blanco.....	133

	9
Ilustración 77: Hoja de Trabajo en Modo Borrador.	134
Ilustración 78: Lista con Imagen y Significado de Iconos.	139
Ilustración 79: Barra de Estado.	139
Ilustración 80: Menú Crear Informe a partir de una Plantilla Predeterminada.	143
Ilustración 81: Cuadro de Dialogo de Menú Abrir.	145
Ilustración 82: Menú Guardar Como.	147
Ilustración 83: Menú Elegir Directorio.	149
Ilustración 84: Cuadro de Diálogo Propiedades de la Sesión.	152
Ilustración 85: Lista de Iconos de Barra de Herramientas.	159
Ilustración 86: Cuadro de Dialogo Propiedades de la Leyenda.	178
Ilustración 87: Pestaña-Lista de Canales	184
Ilustración 88: Pestaña de Parámetros de Lista de Canales.	186
Ilustración 89: Ejemplo de Marco de Gráficos.	193
Ilustración 90: Cuadro de Texto dentro de un Marco de Gráfico.	194
Ilustración 91: fachada de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.	204
Ilustración 92: Corte Transversal de un Grupo Turbina-Generador de una Central Hidroeléctrica.	207
Ilustración 93: Corte Transversal de una Central Hidroeléctrica con Turbina KAPLAN.	208
Ilustración 94: Alumnos Recibieron Inducción para el Ingreso a la Central por Personal Técnico.	210
Ilustración 95: Registro Fotográfico De Pruebas Realizadas por Alumnos.	212
Ilustración 96: Pruebas en Unidad Generadora # 1- Noviembre 2024.	214
Ilustración 97: Pruebas en Unidad Generadora # 1- Febrero 2025.	216
Ilustración 98: Informe Generado por Software DataView.	218

Ilustración 99: Equipos de medición de relación de transformación TTR/DTR 8510 de AEMC.....	250
Ilustración 100: Equipos de medición de relación de transformación TTR/DTR 8510 de AEMC.....	251
Ilustración 101: Transformador Trifásico de Potencia que será sometido a pruebas de campo de relación de transformación. Ubicado en Central 15 de Septiembre.....	251
Ilustración 102: Capacitación al grupo de tesis del Uso y Cuidados del Equipo TTR/DTR 8510 con personal de la Empresa SESA de C.V.	251
Ilustración 103: Capacitación al grupo de tesis del Uso y Cuidados del Equipo TTR/DTR 8510 con personal de la empresa SESA de C.V.....	252
Ilustración 104: Estudiantes Realizando Pruebas en Transformador de Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.	252
Ilustración 105: Estudiante Realizando Pruebas de Continuidad a Bobinado del Transformador.	253
Ilustración 106: Grupo de Transformadores TC Recién Ingresados a los Cuales se les Realizo la Prueba TC.....	253
Ilustración 107: Equipo TTR/DTR AEMC 8510 Entregando los Resultados de una Prueba.	254
Ilustración 108: Cotización del equipo TTR/DTR 8510 Y Certificado de Calibración del equipo	254

ÍNDICE TABLAS.

Tabla 1: Tabla de Símbolos Empleados para Señalar la Naturaleza del Refrigerante y su Modo de Circulación.	36
Tabla 2: Tabla de Clasificación de los Transformadores.	56
Tabla 3: Índices Horarios de los Transformadores.....	72
Tabla 4: Conexiones Comunes según Norma IEC 60076-1 (Anexo D de la norma).....	73
Tabla 5: Conexiones Adicionales según Norma IEC 60076-1.....	74
Tabla 6: Nomenclatura de Terminales Primarios y Secundarios de Transformadores de Corriente.	91
Tabla 7: Tabla de Especificaciones de Valores de VT/PT.	118
Tabla 8: Tabla de Especificaciones de Valores de TC.	118
Tabla 9: Tabla de conexiones Monofásicas y Trifásicas.	121
Tabla 10: Tabla de Canales Compatibles con DataView.	190
Tabla 11: Tabla de Ejemplos de Canales.	191
Tabla 12: Tabla de Datos de Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.	205
Tabla 13: Tabla de Datos de Generadores con los que cuenta la Central.	206
Tabla 14: Tabla de Valores de Pruebas Realizadas. Generadas Automáticamente por Software DataView.....	219

ÍNDICE DE ECUACIONES.

Ecuación 1: Ecuación de Foucault.....	45
Ecuación 2: Ecuación de la Reluctancia.....	45
Ecuación 3: Ecuación del Campo Magnético.....	47
Ecuación 4: Fuerza del Campo Magnético.....	49
Ecuación 5: Ley de Faraday.	51
Ecuación 6: Formula de la Impedancia de un Transformador.....	52
Ecuación 7: Ecuación de Corriente en Cortocircuito.	52
Ecuación 8: Ley de Faraday.	53
Ecuación 9: Ley de Faraday para un Transformador Inductor.....	54
Ecuación 10: Ley de Ampere.	55
Ecuación 11: Ley de Biot- Savart.....	55
Ecuación 12: Formula para el Transformador Monofásico.....	58
Ecuación 13: Ecuación para la Relación de Transformación de un Transformador.	74
Ecuación 14: Porcentaje de Error de Corriente.	88

GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS.

- **Inducción electromagnética:** Fenómeno por el cual una variación del flujo magnético a través de un circuito eléctrico genera una fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida en dicho circuito. Se basa en la ley de Faraday y es el principio fundamental de funcionamiento de generadores, transformadores, motores eléctricos y muchos dispositivos electromagnéticos, permitiendo la conversión de energía electromagnética y eléctrica.
- **Autoinducción:** Es el fenómeno electromagnético por el cual una variación de la corriente eléctrica en un circuito induce en ese mismo circuito una fuerza electromotriz (f.e.m) que se opone al cambio de la corriente que la provoca. La magnitud de este efecto viene dada por la inductancia propia del circuito.
- **Efecto Joule:** fenómeno físico por el cual la energía eléctrica que circula a través de un conductor se transforma en calor, debido a la resistencia que este opone al paso de la corriente, la potencia disipada se expresa por la relación $P=I^2 \cdot R$
- **Campo magnético:** Región del espacio donde una carga eléctrica en movimiento o un material magnético experimenta una fuerza magnética. Se genera por corrientes eléctricas o imanes permanentes y se representa mediante el vector B , medido en teslas (T). Es fundamental en el diseño y funcionamiento de motores, generadores, transformadores y dispositivos electromagnéticos.
- **FEM:** Energía por unidad de carga, suministrada por una fuente o inducida en un conductor por un campo magnético.
- **Flujo magnético:** cantidad que representa el total de líneas de campo magnético que atraviesa una superficie determinada, generado por imanes o corrientes eléctricas. Se mide en weber (Wb), depende de la intensidad de campo magnético y del área de la superficie atravesada por el flujo.

- **Inducción electromagnética:** fenómeno por el cual una variación de flujo magnético en un circuito eléctrico genera una fuerza electromotriz (FEM) inducida. Se rige por la ley de Faraday, que establece que la FEM inducida es proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético.
- **Ley de Ampere:** Principio fundamental del electromagnetismo, que establece que la circulación del campo magnético a lo largo de una trayectoria cerrada es proporcional a la corriente eléctrica total que atraviesa la superficie delimitada por dicha trayectoria.
- **Ley de Biot-Savart:** Principio fundamental del electromagnetismo que establece que el campo magnético diferencial $d\vec{B}$ producido en un punto por un elemento de corriente, es directamente proporcional a la intensidad de la corriente y al vector de la longitud $d\vec{l}$, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al punto considerado.
- **Ley de Faraday:** Principio fundamental de la inducción electromagnética que establece que la fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida en un circuito es proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético que atraviesa dicho circuito.
- **Ley de Lenz:** Principio de la inducción electromagnética que establece que la fuerza electromotriz inducida en un circuito tiene siempre un sentido tal que se opone a la variación del flujo magnético que la produce.
- **Grano orientado:** Tipo de acero al silicio utilizado en equipos eléctricos, especialmente en núcleos de transformadores, cuyas partículas cristalinas (granos) han sido tratadas para orientarse en una dirección preferente durante el proceso de laminación. Gracias a esta orientación, el material presenta menores pérdidas por histéresis y corrientes parasitas, mejorando la eficiencia energética y reduciendo el calentamiento en aplicaciones de corriente alterna.

- **Perdidas en el hierro:** También llamadas perdidas en el núcleo son perdidas de energía que se producen en el material ferromagnético del núcleo de máquinas eléctricas y transformadores cuando este se encuentra sometido a un flujo magnético alterno. Se dividen en dos componentes: Perdidas por Histéresis y perdidas por corrientes parasitas o de Foucault.
- **Perdidas por histéresis:** Son las pérdidas de energía que se producen en los materiales ferromagnéticos cuando se someten a un ciclo de magnetización alterna. Se deben al retardo con que la magnetización del material sigue a la variación del campo magnético aplicado, lo cual genera calor en el núcleo.
- **Corrientes parasitas:** Son las pérdidas de energía que ocurren en los materiales conductores (como los núcleos de hierro de transformadores y maquinas eléctricas) cuando un campo magnético variables induce corrientes circulares dentro del propio material. Estas corrientes generan calor no deseado, que incrementan la temperatura del equipo y reducen su eficiencia.
- **Perdidas en el cobre:** Son las pérdidas de energía que ocurren en los devanados de máquinas eléctricas y transformadores debido a la resistencia eléctrica de los conductores por los que circula la corriente. Se calcula como $I_{cu} = I^2 R$.
- **Carlite:** Nombre comercial de un barniz o recubrimiento aislante a base de resinas epóxicas, aplicado sobre el aislamiento de las bobinas de una maquina eléctrica rotativas (como motores y generadores). Su función principal es proteger contra humedad, el polvo, agentes químicos y descargas eléctricas superficiales, además de mejorar la rigidez dieléctrica y prolongar la vida útil del aislamiento.
- **Reluctancia:** Magnitud que mide la oposición de un material o de un circuito magnético al paso del flujo magnético. Es análoga a la resistencia eléctrica de un

circuito eléctrico. Una reluctancia alta indica dificultad para que el flujo magnético se establezca, mientras que una baja reluctancia facilita su circulación.

- **Permeabilidad eléctrica:** Magnitud que indica la capacidad de un material para permitir que un flujo magnético lo atraviese. Es una medida de que tan fácilmente un material se magnetiza bajo la acción de un campo magnético aplicado. Se representa con la letra μ y se expresa en henrios por metro (H/m). Depende del material y se relaciona con la reluctancia de un circuito magnético: a mayor permeabilidad, menor reluctancia y mayor flujo magnético para un mismo esfuerzo magnetizante.
- **Flujo de dispersión:** Parte del flujo magnético generado por un devanado de una maquina eléctrica que no sigue completamente el circuito magnético principal y no contribuye a la inducción electromagnética útil en los otros devanados o el circuito principal. Se origina debido a: la geometría del devanado, el espacio entre bobinas, la distribución no uniforme del campo magnético alrededor de los conductores.
- **Transformadores anti-resonantes:** Tipo de transformador diseñado para evitar o minimizar la resonancia eléctrica en sistemas de alta tensión, especialmente en subestaciones y redes de distribución. Su objetivo es: Reducir sobre voltajes transitorios generados por maniobras, conmutación o rayos. Proteger equipos sensibles conectados al sistema. Mantener la estabilidad del sistema eléctrico frente a fenómenos resonantes entre la capacitancia de la línea y la inductancia del transformador.
- **Placa de características:** Placa metálica que contiene los datos técnicos principales de un transformador.
- **Potencia nominal:** Es la máxima potencia aparente que un transformador puede suministrar o absorber de manera continua en condiciones normales de operación,

sin que se sobrepasen los límites de calentamiento establecidos por la clase de aislamiento térmico.

- **Rigidez dieléctrica:** Propiedad de un material aislante que indica la máxima diferencia de potencial eléctrico que puede soportar sin que ocurra ruptura eléctrica. Se expresa en voltios por unidad de espesor (V/M) y depende de: la composición del material, la temperatura, la humedad, la frecuencia de la tensión aplicada.
- **Aceite dieléctrico:** Líquido aislante y refrigerante usado en transformadores de potencia.
- **Cuba:** Recipiente metálico hermético que alberga los devanados y el núcleo del transformador, así como el aceite aislante que los rodea. Sus funciones son: Proteger los componentes internos del ambiente externo (Humedad, polvo, contaminantes), Servir como medio de aislamiento y refrigeración, ya que el aceite disipa el calor generado por pérdidas eléctricas, contener accesorios como el tap changer, respiradores, indicadores de nivel y sistemas de protección.
- **Aislador pasante:** Dispositivo que permite llevar conductores eléctricos a través de la carcasa de un transformador, manteniendo el aislamiento.
- **Arrollamiento:** Conjunto de espiras de un conductor eléctrico, dispuestas sobre el núcleo de un transformador.
- **Conservador:** Depósito adicional conectado a la cuba principal del transformador que alimenta o recibe aceite aislante para compensar su expansión y contracción, debido a los cambios de temperatura durante el funcionamiento.
- **Relé Buchholz:** Dispositivo de protección de transformadores sumergidos en aceite, instalado en el tubo de conexión entre la cuba principal y el conservador. Su función principal es detectar fallas internas como cortocircuitos,

sobrecalentamiento o acumulación de gases por arcos eléctricos. Activa alarmas y disparos antes que la falla ocasione daños mayores.

- **OLTC (On Load Tao Changer):** Dispositivo instalado en transformadores de potencia que permite regular la relación de transformación mediante el cambio de derivaciones del devanado, sin necesidad de desconectar la carga. Su función principal es mantener el voltaje secundario dentro de límites aceptables, compensando variaciones en la tensión del sistema o en la carga.
- **Enfriamiento ONAN:** Sistema de refrigeración de transformadores sumergidos en aceite en el que el aceite circula naturalmente por convección dentro del transformador, el aire circundante enfría el transformador de manera natural.
- **Enfriamiento ONAF:** Sistema de refrigeración de transformadores sumergidos en aceite en el que el aceite circula naturalmente por convección dentro del transformador, el aire de enfriamiento se mueve forzosamente mediante ventiladores instalados alrededor del tanque.
- **Mantenimiento preventivo:** conjunto de actividades planificadas y periódicas destinadas a inspeccionar, limpiar, probar, ajustar y sustituir componentes eléctricos antes de que se presente una falla. Su objetivo es prevenir averías, alargar la vida útil de los equipos y garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.
- **Mantenimiento predictivo:** Estrategia de mantenimiento basada en la monitorización y análisis del estado real de los equipos eléctricos, con el fin de predecir fallas antes de que ocurran y planificar su intervención en el momento oportuno.
- **IEC (CEI, Comisión Electrotécnica Internacional):** Organización internacional responsable de estandarizar normas y recomendaciones técnicas en los campos de electricidad, electrónica y tecnologías relacionadas.

- **IEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers):** Organización profesional internacional dedicada a la estandarización, investigación y difusión de conocimientos en los campos de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones y tecnologías afines.
- **UNE:** Organismo español de estandarización responsable de elaborar, mantener y difundir normas técnicas en España, garantizando calidad, seguridad e interoperabilidad de productos, procesos y servicios. Participa en la armonización de normas nacionales con estándares europeos e internacionales (como ISO y IEC). Sus normas son voluntarias, aunque muchas se incorporan a reglamentos y certificaciones oficiales. Cubre áreas como electricidad, electrónica, construcción, telecomunicaciones, calidad y seguridad industrial.
- **Norma IEC 60076:** Estándar internacional que regula características y ensayos de transformadores eléctricos.
- **Banco trifásico:** Conjunto de 3 transformadores monofásicos, conectados para operar como un transformador trifásico.
- **Grupo de conexión:** Forma de interconexión de devanados en un transformador trifásico, expresada con notación estandarizada.
- **Índice horario:** Notación usada para indicar el desfase angular entre tensiones primarias y secundarias en transformadores trifásicos.
- **Conexión delta:** Configuración de conexión de bobinas o devanados de un transformador, motor o generador, en la que los extremos de cada devanado se conectan formando un triángulo cerrado. Permite circulación de corriente de línea distinta a la corriente de fase, se utiliza en transformadores trifásicos para aplicaciones de potencia, ofreciendo mayor estabilidad frente a cargas desbalanceadas, no tiene neutro disponible de forma directa.

- **Conexión estrella:** Configuración de conexión de bobinas o devanados de un transformador, motor o generador, en la que un extremo de cada devanado se une en un punto común llamado neutro, mientras que los otros extremos se conectan a las fases. Permite disponer de tensión de línea y tensión de fase, facilita la alimentación de cargas monofásicas y trifásicas desde el mismo sistema.
- **Conexión Zigzag:** Configuración de conexión de bobinas de un transformador trifásico en la que cada fase se divide y se conecta a dos ramas distintas, de forma que los devanados se entrelazan en zig-zag. Esta conexión permite generar un neutro estable en sistemas trifásicos, aunque la carga este desbalanceada, reduce corrientes de secuencia cero, mejorando la protección contra fallas a tierra.
- **Carga nominal:** Valor de corriente, tensión o potencia para el cual un equipo eléctrico (Transformador, motor, generador etc...) está diseñado para operar de manera continua y segura bajo condiciones normales de servicio.
- **Caída de tensión:** Reducción de la tensión eléctrica entre dos puntos de un circuito debido a la resistencia, reactancia o impedancia de los conductores por los que circula la corriente.
- **Corriente nominal:** Valor de corriente que circula por los devanados de un transformador cuando opera a su potencia y voltaje nominales.
- **Corriente de cortocircuito:** Valor de corriente que circula por los devanados de un transformador, cuando sus terminales están en cortocircuito. Se utiliza para para diseñar y seleccionar protecciones, interruptores y fusibles que eviten daños al transformador y a la instalación.
- **Corriente de excitación:** corriente que se aplica a los devanados de un generador o transformador para producir el campo magnético necesario, que permita la inducción de voltaje en el circuito secundario o en los devanados inducidos.

- **Corriente de fuga:** Corriente eléctrica que escapa de un circuito o equipo eléctrico hacia tierra o hacia partes metálicas no destinadas a conducir electricidad, debido a aislamiento defectuoso, humedad o deterioro. Es mucho menor que la corriente nominal, puede ser peligrosa para las personas y causar fallas en equipos, se utiliza para activar dispositivos de protección, como interruptores diferenciales o relés de fuga a tierra.
- **Corriente inducida:** Corriente eléctrica que se genera en un conductor como consecuencia de un cambio en el flujo magnético que lo atraviesa, según la Ley de Faraday de la inducción electromagnética.
- **Corriente primaria:** Corriente que circula por el devanado primario de un transformador, al que se le aplica la tensión de alimentación nominal. Es la que genera el flujo magnético en el núcleo, necesario para inducir voltaje en el devanado secundario de acuerdo con la relación de espiras.
- **Corriente secundaria:** Corriente que circula por el devanado secundario del transformador, donde se entrega la tensión transformada a la carga. Es generalmente mayor a la corriente primaria.
- **Cortocircuito:** Situación en un circuito eléctrico en la que se establece una conexión de baja resistencia entre dos puntos que deberían estar separados, permitiendo que la corriente aumente de manera muy significativa. Puede ocurrir por fallas de aislamiento, contacto accidental entre conductores o falla en equipos.
- **Data View:** Software para adquisición y análisis de datos en equipos de prueba como el TTR/DTR AEMC 8510.
- **Ensayo de relación de transformación:** Prueba realizada en un transformador para verificar que la relación de voltaje entre devanados primario y secundario, coinciden con la relación de espiras nominal.

- **Prueba de cortocircuito:** Ensayo que se realiza a un transformador con el objetivo de determinar las pérdidas en carga, la impedancia equivalente y la regulación de tensión. Consiste en cortocircuitar uno de los devanados y aplicar al otro devanado una tensión reducida (del orden de 5 a 10% de la nominal), suficiente para que circule la corriente nominal.
- **Prueba de vacío:** Ensayo realizado en un transformador con el propósito de determinar las pérdidas en el hierro, la corriente de excitación y la rama de magnetización del circuito equivalente. Se efectúa aplicando la tensión nominal al devanado de mayor voltaje, mientras que el otro devanado queda abierto.
- **Espiras abiertas:** defecto de un devanado donde una parte del conductor esta interrumpida.
- **Espiras en corto:** defecto de un devanado, donde dos o más espiras hacen contacto eléctrico entre sí.
- **Eficiencia:** relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada de un transformador.

1 CAPITULO I : GENERALIDADES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

Los transformadores son un elemento clave en el desarrollo de la industria eléctrica. Gracias a ellos se pudo realizar, de una manera práctica y económica, el transporte de energía eléctrica a grandes distancias. Un transformador eléctrico es una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en el caso de un transformador ideal.

Los transformadores están sujetos a varios esfuerzos y cambios a lo largo de su funcionamiento, por lo que los servicios públicos y las empresas de servicios programan diferentes pruebas de mantenimiento, para evaluar su condición durante su vida útil.

La condición del transformador depende mucho del rendimiento del bobinado para proporcionar la esperada relación de tensión, que está directamente asociada con la relación de espiras; por lo tanto, la prueba de relación de transformación es una prueba esencial del mismo, y uno de los métodos más eficaces para la evaluación de su estado; los cambios en la relación de espiras, y las desviaciones correspondientes respecto a la relación de la placa de características, más allá de la tolerancia de error máxima, puede ser una indicación de daños o deterioro del bobinado; la prueba de relación de transformación ayuda a identificar problemas tales como espiras abiertas, espiras cortocircuitadas, conexiones incorrectas, problemas internos del núcleo magnético o del cambiador de tomas, etc.

Por ello el presente proyecto tiene como objetivo el estudio de las características constructivas de devanados de transformadores y pruebas de relación de transformación, utilizando un equipo **TTR/DTR AEMC 8510** para obtener datos medidos y la información necesaria del estado de sus devanados de los diferentes transformadores que se pondrán a prueba.

Como estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica consideramos importante el desarrollo de este proyecto, debido a la relevancia que tienen los transformadores en la industrial actual y en los sistemas de potencia, por lo cual se hace importante asegurar que estos transformadores estén en condiciones óptimas. Además de la incorporación de un equipo tecnológico de medición, como el **TTR/DTR AEMC 8510**, a un sistema de monitoreo de transformadores, será una herramienta importante para el mantenimiento predictivo de estos, debido a que servirá para determinar fallas en sus arrollamientos, en tiempos oportunos para evitar que se conviertan en tiempos muertos de fabricación los cuales tienen grandes costos para las empresas de la industrial actual.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Enunciar características, funcionamiento y aplicaciones que presenta el equipo de medición de relación de transformación TTR/DTR 8510 AEMC, en la implementación de pruebas de campo y la solución de guías prácticas para pruebas de relación de transformación en transformadores de potencia e instrumento, aplicables de forma didáctica para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, por medio de prácticas de laboratorio de la Universidad Técnica Latinoamericana.

1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar 4 guías didácticas, para realizar pruebas de relación de transformación en transformadores de potencia e instrumento, para ser implementadas en prácticas de laboratorio, por los estudiantes de la Universidad Técnica Latinoamericana.
- Explicar el funcionamiento y aplicaciones del equipo TTR/DTR 8510 de AEMC y el programa de gestión Data View incluido en el suministro del equipo.
- Demostrar que las características de funcionamiento del TTR/DTR 8510 son las necesarias para realizar las pruebas de Relación de Transformación a transformadores de Potencia (monofásicos y trifásicos) y de Instrumento (de

Potencial y de Corriente), lo cual se hará por medio de una serie de pruebas en campo, a transformadores de potencia e instrumento plasmando con fotografías y tabulación de datos obtenidos,

- Desarrollar las bases teóricas relacionadas con los transformadores de potencia y de instrumentación, y de los demás equipos involucrados en el desarrollo de esta tesis.

1.4. JUSTIFICACION

Uno de los aspectos esenciales en las industrias es poseer los equipos de diagnóstico adecuados para el mantenimiento preventivo y predictivo, los cuales a través de la operación del especialista técnico, diagnostican el estado de la maquinaria, para garantizar que se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento y se mantengan operando de forma continua, o si estas requieren una intervención programada, sin generar paradas imprevistas, por daños totales, los cuales conllevan a gastos excesivos por cambios de maquinaria, que pudieron minimizarse a través del diagnóstico oportuno.

Por esta razón es necesario contar cada vez más con los equipos adecuados, el personal calificado a través de la capacitación continua, para evaluación de fallas en progreso en sistemas y equipos eléctricos y con las tecnologías modernas, evitando detener nuestras maquinas o realizarlo de una manera controlada.

La implementación del uso del TTR/DTR es de gran ayuda en el ámbito laboral, ya que de esta manera se pueden analizar fallas en progreso en los devanados de los transformadores de potencia e instrumentación.

Es por ello que este trabajo de graduación se fundamentará en la realización de una serie de pruebas de relación de transformación a transformadores de potencia e instrumento, con el equipo TTR/DTR 8510 de AEMC en la central de generación hidroeléctrica 15 de Septiembre, así como también en la formulación de 4 guías para implementación en el

laboratorio de la UTLA, relacionadas con la medición de relación de transformación a transformadores de Potencia e Instrumento, lo cual fortalecerá las habilidades teóricas a través de la práctica del estudiante de Ing. Eléctrica de la UTLA, se proveerá un TTR/DTR 8510 de AEMC al laboratorio de UTLA, para que los estudiantes puedan tener el equipo adecuado y la capacitación necesaria a través de las guías de desarrollo, fortaleciendo su capacidad de diagnóstico de estado de los devanados de los transformadores de potencia e instrumentación y obtener una competencia que fortalecerá su formación profesional.

1.5. ALCANCES DEL PROYECTO.

El presente trabajo de investigación brindará la información teórica del funcionamiento de los transformadores de potencia monofásicos y trifásicos, como también de instrumento de potencial y corriente, la implementación del uso para pruebas de Relación de Transformación a través de TTR/DTR AEMC 8510, la utilización del software de gestión de datos DATA VIEW para generar un reporte.

Se implementará un apartado descriptivo de especificaciones técnicas, partes y procedimiento, para realizar pruebas de relación de transformación a transformadores de potencia e instrumento con el DTR/TTR 8510 AEMC, para que el estudiante de la UTLA se familiarice con el equipo y pueda poner en práctica su uso y diagnostique el estado de los devanados de los transformadores de potencia e instrumento en el laboratorio de la UTLA.

Se diseñarán 4 guías que paso a paso mostrarán el uso y funcionamiento adecuado de la TTR/DTR AEMC 8510, para realizar mediciones en transformadores de potencia e instrumento, para gestión del laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la UTLA.

Se realizarán una serie de pruebas de relación de transformación a transformadores de potencia e instrumentación, en la Central Generadora Hidroeléctrica 15 de Septiembre, de las cuales se generará un reporte del estado de los devanados de los equipos en estudio, por

medio de la medición de relación de transformación con el TTR/DTR AEMC 8510, entregándolo al área de mantenimiento eléctrico de la central y anexando una copia al trabajo de tesis a realizar.

Se dispondrá al laboratorio de ingeniería Eléctrica de la UTLA, de un TTR/DTR AEMC 8510, para su uso en el desarrollo de las guías a implementar.

1.6. LIMITANTES.

- El estudio se enfocará en diagnosticar la condición actual de los transformadores de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre a los que se pueda tener el acceso, específicamente con la prueba de relación de transformación de sus devanados, sin realizar las correcciones pertinentes en los elementos que se encuentre con fallas o fuera de rango de normativa. Las acciones correctivas serán responsabilidad del departamento de mantenimiento de la central hidroeléctrica.
- Dentro de las pruebas a realizar en la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre específicamente en los transformadores trifásicos, solo se abarcarán los desplazamientos angulares de los transformadores a los que se tenga acceso, esto debido a que la normativa IEC60076-1 menciona distintos tipos de desplazamientos angulares en las conexiones de transformadores trifásicos.
- Dentro de las pruebas que se realizarán en los transformadores de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre, parte de ellas estarán condicionadas al periodo de indisponibilidad por mantenimiento mayor, esto debido a que los dispositivos forman parte de sistemas específicos en el proceso de generación de energía eléctrica en la central. Para llevar a cabo dichas pruebas, será necesario gestionar el acceso durante el mantenimiento preventivo bienal de las unidades generadoras

1.7. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

La investigación por realizar es de tipo descriptiva, por ello se procederá a la recolección de información análisis e interpretación por medio de la aplicación de la medición de relación de transformación con el equipo TTR/DTR AEMC 8510 en transformadores de potencia monofásicos, trifásicos y de instrumentación de potencial y corriente, en la planta generadora de energía hidroeléctrica 15 de septiembre de CEL. Con los datos obtenidos se procederá a la elaboración de un informe de estado de los transformadores a prueba. El cual se entregará al área de mantenimiento eléctrico de la Central Hidroeléctrica y se agregará una copia al trabajo escrito, se formularán cuatro guías para ser desarrolladas en prácticas de laboratorio por los estudiantes de la Universidad Técnica Latinoamérica.

2 CAPITULO II : TEORIA DEL TRANSFORMADOR, TIPOS DE TRANSFORMADORES.

2.1. TEORÍA DE LOS TRANSFORMADORES.

El transformador es probablemente uno de los dispositivos eléctricos más útiles jamás inventados. Es una máquina eléctrica estática, destinada a funcionar con corriente alterna, constituida por dos arrollamientos, primario y secundario, que permite transformar la energía eléctrica, con unas magnitudes Voltaje (V) y corriente (I) determinadas, a otras con valores en general diferentes. La importancia de los transformadores se debe, a que gracias a ellos ha sido posible el enorme desarrollo de la industria eléctrica, al haberse logrado la realización práctica y económica del transporte de energía eléctrica a grandes distancias. Téngase en cuenta que el transporte de la energía eléctrica desde los lugares donde se produce (Centrales de generación), hasta los centros de consumo, es tanto más económica cuanto más alta es la tensión de las líneas, puesto que, para una cierta potencia a transportar al elevar la tensión en la red de transporte, disminuye la corriente que circula por los conductores de la línea, y como quiera que las pérdidas por efecto Joule son proporcionales al cuadrado de la corriente que circula por los conductores, se reducen estas pérdidas, aumentando con ello el rendimiento del transporte de energía eléctrica. Por ejemplo, si la tensión generada en una Central eléctrica se multiplica por diez, se reduce la corriente en la red de transporte en la misma cantidad, y a consecuencia de ello las pérdidas por efecto Joule en la línea se reducen cien veces.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que las tensiones generadas en los alternadores de las Centrales Eléctricas están limitadas, por consideraciones tecnológicas, a valores que oscilan entre los 15 y 30 kV, que son insuficientes para alcanzar tal objetivo; por otro lado, salvo casos sumamente raros, la corriente a alta tensión no puede enviarse directamente a

los aparatos de utilización, porque éstos requieren normalmente tensiones más bajas. Los transformadores permiten conciliar de una forma idónea estas necesidades opuestas, de tal forma que para reducir las pérdidas en la línea se realiza una primera transformación que eleva la tensión de salida de los alternadores a valores del orden de 400 kV (y que en algunos países por su extensión, se ha llegado a sobrepasar los 1.000 kV), a los cuales se realiza el transporte de energía; existiendo en los centros receptores otros transformadores que realizan el proceso inverso, reduciendo la tensión hasta los niveles que se consideren convenientes para la distribución y consumo de esta energía.

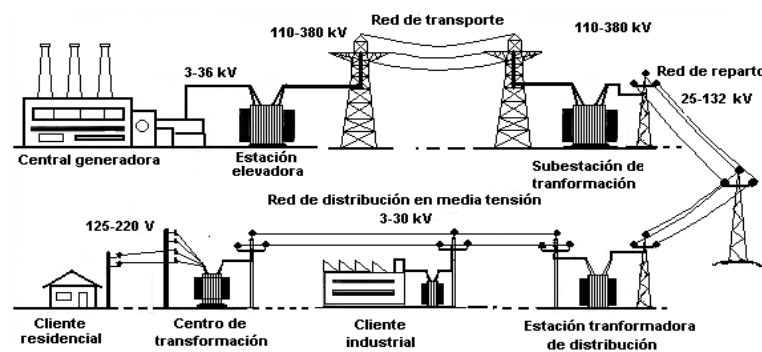


Ilustración 1: Esquema de Transporte y Reparto de Energía Eléctrica.

El arrollamiento de mayor tensión recibe el nombre de devanado de alta tensión (A.T.) y el de menor tensión se denomina devanado de baja tensión (B.T.). El proceso de transformación tiene un gran rendimiento al no disponer la máquina de órganos móviles, pudiéndose llegar en los grandes transformadores a valores del orden del 99,7 por 100.

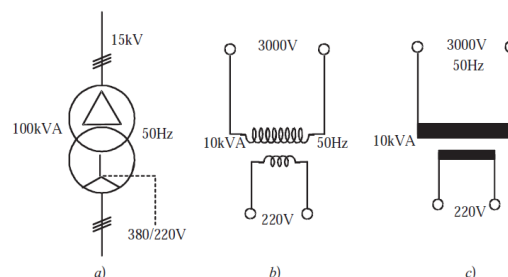


Ilustración 2: Símbolos Empleados para Designar un Transformador.

2.1.1. Principales Aspectos Constructivos.

El transformador consta de las siguientes partes principales: *a)* núcleo y *b)* devanado, pero en la parte de transformadores de potencia monofásicos y trifásicos son parte esencial el *c)* sistema de refrigeración y *d)* aisladores pasantes de salida.

a) Núcleo

Se denomina núcleo del transformador el sistema que forma su circuito magnético, que está constituido por chapas de acero al silicio, modernamente laminadas en frío (grano orientado), que han sido sometidas a un tratamiento químico especial denominado comercialmente carlite, que las recubre de una capa aislante muy delgada (0,01 mm), lo que reduce considerablemente las pérdidas en el hierro.

El circuito magnético está compuesto por las columnas, que son las partes donde se montan los devanados, y las culatas, que son las partes que realizan la unión entre las columnas. Los espacios entre las columnas y las culatas, por los cuales pasan los devanados, se llaman ventanas del núcleo. Según sea la posición relativa entre el núcleo y los devanados, los transformadores se clasifican en acorazados, en los que, como muestra la Ilustración 3-a, los devanados están en su mayor parte abrazados o «acorazados» por el núcleo magnético, y de columnas como en la Ilustración 3-b, en los que son los devanados los que rodean casi por completo el núcleo magnético. En el tipo acorazado las espiras quedan más sujetas, pero el tipo de columnas es de construcción más sencilla y se adapta mejor a las altas tensiones, porque la superficie que ha de aislarse es más reducida; por ello es el que se utiliza más generalmente en la práctica (excepto en transformadores monofásicos de baja potencia y tensión).

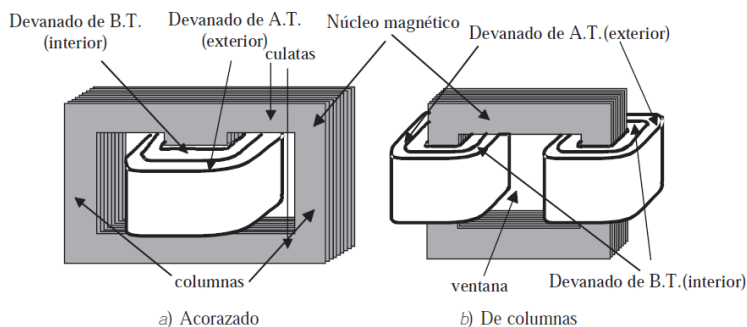


Ilustración 3: Circuitos Magnéticos de Transformadores Monofásicos

Los circuitos magnéticos de la Ilustración 3 corresponden a transformadores monofásicos, y las secciones de las columnas y culatas son iguales para hacer que la inducción sea la misma en todo el circuito magnético; en el caso de la Ilustración 4, la columna central tiene doble superficie que las laterales ya que por ella circula doble flujo que en estas últimas. Cuando se trata de transformadores trifásicos, el circuito magnético consta de tres columnas idénticas, tal como se muestra en la Ilustración 4.

Las uniones de las columnas con las culatas se denominan juntas, y deben tener un espesor lo más pequeño posible con objeto de reducir al máximo la reluctancia del circuito magnético. La culata superior se tiene que poder abrir para poder colocar las bobinas y los aislantes. Las uniones o juntas pueden realizarse a tope (o plana) o bien al solape (entrelazada).

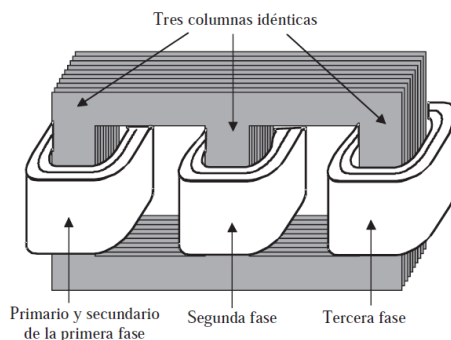


Ilustración 4: Circuito y Devanados de un Transformador Trifásico.

b) Devanados

Constituyen el circuito eléctrico del transformador; se realizan por medio de conductores de cobre, en forma de hilos redondos (para diámetros inferiores a 4 mm) o de sección rectangular (pletinas de cobre) cuando se requieren secciones mayores. Los conductores están recubiertos por una capa aislante, que suele ser de barniz en los pequeños transformadores y que en el caso de platinas está formada por una o varias capas de fibra de algodón o cinta de papel.

Según sea la disposición relativa entre los arrollamientos de A.T. y B.T., los devanados pueden ser concéntricos o alternados. En los devanados concéntricos los bobinados tienen forma de cilindros coaxiales (Ilustración 5); generalmente se coloca más cerca de la columna el arrollamiento de B.T., ya que es más fácil de aislar que el devanado de A.T., y entre ambos bobinados se intercala un cilindro aislante de cartón o papel baquelizado. En los devanados alternados (Ilustración 5) los arrollamientos se subdividen en secciones o «galletas», de tal forma que las partes de los devanados de A.T. y B.T. se suceden alternativamente a lo largo de la columna. Para disminuir el flujo de dispersión, es frecuente que en cada extremo se coloque media bobina, que por razones obvias de aislamiento pertenecen al arrollamiento de B.T.

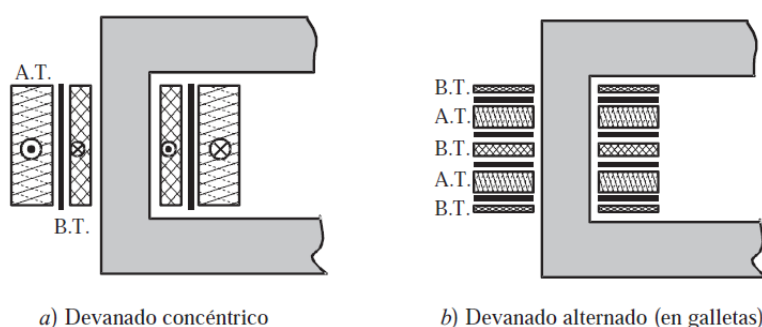


Ilustración 5: Devanados Concéntricos y Alternados

Debe señalarse también que las sobretensiones de alta frecuencia, y particularmente las de frente escarpado de origen atmosférico (tipo rayo), ponen a prueba simultáneamente el aislamiento de los devanados del transformador con relación a tierra y el aislamiento entre espiras y entre bobinas. Puede demostrarse que la distribución de una sobretensión atmosférica en el devanado de alta tensión de un transformador sigue una ley de tipo hiperbólico, haciendo que la parte del devanado de alta tensión conectada a la línea esté sometida a mayores gradientes de tensión que el resto del mismo y es por ello que en la fabricación de los transformadores se refuerza el aislamiento de las primeras espiras y de las primeras bobinas del devanado de alta tensión de estas máquinas para evitar los problemas de ruptura dieléctrica de los aislamientos.

Otro procedimiento constructivo para mejorar el comportamiento de un transformador frente a las sobretensiones atmosféricas es colocar un apantallamiento electrostático rodeando el devanado de alta tensión y unido a la línea (y que consiste en una lámina de material aislante cuya superficie externa está metalizada), con ello se consigue crear una distribución uniforme de la sobretensión atmosférica sobre todas las espiras de este devanado, dando lugar a los denominados transformadores anti resonantes.

c) Sistemas de refrigeración

En un transformador, como en cualquier otro tipo de máquina eléctrica, existen una serie de pérdidas que se transforman en calor y que contribuyen al calentamiento de la máquina. Para evitar que se consigan altas temperaturas que puedan afectar la vida de los aislamientos de los devanados es preciso dotar al transformador de un sistema de refrigeración adecuado. Para potencias pequeñas, la superficie externa de la máquina es suficiente para lograr la evacuación de calor necesaria, lo que da lugar a los llamados transformadores en seco. Para potencias elevadas se emplea como medio refrigerante el aceite, resultando los transformadores en baño de aceite. El aceite tiene una doble misión

de refrigerante y aislante, ya que posee una capacidad térmica y una rigidez dieléctrica superior a la del aire. En estos transformadores, la parte activa se introduce en una cuba de aceite mineral, cuyo aspecto externo puede tener forma plana, ondulada, con tubos o con radiadores adosados, realizándose la eliminación del calor por radiación y convección natural. El aceite mineral empleado procede de un subproducto de la destilación fraccionada del petróleo y con el tiempo puede experimentar un proceso de envejecimiento, lo que indica que se oxida y polimeriza formando lodos, proceso que es activado por la temperatura, la humedad y el contacto con el oxígeno del aire; con ello, el aceite presenta una disminución de sus propiedades refrigerantes y aislantes. Para atenuar este efecto suelen añadirse al aceite productos químicos inhibidores, y también se dota a la cuba de un depósito de expansión o conservador colocado en la parte alta del transformador.

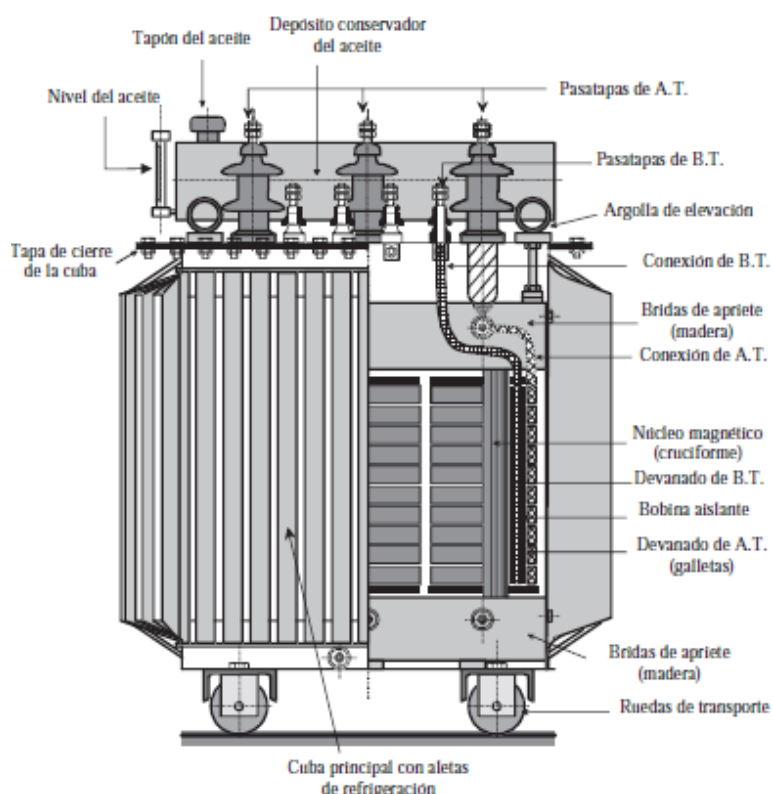


Ilustración 6: Aspectos Constructivos de un Transformador.

Los transformadores de distribución de menos de 200 kVA están normalmente sumergidos en aceite dentro de la cuba principal de acero. El aceite transmite el calor a la cuba, desde

donde se dispersa por convección y por radiación al aire exterior. A medida que la potencia asignada va siendo mayor, se van añadiendo radiadores externos para aumentar la superficie de enfrentamiento de la cuba llena de aceite. El aceite circula alrededor de los devanados hacia los radiadores, en donde el calor es cedido al aire exterior. En el caso de potencias más elevadas, se insufla aire sobre los radiadores mediante ventiladores adecuados. En transformadores del orden de los MVA se puede refrigerar mediante un intercambiador de calor aceite-agua. El aceite caliente se bombea a través de un serpentín en contacto con agua fría.

Este sistema es muy eficaz pero también muy costoso, ya que a su vez debe enfriarse el agua para ponerla otra vez en circulación. El tipo de refrigeración de un transformador se designa según las Normas IEC (CEI, Comisión Electrotécnica Internacional) por cuatro letras. Las dos primeras se refieren al tipo de refrigerante en contacto con los arrollamientos y a la naturaleza de su circulación y las otras dos letras se refieren al refrigerante en contacto con el sistema de refrigeración exterior y a su modo de circulación. Los símbolos empleados son los indicados en la Tabla 1.

Tabla 1: Tabla de Símbolos Empleados para Señalar la Naturaleza del Refrigerante y su Modo de Circulación.

<i>Naturaleza del refrigerante</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Naturaleza de la circulación</i>	<i>Símbolo</i>
Aceite mineral	O	Natural	N
Pyraleno	L	Forzada	F
Gas	G		
Agua	W		
Aire	A		
Aislante sólido	S		

Por ejemplo, un transformador en baño de aceite, con circulación natural por convección, que a su vez está refrigerado por aire con movimiento natural, se designará por las letras ONAN. Si el movimiento del aire llega a hacerse con la ayuda de ventiladores se hubiera designado por ONAF.

d) Aisladores pasantes y otros elementos.

Los bornes de los transformadores de media tensión se llevan al exterior de la cuba mediante unos aisladores pasantes (pasatapas) de porcelana, rellenos de aire o aceite. Cuando se utilizan altas tensiones aparece un fuerte campo eléctrico entre el conductor terminal y el borde del orificio en la tapa superior de la cuba, y para evitar la perforación del aislador, éste se realiza con una serie de cilindros que rodean la borna metálica dentro del espacio cerrado que contiene el aceite. Los pasatapas de A.T. y B.T. en un transformador se distinguen por su altura, siendo tanto más altos cuanto mayor es la tensión, como se puede observar en la Ilustración 8. Otro elemento que suelen llevar los transformadores de gran potencia es el llamado relé de gas o relé Buchholz (Ilustración 8), que protege a la máquina de sobrecargas peligrosas, fallos de aislamiento, etc.

Este relé 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: el primero (Ilustración 8) es sensible a las sobrecargas ligeras, y al descender de la posición mostrada en la figura provoca la activación de una alarma acústica; el segundo (Ilustración 8) es sensible a las sobrecargas elevadas, que dan lugar a una formación tumultuosa de gas en la cuba principal, que al empujar al flotador provoca el cierre del circuito de unos relés que controlan el disparo de unos disyuntores de entrada y salida del transformador.

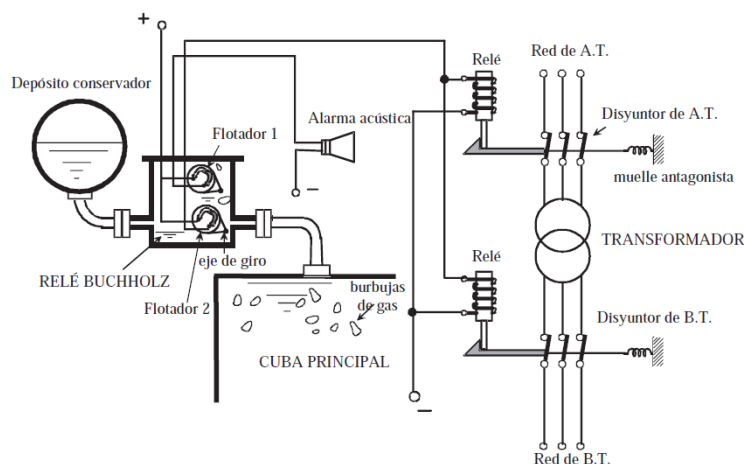


Ilustración 7: Relé Buchholz y Esquema Eléctrico de Protección.

e) Placa de características del transformador

La placa de características de un transformador es una cartulina metálica serigrafiada que incluye los datos de potencia asignada, tensiones asignadas, frecuencia e impedancia equivalente en tanto por ciento, o caída de tensión relativa de cortocircuito. Si el transformador tiene tomas variadores de tensión, se incluyen asimismo las tensiones de las diferentes derivaciones. También se indica el esquema de conexiones internas, la especificación del tipo de transformador, clase de refrigeración, nombre del fabricante, serie, código y en algunos casos referencias sobre las instrucciones de funcionamiento.

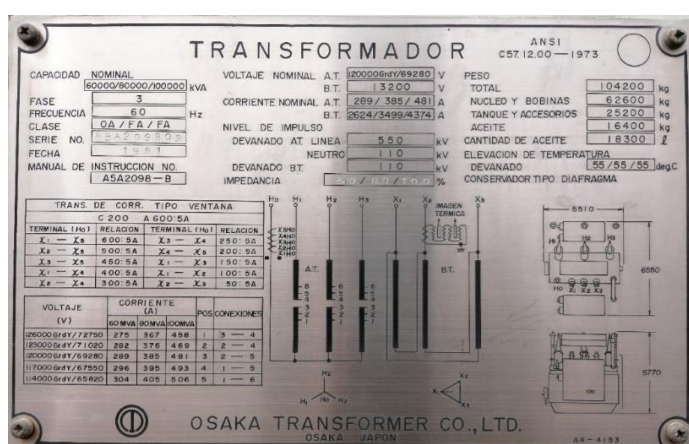


Ilustración 8: Placa de Identificación de Transformador de Unidad No 2 de C.H. 15 de Septiembre.

Para entender su funcionamiento, se explican las leyes que rigen su comportamiento; así como los fenómenos eléctricos que se presentan en la máquina que a continuación se describen.

TRANSFORMADOR	Fenómenos Eléctricos	Campo magnético
		Relación entre Densidad e Intensidad del flujo magnético
		Fuerza Electromotriz (f.e.m.)
		inducción mutua y autoinducción
	Leyes	Ley de Faraday
		Ley de Lenz
		Ley de Ampere
		Ley de Biot-Savart

2.5.2 Características Magnéticas del Núcleo.

1- Alta permeabilidad magnética (μ).

- El núcleo debe ofrecer un camino de baja reluctancia al flujo magnético
- Se emplean aceros al silicio (Fe-Si, típicamente 3-5%) porque aumentan la permeabilidad y reducen las pérdidas.

2- Bajas pérdidas por histéresis.

- El material del núcleo debe tener un ciclo de histéresis angosto, es decir, requerir poca energía para magnetizarse y desmagnetizarse.
- Esto minimiza las pérdidas en el hierro asociadas al constante ciclo de magnetización.

3- Bajas pérdidas por corrientes parasitas (Foucault).

- Para reducirlas, el núcleo se construye con láminas delgadas de acero al silicio, aisladas entre sí con un barniz.
- Esto obliga a las corrientes parasitas a recorrer trayectos muy pequeños, disminuyendo las pérdidas y el calentamiento.

4- Alta densidad de flujo admisible (B_{max}).

- El núcleo se diseña para trabajar con densidades de flujo de 1.4 – 1.8 Tesla en transformadores de potencia típicos.
- Una alta densidad permite reducir el tamaño y peso del transformador, pero debe cuidarse para evitar saturación.

5- Resistencia a la saturación magnética.

- El material debe soportar el flujo máximo sin entrar en saturación, porque en esa condición aumenta drásticamente la corriente de excitación y las pérdidas.

6- Homogeneidad y orientación del material.

- Los aceros modernos para núcleos son de grano orientado, lo que mejora la conductividad magnética en la dirección del laminado.
- Esto disminuye aún más las pérdidas y aumenta la eficiencia.

2.5.3 *Perdidas Magnéticas.*

Las pérdidas magnéticas, también denominadas pérdidas en el hierro o en el núcleo, son las pérdidas de energía que se producen en el material ferromagnético de transformadores y maquinas eléctricas cuando este se encuentra sometido a un flujo magnético alterno.

Dichas pérdidas se transforman en calor y reducen la eficiencia del equipo.

Estas pérdidas se dividen en 2 componentes fundamentales:

1- Pérdidas por histéresis.

Se originan por el proceso de magnetización y desmagnetización cíclica del material ferromagnético. Cada vez que el campo magnético alterna, los dominios magnéticos del

material deben reorientarse, lo que implica un gasto energético asociado al área del ciclo de histéresis

2- Perdidas por corrientes parasitas o de Foucault.

