

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

GUIA DE LABORATORIO
PRACTICAS DE ENSAYOS EN EL UTN LAT

UTN LAT

TEMA:
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y POTENCIA
- ENSAYOS EN CAMPO -

PARTE I - Rev.01

Vigente desde Septiembre de 2007

DIAGRAMA
DE FLUJO PRUEBAS

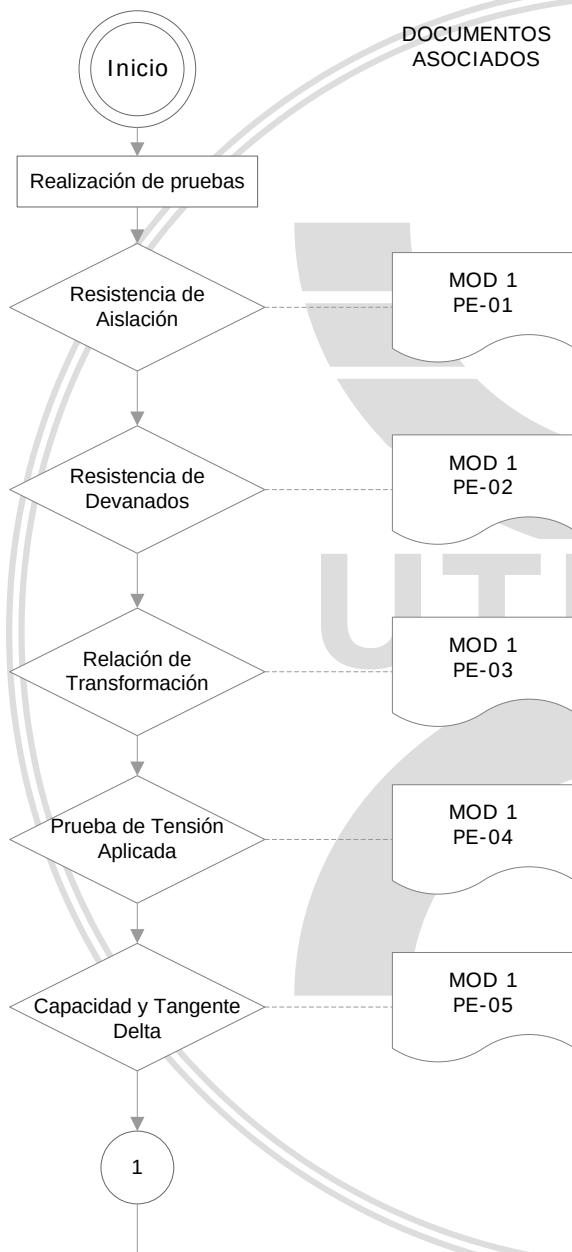
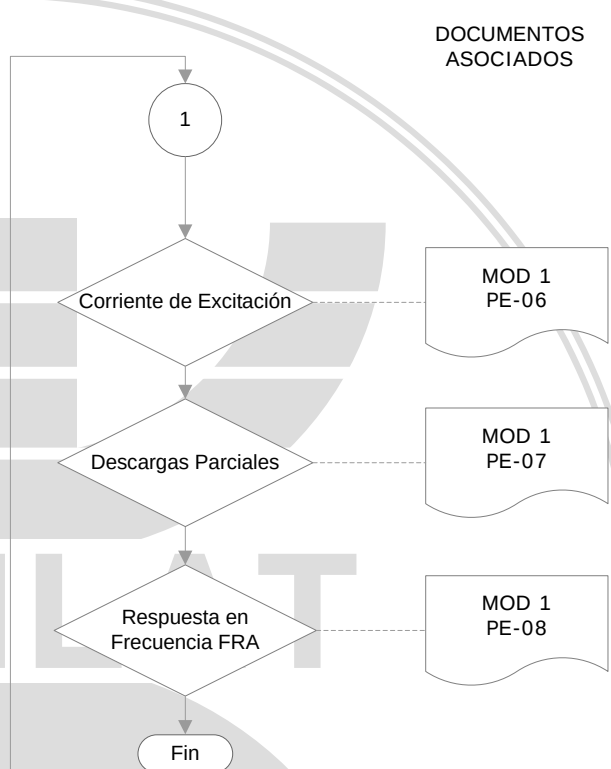