Son corrientes inducidas en el material del núcleo debido a la variación del flujo magnético. Estas corrientes circulan en trayectorias cerradas dentro del material, generando calor por el efecto Joule.

2.5.4 *Histéresis Magnética.*

El ciclo de histéresis describe el comportamiento de un material ferromagnético cuando es sometido a un campo magnético variable. Al incrementar gradualmente la intensidad de campo magnético, el flujo en el material no crece de manera proporcional, sino que sigue una curva característica debido a la alineación progresiva de los dominios magnéticos.

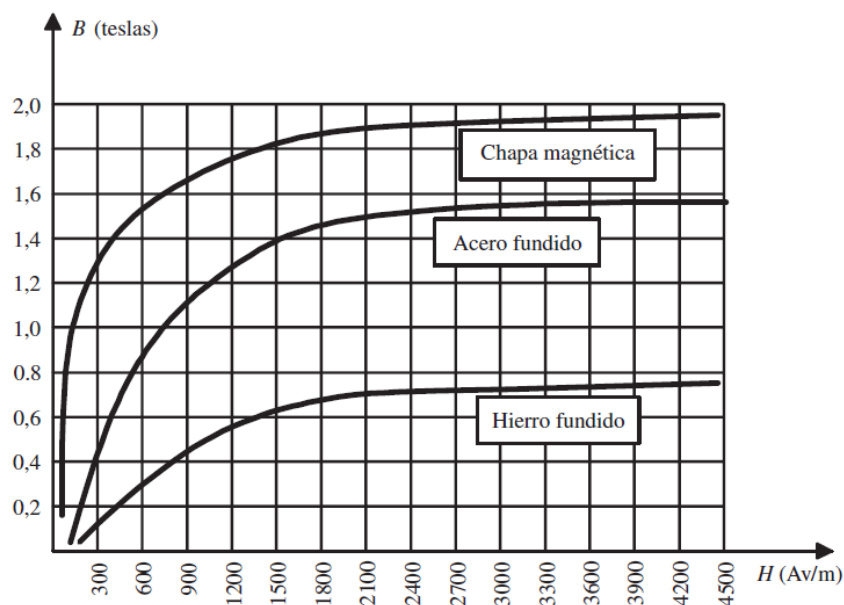


Ilustración 9: Curva de imantación de diferentes materiales.

Cuando se elimina el campo aplicado, el flujo no regresa a cero, sino que se mantiene un valor remanente llamado remanencia o magnetismo residual. Para reducir este flujo a cero es necesario aplicar un campo en sentido opuesto, cuyo valor se denomina coercitividad.

Si se continúa aumentando el campo en la dirección contraria, el flujo cambia de signo y el material llega nuevamente a la saturación. Al invertir otra vez el campo, se completa un lazo cerrado conocido como curva de histéresis.

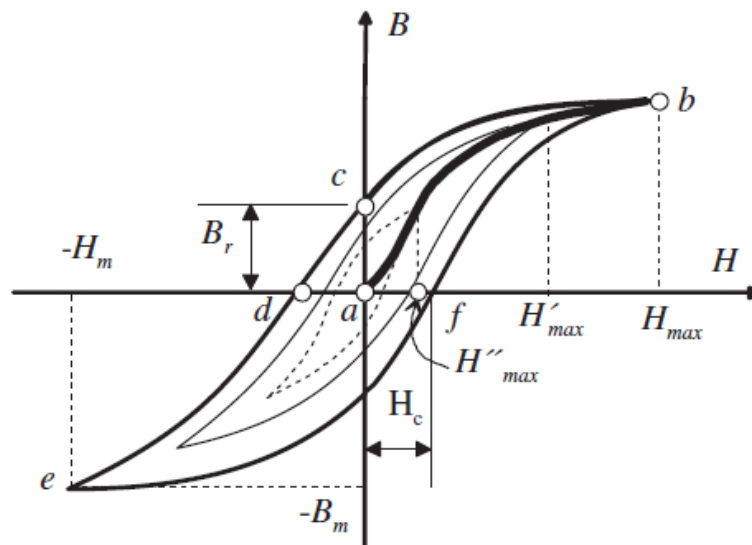


Ilustración 10: Ciclos de Histéresis.

Principales parámetros de la curva de histéresis.

- 1- Saturación magnética: Es el valor máximo de densidad de flujo que puede alcanzar el material. A partir de este punto, un incremento de H apenas provoca aumento en B .
- 2- Remanencia o magnetismo residual (B_r): Es el valor de flujo que permanece en el material una vez retirado el campo excitador ($H=0$). Explica la existencia de magnetismo residual en transformadores y máquinas eléctricas.
- 3- Coercitividad (H_c): Es el campo inverso necesario para reducir el flujo magnético a cero después de que el material ha sido magnetizado previamente.
- 4- Área del lazo de histéresis: Representa la energía perdida en forma de calor en cada ciclo de magnetización y desmagnetización. Estas pérdidas se conocen como

pérdidas por histéresis y constituyen una parte importante de las pérdidas en el hierro de máquinas eléctricas y transformadores.

Este ciclo pone de manifiesto dos aspectos fundamentales:

- 1- El material conserva memoria de la magnetización previa, lo que explica fenómenos como el magnetismo residual en transformadores y máquinas.
- 2- La energía asociada al área encerrada por la curva se disipa en forma de calor, lo que constituye las pérdidas por histéresis en los núcleos ferromagnéticos.

La forma del ciclo depende del ciclo del material: los aceros al silicio de grano orientado, usados en transformadores, presentan ciclos estrechos que reducen las pérdidas, mientras que los materiales destinados a imanes permanentes presentan ciclos amplios, con alta remanencia y coercitividad.

- Importancia en ingeniería eléctrica.
 - En transformadores y máquinas eléctricas, la histéresis explica porque existen pérdidas en el núcleo incluso en vacío. Dichas pérdidas son proporcionales a la frecuencia de operación y al área del ciclo de histéresis del material.
 - Los aceros al silicio de grano orientado se emplean en núcleos de transformadores, ya que presentan ciclos de histéresis estrechos, lo que minimiza las pérdidas.
 - En aplicaciones de imanes permanentes, se utiliza materiales con ciclos de histéresis (alta remanencia y coercitividad), capaces de mantener magnetización estable frente a perturbaciones externas.
- Consideraciones para el diseño y operación.
 - Estimar las pérdidas en el hierro y la eficiencia de transformadores y máquinas.

- Evaluar fenómenos transitorios, como la corriente de irrupción en transformadores al ser energizados.
- Seleccionar materiales ferromagnéticos apropiados según el uso: blandos para núcleos magnéticos (mínima pérdida), duros para imanes permanentes (alta retención).

2.5.5 *Corrientes de Foucault.*

Cuando un núcleo ferromagnético es atravesado por un flujo magnético alterno, la variación temporal del flujo induce tensiones en su interior, según la ley de Faraday. Estas tensiones provocan circulación de pequeñas corrientes cerradas dentro del material, denominadas corrientes parasitas o corrientes de Foucault.

Aunque su magnitud es reducida, la resistividad eléctrica del material ocasiona que dichas corrientes disipen energía en forma de calor, de acuerdo con el efecto Joule. Este fenómeno constituye una de las principales fuentes de pérdidas magnéticas en transformadores y maquinas eléctricas.

Características principales:

- 1- Dependencia de la frecuencia y el flujo
 - La potencia disipada es proporcional al cuadrado de la frecuencia (f^2).
 - También es proporcional al cuadrado de la densidad de flujo máxima ($B_{\max}^2$).
- 2- Dependencia con la geometría del núcleo
 - La magnitud de estas pérdidas aumenta con el espesor de las láminas del núcleo (t^2).
 - Por ello, se construyen los núcleos a partir de láminas delgadas apiladas y aislamiento entre sí, en lugar de un bloque macizo.
- 3- Ecuación aproximada de las perdidas por corrientes de Foucault

$$P_e = K_e f^2 B_{max}^2 t^2 V$$

Ecuación 1: Ecuación de Foucault.

Donde:

P_e : Pérdidas por corrientes de Foucault (W).

K_e : constante dependiente de la resistividad del material.

f : frecuencia de operación (HZ).

B_{max} : Densidad máxima de flujo magnético (T).

t : espesor de la lámina (m).

V : volumen del núcleo (m^3)

Estrategias de reducción:

- Laminación del núcleo: uso de chapas delgadas de acero al silicio, aisladas eléctricamente entre sí, que limitan el trayecto de las corrientes parásitas.
- Aumento de la resistividad del material: incorporación de silicio (aprox. 3 – 4%) en el acero para reducir la intensidad de las corrientes.
- Uso de ferritas en aplicaciones de altas frecuencias, ya que presentan elevada resistividad y por tanto, menores pérdidas.

2.5.6 **Reluctancia.**

La reluctancia es la oposición que presenta un material al establecimiento del flujo magnético, de manera análoga a la resistencia eléctrica frente al paso de la corriente.

Se expresa como:

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

Ecuación 2: Ecuación de la Reluctancia.

Donde:

L = longitud del camino magnético (m)

A = área de la sección transversal del núcleo (m^2)

μ = permeabilidad magnética del material (H/m)

Sus unidades en el SI: A.vuelta/Wb (amperio-vuelta por weber)

Características:

- Proporcional a la longitud del circuito magnético: a mayor longitud, mayor reluctancia.
- Inversamente proporcional al área y a la permeabilidad: núcleos grandes y de alta permeabilidad tienen menor reluctancia.
- No es constante: depende de la permeabilidad del material, la cual varía con la densidad de flujo y la saturación.

En transformadores:

- La reluctancia del núcleo debe ser muy baja para que la mayor parte de la magnetomotriz aplicada (N.I) se convierta en flujo útil.
- Una alta reluctancia provoca flujo reducido, mayor corriente de excitación y pérdida de eficiencia.
- La reluctancia del aire es muy alta comparada con la del acero al silicio, por eso se diseña el núcleo cerrado para evitar trayectos de aire.

La reluctancia es la resistencia magnética de un circuito, depende de las dimensiones y de la permeabilidad del material, y en un transformador debe mantenerse baja para garantizar un flujo eficiente y minimizar las pérdidas.

2.5.7 *Flujo Magnético.*

El flujo magnético en un transformador es el conjunto de líneas de inducción que se establecen en el núcleo cuando circula la corriente de excitación en el devanado primario. Este flujo alterno es el vínculo común entre primario y secundario, ya que al variar en el tiempo induce tensiones en ambos devanados de acuerdo con la ley de Faraday.

Gracias a la alta permeabilidad del núcleo, el flujo se concentra casi por completo en él, asegurando una transferencia eficiente de energía. Sin embargo, parte del flujo no cierra completamente por el núcleo, lo que da lugar al flujo de fuga, responsable de la reactancia de dispersión y de caídas de tensión en carga.

El flujo útil que enlaza ambos devanados debe mantenerse dentro de un rango adecuado de densidad de flujo (B). Si este valor es demasiado bajo, el transformador será sobredimensionado e ineficiente, si es demasiado alto, el núcleo entra en saturación, la corriente de excitación aumenta bruscamente y se incrementan las pérdidas en el hierro.

En resumen, el flujo magnético es la variable fundamental que permite la conversión de energía en el transformador, siempre que se controle su amplitud y se minimice el efecto del flujo de fuga.

2.5.8 *Intensidad de Campo Magnético (H).*

La intensidad de campo magnético es la magnitud que cuantifica el esfuerzo magnetizante que una corriente produce al circular por un devanado. Se expresa como:

$$H = \frac{N \cdot I}{l}$$

Ecuación 3: Ecuación del Campo Magnético.

Donde:

N=es el número de espiras,

I=la corriente que circula por ellas,

L=la longitud media del camino magnético en el núcleo.

Se mide en A/m (amperios por metro).

El campo H es independiente del material magnético; lo que si depende del material es la densidad de flujo magnético (B), relacionada mediante la permeabilidad:

$$B = \mu \cdot H$$

En un transformador, la intensidad de campo magnético está asociada a la corriente de excitación del primario, y es la responsable de generar el flujo en el núcleo. Si H es excesivo, el núcleo puede entrar en saturación, lo que provoca aumento de la corriente de vacío y mayores pérdidas.

La intensidad de campo magnético es la variable fundamental que conecta la corriente que circula en los devanados con el flujo magnético que asegura la transferencia de energía en el transformador.

2.5.9 *El Magnetismo Residual.*

El magnetismo residual es el flujo que permanece en el núcleo de un material ferromagnético después de haber retirado la corriente de excitación. Esto ocurre porque los dominios magnéticos no regresan completamente a su estado inicial una vez que el campo externo desaparece.

Cuando un transformador o una máquina eléctrica se desenergiza, el núcleo conserva una parte de la magnetización debido a las características del ciclo de la histéresis. Ese valor corresponde a la remanencia, que depende de la calidad del material, de la densidad del flujo alcanzada previamente y de la historia de magnetización.

Este fenómeno es particularmente importante en los transitorios eléctricos, por ejemplo, al energizar un transformador que conserva magnetismo residual, puede sumarse el flujo inicial con el nuevo flujo aplicado, generando corrientes de irrupción (inrush Current) de gran magnitud. De igual forma, en máquinas síncronas, el magnetismo residual en el rotor permite que, al iniciarse la rotación, se genere una tensión de arranque sin necesidad de corriente de excitación externa inmediata.

En operación normal, el magnetismo residual no implica pérdidas, pero su consideración es esencial en el diseño y análisis de sistemas eléctricos, especialmente en la protección, la conmutación y la respuesta transitoria de los equipos.

2.5.10 *Campo Magnético.*

El campo magnético es una propiedad del espacio por la cual una carga eléctrica puntual de valor “ q ” que se desplaza a una velocidad “ v ”, sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como a una propiedad del campo, llamada densidad de flujo magnético. Así, dicha carga percibirá una fuerza descrita como:

$$F = q \cdot v \cdot B$$

Ecuación 4: Fuerza del Campo Magnético.

Donde:

F = Fuerza

q = carga

v = velocidad

B = densidad de flujo magnético

2.5.11 *Relación entre Densidad e Intensidad del Flujo Magnético.*

El nombre campo magnético se ha usado informalmente para dos tipos de campos vectoriales diferentes, que se denotan normalmente como **H** y **B**. El primero es el que técnicamente se denominó "campo magnético", y a **B** se le denominó con el término secundario de "inducción magnética". Sin embargo, actualmente se considera que la inducción magnética es una entidad más básica o fundamental y tiende a ser llamado "campo magnético", excepto en algunos contextos donde es importante distinguir entre ambos.

La diferencia entre **B** y **H** es que **H** describe cuan intenso es el campo magnético en la región que afecta, mientras que **B** es la cantidad de flujo magnético por unidad de área que aparece en esa misma región. Sin embargo, muchos autores prefieren referirse a un campo magnético principalmente en términos de su densidad de flujo **B**.

B y **H** se relacionan de la siguiente manera:

$$B = \mu_0$$

Donde:

μ_0 : es la permeabilidad magnética del medio en el que aparece el campo magnético igual a $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ en el vacío.

Para determinar la expresión del campo magnético producido por una corriente se emplean dos leyes: la ley de Biot-Savart y la ley de Ampere.

2.5.12 *Fuerza Electromotriz (f.e.m.).*

La fuerza electromotriz (f.e.m.) es toda causa capaz de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto para producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado. La f.e.m. se mide en volts, al igual que el potencial eléctrico. Se define como el trabajo que el generador realiza para pasar por su interior la unidad de carga positiva del polo negativo al positivo, dividido por el valor en Coulombs de dicha carga.

Esto se justifica en el hecho de que cuando circula esta unidad de carga por el circuito exterior al generador, desde el polo positivo al negativo, es necesario realizar un trabajo o consumo de energía (mecánica, química, etcétera) para transportarla por el interior desde un punto de menor potencial (el polo negativo al cual llega) a otro de mayor potencial (el polo positivo por el cual sale).

Se relaciona con la diferencia de potencial V entre los bornes y la resistencia interna r del generador mediante la fórmula $E = V + Ir$ (el producto Ir es la caída de potencial que se produce en el interior del generador a causa de la resistencia óhmica que ofrece al paso de la corriente). La f.e.m. de un generador coincide con la diferencia de potencial en circuito abierto.

La fuerza electromotriz de inducción (o inducida) en un circuito cerrado es igual a la variación del flujo de inducción Φ del campo magnético que lo atraviesa en la unidad de tiempo, lo que se expresa por la fórmula:

$$e = \frac{d\phi}{dt}$$

Ecuación 5: Ley de Faraday.

2.5.13 **Inducción Mutua y Autoinducción.**

En sus primeras experiencias sobre el fenómeno de la inducción electromagnética Faraday empleó dos bobinas arrolladas una sobre la otra y aisladas eléctricamente. Cuando variaba la intensidad de corriente que circulaba por una de ellas, se generaba una corriente inducida en la otra. Este es, en esencia, el fenómeno de la inducción mutua, en el cual el campo magnético es producido por una corriente eléctrica. La variación de la intensidad de corriente en una bobina da lugar a un campo magnético variable. Este campo magnético origina un flujo magnético también variable que atraviesa la otra bobina e induce en ella, de acuerdo con la ley de Faraday-Henry, una fuerza electromotriz. Cualquiera de las bobinas del par puede ser el elemento inductor y cualquiera el elemento inducido, de ahí el calificativo de mutua que recibe este fenómeno de inducción.

El fenómeno de la autoinducción, como su nombre indica, consiste en una inducción de la propia corriente sobre sí misma. Una bobina aislada por la que circula una corriente variable puede considerarse atravesada por un flujo también variable debido a su propio campo magnético, lo que dará lugar a una fuerza electromotriz auto inducida. En tal caso a la corriente inicial se le añadirá un término adicional correspondiente a la inducción magnética de la bobina sobre sí misma.

2.5.14 **Impedancia en Transformadores.**

La impedancia de un transformador es el parámetro que representa la oposición total al paso de la corriente alterna. Está compuesta por dos elementos:

- 1- Resistencia equivalente, que refleja las pérdidas en los devanados (efecto Joule).
- 2- Reactancia de dispersión, asociada al flujo magnético que no se acopla entre primario y secundario.

Se expresa de forma compleja como:

$$Z_t = R_t + jX_t$$

Ecuación 6: Formula de la Impedancia de un Transformador.

La impedancia se determina mediante el ensayo de cortocircuito, aplicando un voltaje reducido en el primario hasta que circule la corriente nominal con el secundario en cortocircuito.

Importancia y usos.

1- Regulación de tensión.

La impedancia condiciona la caída de tensión entre vacío y carga plena. La regulación depende del factor de potencia de la carga y se calcula mediante la relación entre la componente resistiva y reactiva respecto a la tensión nominal.

2- Limitación de corrientes de cortocircuito.

La impedancia limita la magnitud de la corriente en condiciones de falla. Una impedancia baja permite corrientes de cortocircuito elevadas, mientras que una impedancia alta reduce dichas corrientes, aunque incrementa la caída de tensión en operación normal.

$$I_{cc} = \frac{I_{nom}}{Z_{pu}}$$

Ecuación 7: Ecuación de Corriente en Cortocircuito.

3- Diseño y selección de protecciones.

El valor de impedancia, generalmente expresado en porcentaje (%Z), es determinante en el cálculo de los dispositivos de protección y en la coordinación de protecciones dentro del sistema eléctrico.

4- Paralelo de transformadores.

Para que dos transformadores operen en paralelo de manera adecuada, sus impedancias deben ser similares; de lo contrario, la distribución de carga será desigual y uno de los equipos podría sobrecargarse.

5- Representación Práctica.

En las placas de los transformadores, la impedancia suele indicarse en porcentaje (%Z). Este valor corresponde al porcentaje de tensión nominal que, aplicada al primario con el secundario en cortocircuito, genera la corriente nominal.

Por ejemplo, si un transformador tiene una impedancia del 6%, significa que aplicando el 6% de su tensión nominal al primario, circulará la corriente nominal en el secundario en cortocircuito.

Ejemplo aplicado

Un transformador de 1000 kVA, 13.8/0.48 kV, con impedancia 6% presenta:

- Corriente nominal en el secundario:

$$I_{\text{nom}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0.48} = 1202 \text{ A}$$

- Corriente de cortocircuito:

$$I_{\text{cc}} = \frac{I_{\text{nom}}}{0.06} = 20,033 \text{ A}$$

Este cálculo evidencia como la impedancia actúa como un parámetro limitante de la corriente de falla y, a la vez, influye en la regulación de tensión bajo condiciones de carga.

2.5.15 *Ley de Faraday.*

La Ley de inducción electromagnética de Faraday (o simplemente Ley de Faraday) se basa en los experimentos que Michael Faraday realizó en 1831 y establece que si el flujo magnético eslabonado inducido en un circuito cerrado varía con respecto al tiempo, una f.e.m. es inducida en el circuito.

$$e = \frac{d\phi}{dt}$$

Ecuación 8: Ley de Faraday.

Donde:

e = es la fuerza electromotriz inducida

$\frac{d\phi}{dt}$ = es la tasa de variación temporal del flujo magnético Φ .

En el caso de un inductor con “N” vueltas de alambre, la fórmula anterior se transforma en:

$$e = N \frac{d\phi}{dt}$$

Ecuación 9: Ley de Faraday para un Transformador Inductor.

2.5.16 **Ley de Lenz.**

Los estudios sobre inducción electromagnética, realizados por Michael Faraday nos indican que en un conductor que se mueva cortando las líneas de fuerza de un campo magnético se produciría una fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida y si se tratase de un circuito cerrado se produciría una corriente inducida. Lo mismo sucedería si el flujo magnético que atraviesa al conductor es variable.

La Ley de Lenz nos dice que las fuerzas electromotrices o las corrientes inducidas serán de un sentido tal que se opongan a la variación del flujo magnético que las produjo. Esta ley es una consecuencia del principio de conservación de la energía.

En este caso la Ley de Faraday afirma que la f.e.m. inducida en cada instante tiene por valor:

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

El signo negativo de la expresión anterior indica que la f.e.m. inducida se opone a la variación del flujo que la produce. Esta ley se llama así en honor del físico germano-báltico Heinrich Lenz, quien la formuló en el año 1834.

2.5.17 *Ley de Ampere.*

Si el conductor es muy largo y estrecho, el campo es aproximadamente uniforme y paralelo al eje en el interior del conductor, y es nulo fuera del conductor. En esta aproximación es aplicable la Ley de Ampere que nos dice que es la integral curvilínea de la intensidad magnética H , alrededor de un circuito cerrado es igual a la suma de los ampere-espiras a los cuales el camino esta concatenado.

$$\oint H dl = NI$$

Ecuación 10: Ley de Ampere.

Cerrado, y en el segundo miembro el término I se refiere a la intensidad que atraviesa dicho camino cerrado.

2.5.18 *Ley de Biot-Savart.*

La ley de Biot-Savart dice que en todo conductor bajo la acción de un campo magnético y por el cual circula una corriente eléctrica queda sometida a la acción de una fuerza que lo hace desplazarse a través del campo. La cual puede expresarse como:

$$F = Bl \frac{1}{10} \text{ dinas}$$

Ecuación 11: Ley de Biot- Savart.

2.2.TIPOS DE TRANSFORMADORES.

Clasificación de transformadores.

Los transformadores constan de dos partes esenciales el núcleo y los devanados, relacionados con otros elementos destinados a las conexiones mecánicas y eléctricas entre las distintas partes del sistema de enfriamiento y la protección de la máquina en general. En la construcción de transformadores existen aspectos que establecen diferencias entre tipos de transformadores, como por ejemplo el sistema de enfriamiento o bien en términos de su potencia y voltaje para aplicaciones, por lo cual se realiza la siguiente clasificación.

Tabla 2: Tabla de Clasificación de los Transformadores.

CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES	a) Por el tipo de núcleo	1.-Tipo columna (no acorazado) 2.-Acorazado o envolvente 3.-Toroidal.
	b) Por el número de fases	1. Monofásico 2. Trifásico
	c) Por el número de devanados	1. Dos devanados 2. Tres devanados
	d) Por medio refrigerante	1. Aceite 2. Aire 3. Liquido inerte
	e) Por el tipo de enfriamiento	1. OA 2. OW 3. OW/A 4. OA/AF 5. OA/FA/FO 6. FOA 7. OA/FA/FOA 8. FOW 9. A/A 10. AA/FA
	f) Por las conexiones de sus devanados	1. Δ - Δ 2. Δ -Y 3. Y- Y 4. Y- Δ
	g) Por la operación	1. De Potencia 2. Distribución 3. Instrumento 4. Horno Eléctrico

		5. Ferrocarril 6. Elevador 7. Reductor 8. Transferencia
	h) Por la regulación	1. Regulación fija 2. Regulación variable con carga 3. Regulación variable sin carga

O=Aceite; A=Aire; W=Agua; F=Forzada; Δ = Delta; Y=Estrella

2.3. TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.

Principio de Funcionamiento de un Transformador Monofásico Ideal.

Consideremos el transformador monofásico de la Ilustración 11, constituido por un núcleo magnético real de permeabilidad finita, que presenta unas pérdidas en el hierro P_{Fe} y unos arrollamientos primario y secundario con un número de espiras N_1 y N_2 , respectivamente. Supondremos que el transformador se alimenta por el devanado de tensión más elevada, es decir, se considera que la máquina va a trabajar como transformador reductor.

Los convenios de signos adoptados para las corrientes y tensiones en la Ilustración 11, corresponden al sentido normal de transferencia de la energía, es decir: 1) el primario constituye un receptor respecto a la fuente de alimentación (la red), lo que significa que este devanado absorbe una corriente y una potencia y desarrolla una f.c.e.m. (fuerza contra electromotriz); 2) el secundario se comporta como un generador respecto a la carga conectada en sus bornes, suministrando una corriente y una potencia, siendo a su vez el asiento de una f.e.m. inducida.

Para comprender mejor el funcionamiento del transformador, sin que las imperfecciones reales que tiene la máquina enmascaren los fenómenos físicos que tienen lugar, vamos a suponer que en un principio se cumplen las condiciones ideales siguientes:

a) Los devanados primario y secundario tienen resistencias óhmicas despreciables, lo que significa que no hay pérdidas por efecto Joule y no existen caídas de tensiones resistivas en el transformador. En el sistema real estas resistencias son de pequeño valor, pero no nulas.

b) No existen flujos de dispersión, lo que significa que todo el flujo magnético está confinado al núcleo y enlaza ambos devanados primario y secundario. En el transformador real existen pequeñas partes del flujo que solamente atraviesan a cada uno de los arrollamientos y que son los flujos de dispersión que completan su circuito a través del aire. Al aplicar una tensión alterna v_1 al primario, circulará por él una corriente alterna, que producirá a su vez un flujo alterno en el núcleo cuyo sentido vendrá determinado por la ley de Ampère aplicada a este arrollamiento. En la Ilustración 11 se muestran los sentidos positivos de la corriente y el flujo para el instante definido por la polaridad de la tensión aplicada. Debido a la variación periódica de este flujo se crearán f.e.m.s. inducidas en los arrollamientos, que de acuerdo con la ley de Faraday responderán a las ecuaciones:

$$e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} ; e_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

Ecuación 12: Formula para el Transformador Monofásico.

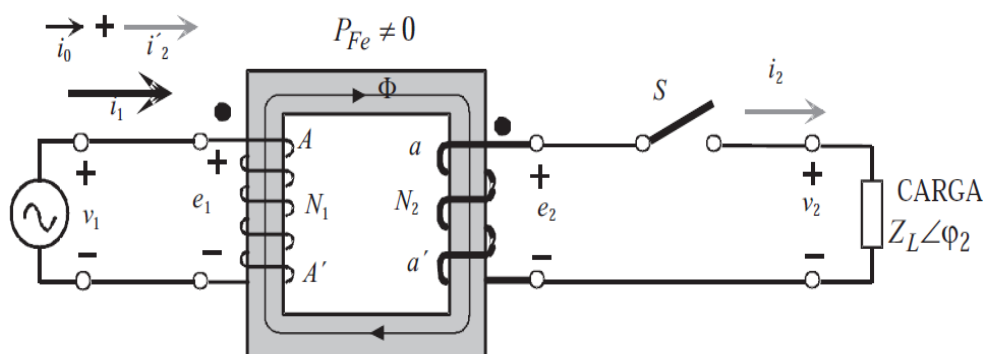


Ilustración 11: Transformador Monofásico con Núcleo Ideal.

Estas f.e.m.s. tienen las polaridades señaladas en la Ilustración 12 para que estén de acuerdo con la ley de Lenz, de oposición al cambio de flujo. Realmente e_1 representa una f.c.e.m. porque se opone a la tensión aplicada v_1 y limita de hecho la corriente de primario. La polaridad asignada a e_2 en la Ilustración 11 tiene en cuenta que al cerrar el interruptor S del secundario se tendería a producir una corriente i_2 en el sentido mostrado en la figura, de tal modo que al circular por el devanado secundario daría lugar (aplicar la ley de Ampère a este arrollamiento) a una acción antagonista sobre el flujo primario como así lo requiere la ley de Lenz. De ahí la no inclusión del signo menos en las expresiones porque ya se ha tenido en cuenta al señalar las polaridades de las f.e.m.s. en la Ilustración 11. En definitiva, de acuerdo con este convenio de signos la f.e.m. del secundario actúa en contra de la f.e.m. primaria produciendo un efecto desmagnetizante sobre ésta.

Se observa en la Ilustración 11 que los terminales superiores de los devanados primario y secundario tienen en el instante indicado una polaridad positiva respecto de los otros. Para destacar este hecho, en la teoría de circuitos con acoplamientos magnéticos se suelen señalar con un punto aquellos terminales de las bobinas que tienen simultáneamente la misma polaridad instantánea, de ahí la justificación de haber dibujado un punto en los terminales superiores de los devanados del transformador de la Ilustración 11. Existe un modo más inmediato de identificar estos bornes homólogos, y es considerar primeramente un sentido de flujo positivo en el núcleo y señalar a continuación con un punto aquellos extremos de los arrollamientos por los que hay que introducir corriente para obtener flujos de sentido positivo. Obsérvese en el caso de la Ilustración 11 que, si se considera un flujo positivo con sentido dextrógiro, habrá que introducir corriente por los terminales superiores para que, teniendo en cuenta la ley de Ampère, se originen flujos de sentido positivo, y de ahí una nueva justificación de que los terminales superiores son homólogos y que por ello se han señalado con un punto. Existe una Recomendación de las Normas IEC (Comité

Electrotécnico Internacional), y que también se ha aplicado al esquema de la Ilustración 11, por la que se deben designar los terminales de la misma polaridad con la misma letra, mayúscula para el lado de A.T. y minúscula para el lado de B.T., los extremos positivos en la forma A-a y los negativos en la forma A'-a'. Una vez designados los sentidos de las f.e.m.s. y de las corrientes en el transformador, interesa conocer las relaciones existentes entre las tensiones, los flujos y las f.e.m.s. Como quiera que los devanados son ideales, la aplicación del 2.º lema de Kirchhoff a los circuitos primario y secundario de la Figura 3.10 nos da:

$$v_1 = e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad ; \quad v_2 = e_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

Funcionamiento de un Transformador Monofásico Real.

En el párrafo anterior se ha realizado el estudio de un transformador ideal en el que los arrollamientos no tenían resistencia ni flujos de dispersión. En los transformadores reales hay que tener en cuenta ambas cualidades. La aparición de resistencia es inherente a la constitución de los devanados con hilo conductor. En la Ilustración 12 se muestra el circuito del transformador, donde para mayor claridad se han considerado las resistencias R_1 y R_2 de los arrollamientos, fuera de las propias bobinas. Se observa también en el transformador real que de todo el flujo producido por los devanados sólo existe una parte común a ambos y representada por ϕ en la Ilustración 12; lo anterior es consecuencia de los flujos de dispersión que aparecen en los arrollamientos y que se distribuyen por caminos no magnéticos, en particular por los conductores y el aire que rodea las bobinas. Si se denominan ϕ_1 y ϕ_2 a los flujos totales que atraviesan los devanados primario y secundario y ϕ_{d1} , ϕ_{d2} a los flujos de dispersión respectivos se cumplirá:

$$\phi_1 = \phi + \phi_{d1} \quad ; \quad \phi_2 = \phi + \phi_{d2}$$

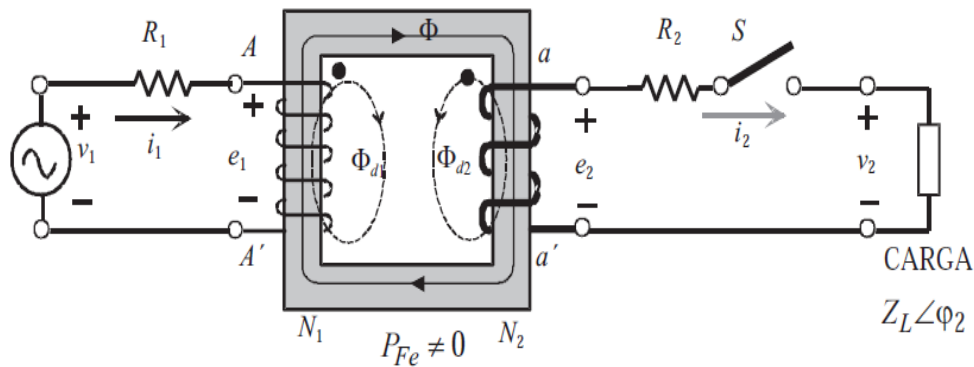


Ilustración 12: Transformador Real con Resistencias Eléctricas y Flujos de Dispersión.

A primera vista, la introducción de los flujos de dispersión complica el estudio, ya que desaparece la idea del flujo común único que existía en el transformador ideal. Sin embargo, se puede conservar tal forma de proceder si se añaden en serie a cada arrollamiento unas bobinas con el mismo número de espiras que los devanados correspondientes, de tal modo que al circular por ellas las intensidades respectivas den lugar a los mismos flujos de dispersión ϕ_{d1} y ϕ_{d2} que en los bobinados reales. En la formula se ha representado esta idea, donde se han indicado con $\phi_{L_{d1}}$ y $\phi_{L_{d2}}$ los coeficientes de autoinducción respectivos de estas bobinas adicionales (con núcleo de aire), cuyos valores de acuerdo con su definición serán:

$$L_{d1} = N_1 \frac{d\phi_{d1}}{di_1} \quad , \quad L_{d2} = N_2 \frac{d\phi_{d2}}{di_2}$$

Y que dan lugar a las reactancias de dispersión X_1 y X_2 de ambos devanados:

$$X_1 = L_{d1}\omega \quad , \quad X_2 = L_{d2}\omega$$

La aplicación del 2o lema de Kirchhoff a los circuitos primario y secundario de la Ilustración 13 nos da:

$$v_1 = e_1 + R_1 i_1 + L_{d1} \frac{di_1}{dt} \quad , \quad v_2 = e_2 + R_2 i_2 + L_{d2} \frac{di_2}{dt}$$

Donde los valores de e_1 y e_2 vienen expresados por las ecuaciones:

$$e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} ; e_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

Que corresponden a los valores eficaces según:

$$E_1 = 4.44fN_1\phi_m , E_2 = 4.44fN_2\phi_m$$

Donde ϕ_m es el flujo común máximo que circula por el circuito magnético de la Ilustración 12.

Las ecuaciones se expresan en forma compleja:

$$V_1 = E_1 + R_1 I_1 + jX_1 I_1 , V_2 = E_2 - R_2 I_2 - jX_2 I_2$$

Si se tiene en cuenta, la relación entre los valores eficaces de las f.e.m.s. inducidas será:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = m$$

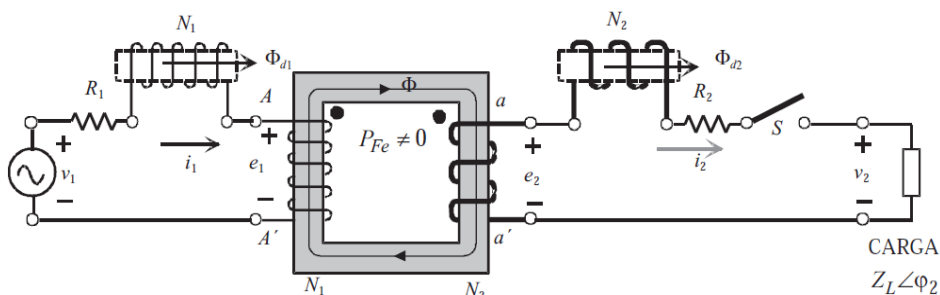


Ilustración 13: Transformador Real con Bobinas Ideales en el Núcleo.

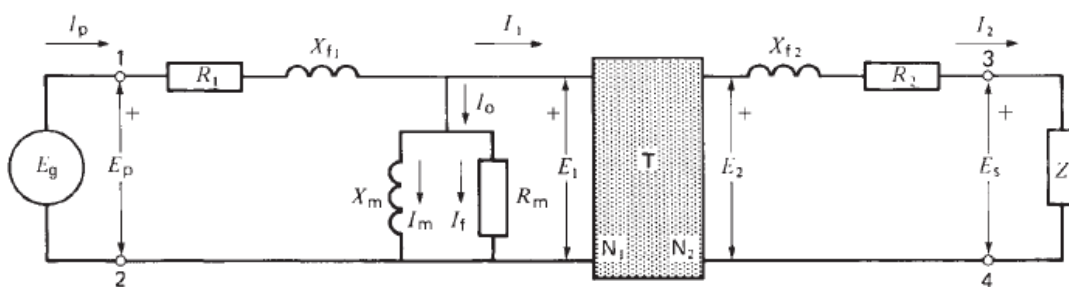


Ilustración 14: Circuito Equivalente Completo de un Transformador Práctico Bajo Carga.

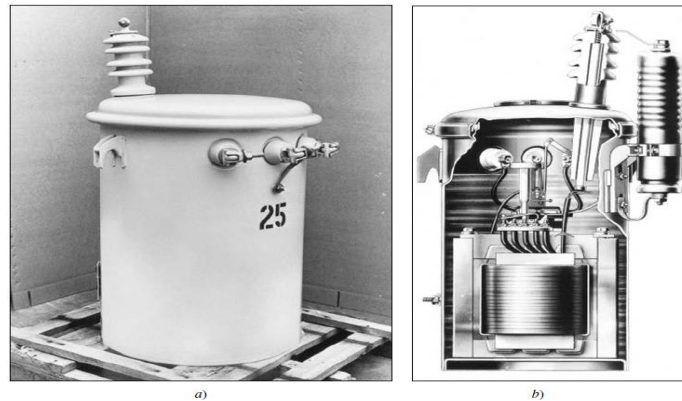


Ilustración 15:

a) Un Transformador de Distribución Monofásico de 13.2 kV a 120/240 V Típico.

b) Vista de Corte de un Transformador de Distribución Monofásico que muestra el Transformador Tipo Acorazado en su interior.

Polaridad de los transformadores.

1- Definición.

La polaridad de un transformador es la relación de fase instantánea entre las tensiones inducidas en los terminales del devanado primario y del devanado secundario.

En términos prácticos, indica si la tensión en un terminal del primario coincide o se opone en fase con la tensión en el terminal homólogo secundario.

Se presenta en los diagramas de transformadores mediante puntos de polaridad (.) colocados en un extremo de cada devanado. Estos puntos indican que terminales tienen tensiones en fase en un instante dado.

2- Uso de la polaridad.

La polaridad es un aspecto clave en ingeniería eléctrica porque:

- Conexión en paralelo de transformadores: solo transformadores con la misma polaridad pueden operar en paralelo, evitando corrientes de circulación indeseadas.
- Determinación de tensiones compuestas: en pruebas o instalaciones, conocer la polaridad permite conectar devanados en serie o paralelo de manera correcta para obtener la tensión deseada.

- Diagnóstico y seguridad: identificar la polaridad evita errores en pruebas de relación de transformación y garantiza la correcta conexión de equipos a la red.

3- Tipos de polaridad.

- Polaridad aditiva.
 - Cuando al conectar en serie los terminales de alta y baja tensión de un mismo lado, las tensiones se suman.
- Polaridad sustractiva.
 - Cuando al realizar la misma conexión, las tensiones se restan. Frecuente en transformadores de distribución y de potencia.

El tipo de polaridad depende de la forma de arrollamiento del transformador (sentido de bobinado y ubicación de terminales).

4- Como se determina la polaridad.

El procedimiento habitual es la prueba de polaridad:

- Se aplica una tensión de baja magnitud al devanado primario (por ejemplo 120 VAC en transformadores pequeños).
- Se conecta un voltímetro entre un terminal del primario y un terminal del secundario.
- Se mide la tensión resultante: Si la lectura es la suma de la tensión aplicada más la del secundario, el transformador tiene polaridad aditiva. Si la lectura es la diferencia entre ambas tensiones, se trata de polaridad sustractiva.

2.4. TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.

Casi todos los sistemas principales de generación y distribución de potencia en el mundo de hoy son trifásicos de corriente alterna. Debido a que los sistemas trifásicos tienen una función tan importante en la vida moderna, es necesario entender cómo se utilizan los transformadores en ellos.



Ilustración 16: Transformador Trifásico de Bobinas Expuestas, 13800/480 VAC, 750 KVA, Conexión Dd0, en Plataforma de Descarga de C.H. 15 de Septiembre.

Los transformadores para los circuitos trifásicos se pueden fabricar de dos maneras. Una de ellas consiste simplemente en tomar tres transformadores monofásicos y conectarlos en un banco trifásico. Otra alternativa es construir transformadores trifásicos con tres grupos de devanados enrollados en un núcleo común. En las Ilustraciones 16 y 17 se muestran estos dos tipos de construcción de transformadores. Ambos diseños (tres transformadores separados y un transformador trifásico sencillo) se usan hoy en día. El transformador trifásico como tal es más ligero, pequeño, barato y un poco más eficiente, pero el uso de tres transformadores monofásicos por separado tiene la ventaja de que cualquier unidad del banco puede ser reemplazada individualmente si se presenta alguna falla. A fin de potencialmente ahorrar dinero, una instalación solo podría necesitar tener un transformador monofásico separado sencillo para respaldar todos los trifásicos.

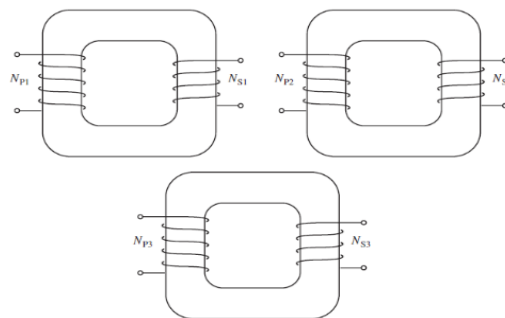


Ilustración 17: Banco Trifásico de Transformador, Compuesto por 3 Transformadores Monofásicos.

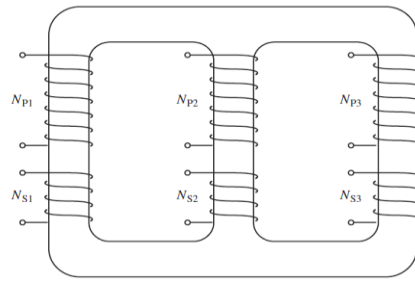


Ilustración 18: Transformador Trifásico, Construido sobre un Núcleo de 3 Columnas.

2.4.1. Conexión de transformadores trifásicos:

Hay varias maneras de conectar entre sí las tres fases del primario, por un lado, y del secundario, por otro. Estas son: en estrella (con o sin hilo neutro) (Ilustración 18), triángulo (Ilustración 19) o zig-zag (con o sin hilo neutro) (Ilustración 20). En la conexión zig-zag cada una de las fases está dividida en dos mitades idénticas conectadas como se indica en la Ilustración 20. Obsérvese en las Ilustraciones 18, 19 y 20 que hay dos formas diferentes de realizar cada uno de estos tres tipos de conexión.

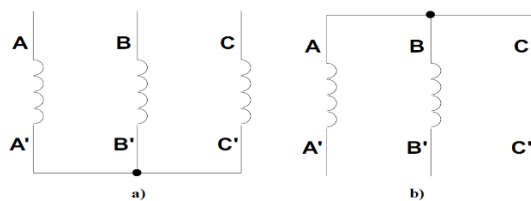


Ilustración 19: Conexión Estrella.

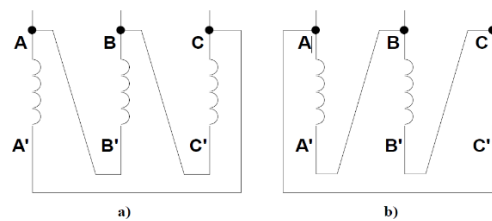


Ilustración 20: Conexión Triángulo.

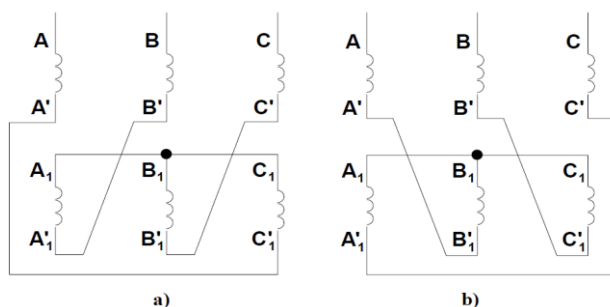


Ilustración 21: Conexión Zig Zag.

La designación de la forma de conexión de un transformador se realiza por medio de dos letras y un número (por ejemplo, Yy0, Dy6, Yz11, ...). La primera letra es mayúscula e indica la forma de conexión del lado de alta tensión, la segunda letra es minúscula e indica la forma de conexión en el lado de baja tensión y el número indica el índice horario. Las letras que representan la forma de conexión son:

Y, y: Estrella.

D, d: Triángulo.

Z, z: Zig-Zag.

Si una estrella o un zig-zag tienen su neutro unido a la red se coloca la letra N o n después de las letras Y, y, Z o z, respectivamente.

Así un transformador YNd5 es un transformador estrella-triángulo con índice horario 5 en el que la estrella del lado de A.T. tiene su neutro unido a la red.

2.4.2. Detalle de desplazamiento angular en transformadores, origen, para que se utiliza.

El desplazamiento angular es la diferencia de fase eléctrica entre la tensión del devanado primario y la tensión del devanado secundario de un transformador. Se expresa normalmente en grados eléctricos (0° , $\pm 30^\circ$, $\pm 50^\circ$, etc.) Y depende de la conexión de los devanados (Estrella, triángulo, zig-zag) de su posición física.

Este desplazamiento no se refiere a un ángulo mecánico, sino al desfase entre fasores de tensión que aparece al relacionar los sistemas de tres fases del lado primario y del lado secundario.

Origen del Desplazamiento Angular.

El origen del desplazamiento angular se encuentra en:

- La conexión de los devanados:
 - Un primario en estrella y un secundario en delta o triángulo generan un desfase característico de $\pm 30^\circ$.
 - Si ambos están en estrella (con neutro accesible), el desplazamiento es de 0° .
 - En conexiones especiales (zig-zag o combinaciones asimétricas), pueden aparecer otros ángulos.
- La orientación del devanado:
 - El modo en que se conectan las fases (inicio y final de cada bobina) define el sentido del desfase (adelanto o atraso).

En normas internacionales (IEC 60076), el desplazamiento angular se indica con grupo de conexión horario, que identifica la posición relativa entre la tensión del secundario respecto a la del primario.

Ejemplo:

- Grupo Yd11 $\rightarrow$ secundario desfasado -30° respecto al primario.
- Grupo Dyn1 $\rightarrow$ secundario adelantado $+30^\circ$.

2.4.3. Para que se utiliza el Desplazamiento Angular.

El concepto de desplazamiento angular es fundamental en sistemas eléctricos de potencia porque:

1- Interconexión de transformadores.

- Permite determinar si dos transformadores pueden operar en paralelo. Solo transformadores con igual grupo horario y ángulo de desfase pueden conectarse sin riesgo de corrientes circulantes.

2- Equilibrio de cargas.

- En sistemas industriales o de generación, la selección de un grupo de conexión específico ayuda a compensar cargas desequilibradas o armónicas.

3- Reducción de armónicos.

- Algunas combinaciones de conexiones (estrella – triángulo) permiten atenuar armónicos triples (3er orden) en redes de distribución.

4- Flexibilidad de sistemas eléctricos.

- Facilita la interconexión de redes con diferentes configuraciones de neutro (por ejemplo, primario en estrella con neutro aterrizado y secundario en triángulo aislado).

Ejemplo gráfico:

En un transformador con conexión Dyn1:

- El primario está en triángulo.
- El secundario está en estrella con neutro.
- Según la notación horaria, el vector de la tensión secundaria se encuentra adelantado 30° respecto al primario.

Esto implica que, si el primario se toma como referencia en el reloj a las 12, la tensión secundaria aparece en la posición 1.

2.4.4. Grupos de Conexión.

La norma V.D.E. resume las conexiones de transformadores en 12, distribuidas en cuatro grupos. Los grupos se designan por las letras mayúsculas A, B, C, y D; y, a su vez, cada uno de se subdivide en tres tipos A1-A2-A3; B1-B2-B3; C1-C2-C3; D1-D2-D3.

Grupo A: Da lugar a un desfase cero entre las tensiones del primario y secundario, y puede conseguirse utilizando las siguientes conexiones:

Subgrupo A1, formado por dos devanados en triángulo conectados de igual forma para el primario y secundario.

Subgrupo A2, formado por dos devanados en estrella conectados de igual forma para el primario y secundario.

Subgrupo A3, formado por un devanado en triángulo para el primario y un devanado en zigzag para el secundario, siempre que den lugar a un desfase cero.

Grupo B: Da lugar a un desfase de 180° entre las tensiones del primario y secundario, o bien un índice de conexión 6, y puede conseguirse utilizando las siguientes conexiones:

Subgrupo B1, formado por dos devanados en triángulo invertidos, que representan el primario y secundario respectivamente.

Subgrupo B2, formado por dos devanados en estrella invertidos. Uno representa el primario y el otro el secundario.

Subgrupo B3, formado por un devanado en triángulo para el primario y un devanado en zigzag para el secundario, de forma que den un índice 6, pudiendo utilizarse la conexión zigzag del subgrupo A3 invertida.

Grupo C: Da lugar a un desfase de 150° en retraso de las tensiones secundarias con respecto a las primarias, o bien un índice de conexión 5, y puede conseguirse utilizando las siguientes conexiones:

Subgrupo C1, formado por un devanado primario en triángulo y un devanado secundario en estrella, dando lugar a un desfase de 150° .

Subgrupo C2, formado por un devanado primario en estrella y un devanado secundario en triángulo.

Subgrupo C3, formado por un devanado primario en estrella y un devanado secundario en zigzag, conectados de forma que den lugar a un índice 5.

Grupo D: Da lugar a un desfase de 330° o de 30° en adelante de las tensiones secundarias con respecto a las primarias, siendo 11 el índice de conexión 5, y puede conseguirse utilizando las siguientes conexiones:

Subgrupo D1, formado por un devanado primario en triángulo y un devanado secundario en estrella.

Subgrupo D2, formado por un devanado primario en estrella y un devanado secundario en triángulo, que dé lugar a un índice 11.

Subgrupo D3, formado por un devanado primario en estrella y un devanado secundario en zigzag, conectados de forma que den lugar a un índice 11. Se puede comprobar que los secundarios de los transformadores del grupo B son los de los subgrupos A invertidos. Igual sucede con los del D, que resultan de invertir los secundarios del C.

Tabla 3: Índices Horarios de los Transformadores.

TABLA INDICES HORARIOS DE LOS TRANSFORMADORES						
Indice	Denominación	Diagrama		Conexiones		Relación de Tensiones Compuestas Uprimario/Usecundario
		Primario	Secundario	Primario	Secundario	
0 0°	Dd0					$\frac{N_A}{N_B}$
	Yy0					$\frac{N_A}{N_B}$
	Dz0					$\frac{2N_A}{3N_B}$
5 150°	Dy5					$\frac{N_A}{\sqrt{3}N_B}$
	Yd5					$\frac{\sqrt{3}N_A}{N_B}$
	Yz5					$\frac{2N_A}{\sqrt{3}N_B}$
6 180°	Dd6					$\frac{N_A}{N_B}$
	Yy6					$\frac{N_A}{N_B}$
	Dz6					$\frac{2N_A}{3N_A}$
11 330° (-30°)	Dy11					$\frac{N_A}{\sqrt{3}N_B}$
	Yd11					$\frac{\sqrt{3}N_A}{N_B}$
	Yz11					$\frac{2N_A}{\sqrt{3}N_B}$

2.4.5. Grupos de Conexión C.E.I. Y UNE.

La nomenclatura utilizada por C.E.I. es diferente a la V.D.E; así, los grupos se designan por el tipo de conexión, representando por D (triángulo), Y (estrella) y Z (zigzag), para la tensión mayor; y las mismas letras minúsculas d, y, z, para la tensión inferior. A continuación de las letras, se indica el número que corresponde al índice de conexión. Yz5 = transformador trifásico con el primario en estrella, secundario en zigzag, con desfase $5 \times 30^\circ = 150^\circ$. La designación de terminales, según la C.E.I., es I, II, III, para tensiones mayores; mientras que, para las tensiones inferiores, son: i, ii, iii.

La notación horaria según normas UNE da lugar a cuatro grupos:

Grupo I: índices horarios 0-4-8. Grupo II: índices horarios 2-6-10. Grupo III: índices horarios 1-5. Grupo IV: índices horarios 7-11.

Tabla 4: Conexiones Comunes según Norma IEC 60076-1 (Anexo D de la norma).

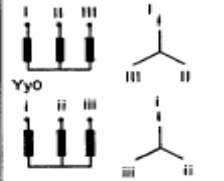
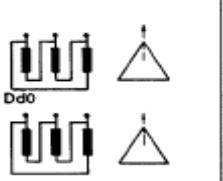
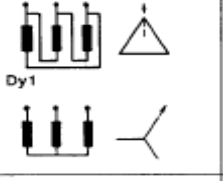
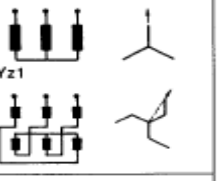
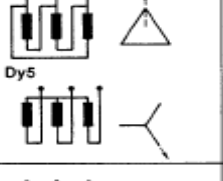
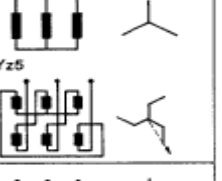
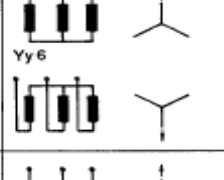
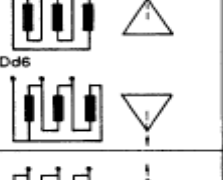
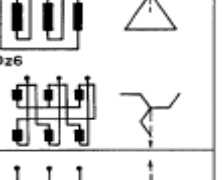
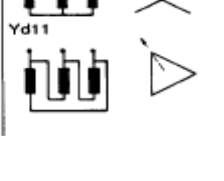
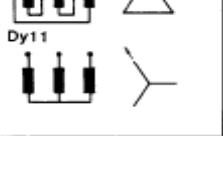
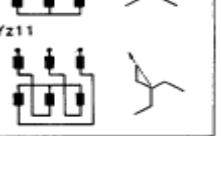
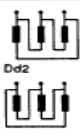
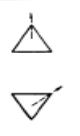
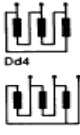
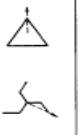
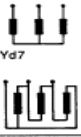
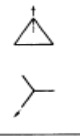
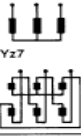
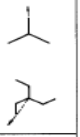
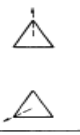
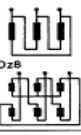
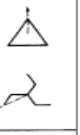
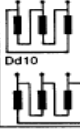
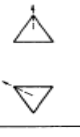
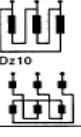
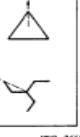
0			
1			
5			
6			
11			

Tabla 5: Conexiones Adicionales según Norma IEC 60076-1.

Additional connections

2		 Dd2		 Dz2	
4		 Dd4		 Dz4	
7	 Yd7	 Dy7		 Yz7	
8		 Dd8		 Dz8	
10		 Dd10		 Dz10	

IEC 256/53

En un transformador o en un banco trifásico se pueden distinguir dos relaciones de transformación distintas: la relación de transformación m y la relación de transformación de tensiones m_T .

La relación de transformación m es el cociente entre las tensiones asignadas de fase del primario y del secundario:

$$m = \frac{V_{1N}}{V_{2N}} = \frac{I_{2N}}{I_{1N}} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Ecuación 13: Ecuación para la Relación de Transformación de un Transformador.

La relación de transformación de tensiones m_T es la que normalmente se proporciona como dato y es el cociente entre las tensiones asignadas de línea del primario y del secundario:

$$m_T = \frac{V_{1NL}}{V_{2NL}} = \frac{I_{2NL}}{I_{1NL}}$$

La relación que existe entre m y m_T depende de la forma de conexión del transformador o del banco trifásico.

Los diferentes tipos de transformadores trifásicos (de 3 o 5 columnas o acorazado) y un banco de tres transformadores monofásicos se comportan de igual manera cuando la carga está equilibrada. Sin embargo, el comportamiento de un transformador trifásico de tres columnas es diferente al de los demás tipos de transformaciones trifásicas frente a cargas desequilibradas.

Cada columna de un transformador trifásico se le puede considerar como un transformador monofásico. Así, cuando un banco o un transformador trifásico funcionan con cargas equilibradas, todos los transformadores monofásicos del banco o todas las columnas del transformador están igualmente cargados y bastará con estudiar uno solo de ellos mediante su circuito equivalente.

Hay que tener en cuenta, entonces, que las tensiones y corrientes a utilizar en dicho circuito equivalente deberán ser las de fase del primario y del secundario y que la potencia de una fase es la tercera parte de la total.

De esta manera, todas las expresiones para el estudio de un transformador monofásico se pueden adaptar para el estudio de las transformaciones trifásicas con cargas equilibradas, tal como se indica seguidamente:

Potencia Asignada, Intensidades y Tensiones:

$$S_N = 3 \cdot I_{1N} \cdot V_{1N} = 3 \cdot I_{2N} \cdot V_{2N} = \sqrt{3} \cdot I_{2NL} \cdot V_{2NL}$$

Estrella: $I = I_L$ $V = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$

Triangulo: $I = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$ $V = V_L$

Zig-zag: $I = I_L$ $V = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$

2.4.6. Designación de Terminales.

Según la norma CEI 76-4, la designación de los terminales del primario y del secundario de un transformador trifásico o de un banco de tres transformadores monofásicos es así (Ilustración 24 y 25):

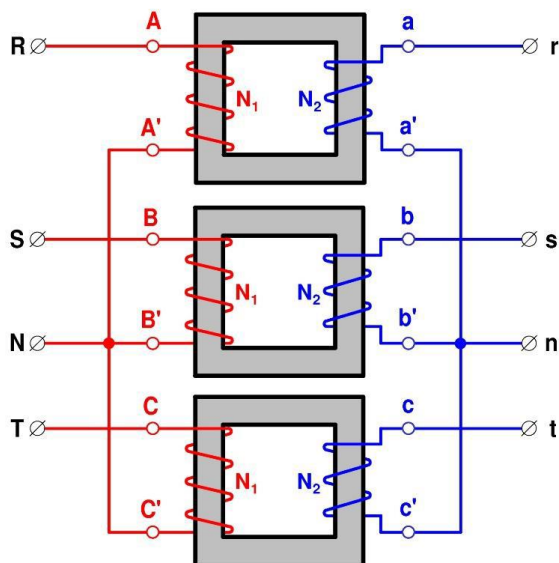


Ilustración 22: Banco de 3 Transformadores Monofásicos YNy

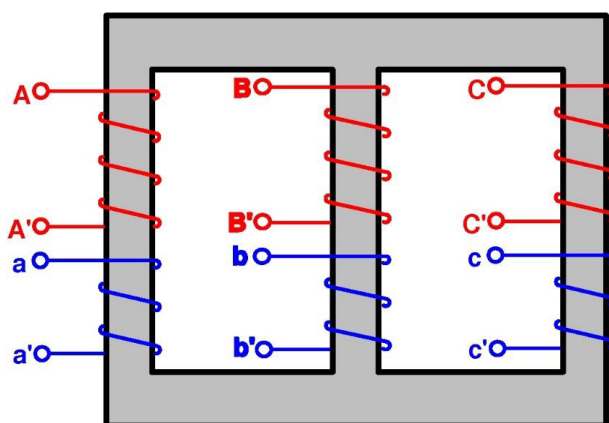


Ilustración 23: Transformador Trifásico de 3 Columnas.

- Se denominan con letras mayúsculas (A, B, C, A', B', C') los terminales del lado de alta tensión y con letras minúsculas (a, b, c, a', b', c') los del lado de baja tensión.
- Los dos terminales de la misma bobina están designados con la misma letra, aunque uno de ellos se denomina con la letra con apóstrofe (a y a', A y A', b y b', ...).

- Dos terminales, uno del primario y otro del secundario, sometidos a tensiones que están prácticamente en fase (recuérdese que en un transformador monofásico las tensiones primaria y secundaria están casi en fase) se designan con la misma letra, uno con mayúscula y otro con minúscula (a y A, a' y A', b y B, b' y B', ...).

La designación de los terminales de un transformador descrita anteriormente ha sido modificada de forma importante por la norma UNE 20158.

Según esta norma los extremos y las tomas de los devanados de un transformador se designan mediante tres caracteres (ver las Ilustraciones 26 y 27):

- El primer carácter es una cifra que indica si el arrollamiento es de alta o baja tensión. El 1 se usa para A.T. y el 2 para B.T. Si hay más arrollamientos se usarán las cifras 3, 4, 5, etc. en orden decreciente de tensión.
- El segundo carácter es una letra (preferentemente mayúscula) que indica las fases de un arrollamiento. Se usan las letras U, V y W para las fases y, si es preciso, el neutro se marca con la letra N. (En los transformadores monofásicos no se incluye esta letra y se sustituye por un punto para separar los otros dos caracteres, que son cifras).
- El tercer carácter es una cifra que indica los extremos y las tomas de los arrollamientos de fase. Los extremos de las fases se marcan con las cifras 1 y 2. Las tomas intermedias se señalan con las cifras 3, 4, 5, etc. empezando por la toma más cercana al extremo designado con un "1".

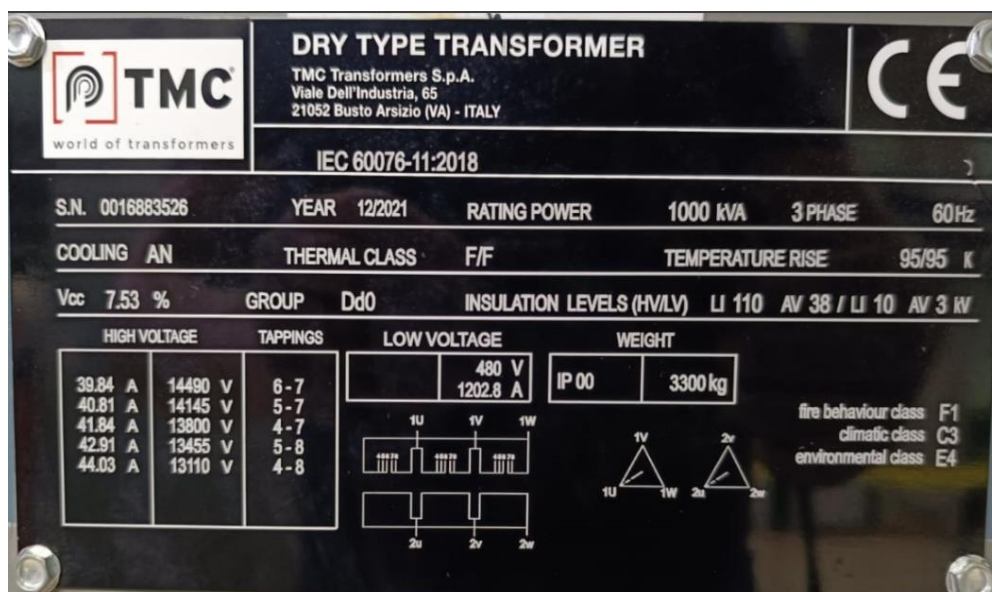


Ilustración 24: Placa característica de Transformador trifásico en el cual se puede observar el marcado de los extremos de los devanados (Servicio Propio de C.H. 15 de Septiembre).

Los bornes que son accesibles en la cuba de un transformador trifásico normalmente no se corresponden con los dos extremos de todas las fases de los lados de A.T. y B.T. Las conexiones entre las fases se realizan en el interior y en el exterior sólo son accesibles los bornes de línea de las tres fases de cada lado y, en su caso, el neutro. Por lo tanto, los bornes de un transformador trifásico se indican con sólo los dos primeros caracteres, usando la letra N para el neutro cuando sea preciso. En la Ilustración 27 se indica la nomenclatura de los extremos de las fases de los devanados de un transformador trifásico.

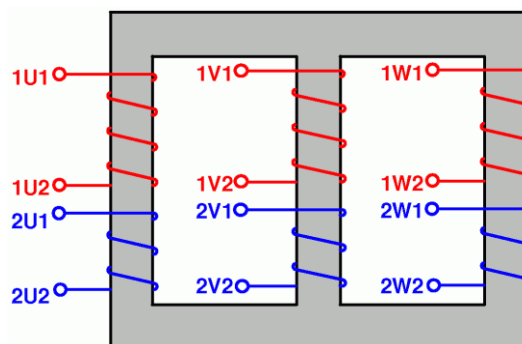


Ilustración 25: Marcado de los Extremos de los Devanados de un Transformador Trifásico (UNE 20158).

2.5. TRANSFORMADOR DE TENSION O POTENCIAL.

Un transformador de tensión o potencial es un dispositivo destinado a la alimentación de aparatos de medición y /o protección con tensiones proporcionales a las de la red en el punto en el cual está conectado. El primario se conecta en paralelo con el circuito por controlar y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión de los diferentes aparatos de medición y de protección que se requiere energizar. Cada transformador de tensión tendrá, por lo tanto, terminales primarios que se conectarán a un par de fases o a una fase y tierra, y terminales secundarios a los cuales se conectarán aquellos aparatos.

En estos aparatos la tensión secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la tensión primaria, aunque ligeramente desfasada.

Desarrollan dos funciones: transformar la tensión y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

En esta definición tan amplia quedan involucrados los transformadores de tensión que consisten en dos arrollamientos realizados sobre un núcleo magnético y los transformadores de tensión que contienen un divisor capacitivo. A los primeros los llamaremos en adelante "Transformadores de Tensión Inductivos" y a los segundos "Transformadores de Tensión Capacitivos".

Estos transformadores se fabrican para servicio interior o exterior, y al igual que los de corriente, se fabrican con aislamientos de resinas sintéticas (epoxi) para tensiones bajas o medias de hasta 33 kV, mientras que para altas tensiones se utilizan aislamientos de papel, aceite, porcelana o con gas SF₆.

2.5.1. Clasificación de los Transformadores de Tensión.

La clasificación principal de los transformadores de tensión se basa en el destino o utilización del transformador distinguiéndose los siguientes tipos:

2.5.2. Transformadores de Tensión para Medida:

Son los concebidos para alimentar equipos de medida. Una de sus características fundamentales es que deben ser exactos en las condiciones normales de servicio. El grado de exactitud de un transformador de medida se mide por su clase o precisión, la cual nos indica en tanto por ciento el máximo error que se comete en la medida. La norma IEC especifica que la clase o precisión debe mantenerse cuando la tensión que se aplica en el arrollamiento primario se encuentre comprendida en un rango que va del 80 al 120 % de la tensión primaria nominal, asimismo también debe mantenerse dicha precisión cuando la carga conectada al secundario del transformador esté comprendida entre el 25 y el 100 % de la carga nominal y con un factor de potencia de 0,8 inductivo. Las clases de precisión normales para los TT monofásicos para medidas son:

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1,0 – 3,0

2.5.3. Transformadores de Tensión para Protección:

Son aquellos destinados a alimentar relés de protección. Si un transformador va a estar destinado para medida y protección, se construye normalmente con dos arrollamientos secundarios, uno para medida y otro para protección, compartiendo el mismo núcleo magnético, excepto que se desee una separación galvánica. Por esta razón, en la norma IEC, se exige que los transformadores de protección cumplan con la clase de precisión de los transformadores de medida.



Ilustración 26: Transformador de Potencial para Exteriores, con relación $(115000/\sqrt{3})/(120 \text{ VAC})$, en subestación de C.H. 15 de Septiembre, para medición comercial y sincronización de Unidad 1.



Ilustración 27: Transformador de Potencial para Interiores, Relación de 14400:120 VAC, para medición, Sincronización y Protección de Unidades Generadoras de C.H. 15 de Septiembre.

2.6.TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

Son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de función: transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión. El primario del transformador, que consta de muy pocas espiras, se conecta en serie con el circuito cuya intensidad se desea medir y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

Las espiras del arrollamiento primario suelen ser una o varias, las cuales se pueden a su vez dividir en dos partes iguales y conectarse en serie o paralelo para cambiar la relación, y atraviesan el núcleo magnético, cuya forma suele ser cerrada tipo toroidal o puede tener un cierto entrehierro, sobre el cual se arrollan las espiras del secundario de una forma uniforme, consiguiendo así reducir al mínimo el flujo de dispersión. Este arrollamiento es el que se encarga de alimentar los circuitos de intensidad de uno o varios aparatos de medida conectados en serie.

Se puede dar también la existencia de varios arrollamientos secundarios en un mismo transformador, cada uno sobre su circuito magnético, uno para medida y otro para protección. De esta forma no existe influencia de un secundario sobre otro.

Si el aparato tiene varios circuitos magnéticos, se comporta como si fueran varios transformadores diferentes. Un circuito se puede utilizar para mediciones que requieren mayor precisión, y los demás se pueden utilizar para protección. Por otro lado, conviene que las protecciones diferenciales de cables o transformadores de potencia y de distancia se conecten a transformadores de corriente independientes.

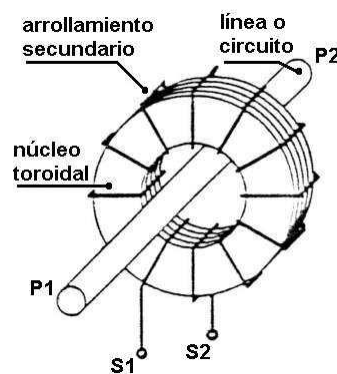


Ilustración 28: Transformador de Corriente de un Arrollamiento Secundario.

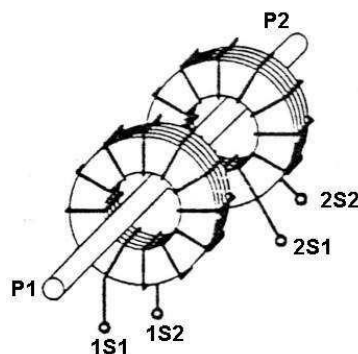


Ilustración 29: Transformador de Corriente de dos Arrollamientos Secundarios.

Los transformadores de corriente se pueden fabricar para servicio interior o exterior. Los de servicio interior son más económicos y se fabrican para tensiones de servicio de hasta 36 kV, y con aislamiento en resina sintética. Los de servicio exterior y para tensiones medias se fabrican con aislamiento de porcelana y aceite, o con aislamientos a base de resinas que soportan las condiciones climatológicas. Para altas tensiones se continúan utilizando aislamientos a base de papel y aceite dentro de un recipiente metálico, con aisladores para tapas de porcelana. Actualmente se utilizan resinas dentro de un aislador de porcelana, o gas SF₆ y cubierta de porcelana.



Ilustración 30: Transformador de Corriente en Patio de Subestación de C.H. 15 de Septiembre, con relación 1200:5 (utilizado en tap 600:5), para medición comercial y protección.

La tensión del aislamiento de un transformador de corriente debe ser, cuando menos, igual a la tensión más elevada del sistema al que va a estar conectado. Para el caso de los transformadores utilizados en protecciones con relés digitales se requieren núcleos que

provoquen menores saturaciones que en el caso de los relés de tipo electromagnético, ya que las velocidades de respuesta de las protecciones electrónicas son mayores.

Los transformadores de corriente pueden ser de medición, de protección, mixtos o combinados.

2.6.1. Transformador de Medición.

Los transformadores cuya función es medir, requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente. Su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10%, hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.

Uso de los Transformadores de Medición.

Los transformadores de medición son dispositivos esenciales en los sistemas eléctricos, ya que permiten reducir los niveles de corriente y tensión a valores estandarizados y seguros para su registro, control y protección. Su aplicación se centra en dos tipos principales:

1. Transformadores de corriente (TC):
 - Reducen las altas corrientes de líneas de potencia a valores manejables para los instrumentos de medición y los relés de protección.
 - Permiten el aislamiento galvánico entre los equipos de medición/protección y el sistema de potencia, garantizando seguridad al personal y a los dispositivos electrónicos.
 - Su exactitud es crítica para la confiabilidad de las mediciones y el correcto funcionamiento de las protecciones.
2. Transformadores de potencial o tensión (TP):
 - Reducen tensiones elevadas a valores normalizados (generalmente 115 V o 120 V).

- Se emplean en la conexión de medidores de energía, equipos de registro y sistemas de control.
- Proporcionan aislamiento entre el circuito de alta tensión y los equipos de medición.

En conjunto, los transformadores de medición permiten la interfaz segura entre los sistemas de potencia y los sistemas de control, monitoreo y protección, facilitando la operación del sistema eléctrico sin necesidad de exponer directamente a los equipos a niveles elevados de corriente y tensión.

Importancia de los núcleos en los transformadores de medición

El núcleo magnético es un elemento fundamental que determina el desempeño de los transformadores de medición. Sus características impactan directamente en la precisión, la saturación y las pérdidas. Los aspectos más relevantes son:

- **Material del núcleo:** Generalmente se emplea acero al silicio de grano orientado o materiales especiales de baja pérdida, debido a que garantizan una alta permeabilidad magnética y reducen las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas.
- **Saturación:** En un transformador de corriente, la saturación del núcleo puede ocasionar que la corriente secundaria no reproduzca fielmente la primaria, generando errores significativos en las mediciones y afectando la actuación de los relés de protección. Por ello, el diseño del núcleo busca retrasar la saturación incluso en condiciones de sobre corriente.
- **Exactitud de la medición:** En transformadores de potencial, un núcleo con bajas pérdidas asegura que la relación de transformación se mantenga estable, evitando distorsiones en la onda de tensión secundaria.

- Estabilidad térmica: El calentamiento excesivo puede modificar las propiedades magnéticas del núcleo, aumentando los errores. Por ello, los materiales seleccionados deben conservar sus características bajo operación prolongada y cargas variables.

Clasificación por aplicación:

- Clase de medición: núcleos diseñados para trabajar en condiciones normales de carga, con énfasis en minimizar el error en condiciones nominales.
- Clase de protección: núcleos diseñados para soportar condiciones extremas, como fallas y corrientes de cortocircuito, sin saturarse prematuramente.

2.6.2. Transformadores de Protección.

Los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de veinte veces la magnitud de la corriente nominal, cuando se trata de grandes redes con altas corrientes puede ser necesario requerir treinta veces la corriente nominal. En el caso de los relés de sobre corriente, sólo importa la relación de transformación, pero en otro tipo de relés, como pueden ser los de impedancia, se requiere además de la relación de transformación, mantener el error del ángulo de fase dentro de valores predeterminados.

2.6.3. Transformadores Mixtos.

En este caso, los transformadores se diseñan para una combinación de los dos casos anteriores, un circuito con el núcleo de alta precisión para los circuitos de medición y uno o dos circuitos más, con sus núcleos adecuados, para los circuitos de protección.

2.6.4. *Transformadores Combinados.*

Son aparatos que bajo una misma cubierta albergan un transformador de corriente y otro de tensión. Se utilizan en estaciones de intermedia fundamentalmente para reducir espacios.

2.6.5. *Parámetros de los Transformadores de Corriente.*

Corrientes. Las corrientes primaria y secundaria de un transformador de corriente deben estar normalizadas de acuerdo con cualquiera de las normas nacionales o internacionales en uso (IEC, ANSI).

Corriente Primaria. Para esta magnitud se selecciona el valor normalizado inmediato superior de la corriente calculada para la instalación.

Para estaciones de potencia, los valores normalizados son: 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1.200, 1.500, 2.000 y 4.000 amperes.

Corriente Secundaria. Valores normalizados de **5 A** o **1 A**, dependiendo su elección de las características del proyecto.

Carga Secundaria o Prestación. Es el valor de la impedancia en Ohms, reflejada en el secundario de los transformadores de corriente, y que está constituida por la suma de las impedancias del conjunto de todos los medidores, relés, cables y conexiones conectados en serie con el secundario y que corresponde a la llamada potencia de precisión a la corriente nominal secundaria.

Es decir, una potencia de precisión de 30 VA para una corriente nominal secundaria de 5 amperes, representa una impedancia de carga de:

$$\frac{30}{5^2} = 1.20\Omega$$

La carga se puede expresar también, por los volt - amperes totales y su factor de potencia, obtenidos a un valor especificado de corriente y frecuencia.

El valor del factor de potencia normalizado es de 0,9 para los circuitos de medición y de 0,5 para los de protección. Todos los aparatos, ya sean de medición o de protección, traen en el catálogo respectivo la carga de acuerdo con su potencia de precisión.

Tensión Secundaria Nominal. Es la tensión que se levanta en los terminales secundarios del transformador al alimentar éste una carga de veinte veces la corriente secundaria nominal.

Por ejemplo, si se tiene un transformador con carga nominal de 1,20 ohms, la tensión secundaria generada será de: 1,20 ohms x 5 amperes x 20 veces = 120 volts.

Relación de Transformación Real. Es el cociente entre la corriente primaria real y la corriente secundaria real.

Relación de Transformación Nominal. Es el cociente entre la corriente primaria nominal y la corriente secundaria nominal.

Error de Corriente. Error que el transformador introduce en la medida de una corriente y que proviene del hecho de que la relación de transformación real no es igual a la relación de transformación nominal. Dicho error viene expresado por la fórmula:

$$\text{Error de corriente \%} = \frac{K_n \cdot I_s - I_p \cdot 100}{I_p}$$

Ecuación 14: Porcentaje de Error de Corriente.

Donde: **K_n** es la relación de transformación nominal. **I_p** Es la corriente primaria real. **I_s** Es la corriente secundaria real correspondiente a la corriente **I_p** en las condiciones de la medida.

Potencia Nominal o de Precisión. Es la potencia aparente secundaria que a veces se expresa en volt-amperes (VA) y a veces en ohms, bajo una corriente nominal determinada y que se indica en la placa de características del aparato.

Para escoger la potencia nominal de un transformador, se suman las potencias de las bobinas de todos los aparatos conectados en serie con el devanado secundario, más las

pérdidas por efecto joule que se producen en los cables de alimentación, y se selecciona el valor nominal inmediato superior.

Los valores normales de la potencia de precisión son: 2,5 - 5 - 10 – 15 - 30 y hasta 60 VA. Para los secundarios de 5 amperes, la experiencia indica que no se deben utilizar conductores con secciones no inferiores a los 4 mm². Este conductor sobredimensionado, reduce la carga y además proporciona alta resistencia mecánica, que disminuye la posibilidad de una ruptura accidental del circuito, con el desarrollo consiguiente de sobretensiones peligrosas.

Frecuencia Nominal. Valor de la frecuencia en la que serán basadas todas las especificaciones y que será de 50 HZ o 60 HZ.

Clase de Precisión para Medición. La clase de precisión se designa por el error máximo admisible, en por ciento, que el transformador puede introducir en la medición, operando con su corriente nominal primaria y la frecuencia nominal.

Las normas ANSI definen la clase de precisión de acuerdo con los siguientes valores: 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.6, 1.2, 3 y 5, cada clase de precisión especificada debe asociarse con una o varias cargas nominales de precisión, por ejemplo: 0.5 de precisión con una carga de 50 VA.

Según el uso que se dé al transformador, se recomiendan las siguientes precisiones, considerando que a precisiones más bajas corresponden precios del transformador más altos, para una misma tensión y relación de transformación.

Los transformadores para medición están diseñados para que el núcleo se sature para valores relativamente bajos de sobre corriente, protegiendo de esta forma los instrumentos conectados al secundario del transformador.

Clase de Precisión para Protección. Los transformadores con núcleos para protección se diseñan para que la corriente secundaria sea proporcional a la primaria, para corrientes con valores de hasta 30 veces el valor de la corriente nominal.

2.6.6. *Placa de Características.*

Los transformadores de intensidad deben llevar una placa de características, indeleble, en la que deben figurar, las siguientes indicaciones según norma **IEC 60185**:

- Nombre del constructor o cualquier otra marca que permita su fácil identificación.

Número de serie y designación del tipo.

- Corrientes nominales primaria y secundaria en amperes (400/5 A).
- Frecuencia nominal en Hz.
- Potencia de precisión y clase de precisión correspondiente a cada núcleo.
- Tensión más elevada de la red (145 kV).
- Nivel de aislamiento nominal (275/650 kV).

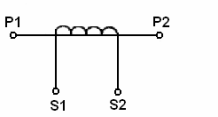
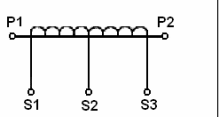
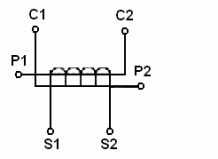
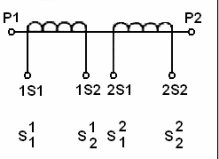


Ilustración 31: Placa de Característica de Transformador de Instrumento Mixto (corriente) de Servicio propio de C.H. 15 de Septiembre.

2.6.7. Identificación de Bornes.

Los bornes de los arrollamientos primario y secundario deben poder ser identificados con fiabilidad. Para ello, en la norma IEC 60185 se indica el criterio a seguir para su nomenclatura, siendo aquellos bornes que empiecen con P y C los del arrollamiento primario, y los que empiecen con S los del arrollamiento secundario. En las figuras a continuación se visualizan los diferentes casos.

Tabla 6: Nomenclatura de Terminales Primarios y Secundarios de Transformadores de Corriente.

BORNES PRIMARIOS		
BORNES SECUNDARIOS	1	2
BORNES PRIMARIOS		
BORNES SECUNDARIOS	3	4

1. - Transformador de simple relación.
2. - Transformador con toma intermedia en el secundario.
3. - Transformador con dos secciones en el arrollamiento primario para su conexión en serie o paralelo.
4. - Transformador con dos arrollamientos secundarios y núcleos independientes.

2.7. NORMATIVA PARA MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES.

1. IEC 60076-1: Esta es una norma sobre requisitos generales para transformadores. Estipula los principios básicos de diseño, requisitos de rendimiento, métodos de prueba, etc. de los transformadores y es la base para otras normas de transformadores.
2. IEC 60076-2: Esta norma se aplica a transformadores de potencia sumergidos en aceite. Especifica requisitos para el diseño, fabricación, pruebas y rendimiento de transformadores

sumergidos en aceite, incluidos requisitos específicos para diferentes tipos y potencias nominales de transformadores.

3. IEC 60076-3: Esta norma aplica a transformadores de potencia de tipo seco. Especifica los requisitos de diseño, fabricación, pruebas y rendimiento para transformadores de tipo seco, incluidos requisitos específicos para diferentes tipos y potencias nominales de transformadores de tipo seco.

4. IEC 60076-4: Esta norma trata sobre métodos de prueba para transformadores. Describe en detalle los métodos y procedimientos para realizar diversas pruebas en transformadores para garantizar que cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento relevantes.

5. IEC 60076-5: Esta norma proporciona orientación sobre la instalación, operación y mantenimiento de transformadores. Incluye los requisitos de instalación, parámetros operativos, procedimientos de mantenimiento, etc. del transformador para ayudar a los usuarios a instalar y operar el transformador correctamente y garantizar su funcionamiento estable a largo plazo.

IEEE C57.12.90-1993 “IEEE Standard test code for liquid – immersed distribución, power, and regulating transformers and IEEE guide for short – circuit testing of distribution and power transformers”. IEEE C57.13-2016 “IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers”. ASTM D877 y D1816: Normas para pruebas en aceites dieléctricos.

2.8. TIPOS DE PRUEBAS A TRANSFORMADORES.

Procedimiento Recomendado Previo a la Ejecución:

1. Preparación del equipo:
 - Desenergizar el transformador y verificar la ausencia de tensión.
 - Asegurar la puesta a tierra temporal durante las pruebas.
2. Inspección visual inicial:

- Evaluar conexiones, aisladores, niveles de aceite y sellos.
3. Aplicación de pruebas eléctricas:
- Ejecutar cada prueba según el protocolo especificado en las normas.
4. Registro de resultados:
- Documentar valores medidos y compararlos con los límites aceptados.
5. Informe técnico final:
- Proveer recomendaciones para mantenimiento o reparaciones necesarias.

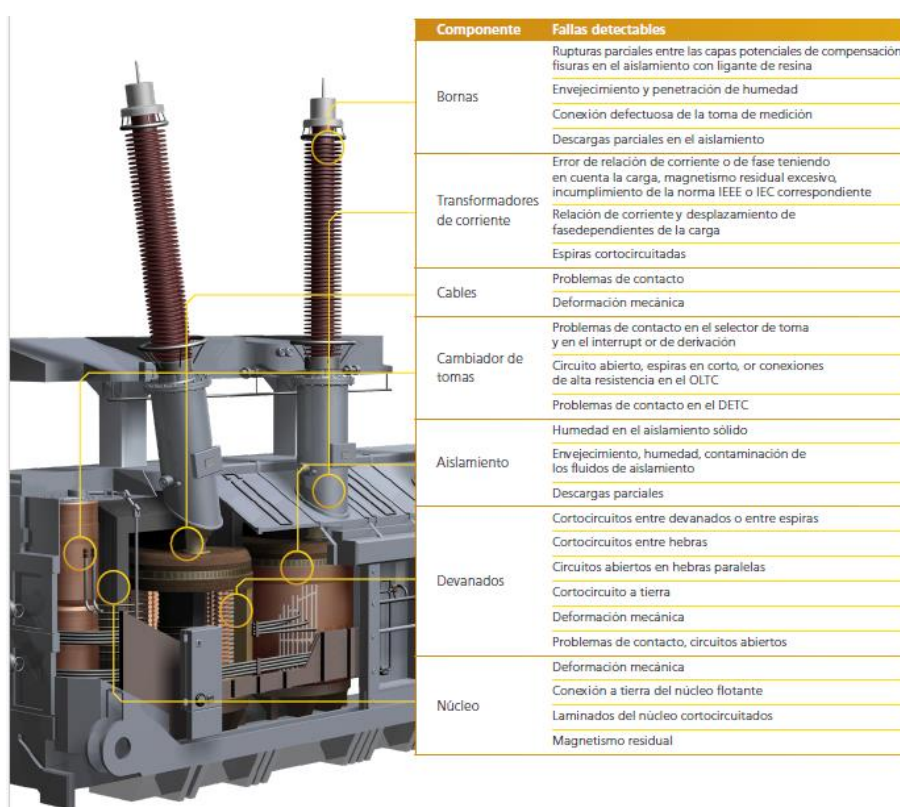


Ilustración 32: Componente de Transformadores de Potencia y sus fallas detectables.

2.8.1. Medición de la Resistencia de Aislamiento.

Consiste en aplicar un voltaje DC durante un período de tiempo determinado (usualmente 10 minutos) al aislamiento bajo ensayo y medir la resistencia de aislamiento entre cada devanado y la tierra.

Esta prueba es muy sensible a la temperatura. Con variaciones de esta prueba, correlacionando valores diferentes a voltajes y tiempos diferentes, se han desarrollado índices tales como el de ABSORCIÓN DIELECTRICA y POLARIZACIÓN, que permite evaluar la presencia de excesiva humedad en un transformador o incluso avanzada degradación del aceite (en caso de que el transformador sea embebido en aceite dieléctrico) que está comprometiendo a todo el aislamiento.

2.8.2. Medición de la Resistencia del Devanado de CC y Verificación del OLTC.

Las mediciones de la resistencia del devanado se realizan para evaluar los posibles daños en los devanados o problemas de contacto, como el de las bornas con los devanados, los devanados con el cambiador de tomas, etc.

También se utilizan para comprobar el cambiador de tomas bajo carga (OLTC), ya que pueden indicar cuándo limpiar o reemplazar los contactos del OLTC, o cuando hay que cambiar o renovar el propio OLTC. Pueden detectarse fallas sin necesidad de abrir el compartimiento del cambiador de tomas.

Para medir la resistencia del devanado, el devanado debe cargarse hasta que el núcleo esté saturado. A continuación, puede determinarse la resistencia midiendo la corriente y la tensión de CC. Para devanados con tomas múltiples, esto hay que realizarlo en cada posición de toma, probando por tanto el OLTC y el devanado juntos. Hay dos métodos comunes para estas pruebas: mediciones de la resistencia estática y de la dinámica del devanado.

Las **mediciones de la resistencia estática del devanado** son la forma más común y fácil de comprobar si existen problemas en relación con el devanado y el OLTC. Se investiga la resistencia de cada posición subsiguiente de toma y se compara con los datos de medición de referencia del fabricante.

Las **mediciones de la resistencia dinámica** se realizan como una medición complementaria con el fin de analizar el proceso de conmutación de transitorios de un OLTC derivador resistivo. Se investiga el proceso de conmutación del propio conmutador de derivación. Al conmutar el cambiador de tomas durante la medición de resistencia del devanado, la corriente CC se reduce temporalmente y se registra y analiza este comportamiento.

Para la resistencia del devanado de CC, los resultados no deben diferir en más del 1 % en comparación con la medición de referencia. Además, las diferencias entre fases por lo general son inferiores al 2-3 %

Al comparar las mediciones de la resistencia del devanado, los resultados tienen que corregirse según la temperatura. La temperatura de referencia usual es de 75 °C.

2.8.3. Medición de la Relación de Transformación del Transformador (TTR).

Las mediciones de la relación de transformación del transformador (TTR) se realizan para verificar el principio fundamental de funcionamiento de un transformador de potencia. Midiendo la relación y el ángulo de fase de un devanado a otro, pueden detectarse circuitos abiertos y espiras en cortocircuito.

La relación de transformación se determina durante las pruebas de aceptación en fábrica (FAT) y hay que comprobarla de forma rutinaria cuando el transformador está en servicio.

Las mediciones de la TTR también pueden activarse por el disparo de un relé y por otras pruebas de diagnóstico como el análisis de gases disueltos (DGA) y las mediciones del factor de potencia/factor de disipación.

Cuando se utiliza una fuente monofásica, se aplica la tensión de prueba a cada fase de un devanado y se mide tanto el devanado de alta tensión como el correspondiente de baja tensión de la misma columna.

Mediante el uso de una fuente trifásica, la misma medición se puede realizar en las tres fases al mismo tiempo.

La relación calculada se puede comparar con los resultados de fábrica que están disponibles en la placa de características.

Los resultados se comparan con los valores de la placa de características y entre fases De acuerdo con la norma IEC 60076-1 e IEEE C57.152 los valores medidos no deberán desviarse más de un 0,5 % de la relación nominal.

La relación de transformación generalmente se mide desde el devanado de alta tensión hasta el devanado de baja tensión, con el fin de evitar tensiones no seguras en las entradas de medición.

Un núcleo magnetizado o la ausencia de una referencia de tierra pueden influir en la medición y producir resultados incorrectos. Por lo tanto, es muy importante asegurarse de que el núcleo del transformador está desmagnetizado y de que se han realizado las conexiones a tierra adecuadas en cada devanado, para confirmar o eliminar un posible problema, es útil realizar una prueba adicional de la corriente de excitación para diagnosticar las condiciones de cortocircuito, mientras que las pruebas de resistencia del devanado de CC son muy sensibles a las condiciones de circuito abierto.

2.8.4. *Medición de la Corriente de Excitación.*

Las mediciones de la corriente de excitación se llevan a cabo para evaluar el aislamiento entre espiras de los devanados, el circuito magnético de un transformador, así como el cambiador de tomas.

La ventaja más valiosa de la prueba es detectar cortocircuitos entre espiras en un devanado.

Un apilamiento defectuoso de la laminación del núcleo o un acero del núcleo de baja calidad puede influir en la reluctancia del núcleo y, por lo tanto, dará lugar a un cambio en

la corriente de excitación. Las desviaciones también pueden indicar un desgaste del contacto o un cableado incorrecto del cambiador de tomas.

La prueba de corriente de excitación se realiza en condiciones sin carga. Por lo tanto, se aplica una tensión de CA a un lado del transformador (normalmente el lado de alta tensión), mientras que el lado opuesto se deja abierto. La magnitud de la corriente consumida en el devanado primario es proporcional a la energía requerida para forzar la acción del transformador, es decir inducir una tensión en el devanado secundario.

Se recomienda seleccionar la tensión de prueba más alta dentro de las limitaciones del equipo de prueba y el devanado, para detectar las fallas de cortocircuito entre espiras. Una tensión de prueba estándar es de 10 kV.

Las conexiones de prueba variarán dependiendo de la configuración del devanado. En general, las bornas neutras del devanado energizado, si las hay, deben conectarse al cable de retorno de baja tensión. Las bornas neutras del devanado abierto deberán conectarse a tierra, si lo están también durante el servicio.

La prueba de corriente de excitación se debe comparar entre fases y posiciones de las tomas. Dependiendo de la construcción del transformador y el número de las columnas, los resultados deben mostrar un patrón de fases distinto con dos o tres fases similares (HLH, LHL, HHH). Las fases similares no deben desviarse más del 5 % al 10 % entre ellas.

Si las tres fases muestran diferentes corrientes de excitación, se recomienda una investigación adicional. Un patrón de fases diferente podría tener como causa un núcleo magnetizado o un problema del devanado.

Como se mencionó anteriormente, el magnetismo residual en el núcleo puede influir en los resultados. En este caso el transformador debe desmagnetizarse y repetirse la prueba.

Además del patrón de fases, los resultados también deben mostrar un patrón distintivo en todas las posiciones de toma que pueden variar dependiendo del tipo de cambiador de

tomas. Aunque no se conozca el patrón específico del cambiador de tomas, deberá ser el mismo para todas las fases.

Mediante las mediciones de la relación de transformación del transformador (TTR) también pueden confirmarse las espiras en cortocircuito, mientras que las pruebas de análisis de respuesta en frecuencia de barrido (SFRA) son útiles para confirmar o diagnosticar adicionalmente problemas en el núcleo.

2.8.5. Medición de la Impedancia en Cortocircuito/Reactancia de Dispersión.

Las mediciones de la impedancia en cortocircuito / reactancia de dispersión son métodos sensibles para evaluar la posible deformación o desplazamiento de los devanados.

Unos cortocircuitos graves o el transporte del transformador de potencia pueden hacer que los devanados se muevan o se deformen. En eventos como estos, son recomendables las pruebas de impedancia en cortocircuito / reactancia de dispersión.

Las pruebas se realizan generalmente como una medición trifásica que se puede comparar con el valor de la placa de características establecido por el fabricante durante las pruebas de aceptación en fábrica. Como este valor representa el promedio de las tres fases, también es recomendable realizar una medición por fase para el diagnóstico del devanado.

Se conecta una fuente de CA a cada fase del devanado de alta tensión. Durante la medición de tres fases, las tres fases del lado de baja tensión están en cortocircuito sin conectar el terminal neutro, si lo hay. Para la prueba por fase, el cortocircuito se aplica solo en el devanado correspondiente en el lado de baja tensión.

Se mide la corriente y la tensión que pasa por el devanado de alta tensión en amplitud y fase. Finalmente se calcula la impedancia de cortocircuito teniendo en cuenta los valores nominales específicos del transformador.

La impedancia de cortocircuito obtenida a partir de la medición de tres fases no debe desviarse más del 3 % del valor de la placa de características.

Sin embargo, las desviaciones superiores no confirman automáticamente una deformación del devanado. Para que sea así, debe fallar al menos uno de los resultados de la prueba de reactancia de dispersión por fase.

Cada resultado de fase deberá compararse con el promedio de las tres mediciones de la prueba por fase. En la mayoría de los casos las desviaciones del promedio serán inferiores al 1 % y no deberán ser superiores al 2-3 %. Los resultados de la prueba por fase no se pueden comparar con el valor de la placa de características.

La reactancia de dispersión representa solo la parte reactiva de la impedancia en cortocircuito. Sin embargo, ambos términos se utilizan como sinónimos para referirse al mismo método de prueba.

Además, se puede realizar un análisis de la respuesta en frecuencia de barrido (SFRA) para investigar adicionalmente el movimiento y la deformación del devanado.

2.8.6. Desmagnetización.

Siempre que un transformador de potencia está aislado del sistema eléctrico, permanece en su núcleo magnetismo residual debido a un desfase. También permanece el magnetismo residual después de aplicar una tensión de CC al núcleo del transformador, por ejemplo, durante las pruebas de resistencia del devanado de rutina en campo o en fábrica.

Debido al magnetismo residual del núcleo, pueden producirse altas corrientes de avalancha, hasta la máxima corriente de cortocircuito. Esto impone un estrés no deseado al transformador cuando se pone de nuevo en servicio. Además, pueden verse afectadas por el magnetismo residual muchas mediciones de diagnóstico, lo que dificulta mucho realizar una evaluación confiable.

Por lo tanto, se recomienda desmagnetizar el núcleo antes de volver a poner en servicio el transformador y también después de aplicar tensiones de CC durante las pruebas de diagnóstico.

En primer lugar, se satura el núcleo en ambas direcciones, a continuación, se determinan los parámetros de histéresis específicos y se calcula el flujo inicial. Basándose en estos parámetros, se utiliza un algoritmo iterativo para reducir el flujo aplicado adaptando la tensión y la frecuencia. Mediante el uso de múltiples iteraciones, el núcleo se desmagnetiza hasta por debajo de un 1 % de su valor máximo

El método descrito para la desmagnetización del núcleo de un transformador de potencia basado en la medición del flujo magnético funciona de forma confiable para los transformadores de potencia pequeños y grandes.

La desmagnetización del núcleo del transformador de potencia minimiza el riesgo para el personal y el equipo cuando se pone de nuevo en servicio el transformador.

También se recomienda desmagnetizar el transformador antes de realizar el análisis corriente de excitación, el análisis de respuesta en frecuencia de barrido (SFRA) o las pruebas de equilibrio magnético. Todas estas mediciones se verán afectadas si el núcleo está magnetizado, y pueden conducir a una falsa interpretación de los resultados.

Un aspecto importante de una desmagnetización correcta es supervisar constantemente el flujo magnético (Φ) en el núcleo durante el proceso de desmagnetización.

2.8.7. Análisis de Respuesta en Frecuencia de Barrido (SFRA).

El análisis de la respuesta en frecuencia de barrido (SFRA) se utiliza para identificar problemas mecánicos o eléctricos en los devanados, contactos o núcleos de los transformadores de potencia. Unos cortocircuitos graves o golpes durante el transporte del transformador pueden hacer que el devanado se mueva o se deforme.

Desde que se introdujo la norma IEC 60076-18, este método se ha convertido en una de las pruebas eléctricas comunes y su aceptación en el mercado ha aumentado en consonancia.

Se recomienda realizar las pruebas de SFRA al final de la prueba de aceptación en fábrica para establecer la huella digital original del transformador y, posteriormente, otra vez después del transporte y durante la puesta en servicio.

Los transformadores de potencia pueden considerarse una compleja red eléctrica de capacitancias, inductancias y resistencias. Cada red eléctrica tiene su exclusiva respuesta en frecuencia.

Se inyecta una tensión de excitación sinusoidal con una frecuencia continuamente creciente en un extremo del devanado del transformador y se mide la señal de retorno de respuesta en el otro extremo. La comparación de las señales de entrada y salida genera una respuesta en frecuencia exclusiva que puede compararse con la huella digital de referencia.

Los cambios, el movimiento o la deformación de los componentes internos producen cambios en esta función de transferencia y pueden identificarse mediante la comparación de los trazados.

El SFRA se basa en la comparación de una prueba actual con una prueba de referencia. Cuando no se dispone de huella dactilar, la evaluación se puede realizar comparando los resultados de otra fase o de un transformador gemelo.

Estas fallas detectadas pueden confirmarse mediante otras mediciones, como la resistencia del devanado de CC, la respuesta en frecuencia de pérdidas de dispersión (FRSL), la impedancia de cortocircuito/ reactancia de dispersión, la corriente de excitación o la medición de la relación de transformación del transformador (TTR).

El SFRA es un método no invasivo. Permite la evaluación confiable de la integridad del transformador de potencia sin aplicar alta tensión.

Ningún otro método es tan sensible a las deformaciones mecánicas de la parte activa de los transformadores de potencia como el SFRA.

2.8.8. *Análisis de Transformador de Corriente.*

Los fabricantes de transformadores de potencia prueban los transformadores de corriente (TC) durante la prueba de aceptación final, mientras que los operadores de la subestación los prueban durante la puesta en servicio. Las pruebas verifican si los TC envían señales correctas al sistema de protección de la subestación.

Unas señales erróneas provocan un funcionamiento incorrecto del sistema de protección que puede dañar los activos conectados. Los parámetros que se comprueban son la exactitud del TC, incluido el error de relación y de desplazamiento de fase del TC, la exactitud para diferentes cargas, la resistencia del devanado del TC, las características de excitación del TC, ALF y FS. Todas las pruebas se realizan en cumplimiento de las normas: IEC 60044-6, IEC 60044-1, IEC 61869-2, IEEE C57.13

Cada fase se prueba por separado, las demás fases deben estar cortocircuitadas. Se aplica una tensión a través del lado secundario. Esto produce la fuerza magnética y la densidad de flujo magnético en el núcleo del TC. El error de relación se calcula utilizando la carga y los datos del modelo de TC (diagrama de circuito equivalente), cuyos parámetros se determinan.

No se necesita una fuente de alta corriente y solo hay que realizar la prueba una vez, incluso cuando hay que evaluar posteriormente el TC utilizando más cargas y corrientes primarias. Se miden con precisión todos los parámetros relevantes del TC, teniendo en cuenta las características de carga y excitación del TC.

Los ciclos y valores de las pruebas de diagnóstico en los transformadores de corriente (TC) se definen en las respectivas normas y en la guía de puesta en servicio de los operadores de TC.

Se determina el error de TC para diferentes métodos de conexión de los devanados de un transformador. Mediante una comprobación de la polaridad se verifica la correcta polaridad

del TC y del devanado del TC. Se mide la curva de excitación y se calculan los puntos de inflexión. Se mide la remanencia y se desmagnetizan los TC para evitar un funcionamiento erróneo del relé de protección.

Cuanto mayor sea la impedancia de la carga, menor será el margen hasta alcanzar la saturación. La saturación del núcleo se alcanza cuando la magnetización ya no se incrementa más mientras que la intensidad del campo magnético externo sigue aumentando. El resultado es una disminución masiva de la eficiencia y desempeño del TC. Cuando se mide la relación de los TC montados en la borna de los terminales del devanado del transformador, se utiliza el método de inyección de tensión en lugar del método de inyección de corriente debido a la impedancia del devanado del transformador. Para este método, se aplica una tensión de prueba en el lado secundario del TC y se realiza una medición de la tensión en los terminales de las bornas de los devanados del transformador.

2.8.9. Análisis de Descargas Parciales.

Las descargas parciales (PD) pueden dañar los materiales del aislamiento en las bornas y devanados de los transformadores de potencia. Esto puede producir graves fallas y costosas interrupciones.

Se observan DP en las bornas de transformadores de potencia y devanados si el material de aislamiento entre los diferentes potenciales de tensión envejece, se contamina o es defectuoso.

La medición de DP es un método confiable y no destructivo que se utiliza para diagnosticar el estado del sistema de aislamiento de un transformador de potencia. Se lleva a cabo durante las pruebas de aceptación en fábrica, la puesta en servicio in situ y las pruebas de mantenimiento de rutina para detectar defectos críticos y evaluar los riesgos.

Al realizar la medición y el análisis de la actividad de DP en los transformadores de potencia, se determinan las pruebas y configuraciones de prueba específicas mediante el tipo de transformador y la norma según la cual se realizan las mediciones.

Dependiendo del tipo de bornas utilizadas, el sistema de análisis de DP se conecta a la toma capacitiva de las bornas o a un condensador de acoplamiento externo. Esto permite mediciones de DP eléctricas en el transformador.

Las DP se miden en μV (de acuerdo con las normas IEEE) o en pC (de acuerdo con la norma IEC 60270). Por lo general se despliegan avanzadas técnicas de supresión de ruidos en entornos de muchas interferencias para minimizar los datos irrelevantes.