DIAGRAMA
DE FLUJO PRUEBAS



MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-08 Rev1

ANALISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

	Pág.
1. OBJETIVO	2
2. ALCANCE	2
3. DEFINICIONES	2
4. GENERALIDADES	2
4.1. METODOS DE ENSAYO	2
4.1.1. Sweep FRA (SFRA)	3
4.1.2. Impulse FRA (IFRA). (Método utilizado en esta práctica)	3
4.2. PROCEDIMIENTO	3
4.2.1. Precauciones antes de iniciar la prueba	4
4.2.2. Desarrollo de las mediciones y conexiones	4
4.2.3. Secuencias de Operación	4
4.2.4. Análisis de resultados	5
4.2.5. PRECAUCIONES AL FINALIZAR EL ENSAYO	5
4.3. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	5
5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	6
6. ANEXOS	7
6.1. EQUIPO DE MEDICION	7
6.2. USO DEL EQUIPO DE MEDICION	7
6.3. PROTOCOLO DE ENSAYO	8



ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP) REQUERIDOS EN ESTA PRACTICA						
DE USO OBLIGATORIO PARA	CASCO PLASTICO	GUANTES AISLANTES	GUANTES DE CUERO	ANTEOJOS PLASTICOS	PROTECTOR FACIAL	BOTINES SEGURIDAD
TODOS LOS INTEGRANTES						
QUIENES CONEXIONES		CLASE 1 - 7.5KV				
DISPONER EN EL LUGAR DE ENSAYO						
VALLAS SEÑALIZACION	TARIMA AISLANTE	CADENA PTA A TIERRA	BASTON DE RESCATE	DETECTOR DE TENSION	PERTIGA DE DESCARGA	MATAFUEGO
						PRIMEROS AUXILIOS

Autor INDUCOR INGENIERIA S.A (www.inducor.com.ar). Reproducción total o parcial, permitida solo para fines académicos del UTNLAT, con citación expresa de la fuente de origen. Uso y difusión comercial prohibidos.

UTNLAT: Dr. Melo 1583 - (1824) Lanús - Bs. As. - (54-11) 4249-7756 utnlat@fra.utn.edu.ar - utnlat@inducor.com.ar

www.utnlat.com.ar

SEDE ACADEMICA UTN LAT LABORATORIO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS EN ALTAS TENSIONES		 Electrical Testing Group 	
		UNIVERSIDAD	+ EMPRESA
MODULO MOD-001 Rev1	TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION - ENSAYOS EN CAMPO -		
PRACTICA DE ENSAYO PE-08 Rev1	ANALISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA		
1. OBJETIVO Evaluar la existencia de condiciones de anomalías internas en un transformador trifásico, mediante el ensayo de respuesta en frecuencia (FRA). El análisis de respuesta en frecuencia (FRA), permite verificar la simetría constructiva del transformador, comparando el comportamiento a distintas frecuencias de las tres fases de cada bobinado (primario y secundario), al ser excitadas con una misma onda de tensión. En este análisis intervienen todos los parámetros constructivos de la maquina, es decir las resistencias de los bobinados, las inductancias y las capacidades distribuidas entre espiras y contra cuba. El ensayo de FRA, brinda información sustancial sobre la integridad mecánica del transformador, y se orienta a ubicar defectos relacionados con deformaciones o desplazamientos en los bobinados y/o en el núcleo, debido a: 1) Grandes solicitaciones mecánicas que sufren las maquinas por golpes en su transporte o movimiento. 2) Esfuerzos electromecánicos (electrodinámicos) por cortocircuitos o recierres en líneas. 3) Pérdida de presión (ajuste/fijación) en el paquete magnético – formación de entrehierros. El ensayo de FRA permite detectar estas variaciones internas, que de otra manera solo podrían determinarse desencubando el transformador, con los elevados costos y pérdidas de tiempos que ello implicaría. El ensayo de FRA debe/puede realizarse en distintos puntos de la vida útil de un transformador: 1) Durante el proceso de fabricación (aplicado a los bobinados por separado, para asegurar la simetría constructiva de los mismos y como parte de los controles de calidad del fabricante). 2) Al realizar los ensayos de recepción (fábrica) del equipo por el cliente final, a fin de obtener una primera línea base para el futuro análisis de variaciones. 3) Luego del transporte o movimiento de ubicación final, verificando la integridad de la maquina respecto a fabrica. 4) Luego de un evento importante en la red que ponga en duda la aptitud de la maquina para seguir operando. 5) Formando parte de las rutinas de mantenimiento en maquinas que estén expuestas a constantes recierres en la red, o en maquinas que por su antigüedad se tenga incertidumbre del estado interno. Idealmente el historial de ensayos debería comenzar con los datos del fabricante, pero en caso de no contar con estos, debe tomarse un momento determinado como punto de inicio o base del estudio (<i>finger-print</i>), en especial cuando se trata de maquinas muy exigidas o antiguas. TRANSFORMADOR BAJO ENSAYO: Tipo: Distribución Trifásico – en aceite -Cu Potencia: 315 KVA – (Potencia asignada según IEC 60076 -1;– Pto.: 4.1; refiere a la carga permanente). Relación: 13,2 / 0,4 KV. Grupo: Dyn11. (Según IEC60076 - Pto6: MT triangulo – BT estrella neutro accesible - BT retr. 330° de MT). Conmutador de 5 posiciones: Pos 1(+5%) - Pos 2(+2,5%) – Pos 3(0%) – Pos 4(–2,5%) – Pos 5(–5%) 2. ALCANCE Aplicable a transformadores de distribución y potencia, 3. DEFINICIONES Los términos se utilizan según las definiciones dadas en la norma IEEE 62-1995. 4. GENERALIDADES Dado que en este análisis intervienen todos los parámetros constructivos de la maquina, es decir la resistencia de los bobinados, las inductancias y las capacidades distribuidas entre espiras y contra cuba , a partir de ello, cada arrollamiento puede modelarse como un cuadripolo, con un puerto de entrada y un puerto de salida. 4.1. METODOS DE ENSAYO Existen dos formas o técnicas para realizar este ensayo, denominadas: 1) Sweep FRA (SFRA). 2) Impulse FRA (IFRA). (Método utilizado en esta práctica).			

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-08 Rev1

ANALISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

4.1.1. Sweep FRA (SFRA)

Se realiza aplicando una onda de tensión de amplitud constante y frecuencia variable a lo largo de todo el espectro de frecuencia de medición, y graficando la relación entre las tensiones aplicadas y las reflejadas, en función de la frecuencia.

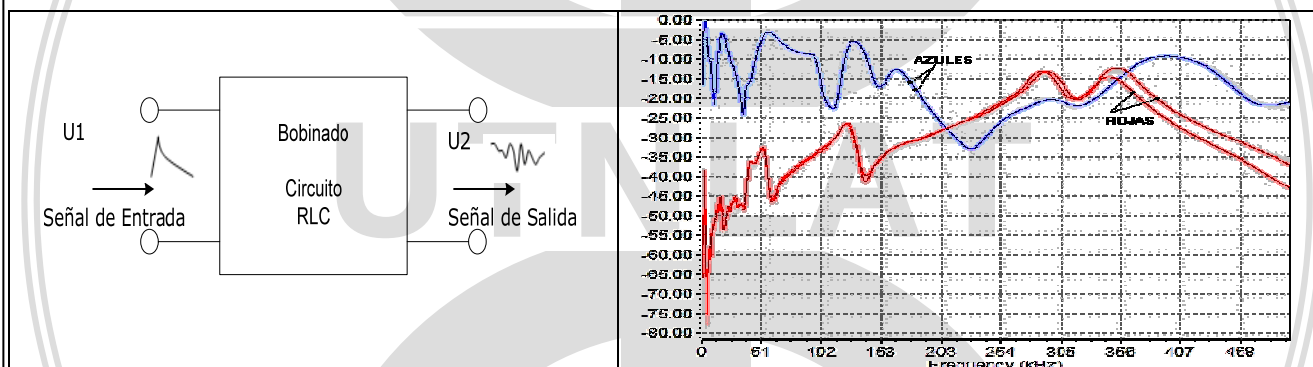
4.1.2. Impulse FRA (IFRA). (Método utilizado en esta práctica)

Se aplica un pulso de tensión calibrado, obteniéndose el espectro de frecuencia de las señales de entrada y salida por medio de la transformada rápida de Fourier (FFT), y luego se grafica la respuesta de la función transferencia, calculada en el dominio de las frecuencias.