3. CAPITULO III: EQUIPO TTR/DTR AEMC 8510.

3.1. INTRODUCCIÓN DESCRIPTIVA.

El medidor de relación de transformación DTR 8510 es un instrumento ligero, sólido y portátil destinado a probar in situ los transformadores no- energizados de potencia, de corriente y tensión. Tiene un display LCD alfanumérico de dos líneas con black lighth y es alimentado por una batería interna recargable. Es un instrumento automatizado y digital que realiza la relación de transformación midiendo la razón existente entre el número de espiras en el devanado de alta y el devanado de baja de un transformador, el equipo utiliza un método de prueba de acuerdo con la IEEE C57.12-90TM- 2006. No requiere calibración o selección de rangos. En cada medición el equipo se calibra automáticamente y verifica la existencia de espiras/ conexiones/ disyuntores abiertos, cortocircuitos (exceso de corriente de excitación), mala conexión de las puntas de pruebas y polaridad inversa. Las mediciones son rápidas y precisas.

El DTR 8510 fue desarrollado teniendo en consideración la seguridad del operador del equipo por lo que todos los ensayos son realizados con baja tensión que a inversa de otros TTR es aplicada en el bobinado de alta y en consecuencia, la tensión que aparece en el otro bobinado es aún menor. Este método en conjunto con un circuito de protección contra inversión de los cables de prueba, protege contra la generación de tensiones de pruebas peligrosas, que normalmente son asociadas con los instrumentos de medición de relación de esperas utilizados en el pasado los cuales provocaban accidentes de trabajo. Con el DTR 8510 podremos ver la relación de transformación, corriente de excitación, la polaridad y la diferencia con respecto a los datos de placa del transformador los cuales son parámetros útiles para diagnosticar y prever distintos defectos que se podrían producir en los transformadores.

El usuario además puede guardar las tensiones indicadas en las placas de identificación y comparar los resultados cuando hayan sido hechas las pruebas. Y luego estos resultados pueden transferirse a una PC y analizarse con el software DataView de licencia libre.

El DTR 8510 está construido en una maleta de material plástico de alta rigidez dieléctrica, robusto, liviano y resistente a los impactos y condiciones ambientales rigurosas, ideal para trabajos in situ. El DTR 8510 es un instrumento de segunda generación que incorpora la última tecnología y mejora su exitoso predecesor el DTR 8500. A diferencia de otros instrumentos el DTR 8510 no impone restricciones de polaridad o auto-conexiones obligadas, luego hay varios tipos de conexiones válidas y se puede probar virtualmente todas las configuraciones de transformadores. En todas las pruebas, un signo negativo que precede el valor mostrado indica una inversión de fases (polaridad invertida) de la señal detectada.

Advertencias para el Uso del Equipo:

- Lea el manual de instrucciones completamente y siga toda su información de seguridad antes de intentar usar o reparar este instrumento.
- El DTR 8510 no debe ser usado confiando en que cualquiera de sus componentes (incluyendo los cables de pruebas) proporcionan protección contra un choque eléctrico. Ninguno de los componentes del DTR proporciona protección/aislación contra alto voltaje. Siempre se debe de asegurar que el circuito está totalmente descargado antes de conectar.
- Nunca abra el instrumento mientras está conectado a una fuente de alimentación AC o mientras los cables de prueba estén conectados a transformadores.
- Siempre inspeccione el instrumento y todos los accesorios antes de utilizarlos para asegurarse el buen estado de estos y así no obtener datos erróneos.

3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
Rango de relación (TV/TP)	Conmutación automática: 0,8000 a 8000:1	
Precisión (TV/TP)	Rango de relación	Precisión (% de la lectura)
	0,8000 a 9,9999	± 0,2%
	10,000 a 999,99	± 0,1%
	1000,0 a 4999,9	± 0,2%
	5000,0 a 8000,0	± 0,25%
Rango de relación (TC)	Conmutación automática: 0,8000 a 1000,0	
Precisión (TC)	Rango de relación	Precisión (% de la lectura)
	0,8000 a 1000,0	± 0,5%
Señal de excitación	Modo TV/TP: 32 Vrms máx. Modo TC: nivel automático desde 0 hasta 1 A, 0,1 a 4,5 Vrms.	
Visualización de la corriente de excitación	Rango: 0 a 1.000 mA Precisión: ± (2% de la lectura + 2 mA)	
Frecuencia de excitación	70 Hz	
Pantalla	Pantalla de cristal líquido de dos líneas alfanumérica, 2x16 caracteres con ajuste del contraste y de la retroiluminación. Visible de día como de noche.	
Método de medida	Conforme a la norma IEEE C57.12.90™	
Alimentación	Dos bloques de baterías NIMH recargables 12 V, 5x2, 1650 mAh	
Autonomía	Hasta 10 horas de funcionamiento continuo. Indicación de batería baja.	
Cargador de baterías	Cargador inteligente de entrada universal (tensión de entrada desde 90 hasta 264 Vrms)	
Tiempo de carga	< 4 horas	
Registro de los resultados	99 objetos de 99 pruebas cada uno	
Indicación de la hora y de la fecha	Reloj en tiempo real salvaguardado por pila	
Comunicación	Conforme USB. 2.0, aislada ópticamente, 115,2 kb	
Software	Software de análisis DataView® incluido	

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Dimensiones	272 x 248 x 130 mm
Peso	3,7 kg
Conexión	Conectores XLR
Cables	H & X blindados de 4,6 m con grandes pinzas cocodrilo industriales con código de color en una bolsita de transporte.
Carcasa	Carcasa de polipropileno sólida, UL 94 V0
Vibración	IEC 68-2-6 (1,5 mm a 55 Hz)
Golpe	IEC 68-2-27 (30 G)
Caída	IEC 68-2-32 (1 m)
Índice de protección	IP 40 (tapa de equipo abierto) según EN 60529 IP 53 (tapa de equipo cerrado) según EN 60529

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Dimensiones	272 x 248 x 130 mm
Peso	3,7 kg
Conexión	Conectores XLR
Cables	H & X blindados de 4,6 m con grandes pinzas cocodrilo industriales con código de color en una bolsita de transporte.
Carcasa	Carcasa de polipropileno sólida, UL 94 V0
Vibración	IEC 68-2-6 (1,5 mm a 55 Hz)
Golpe	IEC 68-2-27 (30 G)
Caída	IEC 68-2-32 (1 m)
Índice de protección	IP 40 (tapa de equipo abierto) según EN 60529 IP 53 (tapa de equipo cerrado) según EN 60529

Ilustración 33: Especificaciones Técnicas de Equipo TTR/DTR AEMC 8510.

3.3. PARTES DEL EQUIPO TTR/DTR AEMC 8510.

A continuación, se describen los mandos del equipo mostrando la ubicación y la descripción del funcionamiento de cada mando, así como también la descripción de los elementos que este posee:

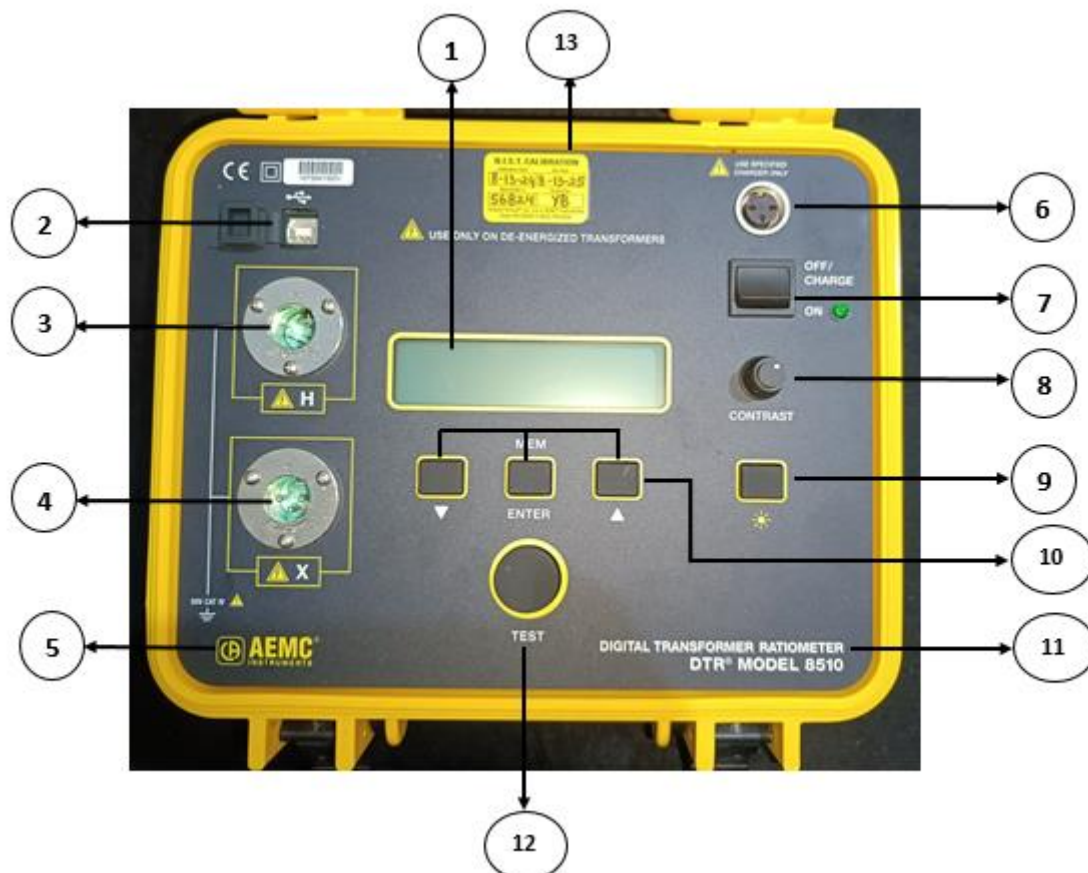


Ilustración 34: Descripción Específica de Panel de Control del Equipo TTR/DTR AEMC 8510.

- 1- **Pantalla:** visualiza los resultados de medida, el estado y las funciones de mando del instrumento.
- 2- **Conector Tipo B:** permite conectar el instrumento a una PC para configurarlo y comprobar su estado, descargar los resultados registrados con el software DataView.
- 3- **Conector de Cable H (Primario):** cable de conexión del bobinado primario del transformador.

- 4- **Conector de Cable X (Secundario):** conexión del bobinado secundario del transformador.
- 5- **Marca:** marca del equipo AEMC.
- 6- **Conector de Entrada de Carga de Baterías:** permite al cargador inteligente cargar las baterías del equipo.
- 7- **Interruptor:** enciende (ON) o apaga (OFF) el instrumento (si el cargador no está conectado). Si el cargador está conectado, las baterías se cargan en la posición OFF/CARGA.
- 8- **Ajuste del Contraste de la Pantalla:** permite ajustar el contraste de la pantalla.
- 9- **Botón para Retroiluminación:** enciende (ON) o apaga (OFF) la retroiluminación de la pantalla, ya que en zonas con más luz es diferente el contraste de la pantalla que en zonas oscuras.
- 10- **Teclas de Función:** permite navegar por los menús y las funciones del instrumento.
- 11- **Modelo:** descripción del nombre del equipo y modelo del instrumento.
- 12- **Botón Test:** ejecuta la prueba seleccionada cuando se pulsa y se deja de pulsar.
- 13- **Certificado de calibración:** certificado de calibración realizada, con fecha de realización y próxima fecha de calibración.

- **Accesorios del Equipo TTR/DTR AEMC 8510.**

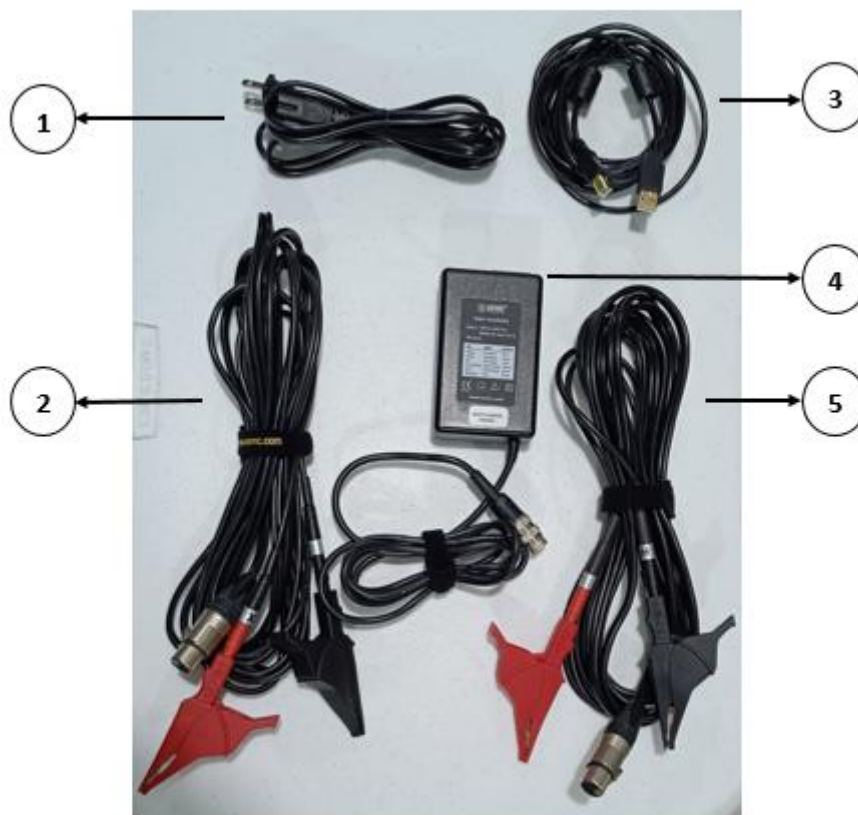


Ilustración 35: Accesorios Incluidos en Equipo TTR/DTR AEMC 8510.

- 1- Cable de Alimentación:** Cable de alimentación 120 volt AC.
- 2- Cables del Bobinado Secundario (X):** Cable identificado de 2 puntas para bobina secundaria, tiene un conector de 3 contactos.
- 3- Cable Tipo B:** Cable para la interconexión entre el instrumento y la PC.
- 4- Fuente de Carga:** fuente de carga inteligente del instrumento 41 V +/- 2 V, potencia máxima de 35 W de carga rápida. Entrada de 2 contactos según CEI 320-C7 y salida NIMH: DIN 3 contactos.
- 5- Cables del Bobinado Primario (H):** Cable identificado de 2 puntas para bobina primaria, tiene un conector de 3 contactos.

- **Parte superior del Equipo TTR/DTR 8510 AEMC.**

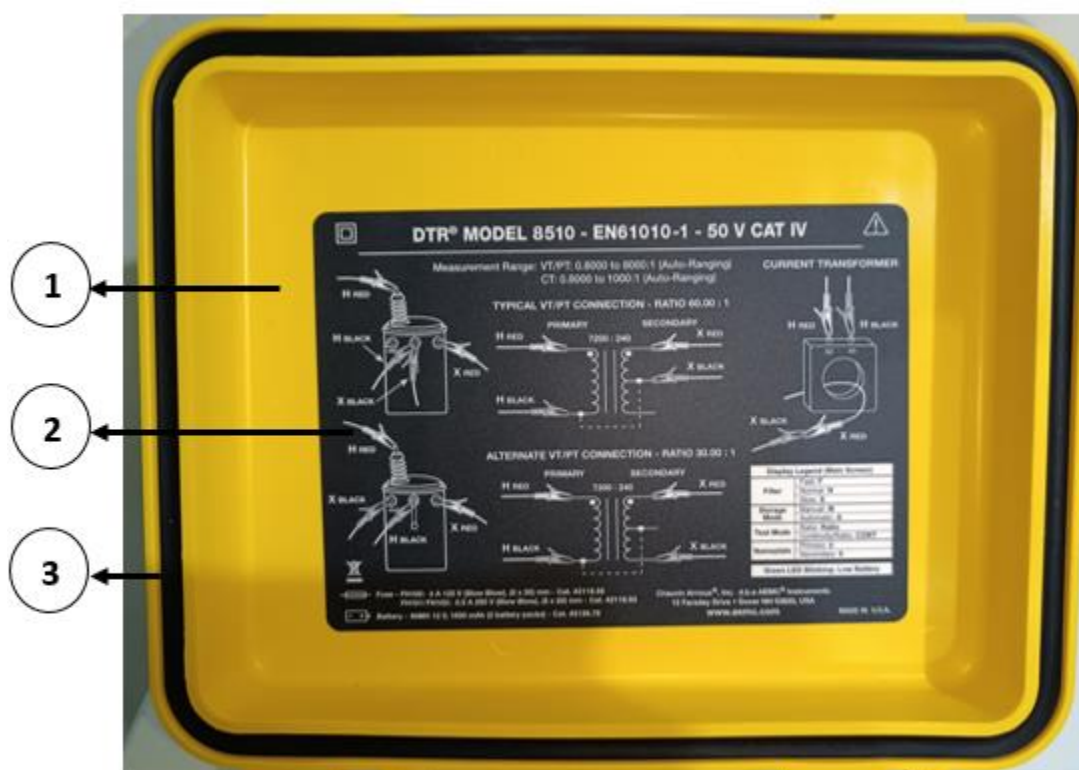


Ilustración 36: Tapa Superior de Equipo, con Ejemplificación Básica para la Conexión del TTR/DTR AEMC 8510.

- 1- **Tapa superior:** el instrumento cuenta con una tapa superior para proteger los controles y el display así como los puntos de conexiones de los cables, esta tapadera hecha de polipropileno sólida, UL 94 V0.
- 2- **Descripción de Conexiones típicas:** El instrumento tiene adherida un sticker en la tapadera superior en la cual explica a grosso modo la ejemplificación de conexiones típicas realizadas en transformadores de tensión, de corriente y de potencia.
- 3- **O-ring de seguridad:** la tapadera superior tiene una ranura en todo el contorno el cual posee un o-ring de seguridad que sirve de protección contra la humedad.

3.4. PROCEDIMIENTO DE MEDICIONES.

El TTR/DTR 8510 tiene un sistema de programación bastante amigable y fácil de programar, esta acción es necesaria realizarse antes de comenzar las diferentes mediciones que necesitamos hacer, para ello se describen a continuación todos los pasos necesarios para programar el equipo ya que esto será importante al momento de descargar los datos obtenidos en los registros del DataView.

- **Programación del equipo:**

El instrumento posee un control de menú principal como lo muestra la Ilustración 40, el usuario puede navegar alrededor del bucle del menú pulsando las teclas ▼ y ▲ este menú tiene de dos a tres niveles de profundidad en ciertos puntos.

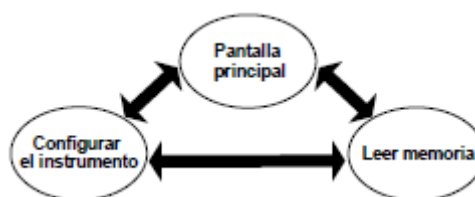


Ilustración 37: Menú Principal de Navegación del Equipo.

Al encender el instrumento se inicializa y se visualiza la pantalla principal:

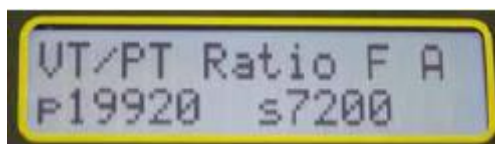


Ilustración 38: Pantalla Principal del Instrumento.

En la pantalla principal se visualiza el tipo de prueba, el método de prueba, el filtro [Rápido (F), normal (N) o lento (S)], el modo memoria [automático (A) o manual (M)] y los valores de la placa de identificación presente (si la misma esta activada).

En el menú de configurar el instrumento la cual aparecerá pulsando la tecla ENTER. Se podrá desplazar en un sentido u otro con las teclas ▲ y ▼ en el cual aparecerán las siguientes opciones a seleccionar en el siguiente orden:

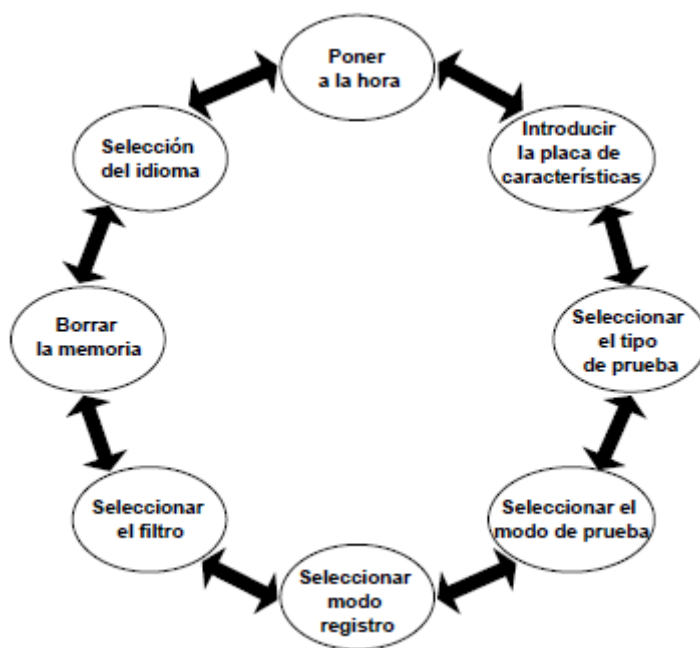


Ilustración 39: Menús Disponible del Instrumento.

- **Fijar la hora:** permite ajustar la hora y la fecha.
- **Introducir la placa de identificación:** permite seleccionar y cambiar las tensiones o las relaciones indicadas en la placa de identificación presente. Sólo pueden modificarse las relaciones predefinidas con DataView®.
- **Seleccionar el tipo de prueba:** permite seleccionar el tipo de prueba (TV/TP o TC).
- **Seleccionar el modo de prueba:** permite seleccionar el modo de prueba (relación o continuidad / relación en modo TV/TP).
- **Seleccionar Modo registró:** permite seleccionar el modo de registro de los datos (automático o manual).
- **Seleccionar el filtro:** permite seleccionar el filtro (rápido, normal, lento).
- **Borrar memoria:** permite eliminar todos los resultados de medida guardados.
- **Seleccionar el idioma:** permite seleccionar el idioma de visualización (inglés, francés, alemán, italiano, español, portugués).

- **Fijar Reloj y Fecha:**

A partir del menú de Configurar instrumento, pulse la tecla ▼ o ▲ hasta que aparezca Fijar Reloj y pulse a continuación ENTER y configure la hora la cual permite diferentes formatos de hora y fecha:



Ilustración 40: Permite formatear la hora (12 o 24 horas).



Ilustración 41: Permite seleccionar el formato de la fecha (MM/DD/AA, DD/MM/AA o AA/MM/DD).



Ilustración 42: Menú de Introducción de Datos de Fecha y Hora.

- **Introducir la Placa de identificación.**

Los valores de la placa de identificación son las tensiones del bobinado primario y del bobinado secundario (o las relaciones) asociados a un transformador dado. Esta información figura en la placa de identificación del transformador.

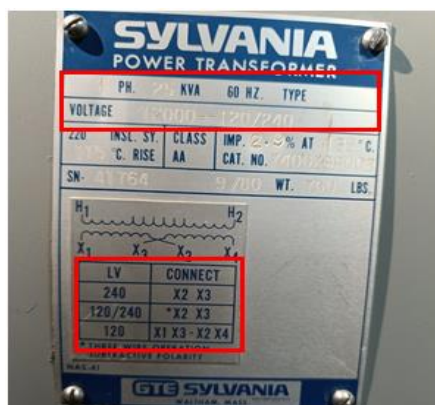


Ilustración 43: Ejemplo de Placa de Transformador, se señalan datos a incorporar en el TTR/DTR.

Los resultados medidos se compararán con los valores seleccionados (editados) de la placa de identificación, y la diferencia se visualizará y guardará en porcentaje con respecto a estos valores. El DTR 8510 permite almacenar 10 valores de tensión y de relación de placa de identificación que se pueden seleccionar individualmente para una prueba dada.

Para configurar los parámetros de las placas de identificación, seguir los siguientes pasos:

- 1- A partir del nivel superior de Configura instrumento, pulse la tecla ▲ o ▼ hasta que aparezca Configurar Placa Idt. en pantalla y pulse a continuación ENTER.

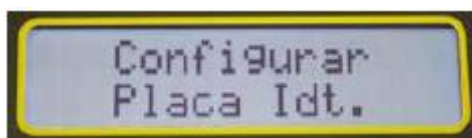


Ilustración 44: Menú Configurar e Ingresar Datos de Placa.

- 2- Se visualizará en la pantalla Activar con las opciones SI y NO. Pulse la tecla ▼ para seleccionar SI.

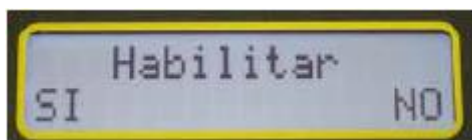


Ilustración 45: Menú Habilitar Visualización.

- 3- A continuación aparecerá la siguiente pantalla:

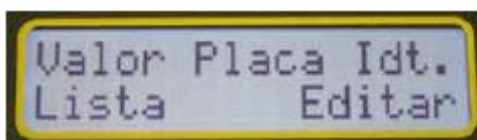


Ilustración 46: Menú Lista de Valores Guardados y Editar.

- 4- Seleccione LISTA (opción 1) pulsando la tecla ▼. La Lista de las placas de identificación de 0 a 9 puede recorrerse con la tecla ▼. Seleccione la placa de identificación deseada pulsando ENTER. La pantalla volverá a indicar Configurar Placa Idt.
- 5- Pulse ENTER y a continuación, SI ▼ en activar.

- 6- Seleccione EDITAR (opción 2) pulsando la tecla ▼. Los valores de la placa de identificación presente pueden cambiarse cifra por cifra seleccionando cada cifra con las teclas ▼ y ▲ pulsando la tecla ENTER. Cuando se haya seleccionado la última cifra del bobinado secundario, la pantalla volverá a Configurar Placa Idt.

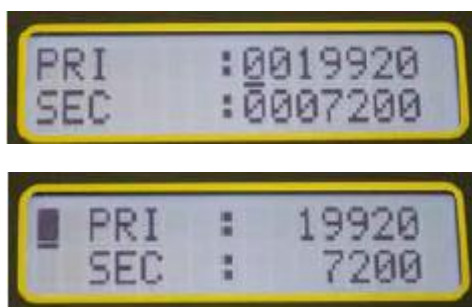


Ilustración 47: Menú del Ingreso de Valores Numéricos de las Placas.

- **Seleccionar el tipo de prueba.**

A partir del menú de Configurar Instrumento, pulse la tecla ▼ o ▲ hasta que aparezca la opción Seleccionar el Tipo de Test en la pantalla y pulse ENTER.

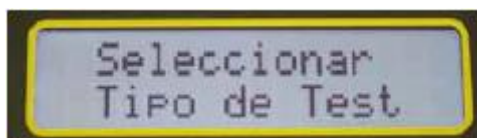


Ilustración 48: Menú para la Selección de Tipo Test a Realizar.

Seleccione entre las opciones VT/TC o PT mediante ▼ o ▲ y pulse ENTER. La pantalla mostrara de nuevo el menú anterior Seleccionar Tipo de Test.

- **Seleccionar Modo de Prueba.**

A partir del menú de Configurar Instrumento, pulse la tecla ▼ o ▲ hasta que aparezca la opción Seleccionar Modo de Test en la pantalla y pulse a continuación ENTER.

Seleciones las opciones Ratio o CONT/Ratio, mediante ▼ o ▲ y pulse ENTER. La pantalla mostrara de nuevo el menú anterior Modo de Test.

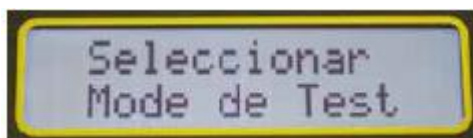


Ilustración 49: Menú para Seleccionar Modo de Test.

Definiciones:

- **CONT/Ratio:** efectúa una prueba de continuidad y luego una prueba de relación sólo en modo VT/PT. La prueba de continuidad no está disponible (N/A) en modo TC.
- **Modo de Test Ratio:** efectúa sólo la prueba de relación en modo VT/PT o TC.
- **Seleccionar el filtro.**

El DTR 8510 ofrece al usuario una selección de tres filtros digitales para las medidas, según el ruido eléctrico externo. Existe en el instrumento filtros digitales sofisticados que ofrecen un rechazo máximo del ruido para obtener medidas que se pueden repetir.

A partir del menú de Configurar Instrumento, pulse la tecla ▼ o ▲ hasta que aparezca la opción Seleccionar Filtro en la pantalla y pulse a continuación ENTER.

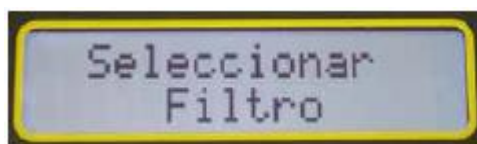


Ilustración 50: Menú Selección de Filtro.

Seleccione RAPIDO, NORMAL O LENTO, mediante ▼ o ▲ y pulse ENTER. La pantalla mostrara de nuevo el menú anterior Configurar Instrumento.

Para poder saber en qué ocasiones debemos de seleccionar cada tipo de filtro es importante conocer las siguientes especificaciones que nos da el fabricante del instrumento.

Tabla 7: Tabla de Especificaciones de Valores de VT/PT.

VT/PT

	Rápido	Normal	Lento
Tiempo de medida aproximado	6,5 s	9 s	19 s
Uso	Entorno eléctricamente en calma	En la mayoría de las aplicaciones	Entorno eléctrico muy ruidoso

TC

Tabla 8: Tabla de Especificaciones de Valores de TC.

	Rápido	Normal	Lento
Tiempo de medida aproximado	14 s	16 s	43 s
Uso	Entorno eléctricamente en calma	En la mayoría de las aplicaciones	Entorno eléctrico muy ruidoso

- **Seleccionar Idioma.**

Pulse la tecla ▼ o ▲ hasta que aparezca la opción Seleccionar Idioma en la pantalla y pulse a continuación ENTER.

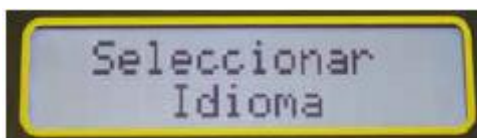


Ilustración 51: Menú para Seleccionar Idioma.

Seleccione un idioma mediante ▼ o ▲ y pulse ENTER. La pantalla mostrara de nuevo el menú anterior Seleccionar Idioma. Una vez seleccionado todos los menús, mensajes de errores se visualizarán en el idioma seleccionado.

Están disponibles los siguientes idiomas:

- Español.
- Ingles.
- Francés.
- Alemán.
- Italiano.
- Portugués.

- **Retornar Datos.**

Esta opción del menú nos sirve para poder visualizar todas las lecturas tomadas con el instrumento, además de especificarnos la fecha y hora también muestra la relación de transformación configurada.

Desde la pantalla principal pulse la tecla ▼ o ▲ hasta que aparezca la opción Retomar Datos en la pantalla y a continuación pulse ENTER.

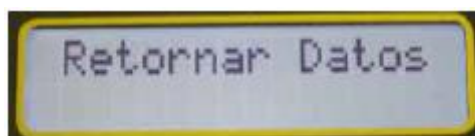


Ilustración 52: Menú Retornar para Ver Datos Guardados en el Instrumento.

- 1- Se visualiza el registro de mediciones iniciando por OBJETO n° 01 y el TEST n° 01 así como la relación de transformación configurada.

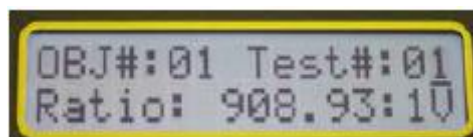


Ilustración 53: Visualización de Datos Guardados.

- 2- Pulse el botón TEST para pasar a la segunda pantalla donde aparecerán la corriente y la diferencia en porcentaje (%).



Ilustración 54: Visualización de Datos Guardados.

- 3- Pulse el botón TEST para pasar a la tercera pantalla donde aparecerán la fecha y hora.

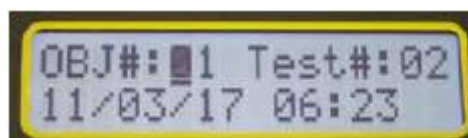


Ilustración 55: Fecha y Hora de los Datos Guardados.

- 4- Pulse el botón TEST para pasar a la cuarta pantalla donde aparecerán las tensiones del bobinado primario y secundario de la placa de características presente cuando se efectuó las mediciones.

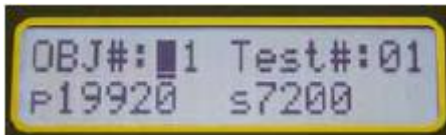


Ilustración 56: Tensiones de Transformador de Datos Guardados

- 5- Pulse de nuevo el botón TEST para volver a la primera pantalla.

- **Notas:** El DTR 8510 puede guardar 99 OBJETOS. Cada OBJETO puede contener hasta 99 PRUEBAS.

En modo Manual, el usuario puede seleccionar la ubicación en la que guardar el resultado de medida. No es necesario guardar de forma secuencial de medida. Por lo tanto, cuando se quieren visualizar los datos, el usuario debe acordarse de dónde se encuentran los mismos

Es importante saber que para los transformadores trifásicos se deberá de tener en cuenta el siguiente cuadro el cual describe las conexiones que deberemos realizar en los transformadores dependiendo de la conexión interna que estos tengan ya que es diferente para cada caso, también deberemos de realizar tres pruebas por transformador trifásico para abarcar cada una de sus bobinas y asegurarnos que la medición se realizó de la forma correcta.

Tabla 9: Tabla de conexiones Monofásicas y Trifásicas.

N° de REF	- TRANSFORMADOR -		TIPO XFMR	FASE	BOBINADO ALTA TENSION	BOBINADO BAJA TENSION	RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN
	BOBINADO ALTA TENSION	BOBINADO BAJA TENSION					
1			1 Ø STD	1 Ø	H ₁ - H ₂	X ₁ - X ₂	$\frac{V_H}{V_X}$
2			Δ - Δ STD	A	H ₁ - H ₃ (A)	X ₁ - X ₃ (a)	$\frac{V_H}{V_X}$
				B	H ₂ - H ₁ (B)	X ₂ - X ₁ (b)	
				C	H ₃ - H ₂ (C)	X ₃ - X ₂ (c)	
3			Δ - Δ REV	A	H ₁ - H ₃ (A)	X ₁ - X ₃ (a)	$\frac{V_H}{V_X}$
				B	H ₂ - H ₁ (B)	X ₂ - X ₁ (b)	
				C	H ₃ - H ₂ (C)	X ₃ - X ₂ (c)	
4			Δ - Y STD	A	H ₁ - H ₃ (A)	X ₁ - X ₀ (a)	$\frac{V_H \cdot \sqrt{3}}{V_X}$
				B	H ₂ - H ₁ (B)	X ₂ - X ₀ (b)	
				C	H ₃ - H ₂ (C)	X ₃ - X ₀ (c)	
5			Δ - Y REV	A	H ₁ - H ₃ (A)	X ₁ - X ₀ (a)	$\frac{V_H \cdot \sqrt{3}}{V_X}$
				B	H ₂ - H ₁ (B)	X ₂ - X ₀ (b)	
				C	H ₃ - H ₂ (C)	X ₃ - X ₀ (c)	
6			Y - Y STD	A	H ₁ - H ₀ (A)	X ₁ - X ₀ (a)	$\frac{V_H}{V_X}$
				B	H ₂ - H ₀ (B)	X ₂ - X ₀ (b)	
				C	H ₃ - H ₀ (C)	X ₃ - X ₀ (c)	
7			Y - Y REV	A	H ₁ - H ₀ (A)	X ₁ - X ₀ (a)	$\frac{V_H}{V_X}$
				B	H ₂ - H ₀ (B)	X ₂ - X ₀ (b)	
				C	H ₃ - H ₀ (C)	X ₃ - X ₀ (c)	
8			Y - Δ STD	A	H ₁ - H ₀ (A)	X ₁ - X ₂ (a)	$\frac{V_H}{V_X \cdot \sqrt{3}}$
				B	H ₂ - H ₀ (B)	X ₂ - X ₃ (b)	
				C	H ₃ - H ₀ (C)	X ₃ - X ₁ (c)	
9			Y - Δ REV	A	H ₁ - H ₀ (A)	X ₁ - X ₂ (a)	$\frac{V_H}{V_X \cdot \sqrt{3}}$
				B	H ₂ - H ₀ (B)	X ₂ - X ₃ (b)	
				C	H ₃ - H ₀ (C)	X ₃ - X ₁ (c)	

Ya tenemos el instrumento configurado y listo para comenzar a realizar nuestras mediciones en los transformadores. Cabe mencionar que configuraciones como Reloj, Fecha, idioma y almacenamiento solo se deberán realizar una vez ya que el equipo guarda dichas configuraciones en su memoria para próximos usos. Las demás configuraciones también quedan guardadas sin embargo esas quedan a la disposición que el usuario vaya a necesitar ya que no en todas las ocasiones se realizaran pruebas de un mismo tipo, modo o filtro para un transformador.

Teniendo en cuenta todo lo anterior procederemos a ejemplificar una prueba a un transformador.

Ejecución de Pruebas.

Prueba en VT/TP. Ejemplo 1

A continuación, se describe el paso a paso para realizar una prueba en un transformador de voltaje y potencia, describiendo la parametrización que se le realiza al equipo, para posteriormente realizar la prueba, mostrando su conexión y los resultados en obtenidos en el DataView.

- **Parametrización:**

- Configurar día y hora: 21/10/2024 – 10:32 am

- Valores de placa de identificación:

Tensión Primaria: 35,000 V; Tensión secundaria: 1000 V.

- Seleccionar el tipo de prueba: VT/TP.
- Seleccione el modo de prueba: CONT/Ratio.
- Modo de memoria: Automático.
- Selección del filtro: Normal.
- Selección del idioma: español.

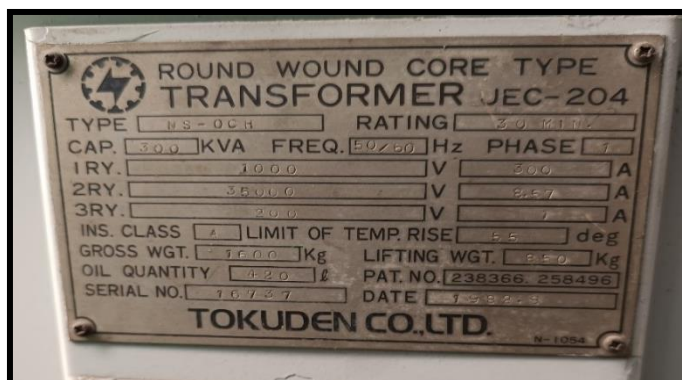


Ilustración 57: Placa de Datos de Transformador.



Ilustración 58: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510.



Ilustración 59: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510.

- Pulse el botón TEST. Se ejecutará primero la prueba de continuidad y luego la prueba de relación de transformación.

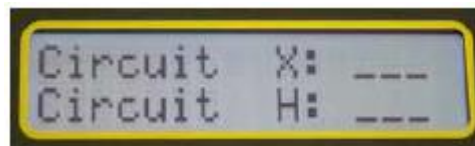


Ilustración 60: Menú de Comprobación de Continuidad.

- Si las conexiones H/X están invertidas, aparecerá el siguiente mensaje de error en el instrumento y pondrá fin a la prueba.

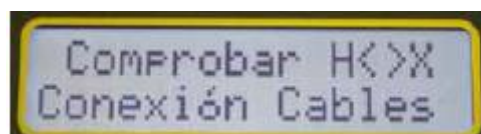


Ilustración 61: Alarma de Falla en la Continuidad de Cables.

- En este ejemplo las conexiones están correcta y obtuvimos el siguiente resultado según el informe del DataView:

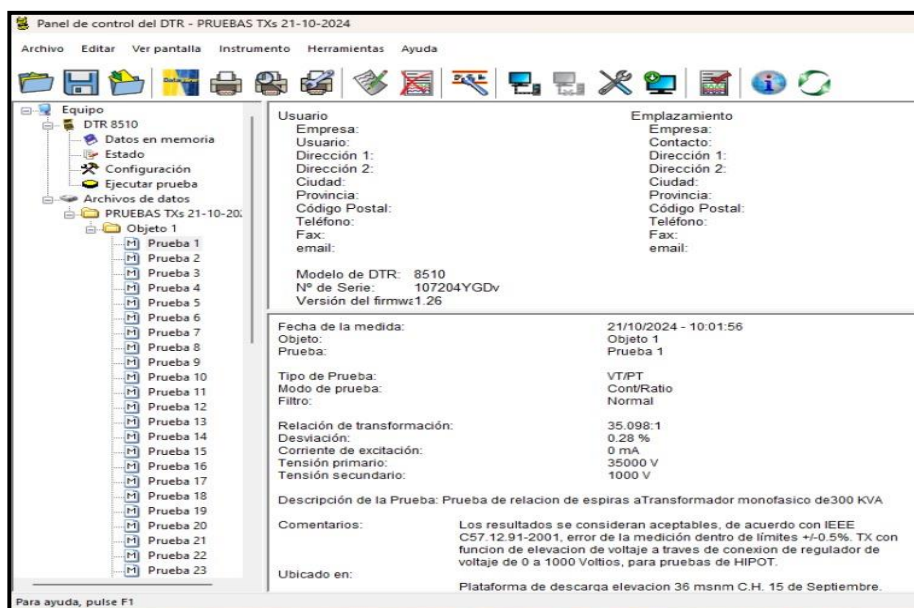


Ilustración 62: Pantalla Principal con Resultados Obtenidos en la Prueba al Transformador.

Prueba en VT/TP. Ejemplo 2

A continuación, se describe el paso a paso para realizar una prueba en un transformador de voltaje y potencia, describiendo la parametrización que se le realiza al equipo, para posteriormente realizar la prueba, mostrando su conexión y los resultados en obtenidos en el DataView.

- **Parametrización:**

- Configurar día y hora: 21/10/2024 – 11:17 am
- Valores de placa de identificación:

Tensión Primaria: 13,800 V; Tensión secundaria: 480 V.

- Seleccionar el tipo de prueba: VT/TP.
- Seleccione el modo de prueba: CONT/Ratio.
- Modo de memoria: Automático.

- Selección del filtro: Normal.
- Selección del idioma: español.

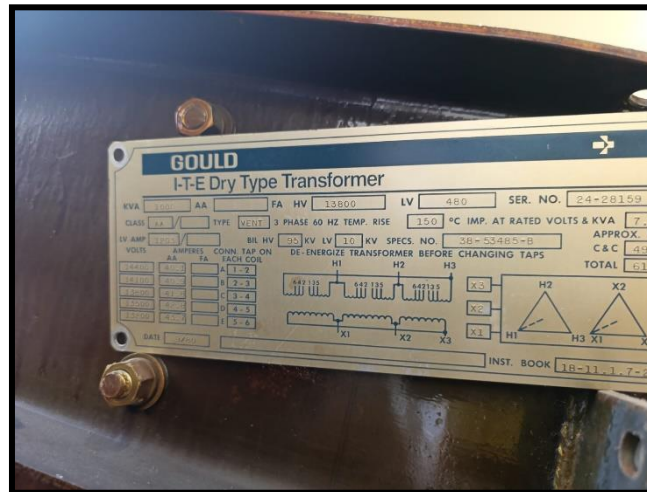


Ilustración 63: Placa de Datos de Transformador.



Ilustración 64: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510.

- Se conectan los cables del bobinado primario (H) y secundario (X) al conector del DTR 8510 y al transformador a prueba.
- Pulse el botón TEST. Se ejecutará primero la prueba de continuidad y luego la prueba de relación de transformación.



Ilustración 65: Menú de Comprobación de Continuidad.

- Si las conexiones H/X están invertidas, aparecerá el siguiente mensaje de error en el instrumento y pondrá fin a la prueba.



Ilustración 66: Alarma de Falla en la Continuidad de Cables.

- En este ejemplo las conexiones están correcta y obtuvimos el siguiente resultado según el informe del DataView:

Panel de control del DTR - PRUEBAS TXs 21-10-2024

Archivo Editar Ver pantalla Instrumento Herramientas Ayuda

Objeto 1

- Prueba 1
- Prueba 2
- Prueba 3
- Prueba 4
- Prueba 5
- Prueba 6
- Prueba 7
- Prueba 8
- Prueba 9
- Prueba 10
- Prueba 11
- Prueba 12
- Prueba 13
- Prueba 14
- Prueba 15
- Prueba 16
- Prueba 17
- Prueba 18
- Prueba 19
- Prueba 20
- Prueba 21
- Prueba 22
- Prueba 23
- Prueba 24
- Prueba 25
- Prueba 26
- Prueba 27
- Prueba 28
- Prueba 29
- Prueba 30
- Prueba 31

Usuario

Empresa:

Usuario:

Dirección 1:

Dirección 2:

Ciudad:

Provincia:

Código Postal:

Teléfono:

Fax:

email:

Emplazamiento

Empresa:

Contacto:

Dirección 1:

Dirección 2:

Ciudad:

Provincia:

Código Postal:

Teléfono:

Fax:

email:

Modelo de DTR: 8510

Nº de Serie: 107204YGDv

Versión del firmw: 1.26

Fecha de la medida: 21/10/2024 - 11:39:59

Objeto: Objeto 1

Prueba: Prueba 9

Tipo de Prueba: VT/PT

Modo de prueba: Cont/Ratio

Filtro: Normal

Relación de transformación: 28.783:1

Desviación: 0.11 %

Corriente de excitación: 0 mA

Tensión primario: 13800 V

Tensión secundario: 480 V

Descripción de la Prueba: Prueba a TX del Servicio Propio de C.H. 15 de Septiembre en plataforma de descarga.

Comentarios: Los resultados se consideran aceptables, de acuerdo con IEEE C57.12.91-2001, error de la medición dentro de límites +/-0.5%.

Ilustración 67: Pantalla Principal con Resultados Obtenidos en la Prueba al Transformador.

Prueba en TC. Ejemplo 3

A continuación, se describe el paso a paso para realizar una prueba en un transformador de voltaje y potencia, describiendo la parametrización que se le realiza al equipo, para

posterior mente realizar la prueba, mostrando su conexión y los resultados en obtenidos en el DataView.

- **Parametrización:**

- Configurar día y hora: 21/10/2024 – 13:55 pm

- Valores de placa de identificación:

Corriente Primaria: 50 A; Corriente Secundaria: 5 A.

- Seleccionar el tipo de prueba: TC.
- Seleccione el modo de prueba: Ratio.
- Modo de memoria: Automático.
- Selección del filtro: Normal.
- Selección del idioma: español.

- **Nota:** La prueba TC no ofrece la opción CONT/Ratio. Solo permite realizar la prueba de relación de transformación.

Conecte el cable del bobinado (H) primario a los conectores apropiados del DTR 8510 y del transformador probado. Conecte el cable del bobinado secundario (X). Y presione el TEST.



Ilustración 68: Placa de Datos de un Transformador TC.



Ilustración 69: Pruebas a Transformadores TC con Equipo TTR/DTR AEMC 8510.



Ilustración 70: Alumnos Realizando Pruebas en Transformador con TTR/DTR 8510.

- Se conectan los cables del bobinado primario (H) y secundario (X) al conector del DTR 8510 y al transformador a prueba.
- Si las conexiones H/X están invertidas, aparecerá el siguiente mensaje de error en el instrumento y pondrá fin a la prueba.

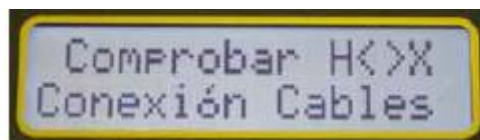


Ilustración 71: Alarma de Falla en la Continuidad de Cables.

- En este ejemplo las conexiones están correcta y obtuvimos el siguiente resultado según el informe del DataView:

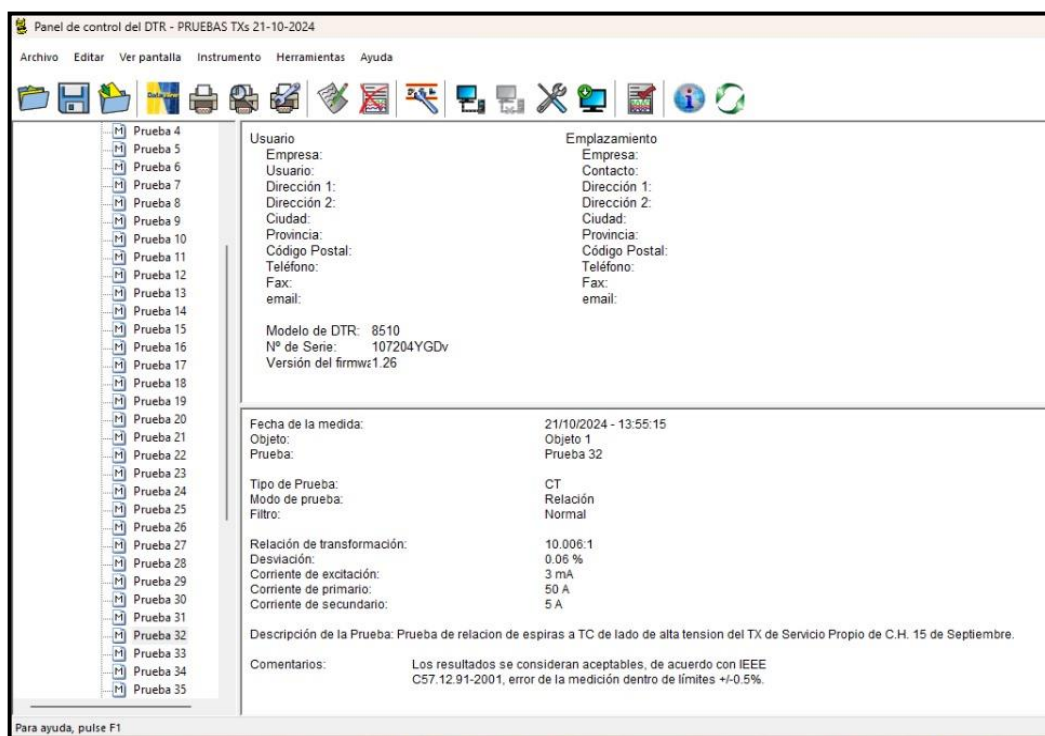


Ilustración 72: Pantalla Principal con Resultados Obtenidos en la Prueba al Transformador.

3.5. DESCARGA DE DATOS EN SOFTWARE DEL EQUIPO.

3.5.1. Instrucciones Para Descarga De Datos Guardados En El Equipo.

- Conecte una PC al instrumento.
- Descargar datos previamente grabados desde el instrumento.
- Visualizar y analizar datos en el PC.
- Genere informes para ver e imprimir los datos, utilizando plantillas estándar o plantillas que personalice según sus requisitos.
- Exportar datos a una hoja de cálculo compatible con Microsoft Excel®.
- DataView también le permite configurar el instrumento desde la PC, a través de una interfaz de Panel de control dedicada. Cada familia de instrumentos tiene su propio Panel de Control. Cada panel de control de

DataView viene con su propia ayuda en línea específica para sus comandos y funciones.

3.5.2. Cuadro de Dialogo de Inicio Rápido.

Cuando inicia DataView®, aparece el cuadro de diálogo Inicio rápido. Este cuadro de diálogo proporciona acceso rápido a las operaciones más comunes dentro de DataView. Tenga en cuenta que estas funciones también se pueden realizar desde la barra de menú; sin embargo, Quick Start permite un acceso rápido a estos mismos comandos.