El ensayo consiste en obtener una huella característica de cada bobinado de un transformador, y debido a la simetría constructiva que estos deben tener, se espera que estas huellas sean similares.

El análisis de los resultados, se realiza por comparación de las huellas producidas por cada bobinado, ya sea entre fases, o entre fases y tierra, y con las respuestas obtenidas en ensayos anteriores sobre la misma máquina, o con máquinas semejantes, es decir se trata también de un análisis del tipo comparativo (evolución).

En la figura de la derecha, se muestra la respuesta en frecuencia de un transformador de 50MVA, donde se ve claramente dos fases similares (azules superpuestas), y una fase con una notoria diferencia en el rango de frecuencias de 0 a 500 kHz.

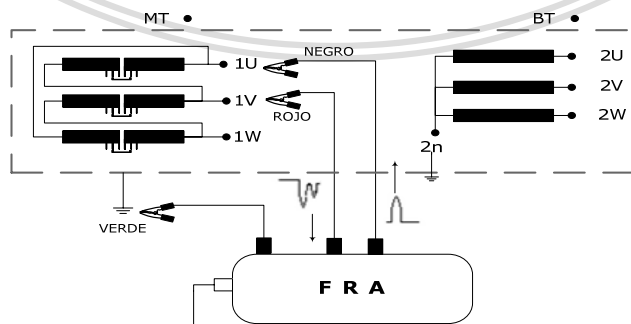


La huella mencionada anteriormente, es la respuesta de la función transferencia de cada bobinado al variar la frecuencia de análisis. Esto se logra aplicando una onda de tensión en un extremo de un bobinado y registrando la forma de onda de la tensión de salida del mismo bobinado. Circuitualmente estamos analizando al transformador como un cuadripolo donde intervienen los parámetros del bobinado, resistencias, capacidades e inductancias distribuidas, etc. (fig. izquierda)

4.2. PROCEDIMIENTO

El método Impulse FRA (IFRA), utilizado es esta practica, consiste en aplicar un pulso calibrado de baja tensión (entre 300 y 500 V - tiempo de crecimiento de 2 S y un tiempo de cola de 40 S) en uno de los extremos de cada bobinado y tierra; registrando en el extremo opuesto del mismo bobinado y tierra, la forma de onda reflejada.

Las ondas se registrarán digitalmente, permitiendo determinar mediante la Transformada Rápida de Fourier (FFT), la función transferencia del sistema en estudio, para luego ser graficada en función de la frecuencia.



MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-08 Rev1

ANALISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

NOTA: Se excluye en este ensayo, la realización de mediciones sobre el bobinado de BT y sobre otras etapas de conmutación, pero en maquinas de mayor porte, o de mayores tensiones primarias / secundarias y/o terciarias, se recomienda realizar estas pruebas sobre la totalidad de las opciones de configuración, dado que de cuanto mas información se disponga, mayor será la capacidad de análisis que se podrá efectuar sobre la maquina. Otras opciones posibles incluyen realizar secuencias, manteniendo los otros bobinados (los no ensayados), cortocircuitados y sin cortocircuitar.

En el caso en que los resultados de los ensayos, según la secuencia enunciada, ofrezcan puntos de objeción, dudas o discrepancias, se procederá a realizar mayores pruebas sobre otras configuraciones posibles para detectar el origen o existencia de un problema.

El ensayo se realizará aplicando sobre cada fase del bobinado de MT/ tierra (cables Negro y Rojo respectivamente), y recibiendo sobre cada una de las restante y tierra, (cables Rojo y Verde respectivamente), manteniendo el TAP de conmutación en la posición 1, y los bobinados BT abiertos (libres).

4.2.1. **PRECAUCIONES ANTES DE INICIAR EL ENSAYO**

Verificar ausencia de tensión, puestas a tierra en bornes de la maquina y bloqueos.
Retirar la puesta a tierra de la muestra. (Use EEP).
Observar que los terminales de MT se encuentre libres de otras conexiones.
Observar que los terminales de BT se encuentre libres de otras conexiones.
Verificar /Conectar a tierra el neutro del bobinado e BT.
Vallar la zona de trabajo como medida de seguridad impidiendo el acceso hacia partes que serán energizadas con tensión de prueba.
Conectar el cable de tierra del equipo de medición a la cuba del transformador. (también a tierra).

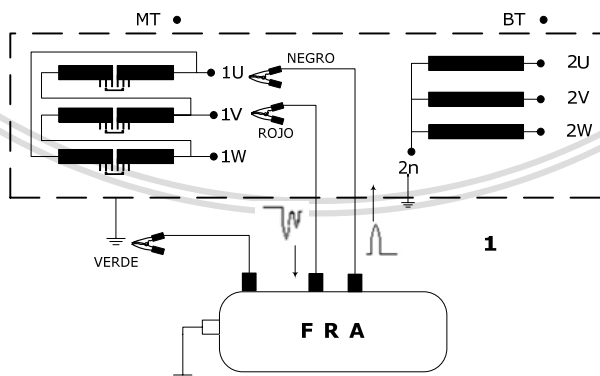
4.2.2. **Desarrollo de las mediciones y conexiones**

Cumplidas las precauciones enunciadas, comenzar con la primera secuencia de conexión del equipo de ensayo. Luego de tomados los registros de una secuencia, y antes de efectuar un cambio del conexionado, descargar antes los bobinados con una pértigas conectada a tierra. (Use EEP).

4.2.3. **Secuencias de operación**

Las secuencias a registrar para nuestro ensayo, serán las siguientes (solo bobinados de MT)

Posición TAP (13,86 KV)	Pulsos aplicados entre (cable Negro -verde)	Pulsos recibidos entre (cable Rojo-verde)	Bobinados BT
1	1U - CUBA	1V - CUBA	ABIERTOS
1	1V - CUBA	1W- CUBA	ABIERTOS
1	1W - CUBA	1U - CUBA	ABIERTOS

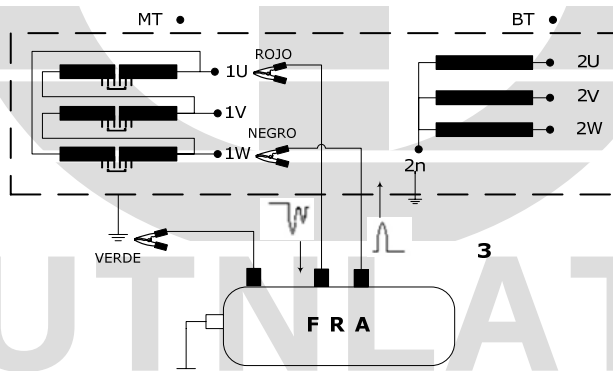
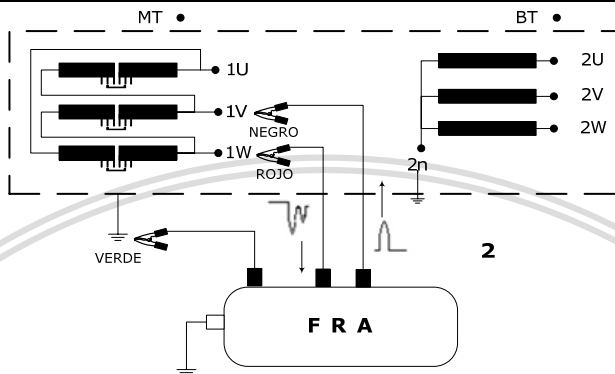


MODULO
MOD-001 Rev1

PRACTICA DE ENSAYO
PE-08 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
- ENSAYOS EN CAMPO -

ANALISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA



4.2.4. PRECAUCIONES AL FINALIZAR EL ENSAYO

Verificar ausencia de tensión del equipo de ensayo (corte de alimentación visible).
Descargar los bobinados mediante pértiga de descarga.
Retirar los cables de conexión del equipo de ensayo (Use EEP)
Observar que los terminales de MT se encuentre libres de otras conexiones.
Observar que los terminales de BT se encuentre libres de otras conexiones.
Colocar la puesta a tierra en bornes de la muestra.
Retirar el vallado de la zona de trabajo.