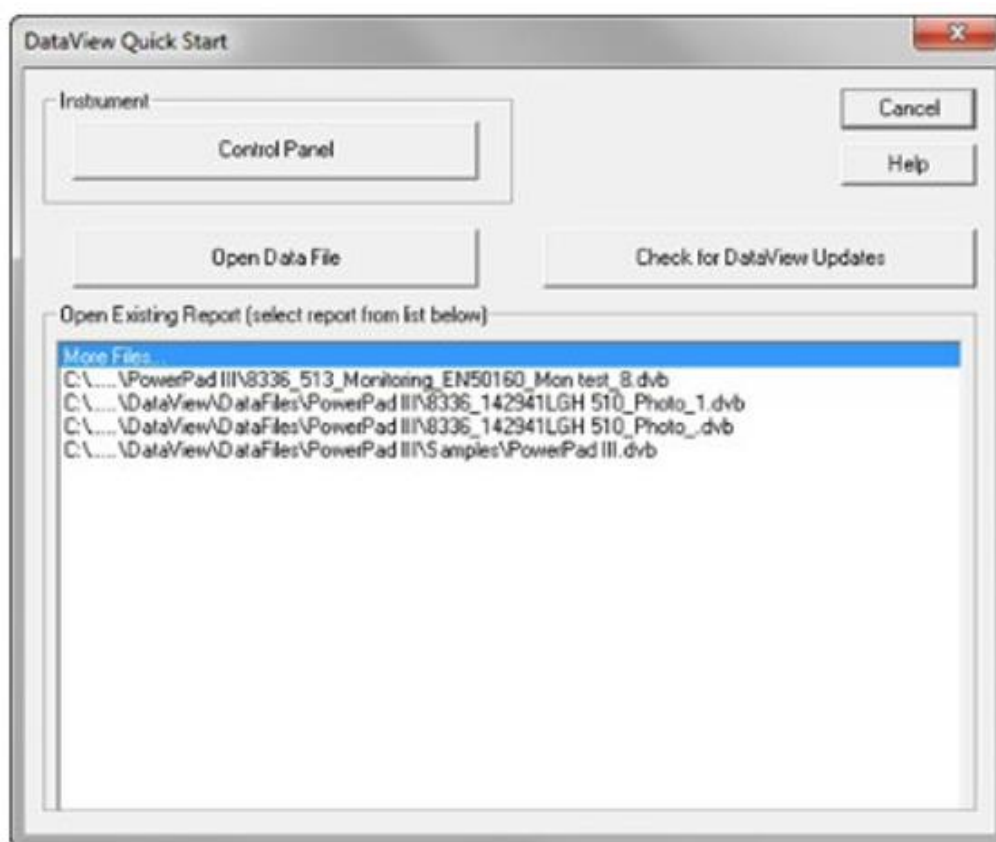


Ilustración 73: Cuadro de Dialogo de Inicio Rápido.

- El Panel de control muestra el cuadro de diálogo Seleccionar instrumento. Este cuadro de diálogo le permite seleccionar el Panel de control apropiado para conectar el instrumento a la PC, mostrar datos en tiempo real, descargar datos del instrumento y otras funciones. Tenga en cuenta que cada Panel de

control tiene su propio sistema de ayuda en línea independiente para proporcionar información y orientación sobre las características y capacidades específicas de ese Panel de control.

- Abrir archivo de datos abre una base de datos existente de datos de medición registrados, para que pueda mostrar estos datos utilizando una plantilla predefinida o personalizada por el usuario.
- Buscar actualizaciones de DataView determina si está ejecutando o no la última versión del software DataView. Si es así, aparece un mensaje informándole de ello. Si hay una versión más reciente disponible, aparece un cuadro de diálogo que le ofrece la opción de descargar los archivos de software a su PC, ya sea en formato ZIP comprimido o ejecutable autoextraíble.
- Abrir informe existente le permite ver un informe de datos DataView creado y almacenado previamente. Puede elegir entre los archivos mostrados (los cuatro informes que abrió más recientemente) o puede hacer clic en Más archivos para mostrar el cuadro de diálogo Abrir y seleccionar informes adicionales.

3.5.3. *Seleccionar Instrumento.*

- El cuadro de dialogo seleccionar el instrumento en nuestro caso DTR

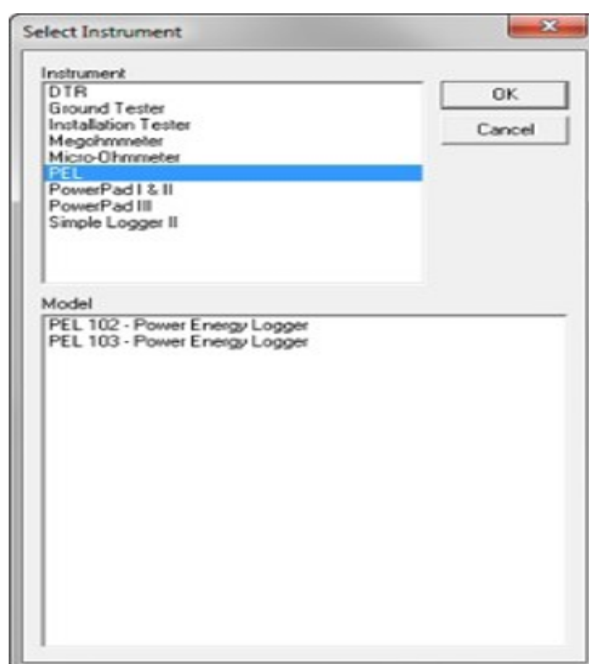


Ilustración 74: Cuadro de Dialogo- Selección de Instrumento.

- Después de hacer su selección y hacer clic en Aceptar, se abre el Panel de control. Tenga en cuenta que cada Panel de control tiene su propio sistema de ayuda en línea independiente para proporcionar información y orientación sobre las características y capacidades específicas de ese Panel de control.

3.5.4. Visualización de Datos.

- Una función importante de DataView® es el análisis y visualización de datos registrados. DataView® utiliza un enfoque de autoedición para mostrar información. Este enfoque proporciona una vista de los datos, de ahí el nombre DataView®. La vista define el tipo y la ubicación de los marcos mostrados en la página impresa. DataView® muestra las hojas de trabajo utilizando el formato Lo que ves es lo que obtienes (WYSIWYG).
- Puede desplazarse por las hojas de trabajo mostradas utilizando las barras de desplazamiento horizontal y vertical. Si la hoja de trabajo mostrada cabe completamente dentro de la ventana DataView®, las barras de desplazamiento no

se muestran. Si la ventana DataView® es demasiado estrecha (horizontal o verticalmente) para mostrar una hoja de trabajo, se muestran las barras de desplazamiento.

- DataView® muestra hojas de trabajo de informes. Cuando se ejecuta DataView® por primera vez o el icono de la barra de herramientas Nuevo informe.



Ilustración 75: Nuevo Informe.

- Si selecciona esta imagen aparecerá un cuadro de trabajo en blanco.
- Se muestra la hoja. La siguiente figura ilustra DataView® con una hoja de trabajo en blanco mostrada en modo de diseño.

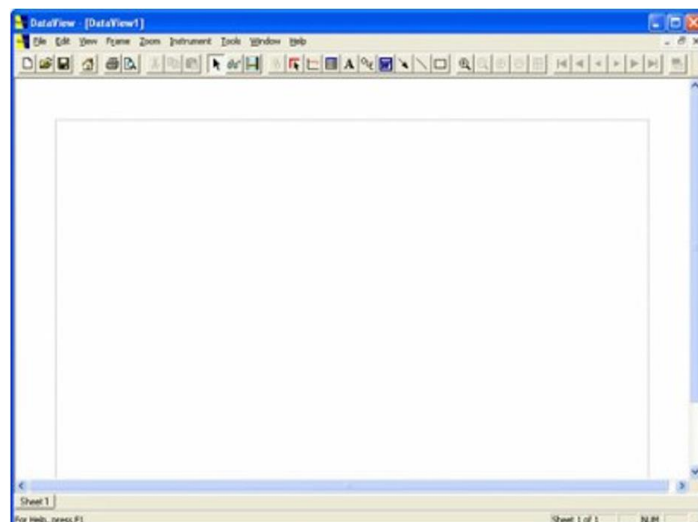


Ilustración 76: Hoja de Trabajo en Blanco.

- Las hojas de trabajo se muestran en blanco con una línea de puntos que indica la ubicación de los márgenes en la hoja de trabajo. Si lo prefiere, los márgenes alrededor de las hojas de trabajo se pueden ocultar seleccionando el modo de visualización Borrador. Esto se logra seleccionando la opción Borrador en el menú

Ver. La siguiente figura ilustra la visualización de una hoja de trabajo en blanco en modo Borrador

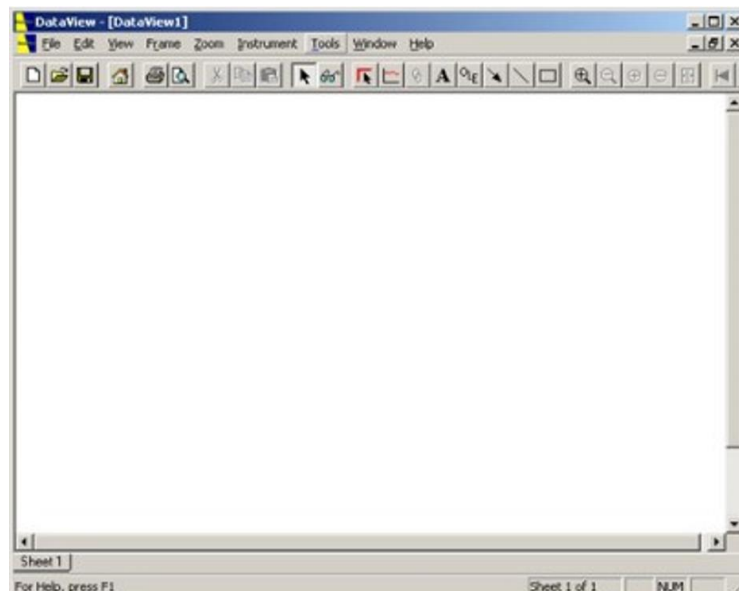


Ilustración 77: Hoja de Trabajo en Modo Borrador.

- Dentro de estos márgenes se encuentra el área de dibujo o colocación de marcos. Los marcos no se pueden colocar, mover ni cambiar de tamaño fuera de los márgenes de la hoja de trabajo.

3.5.5. Barra de Herramientas.

La barra de herramientas se muestra en la parte superior de la ventana de la aplicación, debajo de la barra de menú. La barra de herramientas proporciona acceso rápido con el mouse a muchas herramientas utilizadas en DataView®. Los elementos de la barra de herramientas se dividen en dos categorías: herramientas y botones. Una herramienta cambia el puntero del mouse a una herramienta DataView® correspondiente y requiere una acción adicional del usuario. Un botón realiza la operación deseada cuando se presiona el botón (no se requiere ninguna otra acción). Para ocultar o mostrar la barra de herramientas, elija Barra de herramientas en el menú Ver (Alt, V, T).

Hacer clic	Nombre	Descripción
	Nuevo	Crea y abre un nuevo informe.
	Abierto	Abre un informe existente. DataView® muestra el cuadro de diálogo Abrir, en el que puede localizar y abrir el archivo deseado.
	Guardar	Guarda el informe o plantilla activo con su nombre actual. Si no le ha asignado un nombre al informe, DataView® muestra el cuadro de diálogo Guardar como.
	Hogar	Muestra el cuadro de diálogo Inicio rápido.
	Imprimir	Imprime el informe activo.
	Vista previa	Muestra el informe activo, tal como aparecerá impreso.
	Cortar	Elimina el marco seleccionado del informe y lo almacena en el portapapeles.
	Copiar	Copia el marco seleccionado al portapapeles.
	Pasta	Inserta el contenido del portapapeles en el informe activo.
	Seleccionar marco	Cambia el puntero del mouse a la herramienta de selección.

	Ver valor	Habilita la visualización de la función Valor en el Cursor.
	Editar sesión propiedades	Abre el cuadro de diálogo Propiedades de sesión para la base de datos utilizada en el informe activo. Propiedades.
	Marco de enlace	Crea un nuevo marco vinculado al marco seleccionado actualmente. Los tipos de marcos disponibles dependerán del tipo de marco seleccionado antes de emitir este comando.
	Crear marco	Cambia el puntero del mouse a la herramienta crear marco.
	Colocar gráfico	Cambia el puntero del mouse a la herramienta crear gráfico de cuadros.
	Colocar TOC	Cambia el puntero del mouse a la herramienta Marco de tabla de contenido.
	Colocar texto	Cambia el puntero del mouse a la herramienta Marco de texto.
	Colocar OLE	Cambia el puntero del mouse a la herramienta Marco OLE.
	Colocar palabra OLE	Cambia el puntero del mouse a la herramienta Marco OLE permitiendo la inserción de un documento de Word.
	Dibujar flecha	Cambia el puntero del mouse a la herramienta Flecha.

	Dibujar línea	Cambia el puntero del mouse a la herramienta Línea.
	Cuadro de sorteo	Cambia el puntero del mouse a la herramienta caja
	Selección de zoom	Cambia el puntero del mouse a la herramienta de selección de zoom.
	Ampliar Anterior	Restablece la duración de la visualización y el desplazamiento inicial de la visualización del marco gráfico seleccionado a las extensiones de zoom anteriores.
	Dar un golpe de zoom	Aumenta la ampliación del zoom del marco gráfico seleccionado.
	Alejar	Disminuye la ampliación del zoom del marco gráfico seleccionado.
	Ampliar todo	Restablece la ampliación del zoom para mostrar todas las mediciones del canal en el gráfico.
	Panorámica para comenzar	Establece el tiempo de inicio de visualización para el marco gráfico seleccionado al inicio de los datos guardados. La duración de la visualización (ampliación del zoom) sigue siendo la misma.

	Panorámica hacia la izquierda	Establece la hora de inicio mostrada para el cuadro gráfico seleccionado en un tiempo 90% menor que el tiempo actual. Esto se consigue restando un porcentaje de la duración de la visualización de la hora de inicio. La duración de la visualización sigue siendo la misma.
	Paso a la izquierda	Establece la hora de inicio mostrada para el cuadro gráfico seleccionado en un tiempo 10% menor que el tiempo actual. Esto se consigue restando un porcentaje de la duración de la visualización de la hora de inicio. La duración de la visualización sigue siendo la misma.
	Paso a la derecha	Establece la hora de inicio mostrada para el fotograma gráfico seleccionado en un tiempo un 10% mayor que el tiempo actual. Esto se logra agregando un porcentaje de la duración de la visualización a la hora de inicio. La duración de la visualización sigue siendo la misma.
	Panorámica hacia la derecha	Establece la hora de inicio mostrada para el cuadro gráfico seleccionado en una hora un 90% mayor que la hora actual. Esto se logra agregando un porcentaje de la duración de la visualización a la hora de inicio. La duración de la visualización sigue siendo la misma.

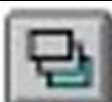
	Panorámica hasta el final	Establece la hora de inicio de la visualización para el cuadro gráfico seleccionado en la hora del último punto de datos menos la duración de la visualización. La duración de la visualización sigue siendo la misma.
	Traer al frente	Mueve el marco seleccionado al principio de la lista de marcos de la vista.
	Enviar atrás	Mueve el marco seleccionado al final de la lista de marcos de la vista.

Ilustración 78: Lista con Imagen y Significado de Iconos.

3.5.6. Barra de Estado.

- La barra de estado está ubicada en la parte inferior de la ventana DataView®. Para mostrar u ocultar la barra de estado, utilice el comando Barra de estado en el menú Ver.

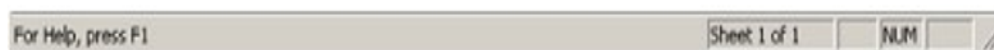


Ilustración 79: Barra de Estado.

- La barra de estado indica información sobre varias opciones del menú y el estado operativo del programa. En el lado izquierdo de la barra de estado hay un mensaje de una línea sobre las opciones del menú resaltadas. Si no hay ninguna opción de menú resaltada, le informa que al presionar la tecla de función F1 se mostrará la ayuda en línea. En el lado derecho de la barra de estado hay cuatro paneles. El primero indica la hoja de trabajo actual y la cantidad de hojas de trabajo en el informe. Los últimos tres paneles indican el estado de las teclas Bloq Mayús, Bloq Num y Bloq Despl.

3.5.7. Barra de Título.

- La barra de título está ubicada en la parte superior de la ventana de la aplicación DataView® y contiene el nombre de la aplicación y el informe activo.
 1. Botón del menú Control de aplicaciones
 2. Botón de menú Control de informes
 3. Nombre de la aplicación
 4. Nombre del informe activo
 5. Botón minimizar
 6. Botón maximizar
 7. Botón restaurar
 8. Botón Cerrar (Salir) de la aplicación

3.5.8. Barras de Desplazamientos.

- Los cuadros de desplazamiento dentro de las barras de desplazamiento, que se muestran en los bordes derecho e inferior de la ventana del informe, indican su ubicación vertical y horizontal en el informe. Puede utilizar el ratón para desplazarse por las hojas de trabajo mostradas utilizando las barras de desplazamiento horizontal y vertical.
- Si la hoja de trabajo mostrada cabe completamente dentro de la ventana DataView®, las barras de desplazamiento no se muestran. Si la ventana DataView® es demasiado estrecha (horizontal o verticalmente) para mostrar una hoja de trabajo, se muestran las barras de desplazamiento.

3.5.9. Modificando la Vista.

- Otra función importante de DataView® es el análisis y visualización de los datos registrados. DataView® utiliza un enfoque de autoedición para mostrar información. Este enfoque proporciona una vista de los datos, de ahí el nombre

DataView®. La vista define el tipo y la ubicación de los marcos mostrados en la página impresa. Las hojas de trabajo se muestran en DataView® utilizando el formato Lo que ves es lo que obtienes (WYSIWYG).

- DataView® muestra hojas de trabajo de informes. Cuando se ejecuta DataView® por primera vez o el icono de la barra de herramientas Nuevo informe Si se selecciona, aparecerá un cuadro de trabajo en blanco.
- Se muestra la hoja. Las hojas de trabajo se muestran en blanco con un borde gris alrededor. Si lo prefiere, los bordes grises alrededor de las hojas de trabajo se pueden desactivar seleccionando el modo de visualización Borrador. Esto se logra seleccionando la opción Borrador en el menú Ver.
- En cualquier caso, se dibuja una línea de puntos en cada hoja de trabajo que indica la ubicación de los márgenes. Dentro de estos márgenes se encuentra el área de dibujo o colocación de marcos. Los marcos no se pueden colocar, mover ni cambiar de tamaño fuera de los márgenes de la hoja de trabajo.

3.6. MENÚ ARCHIVO.

3.6.1. Nuevo

- El comando Nuevo en el menú Archivo abre una ventana para crear un nuevo informe DataView® personalizado a partir de los datos contenidos en una sesión de grabación seleccionada descargada del instrumento. (De forma predeterminada, esta es la base de datos descargada abierta más recientemente). Los informes constan de uno o más marcos. Son cuadros rectangulares en los que se muestran elementos gráficos como líneas, texto y gráficos. Todos los elementos mostrados por DataView están contenidos en marcos.
- Para crear un informe personalizado, puede:

- Seleccione y coloque marcos en la ventana del informe mediante un conjunto de iconos de comando.
- Crea un marco "genérico" desde cero.
- Modifique un marco después de haberlo creado.
- Copie y mueva marcos a la ubicación deseada dentro del informe.
- Una vez que termine el informe, puede guardarlo como informe y como plantilla a partir de la cual puede crear otros informes de DataView. Para crear un informe a partir de una plantilla existente, seleccione el comando Nuevo a partir de plantilla en el menú Archivo.

3.6.2. Nueva plantilla.

- El comando Nuevo a partir de plantilla le permite crear un informe DataView a partir de una plantilla de informe previamente existente. Cuando selecciona este comando, aparece el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla:

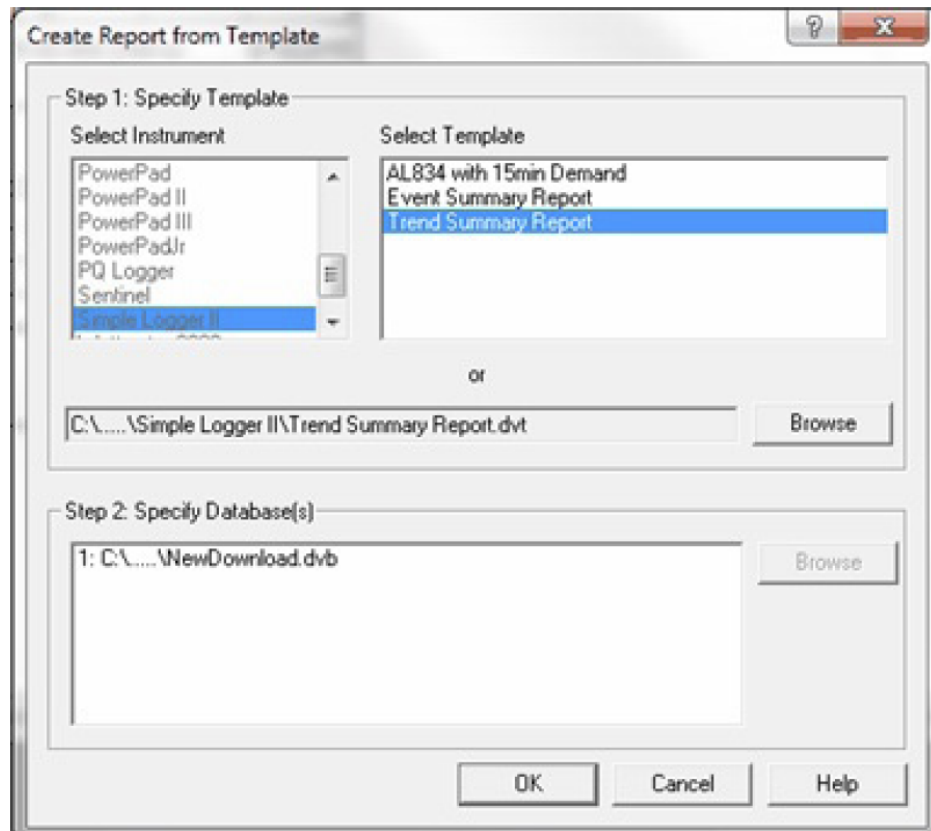


Ilustración 80: Menú Crear Informe a partir de una Plantilla Predeterminada.

- Seleccionar instrumento muestra una lista de instrumentos compatibles con DataView. Esta selección determina qué plantillas aparecen en el campo adyacente Seleccionar plantilla.
- Seleccionar plantilla enumera las plantillas disponibles para el instrumento seleccionado en la lista desplegable Seleccionar instrumento (ver arriba).
- Explorar abre el cuadro de diálogo Abrir, desde el cual puede explorar las carpetas de su computadora para buscar plantillas que no figuran en la lista Seleccionar plantilla.
- Especificar bases de datos determina qué bases de datos o datos registrados se asociarán con esta plantilla de informe. Si una base de datos que desea seleccionar no aparece en la lista, puede buscar bases de datos adicionales haciendo clic en el

botón Examinar. Si las bases de datos ya se han especificado (ya sea antes de invocar este cuadro de diálogo o seleccionando el botón Examinar) y ninguna de estas entradas de base de datos está seleccionada, el botón Examinar está deshabilitado.

- Como indica el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla, este es un proceso de dos pasos: (1) Especificar la plantilla, luego (2) Especificar la base de datos. Si previamente descargó datos en DataView desde un instrumento, la lista Especificar base de datos mostrará el nombre de la base de datos especificada anteriormente.
- Cuando se selecciona una plantilla, se escanea para identificar la cantidad de bases de datos que requiere. El número de bases de datos se indica en el cuadro de lista Especificar base de datos. Por ejemplo, al seleccionar una plantilla que requiere dos bases de datos diferentes, aparecen entradas "1:" y "2:" en el cuadro de lista de la base de datos.

3.6.3. *Abierto.*

El comando Abrir en el menú Archivo muestra un submenú que consta de tres opciones:

Abrir base de datos abre una base de datos que contiene datos de una sesión previamente grabada que se ha descargado del instrumento a la PC.

Abrir informe abre un informe DataView existente.

Abrir plantilla abre una plantilla de informe DataView.

Cuando abre una base de datos, informe o plantilla; el comando Cerrar aparece en el menú Archivo. Utilice el comando Cerrar para cerrar la sesión.

➤ Base de datos Abierta

- El comando Abrir base de datos en el menú Abrir abre una base de datos que contiene datos de una sesión previamente grabada que se ha descargado del

instrumento a la PC. Este es un proceso de dos pasos: (1) especificar qué base de datos abrir y (2) seleccionar la plantilla de informe a través de la cual ver estos datos. Cuando selecciona Abrir, aparece el cuadro de diálogo Abrir:

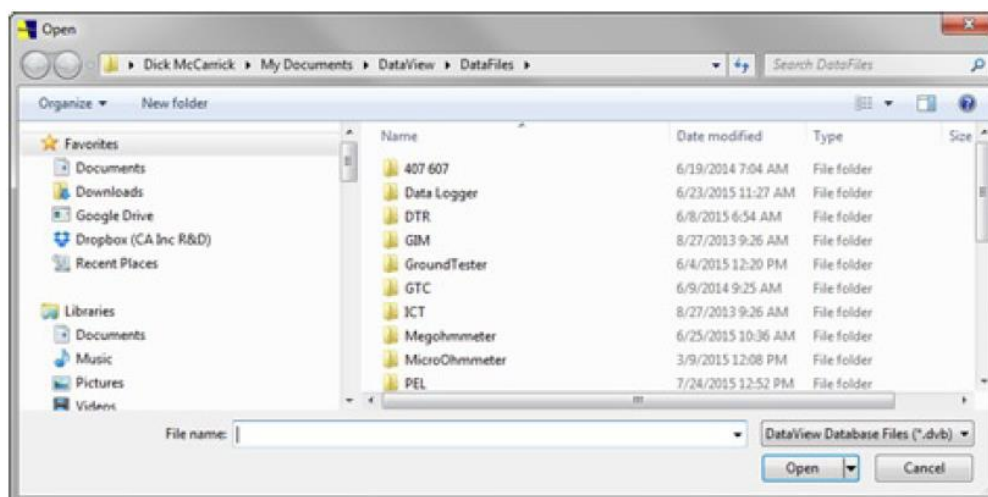


Ilustración 81: Cuadro de Dialogo de Menú Abrir.

- Puede ingresar el nombre del archivo de base de datos en el campo Nombre de archivo o buscar en sus carpetas los archivos de base de datos DataView(.dvb) disponibles. Por ejemplo, para buscar bases de datos que contengan datos de medición registrados descargados de instrumentos PEL 100, asegúrese de que se muestre el botón Archivos de base de datos DataView (*.dvb) y luego haga clic en la carpeta PEL. Se mostrará una lista de archivos de datos PEL disponibles.
- Después de seleccionar la base de datos y hacer clic en Aceptar, aparece el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla. Seleccione la plantilla a través de la cual ver la base de datos especificada y haga clic en Aceptar. Los datos contenidos en la base de datos, formateados de acuerdo con la plantilla seleccionada, aparecen en la pantalla.

- Cuando haya terminado de ver los datos, puede guardarlos en un archivo utilizando los comandos Guardar o Guardar como. También puede guardar el informe como una plantilla de DataView.

➤ **Abrir Informe**

El comando Abrir base de datos en el menú Abrir abre un informe DataView existente. Cuando selecciona esta opción, aparece el cuadro de diálogo Abrir. Puede ingresar el nombre del archivo de informe en el campo Nombre de archivo o buscar en sus carpetas los archivos de informes DataView (.dvb) disponibles. Por ejemplo, para buscar informes de Simple Logger II, asegúrese de que se muestre el botón Archivos de informes de DataView (*.dvw) y luego haga clic en la carpeta Simple Logger II. Se mostrará una lista de informes de Simple Logger II disponibles.

Después de seleccionar el informe y hacer clic en Abrir, el informe se muestra en la pantalla. Cuando haya terminado de ver el informe, puede guardar lo utilizando los comandos Guardar o Guardar como. También puede guardar el informe como una plantilla de DataView.

➤ **Abrir Plantilla**

El comando Abrir plantilla en el menú Abrir abre una plantilla de informe DataView existente. Una plantilla es un archivo que define el tipo, la ubicación y las propiedades de los marcos en un informe.

Cuando selecciona esta opción, aparece el cuadro de diálogo Abrir. Puede ingresar el nombre del archivo de plantilla en el campo Nombre de archivo o buscar en sus carpetas los archivos de plantilla de DataView (.dvt) disponibles. Por ejemplo, para buscar plantillas de Ground Tester, asegúrese de que se muestre el botón Archivos de plantilla de DataView (*.dvt) y luego haga clic en la carpeta GTC. Se mostrará una lista de plantillas de informes de Ground Tester disponibles.

Después de seleccionar el informe y hacer clic en Abrir, el informe se muestra en la pantalla. Cuando haya terminado de ver el informe, puede guardar lo utilizando los comandos Guardar o Guardar como. También puede guardar el informe como una plantilla de DataView.

➤ Cerrar

El comando Cerrar aparece en el menú Archivo cuando una base de datos, informe o plantilla de DataView está abierto. (En otras ocasiones, este comando no se muestra). Si el informe que está viendo no tiene título (por ejemplo, ha creado un nuevo informe o ha abierto una base de datos y la está viendo a través de una plantilla seleccionada), puede Se le preguntará si desea o no guardar el informe. Si hace clic en Sí, aparece el cuadro de diálogo Guardar como. De manera similar, se le preguntará si desea o no guardar sus cambios si modifica un informe o plantilla existente.

3.6.4. Guardar como.

Guardar como realiza dos funciones principales: (1) guardar un archivo nuevo y (2) guardar un archivo previamente guardado con un nombre de archivo diferente. El cuadro de diálogo Guardar como aparece de la siguiente manera

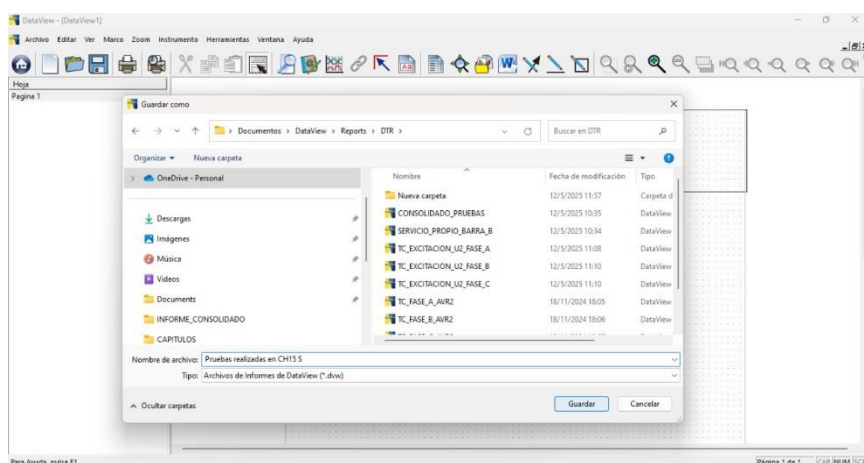


Ilustración 82: Menú Guardar Como.

La apariencia del cuadro de diálogo Guardar como puede diferir ligeramente, dependiendo de dónde se haya invocado. Por ejemplo, la ilustración anterior muestra el cuadro de diálogo Guardar como tal como aparece cuando se abre mediante el comando Guardar como en el menú Archivo, después de que el usuario haya seleccionado Abrir base de datos en el menú Abrir y haya creado un nuevo informe DataView.

El campo Nombre de archivo en el cuadro de diálogo le permite ingresar un nombre para el archivo. Puede ser un nombre nuevo o el nombre de un archivo existente que planea sobrescribir. En algunos casos (dependiendo de cuándo se invocó Guardar como), el menú desplegable Guardar como tipo le permite seleccionar entre varios formatos para guardar el archivo. En otras situaciones, como en el ejemplo que se muestra arriba, solo se permite un tipo de archivo.

De forma predeterminada, el cuadro de diálogo Guardar como muestra sus carpetas, que puede explorar para seleccionar el nombre de un archivo existente o elegir una ubicación en la que guardar el nuevo archivo. El botón Ocultar/Examinar carpetas en la parte inferior izquierda del cuadro de diálogo le permite alternar entre mostrar las carpetas y ocultarlas.

3.6.5. Guardar como plantilla

El comando Guardar como plantilla en el menú Archivo guarda el informe abierto como una plantilla de DataView. Cuando selecciona este comando, aparece el cuadro de diálogo Guardar como. Al guardar la plantilla, el campo Guardar como tipo ofrece dos opciones: Archivos de plantilla DataView (*.dvt) guarda la plantilla y la asocia con una o más bases de datos DataView (archivos. dvb). Estas bases de datos proporcionarán los datos que se muestran en los marcos cada vez que se abra la plantilla posteriormente.

Archivos de plantilla de DataView sin base de datos (*.dvt) guarda la plantilla sin asociarla con ninguna base de datos de DataView. Cuando la plantilla se abra posteriormente, sus marcos no contendrán ningún dato.

Tenga en cuenta que el comando Guardar como plantilla solo aparece en el menú Archivo cuando hay un informe abierto.

3.6.6. Archivo.

El comando Archivar hace copias del informe abierto actualmente y de todos los archivos de base de datos adjuntos, y los coloca en una ubicación especificada por el usuario. Esto resulta útil cuando los archivos de base de datos de un informe no se encuentran en el mismo directorio que el archivo del informe. Archive le permite copiar todos los archivos a un directorio determinado. Luego puede comprimirlos y enviar los archivos a otro usuario.

Usando selecciona Archivar en el menú Archivo, aparece el cuadro de diálogo Elegir directorio:



Ilustración 83: Menú Elegir Directorio.

Seleccione la unidad y el directorio en el que desea copiar los archivos y bloquee Aceptar.

Los archivos se copiarán en la ubicación especificada.

3.6.7. Base de datos.

El comando Base de datos muestra el cuadro de diálogo Base de datos. El cuadro de diálogo Base de datos le permite editar la información de la sesión.

De una base de datos y exportar valores de medición almacenados en una base de datos. El cuadro de diálogo Base de datos muestra una lista de archivos de bases de datos que se han cargado. Cuando se muestra por primera vez, esta lista contiene los nombres de todas las bases de datos actualmente cargadas por todos los informes abiertos actualmente en DataView®. Se pueden agregar bases de datos adicionales a la lista usando el botón Cargar otra base de datos.

Debajo hay un conjunto de botones:

- Exportar mediciones inicia la operación de exportación de las mediciones contenidas en la base de datos actualmente seleccionada. Cuando se selecciona esta opción, se muestra el cuadro de diálogo Exportar paso 1.
- Cargar otra base de datos le permite agregar otro archivo de base de datos a la lista de bases de datos. Utilice este botón para agregar una base de datos que desee modificar o exportar a la lista de Bases de datos cargadas.
- Editar información de la sesión abre el cuadro de diálogo Propiedades de la sesión. Esto le permite ingresar información sobre el sitio donde se realizó la prueba y la persona que la realizó.
- Recortar la base de datos le permite crear una nueva base de datos que consta de un subconjunto de la información contenida en la base de datos seleccionada. Cuando selecciona esta opción, se le solicita que ingrese un nombre para la nueva base de datos "recortada", así como las fechas/horas de inicio y finalización que definen el período de registro que desea incluir en esta base de datos.
- Combinar bases de datos abre un cuadro de diálogo para fusionar dos o más bases de datos seleccionadas en una nueva base de datos única.

3.6.8. *Editar información de la sesión*

En el momento en que se crea una base de datos, se le brinda la oportunidad de especificar información diversa sobre el operador, el sitio y los comentarios. Esta información se denomina Propiedades de sesión. Las Propiedades de la sesión se pueden cambiar más adelante utilizando el cuadro de diálogo Inspector de la base de datos. Para editar las Propiedades de la sesión, realice los siguientes pasos:

1. Seleccione Base de datos en el menú Archivo. Se mostrará el cuadro de diálogo Base de datos.
2. Si la base de datos deseada no aparece en la lista, cárguela usando el botón Cargar otra base de datos.
3. Seleccione la base de datos que desea editar de la lista de bases de datos cargadas.
4. Seleccione el botón Editar información de la sesión. Se mostrará el cuadro de diálogo Propiedades de la sesión.
5. Edite los campos de la sesión según sea necesario.
6. Seleccione el botón Guardar para guardar los cambios en la base de datos.

Si la base de datos contiene más de una sesión, puede seleccionar la siguiente sesión seleccionando el botón Siguiente sesión >>. El botón << Sesión anterior muestra la sesión anterior a las propiedades de la sesión actual. El botón Siguiente sesión >> se desactivará cuando solo haya una sesión presente o cuando esté viendo la última sesión en una base de datos de múltiples sesiones. El botón Sesión anterior << se desactivará cuando solo haya una sesión presente o cuando esté viendo la primera sesión en una base de datos de múltiples sesiones.

El cuadro de diálogo Propiedades de la sesión le permite adjuntar información textual a los datos grabados.

Ilustración 84: Cuadro de Diálogo Propiedades de la Sesión.

Este cuadro de diálogo le permite especificar información sobre la sesión grabada. Esta información se divide en tres categorías:

- Información del operador: información sobre la persona que realiza la prueba.
- Información del sitio: información sobre el lugar y las instalaciones en las que se realizó la prueba.
- Comentarios: cualquier información adicional que desee conservar junto con los datos registrados.

Esta información se guarda junto con los datos registrados. Al seleccionar el botón Establecer como predeterminado se guardarán los valores de campo actuales (excepto los comentarios), convirtiéndolos en los valores predeterminados para los cuadros de diálogo de Propiedades de sesión posteriores. Al seleccionar el botón Aceptar se aceptará la información de la sesión y se guardará junto con los datos registrados en el archivo de base de datos especificado previamente.

3.6.9. Medición de exportación.

Los valores de medición almacenados en una base de datos DataView® se pueden exportar a un archivo separado por comas mediante la operación Exportar. Para exportar valores de medición desde una base de datos, realice los siguientes pasos:

1. Seleccione Base de datos o Exportar a una hoja de cálculo en el menú Archivo. Se mostrará el cuadro de diálogo Base de datos.
2. Si la base de datos deseada no aparece en la lista, cárguela usando el botón Cargar otra base de datos.
3. Seleccione la base de datos cuya información de sesión se va a editar.
4. Seleccione el botón Exportar medidas. Se mostrará el cuadro de diálogo Exportar paso 1: especificar el nombre del archivo de exportación.
5. Especifique el nombre del archivo de exportación en el cuadro de edición (campo Archivo de exportación).
6. Seleccione el botón Siguiente >>. Se mostrará el cuadro de diálogo Exportar paso 2: seleccionar canal.
7. Seleccione el canal desde el que se exportarán los valores de medición.
8. Seleccione el botón Siguiente >>. Se mostrará el cuadro de diálogo Exportar paso 3: seleccionar parámetros.
9. Seleccione los parámetros de medición deseados agregándolos a la lista Seleccionado.
10. Seleccione el botón Finalizar >>.

En este punto, los parámetros seleccionados de la base de datos seleccionada se exportarán al archivo especificado.

- **Exportar paso 1: Cuadro de dialogo especificar el nombre del archivo de exportación.**

El cuadro de diálogo Exportar pasó 1: especificar el nombre del archivo de exportación es el primer paso en la operación de exportación. Le permite especificar el nombre del archivo al que exportar los valores de medición. Cuando se muestra por primera vez, el nombre del archivo de exportación tiene como valor predeterminado el nombre de la base de datos con .csv como extensión de archivo.

El nombre de la base de datos previamente seleccionada, de la cual se extraerán los valores de medición, se muestra encima del nombre del archivo de exportación. Esto no se puede cambiar y se muestra solo con fines informativos. Para cambiar la base de datos seleccionada, cancele el proceso de exportación y seleccione una base de datos diferente en el cuadro de diálogo Base de datos.

Para continuar con el siguiente paso de la operación de exportación, seleccione el botón Siguiente >>. Para cancelar la operación de exportación, seleccione el botón Cancelar.

- **Exportar paso 2: Cuadro de dialogo seleccionar canal**

El cuadro de diálogo Exportar pasó 2: seleccionar canal muestra una lista de canales de medición contenidos en la base de datos asociada y le permite seleccionar uno de estos canales para exportarlo.

Además, se muestra el nombre de la base de datos que contiene los datos de medición. También se muestra el nombre del archivo de exportación especificado en el paso anterior. Para continuar con el siguiente paso de la operación de exportación, seleccione el botón Siguiente >>.

Para cancelar la operación de exportación, seleccione el botón Cancelar.

Para volver al paso anterior, seleccione el botón << Anterior.

- **Exportar paso 3: Cuadro de dialogo seleccionar parámetros**

El cuadro de diálogo Exportar pasó 3: seleccionar parámetros le permite especificar los parámetros y el orden de los parámetros que se exportarán.

Para seleccionar un parámetro determinado para exportar, selecciónelo de la lista Disponible y haga clic en el botón Agregar>>. El parámetro se agregará al final de la lista Seleccionar.

Al seleccionar el botón Agregar todo >> se agregarán todos los parámetros a la lista de exportación.

Seleccionando el < Para eliminar un parámetro determinado de la lista Seleccionado, selecciónelo y haga clic en <

El orden en el que se exportan los parámetros se puede cambiar seleccionando cada parámetro seleccionado y moviéndolo hacia arriba y hacia abajo en la lista usando el botón Promocionar y Degradar. Un elemento superior en la lista se exporta antes que un elemento inferior en la lista.

Los parámetros seleccionados para exportar y el orden de estos parámetros se pueden guardar como predeterminados seleccionando el botón Establecer como predeterminado.

La próxima vez que se seleccione un canal de este mismo tipo para exportar, la lista de seleccionados tendrá de forma predeterminada los parámetros seleccionados cuando se seleccionó el botón Establecer como predeterminado.

Para completar la operación de exportación, seleccione el botón Finalizar >>.

Para cancelar la operación de exportación, seleccione el botón Cancelar.

Para volver al paso anterior, seleccione el botón << Anterior

3.7. DISEÑO Y VISULIZACION.

3.7.1. Marco gráfico.

Un marco gráfico proporciona una vista gráfica de la base de datos a la que está adjunto.

La base de datos se adjunta al marco cuando se crea.

Un marco gráfico proporciona herramientas adicionales para ver la base de datos subyacente. Estas herramientas proporcionan operaciones de zoom y panorámica. Además,

se pueden seleccionar trazas individuales e instantáneas de formas de onda utilizando la herramienta Seleccionar fotograma.

Normalmente, la herramienta Seleccionar marco se utiliza para seleccionar un marco para modificarlo. Sin embargo, en este marco de gráfico se puede utilizar para seleccionar formas de onda y trazas de tendencia individuales. Se selecciona un trazo si alguna parte del mismo se dibuja dentro de unos pocos píxeles de la pantalla desde donde se encuentra la herramienta de selección cuando se presiona el botón izquierdo del mouse.

A medida que se selecciona un trazo, se dibujan tiradores similares a los del marco sobre el trazo. Si se dibuja más de un trazo cerca de la herramienta de selección, al hacer clic nuevamente se seleccionará el siguiente trazo. Esto continuará hasta que se hayan seleccionado todos los trazos dentro de la proximidad de las herramientas de selección, momento en el cual, al hacer clic nuevamente con el botón izquierdo del mouse, se seleccionará el primer trazo y el proceso se repetirá.

El marco gráfico puede ser el marco principal de los marcos secundarios. Los tipos de marcos secundarios que puede admitir son:

- Marco de análisis de forma de onda: al seleccionar una traza dentro del marco del gráfico, los marcos secundarios adjuntos se actualizarán para reflejar la nueva selección. Los tipos de análisis de forma de onda incluyen: instantánea de forma de onda, gráfico de barras armónicas y resumen de texto armónico.
- El marco de leyenda del gráfico muestra los nombres de las trazas que se muestran en el gráfico. El marco de resumen de sesión muestra información proporcionada por el usuario y los instrumentos sobre la sesión que contiene los datos registrados.
- Marco de micrográfico muestra una subsección del marco principal.
- Meter Frame muestra los valores puntuales de un cuadro principal.

- Marco de estadísticas de exceso: muestra las estadísticas de un seguimiento de exceso seleccionado individualmente dentro del área del gráfico.
- El marco de lista de excesos muestra una lista de excesos contenidos en la base de datos adjunta. El marco de lista de canales muestra una lista de registros para los canales seleccionados contenidos dentro del marco del gráfico principal.
- El marco de información del canal muestra información textual sobre los canales seleccionados contenidos dentro del marco del gráfico principal.
- El marco de lista de excepciones muestra una lista de registros de excepción para los umbrales especificados para los canales seleccionados contenidos dentro del marco del gráfico principal.
- El marco de lista de resumen de tendencias muestra una lista de puntos de muestra para los canales seleccionados contenidos dentro del marco del gráfico principal.

➤ **descripción general del marco vinculado.**

La vinculación de marcos en un informe le permite definir un marco por el contenido de otro marco. Por ejemplo, un marco de informe de excepción se puede vincular a un marco de gráfico que muestra los datos de tendencias de un registro. El marco del informe de excepciones se puede configurar para que enumere las excepciones de toda la grabación o solo de la parte que se muestra en el marco del gráfico, en cuyo caso, acercar y alejar el gráfico mostrado hará que el informe de excepciones se actualice automáticamente según los datos mostrados.

Como otro ejemplo, un cuadro de resumen de texto armónico se puede vincular a un gráfico que muestra formas de onda. Cuando se selecciona una forma de onda, el cuadro de resumen de texto armónico se actualizará según la forma de onda seleccionada.

Además, se pueden vincular varios fotogramas a un solo fotograma. Por ejemplo, los marcos de instantánea de forma de onda, gráfico de barras armónicas y resumen de texto

armónico se pueden vincular a un gráfico de tendencias que contiene formas de onda. Cuando hacemos clic y seleccionamos una forma de onda, los tres cuadros adjuntos se actualizarán automáticamente para la forma de onda seleccionada.

En el ejemplo anterior, el gráfico de tendencias se denomina marco principal. La instantánea de forma de onda, el gráfico de barras armónicas y el resumen de texto armónico son cuadros secundarios. En DataView®, un marco principal puede tener varios marcos secundarios, aunque cada marco secundario solo puede tener un marco principal. Esto significa que un marco secundario no se puede adjuntar a varios marcos principales. Adjuntar un marco secundario a un marco principal crea una jerarquía de marcos vinculados con el marco principal superior controlando la visualización de los marcos de nivel inferior. Los marcos que tienen marcos secundarios adjuntos no se pueden eliminar antes de que se eliminen todos los marcos secundarios adjuntos. Esto no es algo de lo que deba preocuparse por hacerlo accidentalmente, ya que el comando Cortar está deshabilitado para marcos principales con marcos secundarios adjuntos.

La siguiente es una lista de marcos principales y el tipo de marcos secundarios que se pueden vincular a ellos:

- Marco de gráfico: gráfico de forma de onda, gráfico de barras armónicas, resumen de texto armónico, leyenda del gráfico, resumen de sesión, micrográfico, medidor, estadísticas de excedencia, lista de excedencia y lista de canales.
- Marco de micrográfico: gráfico de forma de onda, gráfico de barras armónicas, resumen de texto armónico, leyenda del gráfico, medidor, estadísticas de excedencia, lista de excedencia.

3.7.2. Crear Marcos

Los marcos de visualización se colocan en la hoja de trabajo mediante una herramienta de creación de marcos. El tipo de marco creado depende de la herramienta seleccionada en la barra de herramientas. La siguiente es una lista de herramientas de la barra de herramientas disponibles y el tipo de marco que crean:

	Herramienta de gráfico: crea una forma de onda o un marco de tendencia (según los datos especificados).
	Herramienta Vincular marco: crea un nuevo marco vinculado al marco seleccionado actualmente
	Herramienta Tabla de contenido: crea un marco de tabla de contenido.
	Herramienta de texto: crea un marco de texto.
	Herramienta OLE: crea un marco OLE (Vinculación e incrustación de objetos).
	Herramienta Word: crea un marco OLE de Word.
	Herramienta Flecha: crea un marco de flecha.
	Herramienta Línea: crea un marco de línea.
	Herramienta Caja: crea un marco de caja

Ilustración 85: Lista de Iconos de Barra de Herramientas.

Cada una de estas herramientas de creación de marcos crea un tipo específico de marco.

Además de estas herramientas, la herramienta genérica Crear Marco se puede utilizar para crear cualquiera de los tipos anteriores o uno que no esté cubierto por ninguna de las herramientas específicas. La herramienta de marco genérico le pedirá que especifique el tipo de marco a través de un cuadro de diálogo. Las herramientas específicas funcionan de la misma manera, excepto que no se le solicita que especifique el tipo de marco (está implícito en la herramienta específica).

Para crear un marco, seleccione una de las herramientas de creación de marcos haciendo clic con el botón izquierdo del mouse sobre ella. El puntero del mouse cambiará a esa herramienta mientras se encuentre sobre un área válida de la hoja de trabajo. Haga clic y arrastre para crear un marco.

➤ **Creando un marco genérico**

Las herramientas de creación de marcos se utilizan para colocar un tipo específico de marco en la hoja de trabajo. Las herramientas que aparecen en la barra de herramientas proporcionan un camino más corto para crear estos marcos. Puede utilizar la herramienta genérica Crear marco para colocar estos y otros marcos en la hoja de trabajo. Para crear un marco, realice los siguientes pasos:

1. Haga clic izquierdo en el puntero del mouse en Crear marco herramienta. El puntero del ratón se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro los márgenes de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra

un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.

5. Suelte el botón del ratón. Se mostrará el cuadro de diálogo Tipo de marco.
6. Seleccione el tipo de marco que se creará en la lista que se muestra.
7. Una vez especificado el tipo de marco, seleccione el botón Aceptar para continuar con la creación del marco. Si decide no crear el marco, seleccione el botón Cancelar.
8. Una vez que se especifica el tipo de marco y se selecciona el botón Aceptar, se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades correspondiente.
9. Una vez especificadas las propiedades, seleccione el botón Aceptar.

- **Cuadro de dialogo tipo de marco**

Especifique el tipo de marco que se creará y colocará en el cuadro que acaba de crear. Una vez que se selecciona el tipo de marco y se presiona el botón Aceptar, se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades del marco (específico para el tipo de marco especificado).

- **Marco del cuadro de texto**

Un marco de cuadro de texto muestra texto dentro de un marco de objeto determinado. El texto dentro del marco es estático. Sólo cambia cuando lo cambias.

- **Cuadro de dialogo propiedades del cuadro de texto**

Este cuadro de diálogo le permite especificar el texto que se mostrará en el marco asociado. Escriba el texto que desea mostrar en la ventana de edición. Puede cambiar la fuente utilizada para mostrar este texto haciendo clic en el botón Fuente y especificando los atributos de fuente. Como en cualquier editor de texto, presionar la tecla Enter creará una nueva línea. Al presionar la tecla Tab, el cursor se colocará en la siguiente posición de la pestaña. Puede cambiar las posiciones predeterminadas de las pestañas seleccionando el botón Pestañas para mostrar el cuadro de diálogo Pestañas.

Puede hacer que DataView® ajuste el texto dentro del rectángulo del marco asociado marcando la casilla junto a la opción Habilitar ajuste de texto.

También puede especificar si se debe dibujar un cuadro alrededor del marco. Al marcar la opción Dibujar cuadro alrededor del marco, se dibujará un cuadro alrededor del marco del objeto.

También puede hacer que el marco crezca con el texto marcando la opción Crecer marco con texto. Cuando las opciones Habilitar ajuste de texto y Ampliar marco con texto están marcadas, el ancho del marco se mantiene y la altura se ajusta para ajustarse al texto mostrado. Si la opción Habilitar ajuste de texto está deshabilitada y el marco Crecer con texto está habilitado, el ancho y el alto del marco se ajustarán para cumplir con los requisitos del texto mostrado.

- **Cuadro de dialogo de pestañas**

El cuadro de diálogo Tabulaciones le permite especificar la posición de las tabulaciones dentro de un marco de texto.

Puede especificar que la posición de la pestaña predeterminada sea cada múltiplo de una medida determinada. Esto se logra al especificar un ancho en el campo Tabulaciones predeterminadas.

También puede forzar tabulaciones en ubicaciones determinadas. Para hacer esto, ingrese un valor en el campo Posición de tabulación y seleccione el botón Establecer. Las posiciones de las tabulaciones se colocarán comenzando con las entradas de la lista, y cada pestaña posterior se colocará según el valor predeterminado de las tabulaciones.

Puede eliminar una posición de pestaña especificada individualmente resaltándola y seleccionando el botón Borrar. También puede eliminar todas las posiciones de las pestañas en la lista haciendo clic en el botón Borrar todo.