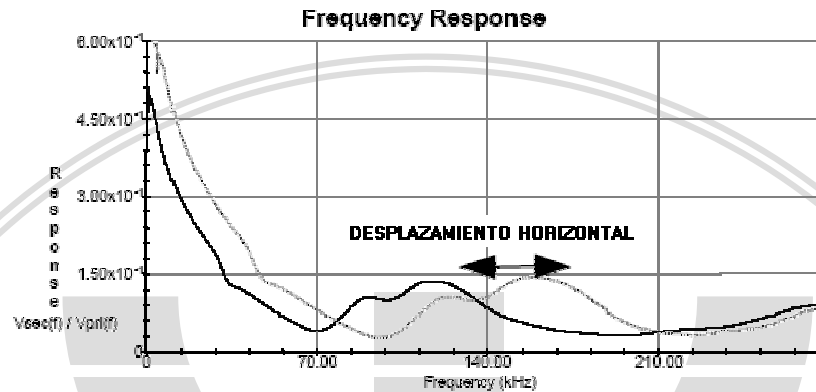
4.2.5. Análisis de los resultados

Para emitir una opinión, se debe considerar que:
No existe una normativa específica (IEEE, IEC, etc) referida a discrepancias máximas o mínimas que puedan definir rigurosamente los resultados de un ensayo.
Recordando que este es un método básicamente del tipo grafico comparativo; en transformadores trifásicos se trata precisamente de comparan entre sí, los valores obtenidos en cada fase y/o compararlos con datos históricos si es que se poseen.
Están disponibles recomendaciones emitidas por la IEEE (no normas) basadas en experiencias.

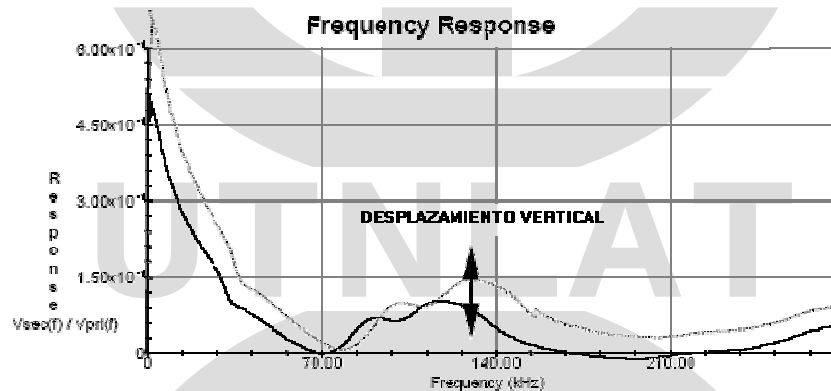
FRECUENCIA	CONDICION INDICADA POR EL FRA
2 KHz	Deformación del núcleo – Cortocircuitos – Circuito abierto Múltiples puestas a tierra del núcleo – Núcleo sin tierra.
20 KHz	Movimiento de los bobinados
20 a 200 KHz	Deformación de los bobinados.
200 KHz a 2 MHz	Deformación de los bobinados. –Problemas en espiras. – Falta de tierra
2 MHz a 10 MHz	Salidas de bobinados – Puntas de ensayos mal posicionadas. – Tierra deficiente.

Consideraciones para el análisis de las gráficas:

Corrimientos del orden del 10% podrían ser a causa de deformaciones en el bobinado.



Los corrimientos verticales no son tan importantes como los horizontales, se corresponden a una atenuación resistiva



5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Std. IEEE 57-12-90 Guía de ensayo de transformadores

Std. IEC60076-1 – “Transformadores de potencia”.

Std. ANSI C57-12-92 – “Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Reg. Transf.”.

IEEE FRA Specif. Starlogic IFRA Sub vers 1.0 - F R A using the (IFRA) Method

Manual de uso y operación del equipo.

Nota: Las normas mencionadas y el manual de uso del equipo, pueden ser consultadas en la sede del UTNLAT.

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
- ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-08 Rev1

ANALISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

6. ANEXOS

6.1. EQUIPO DE MEDICION

Analizador de respuesta en frecuencia IFRA Marca Starlogic, Modelo FRAMIT 3, Origen USA. Año 2007.
Soporte informático.- Software de aplicación



Operating Conditions

Operating main: 85-260Vac (60-50Hz)
Max Voltaje Withstand: 275 Volts
Impulse Voltaje Withstand: 1 kV, 1.2/50 s
Protection: Electrostatic Discharge Immune

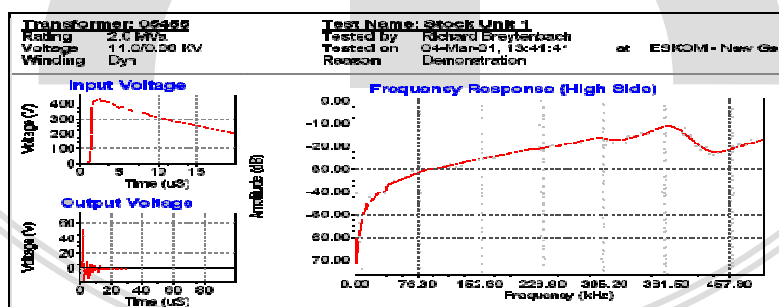
Measurement System

Calibration: Self Calibration
Amplitude Range: 0 db to -90 db
Measurement frequency band: 150 hZ – 1MHz, 10% of active frequency
Measurement accuracy: 0.1% of full scale
Maximum sampling rate: 10 MHz
Resolution: 12 bits
Analog input ranges: (+V) 0.1, 0.2, 0.5, 1.2, 5, 10, 20
Capture memory: 2 x 12 bits, 128K deep
Measurement Differentiation: 0.01dB
Common-mode rejection ability: >50dB
Disturbance rejection between channels: >120dB
Measurement range: +/- 600VDC
Output Impulse: 500V, 40 S
Charge Time: 2 seconds
Output Impedance: 50 Ohms

6.2. USO DEL EQUIPO DE MEDICION

El equipo STARLOGIC se maneja íntegramente desde su software de aplicación. Seguir cuidadosamente las instrucciones de conexionado y operación secuencial detalladas en el manual de operación del equipo.

En forma básica se deberá crear un nuevo registro haciendo click sobre la ventana NEW TRANSFORMER, ingresar los datos de placa del transformador en los campos específicos del menú: NEW TRANSFORMER DETAILS, y luego almacenarlos presionando OK. Un nuevo ensayo puede ser iniciado cada vez que un transformador ha sido creado y seleccionado. Iniciar un ensayo haciendo click en la ventana "NEW TEST". Y seguir el menú de diálogo., el cual guiará al operador sobre la secuencia de conexión de los cables de salida.



Solo resta dar inicio al ensayo haciendo click en la ventana START TEST. El equipo iniciará automáticamente el primer archivo (finger-print) del bobinado bajo ensayo. Seleccionar guardar el registro o generar uno nuevo. (KEEP o REDO). Repetir esta secuencia con el resto de los bobinados.

Una vez que todos los ensayos estén realizados, salvar los datos en la ventana SAVE TEST.