➤ **Marco de texto**

Los siguientes pasos describen el proceso de creación de un marco de texto. Para colocar un marco de texto en la hoja de trabajo, realice los siguientes pasos:

1. Haga clic con el botón izquierdo del mouse en Colocar texto herramienta. El puntero del mouse se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro de los márgenes de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación de la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.
5. Suelte el botón del ratón. Se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades del marco.
6. Ingrese el texto del cuadro de texto en el campo de edición de este cuadro de diálogo.
7. Especifique si se va a utilizar ajuste de palabras con este texto. Al marcar la casilla de verificación Habilitar ajuste de texto se habilitará el ajuste de texto. Cuando está habilitado, el texto especificado se dibujará de manera que no se extienda más allá del lado derecho del marco. Se iniciará una nueva línea si una palabra que se mostrará se extenderá más allá del lado derecho del marco. Si el ajuste de palabras no está habilitado, el texto especificado se dibujará en una sola línea.
8. Especifique si se va a dibujar un cuadro alrededor del marco. Al colocar una marca junto a la casilla de verificación dibujar alrededor del marco, se dibujarán líneas a cada lado del marco.
9. Especifique si el marco debe ampliarse al tamaño del texto especificado. Si el ajuste de texto está habilitado, el marco de texto crecerá si no es lo suficientemente grande para

contener el texto. Si el ajuste de texto no está habilitado, el ancho del marco aumentará para adaptarse al tamaño del texto. Si esta opción no está marcada, el tamaño del marco no cambiará para contener el texto.

10. Especifique la fuente que se utilizará haciendo clic en el botón Fuente. Se mostrará el cuadro de diálogo de fuente. Especifique el nombre de fuente, estilo, tamaño, efectos y secuencia de comandos deseados. Una vez especificados los atributos de la fuente, haga clic en el botón Aceptar para aceptar la fuente. Haga clic en el botón Cancelar para cancelar el cambio de fuente.

11. Una vez especificadas las propiedades deseadas para este nuevo marco de texto, seleccione el botón Aceptar. El marco se creará utilizando las propiedades especificadas.

➤ **Se el marco**

Se utiliza un marco de vinculación e incrustación de objetos (OLE) para incrustar elementos de otras aplicaciones en un informe. El objeto está contenido dentro del marco especificado.

Los siguientes pasos describen el proceso de creación de un marco OLE (vinculación e incrustación de objetos) en la hoja de trabajo:

1. Haga clic con el botón izquierdo del mouse en Colocar OLE herramienta. El puntero del mouse se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro del márgene de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de

puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.

5. Suelte el botón del ratón. Se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades del marco.
6. Especifique si es un objeto nuevo o existente haciendo clic en Crear nuevo o Crear desde archivo, respectivamente. Al crear un nuevo objeto, seleccione el tipo de objeto de la lista mostrada. Al incrustar un objeto existente (Crear desde archivo), especifique el nombre del archivo. Una vez especificado, seleccione el botón Aceptar. Si se crea a partir de un archivo, el objeto se incrustará en la hoja de trabajo y se mostrará. Si crea un nuevo objeto, se abrirá la aplicación adecuada que le permitirá crear el nuevo objeto.

3.7.3. Marco de palabra OLE

Los siguientes pasos describen el proceso de creación de un marco OLE (vinculación e incrustación de objetos) de Word en el informe:

1. Haga clic con el botón izquierdo del mouse en Place Word OLE herramienta. El puntero del ratón se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro de los márgenes de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.
5. Suelte el botón del ratón. Se abrirá la aplicación registrada para editar el tipo de archivo .doc.

6. Ingrese el texto que desea colocar en el informe y cierre la aplicación del procesador de textos.

Aunque este marco está diseñado para funcionar con Microsoft Word, debería funcionar con cualquier aplicación registrada (con el sistema operativo) para abrir archivos .doc. En un sistema que no tenga instalado un procesador de textos, se utilizará Word Pad. Desafortunadamente, Word Pad no admite ser un servidor OLE y no funcionará como se desea. En esta situación, el marco se mostrará como un icono y no como el texto ingresado. Si no tiene un procesador de textos instalado, utilice el marco del cuadro de texto para colocar texto en el informe.

3.7.4. *Marco de flecha*

Un marco de flecha se utiliza para dibujar una flecha en un informe.

Cuadro de dialogo propiedades de flecha.

El cuadro de diálogo Propiedades de flecha le permite personalizar la visualización de la flecha asociada. Los siguientes pasos describen el proceso de creación de un marco de flecha:

1. Haga clic con el botón izquierdo del mouse en la flecha de dibujo.herramienta. El puntero del mouse se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro del margen de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.

5. Suelte el botón del ratón. La flecha se dibujará desde el punto en que se presionó el mouse hasta el punto en que se soltó, y la punta de la flecha se colocará en el punto en que se soltó el botón.
6. Cambie las propiedades de la flecha haciendo clic derecho en la flecha y seleccionando Propiedades en el menú emergente. Se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades. Desde este cuadro de diálogo de propiedades puede especificar el grosor de la línea (en píxeles), el color de la línea y el tamaño de la punta de flecha.
7. Una vez especificadas las propiedades de la flecha, seleccione el botón Aceptar. Para cancelar los cambios en la flecha, seleccione el botón Cancelar.

3.7.5. Marco de línea.

Un marco de línea se utiliza para dibujar una línea en un informe. Los siguientes pasos describen el proceso de creación de un marco de líneas:

1. Haga clic con el botón izquierdo del ratón en la línea de dibujo. herramienta. El puntero del mouse se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro del margen de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. Observe que a medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.
5. Suelte el botón del ratón. La línea se dibujará desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha del marco.

6. Cambie las propiedades de la línea haciendo clic derecho en la línea y seleccionando Propiedades en el menú emergente. Se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades. Desde este cuadro de diálogo puede especificar el grosor de la línea (en píxeles) y el color de la línea.
7. Una vez especificadas las propiedades de la línea, seleccione el botón Aceptar. Para cancelar los cambios en la línea, seleccione el botón Cancelar.

3.7.6. Marco de caja

Un marco de caja se utiliza para dibujar un cuadro rectangular en un informe. Los siguientes pasos describen el proceso de creación de un Box Frame (contenedor de datos):

1. Haga clic con el botón izquierdo del mouse en el cuadro de dibujo. Herramienta. El puntero del mouse se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro del margen de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.
5. Suelte el botón del ratón. El cuadro se dibujará desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha del marco.
6. Cambie las propiedades del cuadro haciendo clic derecho en el cuadro y seleccionando Propiedades en el menú emergente. Se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades. Desde este cuadro de diálogo de propiedades puede especificar el grosor de la línea (en píxeles), el color de la línea y el estilo de relleno.

7. Una vez especificadas las propiedades del cuadro, seleccione el botón Aceptar. Para cancelar los cambios en el cuadro, seleccione el botón Cancelar.

3.7.7. Marco grafico

Los siguientes pasos describen el proceso de creación de un marco gráfico. La creación de otros tipos de marco es idéntica a este procedimiento excepto por el cuadro de diálogo de propiedades. Cada tipo de marco tendrá su propio cuadro de diálogo de propiedades exclusivo. Para colocar un gráfico en la hoja de trabajo, realice los siguientes pasos:

1. Haga clic con el botón izquierdo del mouse en Colocar gráfico herramienta. El puntero del mouse se convertirá en esta herramienta mientras esté dentro del margen de la hoja de trabajo.
2. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
3. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.
4. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.
5. Suelte el botón del ratón. Se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades del marco.
6. Seleccione un canal para mostrar resaltándolo (haciendo clic con el botón izquierdo del mouse) en la lista de Canales disponibles, luego haga clic en el botón Agregar>>. El canal seleccionado se agregará a la lista de canales seleccionados. Puede eliminar canales de la lista de canales seleccionados resaltándolos y haciendo clic en <<Remove button. You can add all of the available channels to the selected

channels list by clicking on the Add All>> botón. También puede eliminar todos los canales de la lista de canales seleccionados haciendo clic en <

7. Puede cambiar el color utilizado para dibujar cada uno de los canales resaltando su entrada en la lista de canales seleccionados y seleccionando un color alternativo de la lista desplegable Color de línea. También puede especificar un color distinto de uno de la lista de colores, especificando la cantidad de cada componente de color en los campos Rojo, Verde y Azul.
8. Una vez especificadas las propiedades deseadas para este nuevo marco de gráfico, seleccione el botón Aceptar. El marco se creará utilizando las propiedades especificadas.

- **Cuadro de dialogo propiedades del grafico de canal**

Este cuadro de diálogo consta de tres pestañas: Canales, Escalas y Plantilla.

1. Pestaña Canales Seleccione un canal para mostrar resaltándolo (haciendo clic con el botón izquierdo del mouse sobre él) en la lista de Canales disponibles, luego haga clic en el botón Agregar>>. El canal seleccionado se agregará a la lista de canales seleccionados. Puede eliminar canales de la lista de canales seleccionados resaltándolos y haciendo clic en <Remove button. You can add all of the available channels to the selected channels list by clicking on the Add All> botón. También puede eliminar todos los canales de la lista de canales seleccionados haciendo clic <

Puede cambiar el color utilizado para dibujar cada uno de los canales resaltando su entrada en la lista de canales seleccionados y seleccionando un color alternativo de la lista desplegable Color de línea. También puede especificar un color distinto de uno de la lista de colores, especificando la cantidad de cada componente de color

en los campos Rojo, Verde y Azul. Además, puede utilizar el selector de color para seleccionar entre una gama más amplia de colores.

El selector de color se muestra al hacer clic en el icono de la paleta de colores.

2. Pestaña Escalas La pestaña Escalas le permite especificar cómo se dibujarán las escalas verticales del gráfico asociado. Se proporcionan dos casillas de verificación con un cuadro de edición asociado.

Al colocar una marca junto a Ajustar automáticamente el máximo de escala vertical, se indica a DataView que ajuste automáticamente el extremo superior de la escala vertical para acomodar los canales mostrados. Quitar la marca de esta opción hace que el límite superior de la escala vertical se fije en el valor especificado.

Colocar una marca junto a Habilitar límite inferior para el máximo de escala vertical le permite especificar un valor para el cual el extremo superior de la escala vertical no puede descender.

Al colocar una marca junto a Ajustar automáticamente el mínimo de escala vertical, se indica a DataView que ajuste automáticamente el extremo inferior de la escala vertical para acomodar los canales mostrados. Quitar la marca de esta opción hace que el límite inferior de la escala vertical se fije en el valor especificado.

Al colocar una marca junto a Mostrar unidades de canal en el gráfico, las unidades de cada canal seleccionado para su visualización se mostrarán en el lado izquierdo del gráfico. Cuando se selecciona esta opción, también puede anular las unidades de canal predeterminadas y mostrar otro texto como unidades.

Cuando se selecciona Mostrar unidades de canal en el gráfico, puede marcar Mostrar unidades de canal como. Hacerlo le permitirá ingresar cualquier texto que desee que se muestre para las unidades de escala vertical en el cuadro de edición a la derecha.

Al colocar una marca junto a Sincronizar el período de visualización del cuadro principal/secundario, todos los cuadros del gráfico vinculados a este cuadro se acercan y se desplazan junto con este cuadro.

Al colocar una marca junto a Resaltar el período de tiempo relativo de los fotogramas secundarios, este marco hace que el área del marco se vuelva gris en relación con el período de visualización de los fotogramas secundarios.

Al colocar una marca junto a Ajustar automáticamente la fecha/hora de inicio, se indica a DataView que ajuste automáticamente la hora de inicio en el gráfico para los datos mostrados hasta el punto de muestra más antiguo de los datos que se mostrarán. Quitar la marca le permite anular esta función y especificar manualmente una fecha y hora de inicio. Es esta fecha y hora la que se utiliza cuando se selecciona la función Zoom All.

Al colocar una marca junto a Ajustar automáticamente la fecha/hora de parada, se indica a DataView que ajuste automáticamente la hora de finalización en el gráfico para los datos mostrados hasta el último punto de muestra en los datos que se mostrarán. Quitar la marca le permite anular esta función y especificar manualmente una fecha y hora de finalización. Es esta fecha y hora la que se utiliza cuando se selecciona la función Zoom All. También puede cambiar la fuente utilizada para mostrar el texto en el gráfico haciendo clic en el botón Fuente y especificando los atributos de la fuente.

3. Pestaña Plantilla La pestaña Plantilla le permite especificar cómo se debe tratar el gráfico cuando se abre como parte de una plantilla.

Usar colores definidos por plantilla: esta opción le permite anular los colores del canal definidos en una base de datos con los colores especificados en la pestaña del cuadro de diálogo Canal. Esta opción solo funcionará para los canales que figuran

en la lista de Canales seleccionados. Los canales que no estén presentes en esa lista utilizarán el color predeterminado especificado en la base de datos. Si no se selecciona esta opción, los canales utilizarán de forma predeterminada los colores de la base de datos, independientemente de los colores seleccionados en la pestaña del cuadro de diálogo Canal.

Eliminar marco si la lista de canales seleccionados está vacía cuando se abre a través de una plantilla: esta opción le permite marcar el marco (y todos los marcos secundarios adjuntos) para eliminarlos si la lista de canales seleccionados está vacía después de abrirla a través de una base de datos cuando se usa como plantilla. . Al colocar una marca junto a esta opción, se marca el marco para su eliminación, si está vacío. Cuando no está marcado, el marco no se eliminará incluso si la base de datos no contiene canales similares (según lo definido por la opción Filtro de plantilla).

Ampliar todo al abrir mediante plantilla: al seleccionar esta opción, el gráfico mostrará automáticamente el rango completo de muestras. Automáticamente cuando se abre la base de datos. Si no se selecciona esta opción, el rango de visualización puede limitarse mediante otros cuadros vinculados al gráfico del canal correspondiente.

Filtro de plantilla: esta opción solo se aplica cuando este informe se guarda como plantilla.

Le permite especificar cómo se deben incluir los canales cuando se usa como plantilla para mostrar canales almacenados en una base de datos. Las opciones disponibles son:

1. Solo tipo de canal: cuando se selecciona cualquier canal del mismo tipo (por ejemplo, formas de onda de voltaje) que los actualmente seleccionados para visualización se incluirán automáticamente para visualización

independientemente del código y modificador del canal. DataView admite los siguientes tipos de canales:

Tendencia de voltaje Forma de onda de voltaje

Tendencia actual Exceso de sobretensión de resolución estándar

Exceso de hundimiento de resolución estándar

Exceso de sobretensión de alta resolución

Exceso de hundimiento de alta resolución

Tendencia de resistencia del megóhmetro

Tendencia de voltaje del megóhmetro

Alarma de PowerPad

Potencia de PowerPad

Tendencia de PowerPad

Forma de onda de PowerPad

Transitorio de PowerPad

Información (registro de texto)

Gráfico de barras

2. Tipo de canal y código: cuando se selecciona, cualquier canal del mismo tipo y con el mismo código de medición se incluirá automáticamente para su visualización independientemente del modificador de canales. Un código de canal indica la medición real. Por ejemplo, Volts RSM y Volts THD tienen cada uno el mismo tipo de canal (tendencia de voltaje) pero tienen códigos de medición diferentes.

Tipo de canal, código y modificador: cuando se selecciona, solo se incluirán automáticamente para su visualización los canales con el mismo tipo de datos, el mismo código de medición y el mismo modificador de medición. Por

ejemplo, Volts RMS Min, Volts RMS Max y Volts RMS tienen el mismo tipo de canal y código de canal. Sin embargo, cada uno tiene un modificador de canal diferente (Min, Max y Avg). Como ejemplo supongamos que tenemos los siguientes canales en una base de datos:

Voltios RMS Min

Volts RMS max

Volts RMS

Volts THD Min

Volts THD Max

Volts THD

Forma de onda de voltaje

Corriente RMS Min

Corriente RMS Max

Corriente RMS

Corriente THD Min

Corriente THD Max Corriente THD

Forma de onda de corriente

3. Creamos un marco de gráfico que contiene solo los canales Volts RMS Min y seleccionamos la opción Filtro de plantilla Solo tipo de canal. Luego guarde este informe como plantilla. A continuación, si abrimos la base de datos de muestra con esta plantilla tendremos los siguientes canales seleccionados para su visualización automáticamente:

Voltios RMS Mín.

Voltios RMS Máx.

Voltios RMS

Voltios THD Mín.

Voltios THD Máx.

Voltios THD

4. La razón de esto es que todos estos canales comparten el mismo tipo de canal (tendencia de voltaje). Si hubiéramos especificado el tipo de canal y el código para el filtro de plantilla, los siguientes canales se habrían seleccionado para mostrarse automáticamente.

Voltios RMS Mín.

Voltios RMS Máx.

Voltios RMS

La razón de esto es que todos estos canales tienen el mismo tipo y código. La única diferencia es el modificador (mínimo, máximo o promedio). Finalmente, si hubiéramos seleccionado la opción de filtro de plantilla Tipo de canal, Código y Modificador, solo se habría mostrado el canal Volts RMS Min.

Usando la opción Filtro de plantilla, puede ampliar o reducir la lista de canales que se incluirán. Puede crear una plantilla que solo muestre canales mínimos especificando la opción de filtro adecuada.

Una vez especificadas las propiedades deseadas para este nuevo marco de gráfico, seleccione el botón Aceptar. El marco se creará utilizando las propiedades especificadas.

3.7.8. Marco vinculado

Un marco vinculado es un marco que obtiene sus datos de visualización de un marco principal. La vinculación de marcos permite la interacción entre los marcos vinculados.

Para obtener más información sobre los marcos vinculados, consulte Descripción general del marco vinculado.

Para vincular un marco a otro, realice los siguientes pasos:

1. Seleccione el marco a vincular usando la herramienta de selección de marco. El marco seleccionado se mostrará con el cambio de tamaño. Manijas. Tanto la opción de menú Vincular marco como la herramienta Vincular marco se habilitan solo cuando se selecciona un marco capaz de ser principal (capaz de admitir marcos secundarios). Si el marco seleccionado no admite marcos secundarios, la opción del menú y el icono de la barra de herramientas aparecerán atenuados.
2. Seleccione Vincular marco en el menú Editar o la herramienta Vincular marco desde la barra de herramientas. El cuadro de diálogo Tipo de marco secundario se mostrará. El cuadro de diálogo Tipo de marco secundario le permite especificar el tipo de marco que se creará y vinculará al marco principal previamente seleccionado. La lista Tipo contiene sólo tipos de marcos secundarios, que se pueden vincular al marco principal seleccionado.
3. Seleccione el tipo de marco secundario que se creará y vinculará en la lista Tipo.
4. Una vez especificado el tipo de marco secundario, seleccione el botón Aceptar para continuar con la creación y vinculación de los marcos. Si decide no crear el marco, seleccione el botón Cancelar. Después de seleccionar Aceptar, el cursor cambiará a la herramienta de creación de marco vinculado.
5. Mueva la herramienta de marco a la ubicación de la hoja de trabajo donde se colocará la esquina superior izquierda del marco.
6. Haga clic y mantenga presionado el botón izquierdo del mouse.

7. Arrastre el mouse a la ubicación en la hoja de trabajo donde se ubicará la esquina inferior derecha del marco. A medida que mueve el puntero del mouse, se muestra un cuadro de puntos. Este cuadro de puntos muestra el tamaño y la ubicación del marco que se está creando.
8. Suelte el botón del ratón. Se mostrará el cuadro de diálogo Propiedades específico para el tipo de marco vinculado especificado previamente.
9. Una vez especificadas las propiedades, seleccione el botón Aceptar. El marco secundario se crea y se vincula al marco principal seleccionado en el paso 1 anterior.

Este procedimiento crea una jerarquía de marcos vinculados con el marco principal superior controlando la visualización de los marcos de nivel inferior.

3.7.9. Marco de leyenda del grafico

El marco de leyenda del gráfico es un marco secundario vinculado al marco del gráfico. El marco de leyenda del gráfico muestra los nombres de los canales grabados que se muestran en su marco de gráfico principal. El nombre de cada canal mostrado está precedido por un segmento de línea corto dibujado en el mismo color que su trazo asociado.

El cuadro de diálogo Propiedades de la leyenda del gráfico se utiliza para personalizar la forma en que se muestra el marco de la leyenda del gráfico.



Ilustración 86: Cuadro de Dialogo Propiedades de la Leyenda.

Este cuadro de diálogo tiene dos opciones:

- Dibujar el cuadro alrededor del marco.

- Mostrar unidades de canal

Cuando la opción Dibujar cuadro alrededor del marco está marcada, se dibuja un cuadro alrededor del marco de Leyenda del gráfico. Para evitar que se dibuje un cuadro, quite la marca de verificación.

3.7.10. Marco de análisis de forma de onda

El marco de análisis de forma de onda es un marco secundario vinculado a un marco de gráfico de canal o de micrográfico. El cuadro Análisis de forma de onda muestra la forma de onda seleccionada en su cuadro principal. La forma de onda se puede mostrar en las siguientes formas:

- La instantánea de forma de onda muestra la forma de onda seleccionada.
- Gráfico de barras armónicas muestra un gráfico de barras armónicas de la forma de onda seleccionada.
- Texto armónico muestra un resumen de texto armónico de la forma de onda seleccionada.

El tipo de análisis de forma de onda se especifica en el cuadro de diálogo Propiedades de análisis de forma de onda. Este cuadro de diálogo se muestra haciendo doble clic con el botón izquierdo del mouse mientras la herramienta de selección de marco está sobre el marco deseado, o seleccionando Propiedades en el menú emergente. Al hacer clic con el botón derecho del mouse con la herramienta de selección de marco sobre el marco deseado, se muestra el menú emergente. Además del tipo de análisis, puede especificar si el resumen de texto armónico debe mostrar valores en RMS, amplitud máxima o porcentaje de fundamental. Para ello, seleccione el botón de opción apropiado en el cuadro de grupo Armónicos individuales.

Puede moverse rápidamente entre formas de onda capturadas (seleccionadas para su visualización) usando los comandos de panorámica. Al seleccionar Pan To Start se muestra la primera forma de onda capturada. Al seleccionar Pan To End se muestra la última forma de onda capturada. Al seleccionar Paso a la derecha o Paso a la izquierda se muestra la forma de onda capturada anteriormente o siguiente. Al recorrer las formas de onda capturadas, la selección se moverá desde cada forma de onda hasta el canal asociado con la forma de onda mostrada actualmente. Después de la última forma de onda del canal actual, se mostrará la primera (o última según la dirección del paso) forma de onda del canal siguiente (o anterior).

Al marcar el cuadro principal Zoom al realizar una panorámica, el gráfico principal se acercará al período de tiempo asociado con la forma de onda recién seleccionada. Si el cuadro principal es un Micrográfico, la función de zoom automático hará que los cuadros principales del Micrográfico se actualicen (área gris) para mostrar el tiempo relativo y la ubicación de la forma de onda seleccionada.

También puede congelar los datos mostrados por el marco de análisis en su estado actual marcando el campo Bloquear datos del marco del cuadro de diálogo Propiedades de análisis de forma de onda.

- **Cuadro de dialogo propiedades de análisis de forma de onda**

El cuadro de diálogo Propiedades del análisis de forma de onda se utiliza para especificar el tipo de análisis de forma de onda y varias opciones de visualización. Las opciones disponibles son:

1. Tipo de análisis contiene un grupo de botones de opción que especifican el tipo de análisis que se realizará en la forma de onda asociada.
2. Armónicos individuales contiene un grupo de botones de radio, que especifican cómo se muestran los armónicos individuales en un Resumen de texto

de armónicos. Los valores se pueden mostrar como RMS, amplitud máxima o porcentaje de fundamental.

3. Ampliar el cuadro principal al realizar una panorámica es una casilla de verificación que, cuando se selecciona, hace que el cuadro principal se amplíe al período de tiempo asociado con la forma de onda mostrada. Esto ocurre al emitir un comando de panorámica mientras el cuadro de análisis de forma de onda está seleccionado.
4. Bloquear datos del marco es una casilla de verificación que congela los datos utilizados para mostrar el marco en sus valores actuales. Cuando los datos del cuadro están bloqueados, seleccionar una forma de onda en el cuadro principal no cambia los datos mostrados en este cuadro secundario.
5. El botón Aceptar cierra el cuadro de diálogo y guarda los cambios realizados.
6. El botón Cancelar cierra el cuadro de diálogo sin guardar ningún cambio realizado.

3.7.11. Marco del medidor

Un marco de metros proporciona un resumen textual de las muestras dentro de un píxel de su marco principal. La resolución más fina que puede dibujar el marco principal es un píxel de pantalla (o impresora). Dependiendo de la ampliación de la pantalla, un ancho de píxel puede contener uno o más puntos de muestra. Además, el tiempo asociado con cada posición de píxel depende de la ampliación del zoom y del desplazamiento de la visualización.

Se muestra una línea vertical en el marco principal en la posición del píxel asociada con la hora actual del medidor. A medida que se desplaza hacia la izquierda y hacia la derecha, esta línea vertical se moverá para reflejar la nueva posición del medidor. Al seleccionar

Pan To Start se mueve el medidor a la posición del primer píxel del gráfico principal. Al seleccionar Pan To End se mueve el medidor a la posición del último píxel. Pan Left y Pan Right aumentan el medidor hasta 10 píxeles hacia la izquierda y hacia la derecha, respectivamente. Paso a la izquierda y Paso a la derecha mueven la posición del medidor 1 píxel hacia la izquierda y hacia la derecha, respectivamente.

La información que se muestra en el cuadro del medidor incluye el tiempo asociado con la posición de píxel del cuadro del gráfico principal. También muestra los valores mínimo, máximo y promedio de las muestras para cada canal mostrado durante el período de tiempo de un solo píxel asociado. Además, junto a los valores de medición se muestra una línea corta del mismo color de trazo y nombre del trazo del marco principal asociado. Además, el número de muestras dentro del período de tiempo de un solo píxel se indica al final de cada nombre de seguimiento.

3.7.12. Cuadro de dialogo propiedades del medidor

El cuadro de diálogo Propiedades del medidor le permite personalizar la visualización del marco del medidor. Colocar o quitar la marca junto a cada una de las siguientes opciones habilita y deshabilita la visualización del parámetro asociado.

Hora de inicio cuando está marcada, se muestra la hora de inicio del medidor en el gráfico asociado.

1. Duración cuando se marca, se muestra la duración de la línea del medidor en el gráfico asociado.
2. Valor mínimo cuando se marca, se muestra el valor mínimo en el conjunto de muestra.
3. Valor máximo cuando se marca, se muestra el valor máximo en el conjunto de muestra.

4. Valor promedio cuando se marca, se muestra el valor promedio en el conjunto de muestra.
5. Valor de la primera muestra cuando se marca, se muestra el valor de la primera muestra en el conjunto de muestras.
6. Número de muestras cuando se verifica, se muestra el número de muestras en el conjunto de muestras.

3.7.13. Marco de lista de canales

El marco de Lista de canales se puede utilizar de forma independiente o como un marco secundario vinculado a un marco de Gráfico de canales. El marco Lista de canales muestra una lista textual de registros para una lista específica de canales.

Cuando se usa de forma independiente, usted especifica la base de datos que se cargará.

Cuando se crea de forma independiente, puede vincularle otros marcos como si fuera un marco de gráfico.

Habilitar el zoom del marco principal al seleccionar hará que el gráfico principal se amplíe al período de tiempo asociado con la entrada de registro del canal recién seleccionado.

Habilitar Forzar visualización de seguimiento hará que el seguimiento del registro del canal seleccionado se habilite para su visualización en el marco principal, incluso si aún no lo estaba. Esto tiene el efecto de forzar la visualización de un registro de canal incluso si previamente está deshabilitado.

- **Cuadro de dialogo propiedades de la lista de canales**

El cuadro de diálogo Propiedades de la lista de canales le permite especificar qué datos se muestran en su marco de lista asociado. Este cuadro de diálogo consta de tres pestañas: Lista de canales, Parámetros y Plantilla.

- **Pestaña Lista de canales**

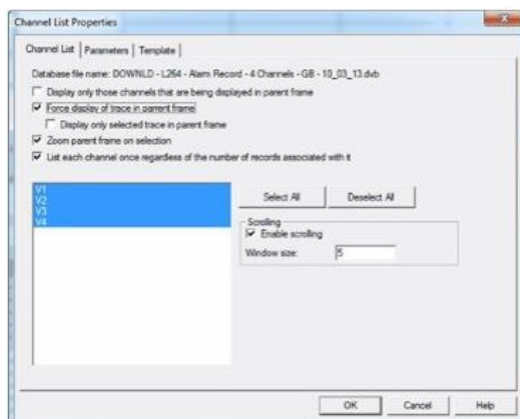


Ilustración 87: Pestaña-Lista de Canales

Esta pestaña especifica las opciones de resumen disponibles para el marco del informe Lista de canales. En la parte superior de la pestaña, Nombre del archivo de base de datos identifica el nombre de la base de datos que contiene los datos del canal grabado. Debajo del nombre del archivo de la base de datos hay cinco casillas de verificación:

1. Muestra sólo aquellos canales que se muestran en el marco principal. Cuando esta casilla de verificación está seleccionada, el marco de la Lista de canales solo incluirá los canales que se muestran en el marco principal de la Lista de canales. Esto permite a los usuarios (por ejemplo) correlacionar más fácilmente los canales enumerados con sus gráficos. Cuando no se selecciona esta opción, se incluirán todos los canales que se hayan agregado previamente a la Lista de canales, independientemente de si también se muestran o no en el marco principal.
2. Forzar visualización de seguimiento: cuando se selecciona, esta opción habilita la visualización del registro del canal seleccionado en el marco principal, incluso si se ha desactivado previamente. Cuando esta casilla de verificación está seleccionada, se activa la casilla de verificación Mostrar solo la traza seleccionada en el marco principal. Cuando está marcada, esta opción le indica a DataView que solo muestre

la prueba seleccionada; todas las demás entradas se eliminan del gráfico. Cuando Mostrar solo el seguimiento seleccionado en el marco principal no está marcado, el canal seleccionado se agrega y los que ya están en el gráfico permanecen. Esto significa que cada vez que selecciones una prueba se agregará al gráfico junto con los canales previamente seleccionados; esto podría provocar que los resultados de las pruebas se muestren sobre otros resultados de pruebas en el gráfico.

3. Ampliar el marco principal al seleccionar: cuando está marcado, el gráfico principal se amplía automáticamente al período de tiempo asociado con la entrada recién seleccionada.
4. Enumere cada canal una vez, independientemente de la cantidad de registros asociados con él: cuando esté marcado, cada canal aparecerá en la Lista de canales solo una vez. Un canal puede tener múltiples registros asociados, dependiendo de su configuración. Por ejemplo, una grabación continua sin interrupciones en los datos normalmente ocupará un solo registro, mientras que un canal con interrupciones en los datos (como un registrador configurado para grabar solo en condiciones de alarma) probablemente requerirá múltiples registros. Al seleccionar la casilla de verificación Enumerar cada canal una vez, independientemente del número de registros asociados con él, los canales se enumeran solo una vez; Cuando esta opción no está marcada, la Lista de canales mostrará todos los registros asociados con cada canal.

Debajo de estas casillas de verificación hay campos para seleccionar canales. Todos los canales disponibles contenidos en la base de datos del gráfico principal se enumeran en la ventana de la izquierda. Seleccione los canales que se utilizarán en el marco del informe de la lista de canales. Se pueden seleccionar uno o más canales. Para seleccionar más de

una entrada, presione y mantenga presionada la tecla CTRL mientras hace clic derecho en una entrada de la lista. Haga clic en Seleccionar todo para incluir todos los canales disponibles en el marco de la Lista de canales; Deseleccionar todo anula la selección de todos los canales seleccionados previamente.

Al seleccionar Habilitar desplazamiento, se indica al marco que solo muestre un número específico de líneas. Cuando esta opción está marcada, el campo Tamaño de ventana se activa para permitirle ingresar el número de entradas que se mostrarán a la vez. Cuando el desplazamiento está habilitado, se muestra una barra de desplazamiento a lo largo del lado derecho del marco para moverse por la lista.

- **Pestaña de parámetros**

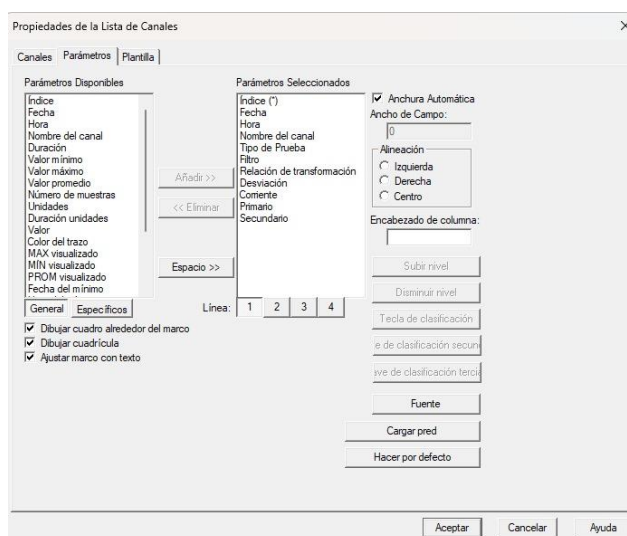


Ilustración 88: Pestaña de Parámetros de Lista de Canales.

Esta pestaña le permite seleccionar qué parámetros se enumerarán en el marco de la Lista de canales y cómo se formatean y muestran. Las entradas en Parámetros seleccionados son los elementos que se muestran en cada línea de la lista. Puede agregar un parámetro resaltándolo en la lista Parámetros disponibles y haciendo clic en Agregar. Puede eliminar un parámetro de Parámetros seleccionados resaltándolo y haciendo clic en Eliminar.

También puede agregar espacios entre los parámetros cuando se muestran haciendo clic en el botón Agregar espacio.

Debajo de la lista de parámetros disponibles hay dos botones denominados General y Específico. El botón General muestra los parámetros disponibles que son comunes a todos los canales de la lista. El botón Específico muestra parámetros que se aplican solo a canales específicos.

Debajo de estos botones hay tres casillas de verificación:

1. Dibujar cuadro alrededor del marco cuando está marcado da como resultado que se dibuje un cuadro alrededor de la tabla de Lista de canales.
2. Dibujar cuadrícula específica que desea que se dibuje una cuadrícula entre cada columna y fila de la tabla.
3. Aumentar el marco con texto hace que el marco de la lista de canales cambie automáticamente el tamaño de forma adecuada dependiendo de la cantidad de texto que contenga.

Debajo de la lista de parámetros seleccionados se encuentran los cuatro botones de línea. Estos botones especifican la línea en la que aparecerán los parámetros seleccionados. Por ejemplo, haga clic en el botón etiquetado como 1 y seleccione los parámetros que aparecerán en la primera línea. Cuando haya terminado, puede hacer clic en el botón etiquetado con 2 para agregar parámetros a la segunda línea, y así sucesivamente hasta la cuarta línea.

El ancho de cada columna (entrada de parámetro) se puede ajustar automáticamente o puede especificar un ancho fijo. Para ajustar automáticamente el ancho de todas las columnas, seleccione la casilla de verificación Ancho automático. Para especificar un ancho de columna fijo, desmarque Ancho automático. Esto habilita el campo Ancho de

campo; utilice este campo para ingresar el ancho del parámetro seleccionado. Debe seleccionar cada parámetro por turno para establecer el ancho de su columna.

Los botones de opción Alineación definen la alineación horizontal (izquierda, derecha o centro) para el parámetro seleccionado. Debe seleccionar cada parámetro por turno para cambiar la alineación de su columna asociada.

Puede asignar un nombre al parámetro seleccionado para que aparezca en la parte superior de la columna de la tabla Lista de canales. Para hacer esto, resalte el parámetro e ingrese texto en el campo Encabezado de columna. Este texto aparecerá en lugar del nombre del parámetro en la columna apropiada en la tabla Lista de canales.

Los parámetros se pueden mover hacia arriba o hacia abajo en la lista de Parámetros seleccionados seleccionando la entrada deseada y presionando los botones Promocionar y/o Degradar. Los parámetros que se encuentran más arriba en la lista se muestran antes que los que están más abajo en la lista. Promocionar una entrada la acerca al inicio de la línea mostrada. Degradar una entrada la acerca al final de la línea mostrada.

El botón Crear clave de clasificación designa el parámetro seleccionado como el valor por el cual se ordenarán las entradas en la lista de canales. Aparece un asterisco (*) junto al parámetro que se ha definido como clave de clasificación.

También puede cambiar la fuente utilizada para mostrar el texto en la tabla haciendo clic en el botón Fuente y especificando los atributos de la fuente.

El botón Cargar predeterminado le permite recuperar una lista de parámetros, posiciones de tabulación y fuente de texto previamente guardados. Y el botón Establecer como predeterminado le permite guardar la lista de parámetros actualmente seleccionados para recuperarlos en el futuro. Al seleccionar el botón Establecer como predeterminado se guardan los parámetros, las posiciones de las pestañas y la fuente del texto actualmente seleccionados en el registro de Windows. Sólo se puede guardar una única configuración

predeterminada a la vez. Make Default sobrescribe la configuración predeterminada anterior.

- **Pestaña Plantilla**

Esta pestaña proporciona configuraciones que se aplican si el informe que contiene esta lista de canales se utilizará como plantilla de informe DataView. Esta pestaña incluye tres casillas de verificación y un conjunto de botones de opción. Las casillas de verificación, que aparecen en la parte superior de la pestaña, son las siguientes:

1. Eliminar la hoja de trabajo en la que se encuentra esta lista cuando se abre como plantilla y la lista está vacía permite que las hojas de trabajo vacías se eliminen automáticamente al crear un informe a partir de la plantilla. Por ejemplo, si agrega una pestaña que contiene una lista de canales para un tipo de canal específico, puede hacer que la hoja de trabajo se elimine automáticamente si se abre una base de datos que no contiene este tipo de canal usando esta plantilla. La hoja de trabajo se vuelve opcional y solo se agrega al informe si la lista no está vacía.
2. Mostrar solo la primera entrada de la lista que cumple con el filtro de plantilla especificado indica a DataView que solo incluya el primer canal en la lista de canales que cumpla con la configuración del filtro de plantilla (ver más abajo).
3. Duplicar la hoja de trabajo para cada entrada de la lista que cumpla con el filtro de plantilla especificado da como resultado la creación de una hoja de trabajo separada para cada canal que cumpla con los criterios del filtro de plantilla.

Debajo de estas casillas de verificación se encuentran los botones de opción Filtro de plantilla. Esta configuración solo se aplica si el informe que contiene esta lista de canales se guarda como plantilla. El filtro de plantilla le permite especificar qué canales deben incluirse cuando se utiliza la plantilla para mostrar canales almacenados en una base de datos. Las opciones de filtro de plantilla amplían o reducen la lista de canales que se

incluirán. Puede crear una plantilla que solo muestre los canales exactos que desea especificando la opción de filtro adecuada.

1. Todos los resultados en todos los canales enumerados se muestran mediante la plantilla, sin filtrar.
2. Solo tipo: cuando se selecciona, cualquier canal del mismo tipo (por ejemplo, formas de onda de voltaje) que los seleccionados actualmente para su visualización se incluirá automáticamente para su visualización independientemente del código y modificador del canal.

DataView admite los siguientes tipos de canales:

Tabla 10: Tabla de Canales Compatibles con DataView.

Tendencia de voltaje	Poder del Power Pad	Tendencia del evento
Forma de onda de voltaje	Tendencia PowerPad	Medición TIC
Tendencia actual	Forma de onda del PowerPad	Resultado DTR
Forma de onda actual	PowerPad transitorio	Resultado del monitoreo
Sobretensión de baja resolución	Información	Tipo de datos de agregación
Superar la caída de baja resolución		
	Gráfico de barras	Tipo de lista de eventos
Superar el aumento de alta resolución	mapa de bits	Tendencia
Exceda el hundimiento de alta resolución	Resultado del probador de tierra	Total de sesión
Tendencia de resistencia de		

superación de megaohmios	Traza XY	Irrupción del PowerPad
Tendencia de voltaje en megaohmios	Resultado del microohmímetro	Tendencia armónica del PowerPad
Tipo de evento	Tipo de evento 2	Gráfico de puntos XY

3. Tipo y código: cuando se selecciona, cualquier canal del mismo tipo y con el mismo código de medición se incluirá automáticamente para su visualización independientemente del modificador de canales. Un código de canal indica la medición real. Por ejemplo, Voltios RMS y Voltios THD tienen cada uno el mismo tipo de canal (tendencia de voltaje) pero tienen códigos de medición diferentes.
4. Tipo, código y modificador: cuando se selecciona, solo se incluirán automáticamente para su visualización los canales con el mismo tipo de datos, el mismo código de medición y el mismo modificador de medición. Por ejemplo, Volts RMS Min, Volts RMS Max y Volts RMS tienen el mismo tipo de canal y código de canal. Sin embargo, cada uno tiene un modificador de canal diferente (Min, Max y Avg). Como ejemplo, supongamos que tiene los siguientes canales en una base de datos:

Tabla 11: Tabla de Ejemplos de Canales.

Voltios RMS Mín.	Voltios THD	THD mínimo actual
Voltios RMS máx.	Forma de onda de voltaje	THD actual máx.
Voltios RMS	RMS mínimo actual	THD actual
Voltios THD Mín.	RMS máx. actual	Forma de onda actual
Voltios THD máx.	RMS actual	

Usted crea un marco de gráfico que contiene solo los canales Voltios RMS Min y selecciona la opción Filtro de plantilla Solo tipo. Guarde este informe como plantilla. A continuación, cuando abra la base de datos de muestra con esta plantilla, tendrá los siguientes canales seleccionados para mostrarse automáticamente:

Voltios RMS Mín. Voltios THD Mín.

Voltios RMS máx. Voltios THD máx.

Voltios RMS Voltios THD

La razón de esto es que todos estos canales comparten el mismo tipo de canal (tendencia de voltaje). Si, en cambio, especifica Tipo y Código para el filtro de plantilla, los siguientes canales se seleccionan para mostrarse automáticamente:

Voltios RMS Mín.

Voltios RMS Máx.

Voltios RMS

Todos estos canales tienen el mismo tipo y código; la única diferencia es el modificador (Min, Max o Avg). Finalmente, si selecciona la opción Tipo de Canal Tipo, Código y Modificador; sólo se mostrará el canal Volts RMS Min.

3.7.14. Trabajar con marcos.

Una vez creado un marco, se puede mover, cambiar de tamaño, cortar, copiar y pegar en la hoja de trabajo. Además, se pueden modificar sus propiedades asociadas.

Para seleccionar un marco para modificarlo, use la herramienta Seleccionar marco, luego seleccione el marco deseado colocando el puntero del mouse sobre él y haciendo clic con el botón izquierdo del mouse. Se mostrarán controladores de cambio de tamaño alrededor del marco seleccionado. La siguiente figura muestra un marco de gráfico que se ha seleccionado.

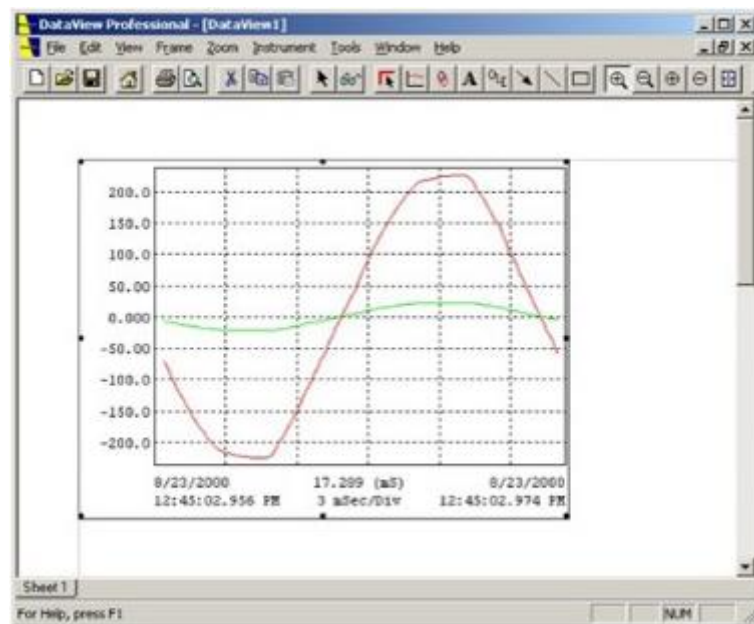


Ilustración 89: Ejemplo de Marco de Gráficos.

Se ha seleccionado el marco del gráfico y se muestran los controladores de cambio de tamaño. Los controladores de cambio de tamaño están ubicados en cada una de las cuatro esquinas y en el medio de cada uno de los cuatro lados. Cuando el puntero del mouse está sobre un controlador de cambio de tamaño, el puntero cambia a una flecha de cambio de tamaño que indica la dirección en la que el controlador cambiará el tamaño del marco. Para cambiar el tamaño del marco, haga clic y arrastre el controlador de cambio de tamaño en la dirección requerida. Arrastrar el controlador superior izquierdo deja la esquina inferior derecha del marco anclado y le permite mover la esquina superior izquierda del marco. Cada una de las esquinas restantes le permite moverla dejando fija la diagonal de la esquina. Al arrastrar uno de los controladores de cambio de tamaño ubicados en el medio de un lado, se mueve solo el lado correspondiente, dejando fijas las esquinas del otro lado.

Al hacer clic y arrastrar en el centro del marco, se moverá el marco (a menos que el marco esté bloqueado). Observe que el puntero del mouse cambia a cuatro flechas cuando está sobre el marco. Cuando el puntero del mouse no está sobre el marco seleccionado, es la

herramienta de selección predeterminada y no permite cambiar el tamaño del marco. En todos los casos, el puntero mostrado indica dónde y cómo se puede cambiar el marco.

Cuando un marco se coloca dentro de otro marco, es posible que no pueda seleccionarlo.

La siguiente figura muestra un cuadro de texto dentro de un marco de gráfico.

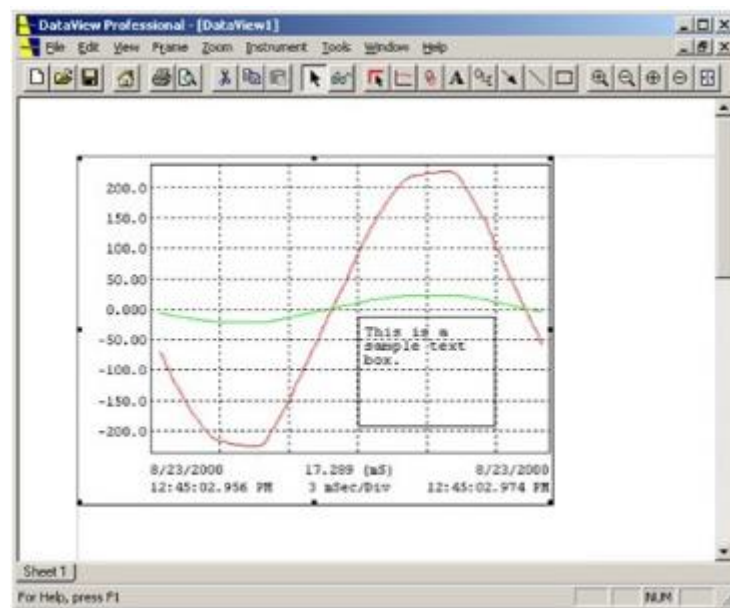


Ilustración 90: Cuadro de Texto dentro de un Marco de Gráfico

Si el gráfico se colocó en la hoja de trabajo antes del cuadro de texto, se seleccionará el gráfico en lugar del texto. Esto se debe a que ocupa el primer lugar en la lista de marcos de la Vista. Cuando DataView busca en la lista de fotogramas una posible selección, primero encontrará el gráfico y se detendrá. Para resolver esto, debes enviar el marco del gráfico al final de la lista. Esto se hace seleccionando el gráfico con el cuadro Seleccionar herramienta y haciendo clic en Enviar al fondo icono de la barra de herramientas. Esto moverá el marco seleccionado al final de la lista. La próxima vez. Si hace clic en el cuadro de texto, se encontrará en la lista antes del marco del gráfico y se seleccionará en lugar del marco del gráfico.

Alternativamente, puede traer un marco al principio de la lista seleccionándolo y haciendo clic en Traer al frente icono de la barra de herramienta. Esto llevará el fotograma seleccionado al principio de la lista de fotogramas.

Las propiedades de un marco se pueden modificar en cualquier momento haciendo clic derecho con la herramienta Seleccionar marco sobre él. Esto mostrará un menú contextual que ofrece opciones relevantes para el tipo de marco sobre el que se encuentra el puntero del mouse. Todos los marcos tendrán una opción de menú Propiedades. Al seleccionar la opción de menú Propiedades se mostrará el cuadro de diálogo de propiedades correspondiente al marco. Cambie las propiedades como desee y seleccione el botón OK.

- **Cortar, copiar y pegar**

DataView® le permite mover (cortar) y copiar fotogramas de una hoja de trabajo a un lugar de almacenamiento temporal llamado portapapeles. Luego puede pegar el marco y su contenido en la misma hoja de trabajo, en otra hoja de trabajo dentro del mismo informe o en otra hoja de trabajo en otro informe.

Además del portapapeles de Windows®, DataView® mantiene su propio portapapeles de aplicaciones para cortar y pegar marcos. El portapapeles de la aplicación se utiliza para cortar y pegar fotogramas dentro de la aplicación DataView®. Cuando se cortan marcos, su contenido también se copia al portapapeles de Windows®. El portapapeles de Windows® se utiliza para copiar datos entre aplicaciones. Los elementos copiados al portapapeles de Windows® se pueden pegar en otras aplicaciones que admitan esta función.

Utilice el comando Pegar para pegar datos en el portapapeles de la aplicación y el comando Pegado especial para pegar desde el Portapapeles de Windows®. El comando Pegado especial pegará los datos del Portapapeles de Windows® como un marco OLE. Para obtener más información sobre Pegado especial, consulte el comando Pegado especial.

3.7.15. Plantillas

Una plantilla es un archivo que define el tipo, la ubicación y las propiedades de los marcos en un informe. A diferencia de un informe, una plantilla no necesita tener una base de datos adjunta. Es decir, cualquier marco de la plantilla que muestre el contenido de una base de datos no contiene necesariamente el nombre de una base de datos. Alternativamente, un informe es una plantilla que tiene los nombres de las bases de datos especificadas en él.

La principal diferencia entre un informe y una plantilla es la extensión del nombre del archivo. Cuando se abre un informe, también se abren y cargan las bases de datos especificadas. Cuando se abre una plantilla, se le pide al usuario que especifique los nombres de los archivos de base de datos necesarios, momento en el que la plantilla se adjunta a la base de datos y se convierte en un informe. DataView® viene con un conjunto de plantillas, cada una para un tipo específico de instrumento y configuración.

Una plantilla se adjunta a una base de datos mediante cualquiera de los siguientes métodos:

1. Descarga de datos del instrumento.
 2. Abrir una plantilla.
 3. Abrir una base de datos.
- **Crear informe desde el cuadro de dialogo de plantilla.**

El cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla le permite seleccionar, en un solo lugar, archivos de plantilla y base de datos que se unirán para crear un informe.

Este cuadro de diálogo contiene las siguientes opciones:

1. Campo de nombre de plantilla: especifica la plantilla que se utilizará en la creación de un informe. Este campo se especifica mediante el botón Examinar o seleccionando una plantilla del cuadro de lista de plantillas.

2. Botón Examinar plantilla: este botón (ubicado al lado del campo Nombre de plantilla) le permite seleccionar (a través del cuadro de diálogo Abrir archivo) el archivo de plantilla que desee.
3. Cuadro de lista de grupos de plantillas: enumera los grupos (directorios) que se encuentran en el directorio de plantillas.
4. Cuadro de lista de plantillas: enumera las plantillas dentro del grupo seleccionado.
5. Cuadro de lista de bases de datos: indica el número de bases de datos necesarias para cumplir con los requisitos de la plantilla especificada.
6. Botón Explorar base de datos: este botón (ubicado al lado del cuadro de lista Base de datos) le permite seleccionar (a través de un cuadro de diálogo de archivo abierto) los archivos de base de datos deseados.

El proceso de creación de un informe se realiza en los siguientes pasos:

1. Especifique la plantilla a utilizar.
2. Especifique la base de datos (o bases de datos) que desea ver.
3. Seleccione el botón Aceptar.

Cada paso debe completarse en orden. La plantilla debe seleccionarse antes de poder seleccionar una base de datos. La lista de bases de datos debe completarse antes de poder seleccionar el botón Aceptar. Los controles para cada paso están deshabilitados hasta que se completa el paso anterior.

Dependiendo de cómo se invocó este cuadro de diálogo, es posible que la plantilla o las entradas de la base de datos ya estén especificadas. Por ejemplo, cuando se invoca desde el cuadro de diálogo Inicio rápido seleccionando el botón Crear nuevo informe a partir de plantilla, no se completa ninguno de los dos pasos. Cuando se invoca seleccionando una base de datos para abrir o después de descargar datos de un instrumento, Paso 2: Especificar la base de datos contendrá el nombre de la base de datos especificada previamente. Cuando

se invoca seleccionando una plantilla para abrir, Paso 1: Especificar plantilla contendrá el nombre de la plantilla especificada previamente.

Una plantilla se especifica seleccionando una mediante el botón Examinar o seleccionando una de la lista Plantillas. Cuando se utiliza el botón Examinar, se muestra un cuadro de diálogo Abrir archivo. Utilice este cuadro de diálogo para localizar y seleccionar una plantilla que no esté en uno de los grupos. Para seleccionar una plantilla de un grupo, primero seleccione la entrada correspondiente en el cuadro de lista Grupos. La lista de Plantillas se actualizará para reflejar las plantillas dentro del grupo seleccionado. Luego seleccione una plantilla del cuadro de lista Plantillas.

Cuando se selecciona una plantilla, se escanea para identificar la cantidad de bases de datos que requiere. El número de bases de datos se indica en el cuadro de lista Especificar base de datos. Por ejemplo, al seleccionar una plantilla que requiere dos bases de datos diferentes, aparecen las entradas 1: y 2: en el cuadro de lista de la base de datos.

Si se invocó el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla al seleccionar una base de datos para abrir, la lista Especificar base de datos se inicializará con 1: Nombre de la base de datos (donde Nombre de la base de datos es el nombre de la base de datos seleccionada previamente) como la primera y única entrada. La selección posterior de una plantilla utilizará este nombre de base de datos como el primero y agregará entradas vacías para cualquier base de datos adicional requerida.

Una vez que se ha especificado la plantilla, la base de datos se puede seleccionar usando el botón Examinar ubicado al lado de la lista Base de datos. Si las bases de datos ya se han especificado (ya sea antes de invocar este cuadro de diálogo o seleccionando el botón Examinar) y ninguna de estas entradas de base de datos está seleccionada, el botón Examinar base de datos está deshabilitado.

Una entrada de la base de datos listada se puede cambiar seleccionando primero la entrada de la base de datos y luego seleccionando el botón Examinar. Al especificar una base de datos, se modifica la entrada de la base de datos resaltada. Si no se selecciona ninguna entrada de la base de datos y quedan entradas por especificar, al seleccionar el botón Examinar se establece la primera entrada de la base de datos no especificada. Si se especifican todas las entradas de la base de datos y no se selecciona ninguna de estas entradas, el botón Examinar base de datos está deshabilitado.

3.7.16. Adjuntar plantilla al descargar datos.

Se puede adjuntar una plantilla a una base de datos en el momento en que se crea la base de datos. El proceso de descargar, guardar y ver datos de un instrumento requiere los siguientes pasos:

1. Seleccione Descargar en el menú Instrumento. Se muestra el cuadro de diálogo Conexión.
2. Seleccione el puerto de comunicaciones y la tarifa en los cuadros de lista desplegable.
3. Seleccione el botón de diálogo Aceptar. Se establecerá una conexión con el instrumento y se descargarán todos los datos actualmente almacenados en él.
4. Una vez que se complete la descarga, se mostrará el cuadro de diálogo Guardar como. Especifique el nombre bajo el cual guardar la base de datos.
5. Especifique las propiedades de la sesión.
6. Se mostrará un cuadro de diálogo que indica el éxito o el fracaso del proceso de decodificación de datos. Suponiendo que la decodificación de datos fue exitosa, seleccione el botón Aceptar y continúe. Si se informó un error, resuélvalo antes de continuar.

7. Responda sí a la pregunta: "¿Desea abrir la base de datos que acaba de descargar?"

Se mostrará el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.

8. Seleccione la plantilla que se utilizará para la visualización inicial de la base de datos. Consulte la Sección 5.1 para obtener más información sobre este cuadro de diálogo.
9. Seleccione el botón Aceptar en el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.
10. Personaliza cada marco de objeto como desees.

Una vez que se cierra el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla y se especifica la transformación, se mostrará el informe resultante, momento en el cual podrá verlo y manipularlo como desee.

- **Adjuntar base de datos al abrir una plantilla.**

Cuando se abre una plantilla, se le pide al usuario que proporcione los nombres de las bases de datos necesarias para completar su visualización. Cuando se especifican las bases de datos, se adjuntan a la plantilla y se convierte en un informe.

1. Los siguientes pasos ilustran el procedimiento para abrir una plantilla y crear un informe:
2. Seleccione Abrir en el menú Archivo.
3. Seleccione Archivos de plantilla DataView® (*.dvt) en la lista desplegable Archivos de tipo:.
4. Seleccione o especifique el nombre del archivo de plantilla.
5. Seleccione el botón Abrir. Se mostrará el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.

6. Especifique el nombre de cada archivo de base de datos necesario para completar la transformación de la plantilla en un informe. Consulte el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla para obtener más información.
7. Seleccione el botón Aceptar en el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.
8. Personaliza cada marco de objeto como desees.

Una vez que se cierra el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla y se especifica la transformación, se mostrará el informe resultante, momento en el cual podrá verlo y manipularlo como desee.

- **Adjuntar plantilla al subir una base de datos**

Cuando se abre una base de datos, se le pide al usuario que proporcione el nombre de la plantilla para definir su visualización. Cuando se especifica la plantilla, se adjunta a la base de datos, lo que genera un informe.

1. Los siguientes pasos ilustran el procedimiento para abrir una base de datos y crear un informe:
2. Seleccione la opción Abrir en el menú Archivo.
3. Seleccione Archivos de base de datos DataView® (*.dvb) de la lista desplegable Archivos de tipo.
4. Seleccione o especifique el nombre del archivo de base de datos.
5. Seleccione el botón Abrir. Se mostrará el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.
6. Seleccione la plantilla que se utilizará para la visualización inicial de la base de datos. Consulte la Sección 15.1 para obtener más información.
7. Especifique las bases de datos adicionales (si las hay) requeridas por la plantilla seleccionada.

8. Seleccione el botón Aceptar en el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.
9. Personaliza cada marco de objeto como desees.
10. Una vez que se cierra el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla y se especifica la transformación, se mostrará el informe resultante, momento en el que podrá verlo y manipularlo como desee.

- **Crear plantilla**

Se crea una plantilla cuando se guarda un informe con la base de datos separada. Los siguientes pasos ilustran el procedimiento de creación de una nueva plantilla:

1. Abra un informe existente o cree uno nuevo.
2. Modifique el informe como desee.
3. Seleccione la opción Guardar como plantilla en el menú Archivo.
4. Especifique el nombre de la plantilla en el campo Nombre de archivo.
5. Seleccione el botón Guardar.

- **Modificar plantilla**

Una plantilla sólo se puede modificar cuando es un informe. Las plantillas no se modifican en su formato nativo y sólo cuando se adjuntan los datos a mostrar. Los siguientes pasos ilustran el procedimiento de modificación de una plantilla:

1. Seleccione Abrir en el menú Archivo.
2. Seleccione Archivos de plantilla DataView® (*.dvt) en la lista desplegable Archivos de tipo.
3. Seleccione o especifique el nombre del archivo de plantilla.
4. Seleccione el botón Abrir. Se mostrará el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.

5. Especifique el nombre de cada archivo de base de datos necesario para completar la transformación de la plantilla en un informe. Consulte el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla para obtener más información sobre este cuadro de diálogo.
6. Seleccione el botón Aceptar en el cuadro de diálogo Crear informe a partir de plantilla.
7. Personaliza cada marco de objeto, como desees.
8. Guarde el informe como una plantilla usando el nombre especificado en el paso 3. Consulte Creación de una plantilla para conocer los pasos para completar este proceso.

Se puede crear una nueva plantilla, basada en una plantilla existente, utilizando el procedimiento anterior, excepto que se especifique un nombre diferente. La plantilla original se dejará como está y se creará una nueva con el nombre especificado.

4. CAPITULO IV: APLICACION DEL TTR/DTR AEMC 8510 PARA LA MEDICION DE RELACION DE TRASFORMACION EN TRANSFORMADORES.

4.1. DESARROLLO DE PRUEBAS REALIZADAS EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA E INSTRUMENTACION EN LA CENTRAL DE GENERACION DE ENERGIA HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE CEL.

4.1.1. Introducción.

Este informe presenta el proceso de desarrollo y ejecución de las pruebas de relación de transformación en una serie de transformadores de potencias trifásicas y monofásicas, de instrumentación de potencial y corriente de equipos principales y auxiliares de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre, pertenecientes a CEL. La correcta realización de estas pruebas es fundamental para verificar el funcionamiento adecuado de los transformadores, con esto poder asegurar la calidad del servicio eléctrico y prevenir fallas que puedan afectar la operación de la central.



Ilustración 91: fachada de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.

4.1.2. Generalidades de la central.

La central hidroeléctrica 15 de Septiembre está ubicada sobre el río Lempa, kilómetro 90 carretera panamericana, cantón San Lorenzo, jurisdicción de Ildefonso, departamento de San Vicente, y cantón Condadillo, jurisdicción de Estanzuelas, departamento de Usulután. Se encuentra a una altura inferior a 60 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 12: Tabla de Datos de Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.

DATOS DE LA CENTRAL	
Tipo de central	Hilo de agua
Capacidad instalada	200 MVA
Numero de Turbinas hidráulicas	2
Tipo de Turbinas	KAPLAN de eje vertical
Marca	VOITH HIDRO
Potencia	92000 KW
Velocidad de rotación	105.9 RPM
Velocidad de embalamiento	300 RPM
Salto del río	30 mts
Descarga por turbina	$333 \frac{m^3}{s}$
Niveles de embalse	47- 49 msnm
Embalse	380,000,000 m^3
Compuertas de Bocatoma	3 unidades
Compuertas de vertedero	8 unidades
Área total de la central	370 manzanas

En la central hidroeléctrica 15 de Septiembre se tienen instalados 2 turbogeneradores nombrados como U1 y U2 ambos con características idénticas como se muestra a continuación:

Tabla 13: Tabla de Datos de Generadores con los que cuenta la Central.

DATOS DE LOS GENERADORES	
Marca	ALSTOM
Año de repotenciación	2007
Potencia nominal	100 MVA
Factor de Potencia	0.9
Frecuencia	60 HZ
Conexión del estator	Estrella
Tensión de salida	13.8 KV
Corriente nominal	4185 A
Numero de fases	3
Clase de aislamiento	F
Numero de polos del rotor	68
Tensión de excitación	471.6 V
Corriente de excitación	908.7 A

4.1.3. Principio de funcionamiento de los Turbogeneradores hidráulicos.

El conjunto turbina generador se encuentran acoplados por un eje que permite la rotación de ambos a la vez, cuando la energía potencial almacenada en el embalse se convierte a energía cinética posterior al abrir las compuertas de Bocatoma, regulando la entrada de flujo de agua que va desde la cámara de espiral a la Turbina, pasando por medio de los alabes del distribuidor para poder obtener la velocidad nominal de la Turbina de 105.9 RPM, pasando a ser energía mecánica rotacional, la cual nos permitirá tener una frecuencia eléctrica de 60 HZ, posteriormente el rotor del generador gira dentro de un campo electromagnético que se logra a través de la excitatriz, al moverse a través de este campo magnético, se induce corriente a los devanados del estator del generador, en este punto la energía mecánica suministrada por la Turbina KAPLAN se convierte en energía eléctrica en las terminales de salida del generador. Esta energía eléctrica con una tensión trifásica

de 13.8 KV y una frecuencia de 60 HZ, pasa a proceso de elevación de voltaje por medio del transformador de unidad, para evitar pérdidas por caídas de tensión, por las largas distancias que recorrerá en el sistema eléctrico nacional y convirtiendo el bloque de potencia eléctrica generada, a un nivel de voltaje y corriente diferentes a los de la salida del generador. Dicho Transformador de unidad tiene una capacidad similar a la del generador de 100MVA, transformando la tensión generada de 13.8 KV a una tensión de transmisión de 115 KV, pero manteniendo casi en su totalidad el bloque de potencia, tensión normalizada en nuestro país para poder acoplarse al sistema eléctrico nacional a través del enmallado de este por medio de las subestaciones de ETESAL.

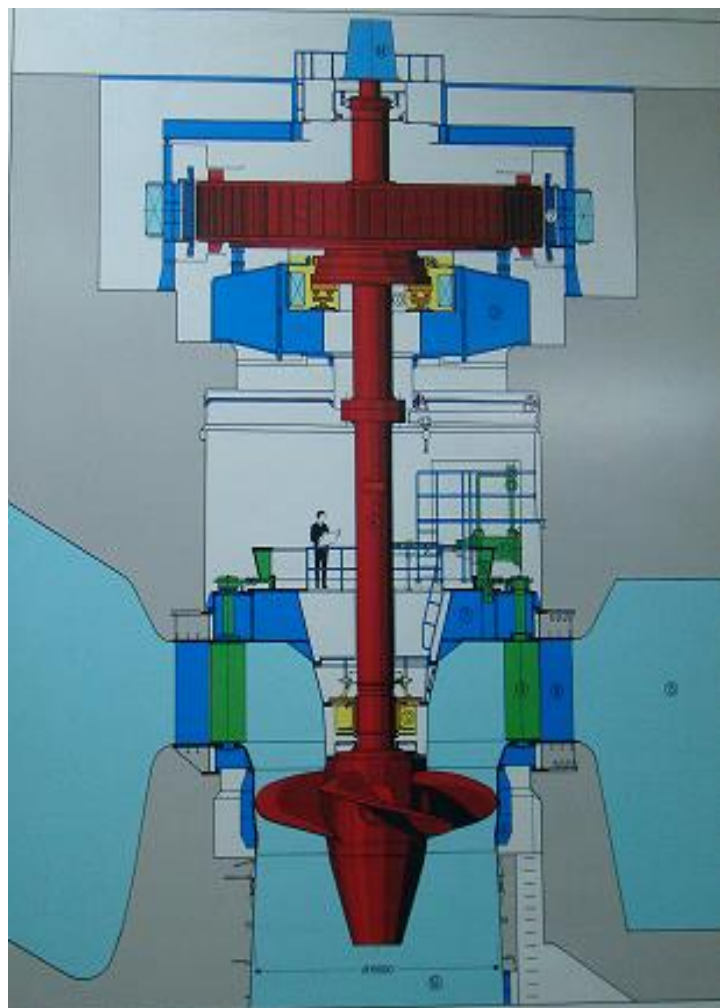


Ilustración 92: Corte Transversal de un Grupo Turbina-Generador de una Central Hidroeléctrica.

En la ilustración 100 se destaca los equipos principales de un conjunto Turbina-Generador hidráulicos:

- Generador.
- Turbina a KAPLAN.
- Eje de acople Turbina-Generador.
- Cojinete de guía de Turbina.
- Cojinete combinado del Generador.
- Frenos del Generador.
- Intercambiadores de calor aire-agua del Generador,

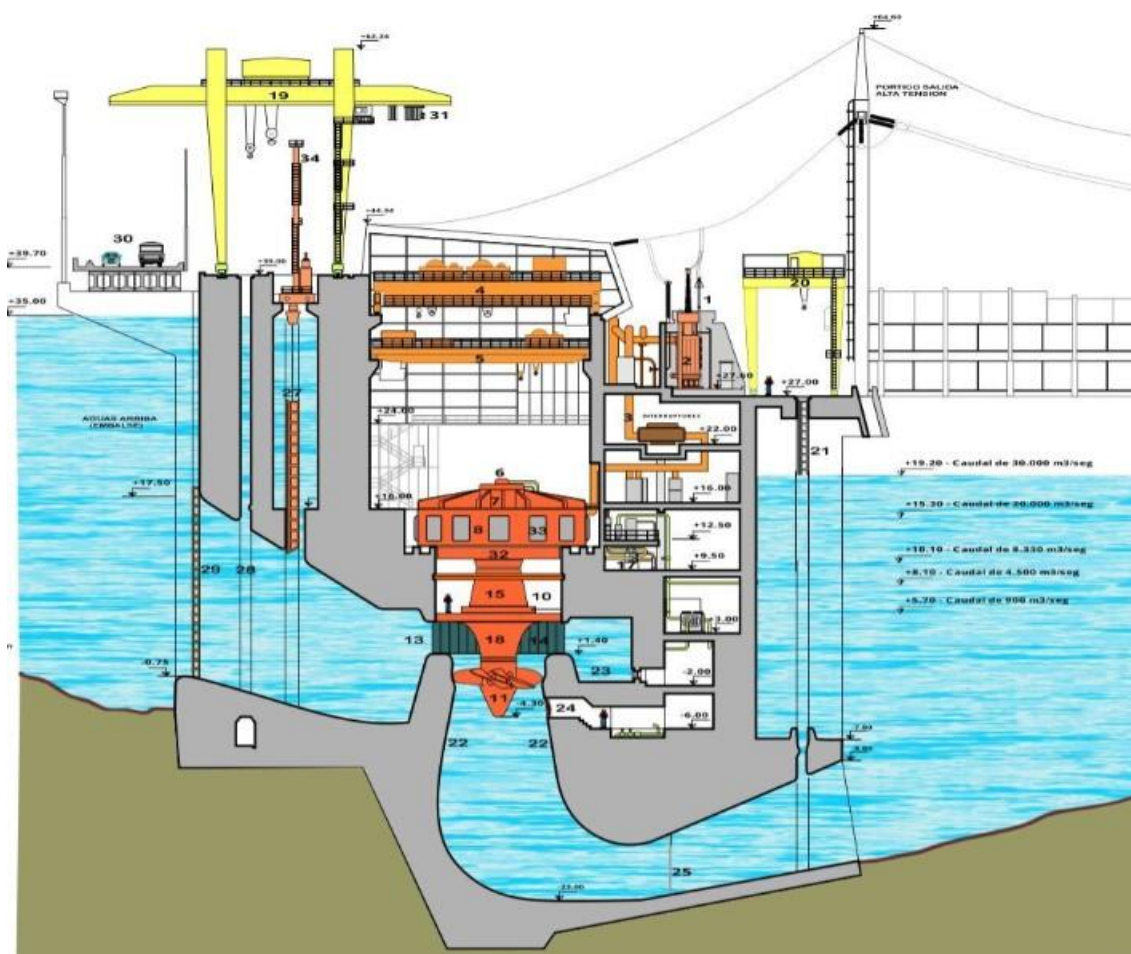


Ilustración 93: Corte Transversal de una Central Hidroeléctrica con Turbina KAPLAN.

En la Ilustración 101 se destacan los equipos principales instalados en una central de generación hidroeléctrica:

- Generador.
- Turbina KAPLAN.
- Eje de acople Turbina-Generador.
- Bocatoma.
- Cámara de espiral.
- Distribuidor de la Turbina.
- Tubo de aspiración.
- Transformador de unidad.
- grúas de Bocatoma, casa de máquinas y tubo de aspiración.

4.2. REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO EN CENTRAL HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE.

4.2.1. *Objetivos.*

- Obtener acceso a la central y a equipos sujetos a pruebas.
- Ejecutar las pruebas siguiendo las normativas y estándares técnicos aplicables.
- Analizar los resultados obtenidos y compararlos con las especificaciones del fabricante.
- Detectar posibles desviaciones o anomalías que requieran atención.

4.2.2. *Metodología.*

Para el desarrollo de las pruebas, se siguieron los siguientes pasos:

- **Solicitud de acceso a la central y de pruebas en equipos:** Por medio de correo electrónico remitido a Gerente de Producción de CEL, se solicitó el acceso a la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre de CEL y a los equipos sujetos a prueba, solicitud realizada en fecha 17-10-2024, teniendo una respuesta positiva el 18-10-2024 para poder seguir con la parte de pruebas de campo de nuestro proyecto de tesis.
- **Las pruebas se realizaron durante 3 fechas:** Obtenido el permiso de acceso a la central se identificaron 3 fechas clave para la realización de pruebas de transformadores en equipos principales y auxiliares de C.H. 15 de Septiembre, las cuales se listan a continuación:

- Realización de pruebas en transformadores identificados en plataforma de descarga de la central y en bodega de almacenamiento de materiales, repuestos y equipos (21-10-2024), previo al inicio de las pruebas se realizó una inducción por parte del Técnico de Seguridad Ocupacional de la C.H. 15 de Septiembre para dar los pormenores de sistema de gestión integrada que se ha implementado en la autónoma y posteriormente se nos asignó un técnico del departamento de mantenimiento eléctrico para acompañar durante los trabajos.



Ilustración 94: Alumnos Recibieron Inducción para el Ingreso a la Central por Personal Técnico.

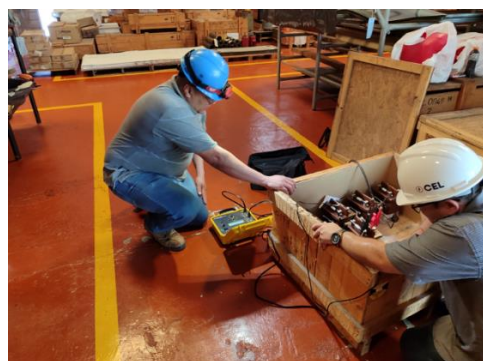
- Realización de pruebas en transformadores de equipos, durante el mantenimiento preventivo bienal de la unidad generadora 2 en periodo 11-11-2024 al 10-12-2024 (prueba a los 3 transformadores de corriente del lado de alta tensión del transformador del AVR2, prueba al transformador de potencia trifásico del AVR 2, prueba al transformador de potencia trifásico del Servicio Propio barra B de la central).
- Realización de pruebas en transformadores de equipos, durante el mantenimiento preventivo bienal de la unidad generadora 1 en periodo 03-02-2025 al 20-03-2025 (Prueba al transformador de potencia trifásico del AVR 2, prueba al transformador de potencia trifásico del Servicio Propio barra A de la central, Prueba al transformador de potencia monofásico para aterrizamiento del neutro del GU1, prueba a los 6 transformadores de potencial para medición, protección y sincronismo de U1).

- **Revisión de documentación técnica:** Se recopilaron las especificaciones técnicas de los transformadores, incluyendo la relación nominal de transformación, límites de tolerancia y condiciones de operación recomendadas.
- **Análisis de resultados:** Se compararon los valores medidos con las especificaciones del fabricante y se evaluaron las desviaciones a través de informe generado por el programa DATA VIEW.

Pruebas realizadas el 21-10-2025



Pruebas a transformador monofásico elevador de 1000/35000 V, 300 KVA, para equipo de HI POT de la central.



Pruebas a transformadores de instrumento de potencial con relación de 480/120 para la medición de voltaje en las barras del Servicio Propio.



Pruebas a 2 transformadores de potencia trifásicos de 13.8 KV/480 VAC, 1 MVA, marca GOULD, para respaldo de Servicio Propio de la central.



Pruebas a transformador trifásico de 13.8 KV/520 V, de 750 KVA, marca HITACHI, de respaldo para las excitaciones de los Generadores.



Pruebas a transformadores de instrumento de potencial (6) y corriente (6) lado de alta tensión 13.8 KV del Servicio Propio de la central

Ilustración 95: Registro Fotográfico De Pruebas Realizadas por Alumnos.

**Pruebas Realizadas Durante El Mantenimiento Preventivo Bienal De La Unidad
Generadora 2 En Periodo De 11-11-2024 Al 10-12-2024**



Pruebas a transformador de potencia monofásico de 12000/120-240 V, marca SYLVANIA, de puesta a tierra de neutro del generador de Unidad Generadora 2.



Pruebas a transformador de potencia trifásico, tipo acorazado, conexión delta-estrella, de 1.2 MVA, 13.8KV/750 V, marca SCHNEIDER ELECTRIC del sistema de Excitación del Generador de la unidad Generadora 2.

	
Pruebas de relación de transformación a transformador de potencia trifásico, conexión delta-delta, de 1 MVA, 13.8 KV/480 VAC, para el Servicio Propio barra B de la central	
	
Pruebas a los 3 transformadores de instrumentación de corriente, relación 200/5, para medición y protección del transformador de potencia de Excitación de la unidad 2.	

Ilustración 96: Pruebas en Unidad Generadora # 1- Noviembre 2024.

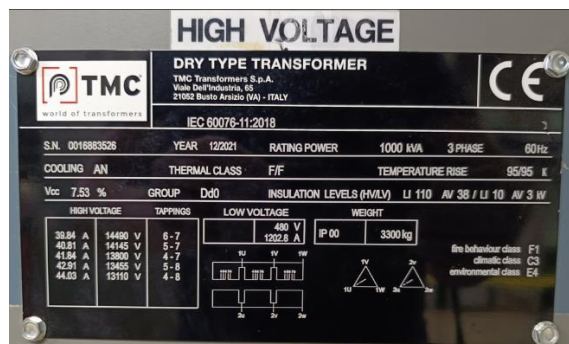
**Pruebas realizadas durante el mantenimiento preventivo bienal de la unidad
generadora 1 en periodo de 03-02-2025 al 20-03-2025**



Pruebas a transformador de potencia monofásico de 12000/120-240 V, marca SYLVANIA, de puesta a tierra de neutro del generador de Unidad Generadora 1.



Pruebas a los 6 transformadores de instrumento de potencial, relación de 14400/120, radio 120/1, para medición, protección y sincronismo de la unidad Generadora 1.



Pruebas de relación de transformación a transformador de potencia trifásico, conexión delta-delta, de 1 MVA, 13.8 KV/480 VAC, para el Servicio Propio barra A de la central.



Pruebas a transformador de potencia trifásico, tipo acorazado, conexión delta-estrella, de 1.2 MVA, 13.8KV/750 V, marca SCHNEIDER ELECTRIC del sistema de Excitación del Generador de la unidad Generadora 1.

Ilustración 97: Pruebas en Unidad Generadora # 1- Febrero 2025.

4.3. INFORME DE ESTADO DE DEVANADOS DE TRANSFORMADORES A PRUEBA EN LA CENTRAL DE GENERACION.

Posterior a las pruebas de campo, se procedió a la utilización del software de gestión DATA VIEW, para la generación del informe, previo a la combinación de bases de datos para poder presentar un solo documento, el cual presenta todas las pruebas realizadas en diferentes fechas, siendo datos relevantes:

- índice.
- Fecha de realización de la prueba.
- Hora de realización de la prueba.
- Tipo de prueba.

- Tipo de filtro utilizado.
- Relación de transformación calculada por el DTR 8510.
- Desviación.
- Corriente de excitación.
- Relación teórica primaria.
- Relación teórica secundaria.

4.3.1. Informe De Resultados Generado Por El Programa DATA VIEW

Informe de pruebas de relacion de transformacion de transformadores de potencia e instrumentacion de la Central Hidroelectrica 15 de Septiembre	
Presentan informe de pruebas: Carlos Alberto Mayorga Mercado Ever Hernandez Rivas Melvin Mauricio Campos Menendez Estudiantes de la carrera de Ingenieria Electrica Universidad Tecnica Latinoamericana	Instalación: Pruebas realizadas en Central Hidroelectrica 15 de Septiembre de CEL. Fecha de presentacion: 12-05-2025.
Aparato de medicion: TTR/DTR 8510 de AEMC, ID: 107204YGDv, Firmware: 1.26 Resumen de estado de transformadores posterior a pruebas de relacion de transformacion:	
- Transformador de potencia monofasico de equipo Hipot, 35000/1000 V: Dentro de parametro nominal. - Transformador de potencia trifasico HITACHI, 13800/520 V: Dentro de parametro nominal. - Transformador de potencia trifasico (2) GOULD, 13800/480 V: Dentro de parametro nominal. - Transformadores de potencial (8) lado de BT, Servicio Propio, Resguardo en bodega, 480/120 V: Fuera de parametro nominal. - Transformadores de corriente (6) lado de AT, Servicio Propio, Resguardo en bodega, 50/5 A: Dentro de parametro nominal. - Transformadores de potencial (8) lado de AT, Servicio Propio, Resguardo en bodega, 13800/120 V: Dentro de parametro nominal. - Transformadores de corriente (3) lado de AT, AVR U2, 200/5 A: Dentro de parametro nominal. - Transformador de potencia trifasico SCHNEIDER ELECTRIC, AVR U2, 1.2 MVA, 13800/750 V: Dentro de parametro nominal. - Transformador de potencia trifasico TMC, Servicio Propio Barra B, 1 MVA, 13455/480 V: Dentro de parametro nominal. - Transformador de potencia trifasico SCHNEIDER ELECTRIC, AVR U1, 1.2 MVA, 13800/750 V: Dentro de parametro nominal. - Transformador de potencia monofasico SYLVANIA, Puesta a Tierra de GU1, 12000/240 V: Dentro de parametro nominal. - Transformadores de potencial (8) GE, Salida de GU1, 14400/120 V: Dentro de parametro nominal. - Transformador de potencia trifasico TMC, Servicio Propio Barra A, 1 MVA, 13800/480 V: Dentro de parametro nominal. OBSERVACION: - Leve desviacion de datos medidos de relacion de transformacion, en los 6 transformadores de potencial del lado de BT, de resguardo en bodega para repuestos del Servicio Propio de la central.	
El presente informe de mediciones de relacion de transformacion en transformadores de potencia e instrumento en la Central Hidroelectrica 15 de Septiembre de CEL, es parte del trabajo de graduacion, para optar al titulo de Ingeniero Electricista de los encargados en presentarlo.	
Recibido: 	

8510 Informe de las Pruebas (PRUEBAS REALIZADAS EN CH15S) - Cubierta, 1 de 2

Ilustración 98: Informe Generado por Software DataView.

Tabla 14: Tabla de Valores de Pruebas Realizadas. Generadas Automáticamente por Software DataView.

Indice	Fecha	Hora	Tipo de Prueba	Filtro	Relación de transformación	Desviación	Corriente	Primario	Secundario
1	21/10/2024	10:01:56	VT/PT	Normal	35.098:1	0.28 %	0 mA	35000 V	1000 V
2	21/10/2024	11:17:00	VT/PT	Normal	26.591:1	0.20 %	2 mA	13800 V	520 V
3	21/10/2024	11:20:03	VT/PT	Normal	26.588:1	0.19 %	2 mA	13800 V	520 V
4	21/10/2024	11:21:57	VT/PT	Normal	26.590:1	0.19 %	1 mA	13800 V	520 V
5	21/10/2024	11:39:59	VT/PT	Normal	28.783:1	0.11 %	0 mA	13800 V	480 V
6	21/10/2024	11:41:14	VT/PT	Normal	28.777:1	0.09 %	0 mA	13800 V	480 V
7	21/10/2024	11:45:58	VT/PT	Normal	28.783:1	0.11 %	0 mA	13800 V	480 V
8	21/10/2024	11:55:19	VT/PT	Normal	27.535:1	0.13 %	0 mA	13200 V	480 V
9	21/10/2024	11:58:42	VT/PT	Normal	27.537:1	0.13 %	0 mA	13200 V	480 V
10	21/10/2024	11:59:46	VT/PT	Normal	27.541:1	0.15 %	0 mA	13200 V	480 V
11	21/10/2024	12:54:27	VT/PT	Normal	3.9792:1	-0.52 %	2 mA	480 V	120 V
12	21/10/2024	12:58:30	VT/PT	Normal	3.9786:1	-0.54 %	1 mA	480 V	120 V
13	21/10/2024	12:59:27	VT/PT	Normal	3.9789:1	-0.53 %	1 mA	480 V	120 V
14	21/10/2024	13:03:22	VT/PT	Normal	3.9792:1	-0.52 %	2 mA	480 V	120 V
15	21/10/2024	13:12:28	VT/PT	Normal	3.9791:1	-0.52 %	2 mA	480 V	120 V
16	21/10/2024	13:14:07	VT/PT	Normal	3.9788:1	-0.53 %	2 mA	480 V	120 V
17	21/10/2024	13:27:14	CT	Normal	10.007:1	0.07 %	3 mA	50 A	5 A
18	21/10/2024	13:36:59	VT/PT	Normal	115.07:1	0.06 %	1 mA	115 V	1 V
19	21/10/2024	13:52:50	CT	Normal	9.9921:1	-0.08 %	6 mA	50 A	5 A
20	21/10/2024	13:54:07	CT	Normal	-10.003:1	0.03 %	3 mA	50 A	5 A
21	21/10/2024	13:55:15	CT	Normal	10.006:1	0.06 %	3 mA	50 A	5 A
22	21/10/2024	13:55:57	CT	Normal	9.9926:1	-0.07 %	6 mA	50 A	5 A
23	21/10/2024	13:57:35	CT	Normal	10.006:1	0.06 %	4 mA	50 A	5 A
24	21/10/2024	13:58:05	CT	Normal	9.9924:1	-0.08 %	5 mA	50 A	5 A
25	21/10/2024	13:59:01	CT	Normal	10.006:1	0.06 %	3 mA	50 A	5 A
26	21/10/2024	13:59:46	CT	Normal	9.9934:1	-0.07 %	5 mA	50 A	5 A
27	21/10/2024	14:00:24	CT	Normal	-9.9858:1	-0.14 %	5 mA	50 A	5 A
28	21/10/2024	14:02:03	CT	Normal	10.006:1	0.06 %	3 mA	50 A	5 A
29	21/10/2024	14:03:01	CT	Normal	10.026:1	0.26 %	7 mA	50 A	5 A
30	21/10/2024	14:07:38	CT	Normal	10.005:1	0.05 %	3 mA	50 A	5 A
31	21/10/2024	14:08:29	CT	Normal	9.9938:1	-0.06 %	9 mA	50 A	5 A
32	21/10/2024	14:23:49	VT/PT	Normal	115.07:1	0.06 %	1 mA	115 V	1 V
33	21/10/2024	14:27:17	VT/PT	Normal	115.08:1	0.07 %	1 mA	115 V	1 V
34	21/10/2024	14:29:09	VT/PT	Normal	115.06:1	0.05 %	1 mA	115 V	1 V
35	21/10/2024	14:33:29	VT/PT	Normal	115.05:1	0.04 %	1 mA	115 V	1 V
36	21/10/2024	14:36:38	VT/PT	Normal	115.08:1	0.07 %	1 mA	115 V	1 V
37	21/10/2024	14:42:26	VT/PT	Normal	115.07:1	0.06 %	1 mA	115 V	1 V
38	18/11/2024	11:38:36	CT	Normal	39.998:1	-0.01 %	5 mA	200 A	5 A
39	18/11/2024	13:13:50	CT	Normal	39.992:1	-0.02 %	3 mA	200 A	5 A
40	18/11/2024	13:49:57	CT	Normal	39.982:1	-0.04 %	4 mA	200 A	5 A
41	18/11/2024	11:15:16	VT/PT	Normal	31.950:1	0.25 %	1 mA	13800 V	433 V
42	18/11/2024	11:16:54	VT/PT	Normal	31.947:1	0.24 %	1 mA	13800 V	433 V
43	18/11/2024	11:18:27	VT/PT	Normal	31.961:1	0.28 %	2 mA	13800 V	433 V
44	22/11/2024	13:51:09	VT/PT	Normal	28.096:1	0.23 %	2 mA	13455 V	480 V
45	22/11/2024	13:53:53	VT/PT	Normal	28.094:1	0.22 %	2 mA	13455 V	480 V
46	22/11/2024	13:57:19	VT/PT	Normal	28.100:1	0.24 %	2 mA	13455 V	480 V
47	13/2/2025	10:00:38	VT/PT	Normal	31.951:1	0.25 %	1 mA	13800 V	433 V
48	13/2/2025	10:02:18	VT/PT	Normal	31.947:1	0.24 %	1 mA	13800 V	433 V
49	13/2/2025	10:11:50	VT/PT	Normal	31.944:1	0.23 %	1 mA	13800 V	433 V
50	15/2/2025	07:39:54	VT/PT	Normal	50.060:1	0.12 %	0 mA	12000 V	240 V
51	18/2/2025	13:34:23	VT/PT	Normal	119.86:1	-0.12 %	1 mA	14400 V	120 V
52	18/2/2025	13:37:50	VT/PT	Normal	119.99:1	-0.01 %	1 mA	14400 V	120 V
53	18/2/2025	14:01:17	VT/PT	Normal	119.89:1	-0.09 %	1 mA	14400 V	120 V
54	18/2/2025	14:02:06	VT/PT	Normal	119.92:1	-0.07 %	1 mA	14400 V	120 V
55	18/2/2025	14:03:53	VT/PT	Normal	119.93:1	-0.06 %	1 mA	14400 V	120 V
56	18/2/2025	14:06:05	VT/PT	Normal	119.87:1	-0.11 %	1 mA	14400 V	120 V
57	18/2/2025	14:08:30	VT/PT	Normal	119.96:1	-0.03 %	1 mA	14400 V	120 V
58	18/2/2025	14:35:23	VT/PT	Normal	28.813:1	0.22 %	2 mA	13800 V	480 V
59	18/2/2025	14:37:03	VT/PT	Normal	28.809:1	0.20 %	2 mA	13800 V	480 V
60	18/2/2025	14:38:43	VT/PT	Normal	28.811:1	0.21 %	2 mA	13800 V	480 V

4.3.2. Los resultados obtenidos en las pruebas fueron los siguientes:

- Transformador de potencia monofásico de equipo Hipot, 35000/1000 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformador de potencia trifásico HITACHI, 13800/520 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformador de potencia trifásico (2) GOULD, 13800/480 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformadores de potencial (6) lado de BT, Servicio Propio, Resguardo en bodega, 480/120 V: Fuera de parámetro nominal.
- Transformadores de corriente (6) lado de AT, Servicio Propio, Resguardo en bodega, 50/5 A: Dentro de parámetro nominal.
- Transformadores de potencial (6) lado de AT, Servicio Propio, Resguardo en bodega, 13800/120 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformadores de corriente (3) lado de AT, AVR U2, 200/5 A: Dentro de parámetro nominal.
- Transformador de potencia trifásica SCHNEIDER ELECTRIC, AVR U2, 1.2 MVA, 13800/750 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformador de potencia trifásica TMC, Servicio Propio Barra B, 1 MVA, 13455/480 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformador de potencia trifásica SCHNEIDER ELECTRIC, AVR U1, 1.2 MVA, 13800/750 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformador de potencia monofásico SYLVANIA, Puesta a Tierra de GU1, 12000/240 V: Dentro de parámetro nominal.
- Transformadores de potencial (6) GE, Salida de GU1, 14400/120 V: Dentro de parámetro nominal.

- Transformador de potencia trifásica TMC, Servicio Propio Barra A, 1 MVA, 13800/480

V: Dentro de parámetro nominal. Estos resultados indican que ambos transformadores cumplen con los requisitos técnicos establecidos, aunque se recomienda monitoreo periódico para detectar posibles variaciones futuras.

4.3.3. *Análisis de datos*

Es importante destacar que las desviaciones están dentro de los límites aceptables, garantizando la confiabilidad de los transformadores, pero que los datos medidos de relación de transformación, en los 6 transformadores de potencial del lado de BT, en resguardo en bodega para repuestos del Servicio Propio de la central, muestran una leve desviación, de su valor nominal de 0.5%.

4.3.4. *Conclusiones de Pruebas.*

- Las pruebas desarrolladas permitieron verificar que los transformadores de la Central 15 de Septiembre cumplen con las especificaciones técnicas con relación a su relación de transformación.
- El procedimiento implementado fue efectivo y puede ser utilizado como referencia para futuras evaluaciones.
- Se recomienda realizar pruebas periódicas y mantenimiento preventivo para asegurar la operación óptima de los transformadores.

4.3.5. *Recomendación.*

- Implementar un programa de monitoreo continuo de los transformadores, posterior a la adquisición de un medidor de relación de vueltas.

5. CAPITULO V: GUIAS DE LABORATORIO.

5.1. REGLAMENTO DEL LABORATORIO Y SISTEMA DE EVALUACION

De él reglamento interno del laboratorio de Eléctrica electrónica y Física. Se establecen las siguientes medidas de seguridad y protección durante la realización de las prácticas en los laboratorios.

1. En el laboratorio no se puede ingerir ningún alimento o bebida.
2. Los estudiantes podrán ingresar al laboratorio únicamente en presencia del docente del laboratorio
3. Solo podrán ingresar a los laboratorios los que tengan práctica programada o autorizadas
4. Cualquier daño o pérdida de equipo, herramientas o accesorios, que estén en su mesa de trabajo o prestados será responsabilidad del estudiante y tendrá que reponer la pérdida
5. No se repiten prácticas de laboratorio solo se realizarán en la fecha programada será considerado en caso donde por situaciones fortuitas y demostrables el estudiante no asistió a dicha práctica.
6. Está prohibido fumar y utilizar lenguaje soez.
7. Las sustancias no se pueden probar, ni oler.
8. Al comenzar cada sesión del laboratorio el docente/instructor podrá evaluar la preparación del estudiante en lo referente a la práctica a realizar.
9. Una vez transcurrido quince minutos después del inicio de la práctica de laboratorio el estudiante pierde el derecho a la misma.
10. Cada estudiante debe tener su propia guía de laboratorio durante la práctica.
11. No se permite intercambio de información ni la intervención en otros grupos de trabajo.
12. Los estudiantes no podrán comenzar las prácticas y experimentos sin la presencia, orientación y autorización del docente o instructor.
13. Si un estudiante sustrajese equipo, material u objetos personales de sus compañeros durante la práctica de laboratorio, quedara automáticamente suspendido de las prácticas de laboratorio.
14. Si algún equipo presenta algún problema en su funcionamiento se debe desconectar de la fuente de corriente eléctrica y reportarla al docente o responsable del laboratorio para ser revisado por personal calificado.

Evaluación:

60%: participación en la práctica (20%), asistencia, (20%) reporte de laboratorio (20%)
40%: evaluación práctica de los temas desarrollados primer evaluado (10%) segundo (15%) tercer evaluado (15%).

5.2. GUIA 1.

 Universidad Técnica Latinoamericana	UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	MATERIA:	PRACTICA N° 1
TEMA: RELACION DE TRANSFORMACION EN TRANSFORMADORES MONOFASICO.		
LUGAR DE EJECUCIÓN: LABORATORIO DE ELÉCTRICA		

1.0 OBJETIVO GENERAL.

Comprobar la exactitud de la relación de transformación en los devanados del transformador a través de las pruebas DTR/TTR, con el fin de asegurar su correcto desempeño eléctrico, detectar anomalías en conexiones o devanados y garantizar la confiabilidad del equipo en servicio.

1.1 OBJETIVO ESPECIFICO

La medición de la relación de transformación (Turns Ratio Test, TTR) en un transformador monofásico tiene como objetivo principal verificar que la relación entre el voltaje primario y el voltaje secundario sea correcta y conforme a las especificaciones de diseño. Esto es fundamental para asegurar que el transformador funcione de manera eficiente y confiable en su aplicación.

2.0 MATERIAL Y EQUIPO.

- 1- Transformador monofásico.
- 2- Medidor de voltaje.
- 3- Equipo de medición TTR/DTR AEMC 8510.

3.0 INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

La prueba de relación de transformación tiene como objetivo verificar la polaridad y la relación de transformación de los devanados de un transformador, para asegurar que no exista corto-circuitos entre espiras ni errores en las conexiones de boquillas y cambiadores

de derivaciones. También se pueden detectar falsos contactos y circuitos abiertos con respecto a la polaridad.

4.0 PROCEDIMIENTO.

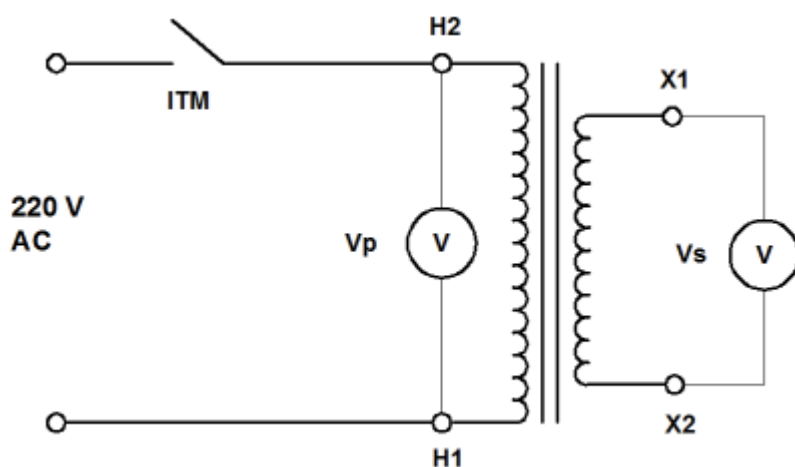
- **Teórico.**

Calcule la relación de transformación teórica del transformador.

$$a = \frac{V_p}{V_s} =$$

- **Practico**

Realizar mediciones de voltaje en bobinas de alta y de baja tensión con medidor de voltaje.



VP (voltaje de alta)	
VS (voltaje de baja)	

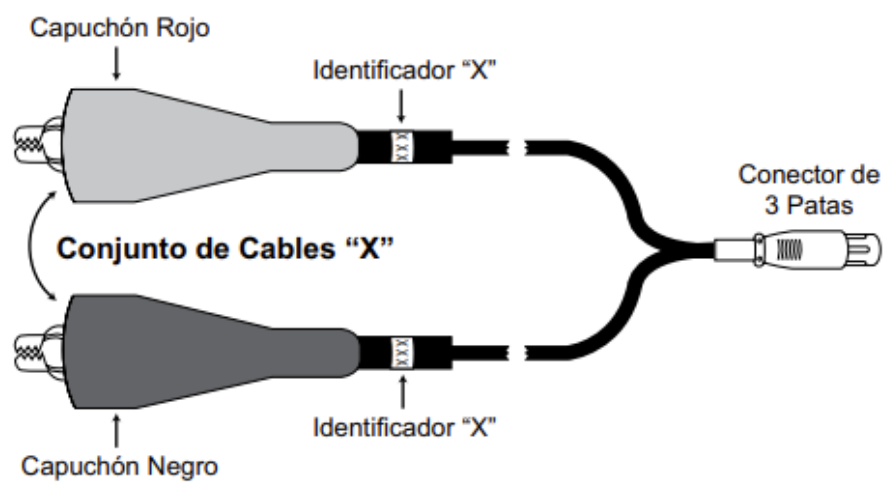
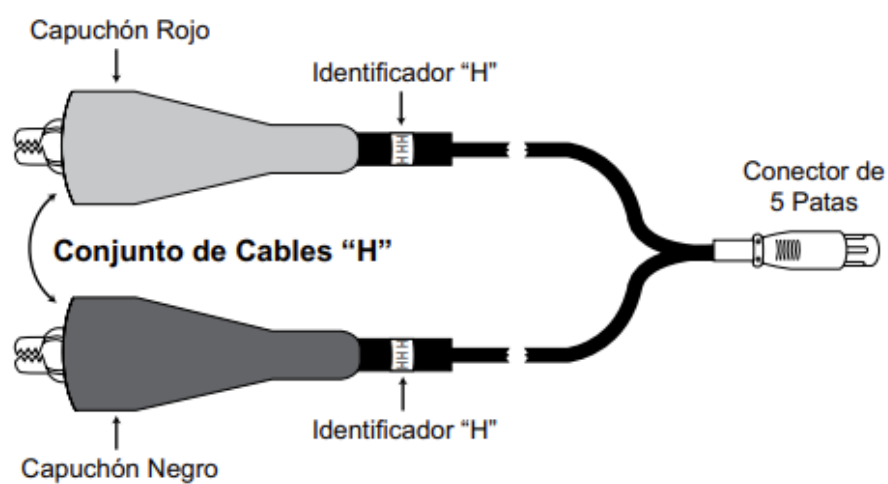
$$a = \frac{V_p}{V_s} =$$

Pruebas de medición con equipo TTR/DTR AEMC 8510.

- Conecte los cables de prueba del DTR® a un transformador no-energizado de manera adecuada. Refiérase a (Figura 1).

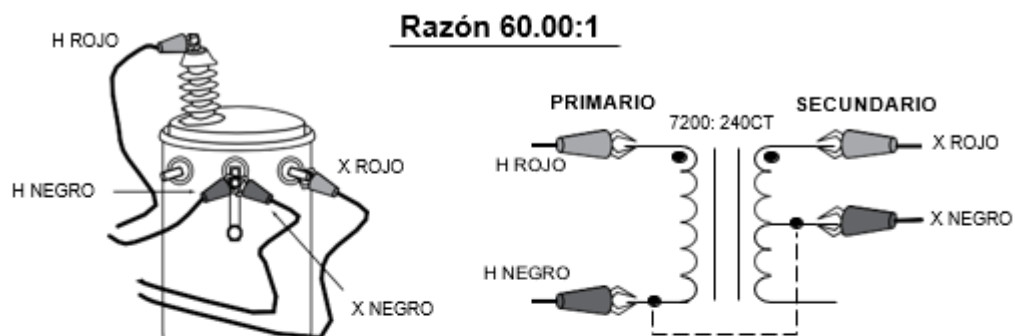
- Encienda el DTR® y seleccione el modo de prueba adecuado. Refiérase a selección de Modo.
- Use el Modo de Prueba VT/PT para probar transformadores de voltaje y de potencia (excitación de prueba de 44V máximo).
- Cuando el instrumento está ajustado para una prueba VT/PT, el DTR® mostrará el mensaje “VT/PT Test Mode Ready” después de la secuencia inicial de encendido. Este mensaje indica que el DTR® está listo para realizar una prueba. Conecte el equipo según la referencia (Figura 2).
- Cuando aparezca Ready, pulse el botón de prueba (TEST) para comenzar. Luego de un breve ciclo de comprobación, se mostrarán la Razón (relación de transformación).
- Pulse el botón TEST una vez (CUIDADO: No se debe realizar la prueba mientras haya personal manejando las conexiones del transformador).
- Se mostrará durante 3 segundos “Press [TEST] to Check Continuity” (pulse [TEST] para comprobar la continuidad). Si se desea una prueba de continuidad, se debe pulsar en ese momento el botón TEST una vez. Los resultados de la prueba de continuidad se mostrarán como CONT (continuo) u OPEN (abierto) para ambas conexiones X y H.
- El siguiente mensaje que se muestra es “*Ratio Testing [TEST] to Cancel” (*Prueba de Razón [TEST] para cancelar). El asterisco (*) va a parpadear mientras dura la prueba. La prueba se puede cancelar en este momento pulsando el botón [TEST] una vez. Si la prueba continúa, se mostrará la Razón y la Corriente de Excitación.
- Una vez que los resultados de la prueba han sido registrados, pulse el botón [TEST] para reiniciar para la próxima prueba.

Identificación de cables

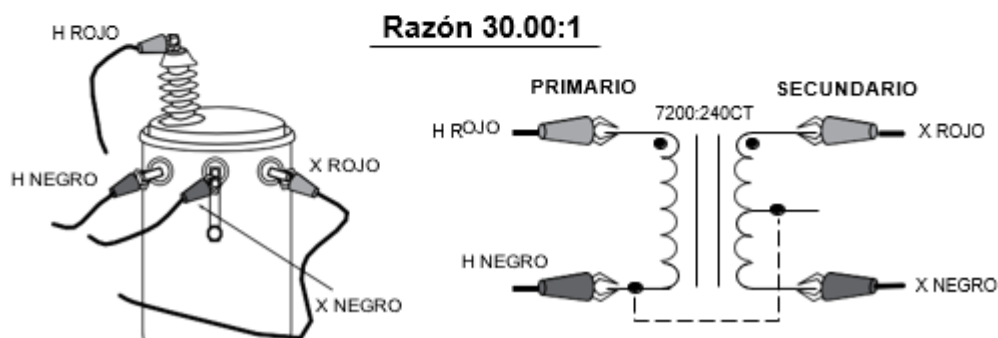


Conexiones de Transformador Monofásico.

- Conexión Típica



- Conexión Alternativa



PRUEBA DE CONOCIMIENTOS.

1. ¿La relación de transformación real es mayor, igual o menor a la relación de transformación teórica?
2. ¿El voltaje medido en el secundario es ligeramente mayor al calculado? Explique.

5.3. GUIA 2.

 Universidad Técnica Latinoamericana	UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA FACULTAD DE INGENIERÍA	
	MATERIA:	PRACTICA N° 2
	TEMA: RELACION DE TRANSFORMACION EN TRANSFORMADORES TRIFASICO.	
	LUGAR DE EJECUCIÓN: LABORATORIO DE ELÉCTRICA	

1.0 OBJETIVO GENERAL.

Comprobar la exactitud de la relación de transformación en los devanados del transformador a través de las pruebas DTR/TTR, con el fin de asegurar su correcto desempeño eléctrico, detectar anomalías en conexiones o devanados y garantizar la confiabilidad del equipo en servicio.

1.1 OBJETIVO ESPECIFICO

Asegurar que la proporción entre los voltajes primario y secundario sea correcta, garantizando el desempeño adecuado del transformador en su aplicación fase por fase.

2.0 MATERIAL Y EQUIPO.

1. Transformador monofásico.
2. Medidor de voltaje
3. Equipo de medición TTR/DTR AEMC 8510.

3.0 INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

La potencia demandada por una carga trifásica es igual a la suma de las potencias suministradas por cada una de las fases. Esto se cumple para cualquier tipo de conexión de

la carga y características de ésta. Luego, la potencia del sistema trifásico puede medirse con tres vatímetros monofásicos conectados en la forma indicada en el esquema. Obsérvese que esto requiere tener acceso al punto neutro del sistema.

4.0 PROCEDIMIENTO.

- **Teórico**

Calcule la relación de transformación teórica del transformador trifásico. La relación de transformación es lo que aumenta o disminuye la tensión en un transformador entre el primario y el secundario.

De forma generalizada, en un trifásico será:

$$m = V1/V2$$

V1 = tensión de línea del primario

V2 = Tensión de línea del secundario

$$m = \frac{V_p}{V_s} =$$

- **Practico**

Realizar mediciones de voltaje en bobinas de alta y de baja tensión con medidor de voltaje para transformadores trifásicos de fase por fase.

FASE A H1- H3	
FASE B H2 – H1	
FASE B H3 – H2	
FASE B X1 – X3	
FASE B X2 – X1	
FASE B X3 – H2	

$$a = \frac{V_p}{V_s} =$$

Fase A =

Fase B =

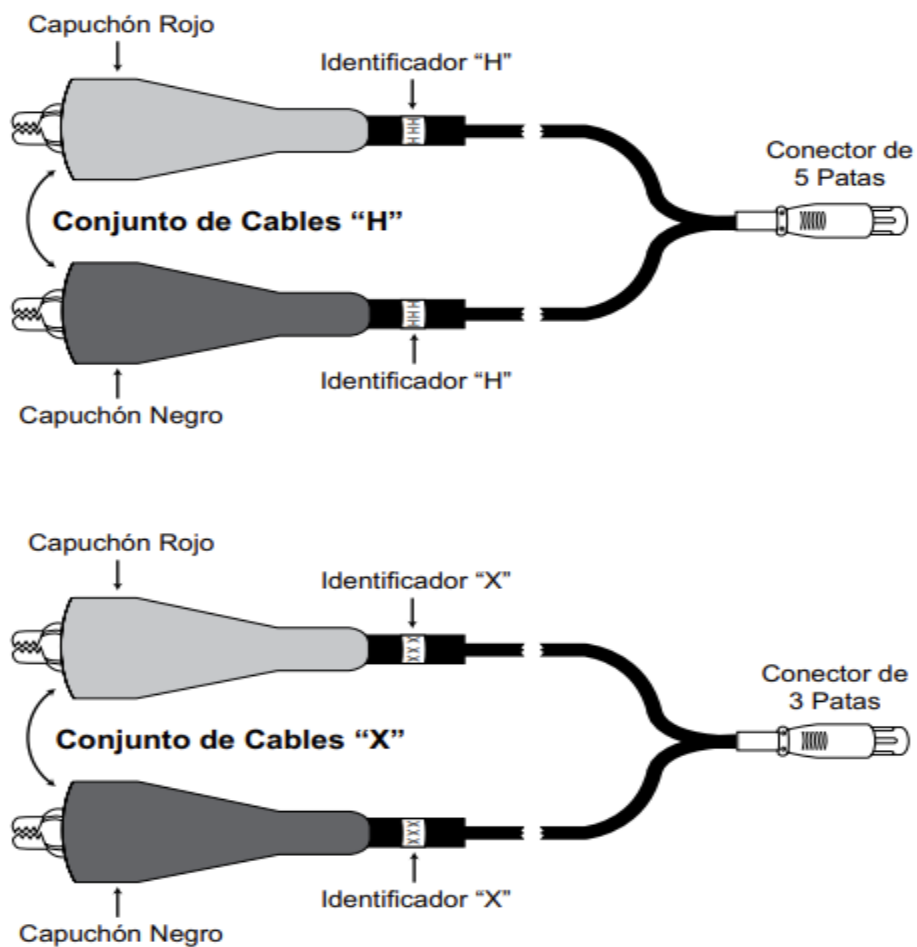
Fase C =

Pruebas de medición con equipo DTR

- Conecte los cables de prueba del DTR® a un transformador no-energizado de manera adecuada. Refiérase a (Figura 1).
- Encienda el DTR® y seleccione el modo de prueba adecuado. Refiérase a selección de Modo.
- Use el Modo de Prueba VT/PT para probar transformadores de voltaje y de potencia (excitación de prueba de 44V máximo).
- Cuando el instrumento está ajustado para una prueba VT/PT, el DTR® mostrará el mensaje “VT/PT Test Mode Ready” después de la secuencia inicial de encendido. Este mensaje indica que el DTR® está listo para realizar una prueba. Conecte el equipo según la referencia (Figura 2).

- Cuando aparezca Ready, pulse el botón de prueba (TEST) para comenzar. Luego de un breve ciclo de comprobación, se mostrarán la Razón (relación de transformación).
- Pulse el botón TEST una vez (CUIDADO: No se debe realizar la prueba mientras haya personal manejando las conexiones del trans- formador).
- Se mostrará durante 3 segundos “Press [TEST] to Check Continuity” (pulse [TEST] para comprobar la continuidad). Si se desea una prueba de continuidad, se debe pulsar en ese momento el botón TEST una vez. Los resultados de la prueba de continuidad se mostrarán como CONT (continuo) u OPEN (abierto) para ambas conexiones X y H.
- El siguiente mensaje que se muestra es “*Ratio Testing [TEST] to Cancel” (*Prueba de Razón [TEST] para cancelar). El asterisco (*) va a parpadear mientras dura la prueba. La prueba se puede cancelar en este momento pulsando el botón [TEST] una vez. Si la prueba continúa, se mostrará la Razón y la Corriente de Excitación.
- Una vez que los resultados de la prueba han sido registrados, pulse el botón [TEST] para reiniciar para la próxima prueba.

Identificación de cables.



Conexiones transformador trifásico

		$\Delta - \Delta$ STD	A	$H_1 - H_3$ (A)	$X_1 - X_3$ (a)	$\frac{V_H}{V_X}$
			B	$H_2 - H_1$ (B)	$X_2 - X_1$ (b)	
			C	$H_3 - H_2$ (C)	$X_3 - X_2$ (c)	
		$\Delta - \Delta$ REV	A	$H_1 - H_3$ (A)	$X_1 - X_3$ (a)	$\frac{V_H}{V_X}$
			B	$H_2 - H_1$ (B)	$X_2 - X_1$ (b)	
			C	$H_3 - H_2$ (C)	$X_3 - X_2$ (c)	

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS.**Respuesta de medición con equipo:**

Fase A =

Fase B =

Fase C =

1. ¿La relación de transformación real es mayor, igual o menor a la relación de transformación teórica?
2. ¿El voltaje medido en el secundario es ligeramente mayor al calculado? Explique.

5.4. GUIA 3.

 Universidad Técnica Latinoamericana	UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA FACULTAD DE INGENIERÍA	
	MATERIA:	PRACTICA N° 3
	TEMA: RELACION DE TRANSFORMACION EN TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.	
	LUGAR DE EJECUCIÓN: LABORATORIO DE ELÉCTRICA	

1.0 OBJETIVO GENERAL.

Comprobar la exactitud de la relación de transformación en los devanados del transformador a través de las pruebas DTR/TTR, con el fin de asegurar su correcto desempeño eléctrico, detectar anomalías en conexiones o devanados y garantizar la confiabilidad del equipo en servicio.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Verificar que la relación entre el voltaje primario y el voltaje secundario sea la correcta según su diseño. Esto es crucial para garantizar que el transformador funciona dentro de los parámetros esperados y que proporciona mediciones precisas en aplicaciones de protección y medición. Comprobar experimentalmente la Inducción mutua.

2.0 MATERIAL Y EQUIPO.

1. Transformador monofásico.
2. Medidor de voltaje
3. Equipo de medición TTR/DTR AEMC 8510.

3.0 INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

Los transformadores de potencial se utilizan principalmente en sistemas de medición y

protección, por lo que cualquier desviación en su relación de transformación puede afectar la fiabilidad de las mediciones y, en consecuencia, la operación del sistema eléctrico.

4.0 PROCEDIMIENTO.

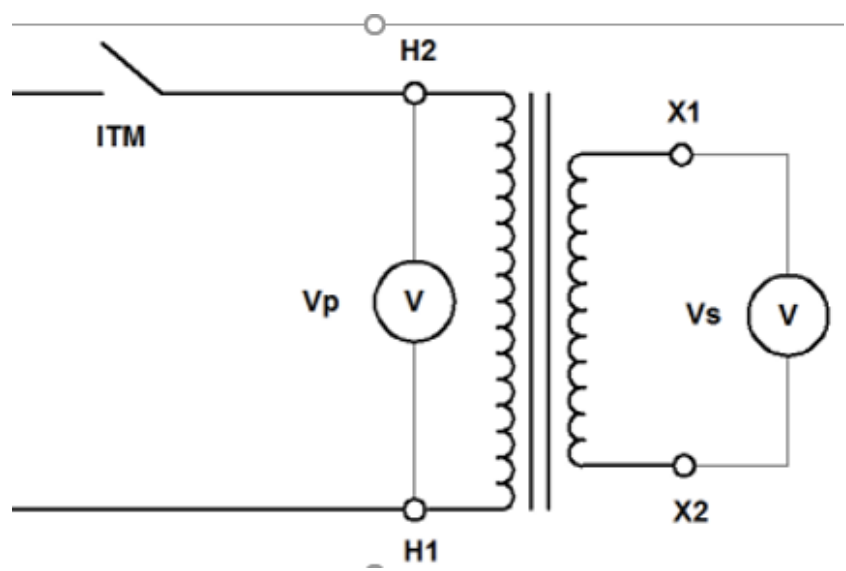
- **Teórico**

Calcule la relación de transformación teórica del transformador.

$$a = \frac{V_p}{V_s} =$$

- **Practico**

Realizar mediciones de voltaje en bobinas de alta y de baja tensión con medidor de voltaje.



VP (voltaje de alta)	
VS (voltaje de baja)	

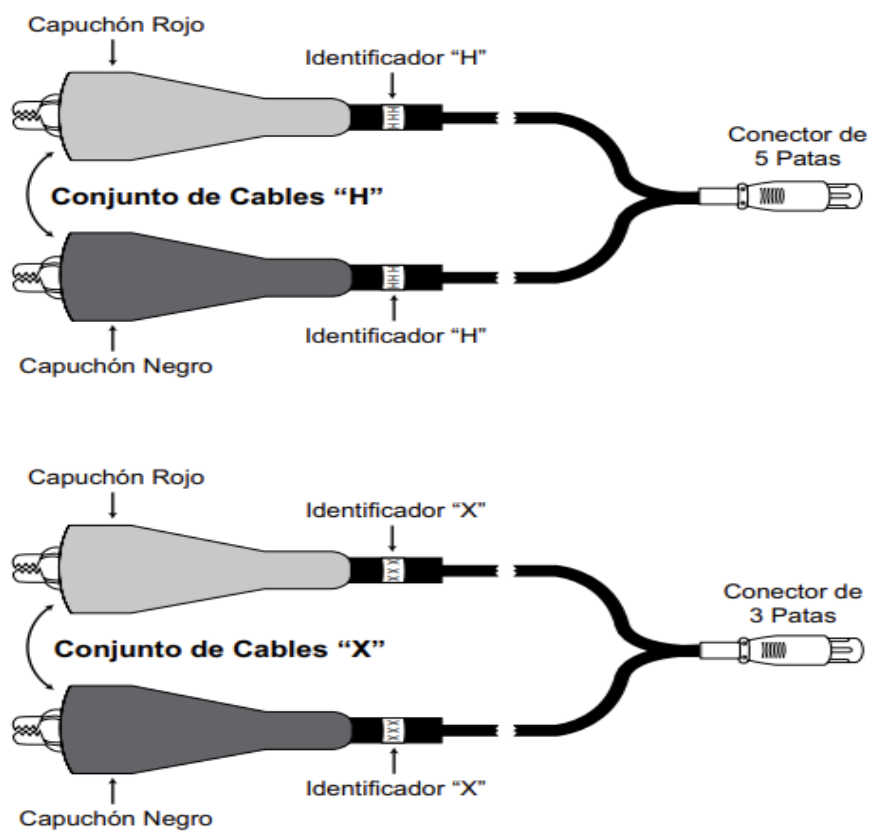
$$a = \frac{V_p}{V_s} =$$

Pruebas de medición con equipo DTR.

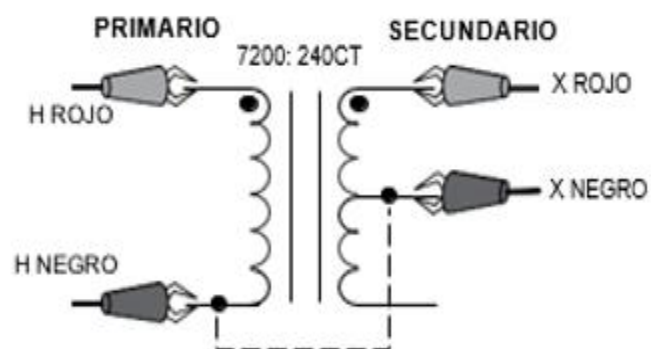
- Conecte los cables de prueba del DTR® a un transformador no-energizado de manera adecuada. Refiérase a (Figura 1)

- Encienda el DTR® y seleccione el modo de prueba adecuado. Refiérase a selección de Modo.
- Use el Modo de Prueba VT/PT para probar transformadores de voltaje y de potencia (excitación de prueba de 44V máximo).
- Cuando el instrumento está ajustado para una prueba VT/PT, el DTR® mostrará el mensaje “VT/PT Test Mode Ready” después de la secuencia inicial de encendido. Este mensaje indica que el DTR® está listo para realizar una prueba. Conecte el equipo según la referencia (Figura 2).
- Cuando aparezca Ready, pulse el botón de prueba (TEST) para comenzar. Luego de un breve ciclo de comprobación, se mostrarán la Razón (relación de transformación).
- Pulse el botón TEST una vez (CUIDADO: No se debe realizar la prueba mientras haya personal manejando las conexiones del transformador).
- Se mostrará durante 3 segundos “Press [TEST] to Check Continuity” (pulse [TEST] para comprobar la continuidad). Si se desea una prueba de continuidad, se debe pulsar en ese momento el botón TEST una vez. Los resultados de la prueba de continuidad se mostrarán como CONT (continuo) u OPEN (abierto) para ambas conexiones X y H.
- El siguiente mensaje que se muestra es “*Ratio Testing [TEST] to Cancel” (*Prueba de Razón [TEST] para cancelar). El asterisco (*) va a parpadear mientras dura la prueba. La prueba se puede cancelar en este momento pulsando el botón [TEST] una vez. Si la prueba continúa, se mostrará la Razón y la Corriente de Excitación.
- Una vez que los resultados de la prueba han sido registrados, pulse el botón [TEST] para reiniciar para la próxima prueba.

Identificación de cables



Conexiones de Transformador Monofásico.



PRUEBA DE CONOCIMIENTOS.

1. ¿La relación de transformación real es mayor, igual o menor a la relación de transformación teórica?

2. ¿El voltaje medido en el secundario es ligeramente mayor al calculado? Explique

5.5. GUIA 4.

 Universidad Técnica Latinoamericana	UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA FACULTAD DE INGENIERÍA	
	MATERIA:	PRACTICA N° 4
	TEMA: RELACION DE TRANSFORMACION EN TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.	
	LUGAR DE EJECUCIÓN: LABORATORIO DE ELÉCTRICA	

1.0 OBJETIVO GENERAL.

Comprobar la exactitud de la relación de transformación en los devanados del transformador a través de las pruebas DTR/TTR, con el fin de asegurar su correcto desempeño eléctrico, detectar anomalías en conexiones o devanados y garantizar la confiabilidad del equipo en servicio.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Verificar que el transformador cumple con su relación nominal de transformación, asegurando que convierte correctamente la corriente primaria en la corriente secundaria deseada.

2.0 MATERIAL Y EQUIPO.

1. Transformador monofásico.
2. Medidor de voltaje
3. Equipo de medición DTR

3.0 INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

La prueba de razón en Transformadores de Corriente (CT) se realiza conectando el conjunto de cables de prueba H al bobinado X, y uniendo en corto el conjunto de cables de prueba X a través de la abertura CT, como se ilustra abajo. Esto crea una configuración de baja de voltaje en que el bobinado X sirve de circuito primario y el conjunto de cables de prueba X hace de bobinado secundario de una vuelta.

4.0 PROCEDIMIENTO.

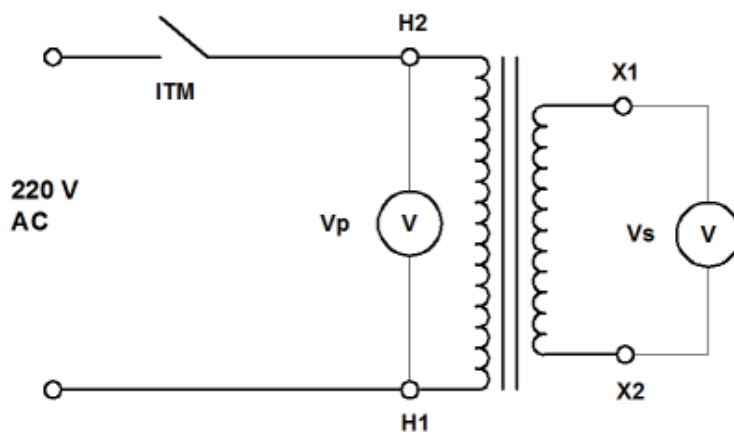
- **Teórico.**

Calcule la relación de transformación teórica del transformador.

$$a = \frac{V_p}{V_s} =$$

- **Practico.**

Realizar mediciones de voltaje en bobinas de alta y de baja tensión con medidor de voltaje.



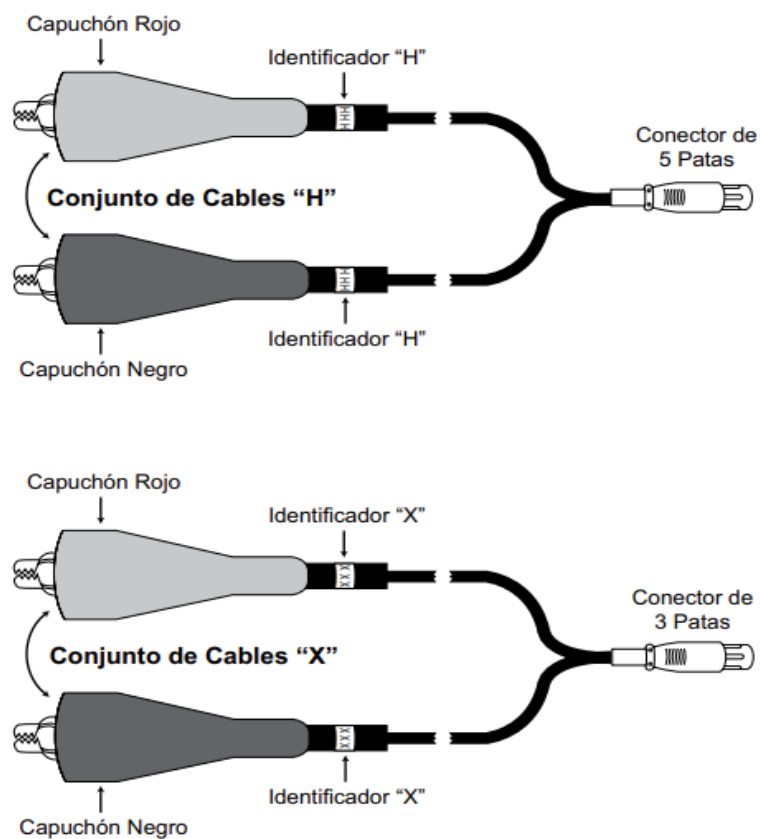
VP (voltaje de alta)	
VS (voltaje de baja)	

$$a = \frac{V_p}{V_s} =$$

Pruebas de medición con equipo DTR.

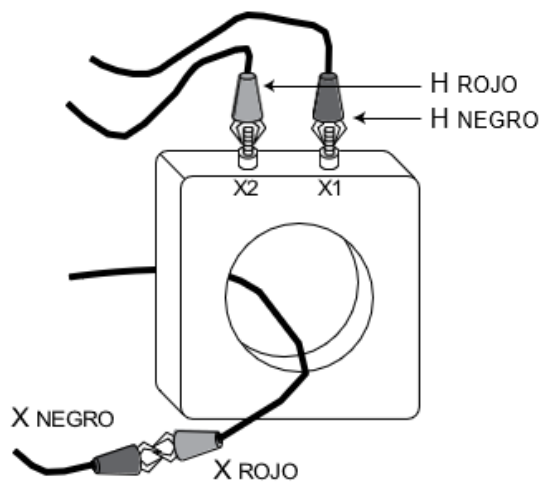
- Cuando el instrumento está ajustado para una prueba CT, el DTR® mostrará el mensaje “CT Test Mode Selected” después de la secuencia de encendido inicial. Este mensaje indica que el DTR® está listo para realizar una prueba.
- Pulse una vez el botón TEST para comenzar el ciclo de prueba.
- El siguiente mensaje que se presenta es “*Ratio Testing [TEST] to Cancel” (*Prueba de Razón [TEST] para Cancelar). El asterisco (*) va a parpadear mientras dura la prueba. La prueba puede ser cancelada en este momento pulsando una vez el botón TEST. Si la prueba continúa, se mostrará la Razón y la Corriente de Excitación.
- Una vez que los resultados de la prueba han sido registrados, pulse el botón [TEST] para reiniciar para la próxima prueba
- Al igual que en el Modo de Prueba VT/PT, esta rutina puede ser repetida tantas veces como sea necesario sin apagar la unidad. El Modo de Prueba CT permanece activo hasta que se apaga la unidad.

Identificación de cables.



Conexión de Transformador de Corriente.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE



PRUEBA DE CONOCIMIENTOS.

1. ¿La relación de transformación real es mayor, igual o menor a la relación de transformación teórica?
2. ¿El voltaje medido en el secundario es ligeramente mayor al calculado? Explique.

6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. RECOMENDACIONES.

- Incorporar el equipo TTR/DTR AEMC 8510 al temario de la materia de Sistemas de Potencia, con fin de implementar las guías realizadas en esta Tesis, sacando provecho a la precisión, portabilidad y facilidad del uso en el campo que tiene el equipo, como se evidencio en las pruebas realizadas.
- Proponer la instalación del Software de licencia libre DataView en las aulas de informática para que el alumno y el docente se familiarice con el software y lo aprenda a utilizar.
- Crear una planificación estratégica para la incorporación de más equipos de medición o monitoreo utilizadas comúnmente en el área de la ingeniería eléctrica, con el fin de modernizar los laboratorios de la especialidad.
- Es fundamental que el estudiante lea e interprete cuidadosamente cada una de las prácticas de laboratorio, con el fin de comprender plenamente los procedimientos y objetivos de cada actividad. Asimismo, es importante que se familiarice con el funcionamiento del equipo TTR DTR 8510, ya que esto le permitirá realizar mediciones precisas en transformadores trifásicos, monofásicos y de potencial, y proponer soluciones adecuadas a posibles problemas que se presenten durante las pruebas.
- Se recomienda que, antes de operar el equipo, el usuario realice una lectura detallada de los apartados **3.4 – Procedimiento de Mediciones** y **3.5.1 a 3.5.1.3 – Descarga de Datos Almacenados del manual**. Esta revisión previa es esencial para garantizar el uso adecuado del equipo, evitar errores en la ejecución de las pruebas y asegurar una correcta interpretación y manejo de los datos obtenidos durante las mediciones.

6.2. CONCLUSIONES.

- El equipo TTR/DTR AEMC 8510 demostró alta precisión, confiabilidad y facilidad de uso en las pruebas de campo realizadas en transformadores desenergizados de la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre, ofreciendo mediciones exactas de la relación de transformación, lo que nos permitió verificar desviaciones y el buen estado de los transformadores evaluados.
- Es un equipo muy versátil y didáctico lo cual lo hace un recurso muy valioso para la implementación en los laboratorios de eléctrica y logrando un mayor aprendizaje de los alumnos al momento de utilizar el equipo.
- Tras la realización del presente proyecto de tesis, enfocado en las pruebas de relación de transformación en transformadores eléctricos en la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre, se ha logrado cumplir con los objetivos planteados inicialmente, evidenciando la importancia de estas pruebas en el aseguramiento de la calidad, seguridad y confiabilidad de los equipos eléctricos antes de su puesta en operación.
- Las pruebas realizadas permitieron verificar que la relación de transformación real de la mayoría de los transformadores evaluados se encuentra dentro de los márgenes de tolerancia establecidos por las normas internacionales, como la IEEE C57.12.90 y la IEC 60076-1. Esto confirma que estos transformadores están correctamente diseñados y fabricados, y que su funcionamiento se ajusta a los parámetros técnicos especificados, se tendrá que evaluar 8 de los transformadores de potencial de Servicio Propio que se encuentran de repuesto en el almacén, ya que para estos su relación de transformación anda entre el 0.51% y 0.54%.
- Se ha demostrado que la prueba de relación de transformación es una herramienta fundamental no solo en la etapa de fabricación, sino también en labores de

mantenimiento preventivo y diagnóstico de fallas, ya que permite detectar desviaciones que pueden ser indicio de problemas internos como cortocircuitos en espiras, conexiones incorrectas o deterioro del aislamiento.

- Finalmente, este estudio resalta la necesidad de contar con personal capacitado, equipos de medición calibrados y protocolos normalizados para garantizar resultados precisos y confiables, contribuyendo así a la eficiencia operativa y a la prolongación de la vida útil de los transformadores eléctricos.

7. PRESUPUESTO.

Este comprenderá los gastos que conlleven al desarrollo del tema y la etapa administrativa del proyecto de graduación.

PARTIDAS	CONCEPTO	CANTIDAD	COSTOS (\$)	SUBTOTAL (\$)
1.0	Trasporte (viáticos)	3	50	\$ 150
2.0	Compra de equipo y calibración.	1	4243.15	\$ 4243.15
3.0	Imprevistos	1	300	\$ 300
TOTAL				\$ 4693.15

9. BIBLIOGRAFIA.

- AEMC Instrument. (1 de SEPTIEMBRE de 2024). *AEMC*. Obtenido de Chauvin Arnoux, Inc. d.b.a. AEMC Instrument: <https://www.aemc.com/products/transformer-ratiometers/ratiometer-8510>
- Chapman, S. J. (2012). Maquinas Electricas, quinta Edicion. En S. J. Chapman, *Maquinas Electricas* (pág. 521). New York: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A DE C.V.
- EPAR S.A DE C.V. (30 de Diciembre de 2023). *Pruebas de relacion de transformacion (TTR): EPAR S.A DE C.V.* Obtenido de EPAR Web Site: <https://www.epar-infrared.com/servicios/pruebas-de-laboratorio-y-reparacion-de-transformadores/pruebas-de-relacion-de-transformacion-ttr/>
- Grupo Aner. (30 de diciembre de 2019). *Que es el mantenimiento correctivo*. Obtenido de Grupo Aner Web Site: <https://www.aner.com/blog/mantenimiento-correctivo.html>
- Guzman, J. G. (11 de febrero de 2015). *Analisis y diagnostico de liquidos aislantes e ingenieria electrica*. Obtenido de Blogger.com: <https://andilaielec.blogspot.com/2015/02/relacion-de-transformacion-ttrdtr.html>
- J., F. M. (2008). *Maquinas Electricas 6ta Edicion*. . McGraw-Hill.
- MEGABRAS. (30 de Diciembre de 2023). *Catalogo de Productor: Megabras*. Obtenido de Megabras Web Site: <https://www.megabras.com/es/productos/ttr/medidor-relacao-espiras-DTR8510.php#:~:text=El%20DTR%2D8510%20es%20un,de%20tensi%C3%B3n%2C%20potencia%20y%20corriente.>
- Mora., J. F. (2008). *Maquinas Elecrtricas. 6ta Edicion*. McGraw-Hill.
- Mora., J. F. (2008). *Maquinas Electricas 6ta Edicion*. McGraw-Hill.
- OMICRON. (2025). *OMICRON.Es*. Obtenido de <https://www.omicronenergy.com/es/>
- Rodríguez Pozueta, M. (2012). *Universidad de Cantabria. Departamento de Ingenieria Eléctrica y Energética*. Obtenido de <https://personales.unican.es/rodrigma/primer/publicaciones.htm>
- Wildi, T. (2007). Maquinas Electricas y Sistemas de Potencia. Sexta Edicion. En T. Wildi, *Maquinas Electricas y Sistemas de Potencia* (pág. 960). DF: Pearson Prince Hall.

10. ANEXOS.

10.1 EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL PROCESO INVESTIGATIVO.



Ilustración 99: Equipos de medición de relación de transformación TTR/DTR 8510 de AEMC.



Ilustración 100: Equipos de medición de relación de transformación TTR/DTR 8510 de AEMC.



Ilustración 101: Transformador Trifásico de Potencia que será sometido a pruebas de campo de relación de transformación. Ubicado en Central 15 de Septiembre.



Ilustración 102: Capacitación al grupo de tesis del Uso y Cuidados del Equipo TTR/DTR 8510 con personal de la Empresa SESA de C.V.



Ilustración 103: Capacitación al grupo de tesis del Uso y Cuidados del Equipo TTR/DTR 8510 con personal de la empresa SESA de C.V.



Ilustración 104: Estudiantes Realizando Pruebas en Transformador de Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.



Ilustración 105: Estudiante Realizando Pruebas de Continuidad a Bobinado del Transformador.



Ilustración 106: Grupo de Transformadores TC Recién Ingresados a los Cuales se les Realizo la Prueba TC.



Ilustración 107: Equipo TTR/DTR AEMC 8510 Entregando los Resultados de una Prueba.

sesa de v.
soluciones electromecánicas

25 Av. Norte #1025 San Salvador, El Salvador.

COTIZACIÓN

Asesor: CARLOS ROSEMBERG MARÍN
Tel.: +503 2249-3911 Cel.: +503 6144-4433
carlos.marin@sesadev.com.sv

NÚMERO: IN2824CE
FECHA: 12/08/2024
VÁLIDO HASTA: 15/08/2024

DATOS DEL CLIENTE

Empresa: ING. EVER RIVAS
Nombre: ING. EVER RIVAS
Proyecto: CERTIFICADO + SUMINISTRO DE DTR (AEMC)

Teléfono:
Correo:

DETALLE DE PRODUCTO

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO	TOTAL
				
8510 AEMC	Transformador digital de relación de vueltas (DTR) modelo 8510.	1	\$ 3,650.00	\$3,650.00
CERTIFICA- DO	certificado de calibración NIST	1	\$ 105.00	\$105.00

Firma de responsable y sello: 

SUB-TOTAL \$3,755.00
IVA % 13% \$ 488.15
TOTAL \$4,243.15

CONDICIONES

Tiempo de entrega:	8 A 10 SEMANAS QUE SE CUENTAN A PARTIR DEL ANTICIPO
Forma de pago:	50% DE ANTICIPO Y 50 % CONTRA ENTREGA
Validez de la Oferta:	3 DÍAS
Nota importante:	ENTREGADO EN NUESTRAS OFICINAS

Baterías de NiMH (instaladas), cable de alimentación 115 V (USA), conjunto de dos cables de 4,5 m, cable USB de 3 m, bolsa de transporte. Nota: En caso de requerir el certificado de calibración NIST se debe agregar una semana mas por el proceso de metrología.

Ilustración 108: Cotización del equipo TTR/DTR 8510 Y Certificado de Calibración del equipo

10.2. TABLA DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN REALIZADAS EN CENTRAL HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE CON EQUIPO TTR/DTR 8510 AEMC.

PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION REALIZADAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA MONOFASICOS Y TRIFASICOS, Y A TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTO DE CORRIENTE Y VOLTAJE, EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE CEL.									
Índice	Fecha	Hora	Tipo de Prueba	Filtro	Relación de Transformación	Desviación	Corriente	Primario	Secundario
1	21/10/2024	10:01:56	VT/PT	Normal	35.098	0.28%	0 mA	35000 V	1000 V
2	21/10/2024	11:17:00	VT/PT	Normal	26.591	0.20%	2 mA	13800 V	520 V
3	21/10/2024	11:20:03	VT/PT	Normal	26.588	0.19%	2 mA	13800 V	520 V
4	21/10/2024	11:21:57	VT/PT	Normal	26.59	0.19%	1 mA	13800 V	520 V
5	21/10/2024	11:39:59	VT/PT	Normal	28.783	0.11%	0 mA	13800 V	480 V
6	21/10/2024	11:41:14	VT/PT	Normal	28.777	0.09%	0 mA	13800 V	480 V
7	21/10/2024	11:45:58	VT/PT	Normal	28.783	0.11%	0 mA	13800 V	480 V
8	21/10/2024	11:55:19	VT/PT	Normal	27.535	0.13%	0 mA	13200 V	480 V
9	21/10/2024	11:56:42	VT/PT	Normal	27.537	0.13%	0 mA	13200 V	480 V
10	21/10/2024	11:59:46	VT/PT	Normal	27.541	0.15%	0 mA	13200 V	480 V
11	21/10/2024	12:54:27	VT/PT	Normal	3.9792	-0.52%	2 mA	480 V	120 V
12	21/10/2024	12:56:30	VT/PT	Normal	3.9786	-0.54%	1 mA	480 V	120 V
13	21/10/2024	12:59:27	VT/PT	Normal	3.9789	-0.53%	1 mA	480 V	120 V
14	21/10/2024	13:03:22	VT/PT	Normal	3.9792	-0.52%	2 mA	480 V	120 V
15	21/10/2024	13:12:28	VT/PT	Normal	3.9791	-0.52%	2 mA	480 V	120 V
16	21/10/2024	13:14:07	VT/PT	Normal	3.9788	-0.53%	2 mA	480 V	120 V
17	21/10/2024	13:27:14	CT	Normal	10.007	0.07%	3 mA	50 A	5 A
18	21/10/2024	13:36:59	VT/PT	Normal	115.07	0.06%	1 mA	115 V	1 V
19	21/10/2024	13:52:50	CT	Normal	9.9921	-0.08%	6 mA	50 A	5 A
20	21/10/2024	13:54:07	CT	Normal	-10.003	0.03%	3 mA	50 A	5 A
21	21/10/2024	13:55:15	CT	Normal	10.006	0.06%	3 mA	50 A	5 A
22	21/10/2024	13:55:57	CT	Normal	9.9926	-0.07%	6 mA	50 A	5 A
23	21/10/2024	13:57:35	CT	Normal	10.006	0.06%	4 mA	50 A	5 A
24	21/10/2024	13:58:05	CT	Normal	9.9924	-0.08%	5 mA	50 A	5 A
25	21/10/2024	13:59:01	CT	Normal	10.006	0.06%	3 mA	50 A	5 A

26	21/10/2024	13:59:46	CT	Normal	9.9934	-0.07%	5 mA	50 A	5 A
27	21/10/2024	14:00:24	CT	Normal	-9.9858	-0.14%	5 mA	50 A	5 A
28	21/10/2024	14:02:03	CT	Normal	10.006	0.06%	3 mA	50 A	5 A
29	21/10/2024	14:03:01	CT	Normal	10.026	0.26%	7 mA	50 A	5 A
30	21/10/2024	14:07:38	CT	Normal	10.005	0.05%	3 mA	50 A	5 A
31	21/10/2024	14:08:29	CT	Normal	9.9938	-0.06%	9 mA	50 A	5 A
32	21/10/2024	14:23:49	VT/PT	Normal	115.07	0.06%	1 mA	115 V	1 V
33	21/10/2024	14:27:17	VT/PT	Normal	115.08	0.07%	1 mA	115 V	1 V
34	21/10/2024	14:29:09	VT/PT	Normal	115.06	0.05%	1 mA	115 V	1 V
35	21/10/2024	14:33:29	VT/PT	Normal	115.05	0.04%	1 mA	115 V	1 V
36	21/10/2024	14:36:38	VT/PT	Normal	115.08	0.07%	1 mA	115 V	1 V
37	21/10/2024	14:42:26	VT/PT	Normal	115.07	0.06%	1 mA	115 V	1 V
38	18/11/2024	11:15:16	CT	Normal	31.95	0.25%	1 mA	200 A	5 A
39	18/11/2024	11:16:54	CT	Normal	31.947	0.24%	1 mA	200 A	5 A
40	18/11/2024	11:18:27	CT	Normal	31.961	0.28%	2 mA	200 A	5 A
41	18/11/2024	11:38:36	VT/PT	Normal	39.998	-0.01%	5 mA	13800 V	433 V
42	18/11/2024	13:13:50	VT/PT	Normal	39.992	-0.02%	3 mA	13800 V	433 V
43	18/11/2024	13:49:57	VT/PT	Normal	39.982	-0.04%	4 mA	13800 V	433 V
44	22/11/2024	13:51:09	VT/PT	Normal	28.096	0.23%	2 mA	13455 V	480 V
45	22/11/2024	13:53:53	VT/PT	Normal	28.094	0.22%	2 mA	13455 V	480 V
46	22/11/2024	13:57:19	VT/PT	Normal	28.1	0.24%	2 mA	13455 V	480 V
47	13/2/2025	10:00:38	VT/PT	Normal	31.951	0.25%	1 mA	13800 V	433 V
48	13/2/2025	10:02:18	VT/PT	Normal	31.947	0.24%	1 mA	13800 V	433 V
49	13/2/2025	10:11:50	VT/PT	Normal	31.944	0.23%	1 mA	13800 V	433 V
50	15/2/2025	07:39:54	VT/PT	Normal	50.06	0.12%	0 mA	12000 V	240 V
51	18/2/2025	13:34:23	VT/PT	Normal	119.86	-0.12%	1 mA	14400 V	120 V
52	18/2/2025	13:37:50	VT/PT	Normal	119.99	-0.01%	1 mA	14400 V	120 V
53	18/2/2025	14:01:17	VT/PT	Normal	119.89	-0.09%	1 mA	14400 V	120 V
54	18/2/2025	14:02:06	VT/PT	Normal	119.92	-0.07%	1 mA	14400 V	120 V
55	18/2/2025	14:03:53	VT/PT	Normal	119.93	-0.06%	1 mA	14400 V	120 V
56	18/2/2025	14:06:05	VT/PT	Normal	119.87	-0.11%	1 mA	14400 V	120 V
57	18/2/2025	14:08:30	VT/PT	Normal	119.96	-0.03%	1 mA	14400 V	120 V
58	18/2/2025	14:35:23	VT/PT	Normal	28.813	0.22%	2 mA	13800 V	480 V
59	18/2/2025	14:37:03	VT/PT	Normal	28.809	0.20%	2 mA	13800 V	480 V
60	18/2/2025	14:38:43	VT/PT	Normal	28.811	0.21%	2 mA	13800 V	480 V

10.3. INFORME FINAL DE PRUEBAS DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA E INSTRUMENTACIÓN DE CENTRAL HIDROELÉCTRICA 15 DE SEPTIEMBRE.

Informe de pruebas de relacion de transformacion de transformadores de potencia e instrumentacion de la Central Hidroelectrica 15 de Septiembre.	
Presentan informe de pruebas: Carlos Alberto Mayorga Mercado Ever Hernandez Rivas Melvin Mauricio Campos Menendez Estudiantes de la carrera de Ingenieria Electrica, Universidad Tecnica Latinoamericana	Instalación: Pruebas realizadas en Central Hidroelectrica 15 de Septiembre de CEL. Fecha de presentacion: 12-05-2025. Asesor: Ing. Luis Alberto Morales Hernandez.
El presente informe de mediciones de relacion de transformacion en transformadores de potencia monofasicos y trifasicos y de instrumento de corriente y potencial, realizadas en la Central Hidroelectrica 15 de Septiembre de CEL, es parte del trabajo de graduacion en su capitulo 4 "APLICACION DEL TTR/DTR AEMC 8510 PARA LA MEDICION DE RELACION DE TRASFORMACION EN TRASFORMADORES", subtitulo 4.2 "Informe de estado de devanados de transformadores a prueba en la Central de Generación", para optar al título de Ingeniero Electricista de los encargados en presentar el informe.	
Las normativas de referencia utilizadas para evaluar las desviaciones de las pruebas de relacion de transformacion de los devanados de los transformadores de la Central Hidroelectrica 15 de Septiembre son las siguientes: • IEC 60076: Norma internacional que establece los requisitos generales para transformadores de potencia, incluyendo especificaciones de diseño, pruebas y rendimiento. • IEC 61869-1: Requisitos generales para transformadores de instrumentación, aplicables a transformadores con señales secundarias analógicas o digitales para medición, protección y control en sistemas con voltajes nominales superiores a 1 kV AC o 1,5 kV DC. • IEC 61869-2: Requisitos adicionales para transformadores de corriente, especificando características eléctricas y mecánicas, así como métodos de prueba. • IEC 61869-3: Requisitos adicionales para transformadores de tensión inductivos, especificando características eléctricas y mecánicas, así como métodos de prueba.	
Aparato de medicion: TTR/DTR 8510 de AEMC, ID: 107204YGDv, Firmware: 1.26, fecha de calibracion 13-08-2024. Informe generado a través de programa de gestion de datos DATA VIEW de libre gestion Propiedad de Chauvin Arnoux.	



PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION REALIZADAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA MONOFASICOS Y TRIFASICOS, Y A TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTO DE CORRIENTE Y VOLTAJE, EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE CEL.									
Índice	Fecha	Hora	Tipo de Prueba	Filtro	Relación de Transformación	Desviación	Corriente	Primario	Secundario
1	21/10/2024	10:01:56	VT/PT	Normal	35.098	0.28%	0 mA	35000 V	1000 V
2	21/10/2024	11:17:00	VT/PT	Normal	26.591	0.20%	2 mA	13800 V	520 V
3	21/10/2024	11:20:03	VT/PT	Normal	26.588	0.19%	2 mA	13800 V	520 V
4	21/10/2024	11:21:57	VT/PT	Normal	26.59	0.19%	1 mA	13800 V	520 V
5	21/10/2024	11:39:59	VT/PT	Normal	28.783	0.11%	0 mA	13800 V	480 V
6	21/10/2024	11:41:14	VT/PT	Normal	28.777	0.09%	0 mA	13800 V	480 V
7	21/10/2024	11:45:58	VT/PT	Normal	28.783	0.11%	0 mA	13800 V	480 V
8	21/10/2024	11:55:19	VT/PT	Normal	27.535	0.13%	0 mA	13200 V	480 V
9	21/10/2024	11:56:42	VT/PT	Normal	27.537	0.13%	0 mA	13200 V	480 V
10	21/10/2024	11:59:46	VT/PT	Normal	27.541	0.15%	0 mA	13200 V	480 V
11	21/10/2024	12:54:27	VT/PT	Normal	3.9792	-0.52%	2 mA	480 V	120 V
12	21/10/2024	12:56:30	VT/PT	Normal	3.9786	-0.54%	1 mA	480 V	120 V
13	21/10/2024	12:59:27	VT/PT	Normal	3.9789	-0.53%	1 mA	480 V	120 V
14	21/10/2024	13:03:22	VT/PT	Normal	3.9792	-0.52%	2 mA	480 V	120 V
15	21/10/2024	13:12:28	VT/PT	Normal	3.9791	-0.52%	2 mA	480 V	120 V
16	21/10/2024	13:14:07	VT/PT	Normal	3.9788	-0.53%	2 mA	480 V	120 V
17	21/10/2024	13:27:14	CT	Normal	10.007	0.07%	3 mA	50 A	5 A
18	21/10/2024	13:36:59	VT/PT	Normal	115.07	0.06%	1 mA	115 V	1 V
19	21/10/2024	13:52:50	CT	Normal	9.9921	-0.08%	6 mA	50 A	5 A
20	21/10/2024	13:54:07	CT	Normal	-10.003	0.03%	3 mA	50 A	5 A
21	21/10/2024	13:55:15	CT	Normal	10.006	0.06%	3 mA	50 A	5 A
22	21/10/2024	13:55:57	CT	Normal	9.9926	-0.07%	6 mA	50 A	5 A
23	21/10/2024	13:57:35	CT	Normal	10.006	0.06%	4 mA	50 A	5 A
24	21/10/2024	13:58:05	CT	Normal	9.9924	-0.08%	5 mA	50 A	5 A
25	21/10/2024	13:59:01	CT	Normal	10.006	0.06%	3 mA	50 A	5 A
26	21/10/2024	13:59:46	CT	Normal	9.9934	-0.07%	5 mA	50 A	5 A
27	21/10/2024	14:00:24	CT	Normal	-9.9858	-0.14%	5 mA	50 A	5 A
28	21/10/2024	14:02:03	CT	Normal	10.006	0.06%	3 mA	50 A	5 A
29	21/10/2024	14:03:01	CT	Normal	10.026	0.26%	7 mA	50 A	5 A

30	21/10/2024	14:07:38	CT	Normal	10.005	0.05%	3 mA	50 A	5 A
31	21/10/2024	14:08:29	CT	Normal	9.9938	-0.06%	9 mA	50 A	5 A
32	21/10/2024	14:23:49	VT/PT	Normal	115.07	0.06%	1 mA	115 V	1 V
33	21/10/2024	14:27:17	VT/PT	Normal	115.08	0.07%	1 mA	115 V	1 V
34	21/10/2024	14:29:09	VT/PT	Normal	115.06	0.05%	1 mA	115 V	1 V
35	21/10/2024	14:33:29	VT/PT	Normal	115.05	0.04%	1 mA	115 V	1 V
36	21/10/2024	14:36:38	VT/PT	Normal	115.08	0.07%	1 mA	115 V	1 V
37	21/10/2024	14:42:26	VT/PT	Normal	115.07	0.06%	1 mA	115 V	1 V
38	18/11/2024	11:15:16	CT	Normal	31.95	0.25%	1 mA	200 A	5 A
39	18/11/2024	11:16:54	CT	Normal	31.947	0.24%	1 mA	200 A	5 A
40	18/11/2024	11:18:27	CT	Normal	31.961	0.28%	2 mA	200 A	5 A
41	18/11/2024	11:38:36	VT/PT	Normal	39.998	-0.01%	5 mA	13800 V	433 V
42	18/11/2024	13:13:50	VT/PT	Normal	39.992	-0.02%	3 mA	13800 V	433 V
43	18/11/2024	13:49:57	VT/PT	Normal	39.982	-0.04%	4 mA	13800 V	433 V
44	22/11/2024	13:51:09	VT/PT	Normal	28.096	0.23%	2 mA	13455 V	480 V
45	22/11/2024	13:53:53	VT/PT	Normal	28.094	0.22%	2 mA	13455 V	480 V
46	22/11/2024	13:57:19	VT/PT	Normal	28.1	0.24%	2 mA	13455 V	480 V
47	13/2/2025	10:00:38	VT/PT	Normal	31.951	0.25%	1 mA	13800 V	433 V
48	13/2/2025	10:02:18	VT/PT	Normal	31.947	0.24%	1 mA	13800 V	433 V
49	13/2/2025	10:11:50	VT/PT	Normal	31.944	0.23%	1 mA	13800 V	433 V
50	15/2/2025	07:39:54	VT/PT	Normal	50.06	0.12%	0 mA	12000 V	240 V
51	18/2/2025	13:34:23	VT/PT	Normal	119.86	-0.12%	1 mA	14400 V	120 V
52	18/2/2025	13:37:50	VT/PT	Normal	119.99	-0.01%	1 mA	14400 V	120 V
53	18/2/2025	14:01:17	VT/PT	Normal	119.89	-0.09%	1 mA	14400 V	120 V
54	18/2/2025	14:02:06	VT/PT	Normal	119.92	-0.07%	1 mA	14400 V	120 V
55	18/2/2025	14:03:53	VT/PT	Normal	119.93	-0.06%	1 mA	14400 V	120 V
56	18/2/2025	14:06:05	VT/PT	Normal	119.87	-0.11%	1 mA	14400 V	120 V
57	18/2/2025	14:08:30	VT/PT	Normal	119.96	-0.03%	1 mA	14400 V	120 V
58	18/2/2025	14:35:23	VT/PT	Normal	28.813	0.22%	2 mA	13800 V	480 V
59	18/2/2025	14:37:03	VT/PT	Normal	28.809	0.20%	2 mA	13800 V	480 V
60	18/2/2025	14:38:43	VT/PT	Normal	28.811	0.21%	2 mA	13800 V	480 V

CONCLUSIONES DE PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION REALIZADAS A DEVANADOS DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA E INSTRUMENTACION DE CENTRAL HIDROELECTRICA 15 DE SEPTIEMBRE DE CEL.

- (Item 1) Transformador de potencia monofasico, potencia 300 KVA, de equipo Hipot, relación 35000/1000 V: Dentro de parametro nominal.
- (Item 2-4) Transformador de potencia trifasico para repuesto de Sistemas de Excitacion de U1 y U2, marca HITACHI, potencia 750 KVA, conexion Dd0, relación 13800/520 V: Dentro de parametro nominal.
- (Item 5-10) Transformador de potencia trifasico (2) que se retiraron de Sistema de Servicio Propio, marca GOULD, potencia 1 MVA, conexion Dd0, 13800/480 V: Dentro de parametro nominal.
- (Item 11-16) Transformadores de potencial (6) para repuesto de Servicio Propio, en resguardo en bodega externa, lado de Baja Tension, marca: CIC, tipo: EP-3SF2, relación: 480/120 V, precision: 0.5, burden 50VA: Fuera de parametro nominal.
- (Item 17-31) Transformadores de corriente (6) para repuesto de Servicio Propio, en resguardo en bodega externa, lado de Alta Tension, marca: CIC, tipo: EWF-20DA, relación 50/5 A, precision 5P20 y 0.2, burden 30VA y 15VA: Dentro de parametro nominal.
- (Item 32-37) Transformadores de potencial (6) para repuesto de Servicio Propio, en resguardo en bodega externa, lado de Alta Tension, marca: CIC, relacion 13800/120 V - 115:1, precision 0.2: Dentro de parametro nominal.
- (Item 38-40) Transformadores de corriente (3) lado de Alta Tension, Sistema de Excitacion U2, relación 200/5 A, marca BALLCAU, precision C800, tipo SKG-36: Dentro de parametro nominal.
- (Item 41-43) Transformador de potencia trifasico, marca SCHNEIDER ELECTRIC, Sistema de Excitacion U2, potencia 1.2 MVA, relación 13800/750 V, conexion Dy5: Dentro de parametro nominal.
- (Item 44-46) Transformador de potencia trifasico, marca TMC, Servicio Propio Barra B, potencia 1 MVA, relación 13455/480 V, conexion Dd0: Dentro de parametro nominal.
- (Item 47-49) Transformador de potencia trifasico, marca SCHNEIDER ELECTRIC, Sistema de Excitacion U1, potencia 1.2 MVA, relacion 13800/750 V, conexion Dy5: Dentro de parametro nominal.
- (Item 50) Transformador de potencia monofasico, marca SYLVANIA, Puesta a Tierra de neutro de Generador U1, relación 12000/240 V: Dentro de parametro nominal.
- (Item 51-56) Transformadores de potencial (6) para medicion, proteccion y sincronismo, marca GE, Salida de Generador U1, relación 14400/120 V, precision 0.3: Dentro de parametro nominal.
- (Item 58-60) Transformador de potencia trifasico, marca TMC, Servicio Propio Barra A, potencia 1 MVA, relacion 13455/480 V, conexion Dd0: Dentro de parametro nominal.



OBSERVACIONES:

- Existe una leve desviación fuera de límite nominal en los datos obtenidos de relación de transformación en los 6 transformadores de potencial del lado de Baja Tensión (480/120V), que se encuentran en resguardo en bodega externa a la central y que sirven de repuestos para el Sistema de Servicio Propio. Máxima desviación permitida según datos de placa es de 0.5.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda la adquisición de un medidor de relación de espiras para transformadores e implementar dentro de las gamas de mantenimiento preventivo de los diferentes sistemas que poseen transformadores, las mediciones de manera periódica para poder llevar un registro histórico de las desviaciones y así evitar llegar a la indisponibilidad de un equipo por la necesidad de adquisición de un transformador, el cual puede tardar tiempo excesivo en la fabricación.

RECIBIDO:


Edwin Palacios
Jefe Depto. Elec.
C.H. 15 Sept.




Manuel Amador
García Monroy
7804006