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
- ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-08 Rev1

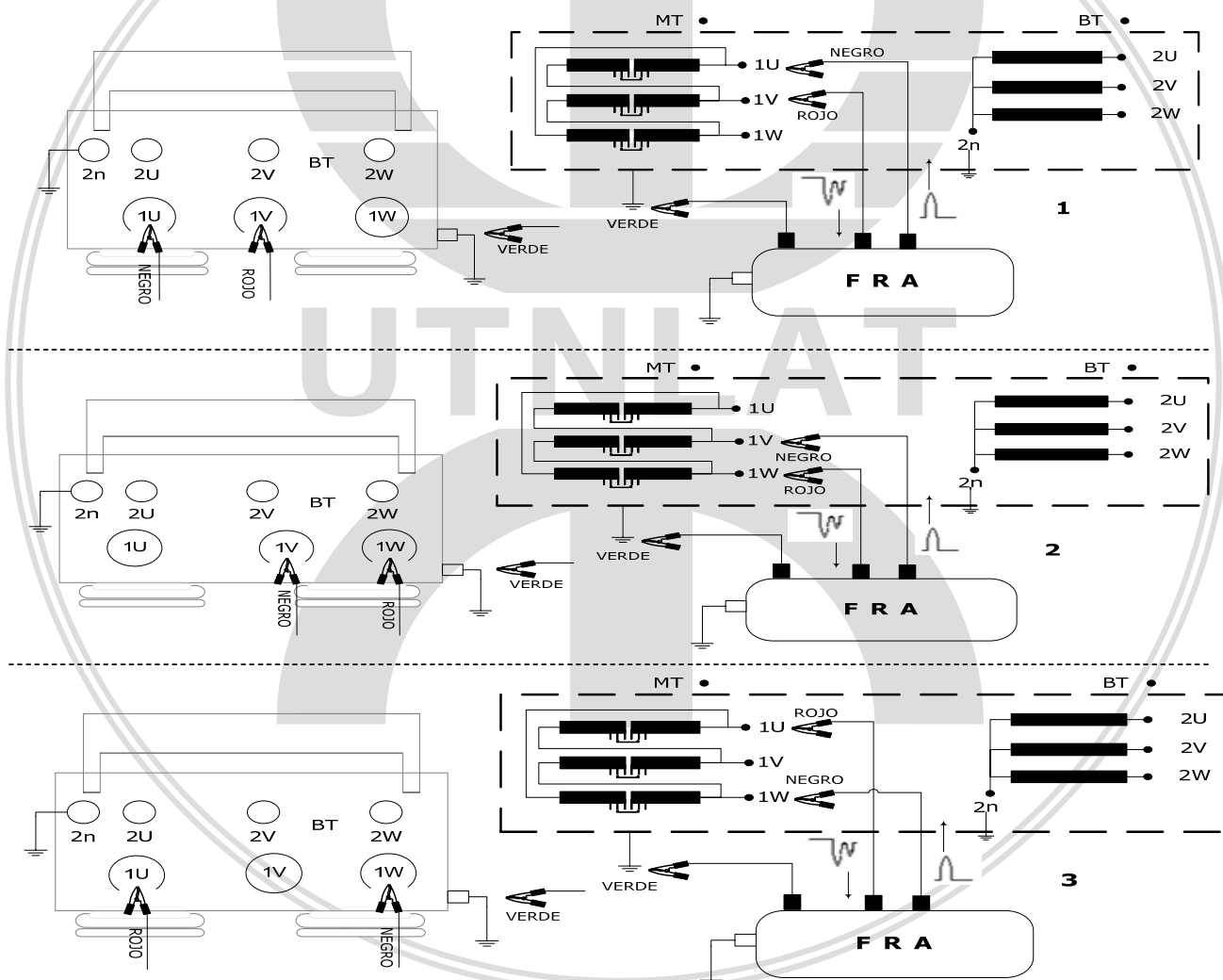
ANALISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

6.3. PROTOCOLO DE ENSAYO

NUMERO	FECHA:	SERIE N°	TEMP °C		REALIZADO POR:
			Ambiente	Aceite:	

REGISTROS FRA

Prueba N°	Pos. TAP (13,86 KV)	Pulsos aplicados entre (cable Negro verde)	Pulsos recibidos entre (cable Rojo-verde)	Bobinados BT	Nombre del archivo
1	1	1U - CUBA	1V - CUBA	ABIERTOS	
2	1	1V - CUBA	1W - CUBA	ABIERTOS	
3	1	1W - CUBA	1U - CUBA	ABIERTOS	



CONCLUSIONES: