

**LABORATORIO ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA TRANSFORMADORES
ELECTRICOS
(LACTE)**

**HEBERTH GONZALEZ OREJUELA
ROBERTO DE JESUS VEGA CORRALES
JOSE KENJI WATANABE HANETA**

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
CORPORACION UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
SANTIAGO DE CALI**

2002

**LABORATORIO ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA TRANSFORMADORES
ELÉCTRICOS
(LACTE)**

**HEBERTH GONZALEZ OREJUELA
ROBERTO DE JESUS VEGA CORRALES
JOSE KENJI WATANABE HANETA**

**DISERTACIÓN
Para Optar Al Título Maestro En Ciencias Computacionales**

**Director De Tesis
DR. FERNANDO MACHUCA**

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
CORPORACION UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
SANTIAGO DE CALI**

2002

RESUMEN

Una de las inquietudes del hombre a través de la historia, ha sido la manera de comunicarse con otros en forma rápida y eficiente y realizar labores con ayuda de herramientas que eliminen el contacto humano con el equipo de trabajo.

En los sistemas educativos se ha trabajado incansablemente en aplicar la premisa anterior, con el fin de crear sistemas que permitan llevar la información al mayor número de estudiantes en forma simultánea, optimizando los recursos disponibles, utilización del tiempo disponible , mejorando las condiciones de seguridad en el trabajo , posibilidad de repetir la labor desarrollada cuantas veces sea necesario y la de compartir la información con otros , facilidad de solución a las inquietudes presentadas y demás pertinencias que se le presentan en el desarrollo de su trabajo .

El crear un sistema para realizar laboratorios asistidos por computador, conlleva a la solución de interrogantes que se presentan, permite realizar los experimentos a distancia y en tiempo real , obteniendo la información requerida sin necesidad de estar en contacto permanente con los equipos .

El sistema que a pesar de no ser tan sofisticado, permite adaptarlo a aplicaciones industriales, donde se requiere el manejo de equipos productivos a control remoto, haciendo mas flexible su administración.

El sistema está estructurado de tal manera que los experimentos pueden realizarse mediante la simulación y en tiempo real y comparar sus resultados. También se plantean preguntas para la complementación de conocimientos, presentando mayores exigencias al estudiante en sus conocimientos teóricos y análisis de sus observaciones.

AGRADECIMIENTOS

En esta página escrita al final del proyecto, se quiere dejar constancia de los aportes mas importantes que algunas personas hicieron para el desarrollo del proyecto, facilitando la obtención de los resultados esperados.

A la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente y su Rector Doctor Luis H. Pérez, por su apoyo financiero y logístico en todas las etapas de estudio.

Doctor Daniel A. Vega; por su apoyo e interés en la realización de Laboratorios Virtuales en la Corporación Autónoma de Occidente de Cali. QEPD.

Doctor Edgar E. García; por ceder los espacio y equipos de los laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, para los respectivos montajes y pruebas.

Doctor Fernando Machuca; por su valioso aporte computacional y logístico en la dirección del proyecto.

Al Ingeniero Hector José Gómez; por sus sugerencias sobre la presentación del proyecto.

PROLOGO

A través de la historia de la humanidad , se ha visto , que entre las las grandes preocupaciones del hombre se encuentra la comunicación con los demás de manera rápida , clara y eficaz , lo cual lo ha llevado a realizar importantes investigaciones en este campo , siendo relevantes los jeroglíficos en los años 3000 A.C. (Lenguaje pictórico egipcio) , el invento del telégrafo y el código morse

en el año 1844 , el desarrollo del sistema telefónico de A.G. Bell y T.A. Watson en 1876 , el descubrimiento del micrófono de carbón de T.A. Edison , la transmisión de señales de radio por Marconi en el año 1896 , la demostración de la televisión en Inglaterra en el año 1925 , el invento de la cinta magnética de grabación en el año 1942 , el invento de los sistemas de video en el año 1975 , los sistemas de comunicación por fibra óptica en el año 1977 y la evolución de los sistemas transmisión de datos en los últimos años , permitiendo un gran desarrollo en los campos tecnológico , educativo e investigativo . Como se puede observar , la tecnología utilizada en el campo de las comunicaciones avanza continuamente , creando condiciones para elaborar sistemas que beneficien cada vez a mayor número de personas , con mejor eficiencia , aplicaciones mas confiables , altas velocidades y buena portabilidad .

De acuerdo al avance de las ciencias computacionales y las multiples aplicaciones que se pueden dar, se tuvo la idea de realizar un software aplicable a la ejecución de laboratorios **a distancia?** en tiempo real a través de la red de datos y que a la vez permitiera su realización mediante un proceso de simulación , consiguiendo con ello que el estudiante obtenga los mismos conocimientos que si estos se realizaran en forma presencial; fijadas las metas se conformó el grupo de trabajo y se escogió el area objeto de la aplicación .

El presente proyecto tuvo como fin elaborar un sistema que permita la realización de prácticas de laboratorio sobre transformadores, utilizando los avances tecnológicos en el campo de la computación, tales como las aplicaciones del Visual Basic en la creación de ficheros ejecutables y ventanas; utilización del Access para la creación de bases de datos ; aplicaciones del ComponentsWork

para la visualización y captura de señales a través de pantalla ; la versatilidad del WorkBench para la creación de diagramas electrónicos ; Traxmaker para la realización de esquemas eléctricos; SmartDraw para realización de esquemas generales y el Office para la realización de textos, enlaces y textos. Se creó un software que facilita la interconexión de los sistemas y permite llevar información simultánea a varios usuarios situados en **puntos diferentes de nuestra geografía**, solucionando problemas de insuficiencia de equipos , limitaciones de espacio físico , costos en atención a estudiantes , limitaciones de horario , requerimientos de tiempo , limitación en el desarrollo de labores paralelas cuando se entra en la etapa de la experimentación en el cumplimiento de sus compromisos estudiantiles .

En el comercio existen paquetes que realizan estos procesos a nivel industrial tal como SCADA el cual es un paquete coordinador supremamente potente, pero su costo no es accesible a nivel de usuarios particulares o pequeñas empresas, limitando su campo de aplicación. El software que se desarrolló y la aplicación implementada, permite dar aplicaciones a nivel de cualquier usuario por su sencillez, bajo costo y fácil implementación.

Este sistema puede ser aplicado en la educación a un nivel de carreras tecnológicas y de pregrado en el área de las aplicaciones eléctricas que forman parte del pensum de estudios correspondiente a los programas de ingeniería y tecnología eléctrica, así como a pequeñas industrias que requieran o deseen manejar sus procesos remotamente y en tiempo real.

En su preparación se han tenido en cuenta las dificultades que se presentan en el desarrollo de cursos teórico – prácticos, donde prima en la mayoría de los casos el

desarrollo teórico, dadas las dificultades para acceder a laboratorios, bien sea por limitaciones de tiempo o tenencia de equipos suficientes para cubrir las necesidades de todos los alumnos que cursan estas materias.

La presentación se da en forma clara, de tal manera que sea amena y ayude al experimentador en la comprensión de su trabajo. En cada experimento se presentan ayudas tales como gráficas, descripción de temas, ecuaciones, exposiciones sobre el tema objeto del experimento, que se ilustran de manera adecuada y concreta.

La disposición de los experimentos se ha dado en forma tal, que sea posible mantener una secuencia de los temas, de acuerdo a los sistemas de desarrollo dados por los programas en este campo y los sistemas de prueba de transformadores adoptados por las empresas constructoras de estos equipos, sin embargo no es un factor limitante para el usuario, pues este puede seleccionar cualquier experimento independientemente.

Conviene destacar la comparación que realiza el programa entre los datos obtenidos por simulación y los datos tomados en tiempo real, los cuales dan al estudiante elementos indispensables para el aprendizaje de los transformadores y la visualización de su comportamiento cuando se encuentran en funcionamiento dentro de un sistema eléctrico.

El sistema presenta un conjunto de 9 experimentos básicos para el análisis del comportamiento de un transformador, sin embargo quedan algunos experimentos **de gran importancia?**, que por razones de tiempo no se trataron, pues su incorporación requiere la ampliación del hardware con equipos y adaptaciones que prolongarían la finalización del proyecto.

El software incorpora las siguientes partes :

- Un proceso de simulación de cada experimento , que le permite al estudiante preparar su trabajo y predecir cual va a ser el comportamiento del transformador en el proceso de prueba a cual va a ser sometido. En el proceso de simulación se introduce la información básica del transformador y los datos obtenidos a partir de los cálculos , obteniendo a partir de ellos resultados que fuera de ser importantes para el análisis del experimento , son valores de comparación con los datos obtenidos en tiempo real .
- Ejecución del experimento en tiempo real , donde el estudiante remotamente puede conectar su máquina para obtener la información pertinente . El programa proporciona las herramientas necesarias para activar el hardware , leer las magnitudes , realizar los cálculos y obtener la información para visualizar el comportamiento del transformador en cada caso considerado .
- Creación de una base de datos, donde se almacenan los resultados de los experimentos realizados , para posteriores consultas .
- Después de introducir los resultados, visualizar cuales de estos son Correctos.
- Tener enlazados los temas de consulta correspondientes a cada experimento.
- Seleccionar independientemente el experimento a realizar.

INDICE

- PORTADA

PROLOGO

AGRADECIMIENTO

CONTENIDO

RESUMEN

- CAPITULO 1 [Capitulo1-par2.doc](#)

Laboratorio Asistido por Computador para transformadores eléctricos.

(Presentación general)

- CAPITULO 2 [Capitulo2-par3.doc](#)

Desarrollo de interfaces.

- CAPITULO 3 [Capitulo3-par4.doc](#)

Transformadores eléctricos.

- CAPITULO 4 [Capitulo4par5.doc](#)

Experimentos desarrollados.

- CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES [Conclusiones.doc](#)

INTRODUCCION

Dado que la sociedad siempre se encuentra interesada en el avance de la ciencia, crea mecanismos de colaboración para desarrollar actividades que conduzcan a la satisfacción de sus necesidades de una manera organizada, la Corporación

Autónoma Universitaria de Occidente de Cali se ha interesado en la actualización de sus sistemas de enseñanza en base a las nuevas tecnologías, fundamentadas en los desarrollos computacionales, creando un programa en un lenguaje de máquina diseñado para correr en una computadora diferente o sea un proceso de simulación que será utilizado como instrumento pedagógico en el proceso enseñanza aprendizaje de los transformadores eléctricos, los cuales han cambiado la visión de los procesos, llevando estas técnicas a la fase experimental, optimizando la utilización de los equipos y mejorando las condiciones de aprendizaje del estudiante mediante la interacción continua estudiante – máquina –computador.

El computador es una de las herramientas más importantes en el diseño y operación de sistemas, mediante la aplicación de la simulación. La construcción de los modelos se inició en la época del renacimiento con los trabajos de Isacc Newton, pero los procesos de simulación ¹ comenzaron a desarrollarse hace aproximadamente 60 años con los trabajos realizados por los científicos Von Neuman y Ulam quienes trabajaron en el proyecto Monte Carlo² durante la segunda guerra mundial, donde simulaban reacciones nucleares cuya solución experimental sería muy costosa y su análisis matemático complicado. A partir de esta época las aplicaciones de la simulación se incrementaron en la solución de problemas teórico prácticos.

¹ Alan Freedman , Diccionario de computación . España.Mc Graw-Hill . 1995. Tomo 3.p 708.

² Raúl Coss Bu .Simulación Un enfoque práctico .Editorial Limusa Noriega Editores. Balderas 95. México D.F 1999. p 11.

EL propósito del proyecto es aplicar esta técnica al proceso educativo dentro de la Universidad, inicialmente en el desarrollo de la experimentación en el área de Conversión de Energía Eléctrica en el área o de los transformadores, acompañada de toma de datos y ejecución en tiempo real, el cual consiste en medir, analizar, y controlar sucesos del mundo real conforme ocurre ³, permitiéndole al experimentador comparar lo real con lo simulado, entendiéndose por simulación según H.Maisel y G. Gnugnoli ⁴ como una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital, los cuales comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas necesarias para describir, entender o evaluar el comportamiento de los sistemas en el mundo real.⁵

Para simular un proceso se tienen dos alternativas ⁶, una es obtener un paquete de simulación que se adapte a las condiciones y resultados que se desea obtener , otra es desarrollar el software correspondiente que cumpla los requerimientos y metas propuestas, realizando análisis que con otras metodologías son poco prácticas o demasiado costosas .La simulación permitirá realizar un análisis previo del experimento sin requerimiento de equipos ⁷ , dando al experimentador una visión amplia del proceso a realizar en tiempo real.

³ Pressman R.S. Ingeniería de Software un Enfoque Práctico. España, McGrawHill. 1997. P.11

⁴ Coss Bu Raul. Simulación un enfoque práctico.Editorial LIMUSA. México 1999 . pag 12.

"Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital .Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento del sistema a través de largos períodos de tiempo ".

⁵ Documento HTML por Chris Hand What Is Virtual Reality. Versión 2.1 Oct 8 1993 pag 13.

⁶ Pressman Roger S.Ingeniería del Software Un Enfoque Práctico.España Mcgraw-Hill 1997. pag 11.

⁷ IEEE Potenciales. Vol 17. N°2 Abril Mayo 1998.

OBJETIVOS

- . Desarrollar un paquete de software para la realización de experimentos por simulación y en tiempo real sobre transformadores eléctricos .
- . Los datos de los experimentos simulados deben ser almacenados en una base de datos , para servir de referencia en posteriores confrontaciones de resultados .
- . La toma de información del experimento en tiempo real , debe realizarse a través del computador en base al software elaborado .
- . El sistema debe permitir al estudiante realizar la toma de información cuantas veces sea necesario .
- . El sistema debe contener temas de consulta , de tal manera que el estudiante pueda aclarar sus dudas fundamentales aparecidas durante la realización del experimento .
- . El sistema debe contener un manual de procedimientos que permita ser interpretado por cualquier usuario .
- . Cada experimento debe contener un sistema de autoevaluación y evaluación por parte del profesor , para confirmar que el tema ha sido analizado correctamente y se han logrado los conocimientos fundamentales .

[Capitulo1-par2.doc](#)

INDICE POR CAPITULOS

Capitulo 1

Introducción	1
Principales contribuciones	2
Simulación y tiempo real	3
Presentación esquemática del proyecto	5
Descripción del proyecto	7
Funcionamiento del sistema	47
Código y estructura del software	50

Capitulo 2

Desarrollo de interfaces – Introducción	1
Tipos de interfaz gráfica	1
Diseño de la interfaz gráfica	3
Diseño de la interfaz hardware	4
Tarjeta de adquisición de datos	7

Capítulo 3

Transformadores eléctricos	1
-----------------------------------	----------

<i>Modelo del transformador</i>	3
<i>Definición de variables</i>	6
<i>Salidas digitales para la conexión del transformador</i>	11

Capítulo 4

<i>Experimentos desarrollados</i>	7
<i>Introducción</i>	7
<i>Experimentos</i>	7
<i>Etapas de la experimentación</i>	7
<i>Relación de experimentos</i>	8
<i>Experimentos con transformadores monofásicos</i>	9
<i>Experimento Nº 1- Efectos resistivos en el transformador</i>	10
<i>Soporte teórico</i>	11
<i>Transformador eléctrico</i>	11
<i>Sistemas magnéticos</i>	11
<i>Núcleo magnético</i>	14
<i>Circuito magnético</i>	16
<i>Magnetismo remanente</i>	18
<i>Inducción magnética residual</i>	18
<i>Retentividad</i>	18
<i>Campo coercitivo</i>	18
<i>Coercitividad</i>	19

<i>Refrigeración</i>	19
<i>Sistema de refrigeración por aire</i>	19
<i>Sistema de refrigeración por corriente de aire</i>	
<i>Forzado</i>	19
<i>Sistema de refrigeración por aceite</i>	20
<i>Sistema de refrigeración por aceite y aire forzado</i>	21
<i>Sistema de refrigeración por aceite y agua</i>	21
<i>Sistema de refrigeración por aceite forzado</i>	22
<i>Efectos resistivos en los transformadores</i>	22
<i>Resistencia equivalente a las pérdidas en vacío</i>	33
<i>Resistencia óhmica del devanado primario</i>	34
<i>Resistencia efectiva</i>	34
<i>Resistencia equivalente para las pérdidas en vacío</i>	34
 Experimento número 1 – Efectos resistivos en el transformador	
<i>Simulación</i>	35
<i>Ejecución en tiempo real</i>	36
<i>Cuestionario de complementación</i>	36
 Experimento número 2 - Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores – Objetivo	
<i>Teoría - Pérdidas en el núcleo magnético</i>	39
<i>Corriente de excitación y pérdidas sin carga</i>	39
<i>Relación de pérdidas</i>	40
<i>Proceso de simulación</i>	41
<i>Ejecución en tiempo real</i>	42

<i>Cuestionario de complementación</i>	42
<i>Experimento número 3 Desarrollo del modelo equivalente del</i>	
<i>Transformador – Objetivo</i>	43
<i>Teoría-Circuito equivalente de un transformador</i>	44
<i>Impedancia del transformador</i>	45
<i>Desarrollo del modelo equivalente del</i>	
<i>transformador monofásico</i>	46
<i>Circuito equivalente aproximado del</i>	
<i>transformador monofásico</i>	47
<i>Circuito equivalente de los transformadores</i>	
<i>monofásicos</i>	48
<i>Circuito equivalente de los transformadores</i>	
<i>monofásicos</i>	49
<i>Pérdidas en los transformadores</i>	49
<i>Regulación</i>	50
<i>Eficiencia</i>	51
<i>Proceso de simulación</i>	52
<i>Ejecución en tiempo real</i>	55
<i>Cuestionario de complementación</i>	58
<i>Experimento número 4 – Análisis del transformador monofásico bajo</i>	
<i>carga</i>	59
<i>Teoría</i>	59
<i>Transformador con secundario</i>	
<i>de tres terminales</i>	64

<i>Proceso de simulación</i>	65
<i>Ejecución en tiempo real</i>	68
<i>Cuestionario de complementación</i>	71
Experimento número 5 . Análisis del transformador trifásico bajo carga	72
<i>Objetivo</i>	72
<i>Teoría</i>	74
<i>Bancos trifásicos balanceados</i>	74
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Dd</i>	74
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Yd</i>	75
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Yy</i>	75
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Dy</i>	75
<i>Transformador trifásico bajo carga – conexiones</i>	76
<i>Transformador trifásico en conexión Dd</i>	77
<i>Transformador trifásico bajo carga en conexión Yy</i>	77
<i>Proceso de simulación Yy</i>	78
<i>Ejecución en tiempo real(Yy)</i>	79
<i>Transformador trifásico bajo carga Dd</i>	80
<i>Proceso de simulación Dd</i>	80
<i>Ejecución en tiempo real Dd</i>	82
<i>Transformador trifásico bajo carga Yd</i>	83

<i>Proceso de simulación Yd</i>	83
<i>Ejecución en tiempo real Yd</i>	84
<i>Transformador trifásico bajo carga Dy</i>	85
<i>Proceso de simulación Dy</i>	85
<i>Ejecución en tiempo real Dy</i>	86
<i>Cuestionario de complementación</i>	87
Experimento número 6. Análisis del comportamiento del transformador en	
<i>Conexión Yz5</i>	90
<i>Teoría</i>	92
<i>Proceso de simulación</i>	95
<i>Ejecución en tiempo real</i>	96
<i>Cuestionario de complementación</i>	97
Experimento número 7 – Teoría	99
<i>Transformador de tres devanados</i>	99
<i>Índice horario</i>	101
<i>Proceso de simulación Dyy</i>	105
<i>Ejecución en tiempo real Dyy</i>	106
Análisis del comportamiento del transformador en	
<i>Conexión Yyy – Objetivo</i>	108
<i>Proceso de simulación Yyy</i>	108
<i>Ejecución en tiempo real Yyy</i>	110
<i>Cuestionario de complementación</i>	112
Experimento número 8 – Transformadores monofásicos en paralelo con	
<i>carga resistiva . Teoría.</i>	114

<i>Ejecución en tiempo real .</i>	117
<i>Cuestionario</i>	119
<i>Proceso de simulación</i>	121
<i>Cuestionario</i>	124
Experimento número 9 . Fenómeno transitorio – Objetivo	126
<i>Teoría</i>	126
<i>Cuestionario</i>	126

CAPITULO I

LABORATORIO ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.

INTRDUCCION.

Cuando se realizan experimentos en el área de las máquinas eléctricas normalmente se encuentra el docente y alumnos con una situación limitante para la ejecución de su trabajo como es la del número de equipos disponible, lo cual hace que la relación equipo - tiempo no sea lo suficientemente amplia para permitir al experimentador profundizar en sus análisis, ante esta situación se pensó en crear un sistema que utilizando los nuevos desarrollos tecnológicos en el campo de los sistemas de información, permita utilizar los equipos del laboratorio en forma adecuada, con mayor cobertura de estudiantes, seguridad en el trabajo sin exposición a riesgos personales y posibilidad de deterioro de las máquinas y equipos de medición y facilidad de control del trabajo por parte del profesor.

El sistema desarrollado consiste en el diseño de un paquete de software y hardware complementario utilizando diferentes herramientas existentes en el mercado, facilitando la obtención de información de la máquina considerada, en

este caso un transformador y el procesamiento de esta información cuyos resultados deben ser comparados con los obtenidos por el experimentador para evaluar el nivel de conocimiento sobre el tema.

PRINCIPALES CONTRIBUCIONES

En el presente proyecto contribuye a dar solución a situaciones tales como:

- En el campo educativo, permite realizar experimentos de laboratorio a distancia a través de una red de datos, donde la lectura de parámetros se puede considerar en tiempo real.

Si bien este sistema se ha venido implementando en diferentes instituciones de educación superior del país tales como la Universidad del Valle, Universidad tecnológica de Pereira, Universidad autónoma de Bucaramanga, etc ; cada una de estas instituciones a tratado de seguir sus propios patrones. El caso nuestro, es también un desarrollo institucional en base a software adquirido por la Universidad e implementos para la configuración del software de fácil consecución en el mercado local, a excepción de la tarjeta de adquisición de datos que es tecnología de la National Instruments .

- Este sistema desde el punto de vista del diseño ha sido realizado con técnicas propias, por lo tanto es reproducible fácilmente, fuera de ser abierto a mejoras futuras
- Este sistema también se puede aplicar al control industrial a través de una red de datos, donde el único cambio sería la adición de algunos transductores, de acuerdo a la señal a medir y controlar .
- Este sistema ofrece una disminución en los costos de los sistemas coordinadores, los cuales por ser desarrollados en el exterior tienen el valor agregado de la tecnología foránea.

1.1. SIMULACION Y TIEMPO REAL .

1.1.1. SIMULACIÓN

La simulación es una analogía funcional donde por medio de un conjunto de ecuaciones matemáticas se idealiza una situación del mundo real que se desea estudiar. Es un proceso paso a paso idealizado para realizar un análisis, el cual puede conducir a investigaciones y pruebas de otras situaciones análogas.

En la realización del experimento de laboratorio, la simulación permite realizar pronósticos y estimaciones del comportamiento del sistema, información que permite trabajar con mayor seguridad cuando las ejecuciones son en tiempo real.¹

1.1.2.. SISTEMAS DE TIEMPO REAL²

Algunas Definiciones previas al concepto de sistema en tiempo real son:

- Cualquier sistema en el que el instante en el que se produce la salida es significativo. Esto suele deberse a que la entrada se corresponde a algún movimiento en el mundo físico y la salida tiene que estar relacionada con ese mismo movimiento. Para una puntualidad aceptable el lapso entre la entrada y la salida debe ser lo suficientemente pequeño (Oxford Dictionary of Computing)
- Un sistema al que se exige que reaccione a estímulos de su entorno (incluido el paso del tiempo físico) dentro de intervalos de tiempo dictados por el entorno (proyecto PDCS)
- Tiempo real es la capacidad de un sistema operativo de proporcionar el nivel exigido de servicio en un tiempo de respuesta acotado (norma POSIX 1003.1)

¹ Dimitris N. Chorafas, Heinrich Steinman, *REALIDAD VIRTUAL*, P57 –60. Prentice Hall

² Sito Web: *E. T. S. E. de Telecomunicación Sistemas Operativos Distribuidos y de Tiempo Real*, Pedro Rodríguez. <http://www-gist.det.uvigo.es/~pedro/pub/sodtr/cap09>

En síntesis se tiene que un sistema de tiempo real es un sistema informático que:

- Interacciona repetidamente con su entorno físico
- Responde dentro de un plazo de tiempo determinado a los estímulos que recibe del entorno.

Sistema de tiempo real = sistema que debe cumplir plazos:

- Para que su funcionamiento sea correcto no basta con que las acciones sean correctas, sino que tienen que ejecutarse dentro del intervalo de tiempo especificado.
- El instante en que se ejecutan las acciones del sistema es significativo.

Hay muchos sistemas en los que:

- El usuario introduce un comando y espera una respuesta rápida
- Pero no suele ser dramático si la respuesta no es inmediata
- No dar una respuesta a tiempo no se considera dar una respuesta errónea

Distinción fundamental entre los sistemas que son y los que no son de tiempo real:

- La exactitud de un sistema de tiempo real depende no sólo de los resultados lógicos de la computación, sino también del instante en el que se producen los resultados
- En los sistemas de tiempo real puede no valer nada la realización de una acción, aunque sea la correcta, si se hace fuera de tiempo
 - incluso puede ser indeseable

Objeción: “todos los sistemas tienen exigencias en su respuesta temporal: todo sistema debe garantizar que la actuación sobre el mundo físico que lo rodea se produce con puntualidad.

La clave está en un compromiso entre las exigencias de los usuarios y las consideraciones económicas en el desarrollo del proyecto

La garantía de cumplimiento al 100% puede ser:

- Inaceptablemente cara, y además innecesaria porque todo funciona razonablemente bien sin ella (ej.: despacho de billetes)
- Imprescindible, porque de lo contrario las consecuencias serán desastrosas (ej.: control de una central nuclear).

Los sistemas de tiempo real exigen un comportamiento analizable y predecible: todo debe funcionar según los plazos previstos, en los instantes de tiempo adecuados

Acciones del sistema en intervalos de tiempo bien definidos, el diseño y la realización de sistemas de tiempo real presenta una dificultad especial.

No basta con que el sistema sea rápido, sino que debe ser determinista, es decir, su comportamiento debe ser el correcto en cualquier circunstancia, incluso cuando esté sobrecargado. Todo esto implica un gran conocimiento de las características de la aplicación y del entorno del sistema.

1.2. Presentación Esquemática Del Proyecto.

El proyecto se divide básicamente en 10 bloques, donde cada uno de ellos describe una función del proceso de estructuración del trabajo realizado.

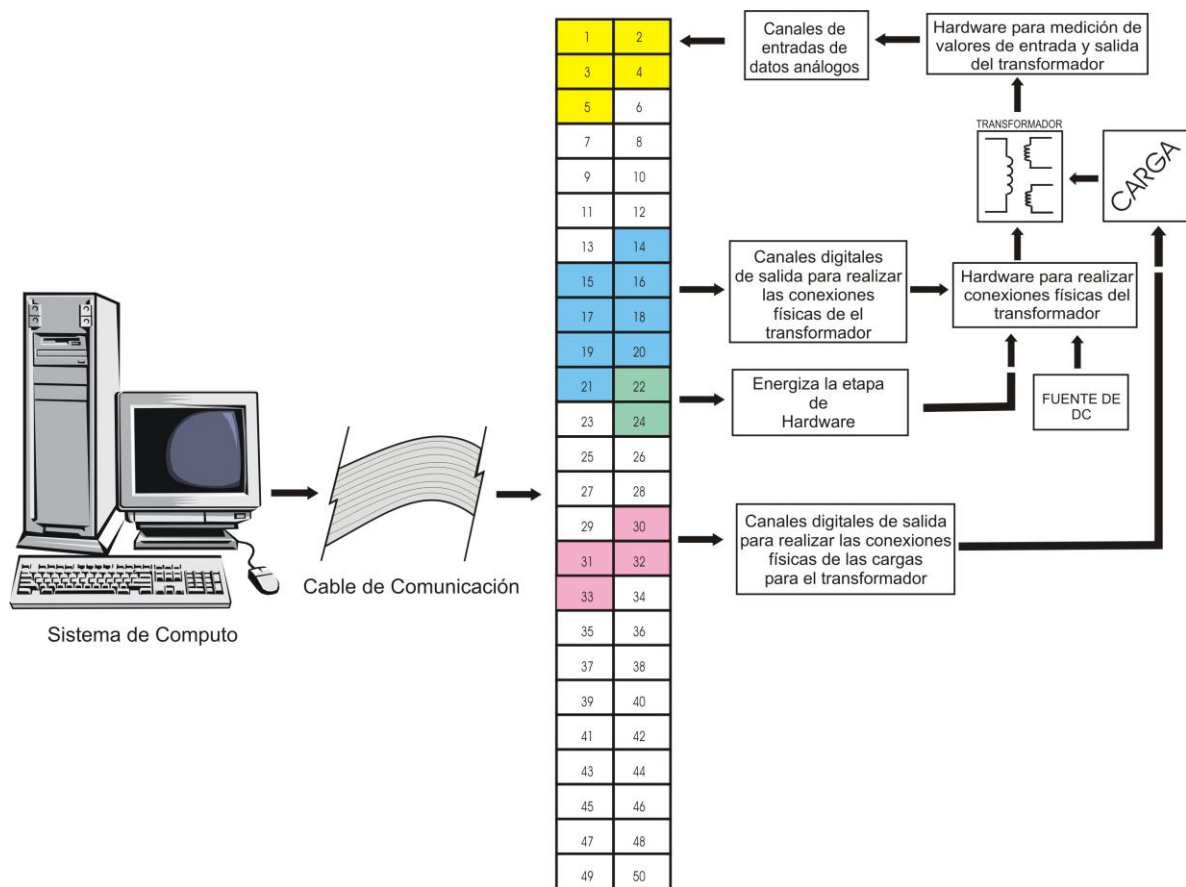


Figura N° 1-1. Descripción esquemática del proyecto mediante un diagrama de bloques.

- 1 Transformador de potencia.
- 2 Banco de cargas trifásico.
- 3 Tarjeta de relevos de potencia para conexión del transformador .
- 4 Tarjeta de relevos de potencia para la conexión de la carga.
- 5 Tarjeta de relevos de control de la tarjeta de potencia 3
- 6 Tarjeta de relevos de control de la tarjeta 4.
- 7 Sistema de captura de señales en el transformador.
- 8 Conexión a la tarjeta de adquisición de datos DAQ 1200 N.I.
- 9 Cable de comunicación.

10 Estación maestra (PC).

La **figura Nº 1-2.** muestra el sistema integrado del proyecto donde se visualiza el trabajo desarrollado en forma de bloques.

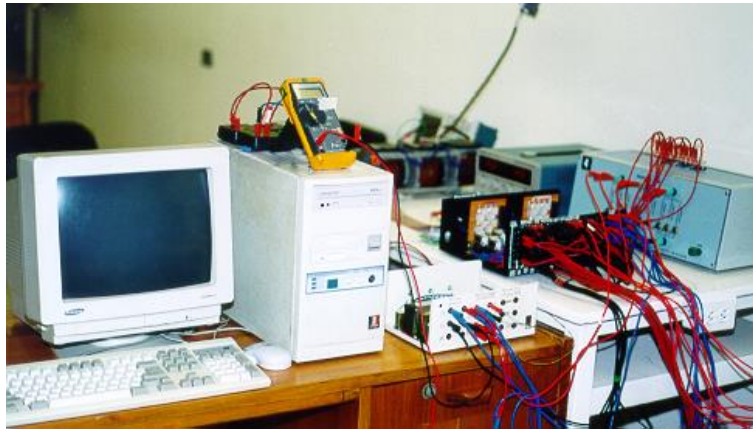


Figura Nº 1-2 .- Fotografía del sistema integrado de equipos que conforman el proyecto.

1.2.1. Descripción De Cada Bloque.

La descripción de cada bloque pretende describir los conocimientos básicos que se deben tener para crear el software que permitirá desarrollar los experimentos de acuerdo a los objetivos propuestos.

1.2.1.1.. Transformador De Potencia.

El transformador de potencia utilizado como máquina de prueba para la realización de experimentos en tiempo real, integrando el hardware, software, personas y elementos de la base de datos generando una respuesta que sea aplicable al

proceso de adquisición de datos del transformador objeto de experimentación, respondiendo a las señales externas que determinan las variables del proceso y simultáneamente a la toma de valores de corrientes y voltajes.

El transformador de potencia es un conjunto conformado por tres transformadores monofásicos tipo seco de características idénticas, con terminales abiertos para realizar las diferentes configuraciones trifásicas ($Y-y$, $Y-d$, $D-d$, $D-y$, $D-yy$, $Y-y$, $Yz5$), para su análisis en vacío y con carga .(**Figuras N° 1-3**).



Figura N° 1-3. Fotografía del transformador de potencia utilizado como máquina de experimentación.

1.2.1.2. Constitución del transformador trifásico de potencia.

El transformador está constituido por tres transformadores monofásicos de un devanado primario (a,b para el primer transformador; c,d para el segundo transformador; e,f para el tercer transformador) y dos devanados secundarios

idénticos (a', b' y c' , d' en el primer transformador; e', f' y g', h' en el segundo transformador y i', j' y k', l' en el tercer transformador) (**Figura N° 1-4**)

Como el transformador trifásico está constituido por un banco de transformadores monofásicos, permite analizar las características del transformador monofásico en vacío y bajo carga.

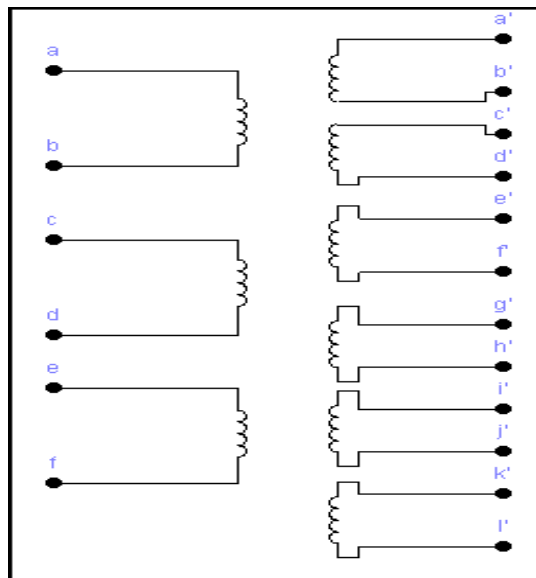


Figura N° 1-4. - Diagrama esquemático del transformador de potencia utilizado en el desarrollo de los experimentos .

1.2.1.3. Características de los transformadores monofásicos que conforman el banco trifásico.

Un transformador monofásico consiste en un sistema de bobinas acopladas magnéticamente denominadas bobinado primario o sea el bobinado que es

alimentado desde la red eléctrica y un devanado secundario o bobinado de salida en el cual se induce un voltaje.

Un transformador monofásico tiene unas características básicas que lo identifican, y determinan su capacidad de utilización, las cuales se conocen como datos de placa.

Los datos de placa de uno de los transformadores monofásicos utilizados son:

Voltaje nominal del devanado primario	60 Voltios.
Voltaje nominal del devanado secundario	120 Voltios
Potencia nominal	270 Voltiamperios

La **figura N° 1-5** representa un diagrama de un transformador monofásico en el que:

I_P representa la corriente en el devanado primario,

I_S representa la corriente en el devanado secundario,

V_P Voltaje en el devanado primario.

V_S Voltaje en el devanado secundario.



Figura N° 1-5.-Representación esquemática de un transformador monofásico.

El rectángulo corresponde al núcleo y los bobinados, conformando una red de dos puertos², modelo que permite observar fácilmente la dependencia entre los parámetros de entrada y salida.

1.2.2. Banco De Cargas Trifásicas.

El banco de cargas trifásicas está constituido por tres grupos de resistencias conectadas en paralelo y que a la vez forman una configuración en estrella, permitiendo seleccionar tanto cargas monofásicas, como trifásicas para la realización de los diferentes experimentos programados (**Figura N° 1-6 y N° 1-7**). En las **figuras N° 1-6 y N° 1-7** se presenta una fotografía del banco de carga trifásico utilizado en el desarrollo del proyecto, así como su representación esquemática.

² Charles I. Hubert. Circuitos eléctricos CA/CC . Enfoque Integrado. McGraw-Hill Bogotá .1985 pp 535-541.

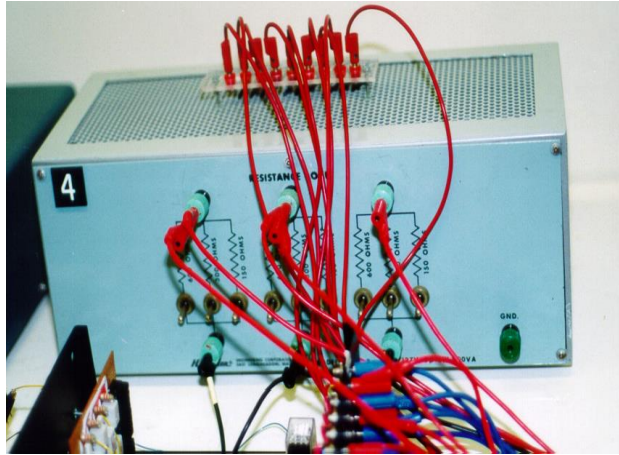


Figura N° 1-6.- Banco de Carga trifásico.

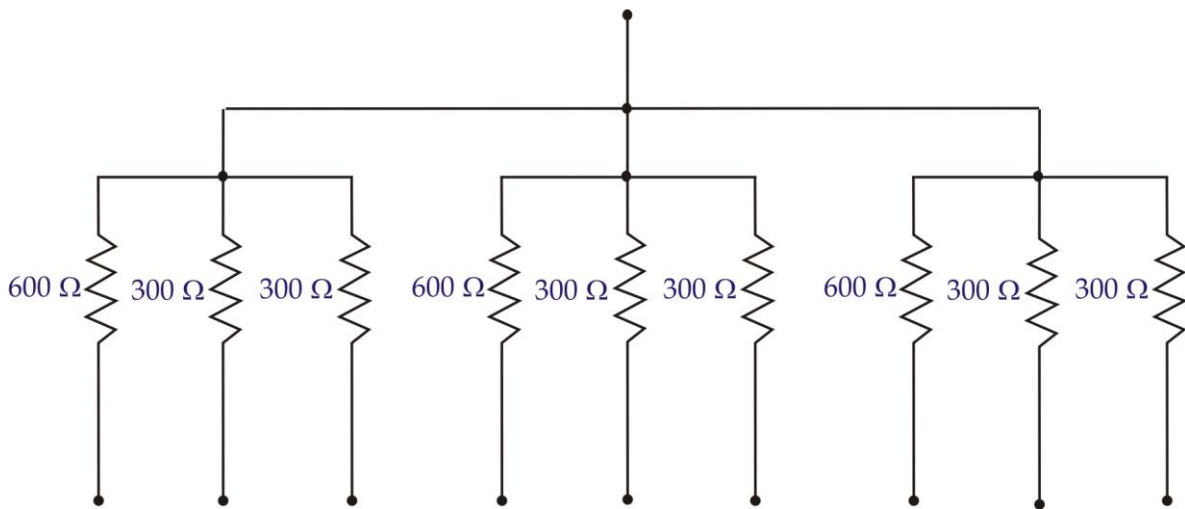


Figura N° 1-7. Representación esquemática del banco de carga trifásico.

Las resistencias de carga se conectan al sistema a través de los terminales de entrada - salida de la tarjeta de adquisición de datos en la forma indicada en la

tabla Nº 1-1³, las cuales de acuerdo a la forma de conexión conforman varios valores.

CANAL	RELEVO
PC0	K9
PC1	K10
PC2	K11

Tabla Nº 1-2.- Salidas digitales para conexión de carga puerto C ó 2

1.2.3. Tarjeta de relés de potencia para conexión del transformador.

Los relevos de potencia son los encargados de realizar las diferentes formas de conexión del transformador de acuerdo al experimento seleccionado. Un grupo de relés conecta el primario del transformador bien sea en estrella o en triángulo y el otro grupo realiza las diferentes conexiones del secundario. La **tabla Nº 1-2** ilustra la forma como se activan los relés según el experimento seleccionado.

³ National Instruments DAQ PCI-1200 User Manual .1997.p 3-1 - 3-3

1.2.3.1. Secuencia de conexión de los relés para cada uno de los experimentos programados.

RELÉS										
Conexión	k00	k01	k02	k03	k04	k05	k06	k07	k08	k15
DY	X		X		X				X	
DD	X		X	X					X	
YD		X	X	X					X	
YY		X	X		X				X	
Dyy	X				X	X			X	
Yyy		X			X	X		X	X	
Yz5		X				X	X		X	X

Tabla Nº 1-3 .- Secuencia de conexión de relevos de potencia.

En la tabla No 1-3 muestran los relés que deben activarse cuando se selecciona una determinada conexión del transformador, en la primera columna se indican las diferentes conexiones del transformador consideradas en este proyecto y a la derecha se indica con una x los relés que se activan en esa selección.

El sistema se energiza, usando un relé marcado con la referencia **k8** el cual se encuentra comandado por una señal a través del puerto B, canal cero. (**Tabla Nº 1.1)**¹

¹ National Instruments DAQ PCI-1200 User Manual .1997.p 3-2

CANAL	RELEVO DE ENERGIZACION
PB0	K8

Tabla Nº 1.1 . Salidas Digitales Para Energizacion Del Sistema (Puerto B Ó1)

1.2.3.2. Representación esquemática de cada uno de los relés utilizados en las conexiones del transformador de potencia.

En la **figura Nº 1-8** se representan los contactos de los diferentes relés utilizados en la conexión del transformador de potencia, indicando con letras aquellos que cumplen alguna función dentro del sistema. En la **figura Nº 1-9** se da una fotografía del sistema real de relés existente en el montaje.

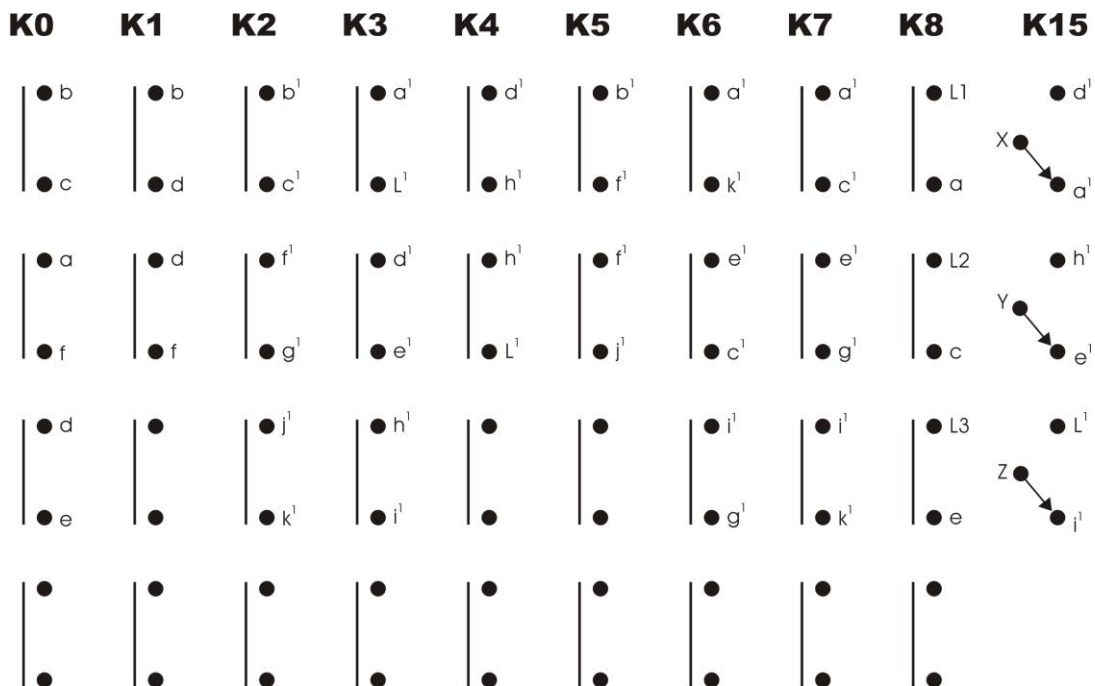


Figura Nº 1- 8.- Distribución de contactos de los relés que realizan las diferentes conexiones del transformador de potencia.

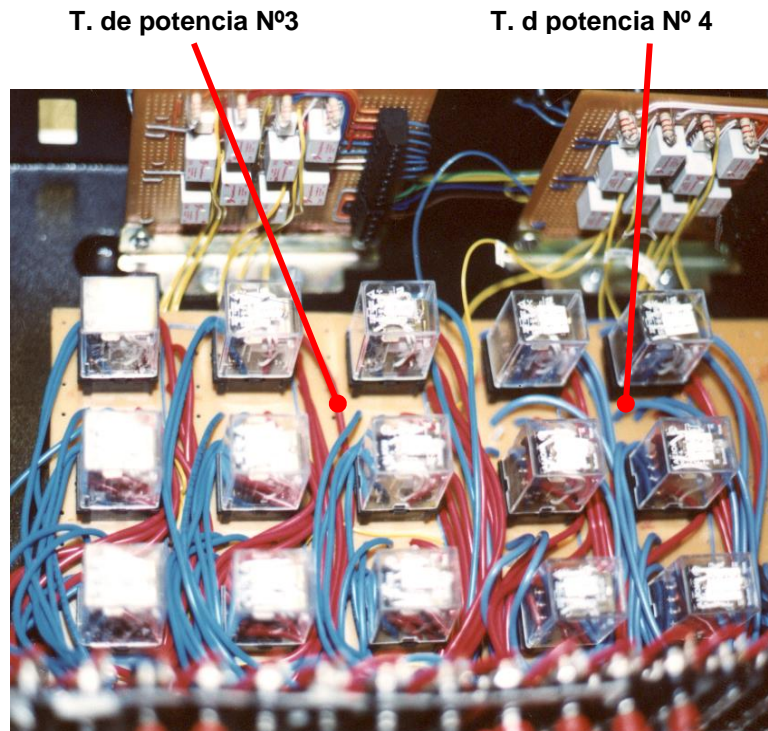


Figura N° 1-9 .- Fotografía de las tarjetas de relés de potencia para realizar las diferentes conexiones del transformador.

1.2.3.3. Descripción de cada una de las conexiones del transformador trifásico.

Cada forma de conexión cumple en la práctica ciertas funciones que están relacionadas con los voltajes y corrientes a través de sus devanados. Cada forma de conexión será analizada individualmente.

1.2.3.3.1. Conexión Yy.

La **figura No 1-10** muestra en forma esquemática la interconexión de los devanados del transformador en la configuración estrella - estrella (Y-y) ⁴

, donde:

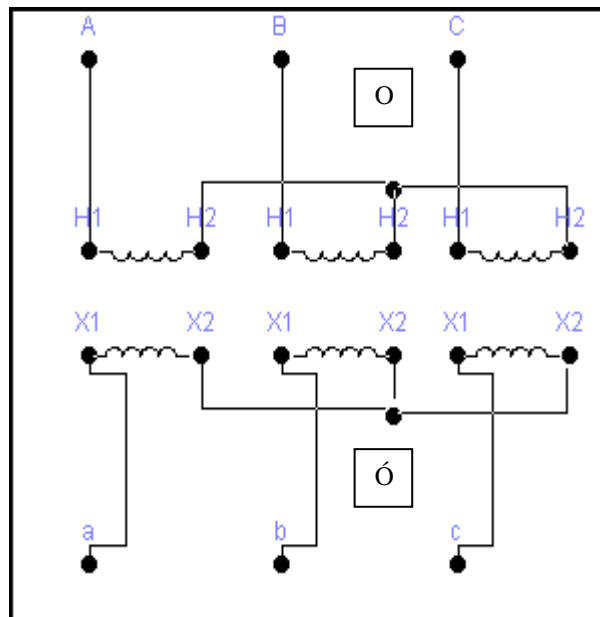


Figura N° 1-10 Conexión Yy del transformador de potencia.

OA, OB, OC Representan el voltaje por fase en el primario del transformador.

⁴ Gilberto Enriquez Harper .El ABC de las máquinas eléctricas .TRANSFORMADORES.Editorial Limusa.Grupo Noriega Editores. 1996. Pp 251-253

$\acute{O}a, \acute{O}b, \acute{O}c,$ Voltaje por fase en el secundario.
 ABC Secuencia de fases en el primario.

Considerando que los voltajes de línea del primario y secundario del transformador son V_1 y V_2 respectivamente, los voltajes por fase serán:

$$\frac{V_1}{\sqrt{3}} \text{ y } \frac{V_2}{\sqrt{3}}$$

Si se considera que los transformadores monofásicos que conforman el banco trifásico, tienen la misma polaridad, el análisis de éste con carga, es idéntico al de un transformador monofásico donde el voltaje del devanado primario es igual al $\frac{V_1}{\sqrt{3}}$, considerando el desplazamiento de línea del primario y secundario igual a cero.

.La **figura N° 1-11** representa la forma de conexión por medio de relés dada por el sistema, donde $K1$ realiza la conexión del devanado primario y los relés $K2, K4$ y $K8$ realizan la conexión del devanado secundario, tal como se observa en la parte central del gráfico donde a queda conectado con d y f en el devanado primario y b'c', f'g', i'k' y d'h'l' en el devanado secundario.

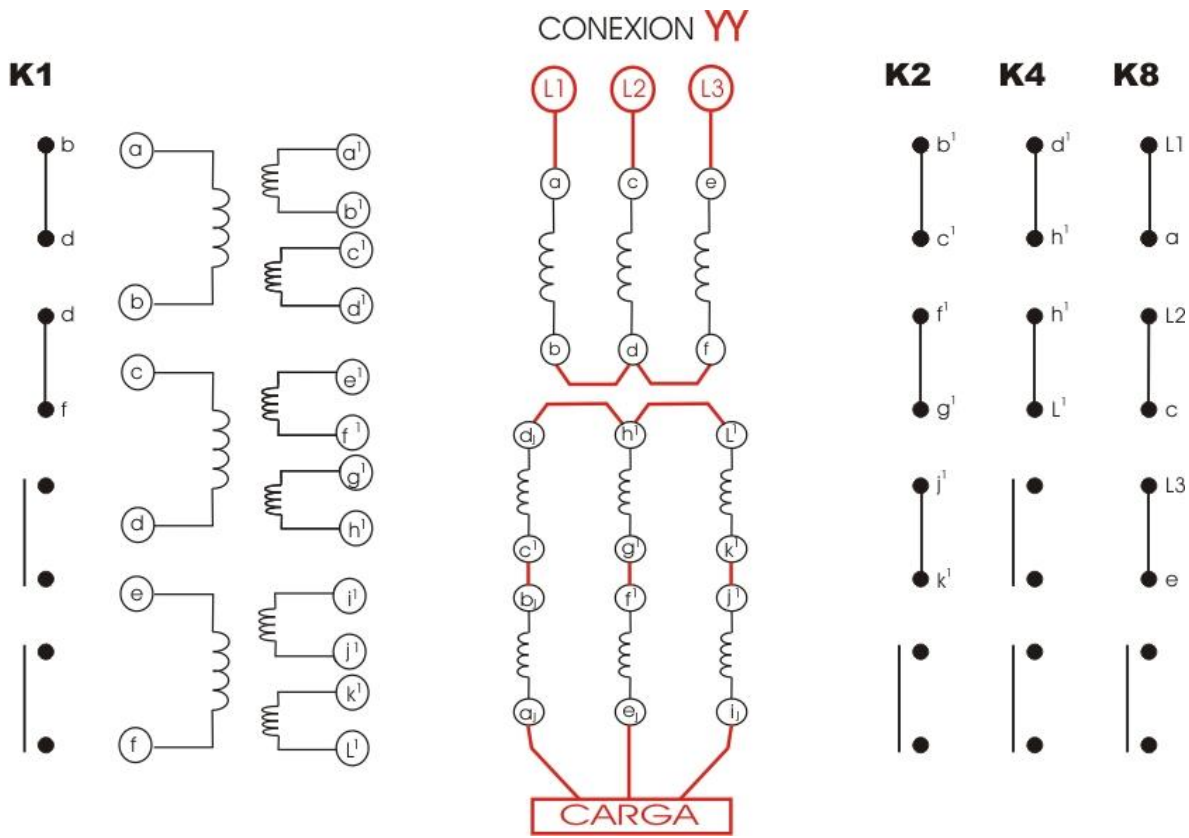


Figura N° 1-11.- Diagrama de conexiones por medio de relés del transformador trifásico en configuración Yy.

1.2.3.3.2 Conexión Dd.

La **figura N° 1-12** corresponde a la conexión Delta - delta del transformador trifásico, utilizada para alimentar cargas de alumbrado pequeñas y cargas trifásicas simultáneamente, presenta los siguientes parámetros de trabajo ⁵

⁵ Gilberto Enriquez Harper .El ABC de las máquinas eléctricas .TRANSFORMADORES.Editorial Limusa.Grupo Noriega Editores. 1996. pp 239-243

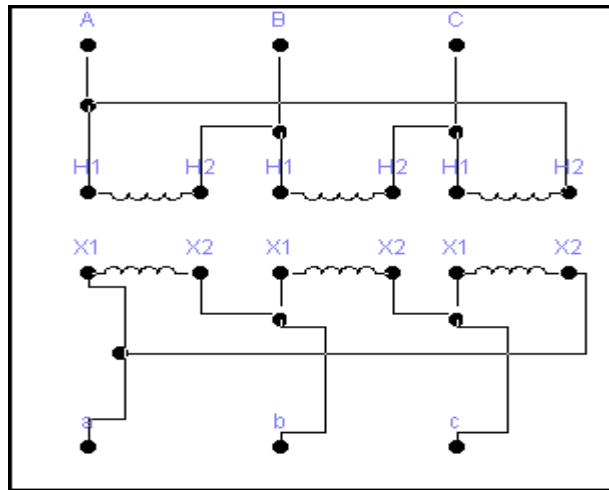


Figura N°1-12.- Conexión D-d del transformador trifásico.

- El desplazamiento angular entre el voltaje primario y secundario es cero.
- El voltaje de fase es igual al voltaje de línea.

La **figura N° 1-13** corresponde a los relés que se activan cuando se realiza al conexión **D-d**, donde *K0* conecta el devanado primario y *k2*, *k3* y *k8* conectan el devanado secundario.

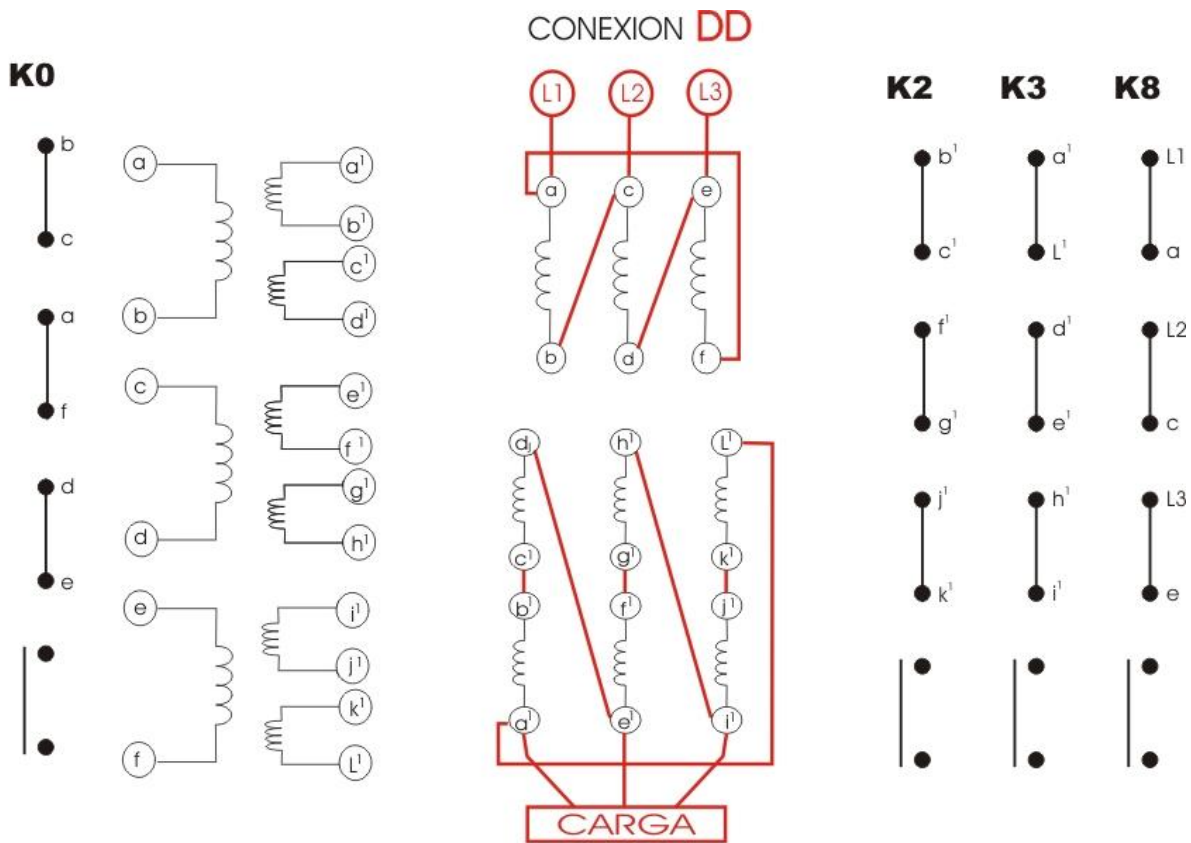


Figura N° 1-13.- Diagrama de conexiones por medio de relés del transformador trifásico en configuración Dd.

1.2.3.3.3. Conexión Yd.

Para analizar este tipo de transformador es suficiente evaluar el comportamiento de un transformador monofásico, donde el voltaje del transformador es el voltaje de línea.

En esta conexión existe un desplazamiento de fase de 30° entre las tensiones de línea del primario y secundario.

La tensión primaria $\frac{V_1}{\sqrt{3}}$ siendo V_1 la tensión de línea y la tensión secundaria V_1

(Figura N° 1-14) ⁶

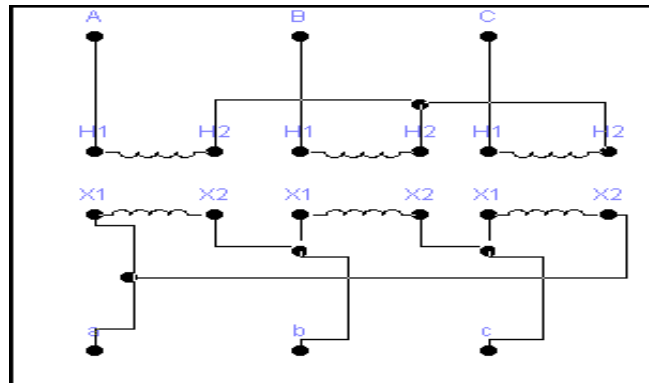


Figura N° 1-14 .- Conexión Y d del transformador trifásico.

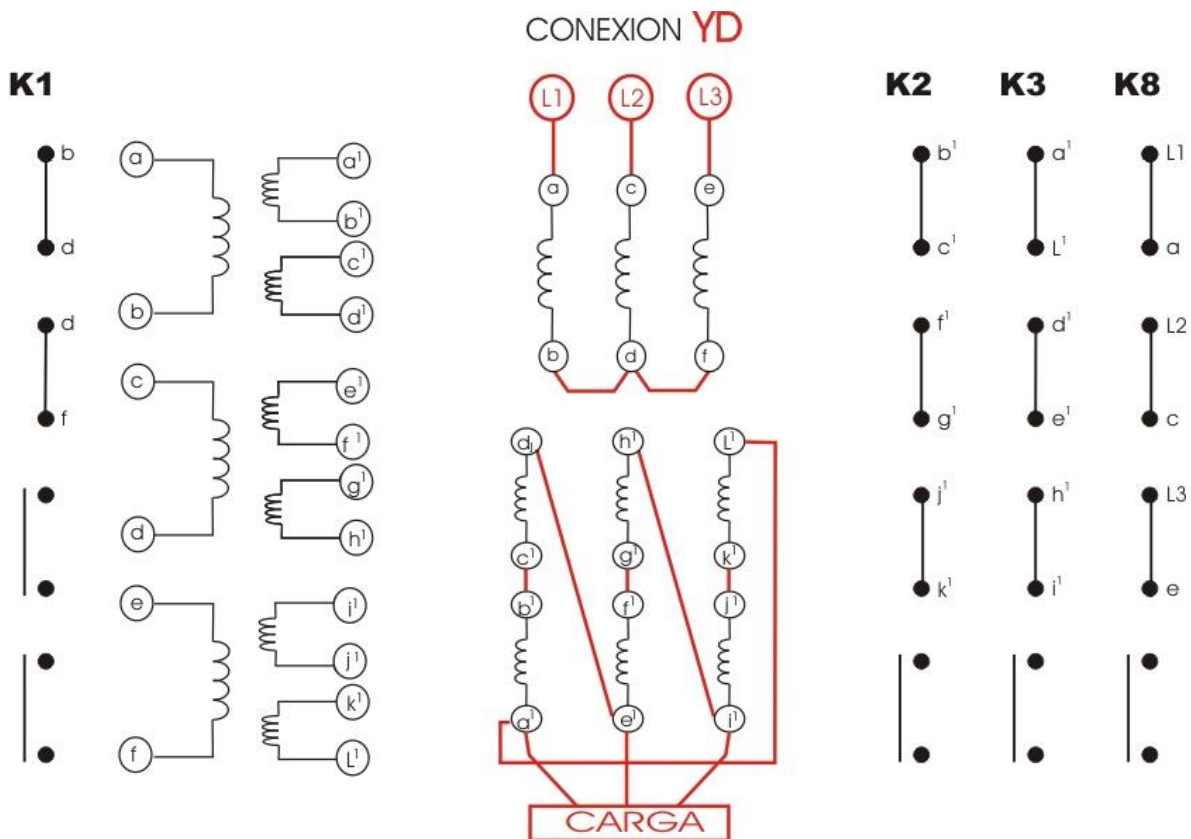


Figura N° 1-15.- Diagrama de conexiones de la configuración Yd del transformador trifásico.

⁶ Gilberto Enriquez Harper .El ABC de las máquinas eléctricas .TRANSFORMADORES.Editorial Limusa.Grupo Noriega Editores. 1996. pp 250

La **figura N° 1-15** indica los relés que se deben activar para lograr la conexión Yd.

1.2.3.3.4. Conexión Dy.

Características de la conexión Dy.

- Existe desplazamiento de fase de 30° entre las tensiones de línea del primario y secundario.
- Para el análisis con carga se debe considerar un transformador monofásico con tensión primaria V_1 igual al voltaje de línea y la tensión secundaria

$\frac{V_2}{\sqrt{3}}$ siendo V_2 la tensión de línea en el secundario. (**Figura N° 1-16**)⁷

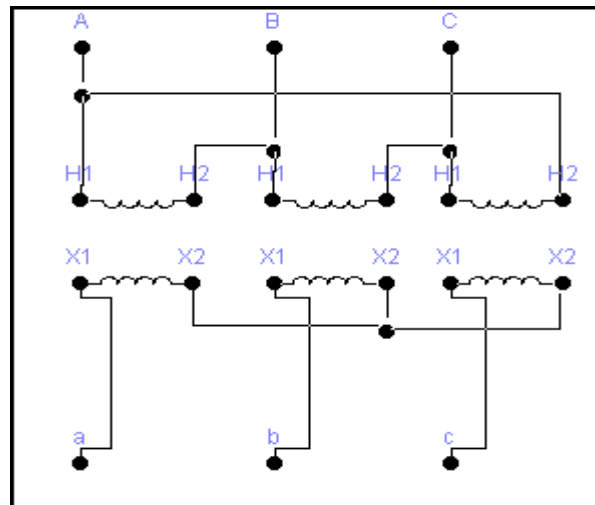


Figura N° 1-16.-Representación esquemática del transformador trifásico en configuración Dy.

La **figura N° 1-17** muestra los relés que deben activarse para obtener la configuración Dy en el banco de transformadores monofásicos.

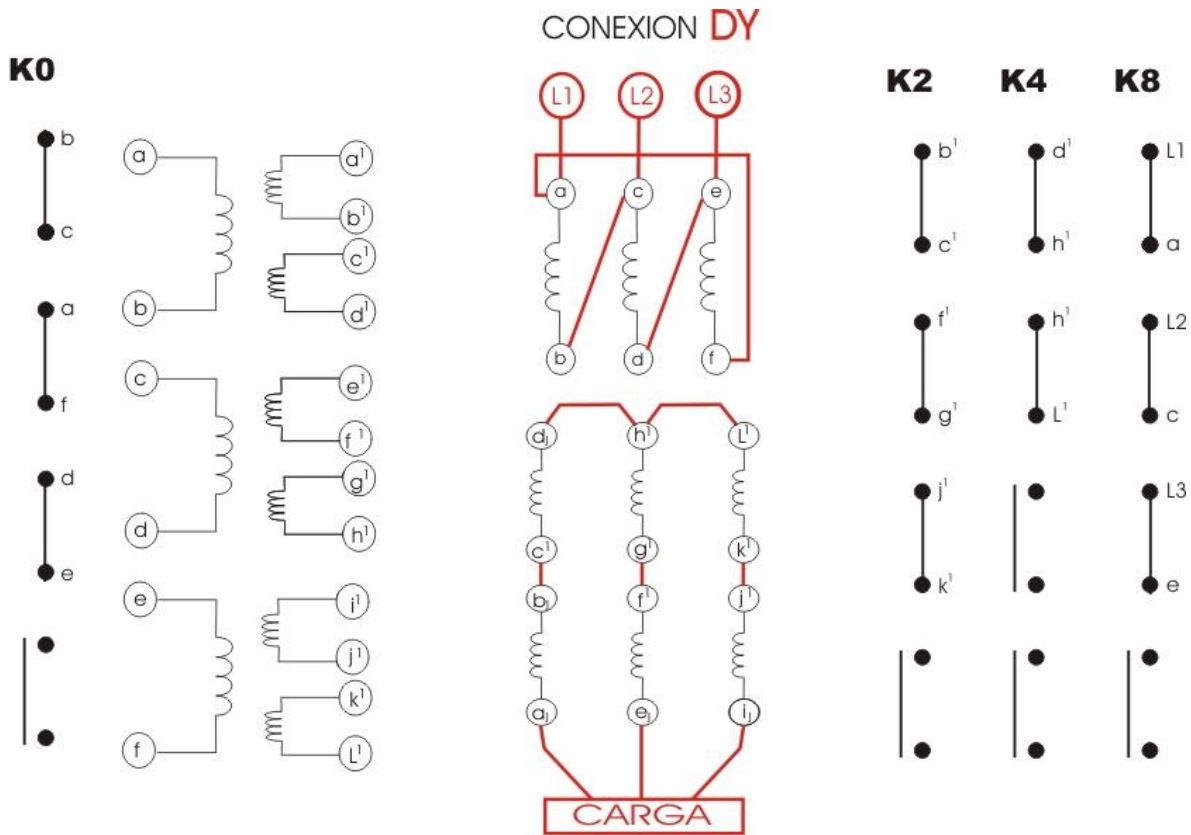


Figura N° 1-17.- Diagrama de conexiones de la configuración Dy del transformador trifásico.

1.2.3.3.5. Conexion Yz5.

La expresión Yz5 corresponde al acoplamiento de las bobinas de un transformador en forma simbólica. La letra Y significa conexión estrella, mientras la z significa conexión en zig-zig. El número corresponde a un índice horario, que

⁷ Gilberto Enriquez Harper .El ABC de las máquinas eléctricas .TRANSFORMADORES.Editorial Limusa.Grupo Noriega Editores. 1996. Pp 246-249.

representa el ángulo de fase entre dos tensiones homogéneas del primario y secundario.

La representación esquemática de la conexión Yz5 corresponde al siguiente diagrama ⁸.

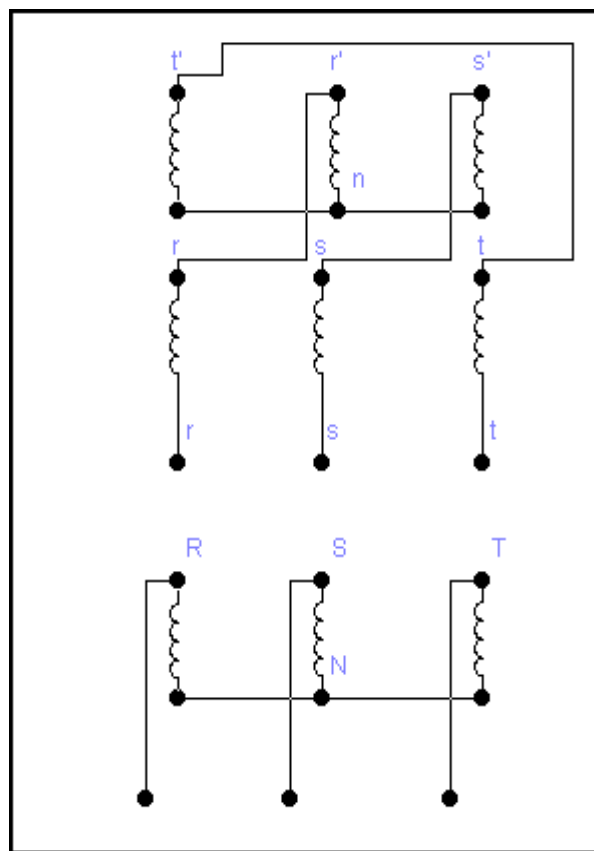
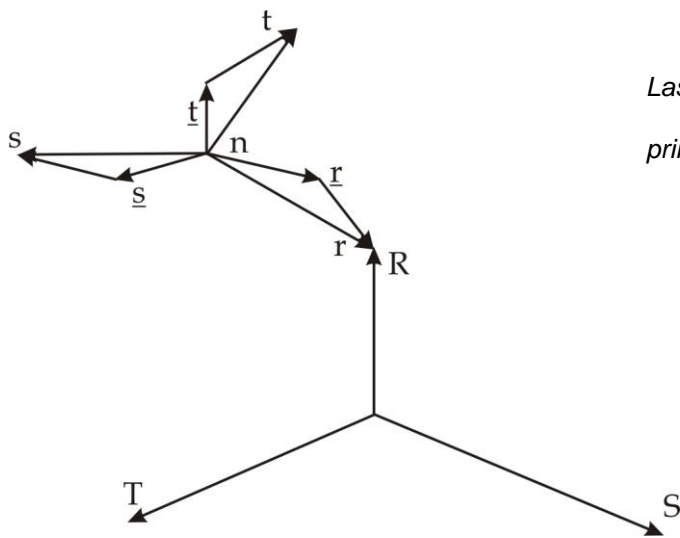


Figura N° 1-18.- Transformador en conexión Yz5.

Las tensiones $r'_$, $s'_$, $t'_$ se encuentran en oposición de fase con respecto a las tensiones R, S, T.

Las tensiones n_t , n_r y n_s se encuentran en fase con las tensiones R, S, T.

El desfase entre las tensiones homólogas del primario y secundario es de $30^\circ \times 5 = 150^\circ$ y su diagrama fasorial es el siguiente: (**Figura N° 1-19**)⁹



Las tensiones entre los terminales del primario y secundario son:

$$Ss = 320 \text{ V}$$

$$St = 320 \text{ V}$$

$$Ts = 246 \text{ V}$$

$$Tt = 320 \text{ V}$$

$$Nn = 184 \text{ V}$$

Figura N° 1-19.- Diagrama fasorial de la configuración Yz5.

La **figura N° 1-20** contiene los relés que se deben activar para lograr la configuración anterior.

⁸ Alexander S. Langsdorf . Teoría de las Máquinas de Corriente alterna. McGraw-Hill Ediciones del Castillo Madrid.1967. pp 118-121.

⁹ SENA. Índice horario y acoplamiento en paralelo de los transformadores trifásicos .Paper Convenio colombo-Francés. P 13.

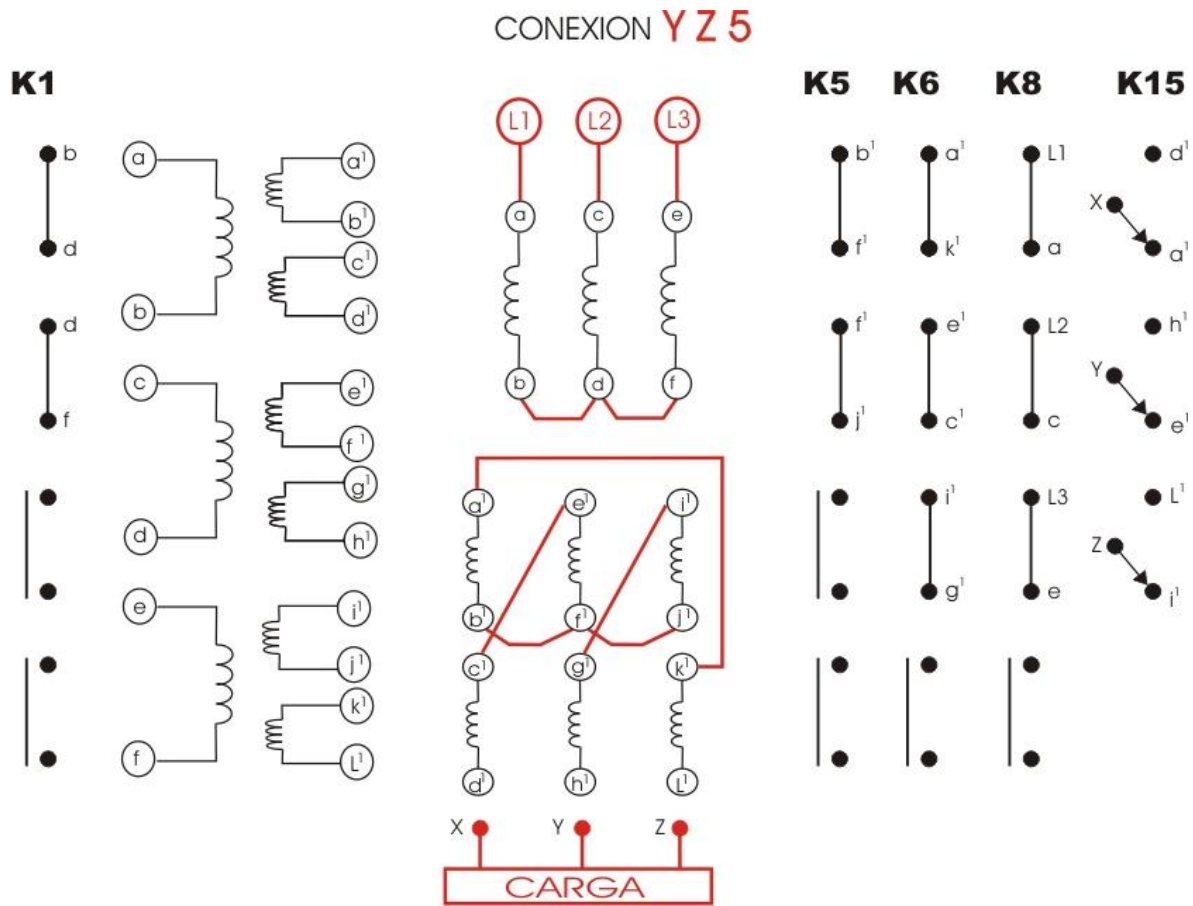


Figura N° 1-20 .- Diagrama de conexiones de la configuración **Yz5** del transformador trifásico.

1.2.3.3.6. Transformador de tres devanados.

El circuito equivalente para un transformador que tiene tres devanados sobre el mismo núcleo se representa en la **figura N° 1-21**, donde el número de vueltas en los devanados *P*, *S* y *T* son n_1 , n_2 y n_3 respectivamente ¹⁰.

¹⁰ Electrical Transmission and Distribution .Refernce Book .Westinghouse Electric Corporation. USA. 1965. P 801.

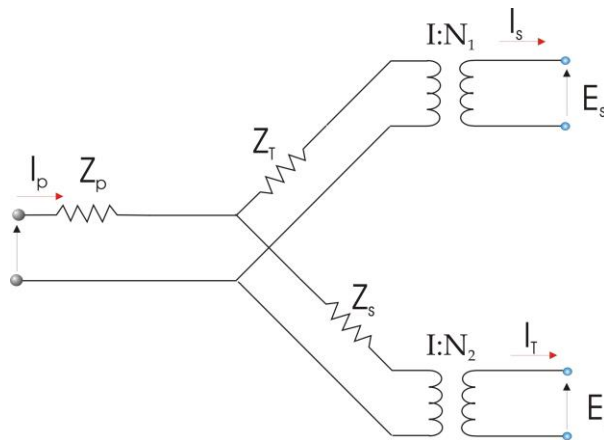


Figura N° 1-21.- Circuito equivalente de un transformador de tres devanados.

Si se toma el bobinado P como base, las relaciones entre los bobinados P, S y T son:

$$Z_p = \frac{1}{2}[Z_{ps} + Z_{pt} - (1N_1^2)Z_{st}]$$

$$Z_s = \frac{1}{2}[(1/N_1^2) + Z_{st} - Z_{ps} - Z_p r]$$

$$N_1 = n_2/n_1$$

$$N_2 = n^3/n_1$$

Donde:

Z_{PS} = Impedancia entre los bobinados P y S medida en ohmios en el bobinado P, con el bobinado S en cortocircuito y el bobinado T en circuito abierto.

Z_{PT} = Impedancia entre los bobinados P y T medida en ohmios en el bobinado P, con el bobinado T en cortocircuito y el bobinado S en circuito abierto.

Z_{ST} = Impedancia entre los bobinados S y T medida en ohmios sobre el bobinado S, con bobinado T en cortocircuito y el bobinado P en circuito abierto.

1.2.3.3.7. Conexión del transformador trifásico en configuración Yyy.

La configuración Yyy (**Figura N° 1-22**) permite obtener dos tensiones trifásicas en el secundario a partir de un voltaje trifásico primario, dependiendo estos valores de la relación de transformación, ya que se puede elegir independientemente el tipo de acoplamiento de los devanados primario, secundario y terciario. El transformador tiene tres devanados, dos devanados secundarios y un devanado primario ¹¹.

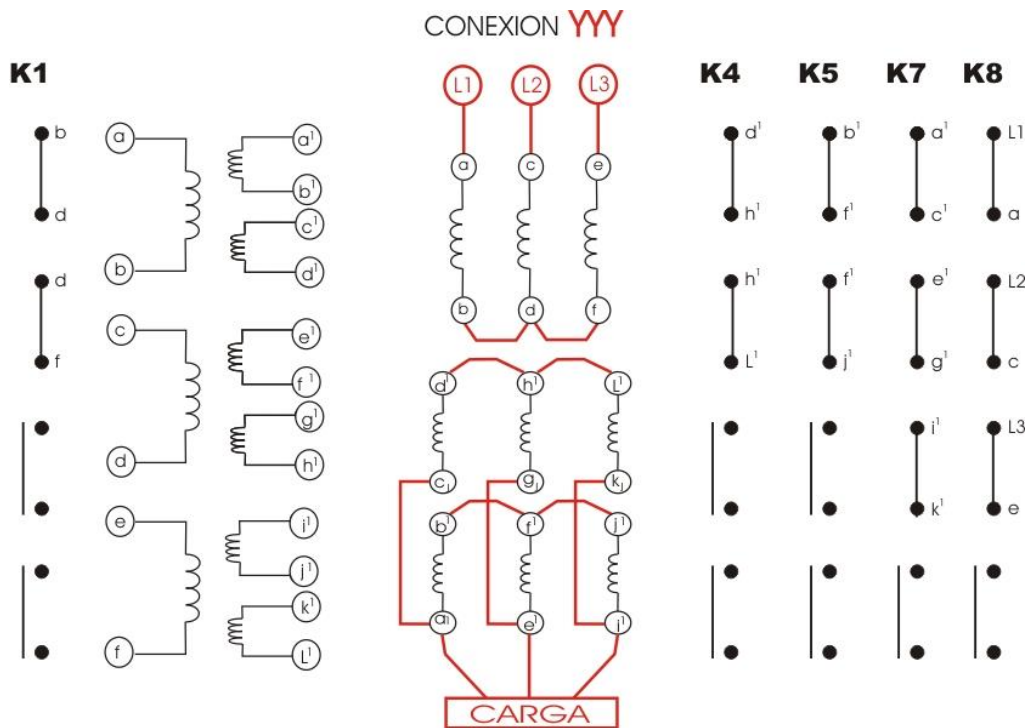


Figura N° 1-22.-Diagrama de conexiones de la configuración Yyy del transformador trifásico.

¹¹ Alexander S. Langsdorf . Teoría de las Máquinas de Corriente alterna. McGraw-Hill Ediciones del Castillo Madrid.1967. pp 145-149.

1.2.3.3.8. Conexión del transformador trifásico en configuración Dyy.

La conexión Dyy corresponde a un transformador de tres devanados, donde el devanado primario se encuentra conectado en configuración delta y los dos devanados secundarios en configuración estrella.

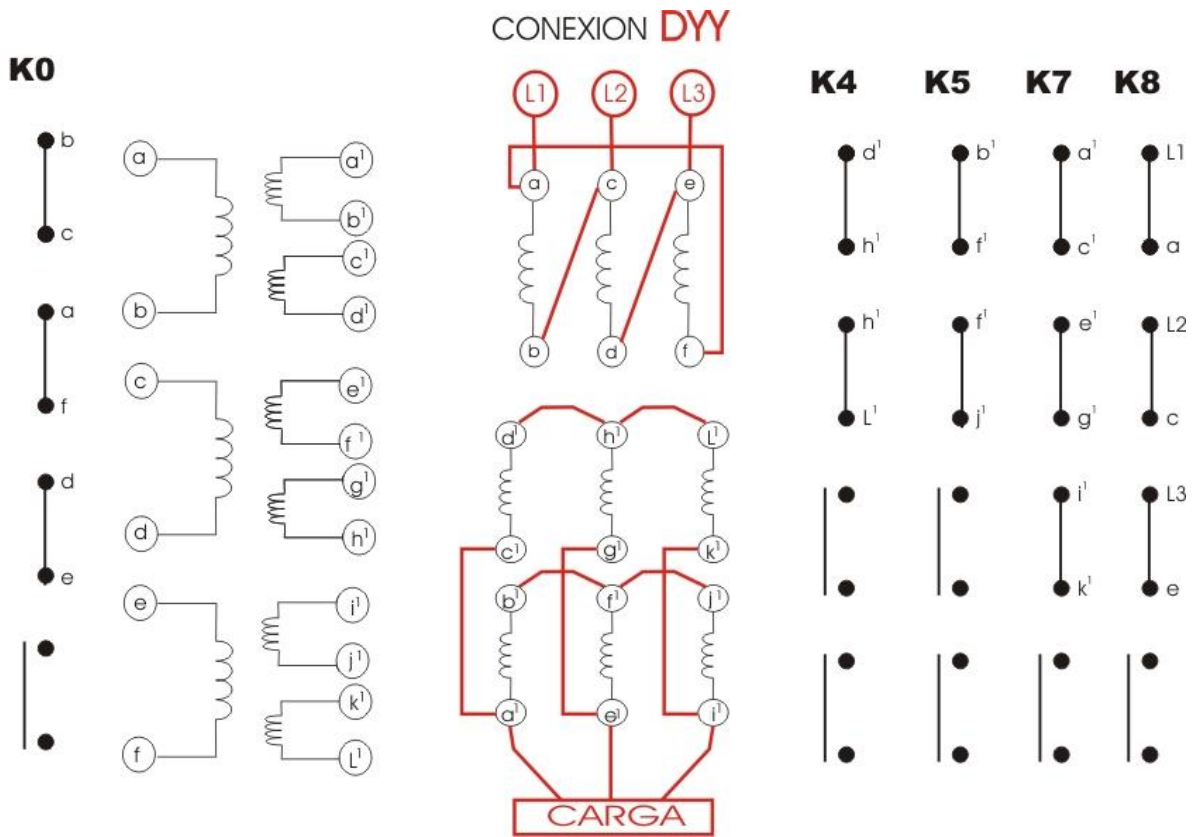


Figura N° 1-23.- Diagrama de conexiones de la configuración Dyy del transformador trifásico.

1.2.4. Tarjeta de relés de potencia para la conexión de la carga.

Los relés K10, K11 y K12 son los encargados de conectar las diferentes resistencias de carga al transformador para la realización de los experimentos. El banco de cargas resistivas es trifásico, donde cada fase está conformada por tres resistencias de 600 Ω , 300 Ω y 150 Ω ; con estas resistencias se pueden crear cargas de 600 Ω , 300 Ω , 150 Ω , 200 Ω , 120 Ω , 100 Ω , 85,714 Ω y 0 Ω (Vacío). (*Tablas N° 1-4 y N° 1-5* y las *Figuras N° 1-24, N° 1- 25, N° 1- 26, N° 1- 27, N° 1 -28, N° 1- 29 y N° 1- 30.*)

Fase Y Resistencia De Carga Activada

Relé	Fase A			Fase B			Fase C		
	r_{L1}	r_{L2}	r_{L3}	r_{L1}	r_{L2}	r_{L3}	r_{L1}	r_{L2}	r_{L3}
K10	X			X			X		
K11		X			X			X	
K12			X			X			X

$$r_{L1} = 600 \Omega$$

$$r_{L2} = 300 \Omega$$

$$r_{L3} = 150 \Omega$$

Tabla N° 1-4.- Secuencia de activación de relés de acuerdo a la resistencia de carga

seleccionada por fase.

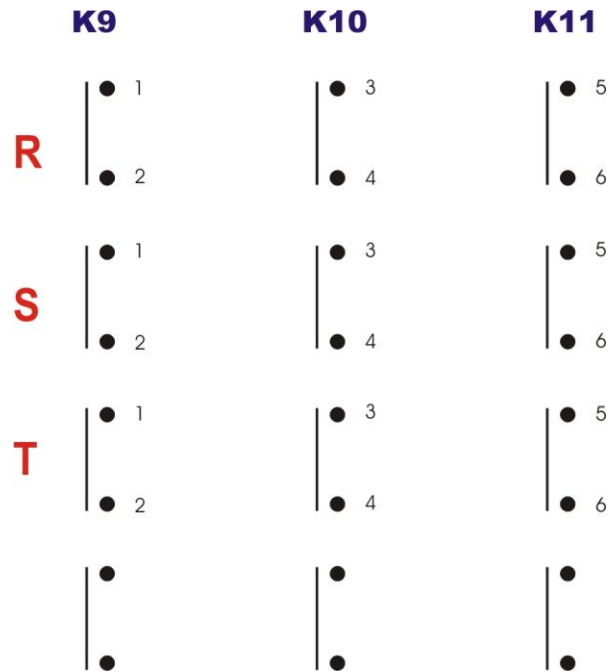


Figura N° 1-24 .- Asignación de los contactos de los relés de la carga de acuerdo a la fase a activar.

BIT	0	1	2
Carga en Ohmios	K9	K10	K11
600	X		
300		X	
150			X
200	X	X	
120	X		X
100		X	X
85.714	X	X	X

Tabla N° 1-5 .- Bit de activación de relés de acuerdo a la carga seleccionada.

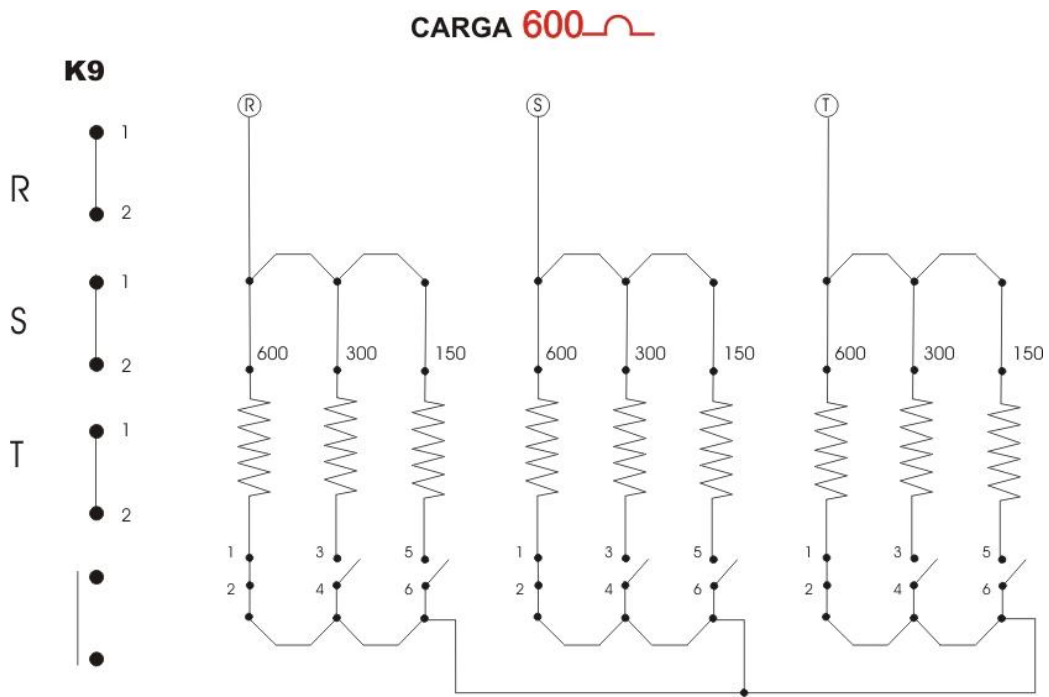


Figura N° 1-25.- Esquema de conexiones de los relés para la carga de 600 ohmios.

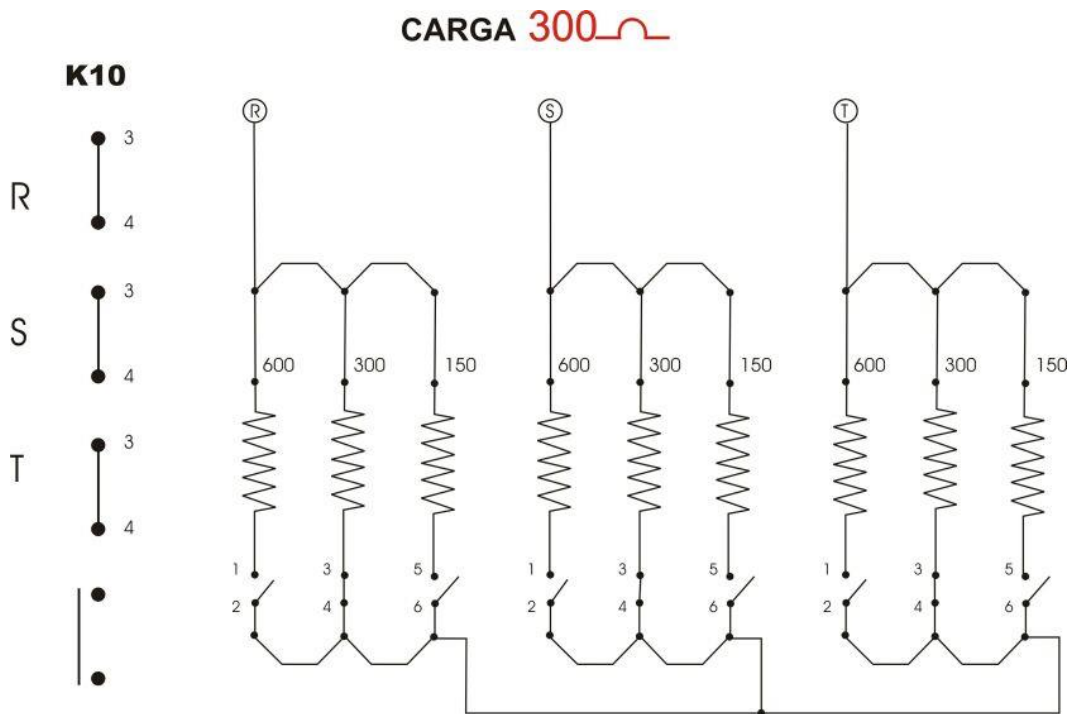


Figura N° 1-26 .- Esquema de conexiones de los relés para la carga de 300 ohmios.

CARGA 150 

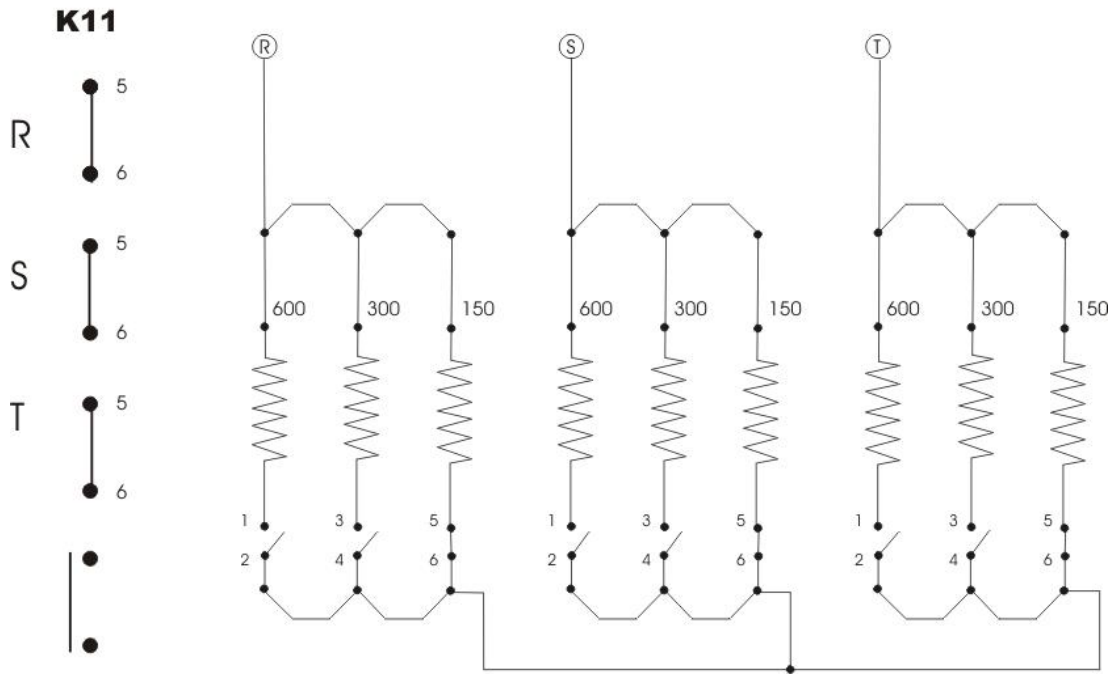


Figura N° 1-27 .- Esquema de conexiones de los relés para la carga de 150 ohmios.

CARGA 200 

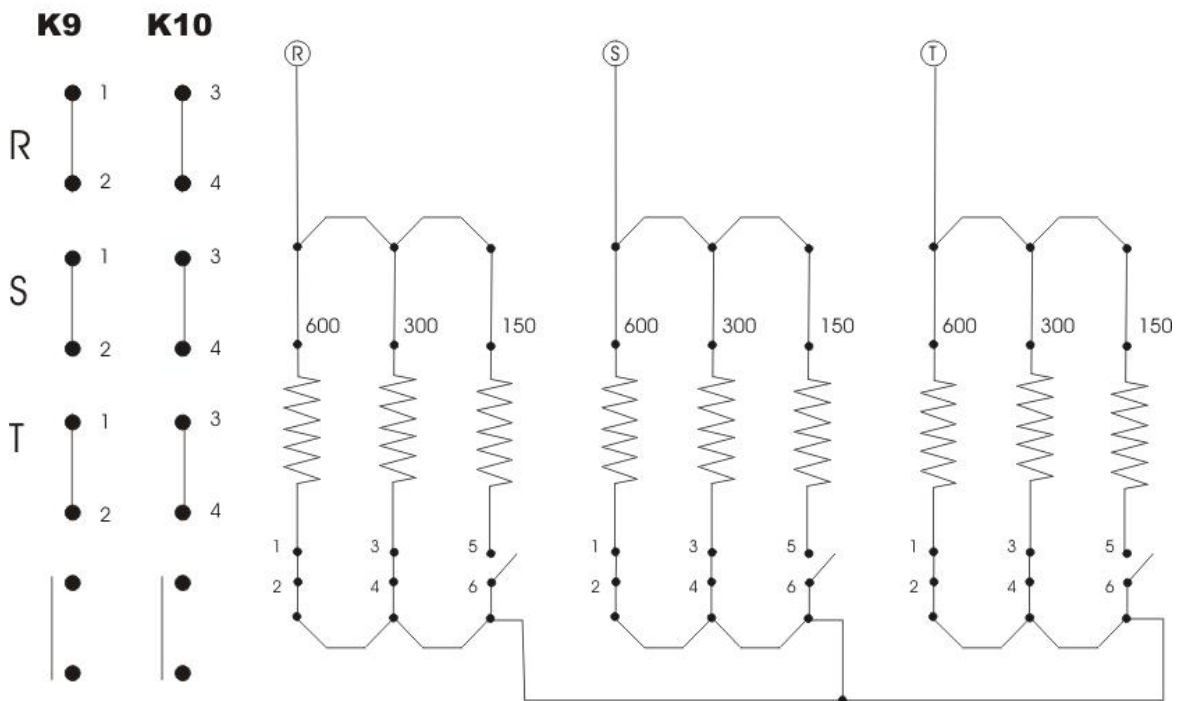


Figura N° 1-28.- Esquema de conexión de los relés para la carga de 200 ohmios.

CARGA 120 

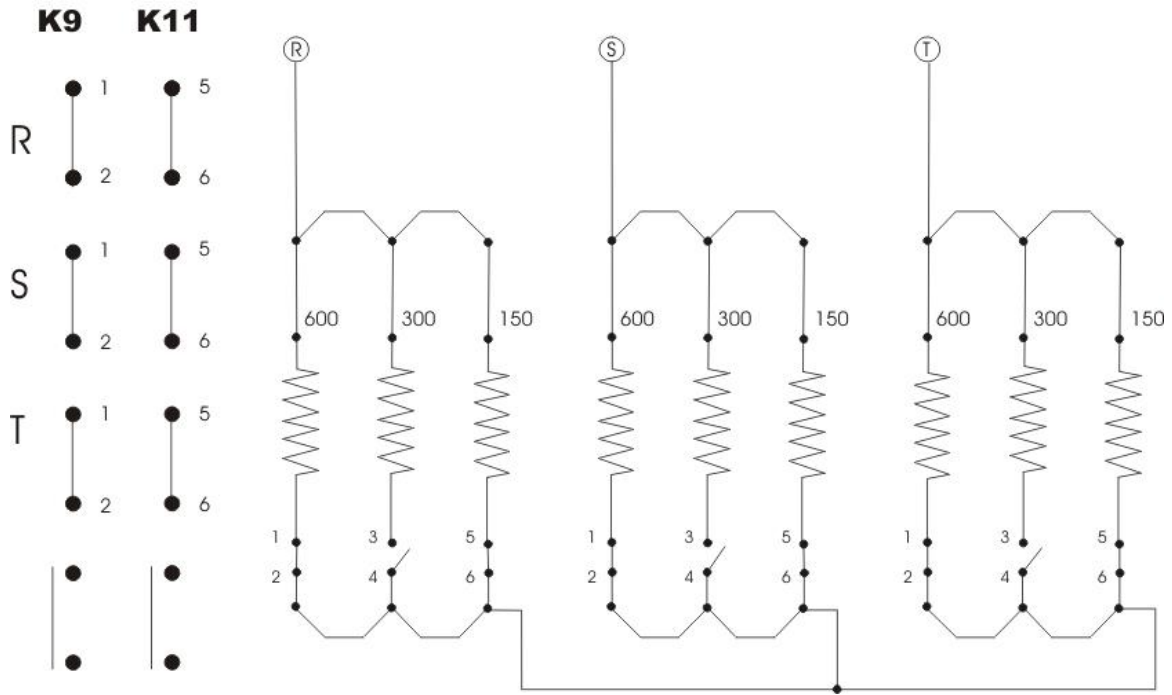


Figura N°1-29 .- Esquema de conexión de los relés para la carga de 120 ohmios.

CARGA 100 

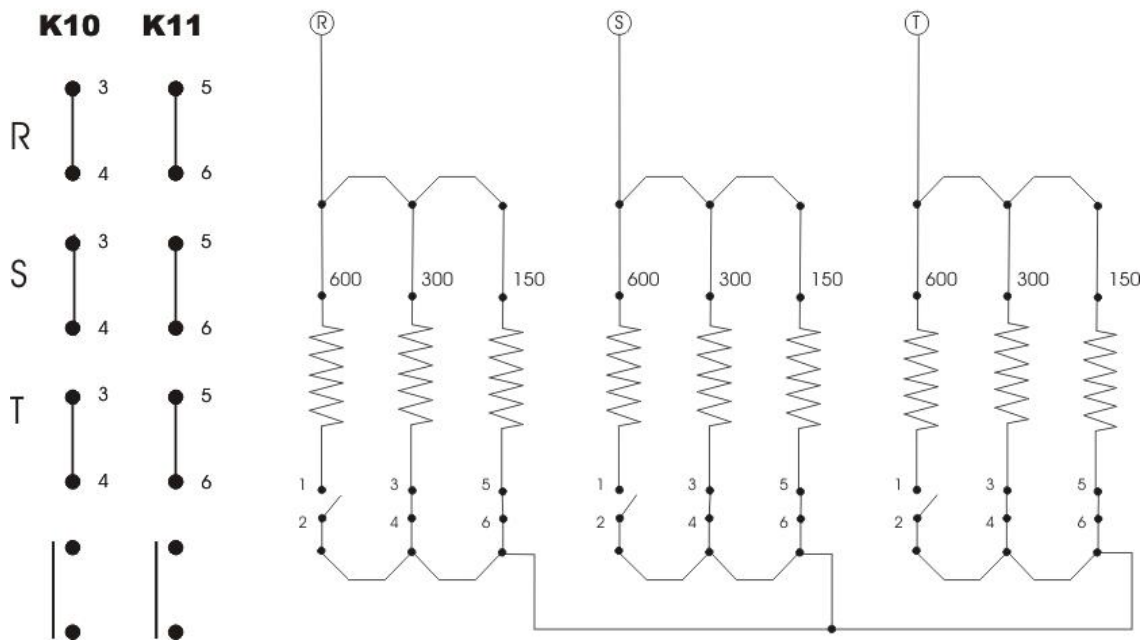


Figura N° 1-29a .- Esquema de conexión de los relés para la carga de 100 ohmios.

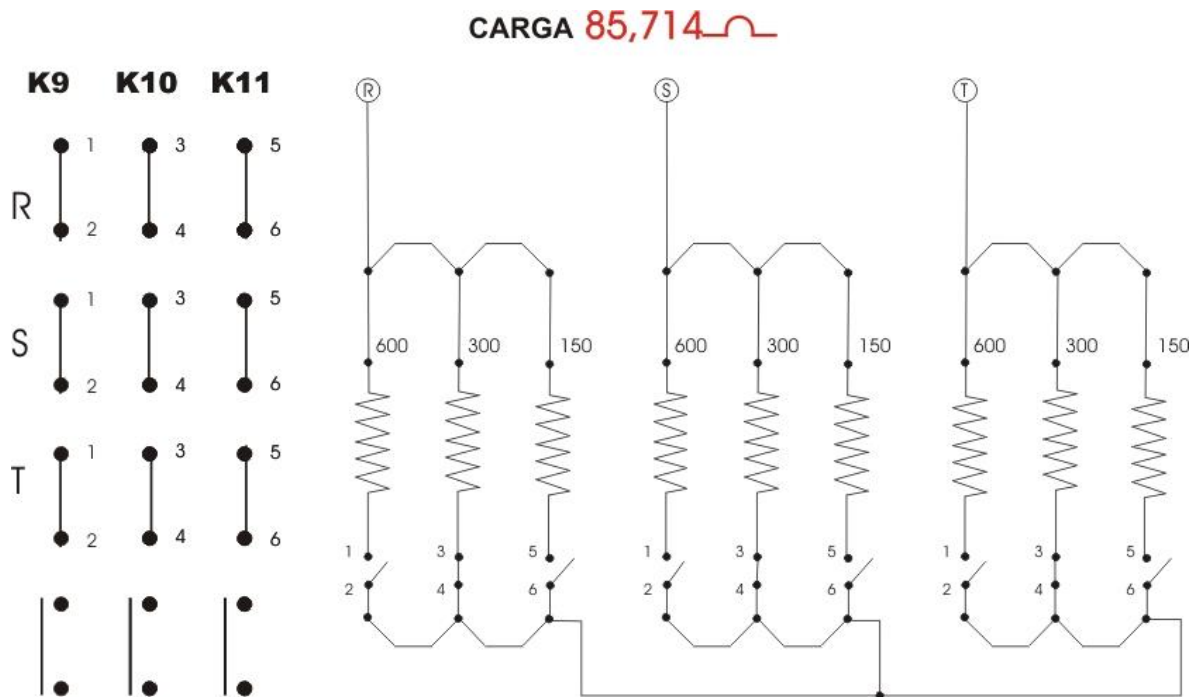


Figura N° 1-30 .-Esquema de conexión de los relés para la carga de 85,714 ohmios.

1.2.5. Tarjeta de control de la tarjeta de potencia N° 3.

Dado que el PC suministra bajo voltaje (5 VDC) y baja corriente, para activar los relés de potencia, se hizo necesario el diseño y construcción de una interfaz que permitiera comunicar el PC con el transformador a través de estos relés. La interfaz está constituida por un conjunto transistor Darlington (Sistema de alta ganancia), optoacoplador y micro-relé, el cual nos permite manejar una salida de alta corriente, con una pequeña señal de entrada. **(Figura N° 1-31)** .

Para lograr la comunicación e interactuar entre el experimentador, el computador y la máquina a experimentar se tuvo que diseñar y construir una **interfaz física**

compuesta por un conjunto transistor (RTAVSSA120) ¹² optoacopladores (4N33)¹³, micro-relés (SCLD_W_D_4PDT_C) y relés, el cual se representa como el Sistema Optoacoplador micro-relé, cuya función consiste en conectar el computador y el transformador, transmitir y recibir datos en tiempo real para los diferentes experimentos a realizar. Con la anterior configuración es posible capturar información en tiempo real de la máquina a experimentar. La **Figura N° 1-32** es una fotografía de la interfaz.

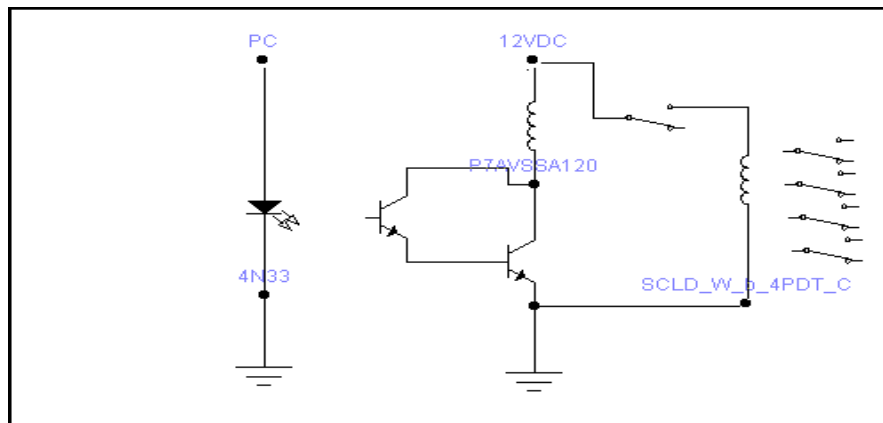


Figura N° 1- 31 .- Conjunto optoacoplador micro _ relé

El sistema anterior controla los relés K0, K1, k2, k3, k4, k5, k6, k7, k8 y k15.

¹² Bipolar Power Transistor Data Motorola In Brief. 1992 .

¹³ Optoelectronics Device Data. Motorola Semiconductor Products Sector DL 118/D Rev 4 .1993

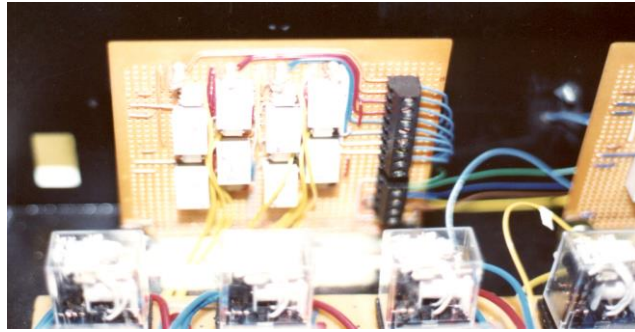


Figura Nº 1-32.- Fotografía de la tarjeta de control de la tarjeta de potencia 3.

1.2.6. Tarjeta de control de la tarjeta de potencia Nº 4.

La tarjeta de potencia Nº 4 es la encargada de conectar las resistencias de carga al transformador trifásico de potencia a través de los relés K9, K10 y K11.

T. de control pot. Nº3

T.de control pot.Nº4

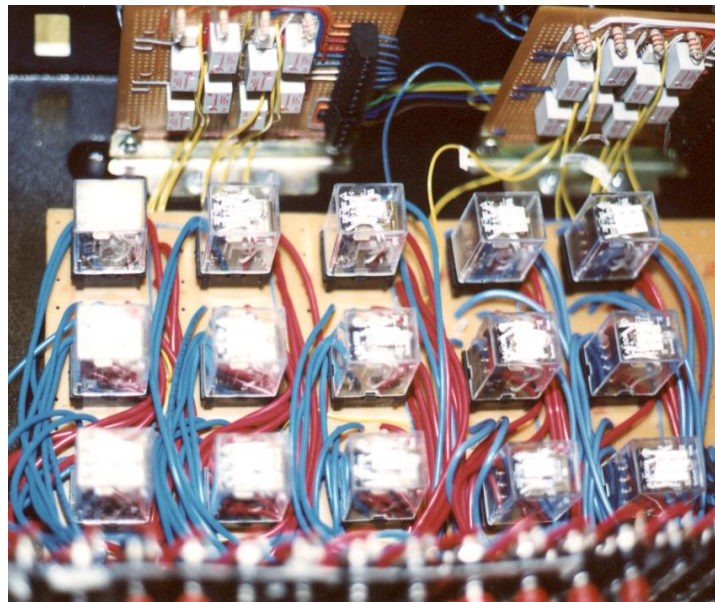


Figura Nº 1-33 .- Tarjeta de control de la tarjeta de potencia Nº 4.

La tarjeta de potencia es controlada por medio de una interfaz idéntica a la del sistema de control de la tarjeta de potencia N°3 tal como se muestra en la fotografía de la **figura N° 1-33**.

1.2.7. Sistema de captura de señales en el transformador.

Las señales básicas que se deben tomar del transformador para el análisis de su comportamiento son voltaje y corriente tanto en el devanado primario como en el devanado secundario. Para tomar estas señales es necesario utilizar transformadores de medida, los cuales permiten reducir las magnitudes a medir a valores situados dentro del rango y tipo aceptado por PC.

Para la captura de señales se utilizaron dos transformadores de potencial y tres transformadores de corriente los cuales se muestran en la fotografía de la **figura N° 1-34**.

La **Tabla N° 1.6** muestra los canales a través de los cuales se han conectado los transformadores de medida, dos de potencial y dos de corriente.

CANAL	TRANSFORMADOR
ACH0	1
ACH1	2
ACH2	3
ACH3	4
ACH4	5

Tabla N° 1.6 Entradas análogas para la conexión de los transformadores de medida

Transformadores de corriente **Transformadores de potencial ó voltaje.**

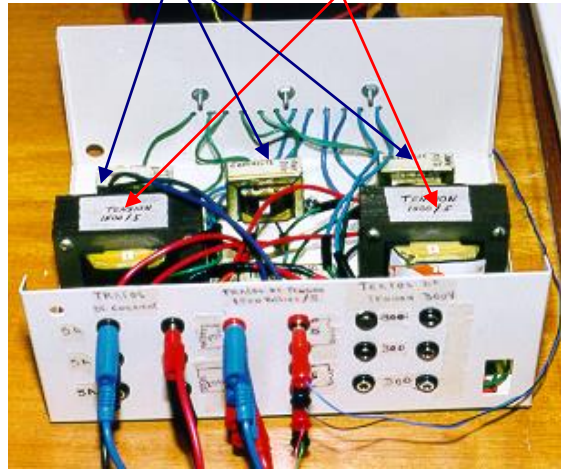


Figura N° 1-34.- Fotografía de los transformadores de potencial y de corriente utilizados en el sistema de captura de señales del transformador.

Para utilizar los transformadores de potencial y de corriente indicados, fue necesario obtener su relación de transformación, para lo cual se configuraron las **tablas N° 1-7 y N° 1-8**. Para determinar los factores de conversión de los transformadores de tensión y de corriente, se tomaron diferentes medidas con diferente carga, las relaciones obtenidas se promediaron para obtener un valor mayor para estos factores.

Vp (V)	Vs(V)	Vp/Vs
58,8	0,209	281,339713
58,3	0,207	281,642512
58,1	0,206	282,038835
57,9	0,206	281,067961
58,1	0,206	282,038835
57,8	0,206	280,582524

57,1	0,205	278,536585
57,5	0,205	280,487805
PROMEDIO		280,966846

Tabla N° 1-7.-Valores obtenidos en la determinación del voltaje del primario del transformador de potencial.

Ip (mA)	Vs(mV)	Ip/Vs
18,58	0	
199	250	0,796
377	427	0,88290398
705	599	1,1769616
546	529	1,03213611
1006	698	1,44126074
1144	736	1,55434783
858	656	1,30792683
	PROMEDIO	1,17021958

Tabla Nº 1-8.- Valores obtenidos en la determinación del voltaje del secundario del transformador de potencial.

Para obtener la relación de transformación (a), se conforma la **Tabla Nº 1-9**, donde

$a = \frac{V_p}{V_s}$ siendo V_p el voltaje primario del transformador y V_s el voltaje secundario.

Vp (V)	Vs(V)	Vp/Vs
119,8	2,1	57,047619
112,1	2,1	53,3809524
111,7	2,065	54,0920097
105,8	2,024	52,2727273
108,8	2,058	52,866861
100,8	2,015	50,0248139
98,5	2	49,25
103	2,02	50,990099
	PROMEDIO.	52,4906353

Tabla Nº 1-9 .- Relación de transformación del transformador de potencial $a = \frac{V_p}{V_s}$

Para los transformadores de corriente fue necesario encontrar la relación entre la corriente del devanado primario al voltaje en el devanado secundario tomado sobre una resistencia patrón, para obtener directamente la transformación corriente voltaje, ya que el PC solamente acepta valores de voltaje y se necesita medir las corrientes en los devanados primario y secundario del transformador de potencia **Tabla Nº 1- 10.**

Ip (A)	Vs(mV)	Ip/Vs
0	6	0
100	9	11,11111111
190	18	10,55555556
350	37	9,45945946
270	28	9,64285714
500	54	9,25925926
570	62	9,19354839
430	46	9,34782609
	PROMEDIO	8,57120213

Tabla N° 1-10 .- Conversor voltaje corriente.

1.2.8 . Conexión a la tarjeta de adquisición de datos DAQ 1200 NI.

Todo el sistema de información sobre la máquina a experimentar se encuentra conectado a una regleta de 34 puntos, la cual permite ordenar físicamente el enrutamiento de la información hacia la tarjeta de adquisición de datos ó interfaz física entre el sistema y el PC.

1.2.9. Cable de comunicación.

La conexión entre la interfaz de captura de señales y la tarjeta de adquisición de datos se realizó a través de un cable Ribbon de 25 pares con sus respectivos conectores terminales.

1.2.10. Estación maestra.

El PC utilizado como base para desarrollar el proyecto tiene las siguientes características:

Computador personal pentium I, 32 megabites de memoria RAM, 233 MHz, con tarjeta de adquisición de datos (DAQ), disco duro C de 1.2 Gb y disco duro D 1.17 Gb, drive de 3.5 ''.

1.2.11. Tarjeta de adquisición de datos .

La tarjeta de adquisición de datos DAQ producida por la National Instruments Corporation, es una tarjeta multifunción análoga, digital y temporizada, utilizada en aplicaciones sobre pruebas de laboratorio, pruebas de producción, monitoreo y control de procesos industriales. Posee 8 entradas análogas que pueden ser configuradas como 8 salidas ó 4 entradas diferenciales programadas bajo ComponentWorks.

El ComponentWorks contiene herramientas para adquisición de datos e instrumentos de control construidos con el software NI_DAQ, la cual posee un conector de 50 pines para su instalación tal como se muestra en las **figuras Nº 1-35 y 1-36** ¹⁴ .

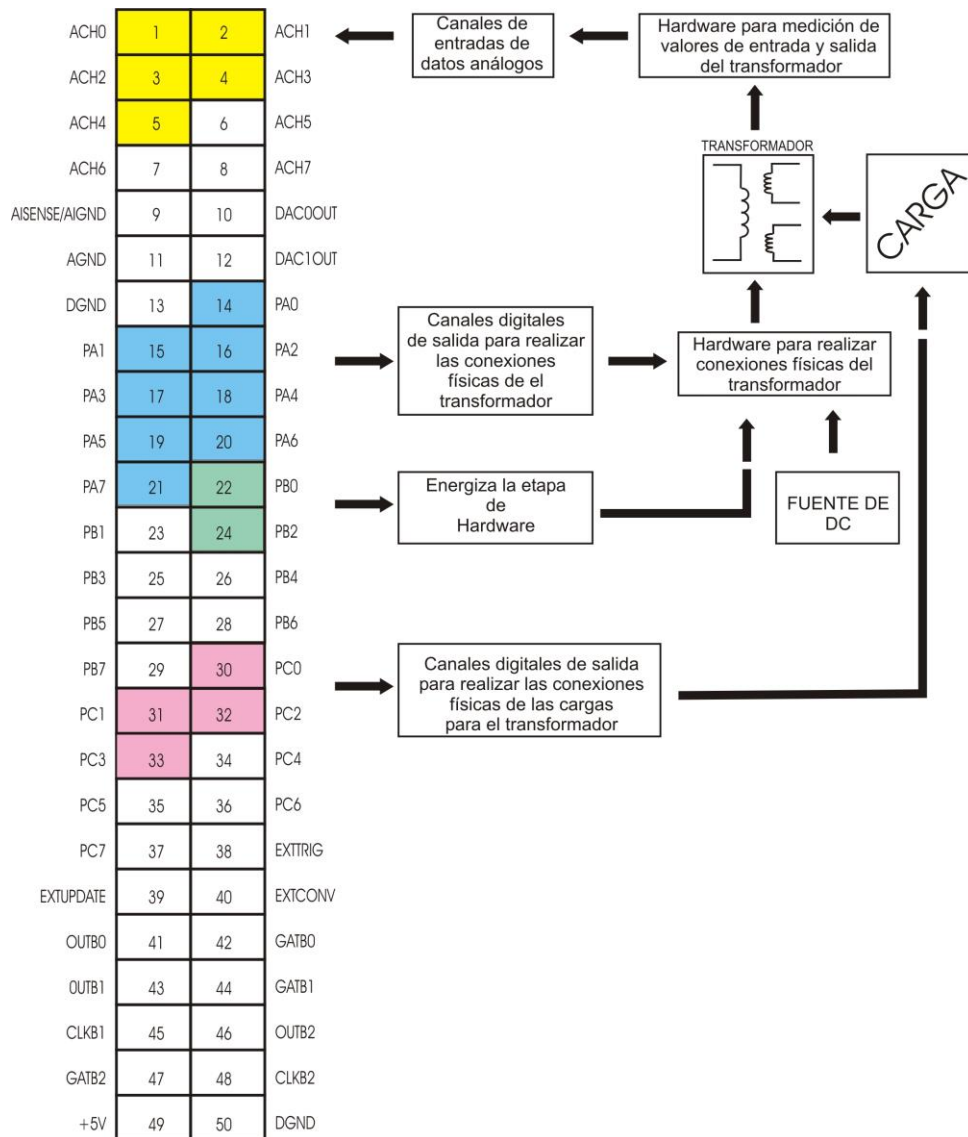


Figura Nº 1-35 .- Asignación de los pines de conexión de la tarjeta PCI - 1200 I/O.

¹⁴ National Instruments . DAQ PCI 1200 User Manual 1997. P 3-2

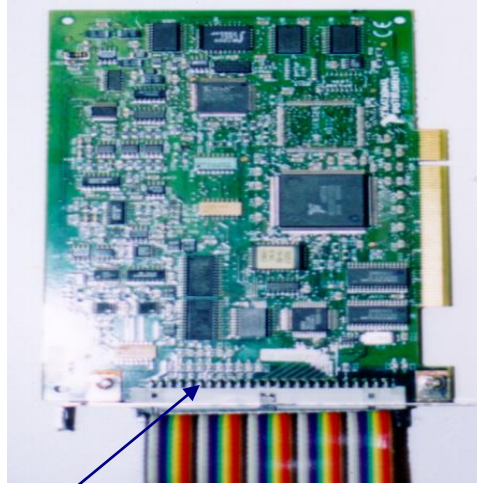
Los pines del conector están agrupados en pines de señal de entrada análoga, pines de señal de salida análoga, pines de señales de entrada / salida temporizadas y conexiones de potencia.

Los pines 1-8 ó canales 0-7 son para entradas análogas.

- Pin 9** Entrada análoga, también puede ser utilizada como una tierra.
- Pin 10** Señal de voltaje de salida para salida análoga.
- Pin 11** Punto de retorno de la corriente de polarización.
- Pin 12** Señal de voltaje de salida análoga.
- Pin 13** 50 Voltaje de referencia (Tierra) para señales digitales y la fuente de 5V.
- Pin 14** 21 Línea bidireccional de datos para el puerto A.
- Pin 22** 29 Línea bidireccional de datos para el puerto B.
- Pin 30** 37 Línea bidireccional de datos para el puerto C.
- Pin 38** Señal de control externo para inicio de una operación DAQ.
- Pin 39** Señal de control externo para actualización de salidas DAQ.
- Pin 40** Señal de control externo temporizada para conversión análoga - digital.
- Pin 41** Señal de salida digital del contador B0.
- Pin 42** Señal de control externa para manejo del contador B0.
- Pin 43** Señal de salida digital del contador B1.
- Pin 44** Señal de control externa para manejo del contador B1.
- Pin 45** Señal reloj de control externo para el contador B1.
- Pin 46** Señal de salida digital del contador B2.
- Pin 47** Señal de control externa para el manejo del contador B2.

Pin 48 Señal reloj de control externo para el contador B2.

Pin 49 Fuente de +5 voltios (1A, 4.65 V- 5.25V).



Regleta de conexiones.

Figura N° 1-36.- Fotografía de la tarjeta de adquisición de datos.

1.3. Funcionamiento del sistema.

En este numeral se da una descripción general del funcionamiento del sistema, como son diseño, requerimientos, instalación, inicio, obtención de datos, análisis de resultados y manejo de ayudas.

1.3.1. Diseño del software.

El diseño del software que complementa el LACTE se desarrollo en dos partes; primero se desarrolló una aplicación que permitiera interactuar con el hardware y desarrollar prácticas de laboratorio, y la segunda parte que es el desarrollo de una

aplicación que permita monitorear los logros de los usuarios para así trazar una estrategia pedagógica adecuada en la cimentación de conceptos en los educandos. El desarrollo de estas aplicaciones de software comprende los siguientes aspectos:

- Análisis del flujo operativo de la aplicación de acuerdo a su funcionabilidad.
- Desarrollo de la estructura de la base de datos que se usara como soporte para el monitoreo de usuarios del mismo y que a la vez preste apoyo funcional a la aplicación.
- Desarrollo de la interfase con sus ventanas y cuadros de diálogo de manera que se facilite sus uso por el usuario a cualquier nivel.
- Puesta a punto de la aplicación al establecer pruebas de calibración al trabajar en conjunto con el hardware que hace parte del LACTE.

1.3.1.1. Introducción.

El software fue realizado en el lenguaje Microsoft Visual Basic en su versión 6.0, entorno de desarrollo visual para Microsoft® Windows que permite la creación de aplicaciones robustas y amigables de forma clara y eficiente. Es un entorno manejado por eventos. Se escoje este lenguaje de desarrollo debido a su facilidad de manejo, capacidad de generar aplicaciones complejas, y a su alcance ya que las aplicaciones implementadas sobre él son compatibles con las versiones de Microsoft Windows de 32 bits (Microsoft Windows 95/98/Me/Nt/2000/XP) uno de los sistemas operativos más difundidos en la comunidades educativas en todo el mundo.

El software LACTE tiene como finalidad :

- Crear un sistema donde un estudiante del área de los transformadores eléctricos pueda realizar su parte experimental utilizando como herramienta el PC.
- Simular el experimento para tener una visión de los resultados reales y obtener por interpolación y extrapolación otros resultados no posibles en la aplicación en tiempo real.
- Realizar el proceso experimental en tiempo real utilizando como herramienta de conexión del equipo de experimentación, medio de captura de información y obtención de resultados el PC.

El software SPYLACTE tiene como finalidad:

- Monitorear los logros académicos de los usuarios del software LACTE.
- Modificar la información personal de usuarios del software LACTE, es posible cambios de contraseña.
- Establece supervisión de control en el manejo del equipo.

1.3.1.2. Descripción de la información ¹⁵.

Al crear el software se resolvieron los siguientes problemas:

Proporcionar un sistema de trabajo al estudiante experimentador, que le permite utilizar el PC para el desarrollo y análisis de prácticas relacionadas con máquinas eléctricas estáticas conocidas como transformadores, creando una aplicación que le permite interactuar con un hardware y realizar con este prácticas que mediante otro medio serían muy demoradas y complejas, a la vez que se establece una evaluación sobre el tema de forma dinámica.

1.4. CODIGO Y ESTRUCTURA DEL SOFTWARE DEL LACTE

1.4.1. Software LACTE

Esta compuesta por dos partes fundamentalmente, la primera que es una fuente de información teórica a manera de enciclopedia y la otra una interfaz entre el usuario y el hardware que permite a este desarrollar prácticas de laboratorio indirectamente o simularlas. El conjunto de ventanas o formularios desarrollados se describen en los siguientes apartados así como la estructura de la base de datos que permite mantener un registro del rendimiento de los usuarios.

1.4.1.2. Estructura de la base de datos

El software LACTE esta compuesto por dos bases de datos desarrolladas en Microsoft Access y que posteriormente son manipuladas usando el motor Jet

¹⁵ ROGER S. PREESMAN . Ingeniería del Software . Un enfoque práctico 4^a edición . McGraw_Hill . Madrid .pp 196-197

Access de Microsoft, bajo sentencias SQL(Structured Query Language – Lenguaje de Consultas estructurado). Una base de datos simple (Archivo Plano) es un conjunto de tarjetas indexado donde los datos estan en un formato establecido. Los índices se añaden como una forma rápida para obtener información de registros específicos, pero no son esenciales, especialmente para conjuntos pequeños de datos. El problema que presenta la utilización de archivos de acceso aleatorio (indexados) para todas las aplicaciones de bases de datos es que son demasiado limitados. Es muy compleja la modificación de datos ubicados en sistemas separados al mismo tiempo.

Las bases de datos más complejas como las que trabaja Microsoft Access, basada en el “Modelo relacional”, no se adaptan al modelo de tarjetas indexadas. Esto permite evitar el problema de actualización mencionado anteriormente. También tiene otras ventajas, aunque la potencia extra requiere de computadoras más potentes y de más código.

La aplicación utiliza dos bases de datos la primera almacena la información necesaria para funcionamiento del hardware y la segunda almacena la información de usuarios del programa. Veamos la descripción de cada una:

1.4.1.2.1. Archivo *Tabla.skf* (*Tabla .mdb*)

Este archivo contiene información de trabajo del equipo y del software LACTE.

Esta compuesto por seis tablas relacionales así:

Tabla Ajuste

Contiene la información de ajuste para la lectura de los datos de los transformadores mediante la tarjeta de adquisición de datos (IDA-Q)

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
Avp	Ajuste voltaje primario	Númerico	Simple
Avs	Ajuste voltaje secundario	Númerico	Simple
Ais	Ajuste corriente secundario	Númerico	Single

Tabla Desfase

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
Conexión	Tipo de conexión	Texto	50
Ang	Angulo de desfase	Númerico	Single
Vns	Voltaje nominal secundario	Númerico	Single

Tabla Examen

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
NoPregunta	Número de la pregunta	Texto	50
Tema	Tema del que hace parte la pregunta	Texto	50
Pregunta	Enunciado de la pregunta.	Memo	Single

Nota: El campo “tema” alberga solo el número del tema.

Tabla Merror

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
Error	Error aceptable en la solución al test evaluativo de los usuarios del LACTE. Se especifica como porcentaje.	Numérico	Integer

Tabla “Tabla”

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
Gexp	Grupo de experimentos (A o B)	Texto	50
Sn	Potencia nominal transformador	Númerico	Single
Vnp	Voltaje nominal primario	Númerico	Single
Rp	Resistencia primario	Numérico	Single
Rs	Resistencia secundario	Numérico	Single
Po	Potencia en vacio	Numérico	Single
Vpcc	Voltaje en el primario de corto circuito	Numérico	Single
Ppcc	Potencia en el primario de corto circuito	Numérico	Single
Ipcc	Corriente de corto circuito en el primario	Numérico	Single
Iexec	Corriente de excitación	Numérico	Single

Tabla Temas_Teoria

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
IdTema	Identificador del Tema	Texto	50
Tema	Título del tema	Texto	50
PathTexto	Camino al archivo de texto que tiene la información relacionada con el tema.	Texto	50
PathImagen	Camino a la imagen relacionada con el tema.	Texto	50
PathImagen2	Camino a la imagen No. 2 relacionada con el tema.	Texto	50
PathImagen3	Camino a la imagen No. 3 relacionada con el tema.	Texto	50
PathImagen4	Camino a la imagen No. 4 relacionada con el tema.	Texto	50
ImagenComen	Comentarios de la imagen No. 1	Memo	
ImagenComen2	Comentarios de la imagen No. 2	Memo	
ImagenComen3	Comentarios de la imagen No. 3	Memo	
ImagenComen4	Comentarios de la imagen No. 4	Memo	
KeyWord	Campo que alberga las	Memo	

	palabras claves relacionadas con este tema de manera que facilite la búsqueda.		
--	--	--	--

1-4-1-2-2- Archivo Bas.skf (Bas.mdb)

Este archivo contiene información de los usuarios del paquete. Esta compuesto por seis tablas relacionales así:

Tabla DatStudent. Contiene la información personal de los usuarios

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
Nombre	Nombre del usuario	Texto	50
Codigo	Codigo usado dentro de la institución.	Texto	50
Universidad	Institución donde desarrolla la academia.	Texto	50
Departamento	División dentro de la entidad educativa a la que pertenece.	Texto	50
Programa_Acad	Programa académico al que pertenece	Texto	50
Asignatura	Asignatura en la cual es entrenado.	Texto	50
Identificación	Contraseña de acceso	Texto	50
CodUsuario	Código interno	Texto	50

Tabla Practicas. Contiene la nformación de las prácticas realizadas.

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
CodStudent	Código del estudiante	Texto	50
Entrada	Identificador del test desarrollado.	Texto	50
Fecha	Fecha en que se realiza las prácticas	Fecha/Hora	50
Horalni	Hora de inicio de la práctica	Texto	50
HoraFin	Hora de finalización.	Texto	50
Experimento	Indice del experimento a desarrollar.	Texto	50

Tabla QuizUsuario. Contiene la información de las respuestas del usuario al test evaluativo.

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
CodStudent	Código del estudiante	Texto	50
PreguntaN	Número de la pregunta	Texto	50
RespPc	Respuesta generada por el ordenador	Numérico	Single
RespStd	Respuesta generada por el usuario	Numérico	Single
Entrada	Identificador del test desarrollado.	Texto	50

NOTA:

- El valor positivo más alto de un tipo de dato single es 3,402823E+38 ó 3,4 veces 10 a la 38ª potencia.
- El campo Memo puede almacenar texto y números de gran longitud como, por ejemplo, notas o descripciones, con un tamaño máximo de hasta 64.000 caracteres.
- El campo tipo Texto puede almacenar Texto o combinaciones de texto y números como, por ejemplo, direcciones. Asimismo, números que no requieren cálculos como, por ejemplo, números de teléfono, números de piezas o códigos postales, hasta 255 caracteres.

1.4.2. Estructura de la aplicación

La aplicación esta compuesta por formularios o ventanas de manera que, el acceso a los recursos, así como, el manejo en general sea lo más eficiente posible. A continuación haremos una distinción de la estructura interna (Código fuente) asi como una breve descripción de la funcionabilidad de cada formulario

que constituye la aplicación. En la siguiente tabla puede verse la clasificación de los formularios empleados:

<p>Ventanas estándar Son ventanas independientes que constituyen formas propiamente dichas y cuadros de dialogo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>FormPropiedades</i> ○ <i>FrmAcerca</i> ○ <i>FrmlInicio</i> ○ <i>FrmPrincipal</i> ○ <i>Transitorio</i>
<p>Ventana MDI Permiten albergar otras subventanas en su interior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Principal</i>
<p>Ventanas Child Ventanas que se cargan dentro de otra ventana del tipo MDI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Buscar_Temas</i> ○ <i>Cálculo</i> ○ <i>ConexionForm</i> ○ <i>ConexionFTeo</i> ○ <i>Desplmagen</i> ○ <i>Experimento</i> ○ <i>Teoría</i>

1.4.2.1. Formulario “*Buscar_Temas*”

Esta formulario permite realizar búsquedas del contenido teórico anexo al programa, permite seleccionar temas directamente de una lista o realizar búsquedas propiamente dichas. Para esto se emplean una lista desplegable (*Control Activex DBCombo*) que accede a la base de datos de trabajo del programa. Se establecen busquedas usando un cuadro de texto donde se digitan palabras claves o fracciones de ellas, estas son consultadas en la base de datos de manera que se localicen los temas asociados a las palabras clave en una lista, una vez desplegados los temas se puede escoger uno y acceder al contenido directamente. Este formulario contiene un icono de ayuda que nos permite acceder a un archivo que describe los procesos de búsqueda de información teórica, cuando así, se requiera.

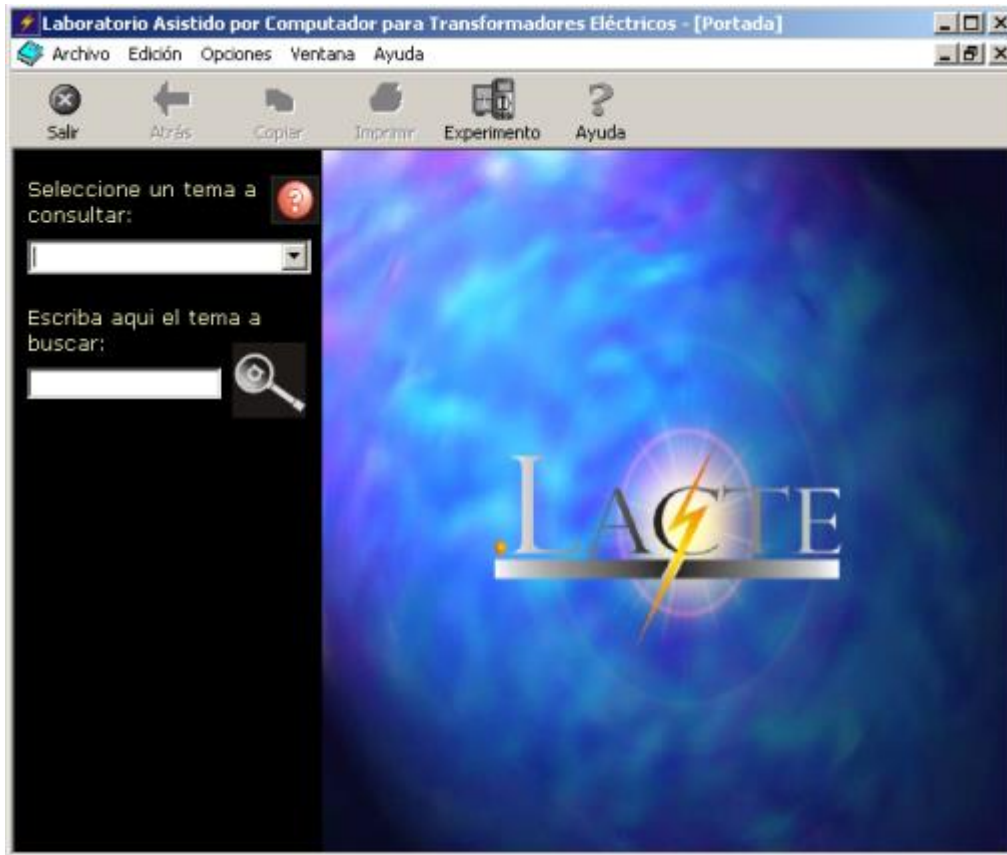


Figura No 1-37 Formulario Buscar_Temas cargado en la ventana MDI.

El código asociado a esta ventana es:

```

Dim busqueda As String

Private Sub DBCombo1_Click(Area As Integer)
    If DBCombo1.Text = "" Then
        Exit Sub
    Else
        Temario = DBCombo1.Text
        Teoria.Show
        Unload Me
    End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data1.RecordSource = "SELECT * FROM Temas_Teoria ORDER BY
Tema"
    Data1.Refresh

```

```

End Sub

Private Sub Form_Load()
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(1).Picture
    Image3.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
    principal.buscar.Checked = True
End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(1).Picture
    Image3.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
End Sub

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As
Integer)
    principal.buscar.Checked = False
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    Image1.Left = DBCombo1.Width + DBCombo1.Left + 100
    Image1.Height = Buscar_Temas.Height
    Image1.Width = Buscar_Temas.Width - DBCombo1.Width
End Sub

Private Sub Image2_Click() 'Se filtra la información para
realizar la
                                búsqueda

    busqueda = Text1.Text
    If busqueda <> "" Then
        list1.Visible = True
        Label3.Visible = True
        Data2.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
        Data2.RecordSource = "SELECT * FROM Temas_Teoria
WHERE keyword LIKE '*' & busqueda & '*'"
        Data2.Refresh
    Else
        MsgBox "No hay expresiones para buscar", vbOKOnly,
"Atención"
        Exit Sub
    End If
End Sub

Private Sub Image2_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(2).Picture
End Sub

```



```

Private Sub Image3_Click()
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar
    un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación
    en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda.
No se puede encontrar el archivo de ayuda asociado.",
vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda1.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Image3_MouseMove(Button As Integer, Shift As
Integer, X As Single, Y As Single)
    Image3.Picture = ImageList2.ListImages(2).Picture
End Sub

Private Sub list1_Click()
    If list1.Text = "" Then
        Exit Sub
    Else
        Temario = list1.Text
        Teoria.Show
        Unload Me
    End If
End Sub

Private Sub Text1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 13 Then
        'Detecta la tecla enter en el
        cuadro de texto
        list1.Visible = True
        Label3.Visible = True
        busqueda = Text1.Text
        Data2.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
        Data2.RecordSource = "SELECT * FROM Temas_Teoria
WHERE keyword LIKE '*' & busqueda & '*'"
    End If
End Sub

```

```
                Data2.Refresh
    End If
End Sub
```

1.4.2.2. Formulario “Cálculo”

Esta formulario permite realizar el test evaluativo a los usuarios del LACTE, constituye simplemente una ventana que arroja preguntas previamente almacenadas en una base de datos y captura la respuesta del usuario comparándola con un cálculo propio determinando la validez o falsedad de la pregunta.

Al cargarse este formulario se realiza el cálculo de todas los posibles interrogantes planteadas en la práctica y se almacenan en un a matriz de soluciones que luego se emplea para comparar con los resultados propuestos por los usuarios del LACTE. Los resultados son comparados bajo un margen de error del 10%.

El manejo de este formulario se facilita con el uso de un panel de control ubicado en la parte inferior que permite desplazarse entre las preguntas, omitir el test, omitir la pregunta actual, consultar la información teórica y el acceso a la ayuda.

Responde cada una de las siguientes preguntas:

PCU0

Fallos: 0
Aciertos: 0

Solución: _____

1 de 3




Figura N° 1-38

El código asociado a esta ventana es:

```
Dim Vector_Sln() As Variant 'Vector de soluciones
Dim Limite As Single 'Limite de las filas asignadas al vector de soluciones
Dim IndicaSalida As Integer
Dim ErrorEstimado As Single
Dim ir As Integer 'Variable usada para llevar el registro del vector de
soluciones

Dim MaxPreg As Integer
Dim i As Integer
Dim PA As Integer
Dim PF As Integer
Dim Ya As Integer
Dim Tiemplinicial As String
Dim TiempFinal As String

Public Function Derror(Vteo As Single, Vprac As Single) 'Función que determina si
el error asumido es aceptable.
On Error Resume Next
Error = Abs(Vprac - Vteo) / Vteo
End Function
```

```

Private Sub Form_Activate()
    'Se definen los parámetros de los controles data
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data2.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data3.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data4.DatabaseName = App.Path & "\bas.skf"
    Data1.RecordSource = "Tabla"
    Data2.RecordSource = "Merror"
    'Se cargan las preguntas del tema consultado
    Data3.RecordSource = "Select * from Examen where Tema = " & Var_Paso &
    """"
    Data4.RecordSource = "QuizUsuario"
    Data1.Refresh
    Data2.Refresh
    Data3.Refresh
    Data4.Refresh
    '
    ErrorEstimado = Data2.Recordset.Fields("error") / 100

    'Se determina el máximo número de registros del data
    Data3.Recordset.MoveLast
    MaxPreg = Data3.Recordset.AbsolutePosition + 1
    Data3.Recordset.MoveFirst

    'Parámetros de Configuración de la barra de progreso
    ProgressBar1.Max = MaxPreg
    ProgressBar1.Min = 0
    ProgressBar1.Value = Data3.Recordset.AbsolutePosition + 1
    Label7.Caption = Data3.Recordset.AbsolutePosition + 1 & " de " & MaxPreg
End Sub

Private Sub Form_Load()
    i = 1
    Ya = 0
    Select Case Var_Paso
    Case 1
        Me.Caption = "Efectos Resistivos En Los Transformadores"
        ExperimentoNo1
    Case 2
        Me.Caption = "Estudio De Pérdidas En El Núcleo De Los Transformadores"
        ExperimentoNo2
    Case 3
        Me.Caption = "Desarrollo Del Modelo Equivalente Del Transformador"
        ExperimentoNo3
    Case 4
        Me.Caption = "Transformador Monofasico Bajo Carga"
    
```

```

ExperimentoNo4
Case 5
  Me.Caption = "Tranformador Trifásico En Conexión Estrella
                y Delta Bajo Carga"
  ExperimentoNo5
Case 6
  Me.Caption = "Comportamiento Del Tranformador Trifásico En
                Conexión Yz5"
  ExperimentoNo6
Case 7
  Me.Caption = "Comportamiento Del Tranformador Trifásico En
                Conexión: D-YY y Y-YY"
  ExperimentoNo7
Case 8
  Me.Caption = "Transformadores Monofásicos en Paralelo con
                Carga Resisitiva"
  ExperimentoNo8
End Select
IndicaSalida = 1
Tiemplinicial = Time
End Sub

Private Sub Redim_Vector_Sln()
  Erase Vector_Sln
  ReDim Vector_Sln(1, Limite)
End Sub

Private Sub ExperimentoNo1()
  Dim Ip As Single

  'Limpiar controles
  Limite = 2
  Redim_Vector_Sln      ' Limpia y Redimensiona el vector de
                        soluciones

  '      CALCULOS
  Ip = Sn / VoltajePrim
  Vector_Sln(0, 0) = Rp * (Ip ^ 2)
  Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim * Ip
  Vector_Sln(0, 2) = VoltajePrim / Ip
End Sub

Private Sub ExperimentoNo2()
  Dim Ip As Single

  Limite = 2

```

```

Redim_Vector_Sln      ' Limpia y Redimensiona el vector de
                        soluciones

'      CALCULOS
Ip = Sn / VoltajePrim
Vector_Sln(0, 0) = Rp * (Ip ^ 2)
Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim * Ip
Vector_Sln(0, 2) = Vector_Sln(0, 1) - Vector_Sln(0, 0)
End Sub

Private Sub ExperimentoNo3()
    Dim Ip As Single

    Limite = 17
    Redim_Vector_Sln      ' Limpia y Redimensiona el vector de
                        soluciones

    SelecCarga

    ' Se leen parámetros necesario desde la tabla.skf

    '      CALCULOS
    On Error GoTo salvador:
    If CorrienteSec = 0 Then                                'Zs
        MsgBox "Como la carga es cero (0) la corriente en el secundario es cero (0),
por tanto la Zs es infinita.", vbOKOnly, "Atención"
        Vector_Sln(0, 0) = 0
    Else
        Vector_Sln(0, 0) = VoltajeSec / CorrienteSec
    End If
    Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim / VoltajeSec            'a
    Ip = CorrienteSec / Vector_Sln(0, 1)
    Vector_Sln(0, 2) = Rs + Carga                          'Rts
    Vector_Sln(0, 3) = Sqr(Vector_Sln(0, 0) ^ 2 + Vector_Sln(0, 2) ^ 2) 'Xs
    Vector_Sln(0, 4) = Ip                                  'Ip
    Vector_Sln(0, 5) = VoltajePrim / Ip                    'Zt
    Vector_Sln(0, 6) = Cos(Atn(Vector_Sln(0, 3) / Vector_Sln(0, 2))) 'Factor de
Potencia
    Vector_Sln(0, 7) = Vector_Sln(0, 1) ^ 2 * Rs           'a^2Rs
    Vector_Sln(0, 8) = Vector_Sln(0, 1) ^ 2 * Vector_Sln(0, 3) 'a^2Xs
    Vector_Sln(0, 9) = Vector_Sln(0, 1) ^ 2 * Sqr(Rs ^ 2 + Vector_Sln(0, 3) ^ 2) 'Ztsp
    Vector_Sln(0, 10) = Vector_Sln(0, 5) + Vector_Sln(0, 9) 'ZP
    Vector_Sln(0, 11) = Sqr(Vector_Sln(0, 10) ^ 2 - Rp ^ 2) 'Xp
    Vector_Sln(0, 12) = Rp * Iexc ^ 2                      'PCu0
    Vector_Sln(0, 13) = VPrim * Iexc                       'P0
    Vector_Sln(0, 14) = VPrim / Iexc                       'Zm
    Pnu = Vector_Sln(0, 13) - Vector_Sln(0, 12)

```

```

Vector_Sln(0, 15) = 1 / Vector_Sln(0, 14)           'Ym
Vector_Sln(0, 16) = Pnu / (VPrim ^ 2)           'Gc
Vector_Sln(0, 17) = Sqr(Vector_Sln(0, 15) ^ 2 - Vector_Sln(0, 16) ^ 2) 'Bm

Exit Sub
salvador:
MsgBox "Uno de los parámetros introducidos a generado una raiz negativa o
una división por cero. Por favor revise sus datos.", vbOKOnly, "Atención !!"
End
End Sub

Private Sub ExperimentoNo4()

Limite = 14
Redim_Vector_Sln      ' Limpia y Redimensiona el vector de
                        soluciones
SelecCarga

'Cálculos
On Error GoTo salvador:
Vector_Sln(0, 0) = VoltajePrim / VoltajeSec      'a
Vector_Sln(0, 1) = Rs + Carga                    'Rts
Vector_Sln(0, 2) = VoltajeSec / CorrienteSec     'Zs
Vector_Sln(0, 3) = Sqr(Vector_Sln(0, 2) ^ 2 + Vector_Sln(0, 1) ^ 2) 'Xs
Vector_Sln(0, 4) = Sqr(VoltajeSec ^ 2 + (CorrienteSec * Vector_Sln(0, 3)) ^ 2)
'Es
Vector_Sln(0, 5) = CorrienteSec / Vector_Sln(0, 0) 'lp
Vector_Sln(0, 6) = Vector_Sln(0, 4) * Rp         'Vcup
Vector_Sln(0, 7) = VoltajePrim / Vector_Sln(0, 4) 'Zp
Vector_Sln(0, 8) = Sqr(Vector_Sln(0, 6) ^ 2 - (Rp + Vector_Sln(0, 0) ^ 2 *
Vector_Sln(0, 1)) ^ 2) 'Xp
Vector_Sln(0, 9) = Vector_Sln(0, 4) * Vector_Sln(0, 7) 'Vxp
Vector_Sln(0, 10) = Vector_Sln(0, 0) ^ 2 * Vector_Sln(0, 1) 'a^2Rts
Vector_Sln(0, 11) = Vector_Sln(0, 0) ^ 2 * Vector_Sln(0, 3) 'Xsp
Vector_Sln(0, 12) = Sqr(Vector_Sln(0, 5) ^ 2 + Vector_Sln(0, 8) ^ 2) 'Vzp
Vector_Sln(0, 13) = VoltajePrim + Vector_Sln(0, 11) 'Ep
Vector_Sln(0, 14) = ((Vector_Sln(0, 12) - Vector_Sln(0, 0) * VoltajeSec) /
(Vector_Sln(0, 0) * VoltajeSec)) * 100 'Porcentaje de
                        regulación

Exit Sub

salvador:
MsgBox "Uno de los parámetros introducidos a generado una raiz negativa o
una división por cero. Por favor revise sus datos.", vbOKOnly, "Atención !!"
End

```

```

End Sub

Private Sub ExperimentoNo5()
    'Limpiar controles
    Límite = 5
    Redim_Vector_Sln      ' Limpia y Redimensiona el vector de
                          soluciones
    SelecCarga

    'Cálculos
    On Error GoTo salvador:
    SelecCarga
    Vector_Sln(0, 0) = VoltajePrim / VoltajeSec
    Select Case Var_Paso_1
    Case 1    'Conexión Yd
        Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim / Sqr(3)
        Vector_Sln(0, 2) = VoltajeSec
        Vector_Sln(0, 3) = Sn / VoltajePrim
        Vector_Sln(0, 4) = a * Vector_Sln(0, 3)
        Vector_Sln(0, 5) = CorrienteSec / Sqr(3)
    Case 2    'Conexión Dy
        Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim / Sqr(3)
        Vector_Sln(0, 2) = VoltajeSec / Sqr(3)
        Vector_Sln(0, 3) = (Sn / VoltajePrim) / Sqr(3)
        Vector_Sln(0, 4) = a * Vector_Sln(0, 3)
        Vector_Sln(0, 5) = CorrienteSec
    Case 3    'Conexión Yy
        Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim / Sqr(3)
        Vector_Sln(0, 2) = VoltajeSec / Sqr(3)
        Vector_Sln(0, 3) = (Sn / VoltajePrim)
        Vector_Sln(0, 4) = a * Vector_Sln(0, 3)
        Vector_Sln(0, 5) = CorrienteSec / Sqr(3)
    Case 4    'Conexión Dd
        Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim
        Vector_Sln(0, 2) = VoltajeSec
        Vector_Sln(0, 3) = (Sn / VoltajePrim) / Sqr(3)
        Vector_Sln(0, 4) = a * Vector_Sln(0, 3)
        Vector_Sln(0, 5) = CorrienteSec / Sqr(3)
    End Select

    Exit Sub
salvador:
    MsgBox "Uno de los parámetros introducidos a generado una raiz negativa o
una división por cero. Por favor revise sus datos.", vbOKOnly, "Atención !!"
    End

```


End Sub

Private Sub ExperimentoNo6() 'Conexión Yz5

'Limpiar controles

Limite = 4

Redim_Vector_Sln ' Limpia y Redimensiona el vector de soluciones

SelecCarga

'Calculos

On Error GoTo salvador:

Vector_Sln(0, 0) = VoltajePrim / Sqr(3)

Vector_Sln(0, 1) = (Sqr(3) / 2) * (VoltajePrim / VoltajeSec)

Vector_Sln(0, 2) = Vector_Sln(0, 1)

Vector_Sln(0, 3) = (Sqr(3) / 2) * (VoltajePrim / Vector_Sln(0, 1))

Vector_Sln(0, 4) = Sqr(3) * VoltajeSec 'Debe agregarse a esta
cantidad Ang (30)

Exit Sub

salvador:

MsgBox "Uno de los parámetros introducidos a generado una raiz negativa o una división por cero.Por favor revise sus datos.", vbOKOnly, "Atención !!"

End

End Sub

Private Sub ExperimentoNo7()

'Limpiar controles

Limite = 8

Redim_Vector_Sln ' Limpia y Redimensiona el vector de

soluciones

SelecCarga

'Calculos

On Error GoTo salvador:

Vector_Sln(0, 0) = VoltajePrim / VoltajeSec

Vector_Sln(0, 1) = CorrienteSec / Vector_Sln(0, 0)

Vector_Sln(0, 2) = VoltajeSec / Sqr(3)

Vector_Sln(0, 3) = VoltajePrim / Vector_Sln(0, 1)

Vector_Sln(0, 4) = 2 * (VoltajeSec / CorrienteSec)

Vector_Sln(0, 5) = 2 * Sqr(Vector_Sln(0, 4) ^ 2 + (Rs + Carga) ^ 2)

Vector_Sln(0, 6) = Vector_Sln(0, 0) ^ 2 * Vector_Sln(0, 5)

Select Case Var_Paso_1

Case 5 'Conexión Dyy

Vector_Sln(0, 7) = VoltajePrim

Vector_Sln(0, 8) = Vector_Sln(0, 1) / Sqr(3)

```
Case 6 'Conexión Yyy
  Vector_Sln(0, 7) = VoltajePrim / Sqr(3)
  Vector_Sln(0, 8) = Vector_Sln(0, 1)
End Select
```

```
Exit Sub
salvador:
  MsgBox "Uno de los parámetros introducidos a generado una raiz negativa o
una división por cero. Por favor revise sus datos.", vbOKOnly, "Atención !!"
  End
End Sub
```

```
Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
```

```
***** Carga las imágenes del Panel de control Inferior
*****
```

```
Image2.Picture = ImageList1.ListImages(1).Picture
Image3.Picture = ImageList1.ListImages(3).Picture
Image4.Picture = ImageList1.ListImages(5).Picture
Image5.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
Image1.Picture = ImageList1.ListImages(9).Picture
Label4.Caption = ""
End Sub
```

```
Private Sub Image1_Click()
'Omitir respuesta
Text1.Text = 0
CambioPreg
End Sub
```

```
Private Sub Image1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
```

```
Image1.Picture = ImageList1.ListImages(10).Picture
Label4.Caption = "Omitir Pregunta"
Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub
```

```
Private Sub Image2_Click()
'Si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
'de diálogo Propiedades del proyecto
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
```

```

    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda2.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub

Private Sub Image2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(2).Picture
    Label4.Caption = " Ayuda"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image3_Click()
    'Consulta teorica
    Buscar_Temas.Show
    Buscar_Temas.SetFocus
End Sub

Private Sub Image3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image3.Picture = ImageList1.ListImages(4).Picture
    Label4.Caption = "Soporte Teorico"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image4_Click()
    'Cancelar quiz
    Buscar_Temas.Show
    Unload Me
End Sub

Private Sub Image4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image4.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
    Label4.Caption = "Cancelar Test"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image5_Click()

```

```

' Cambiar de pregunta
CambioPreg
If Ya = 0 Then
ProgressBar1.Value = Data3.Recordset.AbsolutePosition + 1
Label7.Caption = Data3.Recordset.AbsolutePosition + 1 & " de " & MaxPreg
End If
End Sub

Private Sub Image5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
Image5.Picture = ImageList1.ListImages(8).Picture
Label4.Caption = "Siguiete Pregunta"
Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub CambioPreg()
Dim Arg1 As Single
Dim Arg2 As Single

If i = MaxPreg Then
'Rutina de llenado de la base de datos correspondiente
BaseFull

Ya = 1
'Data3.Recordset.MoveFirst
IndS = MsgBox(" Has terminado la práctica. Deseas realizar otra ?",
vbYesNo, "Felicitaciones")
If IndS = vbYes Then
Experimento.Show
Else
Teoria.Show
principal.Toolbar1.Buttons.Item(4).Enabled = True ' Activa el icono de
experimentos
End If
Unload Me
Exit Sub

Else
'Se carga el valor escrito por el estudiante en la Matriz
Vector_Sln(1, i) = Text1.Text

'Detecta respuesta cero nula
If Vector_Sln(1, i) = 0 Then
Prea = MsgBox("No se ha asigando un valor a la solución, desea
asignar el valor cero (0).", vbYesNo, "Atención")
If Prea = vbNo Then

```

```

        Exit Sub
    End If
    ElseIf Vector_Sln(1, i) = "" Then
        Preb = MsgBox("No se ha asignado un valor a la solución, desea
asignar el valor cero (0).", vbYesNo, "Atención")
        If Preb = vbNo Then
            Exit Sub
        End If
        Text1.Text = 0
    End If

    'Se evalua el resultado Escrito con el calculado
    Arg1 = Vector_Sln(0, i)
    Arg2 = Vector_Sln(1, i)
    If Derror(Arg1, Arg2) < ErrorEstimado Then
        PA = PA + 1
        Text4.Text = PA
    Else
        PF = PF + 1
        Text3.Text = PF
        IndicaSalida = 1
        'Exit Sub
    End If

    Data3.Recordset.MoveNext 'Se desplaza a la siguiente pregunta
    Text1.Text = "0"        'Se limpia la casilla de respuesta
    i = i + 1                'Se incrementa el contador
End If
End Sub

```

```

Private Sub BaseFull()
    'Esta rutina carga la información evaluada en el recorset 4
    Data3.Recordset.MoveFirst

    For j = 1 To MaxPreg
        Data4.Recordset.AddNew
            Data4.Recordset.Fields("CodStudent") = CodUsu
            Data4.Recordset.Fields("PreguntaN") = 0
            Data4.Recordset.Fields("RespPc") = Vector_Sln(0, i - 1)
            Data4.Recordset.Fields("RespStd") = Vector_Sln(1, i - 1)
        Data4.Recordset.Update
        Data3.Recordset.MoveNext
    Next j
End Sub

```

```

Private Sub ExperimentoNo8()
    'Limpiar controles
    Limite = 14
    Redim_Vector_Sln      ' Limpia y Redimensiona el vector de soluciones
    SelecCarga

    'Calculos
    On Error GoTo salvador:
    Vector_Sln(0, 0) = 0.5          'Valor de a
    Vector_Sln(0, 1) = VoltajePrim  'Voltaje del primario
    Vector_Sln(0, 2) = VoltajeSec   'Voltaje del secundario
    Vector_Sln(0, 3) = Sn           'Potencia aparente de
    cada transformador
    Vector_Sln(0, 4) = CorrienteSec / Vector_Sln(0, 0)      'Corriente del
    primario
    Vector_Sln(0, 5) = CorrienteSec / 2                    'Corriente del
    secundario
    Vector_Sln(0, 6) = VoltajeSec / CorrienteSec           'Impedancia del
    secundario
    Vector_Sln(0, 7) = (VoltajePrim - Vector_Sln(0, 0) * VoltajeSec) / Vector_Sln(0,
4) 'Impedancia del primario
    Vector_Sln(0, 8) = Vector_Sln(0, 4) * Vector_Sln(0, 7)
    Vector_Sln(0, 9) = 1
    Vector_Sln(0, 10) = 1
    slnprovi = Vector_Sln(0, 7) ^ 2 - (1.6 * Vector_Sln(0, 0) ^ 2 + 3.2) ^ 2
    If slnprovi > 0 Then
        Vector_Sln(0, 11) = Sqr(slnprovi)    'Real
    Else
        Vector_Sln(0, 11) = Sqr(-1 * slnprovi) 'Compleja
    End If
    Vector_Sln(0, 12) = 3.2 + Vector_Sln(0, 0) ^ 2 * 1.6 + Vector_Sln(0, 0) ^ 2 *
Carga
    Vector_Sln(0, 13) = Atn(Vector_Sln(0, 11) / Vector_Sln(0, 12))
    Vector_Sln(0, 14) = 0

    Exit Sub
salvador:
    MsgBox "Uno de los parámetros introducidos a generado una raiz negativa
o una división por cero. Por favor revise sus datos.", vbOKOnly, "Atención !!"
    Exit Sub
End Sub

```

1.4.2.3. Formulario “*ConexionForm*”

Este formulario permite cargar en pantalla los parámetros de operación del hardware según la práctica escogida en el formulario “*Experimento*”, estos parámetros son leídos en tiempo real por medio de una interfase de adquisición de datos (I-DAQ).

Este formulario contiene controles Components Works de la *National Instruments* de manera que puede interactuar con la tarjeta de adquisición de datos (La IDA-Q diseñada por *National Instruments*) de manera que es posible escribir sobre ella para reflejar cambios sobre el hardware y posteriormente leer datos de él. Así, se establecen las prácticas experimentales.

Parámetros Teóricos de Operación del Experimento



Figura N° 1-39

El código asociado a esta formulario es:

```
Dim arranque As Boolean
Dim ConexionTipo As String
Dim distin As Integer

Private Sub Toma()
'*****Definiciones necesarias para la subrutina*****
Dim MedUno As Variant
Dim MedDos As Variant
Dim MedTres As Variant
Dim VPrim As Variant
Dim VSec As Variant
Dim ISec As Variant
Dim Vector_Vp(10) As Single
Dim Vector_Vs(10) As Single
Dim Vector_Is(10) As Single

' Se toman medidas de de la tabla.sfk
'*****
AjusteVp = Data3.Recordset.Fields("AVp")
AjusteVs = Data3.Recordset.Fields("AVs")
Ajustels = Data3.Recordset.Fields("Als")

'Se inicializan las variables de medida
Vp_prom = 0
Vs_prom = 0
Is_prom = 0
VPrim = 0
VSec = 0
ISec = 0

'Toma de medidas iterativa se llena un vector de 10 valores.
For j = 1 To 10
  Progre.Value = j
  Label3.Caption = "Tomando Datos  " & j * 10 & "%"
  For i = 1 To 50 ' *****
    Toma_Vp.SingleRead MedUno
    Toma_Vs.SingleRead MedDos
    Toma_Is.SingleRead MedTres
    If VPrim < MedUno Then
      VPrim = MedUno
    End If
    If VSec < MedDos Then
      VSec = MedDos
    End If
  End For
End For
```



```

    If ISec < MedTres Then
        ISec = MedTres
    End If
    DoEvents
    Next i      '*****
    Vector_Vp(j) = VPrim
    Vector_Vs(j) = VSec
    Vector_Is(j) = ISec
    Next j      ' *****
    For k = 1 To 10
        Vp_prom = Vp_prom + Vector_Vp(k)
        Vs_prom = Vs_prom + Vector_Vs(k)
        Is_prom = Is_prom + Vector_Is(k)
    Next k
    ' Determinación de los voltajes medidos con el uso de los transformadores de
    Tensión y de Corriente.
    VoltajePrim = Vp_prom / (Sqr(2) * 10) * AjusteVp
    VoltajeSec = Vs_prom / (Sqr(2) * 10) * AjusteVs
    CorrienteSec = Is_prom / (2 * Sqr(2) * 10) * AjusteIs
    Mostrar_Control
    SelecCarga
    AsigDataTabla

    'Se asignan los valores a los cuadros de salida de la interface.
    V_Entrada.Value = VoltajePrim
    V_Entrada3.Value = VoltajeSec
    V_Entrada4.Value = CorrienteSec
    Reset_Salidas
End Sub

Private Sub WritePort0()
    Select Case Var_Paso
        Case 1 To 4
            Entrada = 104
            ConexionTipo = "Monofásico"
            Tabla_Mono
        Case 5
            If Var_Paso_1 = 1 Then
                Entrada = 112
                ConexiónTipo = "Y d"
            ElseIf Var_Paso_1 = 2 Then
                Entrada = 168
                ConexiónTipo = "D y"
            ElseIf Var_Paso_1 = 3 Then
                Entrada = 104
                ConexiónTipo = "Y y"
            End If
        End Select
    End Sub

```

```

Elseif Var_Paso_1 = 4 Then
    Entrada = 176
    ConexionTipo = "D d"
End If
Tabla_TF
Case 6
    Entrada = 70
    ConexionTipo = "Y z5"
    Tabla_TF
Case 7
    If Var_Paso_1 = 5 Then
        Entrada = 141
        ConexionTipo = "D yy"
    Elseif Var_Paso_1 = 6 Then
        Entrada = 77
        ConexionTipo = "Y yy"
    End If
    Tabla_TF
Case 8 'Información para el paralelo
    Entrada = 32
    'Cargas_Paso = 16
    ConexionTipo = "Transformadores en Paralelo"
End Select
If Var_Paso = 8 Then
    'Conexión en Paralelo
    CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 40
Else
    'Conexiones diferentes
    Select Case Cargas_Paso
        Case 0
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 0
        Case 1
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 1      ' 600 Ohms
        Case 2
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 2      ' 300 Ohms
        Case 3
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 4      ' 150 Ohms
        Case 4
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 3      ' 200 Ohms
        Case 5
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 5      ' 120 Ohms
        Case 6
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 6      ' 100 Ohms
        Case 7
            CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 7      ' 85.714 Ohms
    End Select
End If

```

!*****

```

    CWDI01.Ports.Item(0).SingleWrite Entrada ' Se Establece la conexión
    Timer1.Enabled = True
    ConexionForm.Caption = " Conexión Tipo: " & ConexionTipo
    'Toma
End Sub

Private Sub Tabla_Mono() ' Carga los valores desde la tabla de datos (tabla.sfk)
    Data1.Recordset.MoveFirst
    Sn = Data1.Recordset.Fields("Sn") + 0
    Rp = Data1.Recordset.Fields("Rp") + 0
    Rs = Data1.Recordset.Fields("Rs") + 0
    P0 = Data1.Recordset.Fields("Po") + 0
    Vpcc = Data1.Recordset.Fields("Vpcc") + 0
    Ppcc = Data1.Recordset.Fields("Ppcc") + 0
    Ipcc = Data1.Recordset.Fields("Ipcc") + 0
End Sub

Private Sub Tabla_TF() ' Carga los valores desde la tabla de datos (tabla.sfk)
    Data1.Recordset.MoveLast
    Sn = Data1.Recordset.Fields("Sn") + 0
    Rp = Data1.Recordset.Fields("Rp") + 0
    Rs = Data1.Recordset.Fields("Rs") + 0
    P0 = Data1.Recordset.Fields("Po") + 0
    Vpcc = Data1.Recordset.Fields("Vpcc") + 0
    Ppcc = Data1.Recordset.Fields("Ppcc") + 0
    Ipcc = Data1.Recordset.Fields("Ipcc") + 0
    Data2.Recordset.FindFirst "Conexion = '" & ConexionTipo & "'"
    Desfase = Data2.Recordset.Fields("Ang")
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data2.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data3.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data1.RecordSource = "Tabla"
    Data2.RecordSource = "Desfase"
    Data3.RecordSource = "Ajuste"
    Data1.Refresh
    Data2.Refresh
    Data3.Refresh
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Me.Height = 1005
    Progre.Min = 0
    Progre.Max = 10

```

```

Timer2.Enabled = True
    distin = 0
End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(1).Picture
    Image3.Picture = ImageList1.ListImages(3).Picture
    Image4.Picture = ImageList1.ListImages(5).Picture
    Image5.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
    Image1.Picture = ImageList1.ListImages(9).Picture
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If Qsalir = 0 Then
        principal.Toolbar1.Buttons.Item(4).Enabled = True
    End If
    If distin = 0 Then
        Reset_Salidas
        Entrada = ""
        Cargas_Paso = 0
        Var_Paso = 0
        Var_Paso_1 = 0
        Teoria_Form.Show
        Unload Me
    Else
        Exit Sub
    End If
End Sub

Private Sub Image1_Click()
    If Var_Paso = 0 Then
        MsgBox "Debe escoger una práctica", vbOKOnly, "Atención"
        Exit Sub
    End If
    'Si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Guía. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        Select Case Var_Paso
        Case 1
            h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía1.chm",

```

```

HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 2
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía2.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 3
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía3.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 4
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía4.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 5
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía5.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 6
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía6.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 7
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía7.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 8
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía8.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    Case 9
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía9.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    End Select
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub

Private Sub Image1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image1.Picture = ImageList1.ListImages(10).Picture
    Label4.Caption = "Guía de la Práctica"
End Sub

Private Sub Image2_Click()
'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
'de diálogo Propiedades del proyecto
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
Else

```

```

    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda3.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub

Private Sub Image3_Click()
    Buscar_Temas.Show
    Buscar_Temas.SetFocus
    Unload Me
    principal.guía.Enabled = False
End Sub

Private Sub Image4_Click()
    Reset_Salidas
    Entrada = ""
    Cargas_Paso = 0
    Var_Paso = 0
    Var_Paso_1 = 0
    Experimento.Show
    distin = 1
    Unload Me
    principal.guía.Enabled = False
End Sub

Private Sub Image5_Click()
    distin = 1
    Qsalir = 1
    Cálculo.Show
    Unload Me
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Dim n As String
    If n <> CStr(Time) Then
        lex = Data1.Recordset.Fields("lexec") ' RV
        VPrim = Data1.Recordset.Fields("Vnp")
        If Entrada = 70 Then
            CWDIO1.Ports.Item(1).SingleWrite 3 ' Se energiza el
circuito
        ElseIf Entrada = 32 Then
            ' CWDIO1.Ports.Item(1).SingleWrite 2
        Else

```

```

                CWDIO1.Ports.Item(1).SingleWrite 3
            End If
            Toma
        End If
        Timer1.Enabled = False
    End Sub

Private Sub Mostrar_Control()
    Shape1.Visible = True
    'Etiquetas
    Label3.Caption = "DATOS DEL TRANSFORMADOR"
    Label1.Visible = True
    Label6.Visible = True
    Label7.Visible = True
    CargaTxt.Visible = True
    RpTxt.Visible = True
    RsTxt.Visible = True
    P0Txt.Visible = True
    VpccTxt.Visible = True
    PpccTxt.Visible = True
    IpccTxt.Visible = True

    ' Cuadros de texto (Salidas)
    V_Entrada.Visible = True
    V_Entrada3.Visible = True
    V_Entrada4.Visible = True
    CargaTx.Visible = True
    RpTx.Visible = True
    RsTx.Visible = True
    P0Tx.Visible = True
    VpccTx.Visible = True
    PpccTx.Visible = True
    IpccTx.Visible = True

    'Barra de progreso
    Progre.Visible = False
End Sub

Private Sub AsigDataTabla() 'Muestra en los cuadros de texto los parámetros
leídos de las tablas
    CargaTx.Text = Carga & " Ohms"
    RpTx.Text = Rp & " Ohms"
    RsTx.Text = Rs & " Ohms"
    P0Tx.Text = P0 & " W"
    VpccTx.Text = Vpcc & " V"
    PpccTx.Text = Ppcc & " W"

```

```

    IpccTx.Text = Ipcc & " A"
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
    Dim n As String
    If n <> CStr(Time) Then
        WritePort0

    End If
    Timer2.Enabled = False
End Sub

Public Sub Reset_Salidas()
    CWDIO1.Ports.Item(0).SingleWrite 0
    CWDIO1.Ports.Item(1).SingleWrite 0
    CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 0
End Sub

Private Sub Image2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(2).Picture
    Label4.Caption = "Ayuda"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image3.Picture = ImageList1.ListImages(4).Picture
    Label4.Caption = "Teoría"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image4.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
    Label4.Caption = "Atrás"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image5.Picture = ImageList1.ListImages(8).Picture
    Label4.Caption = "Test Evaluativo"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

```


1.4.2.4. Formulario “ConexionFTeo”

Esta formulario tiene la misma funcionabilidad que la ventana “ConexionForm” pero aquí no se interactua con el hardware si no que se consulta la base de datos de trabajo de la aplicación, de manera que sea posible la simulación del experimento.

Parámetros Teoricos de Operación del Experimento



Figura N° 1-40

El código asociado es:

```
Dim arranque As Boolean
Dim ConexionTipo As String

Private Sub Tabla_Mono() ' Carga los valores desde la tabla de datos (tabla.sfk)
    If Dtabla.Recordset.EOF = False Then
        Dtabla.Recordset.MoveFirst
    End If
    VoltajePrim = Dtabla.Recordset.Fields("Vnp")
    Sn = Dtabla.Recordset.Fields("Sn") + 0
    Rp = Dtabla.Recordset.Fields("Rp") + 0
    Rs = Dtabla.Recordset.Fields("Rs") + 0
```

```

P0 = Dtabla.Recordset.Fields("Po") + 0
Vpcc = Dtabla.Recordset.Fields("Vpcc") + 0
Ppcc = Dtabla.Recordset.Fields("Ppcc") + 0
Ippcc = Dtabla.Recordset.Fields("Ippcc") + 0
Iexc = Dtabla.Recordset.Fields("Iexec") + 0
VPrim = Dtabla.Recordset.Fields("Vnp") + 0
'Tabla Desfase
DDesfase.Recordset.FindFirst "Conexion = 'Y y'"
Desfase = DDesfase.Recordset.Fields("Ang")
VoltajeSec = DDesfase.Recordset.Fields("Vns")
CorrienteSec = Sn / VoltajeSec

```

End Sub

```

Private Sub Tabla_TF() ' Carga los valores desde la tabla de datos (tabla.sfk)

```

```

    If Dtabla.Recordset.BOF = False Then
        Dtabla.Recordset.MoveLast
    End If
    VoltajePrim = Dtabla.Recordset.Fields("Vnp")
    Sn = Dtabla.Recordset.Fields("Sn") + 0
    Rp = Dtabla.Recordset.Fields("Rp") + 0
    Rs = Dtabla.Recordset.Fields("Rs") + 0
    P0 = Dtabla.Recordset.Fields("Po") + 0
    Vpcc = Dtabla.Recordset.Fields("Vpcc") + 0
    Ppcc = Dtabla.Recordset.Fields("Ppcc") + 0
    Ippcc = Dtabla.Recordset.Fields("Ippcc") + 0
    Iexc = Dtabla.Recordset.Fields("Iexec")
    VPrim = Dtabla.Recordset.Fields("Vnp")
    DDesfase.Recordset.FindFirst "Conexion = "" & ConexionTipo & ""
    Desfase = DDesfase.Recordset.Fields("Ang")
    VoltajeSec = DDesfase.Recordset.Fields("Vns")
    CorrienteSec = Sn / VoltajeSec

```

End Sub

```

Private Sub Form_Activate()

```

```

    Dtabla.DatabaseName = App.Path & "\tabla.sfk"
    DDesfase.DatabaseName = App.Path & "\tabla.sfk"
    Dtabla.RecordSource = "Tabla"
    DDesfase.RecordSource = "Desfase"
    Dtabla.Refresh
    DDesfase.Refresh
    Select Case Var_Paso
        Case 1 To 4
            ConexiónTipo = "Monofásico"
            Tabla_Mono
        Case 5

```

```

    If Var_Paso_1 = 1 Then
        ConexiónTipo = "Y d"
    Elseif Var_Paso_1 = 2 Then
        ConexiónTipo = "D y"
    Elseif Var_Paso_1 = 3 Then
        ConexiónTipo = "Y y"
    Elseif Var_Paso_1 = 4 Then
        ConexiónTipo = "D d"

    End If
    Tabla_TF
Case 6
    ConexiónTipo = "Y z5"
    Tabla_TF
Case 7
    If Var_Paso_1 = 5 Then
        ConexiónTipo = "D yy"
    Elseif Var_Paso_1 = 6 Then
        ConexiónTipo = "Y yy"

    End If
    Tabla_TF
Case 8
    ConexiónTipo = "Monofásicos en paralelo"
    Tabla_Mono
End Select
    ConexionFTeo.Caption = " Conexión Tipo: " & ConexionTipo
' Lectura de los valores nominales desde la tabla.
Mostrar_Control
AsigDataTabla
End Sub

Private Sub Mostrar_Control()
    Shape1.Visible = True
    'Etiquetas
    Label1.Visible = True
    Label6.Visible = True
    Label7.Visible = True
    CargaTxt.Visible = True
    RpTxt.Visible = True
    RsTxt.Visible = True
    POTxt.Visible = True
    VpccTxt.Visible = True
    PpccTxt.Visible = True
    IpccTxt.Visible = True

    ' Cuadros de texto (Salidas)
    V_Entrada.Visible = True

```

```

V_Entrada3.Visible = True
V_Entrada4.Visible = True
CargaTx.Visible = True
RpTx.Visible = True
RsTx.Visible = True
P0Tx.Visible = True
VpccTx.Visible = True
PpccTx.Visible = True
IpccTx.Visible = True
End Sub

Private Sub AsigDataTabla() 'Muestra en los cuadros de texto los parametros
leidos de las tablas
    V_Entrada.Text = VoltajePrim & " V"
    V_Entrada3.Text = VoltajeSec & " V"
    V_Entrada4.Text = CorrienteSec & " A"
    CargaTx.Text = Carga & " Ohms"
    RpTx.Text = Rp & " Ohms"
    RsTx.Text = Rs & " Ohms"
    P0Tx.Text = P0 & " W"
    VpccTx.Text = Vpcc & " V"
    PpccTx.Text = Ppcc & " W"
    IpccTx.Text = Ipcc & " A"
End Sub

Private Sub Form_Load()
    SelecCarga
End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(1).Picture
    Image3.Picture = ImageList1.ListImages(3).Picture
    Image4.Picture = ImageList1.ListImages(5).Picture
    Image5.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
    Image1.Picture = ImageList1.ListImages(9).Picture
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    If Qsalir = 0 Then
        principal.Toolbar1.Buttons.Item(4).Enabled = True
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Image1_Click()
    If Var_Paso = 0 Then
        MsgBox "Debe escoger una práctica", vbOKOnly, "Atención"
        Exit Sub
    End If
    'Si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Guía. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        Select Case Var_Paso
            Case 1
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía1.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 2
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía2.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 3
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía3.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 4
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía4.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 5
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía5.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 6
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía6.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 7
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía7.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 8
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía8.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 9
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guías\Guía9.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        End Select
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If

```

```

End If
End Sub

Private Sub Image1_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image1.Picture = ImageList1.ListImages(10).Picture
    Label4.Caption = "Guía de la Práctica"
End Sub

Private Sub Image2_Click()
'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
'de diálogo Propiedades del proyecto
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda3.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub

Private Sub Image3_Click()
    Buscar_Temas.Show
    Buscar_Temas.SetFocus
    Unload Me
End Sub

Private Sub Image4_Click() 'Permite escoger otra práctica
    Entrada = ""
    Cargas_Paso = 0
    Var_Paso = 0
    Var_Paso_1 = 0
    Experimento.Show
    Unload Me
End Sub

Private Sub Image5_Click() 'Activa la formulario de evaluación
    Qsalir = 1
    VoltajePrim = Val(V_Entrada.Text)
    VoltajeSec = Val(V_Entrada3.Text)
    CorrienteSec = Val(V_Entrada4.Text)

```

```

    Cálculo.Show 'Carga la formulario de los cálculos
    Unload Me 'Descarga la presente ventana
End Sub

Private Sub Image2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(2).Picture
    Label4.Caption = "Ayuda"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image3.Picture = ImageList1.ListImages(4).Picture
    Label4.Caption = "Teoría"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image4.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
    Label4.Caption = "Atrás"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image5.Picture = ImageList1.ListImages(8).Picture
    Label4.Caption = "Test Evaluativo"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

```

1.4.2.5. Formulario “*Desplmagen*”

Formulario de despliegue de imágenes y sus comentarios, esta ventana constituye un complemento a la ventana de soporte teórico (*Busqueda_temas*). Mediante controles data se accede a la base de datos tabla.skf.

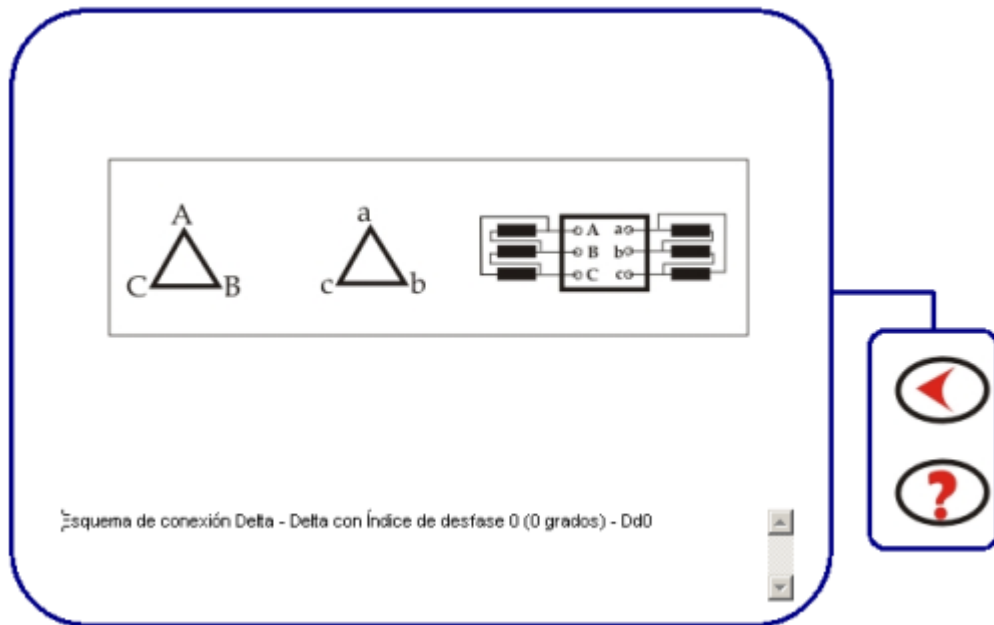


Figura N° 1-41

El código asociado a esta formulario es:

```

Private Sub Form_Activate()

    Data1.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data1.RecordSource = "Temas_Teoria"
    Data1.Refresh

    Data1.Recordset.FindFirst "Tema = " & Temario & ""

    If FileExists(App.Path & "\" & Data1.Recordset.Fields(PIimagen)) = True Then

        Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\" &
Data1.Recordset.Fields(PIimagen))
        Text1.Text = Data1.Recordset.Fields(CImagen) & ""
        Image1.Left = Text1.Left + (Text1.Width - Image1.Width) / 2
        Image1.Top = (Text1.Top - Image1.Height) / 2
        'Text1.Top = Image1.Height + Image1.Top + 200
        'Text1.Width = Image1.Width
        Me.Show
    Else
        MsgBox "La ubicación del archivo de imagen no es válido. Instale de nuevo la
aplicación o consulte el soporte técnico.", vbOKOnly, "Atención"
        Unload Me
    End If
End Sub

```



```

Private Sub Form_Load()
    Me.Caption = "Imagen"
    V2 = 1
End Sub

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
    Image7.Picture = ImageList1.ListImages(1).Picture
    Image8.Picture = ImageList1.ListImages(3).Picture
End Sub

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)
    V2 = 0
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    'Text1.Top = Image1.Height + Image1.Top + 200
    'Text1.Width = Image1.Width
End Sub

Private Sub Image7_Click()
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda4.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Image7_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image7.Picture = ImageList1.ListImages(2).Picture
End Sub

Private Sub Image8_Click()
    Unload Me

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Image8_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,  
Y As Single)
```

```
    Image8.Picture = ImageList1.ListImages(4).Picture
```

```
End Sub
```

1.4.2.6.. "Formulario Experimento"

Este formulario permite seleccionar las diferentes practicas a realizar, así como, la configuración de las conexiones a implementar con el hardware, es decir, si se requiere una conexión Yd con una carga de 600 Ohmios.

En la parte superior del formulario se encuentra un control que despliega el listado de prácticas a desarrollar (Control Activex DBCombo)

Este formulario consta de un control imagen que muestra las conexiones así como las listas de cargas y el tipo de conexión a implementar en la práctica.

Este formulario contiene un panel de control en el lado izquierdo que permite acceder a la ayuda, consultar el soporte teórico, cargar las guías de la práctica , establecer una práctica simulada o una experimental.

Práctica de Laboratorio

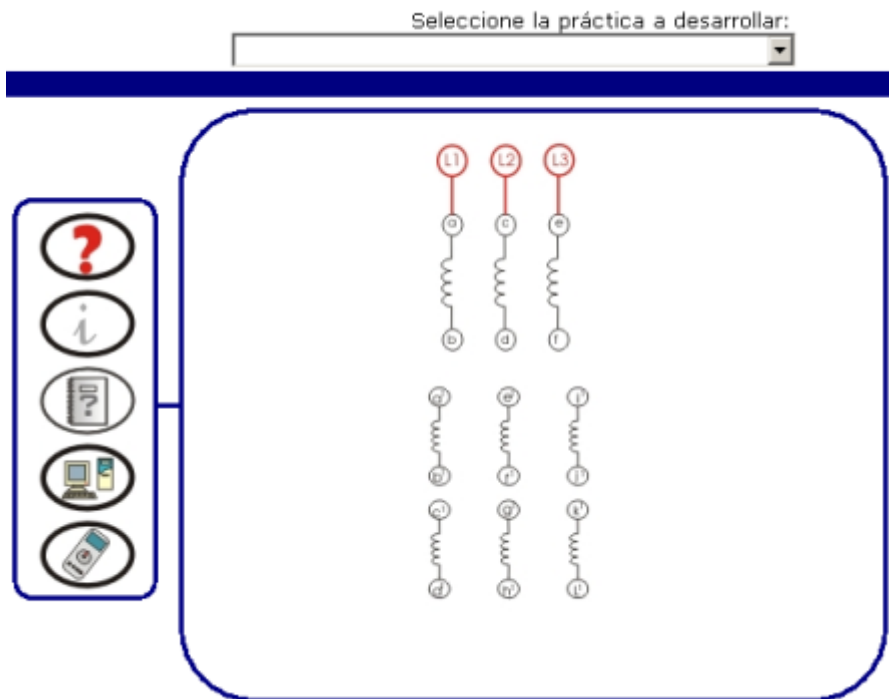


Figura N° 1-42

El código asociado es:

```
Dim clicNum As Integer
Dim EstadoCarga As Integer 'Variable usada para monitorear el refresco de las
imágenes asignadas a las cargas
Dim EstaCone As Integer 'Variable usada para monitorear el refresco de las
imágenes asignadas a las conexiones
Dim Klo As Integer
```

```

Private Sub Cancelar_Click()
    Var_Paso = 0
    If clicNum = 1 Then
        conexion.Enabled = True
        conexion.Text = ""
        Command1.Enabled = False
        Cargas.Visible = False
        Conectar.Visible = False
        Label2.Visible = False
        Label3.Visible = False
        clicNum = 2
    Else: clicNum = 2
        Unload Me
        Teoria_Form.Show
    End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda.chm", HH_DISPLAY_TOPIC,
0&)
End Sub

Private Sub Command11_Click()
    ConexionForm.Show
End Sub

Private Sub Conectar_Click()
    If Var_Paso = 5 Then
        Select Case Conectar.Text
            Case "Y d"
                Var_Paso_1 = 1
            Case "D y"
                Var_Paso_1 = 2
            Case "Y y"
                Var_Paso_1 = 3
            Case "D d"
                Var_Paso_1 = 4
        End Select
    ElseIf Var_Paso = 7 Then
        Select Case Conectar.Text
            Case "D yy"
                Var_Paso_1 = 5
            Case "Y yy"

```

```

                Var_Paso_1 = 6
            End Select

        End If
    End Sub

Private Sub conexión_Click()
    If conexión.Text = "" Then
        principal.guia.Enabled = False
        Exit Sub
    End If
    Carg_Cone_InVisible
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\NC.jpg")
    Label8.Caption = ""
    EstaCone = 0
    EstadoCarga = 0
    Image4.Visible = True
    Select Case conexion.Text
        Case "Efectos Resistivos En Los Transformadores"
            Var_Paso = 1
            Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\mono.jpg") 'Carga la
imagen esquemática de la conexión
        Case "Estudio De Pérdidas En El Núcleo De Los Transformadores"
            Var_Paso = 2
            Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\mono.jpg") 'Carga la
imagen esquemática de la conexión
        Case "Desarrollo Del Modelo Equivalente Del Transformador"
            Var_Paso = 3
            Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\mono.jpg") 'Carga la
imagen esquemática de la conexión
            CargasVisible
        Case "Transformador Monofásico Bajo Carga"
            Var_Paso = 4
            CargasVisible
            Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\mono.jpg") 'Carga la
imagen esquemática de la conexión
        Case "Tranformador Trifásico En Conexión Estrella y Delta Bajo Carga "
            Var_Paso = 5
            CargasVisible
            'Se establecen las cargas a seleccionar para esta práctica
            Label7.Visible = True 'Activa el label de las conexiones
            Image13.Visible = True
            Image14.Visible = True
            Image15.Visible = True
            Image16.Visible = True
        Case "Comportamiento Del Tranformador Trifásico En Conexión Yz5"

```

```

    Var_Paso = 6
    CargasVisible
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\\ImgWork\YZ5.jpg") 'Carga la
imagen esquematica de la conexión
    Case "Comportamiento Del Tranformador Trifásico En Conexión: D-YY y Y-YY"
    Var_Paso = 7
    CargasVisible
    'Se establecen las cargas a seleccionar para esta práctica
    Label7.Visible = True    'Activa el label de las conexiones
    Image17.Visible = True
    Image18.Visible = True
    Case "Transformador Monofásico En Paralelo Con Cargas Resistivas"
    Var_Paso = 8
    'Image4.Visible = False
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\\ImgWork\para.jpg") 'Carga la
imagen esquemática de la conexión
    CargasVisible
    Case "Análisis del transitorio"
    Var_Paso = 9
    Image4.Visible = False
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\\ImgWork\mono.jpg") 'Carga la
imagen esquemática de la conexión
    Label8.Caption = "600 Ohms"
End Select
principal.guía.Enabled = True
clicNum = 1
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
    !***** Carga las Prácticas en el combo *****
    conexion.AddItem "Efectos Resistivos En Los Transformadores"
    conexion.AddItem "Estudio De Pérdidas En El Núcleo De Los Transformadores"
    conexión.AddItem "Desarrollo Del Modelo Equivalente Del Transformador"
    conexión.AddItem "Transformador Monofásico Bajo Carga"
    conexión.AddItem "Tranformador Trifásico En Conexión Estrella y Delta Bajo
Carga "
    conexión.AddItem "Comportamiento Del Tranformador Trifásico En Conexión
Yz5"
    conexión.AddItem "Comportamiento Del Tranformador Trifásico En Conexión:
D-YY y Y-YY"
    conexión.AddItem "Transformador Monofásico En Paralelo Con Cargas
resistivas"
    conexión.AddItem "Análisis del transitorio"

    !*****

    clicNum = 1

```

```
EstadoCarga = 0
EstaCone = 0
VeriSeg = False
principal.Toolbar1.Buttons.Item(4).Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)
```

```
!***** Carga las imágenes del Panel de control Inferior
*****
```

```
Image2.Picture = ImageList1.ListImages(1).Picture
Image3.Picture = ImageList1.ListImages(3).Picture
Image4.Picture = ImageList1.ListImages(5).Picture
Image5.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
Image20.Picture = ImageList1.ListImages(9).Picture
```

```
!***** Se Cargan las conexiones *****
```

```
Select Case EstaCone
```

```
Case 0
```

```
Image14.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
Image15.Picture = ImageList2.ListImages(4).Picture
Image16.Picture = ImageList2.ListImages(7).Picture
Image13.Picture = ImageList2.ListImages(10).Picture
Image17.Picture = ImageList2.ListImages(13).Picture
Image18.Picture = ImageList2.ListImages(16).Picture
```

```
Case 1
```

```
Image15.Picture = ImageList2.ListImages(4).Picture
Image16.Picture = ImageList2.ListImages(7).Picture
Image13.Picture = ImageList2.ListImages(10).Picture
Image17.Picture = ImageList2.ListImages(13).Picture
Image18.Picture = ImageList2.ListImages(16).Picture
```

```
Case 2
```

```
Image14.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
Image16.Picture = ImageList2.ListImages(7).Picture
Image13.Picture = ImageList2.ListImages(10).Picture
Image17.Picture = ImageList2.ListImages(13).Picture
Image18.Picture = ImageList2.ListImages(16).Picture
```

```
Case 3
```

```
Image14.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
Image15.Picture = ImageList2.ListImages(4).Picture
Image13.Picture = ImageList2.ListImages(10).Picture
Image17.Picture = ImageList2.ListImages(13).Picture
Image18.Picture = ImageList2.ListImages(16).Picture
```

```
Case 4
```

```
Image14.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
Image15.Picture = ImageList2.ListImages(4).Picture
```

Image16.Picture = ImageList2.ListImages(7).Picture
Image17.Picture = ImageList2.ListImages(13).Picture
Image18.Picture = ImageList2.ListImages(16).Picture

Case 5

Image14.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
Image15.Picture = ImageList2.ListImages(4).Picture
Image16.Picture = ImageList2.ListImages(7).Picture
Image13.Picture = ImageList2.ListImages(10).Picture
Image18.Picture = ImageList2.ListImages(16).Picture

Case 6

Image14.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
Image15.Picture = ImageList2.ListImages(4).Picture
Image16.Picture = ImageList2.ListImages(7).Picture
Image13.Picture = ImageList2.ListImages(10).Picture
Image17.Picture = ImageList2.ListImages(13).Picture

End Select

!*****Se cargan las cargas *****

Select Case EstadoCarga

Case 0

Image6.Picture = ImageList3.ListImages(1).Picture
Image7.Picture = ImageList3.ListImages(4).Picture
Image8.Picture = ImageList3.ListImages(7).Picture
Image9.Picture = ImageList3.ListImages(10).Picture
Image10.Picture = ImageList3.ListImages(13).Picture
Image11.Picture = ImageList3.ListImages(16).Picture
Image12.Picture = ImageList3.ListImages(19).Picture
Image19.Picture = ImageList3.ListImages(22).Picture

Case 1

Image6.Picture = ImageList3.ListImages(1).Picture
Image7.Picture = ImageList3.ListImages(4).Picture
Image8.Picture = ImageList3.ListImages(7).Picture
Image9.Picture = ImageList3.ListImages(10).Picture
Image10.Picture = ImageList3.ListImages(13).Picture
Image11.Picture = ImageList3.ListImages(16).Picture
Image12.Picture = ImageList3.ListImages(19).Picture

Case 2

Image7.Picture = ImageList3.ListImages(4).Picture
Image8.Picture = ImageList3.ListImages(7).Picture
Image9.Picture = ImageList3.ListImages(10).Picture
Image10.Picture = ImageList3.ListImages(13).Picture
Image11.Picture = ImageList3.ListImages(16).Picture
Image12.Picture = ImageList3.ListImages(19).Picture
Image19.Picture = ImageList3.ListImages(22).Picture

Case 3

Image6.Picture = ImageList3.ListImages(1).Picture


```

End Select

Label4.Caption = ""
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
principal.labs.Checked = False
If Qsalir = 0 Then
principal.Toolbar1.Buttons.Item(4).Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub Image10_Click()
EstadoCarga = 6
Label8.Caption = "200 Ohms"
Cargas_Paso = 3
resetImgCarga
Image10.Picture = ImageList3.ListImages(15).Picture
End Sub

Private Sub Image10_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
If EstadoCarga = 6 Then
'reproducir sonido de alerta
Else
Image10.Picture = ImageList3.ListImages(14).Picture
End If
End Sub

Private Sub Image11_Click()
EstadoCarga = 7
Label8.Caption = "300 Ohms"
Cargas_Paso = 2
resetImgCarga
Image11.Picture = ImageList3.ListImages(18).Picture
End Sub

Private Sub Image11_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
If EstadoCarga = 7 Then
'reproducir sonido de alerta
Else
Image11.Picture = ImageList3.ListImages(17).Picture
End If

End Sub

```

```

Private Sub Image12_Click()
    EstadoCarga = 8
    Label8.Caption = "600 Ohms"
    Cargas_Paso = 1
    resetImgCarga
    Image12.Picture = ImageList3.ListImages(21).Picture
End Sub

Private Sub Image12_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstadoCarga = 8 Then
        'reproducir sonido de alerta
    Else
        Image12.Picture = ImageList3.ListImages(20).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image13_Click()
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\DD.jpg")
    EstaCone = 4
    Image13.Picture = ImageList2.ListImages(12).Picture
    Var_Paso_1 = 4
End Sub

Private Sub Image13_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstaCone <> 4 Then
        Image13.Picture = ImageList2.ListImages(11).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image14_Click()
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\YD.jpg") 'Carga la imagen
esquemática de la conexión
    EstaCone = 1
    Image14.Picture = ImageList2.ListImages(3).Picture
    Var_Paso_1 = 1
End Sub

Private Sub Image14_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstaCone <> 1 Then
        Image14.Picture = ImageList2.ListImages(2).Picture
    End If
End Sub

```

```

End If
End Sub

Private Sub Image15_Click()
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\DY.jpg")
    EstaCone = 2
    Image15.Picture = ImageList2.ListImages(6).Picture
    Var_Paso_1 = 2
End Sub

Private Sub Image15_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstaCone <> 2 Then
        Image15.Picture = ImageList2.ListImages(5).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image16_Click()
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\YY.jpg")
    EstaCone = 3
    Image16.Picture = ImageList2.ListImages(9).Picture
    Var_Paso_1 = 3
End Sub

Private Sub Image16_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstaCone <> 3 Then
        Image16.Picture = ImageList2.ListImages(8).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image17_Click()
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\DYY.jpg")
    EstaCone = 5
    Image17.Picture = ImageList2.ListImages(15).Picture
    Var_Paso_1 = 5
End Sub

Private Sub Image17_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstaCone <> 1 Then
        Image17.Picture = ImageList2.ListImages(14).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image18_Click()

```

```

Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\ImgWork\YYY.jpg")
EstaCone = 6
Image18.Picture = ImageList2.ListImages(18).Picture
Var_Paso_1 = 6
End Sub

Private Sub Image18_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstaCone <> 1 Then
        Image18.Picture = ImageList2.ListImages(17).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image19_Click()
    EstadoCarga = 1
    Label8.Caption = "0 Ohms"
    Cargas_Paso = 0
    resetImgCarga
    Image19.Picture = ImageList3.ListImages(24).Picture
End Sub

Private Sub Image19_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstadoCarga = 1 Then
        'reproducir sonido de alerta
    Else
        Image19.Picture = ImageList3.ListImages(23).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image2_Click()
    'Si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda5.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

```

```
Private Sub Image2_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    Image2.Picture = ImageList1.ListImages(2).Picture
    Label4.Caption = " Ayuda"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub
```

```
Private Sub Image20_Click()
    If Var_Paso = 0 Then
        MsgBox "Debe escoger una práctica", vbOKOnly, "Atención"
        Exit Sub
    End If
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Guía. No se puede encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        Select Case Var_Paso
            Case 1
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia1.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 2
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia2.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 3
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia3.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 4
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia4.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 5
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia5.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 6
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia6.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 7
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia7.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            Case 8
                h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia8.chm", HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        End Select
    End If
End Sub
```

```

    Case 9
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia9.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        End Select
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Image20_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image20.Picture = ImageList1.ListImages(10).Picture
    Label4.Caption = "Guía de la Práctica"
End Sub

Private Sub Image3_Click()
    Buscar_Temas.Show
    Buscar_Temas.SetFocus
    Unload Me
    principal.guia.Enabled = False
End Sub

Private Sub Image3_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image3.Picture = ImageList1.ListImages(4).Picture
    Label4.Caption = "Soporte Teorico"
    Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image4_Click()
    Qsalir = 1
    If conexion.Text = "" Then
        MsgBox "Debe escoger una práctica a desarrollar", vbExclamation,
"Atención!!"
        Exit Sub
    End If

    PracSimulada
    Unload Me
End Sub

Private Sub Image4_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    Image4.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
    Label4.Caption = "Simulación"

```

```

Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image5_Click()
    Qsalir = 1
    If conexion.Text = "" Then
        MsgBox "Debe escoger una práctica a desarrollar", vbExclamation,
"ATENCIÓN!!"
        Exit Sub
    End If

    Reset_Salidas      'Se resetean las salidas de los transformadores
    If Klo = 1 Then    'Desea hacer la práctica simulada
        PracSimulada
    ElseIf Klo > 1 Then 'No desea hacer la práctica simulada
        Exit Sub
    Else              'No hay problemas con el hardware
        If Var_Paso <> 9 Then
            If Var_Paso = 5 Or Var_Paso = 7 Then
                If EstaCone = 0 Then
                    MsgBox "Debe escoger una conexión para la
práctica", vbExclamation, "ATENCIÓN!!"
                    Exit Sub
                End If
            End If
            If EstadoCarga = 0 Then
                Cargas_Paso = 0
                CargaAsig = MsgBox("Carga asignada Cero (0)", vbYesNo, "
ATENCIÓN!!")
                If CargaAsig = vbNo Then
                    Exit Sub
                End If
            End If
            TeoExp = 2
            ConexionForm.Show
        Else
            Transitorio.Show
        End If
    End If
    Klo = 0
    Unload Me
End Sub

Private Sub Image5_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)

```



```

Image5.Picture = ImageList1.ListImages(8).Picture
Label4.Caption = "Experimental"
Label4.Left = Shape1.Left + (Shape1.Width - Label4.Width) / 2
End Sub

Private Sub Image6_Click()
    EstadoCarga = 2
    Label8.Caption = "85.714 Ohms"
    Cargas_Paso = 7
    resetImgCarga
    Image6.Picture = ImageList3.ListImages(3).Picture
End Sub

Private Sub Image6_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstadoCarga = 2 Then
        'reproducir sonido de alerta
    Else
        Image6.Picture = ImageList3.ListImages(2).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image7_Click()
    EstadoCarga = 3
    Label8.Caption = "100 Ohms"
    Cargas_Paso = 6
    resetImgCarga
    Image7.Picture = ImageList3.ListImages(6).Picture
End Sub

Private Sub Image7_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstadoCarga = 3 Then
        'reproducir sonido de alerta
    Else
        Image7.Picture = ImageList3.ListImages(5).Picture
    End If
End Sub

Private Sub Image8_Click()
    EstadoCarga = 4
    Label8.Caption = "120 Ohms"
    Cargas_Paso = 5
    resetImgCarga
    Image8.Picture = ImageList3.ListImages(9).Picture
End Sub

```

```
Private Sub Image8_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstadoCarga = 4 Then
        'reproducir sonido de alerta
    Else
        Image8.Picture = ImageList3.ListImages(8).Picture
    End If
End Sub
```

```
Private Sub Image9_Click()
    EstadoCarga = 5
    Label8.Caption = "150 Ohms"
    Cargas_Paso = 4
    resetImgCarga
    Image9.Picture = ImageList3.ListImages(12).Picture
End Sub
```

```
Private Sub Image9_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
    If EstadoCarga = 5 Then
        Beep
        'reproducir sonido de alerta
    Else
        Image9.Picture = ImageList3.ListImages(11).Picture
    End If
End Sub
```

```
Private Sub CargasVisible()
    'Se muestran las imágenes de las cargas
    Image6.Visible = True
    Image7.Visible = True
    Image8.Visible = True
    Image9.Visible = True
    Image10.Visible = True
    Image11.Visible = True
    Image12.Visible = True
    Image19.Visible = True
    Label6.Visible = True
End Sub
```

```
Private Sub Carg_Cone_InVisible()
    'Se ocultan las imágenes de las conexiones y de las cargas
    Image6.Visible = False
    Image7.Visible = False
```

```
Image8.Visible = False
Image9.Visible = False
Image10.Visible = False
Image11.Visible = False
Image12.Visible = False
Image19.Visible = False
Image13.Visible = False
Image14.Visible = False
Image15.Visible = False
Image16.Visible = False
Image17.Visible = False
Image18.Visible = False
'Se ocultan las etiquetas tanto de las conexiones como de las cargas
Label7.Visible = False
Label6.Visible = False
End Sub
```

```
Private Sub Reset_Salidas()
    On Error GoTo ComprobarControlesNational
    CWDIO1.Ports.Item(0).SingleWrite 0
    CWDIO1.Ports.Item(1).SingleWrite 0
    CWDIO1.Ports.Item(2).SingleWrite 0
Exit Sub
```

```
ComprobarControlesNational:
    MsgBox "Usted no tiene instalado el hardware necesario para adelantar las
prácticas experimentales.", vbOKOnly, "Atención!"
    If Var_Paso <> 9 Then
        KI = MsgBox("Desea realizar la práctica en modalidad simulada",
vbYesNo, "Propuesta")
        If KI = vbYes Then
            Klo = 1
        Else
            Klo = 2
        End If
    Else
        Klo = 3
    End If
End Sub
```

```
Private Sub VerificaCarga()
    If Conectar.Visible = True Then
        If Conectar.Text = "" Then
            MsgBox "Debe escoger una conexión para la
práctica", vbExclamation, "Atención!!"
        End If
    End If
```

```

Else
  If Cargas.Text = "" Then
    Cargas_Paso = 0
    MsgBox "Carga asignada Cero (0)", vbOKOnly, " Atención!!"
  End If

End If
End Sub

Private Sub resetImgCarga()
  Image6.Picture = ImageList3.ListImages(1).Picture
  Image7.Picture = ImageList3.ListImages(4).Picture
  Image8.Picture = ImageList3.ListImages(7).Picture
  Image9.Picture = ImageList3.ListImages(10).Picture
  Image10.Picture = ImageList3.ListImages(13).Picture
  Image11.Picture = ImageList3.ListImages(16).Picture
  Image12.Picture = ImageList3.ListImages(19).Picture
  Image19.Picture = ImageList3.ListImages(22).Picture
End Sub

Private Sub VeriSeguir()
  If Var_Paso = 5 Or Var_Paso = 7 Then
    If EstaCone = 0 Then
      MsgBox "Debe escoger una conexión para la
práctica", vbExclamation, "Atención!!"
      VeriSeg = True
    End If
  End If

Else
  If EstadoCarga = 0 Then
    Cargas_Paso = 0
    MsgBox "Carga asignada Cero (0)", vbOKOnly, " Atención!!"
  End If

End If
End Sub

Private Sub PracSimulada()
  If Var_Paso = 5 Or Var_Paso = 7 Then
    If EstaCone = 0 Then
      MsgBox "Debe escoger una conexión para la
práctica", vbExclamation, "Atención!!"
      Exit Sub
    End If
  End If

  If EstadoCarga = 0 Then
    Cargas_Paso = 0
  End If

```

```
Atención!!")
    CargaAsig = MsgBox("Carga asignada Cero (0)", vbYesNo, "
    If CargaAsig = vbNo Then
        Exit Sub
    End If
End If
TeoExp = 1 'Experiencia simulada
ConexionFTeo.Show
End Sub
```

1-4-2-7- Formulario “*FormPropiedades*”

Esta formulario permite configurar el hardware de manera que el software lea la información capturada desde el hardware de forma correcta, además aquí es posible configurar algunos parámetros de los experimentos así como de la evaluación de usuarios. Esta ventana esta conformada por tres subventanas a las cuales se puede acceder mediante etiquetas descriptivas en la parte superior.

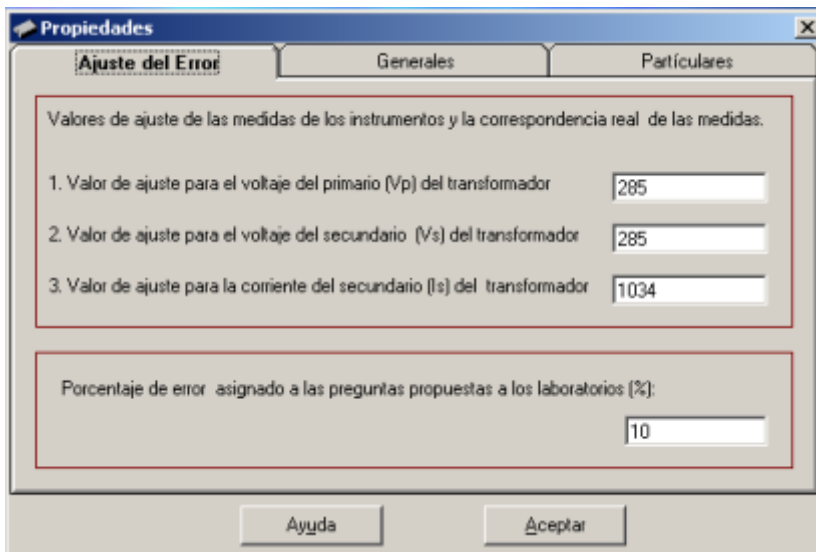


Figura N° 1-43

El código asociado es:

```
Private Sub Command1_Click()  
    'Si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario  
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro  
    'de diálogo Propiedades del proyecto  
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then  
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede  
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption  
    Else  
        On Error Resume Next  
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda6.chm",  
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)  
        If Err Then  
            MsgBox Err.Description  
        End If  
    End If  
End Sub  
  
Private Sub Command2_Click()  
    Unload Me  
End Sub  
  
Private Sub Command3_Click()  
    If Command3.Caption = ">Trifásico" Then  
        Data3.Recordset.MoveLast  
        Command3.Caption = "Monofásico<"  
    ElseIf Command3.Caption = "Monofásico<" Then  
        Data3.Recordset.MoveFirst  
        Command3.Caption = ">Trifásico"  
    End If  
End Sub  
  
Private Sub Data3_Reposition()  
    If Data3.Recordset.Fields("Gexp") = "A" Then  
        Label16.Caption = "Transformador Monofásico"  
        Label15.Visible = True  
        Text13.Visible = True  
    ElseIf Data3.Recordset.Fields("Gexp") = "B" Then  
        Label16.Caption = "Transformador Trifásico"  
        Label15.Visible = False  
        Text13.Visible = False  
    End If  
End Sub
```

```

Private Sub Form_Activate()
    If DisVar_1 = 0 Then
        Data1.DatabaseName = App.Path & "\Tabla.skf"
        Data2.DatabaseName = App.Path & "\Tabla.skf"
        Data3.DatabaseName = App.Path & "\Tabla.skf"
        Data4.DatabaseName = App.Path & "\Tabla.skf"
        Data1.RecordSource = "Ajuste"
        Data2.RecordSource = "Merror"
        Data3.RecordSource = "Tabla"
        Data4.RecordSource = "Desfase"
        Data1.Refresh
        Data2.Refresh
        Data3.Refresh
        Data4.Refresh
        DisVar_1 = 1
    Else
        Exit Sub
    End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
    DisVar_1 = 0
End Sub

```

1.4.2.8. Formulario “*FrmAcerca*”

El formulario *Acerca de LACTE*, permite mostrar los créditos de la aplicación. Desde esta ventana es posible desplegar un archivo de ayuda con la información de créditos de los desarrolladores.

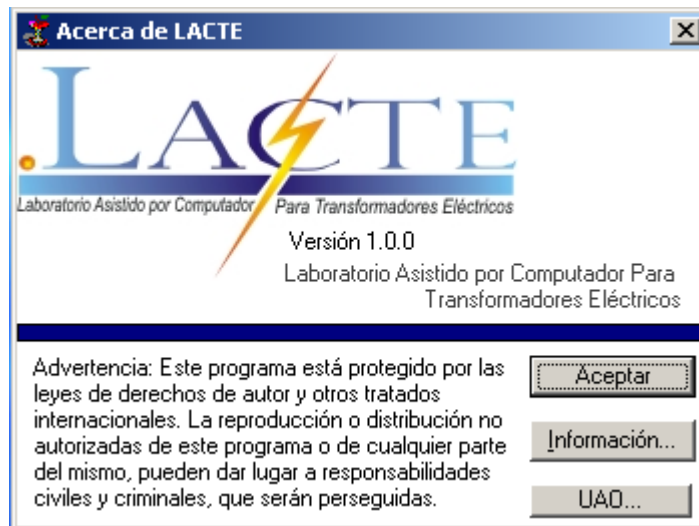


Figura N° 1-44

El código asociado es:

```
'Option Explicit

' Opciones de seguridad de claves del Registro...
Const READ_CONTROL = &H20000
Const KEY_QUERY_VALUE = &H1
Const KEY_SET_VALUE = &H2
Const KEY_CREATE_SUB_KEY = &H4
Const KEY_ENUMERATE_SUB_KEYS = &H8
Const KEY_NOTIFY = &H10
Const KEY_CREATE_LINK = &H20
Const KEY_ALL_ACCESS = KEY_QUERY_VALUE + KEY_SET_VALUE + _
    KEY_CREATE_SUB_KEY + KEY_ENUMERATE_SUB_KEYS + _
    KEY_NOTIFY + KEY_CREATE_LINK + READ_CONTROL

' Tipos principales de claves del Registro...
Const HKEY_LOCAL_MACHINE = &H80000002
Const ERROR_SUCCESS = 0
Const REG_SZ = 1          ' Cadena única terminada en Null
Const REG_DWORD = 4      ' Número de 32 bits

Const gREGKEYSYSINFOLOC = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools Location"
Const gREGVALSYSINFOLOC = "MSINFO"
Const gREGKEYSYSINFO = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools\MSINFO"
Const gREGVALSYSINFO = "PATH"

Private Declare Function RegOpenKeyEx Lib "advapi32" Alias "RegOpenKeyExA"
    (ByVal hKey As Long, ByVal lpSubKey As String, ByVal ulOptions As Long, ByVal
```



```

samDesired As Long, ByRef phkResult As Long) As Long
Private Declare Function RegQueryValueEx Lib "advapi32" Alias
"RegQueryValueExA" (ByVal hKey As Long, ByVal lpValueName As String, ByVal
lpReserved As Long, ByRef lpType As Long, ByVal lpData As String, ByRef
lpcbData As Long) As Long
Private Declare Function RegCloseKey Lib "advapi32" (ByVal hKey As Long) As
Long

Private Sub cmdSysInfo_Click()
    Call StartSysInfo
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
    'Si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\creditos.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Me.Caption = "Acerca de " & App.Title
    lblVersion.Caption = "Versión " & App.Major & "." & App.Minor & "." &
App.Revision
End Sub

Public Sub StartSysInfo()
    On Error GoTo SysInfoErr

    Dim rc As Long
    Dim SysInfoPath As String

```

```

' Prueba a obtener del Registro la información del sistema sobre el nombre y la
ruta del programa...
If GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFO,
gREGVALSYSINFO, SysInfoPath) Then
' Prueba a obtener del Registro la información del sistema sobre la ruta del
programa...
Elseif GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFOLOC,
gREGVALSYSINFOLOC, SysInfoPath) Then
' Comprueba la existencia de una versión conocida de un archivo de 32 bits
If (Dir(SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE") <> "") Then
SysInfoPath = SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE"

' Error - Imposible encontrar el archivo...
Else
GoTo SysInfoErr
End If
' Error - Imposible encontrar la entrada de Registro...
Else
GoTo SysInfoErr
End If

Call Shell(SysInfoPath, vbNormalFocus)

Exit Sub
SysInfoErr:
MsgBox "System Information Is Unavailable At This Time", vbOKOnly
End Sub

Public Function GetKeyValue(KeyRoot As Long, KeyName As String, SubKeyRef
As String, ByRef KeyVal As String) As Boolean
Dim i As Long ' Contador de bucle
Dim rc As Long ' Código de retorno
Dim hKey As Long ' Controlador a una clave de
Registro abierta
Dim hDepth As Long '
Dim KeyValType As Long ' Tipo de dato de una clave de
Registro
Dim tmpVal As String ' Almacén temporal de una valor de
clave de Registro
Dim KeyValSize As Long ' Tamaño de la variable de la
clave de Registro
'-----
' Abre la clave de Registro en la raíz {HKEY_LOCAL_MACHINE...}
'-----
rc = RegOpenKeyEx(KeyRoot, KeyName, 0, KEY_ALL_ACCESS, hKey) ' Abre

```

la clave de Registro

```
If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError      ' Trata el error...

tmpVal = String$(1024, 0)                          ' Asigna espacio para la variable
KeyValSize = 1024                                  ' Marca el tamaño de la variable

'-----
' Recupera valores de claves de Registro...
'-----
rc = RegQueryValueEx(hKey, SubKeyRef, 0, _
                    KeyValType, tmpVal, KeyValSize) ' Obtiene o crea un valor de
clave

If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError      ' Trata el error

If (Asc(Mid(tmpVal, KeyValSize, 1)) = 0) Then      ' Win95 Agrega una cadena
terminada en Null...
    tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize - 1)          ' Se encontró Null, se extrae
de la cadena
Else                                               ' WinNT No tiene una cadena terminada en
Null...
    tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize)              ' No se encontró Null, sólo se
extrae la cadena
End If

'-----
' Determina el tipo de valor de la clave para conversión...
'-----
Select Case KeyValType                            ' Busca tipos de datos...
Case REG_SZ                                       ' Tipo de dato de la cadena de la
clave de Registro
    KeyVal = tmpVal                               ' Copia el valor de la cadena
Case REG_DWORD                                    ' El tipo de dato de la cadena de
la clave es Double Word
    For i = Len(tmpVal) To 1 Step -1              ' Convierte cada byte
        KeyVal = KeyVal + Hex(Asc(Mid(tmpVal, i, 1))) ' Genera el valor carácter
a carácter
    Next
    KeyVal = Format$("&h" + KeyVal)                  ' Convierte Double Word a
String
End Select

GetKeyValue = True                                ' Vuelve con éxito
rc = RegCloseKey(hKey)                            ' Cierra la clave de Registro
Exit Function                                       ' Salir
```

```

GetKeyError: ' Restaurar después de que ocurra un error...
  KeyVal = "" ' Establece el valor de retorno para una
cadena vacía
  GetKeyValue = False ' Devuelve un error
  rc = RegCloseKey(hKey) ' Cierra la clave de Registro
End Function

```

1.4.2.9. Formulario “*FrmlInicio*”

Esta formulario es el *Splash* o ventana de inicio que se muestra al cargar la aplicación. Exhibe información de título y describe la información de derechos de autor. Esta ventana sólo esta presente por contados segundos.



Figura N°1-45

El código asociado es:

```

Option Explicit

Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
  Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
  lblVersion.Caption = "Versión " & App.Major & "." & App.Minor & "." &

```

```
App.Revision
End Sub

Private Sub Frame1_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    Dim n As String
    If n <> CStr(Time) Then
        FrmPrincipal.Show
        Unload Me
    End If
End Sub
```

1.4.2.10. Formulario “FrmPrincipal”

Esta es la formulario inicial de la aplicación, aquí es posible suministrar el nombre de usuario y contraseña de manera que el programa pueda llevar un registro de los usuarios del mismo. En caso de ser un usuario nuevo la aplicación lo detecta de inmediato le solicita a esta información complementaria que le permita establecer un registro. Este formulario al igual que los demás esta acompañado de un archivo de ayuda que permite desarrollar las tareas posibles.

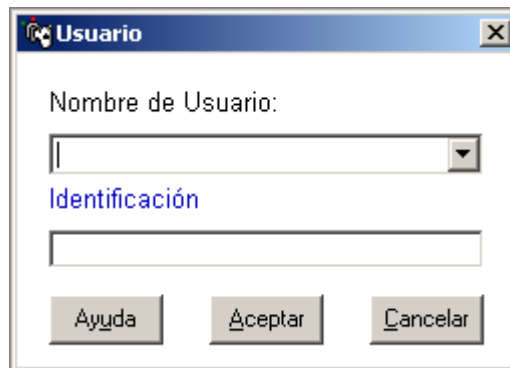


Figura N° 1- 46

El código asociado a esta formulario es:

```
Dim dis As Integer

Private Declare Function PostMessage Lib "USER32" Alias "PostMessageA"
(ByVal hWnd As Long, ByVal wParam As Long, ByVal lParam As Long, ByVal
lParam As Long) As Long
Private Declare Function SetKeyboardState Lib "USER32" (lppbKeyState As Byte)
As Long
Private Declare Function GetKeyboardState Lib "USER32" (pbKeyState As Byte)
As Long
Const WM_KEYDOWN = &H100
Const VK_TAB = &H9
Const VK_SHIFT = &H10

Private Sub organiza()
    FrmPrincipal.Height = 6285
    Command1.Top = 5400
    Command2.Top = 5400
    Command3.Top = 5400
    Label2.ForeColor = vbBlack
    Label2.Caption = "Código"
    Label3.Top = Label3.Top - 800
    Label4.Top = Label4.Top - 800
    Label5.Top = Label5.Top - 800
    Label6.Top = Label6.Top - 800
    Label7.Top = Label7.Top - 800
    Text1.Top = Text1.Top - 800
    Text3.Top = Text3.Top - 800
    Text4.Top = Text4.Top - 800
    Text5.Top = Text5.Top - 800
    Text6.Top = Text6.Top - 800
End Sub

Private Sub Datos()
    MsgBox "Digite sus datos completos", vbInformation, "Atención"
End Sub

Private Sub Compara_inf()
    Dim compara As String
    Dim ident As String
    compara = DBCombo1.Text
    If compara = "" Then
        MsgBox "Por favor seleccione o escriba un nombre de usuario.",
```

```

vblInformation, "Atención"
    Exit Sub
End If
Data1.Recordset.FindFirst "Nombre = " & compara & ""
CodUsu = Data1.Recordset.Fields("Identificación")
Select Case dis
Case 0
If Data1.Recordset.NoMatch Then
    MsgBox "Usted es un usuario nuevo, por favor regístrese.",
vblInformation, "Atención"
    'Organiza los controles para llenar los datos personales de los
Usuarios
        dis = 1
        Text2.Text = ""
        Text2.PasswordChar = ""
Else
    ident = Data1.Recordset.Fields("Identificación")
    If Text2.Text = ident Then
        Buscar_Temas.Show
        Unload Me
    Else
        MsgBox "Su clave no es correcta, por favor corríjala.", vblInformation,
"Atención"
        Exit Sub
    End If
End If
Case 1
    If Text2.Text = "" Then
        Datos
        Exit Sub
    ElseIf Text1.Text = "" Then
        Datos
        Exit Sub
    ElseIf Text3.Text = "" Then
        Datos
        Exit Sub
    ElseIf Text4.Text = "" Then
        Datos
        Exit Sub
    ElseIf Text5.Text = "" Then
        Datos
        Exit Sub
    ElseIf Text6.Text = "" Then
        Datos
        Exit Sub

```

```

End If
Data1.Recordset.AddNew
Data1.Recordset.Fields("Nombre") = DBCombo1.Text
Data1.Recordset.Fields("Codigo") = Text2.Text
Data1.Recordset.Fields("Universidad") = Text1.Text
Data1.Recordset.Fields("Departamento") = Text3.Text
Data1.Recordset.Fields("Programa_Acad") = Text4.Text
Data1.Recordset.Fields("Asignatura") = Text5.Text
Data1.Recordset.Fields("Identificación") = Text6.Text
Data1.Recordset.Update
Teoria_Form.Show
Unload Me
End Select
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Compara_inf
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    End
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda7.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    If DisVar_0 = 0 Then
        Data1.DatabaseName = App.Path & "\bas.skf"
        Data1.RecordSource = "DatStudent"
    End If
End Sub

```



```

        Data1.Refresh
        DisVar_0 = 1
    Else
        Exit Sub
    End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
    DisVar_0 = 0
    Load principal
End Sub

Private Sub Text2_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    Dim bTeclas(0 To 255) As Byte
    Select Case KeyCode
        Case vbKeyReturn:
            ' Mandar mensaje de tabulador
            PostMessage Command1.hWnd, WM_KEYDOWN, VK_TAB, 0
        Case vbKeyUp:
            GetKeyboardState bTeclas(0)
            ' Simulación de la pulsación de la tecla SHIFT
            bTeclas(VK_SHIFT) = True
            SetKeyboardState bTeclas(0)
            ' Mandar mensaje de tabulador
            PostMessage Command1.hWnd, WM_KEYDOWN, VK_TAB, 0
            DoEvents
            ' Liberación de la tecla SHIFT
            bTeclas(VK_SHIFT) = False
            SetKeyboardState bTeclas(0)
    End Select
    KeyCode = 0
End Sub

Private Sub Text2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = vbKeyReturn Then KeyAscii = 0
End Sub

```

1.4.2.11. Formulario “Principal”

Este formulario es del tipo MDI y constituye el recipiente principal para otros formularios, esta constituida por tres zonas un área de trabajo, una barra de herramientas y una barra de menús.

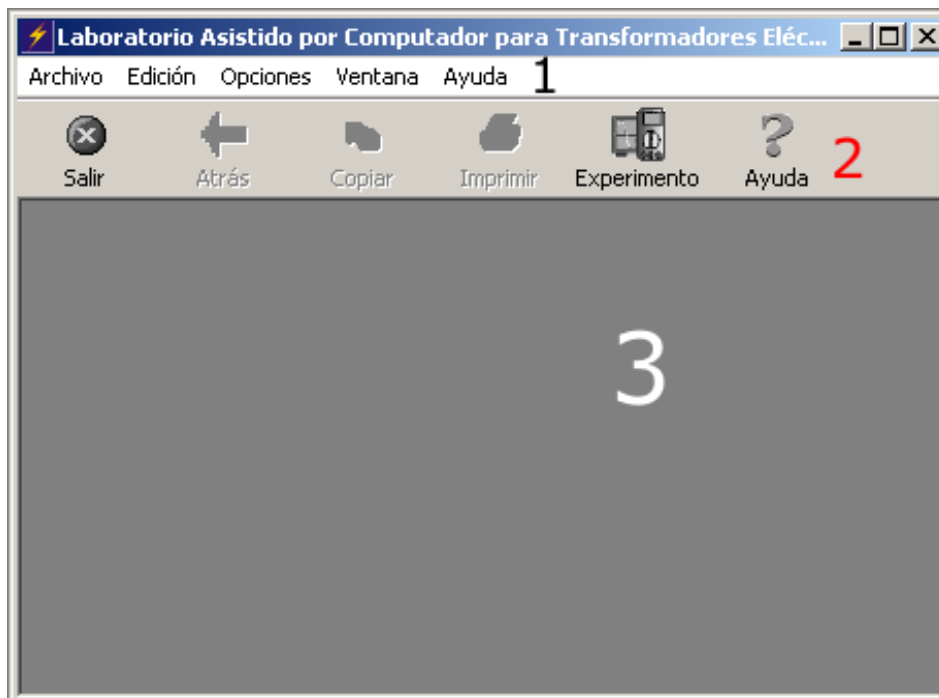


Figura N° 1- 47

El código asociado a este formulario es:

```
Private Sub Acerca_Click()  
    frmAcerca.Show vbModal  
End Sub  
  
Private Sub buscar_Click()  
    Buscar_Temas.Show  
    Unload Teoria  
End Sub  
  
Private Sub cascada_Click()  
    Me.Arrange vbCascade
```

```

End Sub

Private Sub ConfigPrint_Click()
    On Error Resume Next
    ComDia.Flags = cdIPDPrintSetup 'solo ptopiedades
    ComDia.ShowPrinter
End Sub

Private Sub Copiar_Click()
    On Error Resume Next
    Clipboard.Clear
    Clipboard.SetText Screen.ActiveControlSelText
End Sub

Private Sub guia_Click()
    If Var_Paso = 0 Then
        MsgBox "Debe escoger una práctica", vbOKOnly, "Atención"
        Exit Sub
    End If
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Guía. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        Select Case Var_Paso
        Case 1
            h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia1.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        Case 2
            h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia2.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        Case 3
            h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia3.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        Case 4
            h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia4.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        Case 5
            h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia5.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        Case 6
            h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Guias\Guia6.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    End Select
    End If

```

```

Case 7
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\\Guias\Guia7.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
Case 8
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\\Guias\Guia8.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
Case 9
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\\Guias\Guia9.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
End Select
If Err Then
    MsgBox Err.Description
End If
End If
End Sub

Private Sub ImpTema_Click()
' Print the contents of the RichTextBox with a one inch margin
PrintRTF Teoria.Teoria, 1440, 1440, 1440, 1440 ' 1440 Twips = 1 Inch
Printer.Print "Derechos reservados de la Corporación Universitaria Autnoma
De Occidente."
End Sub

Private Sub labs_Click()
Unload Teoria
Unload Buscar_Temas
Experimento.Show
labs.Checked = True
End Sub

Private Sub MDIForm_Load()

End Sub

Private Sub MHorizontal_Click()
Me.Arrange vbTileHorizontal
End Sub

Private Sub MoVert_Click()
Me.Arrange vbTileVertical
End Sub

Private Sub Propiedades_Click()
FormPropiedades.Show vbModal
End Sub

```

```

Private Sub Salir_Click()
    Dim fuera As String          'Definimos una variable local
    fuera = MsgBox("Realmente desea salir de LACTE", vbYesNo, "Salida Del
Programa")
    Select Case fuera            'Ejemplo de uso de la sentencia case
        Case "6"
            End                  'Finaliza la ejecución del programa
    End Select
End Sub

Private Sub teo_Click()
    teo.Checked = True
    Buscar_Temas.Show
End Sub

Private Sub Soporte_Click()

End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    Select Case Button.Key
        Case "Salir"
            fuera = MsgBox("Realmente desea salir de LACTE", vbYesNo, "Salida Del
Programa")
            If fuera = "6" Then
                End
            End If
        Case "atras" 'rutina que retrocede
            If V1 = 1 Then
                If V2 = 1 Then
                    Unload DesplImagen
                    Teoria.SetFocus
                Else
                    Unload Teoria
                    Buscar_Temas.Show
                End If
            End If
        Case "Copiar"
            On Error Resume Next
            Clipboard.Clear
            Clipboard.SetText Screen.ActiveControlSelText

            'Screen.ActiveControlSelText = vbNullString
        Case "Imprimir"
            ' Print the contents of the RichTextBox with a one inch margin

```

```

PrintRTF Teoría.Teoría, 1440, 1440, 1440, 1440 ' 1440 Twips = 1 Inch
Case "EXP"
  Unload Teoría
  Experimento.Show
Case "Ayuda1"
  'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al
usuario
  'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
'de diálogo Propiedades del proyecto
  If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
  Else
    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    If Err Then
      MsgBox Err.Description
    End If
  End If
End Select
End Sub

Private Sub TopicAyuda_Click()
  'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
  'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
'de diálogo Propiedades del proyecto
  If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
  Else
    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda.chm", HH_DISPLAY_TOPIC,
0&)
    If Err Then
      MsgBox Err.Description
    End If
  End If
End Sub


```

1.4.2.12. Formulario “Teoría”

Este formulario carga en pantalla la información de soporte teórico, producto de la búsqueda de información establecida en el formulario *"Buscar_temas"*. La información se despliega en un control de texto enriquecido (Control ActiveX RichTextBox), de manera que la información es almacenada en documentos de texto generados en Microsoft Word en formato ***.rtf** (Rich Text Format), que permite cargar documentos con formato de fuente, formato de párrafo y soporta algunos archivos incrustados como los generados por el editor de ecuaciones de Microsoft.

En la parte superior del formulario se cargan imágenes que al hacer clic sobre ellas despliegan el formulario *"Desplmagen"*, mostrando la imagen a un mayor tamaño y acompañada de un comentario.

Aquí podemos encontrar al lado derecho dos iconos que conforman el panel de control y que nos permiten acceder a la ayuda de ejecución de la ventana y regresar a la ventana *"Buscar_temas"*.



Circuito Equivalente De Un Transformador

Un transformador está constituido por un bobinado primario , un núcleo y bobinado secundario. El bobinado primario está conectado a la fuente de potencia , y el bobinado secundario está conectado al sistema secundario que alimenta la carga . Para los transformadores de distribución de dos bobinados , el bobinado primario es normalmente de voltaje mayor que el bobinado secundario.

El bobinado primario crea un flujo ϕ_m en el hierro , que también enlaza el bobinado secundario. La variación del flujo , creada por la variación del voltaje sinusoidal aplicado al bobinado primario , induce un voltaje en el bobinado secundario, que es inversamente proporcional a la relación de vueltas entre los bobinados primario y secundario (a) .La conexión de una carga a los




Figura N° 1-48

El código asociado a este formulario es:

```
Dim KI As Integer

Private Sub Form_Activate()
    Dim VarComproba As String
    Dim VarComproba2 As String
    Dim VarComproba3 As String
    Dim VarComproba4 As String

    On Error Resume Next
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\tabla.skf"
    Data1.RecordSource = "Temas_Teoria"
    Data1.Refresh

    'Se procede a cargar el tema seleccionado en la ventana anterior

    Data1.Recordset.FindFirst "Tema=" & Temario & ""
    Teoria.FileName = App.Path & "\" & Data1.Recordset.Fields("PathTexto")

    VarComproba = Data1.Recordset.Fields("PathImagen") & ""
    VarComproba2 = Data1.Recordset.Fields("PathImagen2") & ""
    VarComproba3 = Data1.Recordset.Fields("PathImagen3") & ""
    VarComproba4 = Data1.Recordset.Fields("PathImagen4") & ""
```



```

If VarComproba <> "" Then
    Image1.Enabled = True
    Image1.BorderStyle = 1
    Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\" &
Data1.Recordset.Fields("PathImagen"))
End If
If VarComproba2 <> "" Then
    Image4.Enabled = True
    Image4.BorderStyle = 1
    Image4.Picture = LoadPicture(App.Path & "\" &
Data1.Recordset.Fields("PathImagen2"))
End If
If VarComproba3 <> "" Then
    Image5.Enabled = True
    Image5.BorderStyle = 1
    Image5.Picture = LoadPicture(App.Path & "\" &
Data1.Recordset.Fields("PathImagen3"))
End If
If VarComproba4 <> "" Then
    Image6.Enabled = True
    Image6.BorderStyle = 1
    Image6.Picture = LoadPicture(App.Path & "\" &
Data1.Recordset.Fields("PathImagen4"))
End If
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
    KI = 2
    Image7.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
    Image8.Picture = ImageList2.ListImages(3).Picture
    Label1.Caption = Temario 'Se carga el titulo del tema

    principal.Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = True
    principal.Toolbar1.Buttons.Item(3).Enabled = True
    principal.Toolbar1.Buttons.Item(4).Enabled = True
    principal.ImpTema.Enabled = True
    principal.Copiar.Enabled = True

    V1 = 1
End Sub

```

```

Private Sub Form_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y
As Single)

```

```

    Image7.Picture = ImageList2.ListImages(1).Picture
    Image8.Picture = ImageList2.ListImages(3).Picture
End Sub

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)

    principal.Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = False
    principal.Toolbar1.Buttons.Item(3).Enabled = False
    principal.Toolbar1.Buttons.Item(4).Enabled = False
    principal.ImpTema.Enabled = False
    principal.Copiar.Enabled = False
    V1 = 0
End Sub

Private Sub Image1_Click()
    PImagen = "PathImagen"
    CImagen = "ImagenComen"
    DesplImagen.Hide
End Sub

Private Sub Image4_Click()
    PImagen = "PathImagen2"
    CImagen = "ImagenComen2"
    DesplImagen.Hide
End Sub

Private Sub Image5_Click()
    PImagen = "PathImagen3"
    CImagen = "ImagenComen3"
    DesplImagen.Hide
End Sub

Private Sub Image6_Click()
    PImagen = "PathImagen4"
    CImagen = "ImagenComen4"
    DesplImagen.Hide
End Sub

Private Sub Image7_Click()
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    End If
End Sub

```

```

Else
  On Error Resume Next
  h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda8.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
  If Err Then
    MsgBox Err.Description
  End If
End If
End Sub

Private Sub Image7_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
  Image7.Picture = ImageList2.ListImages(2).Picture
End Sub

Private Sub Image8_Click()
  Unload Me
  Buscar_Temas.Show
End Sub

Private Sub Image8_MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single,
Y As Single)
  Image8.Picture = ImageList2.ListImages(4).Picture
End Sub

```

1.4.2.13. Formulario “Transitorio”

Esta formulario permite realizar la práctica del transitorio en tiempo real (esta práctica no se puede realizar de forma simulada.) . Esta ventana contiene controles ComponentWorks que permiten establecer las conexiones con el hardware tomando medidas del fenómeno transitorio que se quiere analizar. El proceso puede repetirse sucesivamente o puede tomarse lecturas de continuo una vez se halla establecido la conexión.

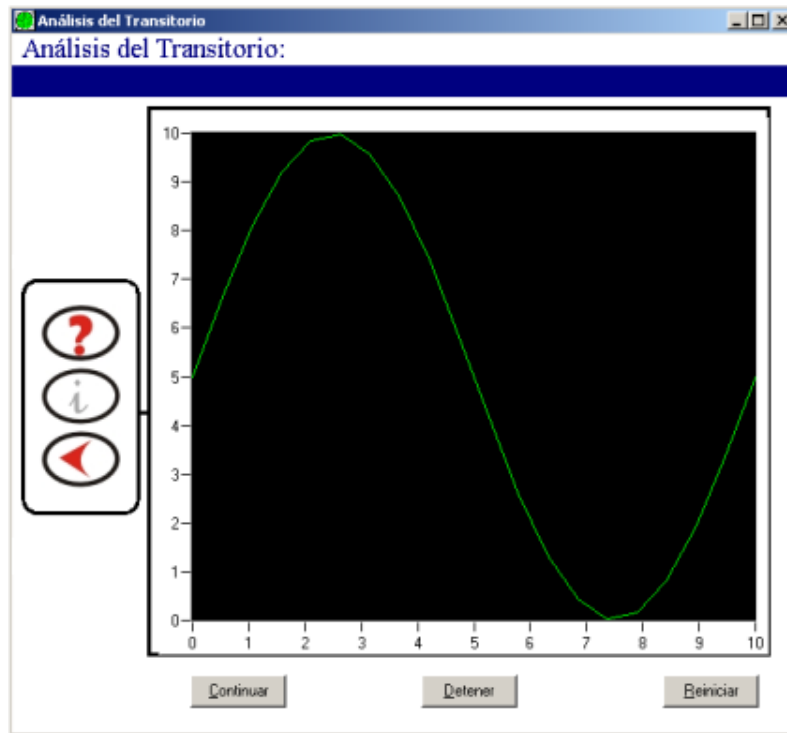


Figura N°1-49

El código asociado a esta formulario es:

```
Private Sub Command1_Click()
    CWAI1.Configure
    CWAI1.Start
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
    Sdigital.Ports.Item(0).SingleWrite 0
    Sdigital.Ports.Item(1).SingleWrite 0
    Sdigital.Ports.Item(2).SingleWrite 0
    Calculo.Show
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
    Sdigital.Ports.Item(0).SingleWrite 0
    Sdigital.Ports.Item(1).SingleWrite 0
    Sdigital.Ports.Item(2).SingleWrite 0
    Timer1.Enabled = True
End Sub
```

```
Private Sub CWAI1_AcquiredData(ScaledData As Variant, BinaryCodes As Variant)
```

```

Dim incre As Variant
CWGraph1.PlotY ScaledData, 0, 1, 100
CWA11.Reset
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Sdigital.Ports.Item(0).SingleWrite 0
    Sdigital.Ports.Item(1).SingleWrite 0
    Sdigital.Ports.Item(2).SingleWrite 0

    Sdigital.Ports.Item(0).SingleWrite 104 'Monofasico
    Sdigital.Ports.Item(2).SingleWrite 1 '600 Ohms
    Timer2.Enabled = True
    'Timer1.Enabled = False
End Sub

Private Sub Image2_Click()
'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
'de diálogo Propiedades del proyecto
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hWnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda9.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub

Private Sub Image3_Click()
    Buscar_Temas.Show
End Sub

Private Sub Image4_Click()
    Entrada = ""
    Cargas_Paso = 0
    Var_Paso = 0
    Var_Paso_1 = 0
    Experimento.Show
    Unload Me

```

```

End Sub

Private Sub Timer2_Timer() 'Se energiza el circuito a la vez que se toman las
medidas
Dim n As String
  If n <> CStr(Time) Then
    CWA11.Configure
    CWA11.Start
    Sdigital.Ports.Item(1).SingleWrite 1    'Se energiza el sistema

    Timer2.Enabled = False
  End If
End Sub

```

1.4.2.14. El Módulo

El módulo alberga las variables, funciones y subrutinas de uso global en la aplicación, es decir, que pueden ser usadas desde cualquier ventana (formulario).

```

'Option Explicit
' Variables de procesos de funcionamiento
Global TeoExp As Integer
Global Var_Paso As Integer
Global Var_Paso_1 As Integer
Global Cargas_Paso As Integer
Global Entrada As Variant
Global V1 As Integer
Global V2 As Integer

' Variables que contienen los parámetros medibles físicamente en la práctica
Global VoltajePrim As Variant
Global CorrientePrim As Variant
Global VoltajeSec As Variant
Global CorrienteSec As Variant

' Variables que contienen los parametros dados en tabla (Tabla.sfk)
Global Sn As Single
Global Vnp As Single
Global Vns As Single

```

```

Global lexc As Single
Global Rp As Single
Global Rs As Single
Global P0 As Single
Global Vpcc As Single
Global Ppcc As Single
Global Ipcc As Single
Global Desfase As Single
Global VPrim As Single

Global Qsalir As Integer
Global CodUsu As String

' Variables que Contienen las Cantidades Seleccionadas
Global Carga As Single
Global PImagen As String 'Indica la ruta de cada imagen
Global CImagen As String 'Indica donde se guarda el comentario de cada imagen
Global Temario As String
!*****Definiciones Necesarias Para Imprimir de un Rich Text
Box*****
Private Type Rect
Left As Long
Top As Long
Right As Long
Bottom As Long
End Type
Private Type CharRange
    cpMin As Long    ' First character of range (0 for start of doc)
    cpMax As Long    ' Last character of range (-1 for end of doc)
End Type

Private Type FormatRange
    hdc As Long      ' Actual DC to draw on
    hdcTarget As Long ' Target DC for determining text formatting
    rc As Rect       ' Region of the DC to draw to (in twips)
    rcPage As Rect   ' Region of the entire DC (page size) (in twips)
    chrg As CharRange ' Range of text to draw (see above declaration)
End Type

Private Const WM_USER As Long = &H400
Private Const EM_FORMATRANGE As Long = WM_USER + 57
Private Const EM_SETTARGETDEVICE As Long = WM_USER + 72
Private Const PHYSICALOFFSETX As Long = 112
Private Const PHYSICALOFFSETY As Long = 113
Private Declare Function GetDeviceCaps Lib "gdi32" (ByVal hdc As Long, ByVal
nIndex As Long) As Long

```

```
Private Declare Function SendMessage Lib "USER32" Alias "SendMessageA"  
(ByVal hWnd As Long, ByVal msg As Long, ByVal wParam As Long, lp As Any) As Long  
Private Declare Function CreateDC Lib "gdi32" Alias "CreateDCA" (ByVal  
lpDriverName As String, ByVal lpDeviceName As String, ByVal lpOutput As Long,  
ByVal lpInitData As Long) As Long
```

```
***** Reproducir Sonidos WAV o MIDI*****
```

```
'meto todo lo necesario en el módulo (las APIS)
```

```
Declare Function sndPlaySound Lib "winmm.dll" Alias "sndPlaySoundA" _  
    (ByVal lpszSoundName As String, ByVal uFlags As Long) As Long
```

```
'declarar la siguiente función para hacer sonar un archivo .MID
```

```
Declare Function mciExecute Lib "winmm.dll" (ByVal lpstrCommand As String) As  
Long
```

```
*****Definiciones Para desplegar la yuda tipo HTML*****
```

```
Public Enum HH_COMMAND
```

```
    HH_DISPLAY_TOPIC = &H0
```

```
    HH_HELP_FINDER = &H0      ' WinHelp equivalent
```

```
    HH_DISPLAY_TOC = &H1      ' not currently implemented
```

```
    HH_DISPLAY_INDEX = &H2    ' not currently implemented
```

```
    HH_DISPLAY_SEARCH = &H3   ' not currently implemented
```

```
    HH_SET_WIN_TYPE = &H4
```

```
    HH_GET_WIN_TYPE = &H5
```

```
    HH_GET_WIN_HANDLE = &H6
```

```
    HH_GET_INFO_TYPES = &H7   ' not currently implemented
```

```
    HH_SET_INFO_TYPES = &H8   ' not currently implemented
```

```
    HH_SYNC = &H9
```

```
    HH_ADD_NAV_UI = &HA       ' not currently implemented
```

```
    HH_ADD_BUTTON = &HB      ' not currently implemented
```

```
    HH_GETBROWSER_APP = &HC   ' not currently implemented
```

```
    HH_KEYWORD_LOOKUP = &HD
```

```
    HH_DISPLAY_TEXT_POPUP = &HE ' display string resource id  
                                ' or text in a popup window
```

```
    HH_HELP_CONTEXT = &HF     ' display mapped numeric value  
                                ' in dwData
```

```
    HH_TP_HELP_CONTEXTMENU    ' Text pop-up help, similar to  
                                ' WinHelp's HELP_CONTEXTMENU.
```

```
    HH_TP_HELP_WM_HELP = &H11 ' text pop-up help, similar to  
                                ' WinHelp's HELP_WM_HELP.
```

```
    HH_CLOSE_ALL = &H12      ' close all windows opened directly  
                                ' or indirectly by the caller
```

```
    HH_ALINK_LOOKUP = &H13    ' ALink version of HH_KEYWORD_LOOKUP
```

```
End Enum
```



```
Public Declare Function HtmlHelp Lib "hhctrl.ocx" Alias "HtmlHelpA" (ByVal  
hwndCaller As Long, ByVal pszFile As String, ByVal uCommand As  
HH_COMMAND, ByVal dwData As Long) As Long
```

```
Sub MidiWav(a As String)  
    Dim vr As Long
```

```
    'Asegurarnos que está en minúsculas para que no falle la comparación  
    a = LCase$(a)
```

```
    If Len(a) Then  
        If InStr(a, ".wav") Then  
            vr = sndPlaySound(ByVal a, 1)  
        ElseIf InStr(a, ".mid") Then  
            vr = mciExecute("Play " & a)  
        End If  
    End If
```

```
End Sub
```

```
*****Necesario Para La Impresión Del RichText Box*****
```

```
    ' WYSIWYG_RTF - Sets an RTF control to display itself the same as it  
    '       would print on the default printer  
    '  
    ' RTF - A RichTextBox control to set for WYSIWYG display.  
    '  
    ' LeftMarginWidth - Width of desired left margin in twips  
    '  
    ' RightMarginWidth - Width of desired right margin in twips  
    '  
    ' Returns - The length of a line on the printer in twips
```

```
.....  
Public Function WYSIWYG_RTF(RTF As RichTextBox, LeftMarginWidth As Long,  
RightMarginWidth As Long) As Long
```

```
    Dim LeftOffset As Long, LeftMargin As Long, RightMargin As Long  
    Dim LineWidth As Long  
    Dim PrinterhDC As Long  
    Dim r As Long
```

```
    ' Start a print job to initialize printer object  
    Printer.Print Space(1)  
    Printer.ScaleMode = vbTwips
```

```

' Get the offset to the printable area on the page in twips
LeftOffset = Printer.ScaleX(GetDeviceCaps(Printer.hdc, _
    PHYSICALOFFSETX), vbPixels, vbTwips)

' Calculate the Left, and Right margins
LeftMargin = LeftMarginWidth - LeftOffset
RightMargin = (Printer.Width - RightMarginWidth) - LeftOffset

' Calculate the line width
LineWidth = RightMargin - LeftMargin

' Create an hDC on the Printer pointed to by the Printer object
' This DC needs to remain for the RTF to keep up the WYSIWYG display
PrinterhDC = CreateDC(Printer.DriverName, Printer.DeviceName, 0, 0)

' Tell the RTF to base it's display off of the printer
'   at the desired line width
r = SendMessage(RTF.hWnd, EM_SETTARGETDEVICE, PrinterhDC, _
    ByVal LineWidth)

' Abort the temporary print job used to get printer info
Printer.KillDoc

WYSIWYG_RTF = LineWidth
End Function

```

.....

```

'
' PrintRTF - Prints the contents of a RichTextBox control using the
'           provided margins
'
' RTF - A RichTextBox control to print
'
' LeftMarginWidth - Width of desired left margin in twips
'
' TopMarginHeight - Height of desired top margin in twips
'
' RightMarginWidth - Width of desired right margin in twips
'
' BottomMarginHeight - Height of desired bottom margin in twips
'
' Notes - If you are also using WYSIWYG_RTF() on the provided RTF
'         parameter you should specify the same LeftMarginWidth and
'         RightMarginWidth that you used to call WYSIWYG_RTF()

```

```

Public Sub PrintRTF(RTF As RichTextBox, LeftMarginWidth As Long, _
    TopMarginHeight, RightMarginWidth, BottomMarginHeight)
    Dim LeftOffset As Long, TopOffset As Long
    Dim LeftMargin As Long, TopMargin As Long
    Dim RightMargin As Long, BottomMargin As Long
    Dim fr As FormatRange
    Dim rcDrawTo As Rect
    Dim rcPage As Rect
    Dim TextLength As Long
    Dim NextCharPosition As Long
    Dim r As Long

    ' Start a print job to get a valid Printer.hDC
    Printer.Print Space(1)
    Printer.ScaleMode = vbTwips

    ' Get the offset to the printable area on the page in twips
    LeftOffset = Printer.ScaleX(GetDeviceCaps(Printer.hdc, _
        PHYSICALOFFSETX), vbPixels, vbTwips)
    TopOffset = Printer.ScaleY(GetDeviceCaps(Printer.hdc, _
        PHYSICALOFFSETY), vbPixels, vbTwips)

    ' Calculate the Left, Top, Right, and Bottom margins
    LeftMargin = LeftMarginWidth - LeftOffset
    TopMargin = TopMarginHeight - TopOffset
    RightMargin = (Printer.Width - RightMarginWidth) - LeftOffset
    BottomMargin = (Printer.Height - BottomMarginHeight) - TopOffset

    ' Set printable area rect
    rcPage.Left = 0
    rcPage.Top = 0
    rcPage.Right = Printer.ScaleWidth
    rcPage.Bottom = Printer.ScaleHeight

    ' Set rect in which to print (relative to printable area)
    rcDrawTo.Left = LeftMargin
    rcDrawTo.Top = TopMargin
    rcDrawTo.Right = RightMargin
    rcDrawTo.Bottom = BottomMargin

    ' Set up the print instructions
    fr.hdc = Printer.hdc ' Use the same DC for measuring and rendering
    fr.hdcTarget = Printer.hdc ' Point at printer hDC
    fr.rc = rcDrawTo ' Indicate the area on page to draw to
    fr.rcPage = rcPage ' Indicate entire size of page

```

```

fr.chrg.cpMin = 0      ' Indicate start of text through
fr.chrg.cpMax = -1    ' end of the text

' Get length of text in RTF
TextLength = Len(RTF.Text)

' Loop printing each page until done
Do
' Print the page by sending EM_FORMATRANGE message
NextCharPosition = SendMessage(RTF.hWnd, EM_FORMATRANGE,
True, fr)
If NextCharPosition >= TextLength Then Exit Do 'If done then exit
fr.chrg.cpMin = NextCharPosition ' Starting position for Next Page
Printer.NewPage          ' Move on to next page
Printer.Print Space(1) ' Re-initialize hDC
fr.hdc = Printer.hdc
fr.hdcTarget = Printer.hdc
Loop

' Commit the print job
Printer.EndDoc

' Allow the RTF to free up memory
r = SendMessage(RTF.hWnd, EM_FORMATRANGE, False, ByVal CLng(0))
End Sub

```

```

Public Sub SelecCarga()
Select Case Cargas_Paso
Case 0
Carga = 0
Case 1
Carga = 600
Case 2
Carga = 300
Case 4
Carga = 150
Case 3
Carga = 200
Case 5
Carga = 120
Case 6
Carga = 100
Case 7
Carga = 85.714

```

```
End Select  
End Sub
```

```
!*****Función que determina si un archivo existe o no*****
```

```
Public Function FileExists(sFile As String) As Boolean
```

```
    On Error GoTo Trapit
```

```
    X = GetAttr(sFile)
```

```
Trapit:
```

```
    If Err = 0 Then
```

```
        FileExists = True
```

```
    Else
```

```
        FileExists = False
```

```
        Exit Function
```

```
    End If
```

```
End Function
```

1.5. CODIGO Y ESTRUCTURA DEL SOFTWARE DEL SPYLACTE

Esta aplicación permite monitorear los usuarios del LACTE de manera que el docente pueda ejercer un control sobre el proceso de aprendizaje del educando.

Esta aplicación funciona en conjunto con el Software LACTE, es decir, este debe estar instalado en el ordenador o en algún ordenador que haga parte de la red de trabajo de manera que SPYLACTE pueda monitorearlo. A continuación haremos una descripción de su estructura.

1.5.1. Estructura de la base de datos

El software SPYLACTE esta compuesto por una base de datos propia y accede de forma remota a la base de datos de software LACTE designada como **bas.skf**.

1.5.1.2 Archivo Inf.skf (Inf.mdb)

Este archivo contiene la información de los usuarios del SPYLACTE, así como la información de contraseñas. Esta compuesto por dos tablas:

1 Tabla InfUsuSI

Esta tabla almacena la información de los usuarios del SPYLACTE, mediante esta tabla es posible asignar usuarios nuevos y sus contraseñas.

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
Nombre	Nombre completo del usuario	Texto	100
Login	Alias del usuario	Texto	50
Password	Contraseña de acceso	Texto	50
Cargo	Cargo dentro de la institución	Texto	50
Observación	Observaciones	Texto	Memo

2 Tabla PathProgram

Esta tabla auxiliar almacena la información de la base de datos de trabajo del software LACTE, la base de datos **Bas.skf**.

Campo	Descripción	Tipo	Tamaño
PathProgram	Camino a la carpeta de trabajo del LACTE (Ubicación del bas.skf)	Texto	150

1.5.2. Estructura de la aplicación

A continuación haremos una distinción de la estructura interna (Código fuente) así como una breve descripción de la funcionalidad de cada formulario que constituye la aplicación. En la siguiente tabla puede verse la clasificación de los formularios empleados:

<p>Formularios estándar Son ventanas independientes que constituyen formas propiamente dichas y cuadros de diálogo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Adm_seguridad</i> ○ <i>Buscar</i> ○ <i>Consultas</i> ○ <i>Contra</i> ○ <i>FrmAcerca</i> ○ <i>Frmlnicio</i> ○ <i>PreArranque</i>
<p>Formularios MDI Permiten albergar otras subventanas en su interior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>MDIForm1</i>
<p>Formularios Child Ventanas que se cargan dentro de otra ventana del tipo MDI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>InfAcademica</i> ○ <i>InfPersonal</i>

1.5.2.1. Formulario “*Adm_Seguridad*”

Este formulario permite administrar la seguridad del programa, permite adicionar usuarios nuevos así como asignar y/o modificar contraseñas de acceso.



Figura N° 1-50

El código asociado a esta ventana es:

```

Private Sub Command1_Click()
    Dim nRet As Integer
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda5.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Command3_Click()

```



```

On Error Resume Next
If Text5.Text = "" Then
    MsgBox "No se ha asignado una contraseña a este usuario",
vbOKOnly, "Atención"
    Exit Sub
End If

Data1.Refresh
Unload Me
End Sub

Private Sub Command4_Click()
'Se adiciona un nuevo usuario
Data1.Refresh
Data1.Recordset.AddNew
Text7.Text = BExistente
End Sub

Private Sub Command5_Click()
'Subrutina que borra el registro actual de usuarios del SPYLACTE
'Data3.Refresh
'If Data1.Recordset.Fields("Nivel_Seguridad") = "Administrador" And
Data3.Recordset.AbsolutePosition = 0 Then
'MsgBox "El programa no puede eliminar el último administrador", vbInformation,
"Atención"
'Exit Sub
'End If

n = MsgBox("Usted se dispone a eliminar un usuario del sistema esta seguro",
vbYesNo, "Atención")
If n = vbYes Then
    If Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1 = 1 Then
        MsgBox "El programa no puede eliminar el usuario porque debe
existir al menos uno definido", vbInformation, "Atención"
        Exit Sub
    End If
    Data1.Recordset.Delete
    Data1.Refresh
Else
    Exit Sub
End If
End Sub

Private Sub Command6_Click()
Contra.Show vbModal
End Sub

```

```

Private Sub Data1_Reposition()
    Data1.Caption = Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1
End Sub

Private Sub DBCombo1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = 8 Then 'Detecta la tecla retrosezo backspace
        Exit Sub
    Else
        KeyAscii = 0
    End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\inf.skf"
    Data1.RecordSource = "InfUsuSL"
    Data1.Refresh
End Sub

```

1.5.2.2. Formulario “*Buscar*”

Este formulario permite realizar búsquedas de información en la base de datos *bas.skf*, es decir, se puede consultar un código de usuario, un nombre de usuario, una entrada o una práctica.



Figura N°1-51

El código asociado a esta ventana es:

```

Dim Cadenita As String
Dim CadenaBusqueda As String
Dim m As Integer

```

```

Private Sub Command1_Click()
    Dim nRet As Integer
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda7.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
    FiltroBase
    If m = 0 Then
        If Varbuscar = 1 Then
            InfPersonal.Data1.Recordset.FindNext CadenaBusqueda
            If InfPersonal.Data1.Recordset.NoMatch Then
                MsgBox "No se encontraron más coincidencias", vbOKOnly,
"Atención"
            End If
        ElseIf Varbuscar = 2 Then

        End If
    Else
        m = 0
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Command3_Click()
    If Varbuscar = 1 Then
        FiltroBase
    Else
        FiltroBase2
    End If

    If m = 0 Then
        If Varbuscar = 1 Then
            InfPersonal.Data1.Recordset.FindFirst CadenaBusqueda

```

```

        If InfPersonal.Data1.Recordset.NoMatch Then
            MsgBox "No se encontraron coincidencias", vbOKOnly, "Atención"
        End If
    ElseIf Varbuscar = 2 Then
        Data1.Recordset.FindFirst CadenaBusqueda
        If Data1.Recordset.NoMatch Then
            MsgBox "No se encontraron coincidencias", vbOKOnly, "Atención"
        End If
        InfAcademica.Data2.Recordset.FindFirst "Entrada =" &
Data1.Recordset.Fields("Entrada") & ""
        End If
    Else
        m = 0
    End If
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub FiltroBase()

    Select Case Combo1.Text
    Case "Nombre"
        Cadenita = "Nombre"
    Case "Código Institucional"
        Cadenita = "Codigo"
    Case "Institución"
        Cadenita = "Universidad"
    Case "Departamento"
        Cadenita = "Departamento"
    Case "Programa Académico"
        Cadenita = "Programa_Acad"
    Case "Asignatura"
        Cadenita = "Asignatura"
    Case "Código"
        Cadenita = "CodUsuario"
    Case ""
        MsgBox "Debe escoger un campo de búsqueda", vbOKOnly, "Atención"
        m = 1
    End Select

    CadenaBusqueda = Cadenita & "=" & Text1.Text & ""
End Sub

Private Sub Form_Activate()

```

```

Data1.DatabaseName = DirLacte & "bas.ski"
Data1.RecordSource = "Consulta1"
Data1.Refresh
End Sub

Private Sub Form_Load()
    m = 0
    If Varbuscar = 1 Then
        Combo1.AddItem "Asignatura"
        Combo1.AddItem "Código"
        Combo1.AddItem "Código Institucional"
        Combo1.AddItem "Departamento"
        Combo1.AddItem "Institución"
        Combo1.AddItem "Nombre"
        Combo1.AddItem "Programa Académico"
    Else
        Combo1.AddItem "Código"
        Combo1.AddItem "Nombre"
        Combo1.AddItem "Prueba No."
        Combo1.AddItem "Fecha"
        Combo1.AddItem "Hora Inicial"
        Combo1.AddItem "Hora Final"
    End If
End Sub

Private Sub FiltroBase2()

    Select Case Combo1.Text
    Case "Código"
        Cadenita = "CodUsuario"
    Case "Nombre"
        Cadenita = "Nombre"
    Case "Prueba No."
        Cadenita = "Entrada"
    Case "Fecha"
        Cadenita = "Fecha"
    Case "Hora Inicial"
        Cadenita = "Horalni"
    Case "Hora Final"
        Cadenita = "HoraFin"
    Case ""
        MsgBox "Debe escoger un campo de búsqueda", vbOKOnly, "Atención"
        m = 1
    End Select

    CadenaBusqueda = Cadenita & "=" & Text1.Text & ""

```

End Sub

1.5.2.3. Formulario “Consultas”

Este formulario permite realizar consultas a la información almacenada en la base de datos y generar informes que pueden visualizarse en pantalla o impresos. Los informes generados utilizan Seagate Crystal Reports en su versión 4.0.

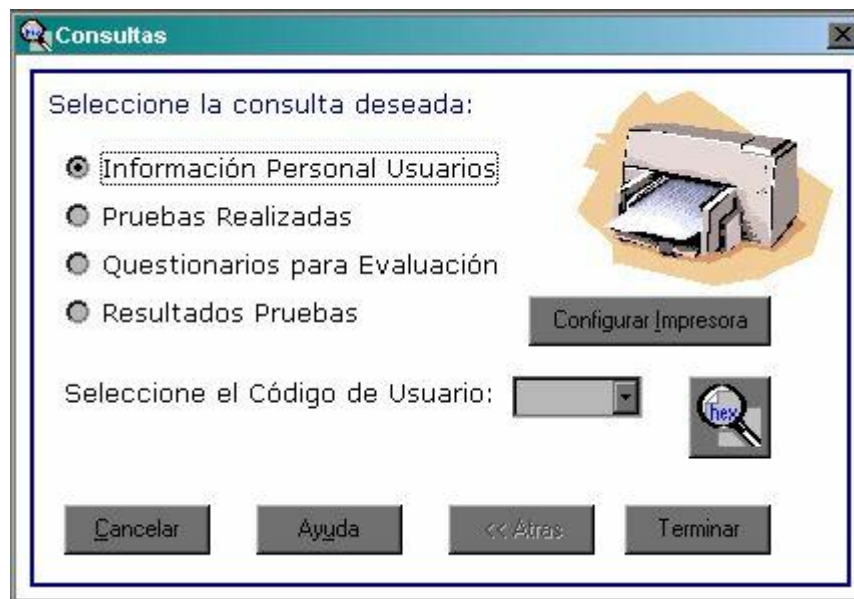


Figura N° 1-52

El código asociado a esta ventana es:

```
Dim KLIC As Boolean
Dim opciones As Integer

Private Sub Command1_Click()
    On Error Resume Next
    If KLIC = False Then
        ClicUno
        If Option1.Value = True Then
            Crt.Destination = 1
            Crt.Action = 1
        Else
```

```

        KLIC = True
    End If
Else
    ClicDos
    If Option5.Value = True Then
        If opciones = 3 Then
            For i = 1 To 9
                Crt.ReportFileName = App.Path & "\3.rpt"
                Crt.SelectionFormula = "{Consulta2.Tema} =" & i & ""
                Crt.Destination = 1
                Crt.Action = 1
            Next i
        Else
            Crt.Destination = 1
            Crt.Action = 1
        End If
    Else
        Crt.Destination = 1
        Crt.Action = 1
    End If
    HaciAtras
    KLIC = False
End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    Dim nRet As Integer
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda8.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub
End Sub

```

```

Private Sub Command4_Click()
    HaciAtras
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    On Error Resume Next
    CommonDialog1.Flags = cdIPDPrintSetup 'Solo ptropiedades
    CommonDialog1.ShowPrinter
End Sub

Private Sub Command7_Click() 'Previsualiza los informes
    On Error Resume Next
    If KLIC = False Then
        ClicUno
        If Option1.Value = True Then
            Crt.Destination = 0
            Crt.Action = 1
        Else
            KLIC = True
        End If
    Else
        ClicDos
        If Option5.Value = True Then
            If opciones = 3 Then
                For i = 1 To 9
                    Crt.ReportFileName = App.Path & "\3.rpt"
                    Crt.SelectionFormula = "{Consulta2.Tema} = " & i & ""
                    Crt.Destination = 0
                    Crt.Action = 1
                Next i
            Else
                Crt.Destination = 0
                Crt.Action = 1
            End If
        Else
            Crt.Destination = 0
            Crt.Action = 1
        End If
        HaciAtras
        KLIC = False
    End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
    Data1.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"

```



```
Data1.RecordSource = "DatStudent"  
Data1.Refresh
```

```
Data2.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"  
Data2.RecordSource = "Practicas"  
Data2.Refresh
```

```
Data3.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"  
Data3.RecordSource = "Contenidos"  
Data3.Refresh
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    KLIC = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Option1_Click()
```

```
    Label2.Visible = True
```

```
    DBCombo1.Visible = True
```

```
    Label3.Visible = False
```

```
    DBCombo2.Visible = False
```

```
    Command1.Caption = "Terminar"
```

```
    Command7.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Option2_Click()
```

```
    Label2.Visible = False
```

```
    DBCombo1.Visible = False
```

```
    Label3.Visible = False
```

```
    DBCombo2.Visible = False
```

```
    Command1.Caption = "Proceder >>"
```

```
    Command7.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Option3_Click()
```

```
    Label2.Visible = False
```

```
    DBCombo1.Visible = False
```

```
    Label3.Visible = False
```

```
    DBCombo2.Visible = False
```

```
    Command1.Caption = "Proceder >>"
```

```
    Command7.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Option4_Click()
```

```
    Label2.Visible = False
```

```
    DBCombo1.Visible = False
```

```

Label3.Visible = False
DBCombo2.Visible = False
Command1.Caption = "Proceder >>"
Command7.Enabled = False
End Sub

Private Sub ClicUno()
' On Error Resume Next
  If Option1.Value = True Then
    'Se obtiene la información personal de los usuarios
    'Se debe colocar la subrutina que filtra la base de datos de la consulta para el
crystal.
    Crt.ReportFileName = App.Path & "\1.rpt"
    If DBCombo1.Text <> "" Then
      Crt.SelectionFormula = "{DatStudent.CodUsuario} =" & DBCombo1.Text &
""
    End If

    ElseIf Option2.Value = True Then
      ' Se obtiene la información de las pruebas realizadas personal de los usuarios
      Reubicacontrol
      Option6.Left = 360

      Option5.Value = True

      Label1.Caption = Option2.Caption
      opciones = 2
      Command1.Caption = "Terminar"

    ElseIf Option3.Value = True Then
      'Se obtienen los cuestionarios usados en la evaluación
      Reubicacontrol
      Option7.Left = 360

      Option5.Value = True

      Label1.Caption = Option3.Caption
      opciones = 3
      Command1.Caption = "Terminar"
    ElseIf Option4.Value = True Then
      ' Se obtiene los resultados de las pruebas desarrolladas
      Reubicacontrol
      Option6.Left = 360

      Option5.Value = True

```

```

Label1.Caption = Option4.Caption
opciones = 4
Command1.Caption = "Terminar"
End If
Command4.Enabled = True
Command7.Enabled = True
End Sub

Private Sub ClicDos()
'Se colocan los filtros de las consultas
If Option5.Value = True Then
If opciones = 2 Then
'Pruebas realizadas - Total pruebas
  Crt.ReportFileName = App.Path & "\4.rpt"

Elseif opciones = 3 Then
'Questionarios de evaluación - Total Pruebas
'For i = 1 To 9
'  Crt.ReportFileName = App.Path & "\3.rpt"
'  Crt.SelectionFormula = "{Consulta2.Tema} =" & i & ""
'Next i

Elseif opciones = 4 Then
'Resultado Pruebas - Total Pruebas
  Crt.ReportFileName = App.Path & "\2.rpt"
End If

Elseif Option6.Value = True Then
If opciones = 2 Then
'Pruebas realizadas - Por Usuario
  Crt.ReportFileName = App.Path & "\4.rpt"
If DBCombo1.Text <> "" Then
  Crt.SelectionFormula = "{Consulta3.CodUsuario} =" & DBCombo1.Text
& ""
End If

Elseif opciones = 4 Then
'Resultado Pruebas - Por usuario
  Crt.ReportFileName = App.Path & "\2.rpt"
If DBCombo1.Text <> "" Then
  Crt.SelectionFormula = "{Consulta1.CodUsuario} =" & DBCombo1.Text
& ""
End If
End If
Elseif Option7.Value = True Then

```

```

'Questionarios de Evaluación - Por Prueba
Data3.Recordset.FindFirst "TemaTitle =" & DBCombo3.Text & ""
TemaNo = Data3.Recordset.Fields("TemaNo")
Crt.ReportFileName = App.Path & "\3.rpt"
If DBCombo3.Text <> "" Then
    Crt.SelectionFormula = "{Consulta2.Tema} =" & TemaNo & ""
End If
End If
End Sub

Private Sub Reubicacontrol()
'Subrutina que reubica los controles
    Option1.Left = 6480
    Option2.Left = 6480
    Option3.Left = 6480
    Option4.Left = 6480
    Option5.Left = 360
End Sub

Private Sub Option5_Click()
    Label2.Visible = False
    DBCombo1.Visible = False
    Label3.Visible = False
    DBCombo2.Visible = False
    Label4.Visible = False
    DBCombo3.Visible = False
End Sub

Private Sub Option6_Click()
    Label2.Visible = True
    DBCombo1.Visible = True
    Label3.Visible = False
    DBCombo2.Visible = False
    Label4.Visible = False
    DBCombo3.Visible = False
End Sub

Private Sub Option7_Click()
    Label4.Visible = True
    DBCombo3.Visible = True

    Label3.Visible = False
    DBCombo2.Visible = False
    Label2.Visible = False
    DBCombo1.Visible = False
End Sub

```

```
Private Sub HaciAtras()  
    Option1.Left = 360  
    Option2.Left = 360  
    Option3.Left = 360  
    Option4.Left = 360  
    Option5.Left = 6480  
    Option6.Left = 6480  
    Option7.Left = 6480  
  
    Label2.Visible = False  
    DBCombo1.Visible = False  
    Label3.Visible = False  
    DBCombo2.Visible = False  
    Label4.Visible = False  
    DBCombo3.Visible = False  
  
    Command4.Enabled = False  
    Command1.Caption = "Proceder>>"  
    Command7.Enabled = False  
    Label1.Caption = "Seleccione la consulta deseada:"  
    KLIC = False  
End Sub
```

1.5.2.4. Formulario “Contra”

Este formulario permite el cambio de la contraseña asignada a los usuarios del SPYLACTE..Esta ventana emerge desde la ventana “*Adm_seguridad*”. Esta acompañada del botón Ayuda que permite acceder al archivo correspondiente cuando sea necesario.

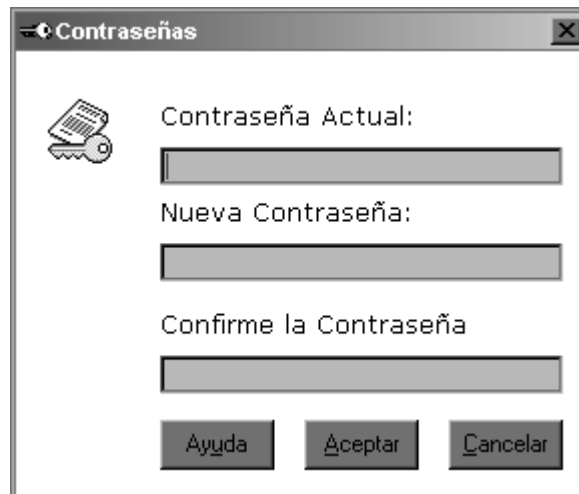


Figura N° 1-53

El código asociado a esta ventana es:

```
Dim d1 As Integer
Dim DisVar_9 As Integer
Dim ProvieneDe As Integer

Private Sub Command2_Click()
    Dim nRet As Integer
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda6.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    Dim Contra1 As String
    Dim Contra2 As String
    Dim Contra3 As String
```

```

Contra1 = actual.Text
Contra2 = nueva.Text
Contra3 = confirma.Text

If Contra1 <> Adm_Seguridad.Text5.Text Then
    MsgBox "La contraseña actual es incorrecta.", vbOKOnly, "Atención"
    Exit Sub
Else
    If Contra2 = "" Then
        MsgBox "Porfavor digite la contraseña actual", vbOKOnly, "Atención"
        Exit Sub
    ElseIf Contra3 = "" Then
        MsgBox "Digite la Confirmación de la contraseña", vbOKOnly,
"Atención"
        Exit Sub
    ElseIf Contra2 <> Contra3 Then
        MsgBox "La confirmación de la contraseña no es correcta",
vbOKOnly, "Atención"
        Exit Sub
    ElseIf Contra2 = Contra3 Then
        Adm_Seguridad.Text5.Text = Contra3
    End If
End If
Unload Me
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    Unload Me
End Sub

```

1.5.2.5. Formulario “*frmAcerca*”

Este formulario ofrece la información de créditos de la aplicación, así como la información de derechos de autor.



Figura Nº 1-54

El código asociado a esta ventana es:

Option Explicit

' Opciones de seguridad de claves del Registro...

Const READ_CONTROL = &H20000

Const KEY_QUERY_VALUE = &H1

Const KEY_SET_VALUE = &H2

Const KEY_CREATE_SUB_KEY = &H4

Const KEY_ENUMERATE_SUB_KEYS = &H8

Const KEY_NOTIFY = &H10

Const KEY_CREATE_LINK = &H20

Const KEY_ALL_ACCESS = KEY_QUERY_VALUE + KEY_SET_VALUE + _
KEY_CREATE_SUB_KEY + KEY_ENUMERATE_SUB_KEYS + _
KEY_NOTIFY + KEY_CREATE_LINK + READ_CONTROL

' Tipos principales de claves del Registro...

Const HKEY_LOCAL_MACHINE = &H80000002

Const ERROR_SUCCESS = 0

Const REG_SZ = 1 ' Cadena Unicode terminada en Null

Const REG_DWORD = 4 ' Número de 32 bits

Const gREGKEYSYSINFOLOC = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools Location"

Const gREGVALSYSINFOLOC = "MSINFO"

Const gREGKEYSYSINFO = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools\MSINFO"

Const gREGVALSYSINFO = "PATH"


```
Private Declare Function RegOpenKeyEx Lib "advapi32" Alias "RegOpenKeyExA"  
(ByVal hKey As Long, ByVal lpSubKey As String, ByVal ulOptions As Long, ByVal  
samDesired As Long, ByRef phkResult As Long) As Long  
Private Declare Function RegQueryValueEx Lib "advapi32" Alias  
"RegQueryValueExA" (ByVal hKey As Long, ByVal lpValueName As String, ByVal  
lpReserved As Long, ByRef lpType As Long, ByVal lpData As String, ByRef  
lpcbData As Long) As Long  
Private Declare Function RegCloseKey Lib "advapi32" (ByVal hKey As Long) As  
Long
```

```
Private Sub cmdSysInfo_Click()  
    Call StartSysInfo  
End Sub
```

```
Private Sub cmdOK_Click()  
    Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
    Me.Caption = "Acerca de " & App.Title  
    lblVersion.Caption = "Versión " & App.Major & "." & App.Minor & "." &  
App.Revision  
End Sub
```

```
Public Sub StartSysInfo()  
    On Error GoTo SysInfoErr  
  
    Dim rc As Long  
    Dim SysInfoPath As String  
  
    ' Prueba a obtener del Registro la información del sistema sobre el nombre y la  
ruta del programa...  
    If GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFO,  
gREGVALSYSINFO, SysInfoPath) Then  
        ' Prueba a obtener del Registro la información del sistema sobre la ruta del  
programa...  
        ElseIf GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFOLOC,  
gREGVALSYSINFOLOC, SysInfoPath) Then  
            ' Comprueba la existencia de una versión conocida de un archivo de 32 bits  
            If (Dir(SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE") <> "") Then  
                SysInfoPath = SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE"  
  
            ' Error - Imposible encontrar el archivo...
```

```

Else
    GoTo SysInfoErr
End If
' Error - Imposible encontrar la entrada de Registro...
Else
    GoTo SysInfoErr
End If

Call Shell(SysInfoPath, vbNormalFocus)

Exit Sub
SysInfoErr:
    MsgBox "System Information Is Unavailable At This Time", vbOKOnly
End Sub

Public Function GetKeyValue(KeyRoot As Long, KeyName As String, SubKeyRef
As String, ByRef KeyVal As String) As Boolean
    Dim i As Long                ' Contador de bucle
    Dim rc As Long                ' Código de retorno
    Dim hKey As Long              ' Controlador a una clave de
Registro abierta
    Dim hDepth As Long           '
    Dim KeyValType As Long       ' Tipo de dato de una clave de
Registro
    Dim tmpVal As String         ' Almacén temporal de una valor de
clave de Registro
    Dim KeyValSize As Long       ' Tamaño de la variable de la
clave de Registro
    '-----
    ' Abre la clave de Registro en la raíz {HKEY_LOCAL_MACHINE...}
    '-----
    rc = RegOpenKeyEx(KeyRoot, KeyName, 0, KEY_ALL_ACCESS, hKey) ' Abre
la clave de Registro

    If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError    ' Trata el error...

    tmpVal = String$(1024, 0)                ' Asigna espacio para la variable
    KeyValSize = 1024                        ' Marca el tamaño de la variable

    '-----
    ' Recupera valores de claves de Registro...
    '-----
    rc = RegQueryValueEx(hKey, SubKeyRef, 0, _
        KeyValType, tmpVal, KeyValSize) ' Obtiene o crea un valor de
clave

```

```

If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError      ' Trata el error

If (Asc(Mid(tmpVal, KeyValSize, 1)) = 0) Then      ' Win95 agrega una cadena
terminada en Null...
    tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize - 1)          ' Se encontró Null, se extrae
de la cadena
Else                                                ' WinNT no tiene una cadena terminada en
Null...
    tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize)              ' No se encontró Null, sólo se
extrae la cadena
End If
'-----
' Determina el tipo de valor de la clave para conversión...
'-----
Select Case KeyValType                            ' Busca tipos de datos...
Case REG_SZ                                        ' Tipo de dato de la cadena de la
clave de Registro
    KeyVal = tmpVal                                ' Copia el valor de la cadena
Case REG_DWORD                                    ' El tipo de dato de la cadena de
la clave es Double Word
    For i = Len(tmpVal) To 1 Step -1              ' Convierte cada byte
        KeyVal = KeyVal + Hex(Asc(Mid(tmpVal, i, 1))) ' Genera el valor carácter
a carácter
    Next
    KeyVal = Format$("&h" + KeyVal)                ' Convierte Double Word a
String
End Select

GetKeyValue = True                                ' Vuelve con éxito
rc = RegCloseKey(hKey)                            ' Cierra la clave de Registro
Exit Function                                      ' Salir

GetKeyError:  ' Restaurar después de que ocurra un error...
    KeyVal = ""                                     ' Establece el valor de retorno para una
cadena vacía
    GetKeyValue = False                            ' Devuelve un error
    rc = RegCloseKey(hKey)                        ' Cierra la clave de Registro
End Function

```

1.5.2.6. Formulario “*frmInicio*”

Este formulario se exhibe al comienzo de la aplicación y muestra información de nombre y versión de la aplicación. Esta ventana solo se despliega por unos instantes antes de dar paso a la ventana MDI.



Figura N° 1-55

El código asociado a esta ventana es:

```
Option Explicit
```

```
Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

```
    Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    lblVersion.Caption = "Versión " & App.Major & "." & App.Minor & "." &  
App.Revision
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Frame1_Click()
```

```
    Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()  
Dim n As String  
If n <> CStr(Time) Then  
    PreArranque.Show  
    Unload Me  
End If  
End Sub
```

1.5.2.7. Formulario “InfAcadémica”

Este formulario muestra la información de logros académicos de los usuarios. En la casilla Examen No. Se carga el número de la prueba a analizar y de inmediato la información relacionada con esa entrada se establecerá. En la Grilla ubicada en la parte inferior se despliega la información de los resultados de la prueba.



Figura Nº 1-56

El código asociado a esta ventana es:

```
Dim VarSeguimiento As Integer
```

```
Private Sub Command1_Click()  
    'Subrutina que borra la prueba visualizada  
    n1 = MsgBox("Se dispone a borrar la información de la prueba visualizada. Esta  
seguro que desea proceder?", vbYesNo, "Atención")  
    If n1 = vbYes Then  
        VarSeguimiento = 2  
        CleanRegistros  
    Else  
        Exit Sub  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario  
'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro  
'de diálogo Propiedades del proyecto  
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then  
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede  
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption  
    Else  
        On Error Resume Next  
        h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\AyudaAyuda4.chm",  
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)  
        If Err Then  
            MsgBox Err.Description  
        End If  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()  
    Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()  
    'Subrutina que borra todas las pruebas  
    n2 = MsgBox("Se dispone a borrar la información de todas las pruebas. Esta  
seguro que desea proceder?", vbYesNo, "Atención")  
    If n2 = vbYes Then  
        VarSeguimiento = 1  
        CleanRegistros  
    Else  
        Exit Sub  
    End If  
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
```

```
    Varbuscar = 2
```

```
    Buscar.Show vbModal
```

```
End Sub
```

```
Private Sub DBCombo1_Click(Area As Integer)
```

```
    'Data2.Recordset.FindFirst "Nombre =" & DBCombo1.Text & ""
```

```
    Data1.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"
```

```
    Data1.RecordSource = "Select [Pregunta],[RespPc],[RespStd] FROM  
Consulta1 WHERE Entrada = " & DBCombo1.Text & ""
```

```
    Data1.Refresh
```

```
    Data3.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"
```

```
    Data3.RecordSource = "Select
```

```
[CodUsuario],[Nombre],[Fecha],[Horalni],[HoraFin] FROM Consulta1 WHERE  
Entrada = " & DBCombo1.Text & ""
```

```
    Data3.Refresh
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Activate()
```

```
    Data2.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"
```

```
    Data2.RecordSource = "Select [Entrada] FROM Practicas"
```

```
    Data2.Refresh
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    MDIForm1.InfAcademic.Checked = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)
```

```
    MDIForm1.InfAcademic.Checked = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CleanRegistros()
```

```
    Select Case VarSeguimiento
```

```
    Case 1
```

```
        Data4.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"
```

```
        Data4.RecordSource = "Select * FROM QuizUsuario"
```

```
        Data4.Refresh
```

```
        Data5.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"
```

```
        Data5.RecordSource = "Select * FROM Practicas"
```

```
        Data5.Refresh
```

```

Case 2
    Data4.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"
    Data4.RecordSource = "Select * FROM QuizUsuario WHERE Entrada = " &
& DBCombo1.Text & ""
    Data4.Refresh

    Data5.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"
    Data5.RecordSource = "Select * FROM Practicas WHERE Entrada = " &
DBCombo1.Text & ""
    Data5.Refresh
End Select
'Borrando la información del experimento
Do
    Data4.Recordset.MoveFirst
    Data4.Recordset.Delete
    Data4.Recordset.MoveNext
Loop Until Data4.Recordset.EOF

'Borrando las respuestas del cuestionario
Do
    Data5.Recordset.MoveFirst
    Data5.Recordset.Delete
    Data5.Recordset.MoveNext
Loop Until Data5.Recordset.EOF

'Refresca la fuente de datos
Data1.Refresh
Data2.Refresh
Data3.Refresh

MsgBox "Los datos han sido borrados.", vbOKOnly, "Atención"
End Sub

```

1.5.2.8. Formulario “*InfPersonal*”

Este formulario muestra la información personal de los usuarios del software LACTE de manera que pueda ser editada, se puede crear usuarios nuevos, borrar existentes, modificar contraseñas y en general modificar datos de los usuarios.

Información Usuarios

Información Personal de los Usuarios del LACTE:

Código:

Nombre y Apellidos:

Código Institucional:

Institución Educativa:

División o facultad:

Programa académico al que pertenece:

Asignatura:

Contraseña:

Usuario No.1

Ayuda Aceptar Eliminar Nuevo

Figura N° 1-57

El código asociado a esta ventana es:

```
Private Sub Command1_Click()  
    Data1.Recordset.MoveLast  
    Codigo = Data1.Recordset.Fields("CodUsuario") + 1  
  
    Data1.Recordset.AddNew  
    Text8.Text = Codigo  
End Sub  
  
Private Sub Command2_Click()
```

```

'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
'de diálogo Propiedades del proyecto
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda3.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    Data1.Refresh
    Unload Me
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    'Subrutina que borra la prueba visualizada
    n = MsgBox("Se dispone a borrar la información del usuario de LACTE. Esta
seguro que desea proceder?", vbYesNo, "Atención")
    If n = vbYes Then
        Data1.Recordset.MoveFirst
        Do
            Data1.Recordset.Delete
            Data1.Recordset.MoveNext
        Loop Until Data1.Recordset.EOF
        MsgBox "Los datos han sido borrados.", vbOKOnly, "Atención"
    Else
        Exit Sub
    End If
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    Varbuscar = 1
    Buscar.Show vbModal
End Sub

Private Sub Data1_Reposition()
    Data1.Caption = "Usuario No." & Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1
End Sub

```

```
Private Sub Form_Activate()  
    'Se carga la base de datos que contiene la información de los usuarios  
    Data1.DatabaseName = DirLacte & "bas.skf"  
    Data1.RecordSource = "Datstudent"  
    Data1.Refresh  
  
End Sub  
  
Private Sub Form_Load()  
    MDIForm1.InfPer.Checked = True  
End Sub  
  
Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)  
    MDIForm1.InfPer.Checked = False  
End Sub
```

1.5.2.9. Formulario “*MDIForm1*”

Esta ventana constituye el recipiente de las demás ventanas de la aplicación, esta compuesta por tres partes: La barra de menús, la barra de herramientas y la zona de trabajo.

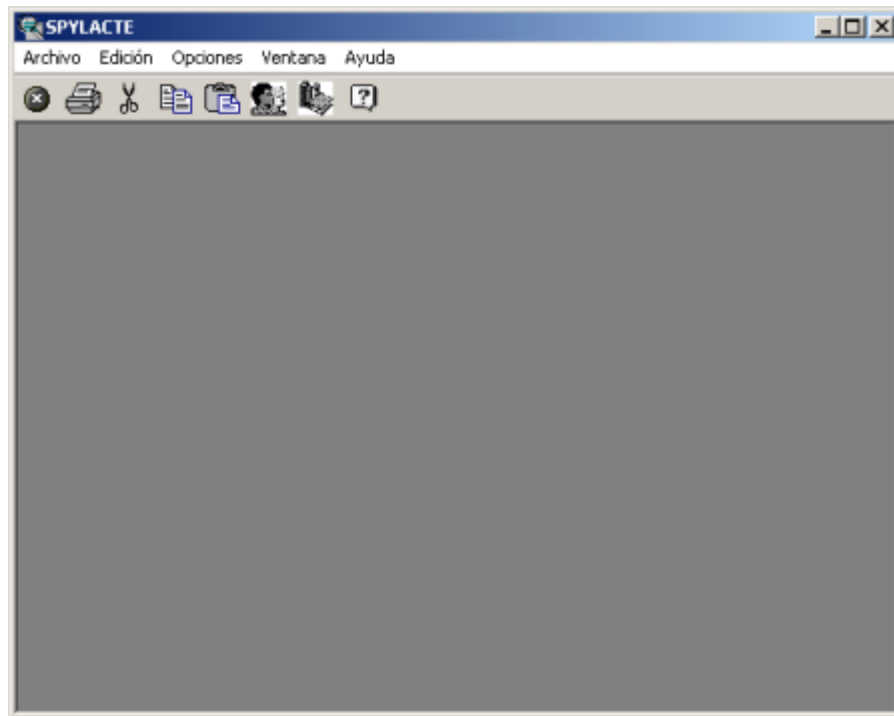


Figura N° 1-58

El código asociado a esta ventana es:

```
Private Sub Acerca_Click()  
    frmAcerca.Show vbModal  
End Sub  
  
Private Sub Cascada_Click()  
    Me.Arrange vbCascade  
End Sub  
  
Private Sub ConfigImpresora_Click()  
    On Error Resume Next  
    CommonDialog1.Flags = cdIPDPrintSetup 'solo ptropiedades  
    CommonDialog1.ShowPrinter  
End Sub  
  
Private Sub Copiar_Click()  
    On Error Resume Next  
    Clipboard.SetText Screen.ActiveControl.SelText  
End Sub
```

```

Private Sub Cortar_Click()
    On Error Resume Next
    't = Screen.ActiveControlSelText
    Clipboard.SetText Screen.ActiveControlSelText
    Screen.ActiveControlSelText = vbNullString
    't = Clipboard.GetText
End Sub

Private Sub Imprimir_Click()
    Consultas.Show
End Sub

Private Sub InfAcademic_Click()
    InfAcademica.Show
End Sub

Private Sub InfPer_Click()
    InfPersonal.Show
End Sub

Private Sub MDIForm_Load()

End Sub

Private Sub Pegar_Click()
    On Error Resume Next
    Screen.ActiveControlSelText = Clipboard.GetText
End Sub

Private Sub Salir_Click()
    n = MsgBox("Realmente deseas salir de SpyLacte", vbYesNo, "Atención")
    If n = vbYes Then
        End
    Else
        Exit Sub
    End If
End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    Select Case Button.Key
    Case "Salir"
        fuera = MsgBox("Realmente desea salir de SPYLACTE", vbYesNo, "Salida
Del Programa")
        If fuera = "6" Then
            End
        End
    End Select
End Sub

```

```

    End If
    Case "Imprimir"
        Consultas.Show
    Case "Cortar"
        On Error Resume Next
        Clipboard.SetText Screen.ActiveControlSelText
        Screen.ActiveControlSelText = vbNullString
    Case "Copiar"
        On Error Resume Next
        Clipboard.Clear
        Clipboard.SetText Screen.ActiveControlSelText
        Screen.ActiveControlSelText = vbNullString
    Case "Pegar"
        On Error Resume Next
        Screen.ActiveControlSelText = Clipboard.GetText
    Case "InfUsuarios"
        InfPersonal.Show
    Case "InfAcademica"
        InfAcademica.Show
    Case "Ayuda"
        'Si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al
        usuario
        'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
        'de diálogo Propiedades del proyecto
        If Len(App.HelpFile) = 0 Then
            MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
            encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
        Else
            On Error Resume Next
            h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda.chm",
            HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
            If Err Then
                MsgBox Err.Description
            End If
        End If
    End Select
End Sub

Private Sub Topicos_Click()
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
        encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else

```

```

    On Error Resume Next
    h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub

Private Sub UbicarFolder_Click()
    CaminoBase.Show
    Unload Me
End Sub

Private Sub usuarios_Click()
    Adm_Seguridad.Show
End Sub

Private Sub Vhori_Click()
    Me.Arrange vbTileHorizontal
End Sub

Private Sub VVerti_Click()
    Me.Arrange vbTileVertical
End Sub

```

1.5.2.10. Formulario “*PreArranque*”

Este formulario permite iniciar la sesión en el SPYLACTE, para esto se selecciona un nombre de usuario (login) de la lista y luego se digita la contraseña en la casilla correspondiente. En caso de requerirse la ayuda esta siempre está disponible.

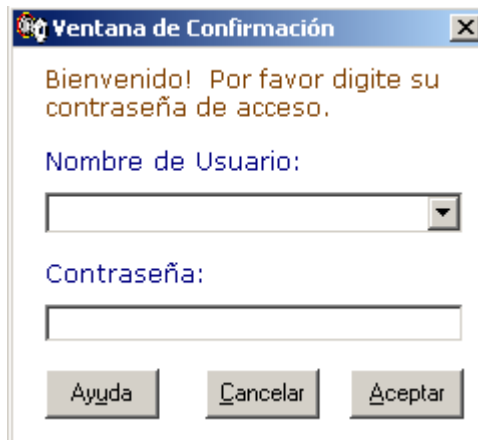


Figura N° 1-59

```
Dim Buffer As String * 254, r As Integer, sDir As String
Dim SyDir As String

Private Sub Command1_Click()
Dim compara As String
Dim ident As String
    compara = DBCombo1.Text
    If compara = "" Then
        MsgBox "Por favor seleccione o escriba un nombre de usuario.",
vbInformation, "Atención"
        Exit Sub
    End If
    Data1.Recordset.FindFirst "Login = " & compara & ""

    If Data1.Recordset.NoMatch Then
        MsgBox "Usuario desconocido, no esta autorizado.",
vbInformation, "Atención"
        Exit Sub
    Else
        ident = Data1.Recordset.Fields("password")
        If Text1.Text = ident Then
            VerificaPath
            Unload Me
        Else
            MsgBox "Su clave no es correcta, por favor corrijala.", vbInformation,
"Atención"
            Exit Sub
        End If
    End If
End Sub
```



```

End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    'si no hay archivo de ayuda para este proyecto, mostrar un mensaje al usuario
    'puede establecer el archivo de Ayuda para la aplicación en el cuadro
    'de diálogo Propiedades del proyecto
    If Len(App.HelpFile) = 0 Then
        MsgBox "No se puede mostrar el contenido de la Ayuda. No se puede
encontrar el archivo de ayuda asociado.", vbInformation, Me.Caption
    Else
        On Error Resume Next
        h = HtmlHelp(Me.hwnd, App.Path & "\Ayuda\Ayuda1.chm",
HH_DISPLAY_TOPIC, 0&)
        If Err Then
            MsgBox Err.Description
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Data1.DatabaseName = App.Path & "\inf.skf"
    Data1.RecordSource = "InfUsuSL"
    Data1.Refresh

    Data2.DatabaseName = App.Path & "\inf.skf"
    Data2.RecordSource = "PathProgram"
    Data2.Refresh
End Sub

Private Sub Text1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If KeyAscii = vbKeyReturn Then
        Command1.SetFocus
    End If
End Sub

Private Sub VerificaPath()
    Dim varBuscaCamino As String
    varBuscaCamino = Data2.Recordset.Fields("Camino") & ""
    If varBuscaCamino = "" Then
        MsgBox "No se ha definido el directorio de trabajo del LACTE, por favor
especificuelo", vbOKOnly, "Atención"
    End If
End Sub

```

```
CaminoBase.Show
Else
  If FileExists(Data2.Recordset.Fields("Camino") & "\bas.skf") = True Then
    'Se lee el archivo que posee la ruta de instalación de LACTE
    DirLacte = Data2.Recordset.Fields("Camino") & "\"
    InfPersonal.Show
  Else
    MsgBox "La ubicación previa no coincide con la carpeta de trabajo del
LACTE", vbInformation, "Atención"
    CaminoBase.Show
  End If
End If
End Sub
```

1.6. Requerimientos del sistema.

El software y hardware requerido para ejecutar LACTE es:

- Computador basado en procesadores 486, 586, Pentium®, Pentium® II, Pentium® III, Celeron®, AMD K5®, AMD K6®, AMD K6®-2, AMD K6®-III, Athlon™, Duron™ y equipos con procesador Apha(Cuando se disponga del sistema operativo Windows NT®, Windows® 2000 o Windows XP). Se recomienda un mínimo de 166 MHz en la velocidad de procesamiento.
- 32 Mb de memoria RAM o superior (Se recomienda 64Mb).
- Espacio en disco duro de 100 Mb.
- Un ratón o dispositivo equivalente de puntero.

- Unidad de CD-ROM de 2X o superior, necesaria para la instalación o posibilidad de conexión a una red.

- Tarjeta de video de 256 Colores como minimo.

- Sistema operativo Windows 95/98/ME/NT/2000/XP.

- Tarjeta de adquisición de datos de características similares a la I-DAQ de *National instruments*.

1.6.1. Instalación del software LACTE y del SPYLACTE.

1. Coloque el CD-ROM de instalación en la unidad lectora.

2. Automáticamente se despliega una ventana de arranque que nos permite acceder a diferentes opciones por medio de botones sensibles al ratón. En caso de que el CD no se autoejecute al insertarlo en la unidad (Debido a que se encuentra desactivado el Autorun) será necesario hacer clic en el icono “*Mi PC*” del escritorio de Windows y luego explorar la unidad de CD-Rom donde se encuentre insertado el CD-Rom que contiene los archivos de instalación del LACTE, una vez allí haga clic en el icono Autorun.exe y la ventana de inicio se ejecutará, las opciones desplegadas en pantalla serán:

A. *Instalar LACTE a su disco duro.* Se procede con la instalación a su disco duro de los archivos necesarios para su ejecución.

B. *Instalar SPYLACTE a su disco duro.* Se procede con la instalación a su disco duro de los archivos necesarios para su ejecución.

C. Se puede acceder a información general y de modificaciones de último momento mediante un archivo de texto (Leame.txt).

D. Se puede explorar el contenido del CD-Rom y acceder a las utilidades de libre distribución como son: Microsoft® Internet Explorer, Netscape Navigator y Adobe® Acrobat®Reader.

E. Acceso a los manuales de usuario del software LACTE y del SPYLACTE, así como el manual del ensamble y configuración del Hardware.

Para instalar LACTE o SPYLACTE haga clic en el icono correspondiente y el instalador de la aplicación se ejecutara, una vez este proceso se inicie siga los pasos descritos en la pantalla.

1.6.2. Como desinstalar LACTE o SPYLACTE

La opción de desinstalación permite eliminar todos los archivos de la aplicación sin afectar los documentos generados por ella; es decir, la base de datos de trabajo, las copias de seguridad, las fotos y los reportes no serán afectados por este proceso. Esta opción garantiza una correcta desinstalación de la aplicación sin el riesgo de dañar otros programas que comparten librerías de trabajo comunes. Para desinstalar LACTE o SPYLACTE es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Seleccione el botón "*Inicio*" de Microsoft Windows, en el menú desplegado seleccione el ítem "*Configuración*", allí haga clic en el icono "*Panel de control*".

2. Haga clic en el icono "*Agregar o quitar programas*".

3. Dentro del menú en la venta seleccione LACTE o SPYLACTE según se requiera.

Una vez seleccionado el programa ahora haga clic en el botón “*Agregar o quitar...*” y el programa procederá a su desinstalación segura. Es de aclarar que si la carpeta del programa se borra directamente es posible causar daños en otras aplicaciones que utilizan librerías compartidas, se recomienda siempre proceder con el proceso de desinstalación.

1.6.3. Inicio de sesión en el LACTE

Una vez instalada la aplicación se establece un icono de acceso en el menú programas del menú de inicio etiquetado como LACTE. Al hacer clic sobre este icono la aplicación se ejecuta.

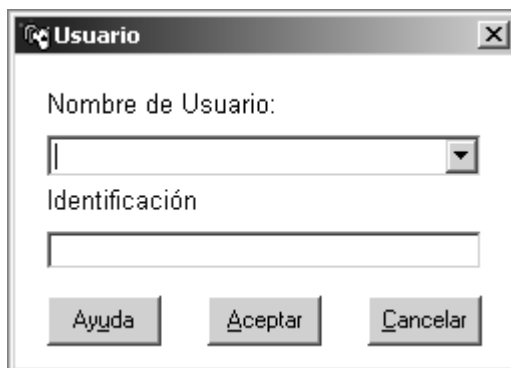
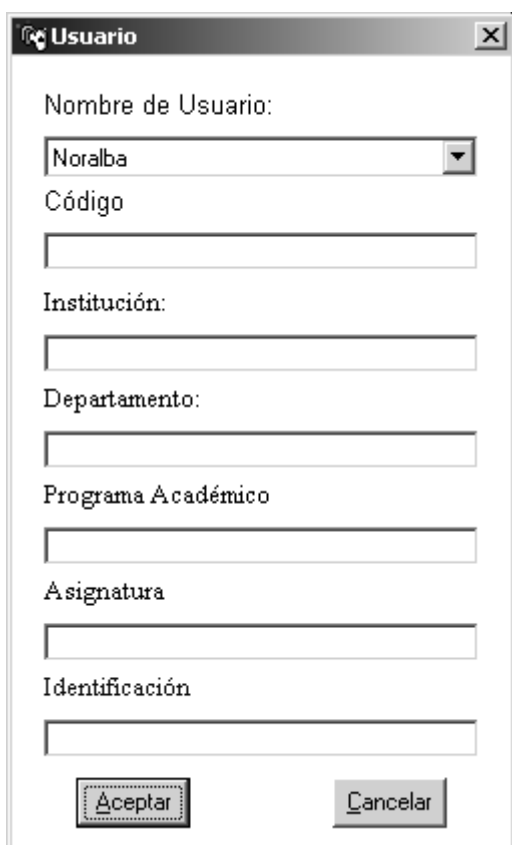


Figura N° 1-60

Lo primero que veremos será la ventana de presentación del paquete que nos ofrece una información rápida del nombre del paquete. Luego nos encontraremos

frente a una ventana como la de la figura donde debemos digitar un “Nombre de Usuario” y una contraseña, que será asignada por el programa. Pero sino la sabe el programa detecta que se trata de un usuario nuevo y de inmediato le solicitará una información básica pero importante si se desea hacer un correcto uso del programa.

Una vez digitada la información requerida, se oprime el botón “Aceptar” y listo ya estas dentro del programa. No olvide que el programa asigna un número de identificación, este número debe usarlo en posteriores sesiones.



The image shows a software window titled "Usuario" with a close button in the top right corner. The window contains several input fields and two buttons at the bottom. The fields are labeled as follows:

- Nombre de Usuario: A dropdown menu with "Noralba" selected.
- Código: An empty text input field.
- Institución: An empty text input field.
- Departamento: An empty text input field.
- Programa Académico: An empty text input field.
- Asignatura: An empty text input field.
- Identificación: An empty text input field.

At the bottom of the window, there are two buttons: "Aceptar" (Accept) and "Cancelar" (Cancel).

Figura N° 1-61

1.6.4. Las demás sesiones en el LACTE

Si eres un usuario registrado en el programa es decir tienes asignada una contraseña, puede iniciar el programa igual a como se describe en el punto anterior *ver fig.* , digitando Nombre de Usuario y Contraseña luego has clic en Aceptar o oprime la tecla “*Enter*”.



Figura N° 1-62

Si se olvida la contraseña asignada se debe acercarse al administrador del programa para que haciendo uso del **SPY LACTE** asigne una contraseña nueva.

1.7. . Simulación.

El objetivo fundamental de la simulación es dar al experimentador las herramientas suficientes para calcular las magnitudes que debe obtener en la fase experimental en tiempo real. En la simulación se introducirán datos propuestos por el estudiante que posteriormente serán medidos. Para programar un proceso de simulación se deben tener en cuenta las siguientes etapas ¹⁷:

- Determinar las variables, las interrelaciones y resultados esperados.
- Definir y construir el modelo.

¹⁷ Coss Bu Raul. Simulación un enfoque práctico. Editorial LIMUSA. México 1999 . pag 12.

- Determinar los datos que se van a obtener.
- Simular ³.

1..7.1. Análisis en tiempo real.

Un software en tiempo real Mide, analiza y controla sucesos del mundo real conforme ocurren ¹⁸, esta compuesto por:

- Un componente de adquisición de datos que recolecta y da formato a la información recibida del entorno.
- Un componente de análisis que transforma la información según lo requiera la aplicación.¹⁹
- Un componente de control/salida que responda al entorno.
- Y un componente de monitorización que coordina los demás componentes de forma que pueda mantenerse la respuesta en tiempo real.

1..8. Ayudas Implementadas.

HTML por ChrHand Wh Is Virtual Reality. Versión 2.1 Oct 8 1993 pag 13.

¹⁸ Pressman Roger S.Ingeniería del Software Un Enfoque Práctico.España Mcgraw-Hill 1997. pag 11.

¹⁹ IEEE Potenciales. Vol 17. N°2 Abril Mayo 1998.

El sistema proporciona una serie de ayudas que pueden ser consultadas por el experimentador de acuerdo a su necesidad y se encuentran desarrolladas en diferentes niveles de exigencia según el grado de conocimientos requerido por el experimento y la profundidad que se quiere obtener en el análisis. Las ayudas implementadas en el Software LACTE son:

1. Soporte teórico a modo de enciclopedia que constituye el apoyo en cuanto a fundamentación de los temas empleados en las prácticas a desarrollar en la aplicación. Este soporte es ofrecido por la aplicación mediante una ventana que permite establecer búsquedas temáticas que dan como resultado contenidos complementados con imágenes y gráficos.
2. Archivos de ayuda que facilitan el manejo de ventanas y cuadros de diálogo así como los procesos de instalación y desinstalación de la aplicación.
3. Guías de las prácticas que son la guía de cada experiencia a desarrollar con el equipo, en ellas se incluyen los procedimientos matemáticos y los pasos prácticos para ejecutar correctamente cada actividad. Para acceder a estas guías basta con hacer clic en el icono correspondiente de la ventana “*Experimento*”, “*ConexionForm*” y “*ConexionFteo*”.

El software de administración de usuarios SPYLACTE, esta acompañado de archivos de ayuda correspondientes de manera que se facilite el manejo de las ventanas que lo conforman así como los procesos de instalación y desinstalación. Estos archivos entrenan al usuario en el desarrollo de ciertas tareas mediante indicaciones claras de los procesos.

CAPITULO 3

Transformadores eléctricos.

Un transformador está constituido por dos devanados conductores entre los cuales se ejerce una inducción mutua, denominándose devanado primario el que recibe la energía y devanado secundario el que la entrega.

Introducción.

El precursor del transformador de corriente alterna fue Faraday, quien observó que el desarrollo de una fuerza electromotriz y una corriente inducidas en una bobina secundaria, es el resultado de la variación del flujo magnético producido por la variación de la corriente en una bobina primaria.

En este capítulo se tratan los fundamentos teóricos del transformador, sus principales formas de conexión, su acople al PC y la obtención de datos en el proceso experimental.

3.1. Descripción del transformador.

Un transformador consiste básicamente en dos devanados (Primario y secundario) enlazados por un flujo magnético. La fuerza electromotriz inducida en el devanado

secundario tiene la misma frecuencia del devanado primario y su magnitud es proporcional al flujo que lo atraviesa y al número de espiras. En un transformador cualquiera de los devanados puede ser primario y otro será secundario. Los transformadores están constituidos básicamente por un devanado primario, un devanado secundario y un núcleo.



Figura Nº 3-1 Transformador trifásico utilizado en el hardware de LACTE

3.2. Modelo equivalente del transformador.

Se obtendrá el modelo equivalente del transformador considerándolo como una red de cuatro terminales evaluada por medio de parámetros de impedancia.

Para obtener los valores de los parámetros, se medirán la corriente y voltaje de entrada y la corriente y voltaje de salida.

Se obtiene el circuito equivalente del transformador, el cual se considera como una red de cuatro terminales, analizando las interrelaciones de los diferentes parámetros (Figura N° 3-2).

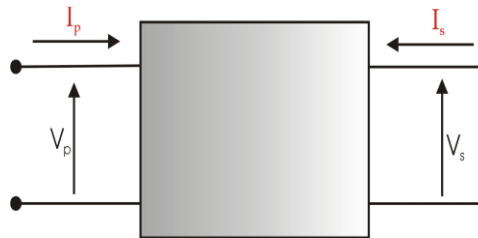


Figura N° 3-2 .- Transformador como una red de 2 puertos

$$\text{Donde } V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2$$

$$V_2 = Z_{21} I_1 + Z_{21} I_2$$

Esta red es equivalente a: (Figura N° 3-3)

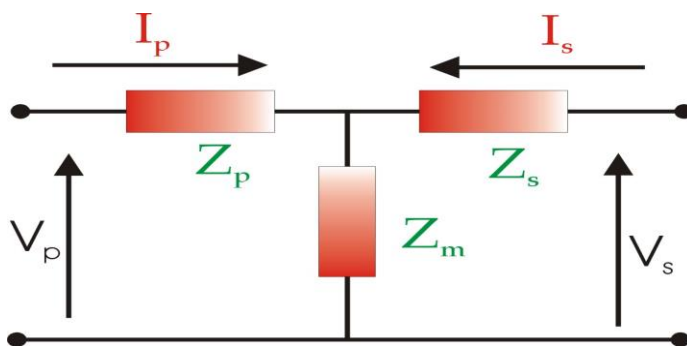


Figura N° 3-3.- Circuito en T equivalente del transformador.

Donde :

$$V_1 = V_p$$

$$V_2 = V_s$$

Siendo $Z_p = r_p + j X_p$

La cual representa la impedancia del devanado primario.

$$Z_s = (r_s + j X_s)a^2$$

Donde a es la relación de transformación

$$a = \frac{N_p}{N_s} \qquad Z_m = \frac{1}{Y_m}$$

Y_m corresponde a la admitancia equivalente correspondiente a las pérdidas en el transformador representadas por la corriente de excitación cuando el secundario se encuentra abierto, mas la corriente de magnetización que produce el flujo en el núcleo.

Este análisis comprende la respuesta del transformador bajo condiciones de carga, obteniendo los factores de eficiencia y regulación tanto para transformadores monofásicos como trifásicos, entendiéndose por eficiencia la relación de su salida a su entrada y regulación como la diferencia entre la magnitud del voltaje a plena carga y la magnitud del voltaje sin carga en por ciento del voltaje a plena carga, medido en los terminales en que se coloca la carga y conservando el voltaje de entrada constante.

3.3. Definición de Variables en el circuito equivalente del transformador.

a Relación de transformación.

B_m Susceptancia de magnetización, corresponde a la rama por donde pasa la corriente de magnetización que produce el flujo en el núcleo.

$\cos \theta$ Factor de potencia.

G_c Rama por donde pasa la corriente que contempla las pérdidas en el núcleo de acero y que adelanta a la corriente de magnetización en 90° que incluye:

I_{exc} Corriente de excitación.

I_P Corriente en el devanado primario.

I_S Corriente en el devanado secundario.

I_{po} Corriente en el primario del transformador con el secundario abierto.

I_{pc} Corriente en el primario del transformador con carga.

I_{sp} Corriente del devanado secundario referida al primario

$$I_{sp} = \frac{I_s}{a}$$

I_{fP} Corriente de fase en el devanado primario.
(Depende del tipo de conexión).

I_{fS} Corriente de fase en el devanado secundario.
(Depende del tipo de conexión)

r_L Resistencia de carga.

r_p Resistencia óhmica del devanado primario del transformador.

r_s Resistencia óhmica del devanado secundario del transformador.

r_{sp} Resistencia del devanado secundario referida al primario.

$$r_{sp} = a^2 r_s$$

r_{ts} Resistencia total del secundario.

$$r_{ts} = r_s + r_L$$

N_p Número de espiras del devanado primario.

N_s Número de espiras del devanado secundario.

$$N_s = \frac{N_p}{a}$$

Q Potencia reactiva del transformador.

P Potencia activa del transformador.

P_{cuo} Pérdidas en el cobre del devanado primario debidas a la corriente de excitación.

P_0 Pérdidas totales en vacío.

P_{nu} Pérdidas en el núcleo.

P_h Pérdidas por histéresis, que son pérdidas debidas a los cambios de dirección cíclicos en el acero que se disipa en forma de calor.

P_e Pérdidas por corrientes de EDDY, se deben a las corrientes circulantes inducidas en el acero por el flujo variable.

S Potencia aparente del transformador

$$S = P + JQ$$

V_{an} Voltaje de línea a neutro .

V_{cuP} Caída de tensión en la resistencia del devanado primario.

V_{fP} Voltaje de fase del primario.

V_{fS} Voltaje de fase del secundario.

V_p Voltaje aplicado al devanado primario.

V_s Voltaje de salida en los terminales del transformador.

V_{sp} Voltaje del devanado secundario referido al primario

$$V_{sp} = aV_s$$

V_{xP} Caída de tensión en la reactancia del devanado primario.

V_{zP} Caída de voltaje en la impedancia del devanado primario.

X_p Reactancia del devanado primario del transformador

$$X_p = \sqrt{Z_p^2 - r_p^2}$$

X_s Reactancia del devanado secundario del transformador.

X_{sp} Reactancia del devanado secundario referida al primario.

X_{St} Reactancia total secundaria del transformador.

X_{StP} Reactancia total secundaria referida al primario del transformador

$$X_{stp} = a^2 X_{st}$$

Y_m Susceptancia en vacío del transformador.

Z_m Impedancia de pérdidas en vacío.

Z_p Impedancia del devanado primario

$$Z_p = r_p + jX_p$$

Z_s Impedancia del devanado secundario

$$Z_s = r_s + jX_s$$

Z_{sp} Impedancia del devanado secundario referida al primario

$$Z_{sp} = a^2 r_s + aX_s$$

Z_{Pt} Impedancia total del devanado primario del transformador.

Z_t Impedancia total del transformador.

$$Z_t = \frac{V_p}{I_p}$$

$$Z_t = Z_p + a^2 Z_s$$

Teniendo definidos los diferentes parámetros de un transformador, se puede entrar al proceso del cálculo de ellos.

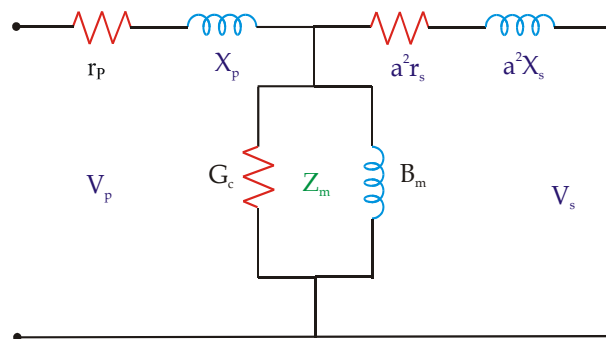


Figura N° 3-4.- Circuito equivalente del transformador referido al primario.

La **figura N° 3-4** representa el circuito equivalente de un transformador donde los parámetros del devanado secundario se encuentran referidos al primario, permitiendo por simple teoría de circuitos realizar los cálculos necesarios para obtener la impedancia equivalente del transformador referida al primario, calcular las corrientes primaria y secundaria y la relación de transformación.

Los datos básicos para analizar el comportamiento del transformador bajo experimentación en el presente trabajo son:

Voltaje aplicado V_p (A medir).

Voltaje secundario V_s (A medir).

Corriente en el primario con el secundario abierto I_{po} (A medir).

Corriente en el primario del transformador con carga I_{pc} (A medir).

Resistencia óhmica del devanado primario $r_{op} = 1.6$ ohmios.

Resistencia óhmica del devanado secundario $r_{os} = 3.2$ ohmios/devanado .

El transformador utilizado para la realización de los experimentos es trifásico, de un solo devanado por fase en el primario y dos devanados por fase en el secundario.

.La **figura N° 3-5** representa el transformador utilizado en el presente proyecto, donde los devanados a-b, c-d y e-f representan el primario y los devanados a'-b' y c'-d', e'-f' y g'-h', i'-j' y k'-l', representan el devanado secundario. Como puede observarse, el transformador es trifásico de un devanado por fase en el primario y dos devanados por fase en el secundario.

Este transformador se encuentra conectado a la tarjeta de adquisición de datos.

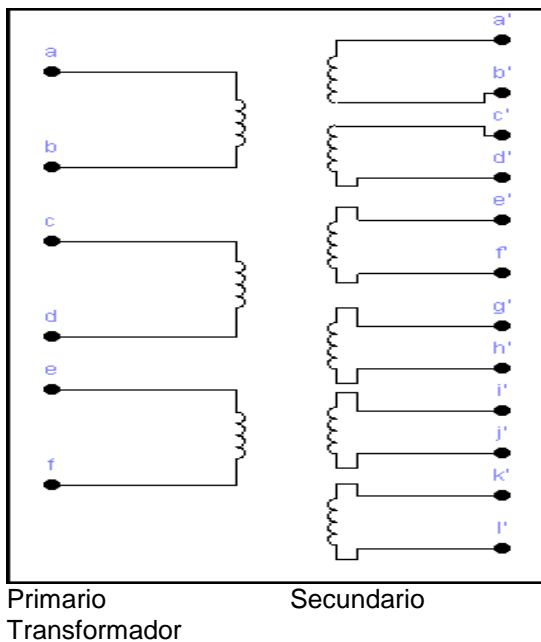


Figura Nº 3-5 .- Diagrama del transformador utilizado para la experimentación a través de los terminales de entrada- salida PA0 a PA7 que son activados por los relés K0 a K7 tal como lo indica la **tabla Nº 3-1**.

SALIDAS DIGITALES PARA CONEXIONES DEL TRANSFORMADOR	
Puerto A O	
PA0	K0
PA1	K1
PA2	K2
PA3	K3
PA4	K4
PA5	K5
PA6	K6
PA7	K7

Tabla Nº 3-1.- Salidas digitales para conexión del transformador.

ÍNDICE CAPITULO 4

Indice	Página
Experimentos desarrollados	7
Introducción	7
Experimentos	7
Etapas de la experimentación	7
Relación de experimentos	8
Experimentos con transformadores monofásicos	9
Experimento Nº 1- Efectos resistivos en el transformador	10
Soperte teórico	11
Transformador eléctrico	11
Sistemas magnéticos	11
Núcleo magnético	14
Circuito magnético	16
Magnetismo remanente	18
Inducción magnética residual	18
Retentividad	18
Campo coercitivo	18
Coecitividad	19
Refrigeración	19
Sistema de refrigeración por aire	19

<i>Sistema de refrigeración por corriente de aire</i>	
<i>Forzado</i>	19
<i>Sistema de refrigeración por aceite</i>	20
<i>Sistema de refrigeración por aceite y aire forzado</i>	21
<i>Sistema de refrigeración por aceite y agua</i>	21
<i>Sistema de refrigeración por aceite forzado</i>	22
<i>Efectos resistivos en los transformadores</i>	22
<i>Resistencia equivalente a las pérdidas en vacío</i>	33
<i>Resistencia ómica del devanado primario</i>	34
<i>Resistencia efectiva</i>	34
<i>Resistencia equivalente para las pérdidas en vacío</i>	34
<i>Experimento número 1 – Efectos resistivos en el transformador</i>	
<i>-Simulación</i>	35
<i>Ejecución en tiempo real</i>	36
<i>Cuestionario de complementación</i>	36
<i>Experimento número 2 - Estudio de pérdidas en el núcleo de los trans-</i>	
<i>Formadores – Objetivo</i>	39
<i>Teoría - Pérdidas en el núcleo magnético</i>	39
<i>Corriente de excitación y pérdidas sin carga</i>	39
<i>Relación de pérdidas</i>	40
<i>Proceso de simulación</i>	41
<i>Ejecución en tiempo real</i>	42
<i>Cuestionario de complementación</i>	42
<i>Experimento número 3 Desarrollo del modelo equivalente del</i>	

<i>Transformador – Objetivo</i>	43
<i>Teoría-Circuito equivalente de un transformador</i>	44
<i>Impedancia del transformador</i>	45
<i>Desarrollo del modelo equivalente del transformador monofásico</i>	46
<i>Circuito equivalente aproximado del transformador monofásico</i>	47
<i>Circuito equivalente de los transformadores monofásicos</i>	48
<i>Circuito equivalente de los transformadores monofásicos</i>	49
<i>Pérdidas en los transformadores</i>	49
<i>Regulación</i>	50
<i>Eficiencia</i>	51
<i>Proceso de simulación</i>	52
<i>Ejecución en tiempo real</i>	55
<i>Cuestionario de complementación</i>	58
<i>Experimento número 4 – Análisis del transformador monofásico bajo carga</i>	59
<i>Teoría</i>	59
<i>Transformador con secundario de tres terminales</i>	64
<i>Proceso de simulación</i>	65
<i>Ejecución en tiempo real</i>	68

<i>Cuestionario de complementación</i>	<i>71</i>
<i>Experimento número 5 . Análisis del transformador trifásico bajo carga</i>	<i>72</i>
<i>Objetivo</i>	<i>72</i>
<i>Teoría</i>	<i>74</i>
<i>Bancos trifásicos balanceados</i>	<i>74</i>
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Dd</i>	<i>74</i>
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Yd</i>	<i>75</i>
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Yy</i>	<i>75</i>
<i>Banco trifásico de transformadores</i>	
<i>En conexión Dy</i>	<i>75</i>
<i>Transformador trifásico bajo carga – conexiones</i>	<i>76</i>
<i>Transformador trifásico en conexión Dd</i>	<i>77</i>
<i>Transformador trifásico bajo carga en conexión Yy</i>	<i>77</i>
<i>Proceso de simulación Yy</i>	<i>78</i>
<i>Ejecución en tiempo real(Yy)</i>	<i>79</i>
<i>Transformador trifásico bajo carga Dd</i>	<i>80</i>
<i>Proceso de simulación Dd</i>	<i>80</i>
<i>Ejecución en tiempo real Dd</i>	<i>82</i>
<i>Transformador trifásico bajo carga Yd</i>	<i>83</i>
<i>Proceso de simulación Yd</i>	<i>83</i>
<i>Ejecución en tiempo real Yd</i>	<i>84</i>

<i>Transformador trifásico bajo carga Dy</i>	85
<i>Proceso de simulación Dy</i>	85
<i>Ejecución en tiempo real Dy</i>	86
<i>Cuestionario de complementación</i>	87
Experimento número 6. Análisis del comportamiento del transformador en	
<i>Conexión Yz5</i>	90
<i>Teoría</i>	92
<i>Proceso de simulación</i>	95
<i>Ejecución en tiempo real</i>	96
<i>Cuestionario de complementación</i>	97
Experimento número 7 – Teoría	99
<i>Transformador de tres devanados</i>	99
<i>Índice horario</i>	101
<i>Proceso de simulación Dyy</i>	105
<i>Ejecución en tiempo real Dyy</i>	106
Análisis del comportamiento del transformador en	
<i>Conexión Yyy – Objetivo</i>	108
<i>Proceso de simulación Yyy</i>	108
<i>Ejecución en tiempo real Yyy</i>	110
<i>Cuestionario de complementación</i>	112
Experimento número 8 – Transformadores monofásicos en paralelo con	
<i>carga resistiva . Teoría.</i>	114
<i>Ejecución en tiempo real .</i>	117
<i>Cuestionario</i>	119

<i>Proceso de simulación</i>	121
<i>Cuestionario</i>	124
<i>Experimento número 9 . Fenómeno transitorio – Objetivo</i>	126
<i>Teoría</i>	126
<i>Cuestionario</i>	126

CAPITULO 4

4. EXPERIMENTOS DESARROLLADOS.

INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se presenta una descripción de los experimentos seleccionados, así como su presentación base para la programación en VisualBasic y su implementación física.

4.1. EXPERIMENTOS.

En el presente capítulo se relaciona el proceso experimental por medio de la simulación y mediante toma de datos en tiempo real utilizando el PC como una herramienta de trabajo.

4.1.1. Etapas de la experimentación.

- Determinar las variables, las interpolaciones y resultados esperados.
- Determinar los datos que van a obtener.
- Realizar el experimento. Validación de resultados.
- Validar los resultados de la simulación con los resultados obtenidos a partir de los datos tomados en tiempo real.

- Interpretar los resultados.
- Sacar conclusiones.

En este numeral se presentan los experimentos desarrollados en el presente proyecto, los cuales fueron escogidos en base a los conocimientos fundamentales que un estudiante de pregrado debe tener sobre este tema y sobre el cual es necesario desarrollar la parte experimental para complementar y afirmar sus conocimientos.

4.1.2. Relación de experimentos.

- Efectos resistivos en los transformadores:
En este experimento se determinan las resistencias existentes en el transformador que afectan el rendimiento de este.
- Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores.
Se estudian el comportamiento del transformador en vacío (Sin carga).
- Desarrollo del modelo equivalente del transformador.¹
Se considera el transformador como una red de dos puertos para determinar el circuito equivalente.
- Análisis del transformador monofásico bajo carga.
Se determina la eficiencia del transformador monofásico.
- Análisis del transformador trifásico en conexiones estrella y delta bajo carga.

¹ Distribution Systems . Westinghouse. Segunda impresión.1965.pag211.

Se calcula la regulación del transformador trifásico en las conexiones indicadas.

- Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yz5.

Se analiza esta conexión como una aplicación de los transformadores de potencia.

- Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Dyy y Yyy.

- Análisis de transformadores monofásicos en paralelo con carga resistiva.

Determinar cuando dos transformadores monofásicos se pueden conectar en paralelo y como se reparten las cargas de acuerdo a su potencia

- Análisis del transitorio en transformadores.

Se visualiza una onda transitoria y su creación al interrumpirse una corriente eléctrica en un transformador.

4.2. EXPERIMENTOS CON TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.

El transformador monofásico es una máquina estática que consta de un bobinado primario que recibe la energía y bobinado secundario que la entrega para su utilización, con unas pérdidas mecánicas nulas.

En la determinación de las variables es necesario considerar ciertas magnitudes del transformador como conocidas, para lo cual se da la siguiente información:

Datos del transformador para realizar los experimentos 1 - 4.

Potencia nominal	$S_n = 270 \text{ VA}$
Voltaje nominal en el devanado primario	$V_{n_P} = 60 \text{ V}$
Voltaje nominal en el devanado secundario	$V_{n_S} = 120 \text{ V}$
Corriente en vacío	$I_{exc} = 20 \text{ mAmp}$
Resistencia del devanado primario	$r_P = 3.2 \Omega$
Resistencia del devanado secundario	$r_S = 3.2 \Omega$
Potencia en vacío del transformador monofásico	$P_0 = 1.2 \text{ W (Vatios)}$
Voltaje de cortocircuito en el primario	$V_{PCC} = 17.2 \text{ voltios (V)}$
Potencia de cortocircuito en el primario	$P_{PCC} = 78 \text{ Vatios (W)}$
Corriente de cortocircuito en el primario	$I_{PCC} = 4.50 \text{ Amperios (A)}$

4.2.1 . Experimento N° 1 "Efectos resistivos en el transformador ".

4.2.1.1 Objetivo:

Determinar las pérdidas ocasionadas en el transformador por los fenómenos que consumen potencia, tales como:

- Resistencia de los devanados
- Corrientes de Eddy
- Flujo disperso

4.2.1.2 Soporte Teórico

A continuación se incluyen los conceptos vitales a la hora de desarrollar esta experiencia de laboratorio.

4.2.1.2.1 Transformador eléctrico.

Es un dispositivo cuyos componentes son inmóviles, que se emplea para transferir la energía eléctrica de un circuito a otro circuito mediante el principio físico de la Inducción Electromagnética, trasladando la energía con variaciones en los parámetros de tensión y corriente, y dependiendo de la conexión se clasifican en circuitos monofásicos y circuitos polifásicos (los mas comunes son los trifásicos).

4.2.1.2.2 Sistemas magnéticos.

Contínuamente se investiga en la obtención de aleaciones ferromagnéticas que tienen múltiples aplicaciones en el diseño de dispositivos y máquinas eléctricas,

donde los parámetros dependen no solamente de la corriente que circula por el circuito , si no también de su variación con respecto al tiempo.

Ampere explicaba la imanación de un material ferromagnético como la orientación de las moléculas .Muchos de los desarrollos en el magnetismo han sido empíricos, los cuales han orientado a los investigadores en la construcción de una teoría moderna aplicando las teorías atómicas y cuánticas .

El magnetismo se puede explicar desde el punto de vista eléctrico, siendo creado por el movimiento de cargas eléctricas. En un átomo los electrones se mueven alrededor del núcleo, el cual se encuentra girando alrededor de su propio eje, creando un momento cinético y un momento magnético, los cuales son de sentido opuesto para el electrón y del mismo sentido para el núcleo. Los electrones también tienen otros momentos determinados por el giro alrededor de su eje y los movimientos en la órbita . El momento magnético total es el resultante de todos los momentos magnéticos componentes .

En una carga magnética giratoria existe un movimiento de precesión independiente del movimiento orbital o del de rotación, creando un campo magnético en sentido opuesto al campo magnético aplicado, produciendo un debilitamiento de este campo, efecto conocido como electromagnetismo.

Cuando os átomos se ionizan, se pierde la neutralización del átomo y por lo tanto la de los momentos magnéticos, orientándose su campo magnético en la dirección

del campo magnético aplicado , fenómeno que recibe el nombre de paramagnetismo. Cuando en un material se suprime el campo exterior , desaparecen los efectos diamagnéticos y paramagnéticos ante la desaparición del efecto de precesión o por que los momentos magnéticos se orientan de tal forma que su suma es nula.

Cuando en un material existe un momento magnético resultante, se dice que es ferromagnético. El paralelismo de los momentos magnéticos atómicos crea pequeñas regiones próximas entre si, denominadas dominios, las cuales se encuentran totalmente imanadas, determinando las sustancias ferromagnéticas. Cuando se aplica un campo magnético creciente a un material ferromagnético inicialmente desimanado, los dominios imanados aumentan de tamaño en la dirección del campo aplicado o próxima a él de acuerdo a la estructura cristalina, tal como se obseva el la figura N° 1 , la imanación del material aumenta hasta su saturación.

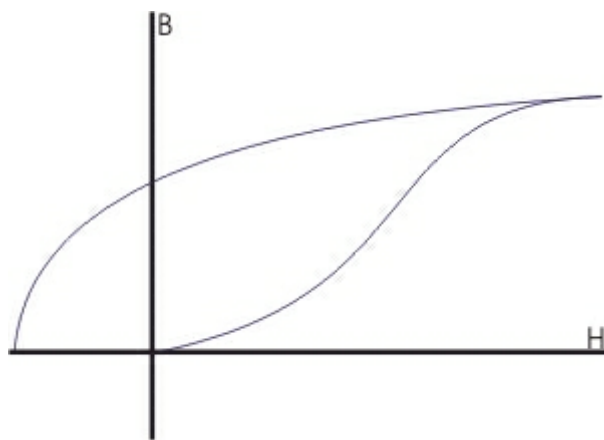


Figura N° 1.- Curva de imanación de un material ferromagnético.

4.2.1.2.3 Núcleo Magnético

Los transformadores pueden ser tipo núcleo cuando los devanados abrazan un núcleo único o acorazado cuando el flujo que atraviesa a un grupo de devanados tiene al menos dos componentes que corresponden a circuitos magnéticos paralelos.

Cuando se tienen materiales ferromagnéticos, un circuito eléctrico presenta fenómenos resistivos que dependen de la corriente y de la forma como esta cambia respecto al tiempo. También se presentan fenómenos inductivos que no son lineales y tampoco es función uniforme de la intensidad de la corriente.

La teoría electromagnética indica que cuando una carga eléctrica que se mueve a una velocidad V , crea un campo magnético H perpendicular al plano formado por V y P siendo P un punto del plano de referencia para H ¹ (Figura N° 2)

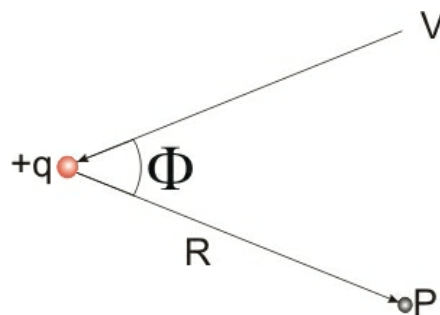


Figura N° 2.- Plano $V P$ donde se mueve una carga $q+$

¹ E.E.Staff del M.I.T.Circuitos Magnéticos y transformadores .Editorial Reverté .1965. pg 9

$$H = \frac{qV \text{ sen } \phi}{r_2}$$

La relación entre un campo magnético H y la inducción magnética B se puede expresar mediante curvas características. Considerando un hilo de cobre enrollado sobre un núcleo toroidal, tal como indica la Figura N° 3 y considerando que el campo magnético inicial en el anillo es 0, la relación entre B y H esta dada por la Figura N° 4.

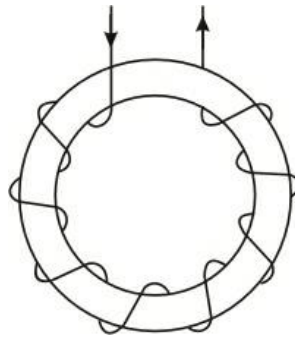


Figura N° 3.- Circuito magnético toroidal. ²

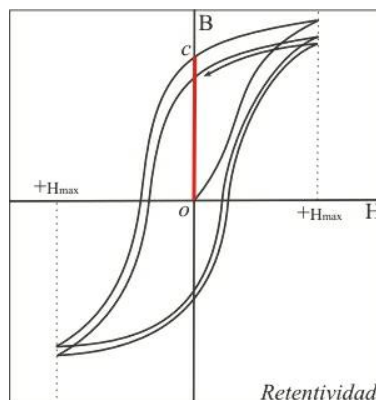


Figura N° 4 .- Ciclo de histéresis ³

Cuando una carga eléctrica q se mueve con velocidad u se crea un campo magnético.

² “ E.E:Staff del M.I.T. Circuitos Magnéticos y Transformadores .Editorial Reverté.S.A. Ediciones Castilla :Madrid. 1965. pagina 21”

Cuando H varia entre Hmax y -Hmax la relación entre B y H sigue una curva que inicialmente difiere un poco una de otra, hasta llegar a estabilizarse. Cada material magnético posee una curva definida denominada ciclo de histéresis. Los materiales magnéticos se diferencian por sus propiedades tales como:

4.2.1.2.4 Circuito Magnético

Un circuito magnético está formado por materiales de alta permeabilidad, de sección uniforme, donde queda confinado el flujo magnético.(Figura N° 3)

Con ayuda del teorema de STOKES se deduce que:

$$\oint H \cdot dl = I$$

Los argumentos de simetría indican que **H** es el mismo en todos los puntos de la trayectoria. Por lo tanto:

$$Hl = NI \Rightarrow H = \frac{NI}{l}$$

³ “ E.E:Staff del M.I.T. Circuitos Magnéticos y Transformadores .Editorial Reverté.S.A. Ediciones Castilla :Madrid. 1965. pagina 21”

Las líneas de flujo magnético forman curvas cerradas, si todo el flujo magnético asociado con una distribución particular de corrientes se encuentra dentro de una trayectoria definida, se tiene un circuito magnético .

Al considerar un circuito magnético toroidal con un devanado de N vueltas, conduciendo I amperios , aplicando la ley de AMPERE en una trayectoria cerrada se tiene :

$$\oint Hdl = NI \text{ pero } B = \mu H \text{ y } \Phi = BA \text{ donde:}$$

- A Es el área de la sección transversal del circuito magnético en Consideración.
- B Densidad del flujo magnético.
- μ Permeabilidad magnética del material que forma el núcleo magnético.
- N Número de espiras de la bobina.
- I Corriente que circula por la bobina.

$$\oint \frac{\Phi dl}{\mu A} = NI$$

Si Φ es constante en todos los puntos del circuito magnético

$$\Phi \int \frac{dl}{\mu A} = NI$$

Definiendo NI como una fuerza magnetomotriz (fmm) y $\oint \frac{dl}{\mu A}$ como la reluctancia R,

$$\Phi = \frac{fmm}{R}$$

4.2.1.2.5 Magnetismo remanente

Inducción magnética B que queda en el material al eliminar el campo magnético que le ha sido aplicado.

4.2.1.2.6 Inducción magnética residual bres (og).

Es la magnitud de la inducción magnética cuando el campo magnético H es cero.

4.2.1.2.7 Retentividad

Cuando se satura un material magnético y luego se suprime el campo magnético, la inducción magnética remanente en el material se denomina retentividad .

4.2.1.2.8 Campo Coercitivo.

Magnitud del campo magnético para la cual se anula la inducción magnética cuando el material esta imanado en condición simétrica cíclica.

4.2.1.2.9 Coercitividad.

Campo coercitivo requerido para anular la inducción magnética partiendo de una condición correspondiente a la inducción de saturación.

4.2.1.2.10 Refrigeración.

En transformadores pequeños, la superficie del material es grande, siendo suficiente la refrigeración por radiación y por conversión natural para mantener la temperatura del transformador dentro de los límites permisibles para su normal funcionamiento a medida que aumenta el tamaño del transformador su volumen crece más que el área haciendo ineficiente la refrigeración por radiación y conversión, haciéndose necesario utilizar otros medios para mejorarla.

4.2.1.2.11 Sistema de refrigeración por aire..

En este caso circula el aire por conversión. Para tener un transformador refrigerado por aire sus dimensiones deben incrementarse con respecto a otros medios de refrigeración.

4.2.1.2.12 Sistema de refrigeración por corriente de aire forzado

Esta aplicación corresponde a la utilización de ventiladores los cuales mejoran la eficiencia de la refrigeración.

4.2.1.2.13 Sistema de refrigeración por aceite

Es uno de los métodos mas eficientes de refrigeración ya que todas las partes del transformador se encuentran sumergidas en el aceite se utiliza un aceite de buena rigidez dieléctrica, baja viscosidad, bajo punto de congelación y alto punto de ignición, el aceite no debe ser corrosivo, no debe oxidarse ni formar lodo. Figura N° 5.

Es afectado por la humedad, haciendo que el transformador posea algún sistema para controlar su entrada.



Figura N° 5 Transformador refrigerado por aceite

4.2.1.2.14 Sistema de refrigeración por aceite y aire forzado.

Con este sistema se aplica el aire de potencia que el transformador puede soportar.

4.2.1.2.15 Sistema de refrigeración por aceite y agua

Este sistema requiere tener una fuente de agua en el lugar de instalación del transformador el agua se hace circular a través de un serpentín que rodea la cuba anteriormente.

4.2.1.2.16 Sistema de refrigeración por aceite forzado.

Se hace circular el aceite mediante bombas a través de un sistema exterior el cual es refrigerado por otro medio.

4.2.1.2.16 Efectos resistivos en los transformadores.

Cuando se tiene un transformador que suministra potencia a una determinada carga de características lineales, alimentado por una fuente senoidal, con una resistencia interna R_G constante, el circuito tiene características lineales (Se desprecian los efectos armónicos de la corriente de excitación, los cuales producen distorsiones en las tensiones inducidas), la corriente de excitación y las tensiones varían senoidalmente, donde se puede deducir que

(figura N° 6) :

$$V_1 = (R_1 + jX_1)I_1 + E_1$$

$$V_2 = (R_2 + jX_2)I_2 + E_2$$

Donde :

V_1 = Voltaje entre los terminales de entrada.

V_2 = Voltaje entre los terminales de salida.

e_1 = Tensión inducida por el flujo en el devanado primario del transformador.

e_2 = Tensión inducida por el flujo en el devanado secundario del transformador.

i_1 = Corriente en el devanado primario del transformador.

i_2 = Corriente en el devanado secundario del transformador.

R_1 = Resistencia del devanado primario del transformador.

R_2 = Resistencia del devanado secundario del transformador.

X_1 = Reactancia de fuga del devanado primario del transformador.

X_2 = Reactancia de fuga del devanado secundario del transformador.

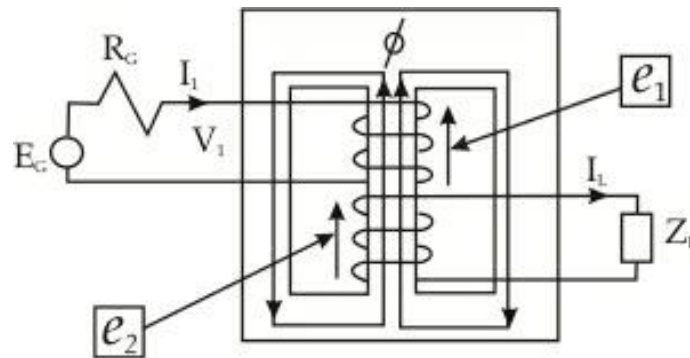


Figura N° 6.- Transformador monofásico

$$X_1 = j\omega L_1$$

$$X_2 = j\omega L_2$$

Si el flujo en el material magnético varía senoidalmente , la corriente de excitación no necesariamente es senoidal , debido a la influencia del ciclo de histéresis que se presenta en el material del núcleo del transformador .

En la bobina de la figura N° 7 se tiene :

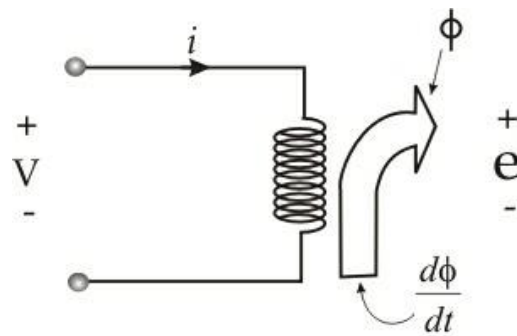


Figura N° 7.- Bobina sobre la cual se crea un flujo ϕ .

$$v = Ri + \frac{d\phi}{dt}$$

donde:

$R \Rightarrow$ Resistencia del bobinado

$\phi \Rightarrow$ Flujo instantáneo a través de la bobina.

Cuando la corriente que circula por una bobina gira en el mismo sentido que las manecillas del reloj para un observador que mira en la dirección del eje de la bobina, el flujo creado por la bobina se aleja del observador. Como la corriente es alterna, las flechas indican el sentido positivo de la corriente y el flujo.

En el circuito de la bobina

$$v = Ri + \frac{d\phi}{dt}, \text{ si } v \text{ es un voltaje de corriente continua, } v = Ri, \text{ siendo } v$$

independiente de las características del núcleo magnético, por lo tanto $V_{cc} = R I_{cc}$

de donde $I_{cc} = V_{cc}/R$.

Analizado el comportamiento de la bobina , se puede analizar el comportamiento de un transformador con el secundario abierto .

(Figura N° 8)

Donde :

$V \Rightarrow$ Voltaje de la fuente de excitación.

$R_i \Rightarrow$ Resistencia interna de la fuente.

$N_1 \Rightarrow$ Número de espiras del devanado primario.

$N_2 \Rightarrow$ Número de espiras del devanado secundario.

$R_1 \Rightarrow$ Resistencia del devanado primario.

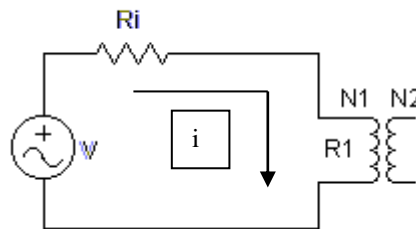


Figura N° 8.- Transformador con secundario abierto.

Del primario del transformador se puede obtener la siguiente ecuación:

$$V = (R_i + R_1)i + \frac{d\phi}{dt}$$

Considerando que todo el flujo atraviesa todas las espiras del devanado primario

N_1 ,

$$V = (R_i + R_1)i + N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

Ahora considerando que todo el flujo atraviesa las N_2 espiras del devanado secundario, la tensión inducida será:

$$v_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

Como la corriente i crea el flujo ϕ se denomina corriente de excitación, cuya curva ϕ vs i puede observarse en la figura N° 9

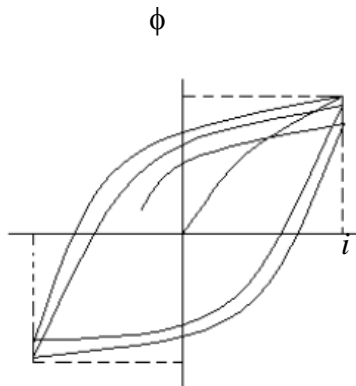


Figura N° 9. - Curva representativa de la variación del flujo en el núcleo de un Transformador en función de la corriente de excitación.

La gráfica anterior corresponde al ciclo de histéresis del núcleo, la cual no puede ser expresada analíticamente, puesto que la relación flujo – corriente de excitación no es lineal, haciendo que la corriente de excitación no sea lineal.

La resistencia en el devanado primario de un transformador es demasiado pequeña, haciendo que V_R sea pequeña y despreciable frente al valor de V (Voltaje de la fuente)

Por lo tanto la ecuación *** queda en la siguiente forma:

$$v_1 = N \frac{d\phi}{dt} \text{ siendo } N \frac{d\phi}{dt} \text{ la tensión inducida por el flujo variable } \phi \text{ y } N \text{ el número}$$

de espiras del devanado excitado. Si la tensión aplicada es senoidal, el flujo es aproximadamente senoidal (Figura N° 10) y se encuentran desfasados 90° aproximadamente. (Figura N° 11)

$$\text{Si } \phi = \Phi_m \text{ sen } \omega t \Rightarrow v = \omega N \Phi_m \text{ cos } \omega t$$

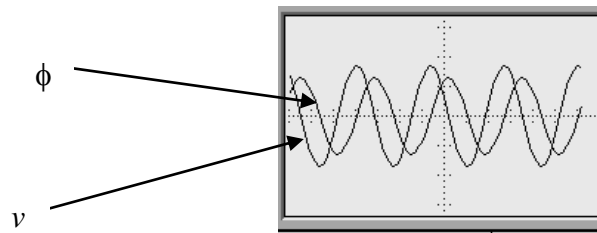


Figura N° 10 Forma de onda correspondiente al flujo y la tensión inducida.

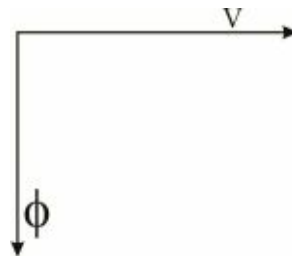


Figura N° 11.- Representación fasorial de v y ϕ

De la ecuación v se obtiene:

$$V_m = \omega N \Phi_m = 2\pi f N \Phi_m \quad \text{por lo tanto} \quad V_{rms} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f N \Phi_m .$$

$$V_{rms} = 4.44 f N \Phi_m \Rightarrow \Phi_m = \frac{V_{rms}}{4.44 f N}$$

Si Φ_m se da en Weber, V se obtiene en voltios.

De acuerdo a la ley de Faraday:

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi_1}{dt} \quad \text{y} \quad v_2 = N_2 \frac{d\phi_2}{dt}$$

Como $\phi_1 = \phi_2$

$$v_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad \text{y} \quad v_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

Donde ϕ es el valor instantáneo del flujo y N_1 , N_2 el número de espiras de los devanados primario y secundario respectivamente del transformador.

Expresando los voltajes v_1 , v_2 , en forma fasorial y dividiendo dichas ecuaciones entre si, se obtiene:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

De acuerdo a la ley de Ampere $\oint H \cdot ds = i$ donde:

i = Corriente total que pasa a través de un área limitada por una trayectoria cerrada.

H = Intensidad del campo magnético.

Por lo tanto $\oint H \cdot ds = N_1 i_1 - N_2 i_2$ puesto que las fuerzas magnetomotrices

creadas por i_1 e i_2 son opuestas. Pero $\oint H \cdot ds = 0 \Rightarrow N_1 I_1 - N_2 I_2 = 0$

Si se expresan las corrientes en forma fasorial se obtiene:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Al conectar una impedancia Z_2 al devanado secundario

$$Z_2 = \frac{V_2}{I_2} \Rightarrow Z_2 = \frac{\frac{N_2}{N_1} V_1}{\frac{N_2}{N_1} I_1} \Rightarrow Z_2 = \frac{V_1}{I_1} \frac{N_2^2}{N_1^2} \Rightarrow \frac{V_1}{I_1} = Z_2 \frac{N_1^2}{N_2^2} \Rightarrow Z_1 = Z_2 \frac{N_1^2}{N_2^2} \text{ que es igual a la}$$

impedancia Z_2 referida al primario $Z_2' = Z_1 = Z_2 \frac{N_1^2}{N_2^2}$

Los transformadores eléctricos con núcleo de hierro presentan imperfecciones que originan pérdidas, entre las cuales se pueden indicar como principales:

Resistencia de los devanados.

Fugas magnéticas.

La corriente de excitación para crear el flujo.

Las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault.

Nota.- Se han despreciado los efectos capacitivos en los devanados.

Las ecuaciones fundamentales para los voltajes primario y secundario del transformador son:

$$v_1 = R_1 i_1 + e_1$$

$$v_2 = R_2 i_2 + e_2$$

Donde :

v_1 y v_2 son los voltajes instantáneos primario y secundario .

i_1 e i_2 son los valores instantáneos de la corriente en el primario y secundario .

R_1 y R_2 son las resistencias efectivas del primario y secundario .

Cuando se van a evaluar las pérdidas de un transformador, se hace la prueba en vacío el cual consiste en:

a) Determinar la resistencia de cada devanado.

El valor de la resistencia se puede obtener a partir de las características físicas del devanado.

$$ROP = \frac{0,054 N_p Dmp(m)}{Acp(mm^2)} \Omega$$

Donde :

ROP = Resistencia óhmica del devanado primario.

Np = Número de espiras del devanado primario.

Dmp= Diámetro del conductor del devanado primario expresado en metros.

Acp = Area de la sección transversal del conductor del devanado primario expresada en milímetros cuadrados.

$$ROS = \frac{0,054 N_s Dms(m)}{Acs(mm^2)} \Omega$$

Donde :

ROS = Resistencia óhmica del devanado secundario.

Ns = Número de espiras del devanado secundario.

Dms = Diámetro del conductor del devanado secundario expresado en metros.

Acs = Area de la sección transversal del conductor del devanado secundario expresada en milímetros cuadrados.

b) Resistencia obtenida a partir de la ley de Ohm.

$$ROP = \frac{V_{CCP}}{I_{CCP}}$$

ROP = Resistencia óhmica del devanado primario.

Vccp = Voltaje en corto circuito del devanado primario.

Iccp = Corriente en corto circuito del devanado primario.

$$ROS = \frac{V_{CCS}}{I_{CCS}}$$

ROS = Resistencia óhmica del devanado secundario.

Vccs = Voltaje en corto circuito del devanado secundario.

Iccs = Corriente en corto circuito del devanado secundario.

Resistencia efectiva del transformador.

La resistencia efectiva incluye los cuatro tipos de pérdidas indicados para el transformador.

$$R_{efp} = \frac{(Vacp)^2}{Wp}$$

$$Re fs = \frac{(Vacs)^2}{Ws}$$

$$Vacs = aVacp$$

Donde :

Refp = Resistencia efectiva del devanado primario.

Refs = Resistencia efectiva del devanado secundario.

Vacp = Voltaje de corriente alterna aplicado al devanado primario.

Vacs = Voltaje de corriente alterna aplicado al devanado secundario.

Wp = Potencia consumida por el devanado primario.

Ws = Potencia consumida por el devanado secundario.

a = Relación de transformación $a = \frac{V_1}{V_2}$

4.2.1.2.17 Resistencia equivalente a las pérdidas en vacío

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2}$$

Donde :

Ro = Resistencia equivalente a las pérdidas en vacío.

Po = Potencia consumida por el transformador en vacío.

Io = Corriente en el devanado primario del transformador conectado sin carga.

4.2.1.2.18 Resistencia óhmica del devanado primario.

$$ROP = \rho \frac{l_p}{A_{cp}} = \frac{\rho}{A_{cp}} \cdot N_p D_{mp} \pi = \frac{0.0172 \cdot x N_p D_{mp}(m) \pi}{A_{cp}(mm^2)} \text{ ohmios} = \frac{0.054 \cdot x N_p D_{mp}(m)}{A_{cp}(mm^2)} \Omega$$

$$ROS = \rho \frac{l_s}{A_{cs}} = \frac{\rho}{A_{cs}} \cdot N_s D_{ms} \pi = \frac{0.0172 \cdot x N_s D_{ms}(m) \pi}{A_{cs}(mm^2)} = \frac{0.054 \cdot x N_s D_{ms}(m)}{A_{cs}(mm^2)} \Omega$$

$$ROS = \frac{V_{ccs}}{I_{ccs}}$$

$$ROP = \frac{V_{ccp}}{I_{ccp}}$$

4.2.1.2.19 Resistencia efectiva.

$$Re_{fp} = \frac{(V_{acp})^2}{W_p} \quad Re_{fs} = \frac{(V_{acs})^2}{W_s}$$

$$V_{acs} = \alpha V_{acp}$$

4.2.1.2.19 Resistencia equivalente para las pérdidas en vacío

$$R_o = \frac{p_o}{I_o^2}$$

Ref-Ro = Req.pérdidas en vacío (Foucault + histéresis+ dispersión)

4.2.1.3 . Experimento N° 1.

Efectos resistivos en un transformador –Simulación

1.- Para devanado secundario abierto, introduzca el voltaje primario del transformador V_p (V)

2.- Introduzca la corriente que fluye en el devanado primario I_{exc} (Amp)

3.- Obtenga las pérdidas en el cobre del devanado primario

debidas a la corriente de excitación $P_{cwo} = r_p I_{exc}^2$ (Vatios)

4.- Obtenga las pérdidas totales en vacío $P_o = V_p I_{exc}$ (Vatios)

5.- Obtenga el valor de la impedancia de pérdidas en vacío

$$Z_m = \frac{V_p}{I_{exc}} (\Omega)$$

El programa ejecuta todos los cálculos y los resultados los guarda en un archivo temporal para ser comparados para con los datos calculados por el experimentador.

4.2.1.4. Experimento N°1. Ejecución en tiempo real " Efectos resistivos en el transformador".

1.- Con el devanado secundario abierto, aplicar voltaje al primario del transformador V (V)

2.- Medir la corriente que fluye en el devanado primario I_{exc} (Amp)

3.- Pérdidas en el cobre del devanado primario debidas a la corriente de excitación $P_{cwo} = r_p I_{exc}^2$ (Wattios)

4.- Pérdidas totales en vacío $P_o = VI_{exc}$ (Wattios)

5.- Valor de la impedancia de pérdidas en vacío

$$Z_m = \frac{V_p}{I_{exc}} (\Omega)$$

Como se puede observar en los numerales 4.1.2.1 y 4.1.2.2, mientras en la simulación los datos se introducen para el desarrollo de los cálculos, en la toma de datos en tiempo real, los diferentes parámetros son medidos.

4.2.1.5 Cuestionario de complementación

Debe ser resuelto y enviado por E-MAIL al laboratorio de conversión de energía [Transformadores eléctricos] dirección electrónica -----.

Cuestionario N° 1.- Efectos resistivos en los transformadores.

1.- En que consiste la teoría magnética sugerida por AMPERE.

2.- Desde el punto de vista eléctrico como puede explicarse el magnetismo de un

material ..

3.- En que consisten los dominios magnéticos.

4.- Cuales son las características fundamentales de los materiales ferromagnéticos

5.- Explique en que consisten las chapas de acero al silicio tipo:

- Campo
- Inducido
- Motor
- Dinamo
- Transformador.

6.- Que entiende por:

- Ciclo de histéresis.
- Magnetismo remanente.
- Pérdida por histéresis.
- Inducción residual.
- Campo coercitivo.
- Permeabilidad estática.
- Reluctividad.

7.- En que consiste un circuito magnético.

8.- Como se determina la reluctancia de un circuito magnético compuesto de diferentes materiales.

9.- Que se entiende por pérdidas por histéresis.

10.- Que se entiende por pérdidas por corrientes de Foucault.

11.- Como se obtienen las pérdidas totales en le núcleo de un transformador.

- 12.- Que se denomina efecto cortical o pelicular en el núcleo de los transformadores.
- 13.- Cual es la diferencia entre resistencia óhmica y resistencia efectiva en corriente alterna.
- 14.- Como se determina la tensión inducida por un flujo senoidal en un transformador.
- 15.- Como es el comportamiento de la corriente de excitación en un transformador para un flujo senoidal.
- 16.- Cual es la diferencia entre un transformador ideal y un transformador real.
- 17.- Explique brevemente las principales etapas en la construcción de transformadores.
- 18.- Que se entiende por fugas magnéticas en los transformadores.
- 19.- En que consiste una inductancia de fuga.
- 20.- Que importancia tiene la ley de FARADAY y el teorema de STOKES en el cálculo de corrientes inducidas en un conductor.

4.2.2 Experimento N°2. "Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores".

4.2.2.1 Objetivo:

Determinar las pérdidas en el núcleo del transformador ocasionada por la corriente alterna que alimenta el devanado primario.

Se supone que todo el flujo magnético del transformador se encuentra confinado en el núcleo, el cual posee una reluctancia R , produciendo unas pérdidas que deben ser evaluadas, y que afectan el rendimiento del transformador.

4.2.2.2 Experimento Nº 2 (Teoría)

4.2.2.2.1. *Pérdidas en el núcleo magnético.*

Pérdida por histéresis: Oposición de un material a perder su imanación

Pérdidas por corrientes de Foucault. Son pérdidas caloríficas originadas al variar un flujo magnético con el tiempo.

Las pérdidas totales en núcleo están determinadas por la suma de las pérdidas por corrientes de Foucault y las pérdidas por histéresis.

4.2.2.2.2 *Corriente de excitación y pérdidas sin carga.*

La rama en paralelo del circuito equivalente representa la corriente que fluye desde el sistema de suministro cuando los bobinados del transformador son excitados sin carga.

La corriente magnetizante es la requerida para producir el flujo suficiente en el núcleo, de tal manera que el voltaje aplicado es igual al voltaje inducido en el bobinado. Si no hay saturación del núcleo, la corriente magnetizante puede ser

sinusoidal en fase con el flujo y puede retrasarse 90° con respecto al voltaje aplicado.

Sin embargo, para mantener pequeñas pérdidas en el hierro, en la práctica se hace que el transformador opere cercano al codo de la curva de saturación. Así la corriente magnetizante se distorsiona y la onda está formada no solamente por la onda de corriente fundamental sino también de un rango de armónicos impares.

Las pérdidas sin carga de un transformador son las pérdidas en el hierro, pérdidas dieléctricas y las pérdidas en el cobre originadas por la corriente de excitación. Las pérdidas en el hierro comprenden las pérdidas por histéresis y las pérdidas por corrientes de Eddy y representan la porción resistiva de la impedancia en paralelo.

4.2.2.3. Relación de pérdidas.

La máxima eficiencia de operación de un transformador tiene lugar cuando las pérdidas sin carga son iguales a las pérdidas con carga. Así las pérdidas sin carga son constantes, mientras que las pérdidas con carga son variables, la máxima condición de eficiencia se presenta para una carga particular.

$$L = (Fe / Cu)^{1/2} = 1/(R)^{1/2} \text{ donde:}$$

L = Carga en Kva para que el transformador opere con la mayor eficiencia.

Cu = Pérdidas en la carga, para la carga nominal en vatios.

Fe = Pérdidas sin carga en vatios.

R = Relación de pérdidas = Cu / Fe .

La relación de pérdidas es importante en transformadores de potencia, mas no en los transformadores de distribución debido a la construcción en masa de estos.

4.2.2.3. Experimento N° 2 . Proceso de simulación "Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores ".

1.- Con el devanado secundario abierto, introduzca el voltaje primario del transformador V_p (V)

2.- Introduzca la corriente que fluye en el devanado primario I_{exc} (Amp)

3.- Obtenga las pérdidas en el cobre del devanado primario debidas a la corriente de excitación

$$P_o = r_p I_{exc}^2 \text{ (Vatios)}$$

4.- Obtenga las pérdidas totales en vacío

$$P_o = V_p I_{exc} \text{ (Vatios)}$$

5.- Obtenga las pérdidas en el núcleo

$$P_{nu} = P_o - P_{cu0}$$

4.2.2.4. Experimento N°2. Ejecución en tiempo real "Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores.

1.- Con el devanado secundario abierto, aplicar voltaje al primario del transformador V_P (V)

2.- Medir la corriente que fluye en el devanado primario I_{exc} (Amp)

3.- Pérdidas en el cobre del devanado primario debidas a la corriente de excitación $P_{cuo} = r_p I_{exc}^2$ (Vatios)

4.- Pérdidas totales en vacío $P_o = VI_{exc}$ (Vatios)

5.- Pérdidas en el núcleo $P_{nu} = P_o - P_{cuo}$

4.2.2.5 Experimento N° 2 (Cuestionario de Complementación)

Debe ser resuelto y enviado por E-MAIL al laboratorio de conversión de energía [Transformadores eléctricos] dirección electrónica -----.

Cuestionario N° 2.- Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores.

1.- Indique el circuito equivalente para una bobina con núcleo de hierro.

2.-Cuál es el diagrama fasorial que representa una bobina con núcleo de hierro.

3.- Como se determina la pérdida en el núcleo de un transformador a partir de la

potencia de entrada.

- 4.- Como se determinan los parámetros del circuito equivalente de una bobina (La componente de corriente correspondiente a la pérdida en el núcleo, conductancia de pérdida en el núcleo, componente de la corriente correspondiente a la corriente magnetizante y la susceptancia magnetizante).
- 5.- Que relación existe entre las pérdidas en el núcleo con carga y las pérdidas en el núcleo en vacío. Justifique su respuesta.
- 6.- Que se denomina pérdidas por efecto Joule en un transformador.
- 7.- Como se determina el rendimiento de un transformador.
- 8.- Como se determinan los costos de funcionamiento de un transformador.

4.2.3. Experimento N°3. Desarrollo del modelo equivalente del transformador".

4.2.3.1 Objetivo:

A partir de los parámetros corriente y voltaje del devanado primario y secundario del transformador, obtener el modelo equivalente de resistencias y reactancias.

El comportamiento del transformador, al ser analizado como una red de dos puertos, es expresado por un conjunto de ecuaciones que dan origen a un modelo matemático, representado en la figura N° 4-1.

4.2.3.2 Experimento N° 3 (Teoría)

4.2.3.2.1. Circuito equivalente de un transformador.

Un transformador está constituido por un bobinado primario , un núcleo y bobinado secundario. El bobinado primario está conectado a la fuente de potencia, y el bobinado secundario está conectado al sistema secundario que alimenta la carga. Para los transformadores de distribución de dos bobinados, el bobinado primario es normalmente de voltaje mayor que el bobinado secundario.

El bobinado primario crea un flujo ϕ_m en el hierro, que también enlaza el bobinado secundario. La variación del flujo, creada por la variación del voltaje sinusoidal aplicado al bobinado primario, induce un voltaje en el bobinado secundario, que es inversamente proporcional a la relación de vueltas entre los bobinados primario y secundario (a). La conexión de una carga a los terminales del secundario produce una corriente I_s que fluye en el secundario y una corriente I_P que fluye en el devanado (Bobinado) primario.

El circuito equivalente para un transformador, se muestra en la siguiente figura .

(Figura N° 12):

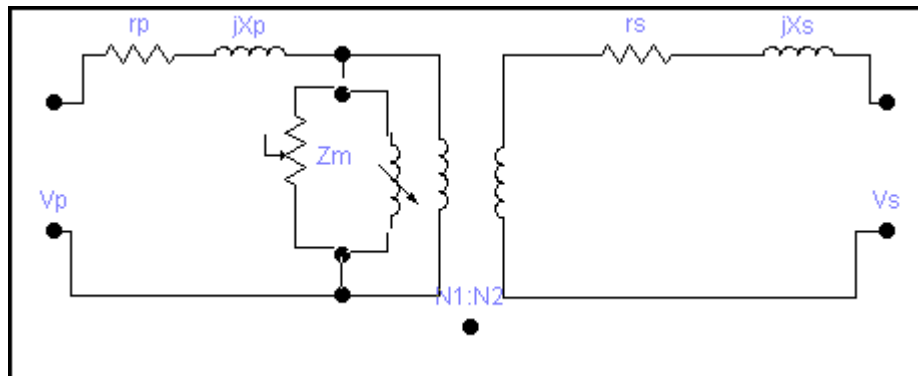


Figura N° 12 - Circuito equivalente completo de un transformador.

Los componentes serie representan la resistencia y la reactancia de cada devanado y el circuito R L paralelo, denominado rama Z_m , representa los efectos de la corriente requerida para magnetizar el núcleo y proporcionar las pérdidas de potencia debidas a la histéresis, y corrientes de Eddy en el hierro.

4.2.3.2.2. Impedancia del transformador.

Es más conveniente expresar la impedancia de un transformador como un porcentaje de los KVA. base. El porcentaje de impedancia de un transformador se puede encontrar cortocircuitando un bobinado y aplicando suficiente voltaje al otro para que circule la corriente nominal. El voltaje requerido para hacer circular la corriente nominal, expresado como un porcentaje del voltaje nominal del bobinado al cual es aplicado, es numéricamente igual al porcentaje de impedancia del transformador. El porcentaje de impedancia puede ser convertido a ohmios sobre el lado de alto o bajo voltaje mediante la siguiente fórmula:

$$Z(\text{Ohmios}) = Z(\text{ en porcentaje}) \times 10 (\text{kV nominal})^2 / \text{Kva. nominal.}$$

Donde KVa. nominal son los KVA nominales del transformador y kV nominal es el voltaje nominal en el bobinado donde se expresan los ohmios.

En los transformadores de potencia la reactancia es normalmente mayor que la resistencia y la impedancia se puede considerar completamente reactiva, si se desprecia la resistencia. Sin embargo en los pequeños transformadores de distribución, la reactancia es pequeña y puede ser de hecho menor que la resistencia del transformador.

4.2.3.2.3. Desarrollo del modelo equivalente del transformador monofásico.

(Figura N°13)

$$\tan \Theta = \frac{X_l}{R_{eq}}$$

$$\Theta = \tan^{-1} \frac{X_l}{R_{eq}}$$

$$Z_m = \frac{V^2}{P_o}$$

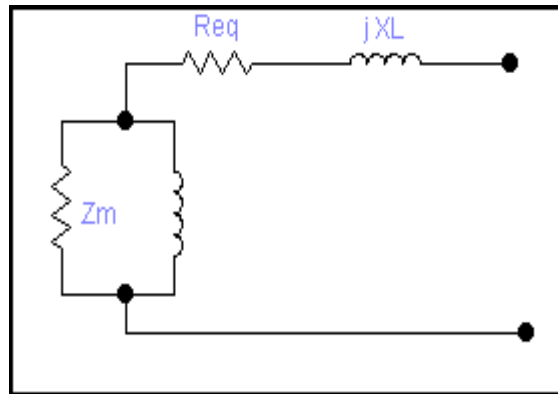


Figura N° 13

Circuito equivalente aproximado del transformador monofásico.

4.2.3.2.4. Cálculos.

$$Z_s = \frac{V_s}{I_s}$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - r_s^2}$$

V_p (medir)

I_p (medir)

$$Z_t = \frac{V_p}{I_p}$$

$$Z_p + Z_t - a^2 Z_s$$

$r_p =$ (conocido)

$$X_p = \sqrt{Z_p^2 - r_p^2} \qquad \vec{E}_p = \vec{V}_p - \vec{I}_p \vec{X}_p - \vec{Z}_p \vec{r}_p$$

$\phi_m =$ Flujo mutuo (Flujo que eslabona los devanados primario y secundario)

$$\vec{I}_p = -\frac{\vec{I}_s}{a} + \vec{Z}_0$$

$$\phi = (E_p * 10^8) / 4.44 N_p f$$

1. $N_p =$ Número de espiras del devanado primario.

2. $F =$ Frecuencia en Hz.

$$\phi_m = B_m A$$

$B_m =$ Densidad de Flujo (Weber/m²).

$A =$ Area (m²).

4.2.3.2.5. Circuito equivalente de los transformadores monofásicos.

Desde el punto de vista de las aplicaciones, las características más importantes que definen el comportamiento de los transformadores monofásicos son la regulación de voltaje bajo varias condiciones de carga y las corrientes de corto circuito que fluyen durante las condiciones de falla, características que son difíciles de obtener cuando el transformador se encuentra conectado a un circuito. El circuito equivalente nos permite analizar el comportamiento de un transformador, donde en muchos casos se desprecia la rama correspondiente a la magnetización

4.2.3.2.6. Pérdidas en los transformadores.

Las pérdidas debidas a la carga en los transformadores o pérdidas en los bobinados se pueden definir como las pérdidas de potencia cuando el transformador tiene una carga.¹ Las pérdidas debidas a la carga se producen por las resistencias de los bobinados primario y secundario R_p y R_s respectivamente y son directamente proporcionales al cuadrado de la corriente de carga.²

Pérdidas por carga = $(\text{Kva. en la carga} \cdot \text{kVnominales} / \text{Kva. nominales} \cdot \text{kV actuales})^2$

Donde la carga del transformador es conocida en Kva., así como los amperios.

¹ E.E. Staff del Mit. Circuitos magnéticos y transformadores. Edit. Reverte S.A. España. 1965, pag. 357

² Ramsis S. Girgis, Kurt Gramm, De G. Tenijenhuis, Jan-Erik Wrethag, "Investigaciones experimentales sobre los efectos producidos por los atributos del núcleo en la obtención de las pérdidas en los transformadores", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 13. No.2 Abril 1998

Porcentaje de pérdidas = (Vatios perdidos en la carga / 10 Kva. nominales)

Las pérdidas también se pueden dar en términos de la resistencia en Ohmios referida al lado de alto voltaje o el lado de bajo voltaje en porcentaje.

$$\text{Pérdidas por carga} = I_p^2 (R_p + N^2 R_s)$$

$$I_s^2 \left(R_s + \frac{N_p^2}{R^2} \right)$$

Donde el término entre paréntesis representa la resistencia referida al bobinado de alto voltaje y bobinado de bajo voltaje respectivamente.

Las pérdidas por carga son función lineal de la resistencia de los bobinados. Así la resistencia de los bobinados cambie con la temperatura, las pérdidas por carga similarmente cambian con la temperatura de los bobinados. Las pérdidas dadas por los constructores de transformadores son dadas normalmente a 75 °C.

4.2.3.2. 7. Regulación.

La regulación de carga completa de un transformador es la variación en el voltaje secundario, expresada en porcentaje del voltaje nominal secundario, que ocurre

cuando los Kva. de salida nominales para un factor de potencia específico se reduce a cero, con el voltaje primario constante.

El porcentaje de regulación puede ser calculado para alguna carga y algún factor de potencia mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ regulación} = pr + qr \frac{(px - qr)^2}{200} \times \frac{\text{Corriente.de.Operacion}}{\text{Corriente.Nomimal}}$$

Donde:

$$\% \text{ Porcentaje.de.resistencia} = \frac{\text{Perdidas.para.la.carga.nominal.en.vatios}}{10 \times \text{Kva.Nomimal}}$$

z = porcentaje de impedancia.

θ = Angulo del factor de potencia (Positivo cuando la corriente retrasa al voltaje)

p = $\cos \theta$

q = $\text{sen } \theta$

4.2.3.2.8. Eficiencia.

La eficiencia de un transformador, expresada por unidad, es la relación de la potencia de salida a la potencia de entrada.

Eficiencia = Salida / Entrada = 1 - (pérdidas / entrada)

Las pérdidas totales son la suma de las pérdidas sin carga y pérdidas con carga.

4.2.3.3. Experimento N°3. Proceso de simulación "Desarrollo del modelo equivalente del transformador " .

1.-Seleccionar una carga resistiva y aplicarla al devanado secundario del transformador r_L (600 Ω , 300 Ω , 150 Ω , 0 Ω)

2.-Introducir el voltaje del devanado primario del transformador V_p
devanado secundario del transformador V_s

4.-Obtener la corriente del devanado secundario del transformador I_s

5.- Obtener la impedancia del secundario $Z_s = \frac{V_s}{I_s}$

6.- Obtener la relación de transformación $a = \frac{V_p}{V_s}$

7.- Obtener la resistencia total del secundario $r_{ts} = r_s + r_L$

8.- Obtener la reactancia total del devanado secundario

$$X_s = (Z_s^2 - r_{ts}^2)^{1/2}$$

9.- Obtener la corriente primaria del transformador I_p (A) , $I_p = \frac{I_s}{a}$

10.- Obtener la impedancia total del transformador

$$Z_t = \frac{V_p}{I_p}$$

11.- Obtener el factor de potencia en el secundario del transformador

$$\cos \Theta = \cos(\tan^{-1} \frac{X_s}{r_s})$$

12.- Obtener la resistencia del secundario del transformador relacionada al primario

$$a^2 r_s$$

13.- Obtener la reactancia secundaria del transformador relacionada al primario

$$a^2 X_s$$

14 .-Obtener la impedancia total del secundario del transformador

referida al primario

$$Z_{tsp} = a^2 (r_s^2 + X_s^2)^{1/2}$$

15.- Obtener la impedancia del devanado primario

$$Z_p = Z_t + Z_{tsp}$$

16.- Obtener la reactancia primaria del transformador

$$X_p = [(Z_p) - (r_p)^2]^{1/2}$$

17.- Obtenga las pérdidas en el cobre del devanado primario debidas

a la corriente de excitación

$$P_{cwo} = r_p I_{exc}^2 \text{ (Wattios)}$$

18.- Obtenga las pérdidas totales en vacío

$$P_o = V_p I_{exc} \text{ (Wattios)}$$

19.- Obtenga el valor de la impedancia de pérdidas en vacío

$$Z_m = \frac{V_p}{I_{exc}} \text{ (\Omega)}$$

20.- Obtener

$$Y_m = \frac{1}{Z_m}$$

21.- Obtener la conductancia G_c

$$G_c = \frac{P_{nu}}{V_p^2}$$

22.- Obtener Susceptancia B_m

$$B_m = \left[Y_m^2 - G_c^2 \right]^{1/2}$$

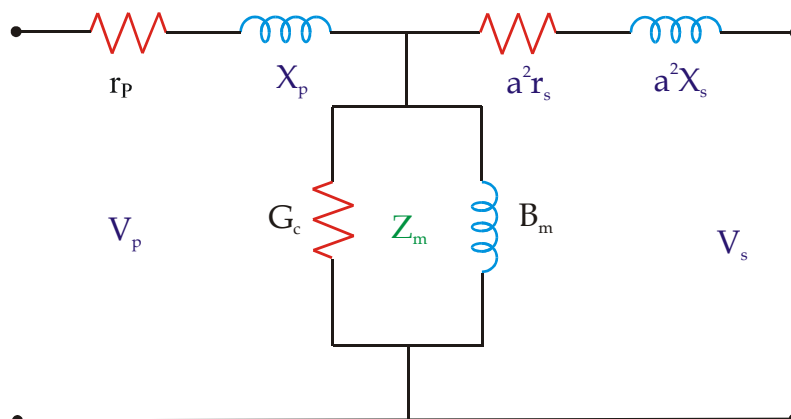


Figura N° 14 .- Circuito equivalente del transformador monofásico.

4.2.3.4. Experimento N° 3. Ejecución en tiempo real "Circuito equivalente del transformador".

1.- Excitar el transformador, seleccionar una carga resistiva y aplicarla al devanado secundario del transformador r_L

2.- Medir el voltaje del devanado secundario del transformador V_s

3.- Medir la corriente del devanado secundario del transformador I_s

4.- Obtener la impedancia del secundario $Z_s = \frac{V_s}{I_s}$

5.- Medir el voltaje primario del transformador V_p

6.- Obtener la relación de transformación $a = \frac{V_p}{V_s}$

7.- Obtener la resistencia total del secundario $r_{ts} = r_s + r_L$

8.- Obtener la reactancia total del devanado secundario

$$X_s = (Z_s^2 - r_{ts}^2)^{1/2}$$

9.- Medir la corriente primaria del transformador I_P (A)

10.- Obtener la impedancia total del transformador $Z_t = \frac{V_p}{I_p}$

11.- Obtener el factor de potencia en el secundario del transformador

$$\cos\Theta = (\tan^{-1} \frac{X_s}{r_s})$$

12.- Obtener la resistencia del secundario del transformador relacionada al primario $a^2 r_s$

13.- Obtener la reactancia secundaria del transformador relacionada al primario $a^2 X_s$

14.- Obtener la impedancia total del secundario del transformador

referida al primario. $Z_{tsp} = a^2 (r_s^2 + X_s^2)^{1/2}$

15.- Obtener la impedancia del devanado primario

$$Z_p = Z_t - Z_{tsp}$$

16.- Obtener la reactancia primaria del transformador

$$X_{sp} = [Z_p^2 - (r_p)^2]^{1/2}$$

17.- Con el devanado secundario abierto, aplicar voltaje al primario

del transformador $V(V)$

18.- Medir la corriente que fluye en el devanado primario I_{exc} (Amp)

19.- Pérdidas en el cobre del devanado primario debidas a la corriente de excitación

$$P_{cuo} = r_p I_{exc}^2 \text{ (Vatios)}$$

20.- Pérdidas totales en vacío

$$P_o = V_p I_{exc} \text{ (Vatios)}$$

21.- Valor de la impedancia de pérdidas en vacío

$$Z_m = \frac{V_p}{I_{exc}} \text{ (}\Omega\text{)}$$

22.- Obtener la admitancia Y_m

$$Y_m = \frac{1}{Z_m}$$

23.- Pérdidas en el núcleo

$$P_{nu} = P_o - P_{cuo}$$

24.- Obtener la conductancia G_c

$$G_c = \frac{P_{um}}{V_p^2}$$

25.- Obtener la susceptancia B_m

$$B_m = \left[\frac{Y_m^2}{G_c^2} \right]^{1/2}$$

4.2.3.5. Experimento N° 3 (Cuestionario de Complementación)

Debe ser resuelto y enviado por E-MAIL al laboratorio de conversión de energía
[Transformadores eléctricos]

Cuestionario N° 3.- Desarrollo del modelo equivalente del transformador.

- 1.- Que influencia tiene la no linealidad del núcleo del transformador en la determinación del circuito equivalente.
- 2.- En los circuitos de potencia, como influyen las caídas de tensión armónicas en la corriente de excitación.
- 3.- Cual es el circuito equivalente completo o exacto de un transformador referido al primario y cual es su diagrama fasorial.
- 4.- Como influye la disposición de los devanados en el núcleo del transformador sobre el efecto producido por la fuerza magnetomotriz.
- 5.- Cual es el circuito equivalente de un transformador despreciando la no linealidad de la corriente de excitación.
- 6.- En que consiste la reactancia de fuga total de un transformador.
- 7.- Por que es necesario modelar el transformador por medio de un circuito equivalente.
- 8.- Cuales son las principales causas de asimetría en los transformadores trifásicos.
- 9.- Por que en el análisis de los transformadores trifásicos de pequeña y mediana potencia, se desprecian los efectos capacitivos de los devanados.
- 10.- Que efecto tiene la frecuencia en el circuito equivalente del transformador.

4.2.4. Experimento N°4. *Análisis del transformador monofásico bajo carga.*

4.2.4.1 Objetivo:

A partir de los parámetros del transformador monofásico bajo carga, determinar el porcentaje de regulación.

Datos del transformador.

Potencia nominal $S = 810\text{VA}$

Voltaje nominal del devanado primario $V_{n_P} = 60\text{ V}$

(Igual para todas las conexiones)

4.2.4.2 Experimento N° 4 (Teoría)

4.2.4.2.1. Análisis del transformador monofásico bajo carga.

Transformador con carga inductiva (Factor de potencia atrasado)

Diagrama fasorial: (Figura N° 15)

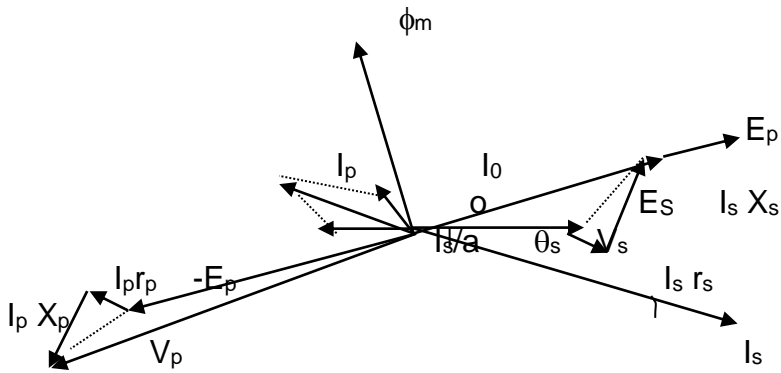


Figura N° 15 Diagrama fasorial del transformador monofasico bajo carga Inductiva. ¹

Simbología:

V_s = Voltaje en los terminales del devanado secundario.

I_s = Corriente en el devanado secundario.

r_s = Resistencia del devanado secundario.

X_s = Reactancia del devanado secundario.

E_s = Voltaje inducido en el devanado secundario.

E_p = Voltaje inducido en el devanado primario.

θ_s = Angulo de atraso de I_s respecto a V_s .

$\cos \theta_s = f_p$.

a = Relación de transformación.

I_p = Corriente en el devanado primario.

I_0 = Corriente en vacío en el devanado primario.

r_p = Resistencia del devanado primario.

X_p = Reactancia del devanado primario.

V_p = Voltaje entre terminales del devanado primario.

ϕ_m = Flujo máximo.

$a = I_s/I_p$

Transformador con carga resistiva (Factor de potencia unidad)

(Figura N°16)

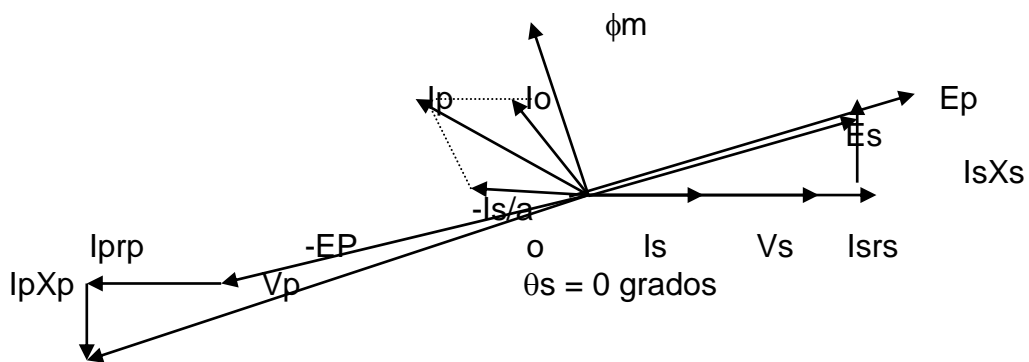


Figura N° 16.-Diagrama fasorial del transformador monofásico bajo carga resistiva.²

Transformador con carga capacitiva (Factor de potencia adelantado). Figura N° 17.

¹ Gilberto Enriquez Harper .Curso de Transformadores y Motores Trifásicos de Inducción. Editorial Limusa-Wiley.S:A.,1973. p 37

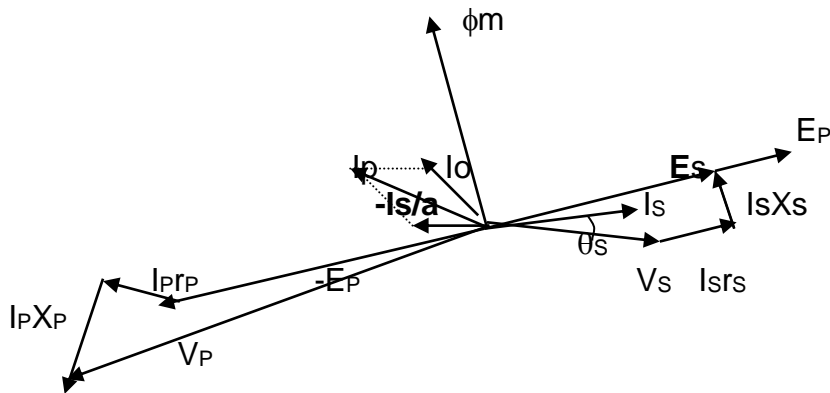


Figura N°17 Diagrama fasorial del transformador monofásico bajo carga Capacitiva. ³

4.2.4.2.2. Regulación de voltaje.

Se define la regulación de voltaje como el cociente de la diferencia entre el voltaje secundario en vacío menos el voltaje secundario a plena carga y el voltaje secundario a plena carga expresado en porcentaje.

$$\% \text{ de Regulación} = (V_2 \text{ vacío} - V_2 \text{ plena carga}) / (V_2 \text{ plena carga})$$

² Gilberto Enriquez Harper .Curso de Transformadores y Motores Trifásicos de Inducción. Editorial Limusa-Wiley.S:A.,1973. p 38

³ Gilberto Enriquez Harper .Curso de Transformadores y Motores Trifásicos de Inducción. Editorial Limusa-Wiley.S:A.,1973. p 38 .

4.2.4.2.3. Transformadores de dos bobinados.

La forma mas simple de un transformador monofásico es el transformador de dos bobinados con dos terminales en el primario y dos terminales en el secundario, tal como se muestra en la figura N°18.

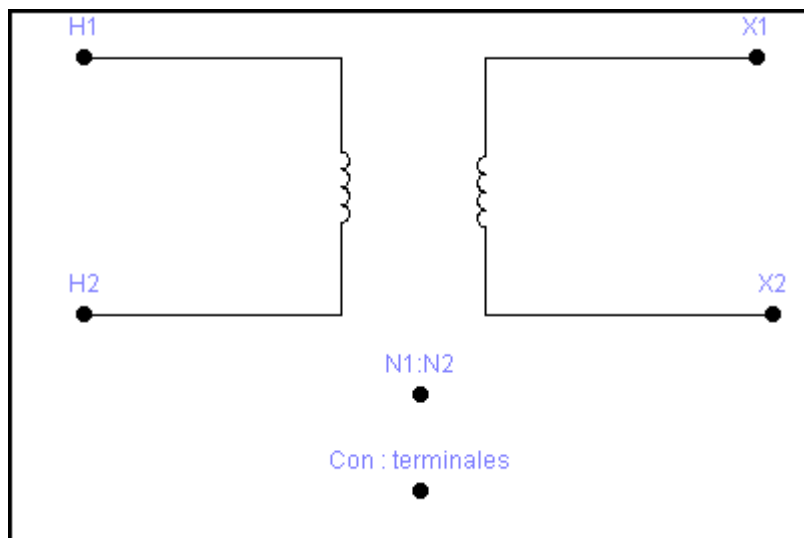


Figura N° 18. El circuito del transformador monofásico.

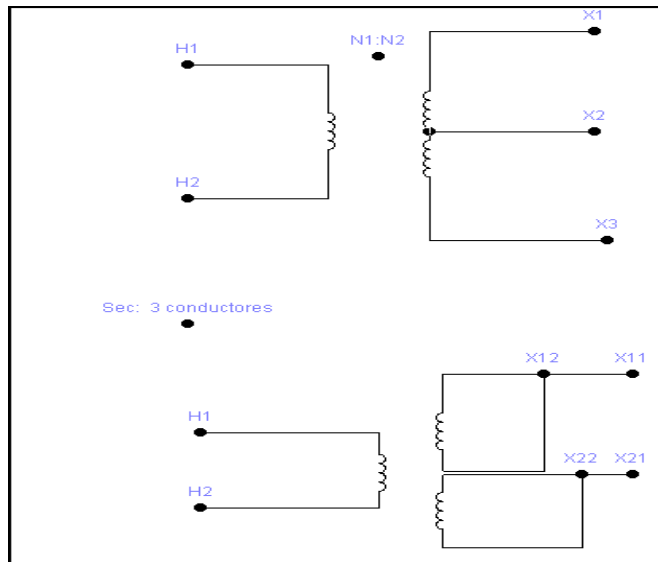


Figura N°19. Transformador con múltiples secundarios ⁴

Un tipo de transformador común es el que tiene un bobinado primario y dos bobinados secundarios que pueden estar conectados en serie o en paralelo (Figura N° 19).

La relación de vueltas es el número de vueltas del primario, al número de vueltas de la mitad del bobinado secundario.

4.2.4.2.4. Transformador con secundario de tres terminales.

⁴ Distribution Systems, Electric Utility Engineering Reference Book, Vol. 3 Westinghouse Electric Corporation . USA, 1964 pag. 223

Muchos transformadores tienen el secundario dividido a la mitad con una derivación para un servicio de tres terminales o bobinado secundario múltiple serie. (Figura N°20)

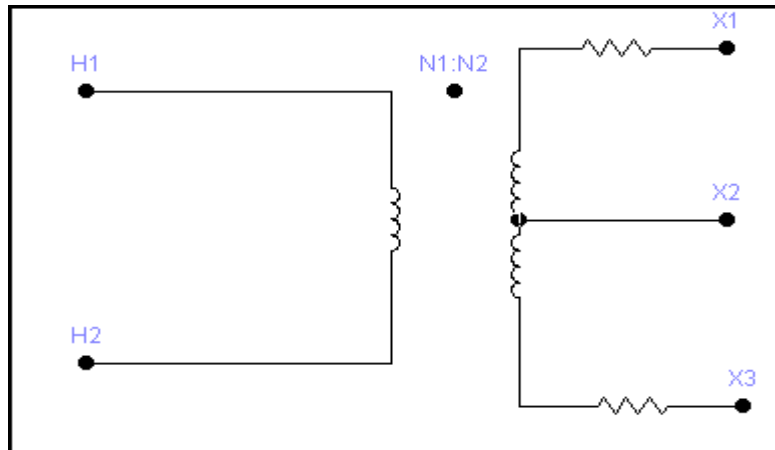


Figura N° 20 Transformador con secundario de tres terminales.

4.2.4.3. Experimento N° 4. Proceso de simulación "Análisis del transformador monofásico bajo carga".

Transformador monofásico con factor de potencia unitario (Carga resistiva).

1.- Colocar una carga resistiva r_L (600 Ω , 300 Ω , 150 Ω , 0 Ω)

2.- Introducir el voltaje del devanado primario del transformador V_P (V)

3.- Introducir el voltaje del devanado secundario V_s (V).

4.- Obtener la corriente del devanado secundario I_s (A)

5.- Obtener el valor de la relación de transformación a

6.- Obtener la resistencia total del secundario $r_{ts} = r_{os} + r_L$

7.- Obtener la impedancia del devanado secundario

$$Z_s = \frac{V_s}{I_s}$$

8.- Obtener la reactancia del devanado secundario

$$X_s = (Z_s^2 - r_{ts}^2)^{1/2}$$

9.- Obtener el voltaje inducido en el devanado secundario

$$E_s = [V_s^2 + (I_s X_s)^2]^{1/2}$$

10.- Obtener el voltaje del devanado primario V_p

$$V_p = aV_s$$

11.- Obtener la corriente del devanado primario

$$I_p = \frac{I_s}{a}$$

12.- Obtener la caída de tensión en la resistencia del devanado

primario

$$V_{cup} = I_p r_{op}$$

13.- Obtener la impedancia total del devanado primario

$$Z_p = \frac{V_p}{I_p}$$

14.- Obtener la reactancia del devanado primario

$$X_p = [Z_p^2 - (r_p + a^2 r_{ts}^2)]^{1/2}$$

15.- Obtener el voltaje en la reactancia del devanado primario

$$V_{Xp} = I_p X_p$$

16.- Obtener la resistencia del secundario referida al primario

$$r_{sp} = a^2 r_{ts}$$

17.- Obtener la reactancia del secundario referida al primario

$$X_{sp} = a^2 X_s$$

18.- Obtener la caída de voltaje en la impedancia del devanado primario

$$V_{ZP} = (V_{cup}^2 + Vx_p^2)^{1/2}$$

19.- Obtener el voltaje inducido en el devanado primario

$$E_p = V_p - V_{zp}$$

20.- Obtener el porcentaje de regulación del transformador

$$\% \text{ Regulacion} = \frac{E_p - aV_s}{aV_s} * 100$$

4.2.4.4. Experimento N°4. Ejecución en tiempo real "Análisis del transformador monofásico bajo carga".

Transformador monofásico con factor de potencia unitario (Carga resistiva).

1.- Excitar el transformador y colocar una carga resistiva r_L .

2.- Medir el voltaje en los terminales del devanado secundario V_s (V).

3.- Medir la corriente en el devanado secundario I_s (A)

4.- Obtener la resistencia total del secundario

$$r_{ts} = r_{os} + r_L$$

5.- Obtener la impedancia del devanado secundario

$$Z_s = \frac{V_s}{I_s}$$

6.- Obtener la reactancia del devanado secundario $X_s = (Z_s^2 - r_{ts}^2)^{1/2}$

7.- Obtener el voltaje inducido en el devanado secundario

$$E_s = (V_s^2 - (I_s X_s)^2)^{1/2}$$

8.- Medir el voltaje entre terminales del devanado primario

$$V_p$$

9.- Medir la corriente del devanado primario

$$I_p$$

10.- Obtener la caída de tensión en la resistencia del devanado primario

$$V_{cup} = I_p r_{op}$$

11.- Obtener la impedancia total del devanado primario

$$Z_p = \frac{V_p}{I_p}$$

12.- Obtener el voltaje en la reactancia del devanado primario

$$Vx_p = I_p X_p$$

13.- Obtener la relación de transformación del transformador $a = \frac{V_p}{V_s}$

14.- Obtener la resistencia del secundario referida al primario

$$r = r_p + a^2 r_{ts}$$

15.- Obtener la reactancia del secundario referida al primario

$$X_{s_p} = a^2 X_s$$

16.- Obtener la reactancia del devanado primario

$$X_p = [Z_p^2 - (r_p + a^2 r_{ts})^2]^{1/2}$$

17.- Obtener la caída de voltaje en la impedancia del devanado primario

$$V_{z_p} = (V_{cu_p}^2 + V_{X_p}^2)^{1/2}$$

18.- Voltaje inducido en el devanado primario

$$E_p = V_p V_{z_p}$$

19.- Obtener el porcentaje de regulación del transformador

$$\% \text{Regulacion} = \frac{E_p - aV_s}{aV_s} * 100$$

4.2.4.5 Cuestionario de complementación

Debe ser resuelto y enviado por E-MAIL al laboratorio de conversión de energía [Transformadores eléctricos] dirección electrónica -----.

Cuestionario Nº 4.- Análisis del transformador monofásico bajo carga.

- 1.- Que se entiende por regulación y como se determina la regulación de voltaje de un transformador monofásico.
- 2.- Que se entiende por rendimiento y como se determina el rendimiento de un transformador monofásico.
- 3.- Cuales son las principales pérdidas debidas a la carga y como se determinan.
- 4.- Obtener el diagrama fasorial del transformador cuando la carga es resistiva.
- 5.- Obtener el diagrama fasorial del transformador cuando la carga es inductiva.
- 6.- Obtener el diagrama fasorial del transformador cuando la carga es capacitiva.
- 7.- En que consiste el sistema de base por unidad y como se obtienen los diferentes parámetros del transformador en PU.
- 8.- Cual es la diferencia entre la fuerza magnetomotriz del transformador en vacío y con carga.
- 9.- En que consiste el efecto Ferranti y que ocurre con los flujos.
- 10.- Que ocurre con las pérdidas en el hierro del núcleo del transformador cuando pasa del régimen de vacío a plena carga.

4.2.5. Experimento N°5 Análisis del transformador trifásico bajo carga.

4.2.5.1. Objetivo:

Analizar el comportamiento del transformador Trifásico bajo carga en sus diferentes formas de conexión (Yy, Yd, Dy y Dd)

Cuando se trabaja con sistemas de potencia, muchas veces es necesario obtener bancos de transformadores monofásicos en sus diferentes formas de conexión de acuerdo a las necesidades a satisfacer. Estas conexiones son:

Conexión estrella - estrella.

Conexión delta-delta

Conexión estrella-delta.

Conexión delta-estrella.

Datos del transformador :

4.2.5.1.1 Conexión Yy

Voltaje nominal del devanado secundario $V_{ns} = 120 \text{ V}$

4.2.5.1.2. Conexión Dd

Voltaje nominal del devanado secundario $V_{ns} = 120 \text{ V}$

4.2.5.1.3 Conexión Dy

Voltaje nominal del devanado secundario $V_{ns} = 208 \text{ V}$

4.2.5.1.4. Conexión Yd

Voltaje nominal del devanado secundario $V_{ns} = 60 \text{ V}$

4.2.5.1.6. Conexión Dyy

Voltaje nominal del devanado secundario $V_{ns} = 104 \text{ V}$

4.2.5.1.7. Conexión Yyy

Voltaje nominal del devanado secundario $V_{ns} = 60 \text{ V}$

.Desplazamiento de fase del voltaje del devanado secundario con respecto al voltaje del devanado primario.

Conexión	Yy	0°
Conexión	Dd	0°
Conexión	Yd	30°

Conexión	Dy	30°
Conexión	Yz5	150°

4.2.5.2. Experimento Nº 5 (Teoría)

4.2.5.2.1. Bancos trifásico balanceados.

Un banco trifásico de transformadores balanceado, puede estar constituido por un transformador trifásico o por tres transformadores monofásicos similares en conexión trifásica. Los bobinados pueden estar conectados en configuración delta o estrella. Estos transformadores están en capacidad de alimentar cargas trifásicas, cargas monofásicas conectadas entre líneas y cargas monofásicas conectadas entre línea y neutro. La impedancia de los transformadores monofásicos y trifásicos se dan generalmente en porcentaje o por unidad de los Kva. nominales del transformador. ¹

4.2.5.2.2. Banco trifásico de transformadores en conexión Dd.

Este banco no presenta problemas de desplazamiento del neutro. Si el banco tiene unidades idénticas y con voltajes sinusoidales balanceados aplicados, las corrientes de excitación no tienen componentes armónicos de tercer orden. Estos componentes circulan en los bobinados primario y secundario, pero no fluyen en

las líneas externas. Si se aplican voltajes desbalanceados a un banco simétrico, no se producen corrientes circulantes dentro de los bobinados de la delta.

4.2.5.2.3. Banco trifásico de transformadores en conexión Yd.

La delta ofrece una trayectoria de circulación a las corrientes del tercer armónico; así, prácticamente no aparecen corrientes del tercer armónico en las líneas de alimentación. Si la Y se aterriza, la Y es una fuente de corriente aterrizada. Consecuentemente, alguna falla a tierra en el sistema conectado puede producir una corriente de corto circuito a través del transformador.

El aterrizaje de los bancos estrella delta tiene una tendencia a balancear las cargas monofásicas conectadas entre línea y neutro en el sistema en estrella. Una carga monofásica lejana puede ocasionar corrientes circulantes en la estrella adyacente además de estar alimentadas directamente de la fuente, produciendo sobrecargas en bancos pequeños cercanos a una gran carga monofásica.

4.2.5.2.4. Banco trifásico de transformadores en conexión Yy.

¹ Poloujadoff M. Tratamiento de la energía eléctrica. Colección básica de electrotecnia. Boixareu Editores Marcombo. 1973, pag 99-117

Esta conexión suprime las corriente debidas al tercer armónico, dando como resultado una distorsión del flujo de la onda en el acero, donde las frecuencias del tercer armónico se superponen al flujo de onda fundamental.

4.2.5.3. ExpNº 5. *Transformador trifásico bajo carga.*

Conexiones:

<u>Primaria</u>	<u>Secundario</u>
-----------------	-------------------

Y	Y
---	---

Δ	Δ
----------	----------

Y	Δ
---	----------

Δ	Y
----------	---

4.2.5.4.. *Transformador trifásico en conexión estrella – estrella.*

Sus características se encuentran influenciadas por los armónicos de la corriente de excitación y su voltaje de línea es igual a $\sqrt{3}$ veces la corriente de fase.

$$V_{AB} = \sqrt{3}V_{AN} \angle 30^\circ$$

Donde V_{AB} es el voltaje de línea y V_{AN} el voltaje de fase.

Las corrientes que circulan por las líneas es igual a la corriente que circula por las fases respectivas y cuando los sistemas se encuentran equilibrados las corrientes entregadas a la carga son iguales en las tres líneas, se encuentran desfasadas 120° una de otra y su suma vectorial es igual a cero.

Despreciando las pérdidas por fugas, las tensiones de los devanados secundarios respecto al neutro, son iguales a las tensiones de los devanados primarios divididas por la relación de transformación.

4.2.5.5. Transformador trifásico en conexión delta – delta.

Se utiliza cuando no es necesario tener un neutro, utilizándose generalmente en instalaciones de tensión moderada con corrientes altas. La corriente de línea es igual a $\sqrt{3}$ multiplicado por la corriente de fase.

$$I_{Linea} = \sqrt{3}I_{fase} \angle -30^\circ$$

Las tensiones de línea del primario y secundario se encuentran en fase, si los devanados son diferentes en su número de espiras se crean corrientes circulantes en el interior del transformador.

4.2.5.6. Experimento N° 5. Análisis del transformador trifásico bajo carga ,en conexión estrella - estrella (Yy).

Trabaja satisfactoriamente con cargas trifásicas balanceadas. Se emplea en instalaciones que trabajan a voltajes elevados e instalaciones a 4 hilos.

4.2.5.7. Experimento N° 5. Proceso de simulación " Transformador trifásico bajo carga en conexión Yy".

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Introducir el voltaje primario V_P

3.- Obtener el voltaje de fase del primario V_{fp} :

$$V_{fp} = \frac{V_p}{1.732}$$

4.- Introducir el voltaje secundario del transformador V_s

5.- Obtener la relación de transformación a

$$a = \frac{V_p}{V_s}$$

6.-Obtener el voltaje de fase secundario V_{fs} :

$$V_{fs} = \frac{V_s}{1.732}$$

7.-Introducir la corriente de línea en el primario I_P

8.-Obtener la corriente de fase en el primario I_{fp} : $I_{fp} = I_p$

9.-Obtener la corriente de línea en el secundario I_s $I_s = aI_p$

10.-Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fs} $I_{fs} = I_s$

4.2.5.8 Experiemnto N° 5. Ejecución en tiempo real . " Transformador trifásico bajo carga en conexión Yy "

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Medir el voltaje primario V_P

3.-Obtener el voltaje de fase del primario $V_{fp} = \frac{V_p}{1.732}$

4.-Medir el voltaje de línea secundario V_s

5.-Obtener el voltaje de fase secundario V_{fs} : $V_{fs} = \frac{V_s}{1.732}$

6.-Medir la corriente de línea en el primario I_P

7.-Obtener la corriente de fase en el primario I_{fp} : $I_{sp} = I_p$

8.-Medir la corriente de línea en el secundario I_S

9.-Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fs} : $I_{fs} = I_s$

4.2.5.9. Experimento N° 5. Transformador trifásico bajo carga en conexión

Dd.

Este sistema se utiliza generalmente cuando los voltajes no son muy altos, tanto en elevadores como reductores de voltaje.

4.2.5.10. Experimento N° 5. Proceso de simulación. "Transformador trifásico bajo carga en conexión Dd".

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Introducir el voltaje primario V_P

3.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{fP} : $V_{fP} = V_P$

4.- Introducir el voltaje secundario del transformador V_S (V)

5.- Calcular la relación de transformación a $a = \frac{V_P}{V_S}$

6.- Obtener el voltaje de fase secundario V_{fS} $V_{fP} = V_S$

7.- Obtener la corriente de línea en el primario I_P

8.- Obtener la corriente de fase en el primario I_{fP} $I_{fP} = \frac{I_P}{1.732}$

9.- Obtener la corriente de línea en el secundario I_s $I_s = aI_P$

10.- Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fs}

$$I_{fs} = \frac{I_s}{1.732}$$

4.2.5.11. Experimento N° 5 .Ejecución en tiempo real." Transformador trifásico bajo carga en conexión Dd "

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Medir el voltaje primario

$$V_P$$

3.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{fP}

$$V_{fP} = V_p$$

4.-Medir el voltaje de línea secundario

$$V_S$$

5.-Obtener el voltaje de fase secundario V_{fs}

$$V_{fs} = V_s$$

6.-Medir la corriente de línea en el primario

$$I_P$$

7.- Obtener la corriente de fase en el primario I_{fP}

$$I_{sp} = \frac{I_p}{1.732}$$

8.- Medir la corriente de línea en el secundario

$$I_S$$

9.- Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fs}

$$I_{fs} = \frac{I_s}{1.732}$$

4.2.5.12. Experimento N° 5. "Transformador trifásico bajo carga en conexión Yd".

Utilizado generalmente para reducir voltajes en sistemas de potencia y sistemas de distribución a tres hilos.

4.2.5.13. Experimento N° 5. Proceso de simulación . "Transformador trifásico bajo carga en conexión Yd".

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Introducir el voltaje primario

V_P

3.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{fp} :

$$V_{fp} = \frac{V_p}{1.732}$$

4.- Introducir el voltaje secundario del transformador

V_S

5.- Obtener la relación de transformación

a

6.-Obtener el voltaje de fase secundario V_{fS} $V_{fp} = V_s$

7.-Introducir la corriente de línea en el primario I_P

8.-Obtener la corriente de fase en el primario I_{fP} $I_{fp} = I_p$

9.-Obtener la corriente de línea en el secundario I_s $I_s = aI_p$

10.-Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fS} $I_{fs} = \frac{I_s}{1.732}$

4.2.5.14. Experimento N° 5. Ejecución en tiempo real . "Transformador trifásico bajo carga en conexión Yd".

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Medir el voltaje primario V_P

3.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{fP} $V_{fp} = \frac{V_p}{1.732}$

4.-Medir el voltaje de línea secundario V_S

5.-Obtener el voltaje de fase secundario V_{fs} $V_{fs} = V_s$

6.-Medir la corriente de línea en el primario I_P

7.-Obtener la corriente de fase en el primario I_{fp} $I_{fp} = I_p$

8.-Medir la corriente de línea en el secundario I_s

9.-Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fs}

4.2.5.15. Experimento N° 5. Transformador trifásico bajo carga en conexión Dy.

Conexión utilizada en sistemas de potencia para elevar voltajes generados o en líneas de transmisión y en los sistemas de distribución a cuatro hilos.

4.2.5.16. Experimento N° 5. Proceso de simulación . "Transformador trifásico bajo carga en conexión Dy".

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Introducir el voltaje primario V_P

3.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{fP} :

$$V_{fP} = V_p$$

4.- Introducir el voltaje secundario del transformador

$$V_s$$

5.- Obtener la relación de transformación

$$a$$

6.-Obtener el voltaje de fase secundario V_{fS}

$$V_{fS} = \frac{V_s}{1.732}$$

7.-Obtener la corriente de línea en el primario

$$I_p$$

8.-Obtener la corriente de fase en el primario I_{fP}

$$I_{fP} = \frac{I_p}{1.732}$$

9.-Obtener la corriente de línea en el secundario

$$I_s = aI_p$$

10.-Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fS}

$$I_{fS} = \frac{I_s}{1.732}$$

4.2.5.17. Experimento N° 5. Ejecución en tiempo real ."Transformador trifásico bajo carga en conexión Dy ".

1.-Desplazamiento de fase entre V_P y V_S

2.-Medir el voltaje primario

V_P

3.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{fP}

$$V_{fp} = V_p$$

4.-Medir el voltaje de línea secundario

V_S

5.-Obtener el voltaje de fase secundario V_{fS}

$$V_{fs} = \frac{V_s}{1.732}$$

6.-Medir la corriente de línea en el primario

I_P

7.-Obtener la corriente de fase en el primario I_{fP}

$$I_{fp} = \frac{I_p}{1.732}$$

8.-Medir la corriente de línea en el secundario

I_S

9.-Obtener la corriente de fase en el secundario I_{fS}

$$I_{fs} = I_s$$

4.2.5.18. Experimento N° 5 (Cuestionario de Complementación)

Debe ser resuelto y enviado por E-MAIL al laboratorio de conversión de energía [Transformadores eléctricos] dirección electrónica -----.

Cuestionario Nº 5.- Análisis del transformador trifásico bajo carga en la conexión estrella - estrella.

- 1.- En que consiste una disposición simétrica y cual es la diferencia con una disposición asimétrica.
- 2.-Que influencia tienen los armónicos de la corriente de excitación en el comportamiento del transformador.
- 3.-Por que es conveniente conectar los neutros del primario y secundario del transformador a tierra.
- 4.- Que relación existe entre las tensiones línea – neutro y las tensiones de línea
- 5.- Si las tensiones línea – neutro son sinusoidales y están equilibradas, cual es el diagrama fasorial de las tensiones del primario y secundario, teniendo en cuenta las caídas de tensión en la impedancia de fuga.
- 6.-En que casos es conveniente utilizar este tipo de conexión.
- 7.- Si se desprecia la caída de tensión en las impedancias de fuga, cual es la relación entre la tensión primaria y la tensión secundaria del transformador.
- 8.- Cual es la expresión fasorial para la relación entre la corriente primaria y secundaria, si se desprecia la corriente de excitación.
- 9.- Que sucede si se conecta una carga monofásica a un transformador trifásico conectado en estrella – estrella y como es la forma de onda del voltaje si:
 - a.- El neutro se encuentra aislado.
 - b.- El neutro se encuentra conectado a tierra.

10.- Por que es escasa la utilización de la conexión estrella – estrella con neutro aislado.

Conexión triángulo-triángulo

- 1.- En que casos puede utilizarse este tipo de conexión.
- 2.- Como debe ser la relación del número de espiras para que el transformador funcione satisfactoriamente.
- 3.- Cuando se alimenta una carga trifásica equilibrada, como deben ser las impedancias equivalentes del transformador. Complemente la explicación con un ejemplo.
- 4.- Cual es la expresión fasorial para la corriente de línea en función de la corriente de fase. Justifique su respuesta.
- 5.-Que sucede si las razones del número de espiras de los tres transformadores de un banco trifásico son desiguales
- 6.- Cuando se tienen corrientes altas de carga, en cuanto a costos, cual conexión es mas ventajosa, la estrella o la delta.Justifique su respuesta.
- 7.- Que hace que se originen corrientes circulantes el los bancos de transformadores triángulo – triángulo. Cómo se calculan?.
- 8.- Que sucede si tres transformadores conectados en triángulo –triángulo, que tienen la misma potencia nominal, distintas impedancias equivalentes, alimentan una carga equilibrada.

Conexión estrella – triángulo.

- 1.- En que casos es conveniente utilizar esta conexión.

2.- Que inconvenientes presenta la conexión delta en este sistema.

3.- ¿Es posible conectar en paralelo un banco de transformadores estrella – triángulo con un banco triángulo – triángulo ó estrella – estrella y por que?

Conexión triángulo – estrella

1.- En que casos es conveniente utilizar esta conexión.

2.- Por que la conexión a tierra del punto común de la estrella se realiza normalmente a través de una impedancia.

3.- ¿Es posible conectar en paralelo un banco de transformadores triángulo – estrella con un banco triángulo – triángulo ó estrella – estrella y por que?

4.- Cual es la causa de la generación de terceros armónicos en la corriente de excitación de los transformadores conectados en triángulo.

4.2.6.Experimento N° 6. Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yz5.

4.2.6.1 Objetivo:

Obtener la relación de transformación y la relación entre el voltaje de línea al voltaje de línea a neutro, las cuales servirán de base para obtener las demás relaciones de voltaje.

Utilizado en la alimentación de sistemas convertidores de energía.

Datos del transformado.

Voltaje nominal del devanado secundario $V_{ns} = 104 \text{ V}$

Resistencia de fase del devanado primario $r_p = 3.2 \Omega$

Resistencia de fase del devanado secundario $r_s = 3.2 \Omega$

Potencia en vacío $P_0 = 3.6 \text{ vatios (W)}$

La tabla N° 4.1. indica las conexiones correspondientes a las salidas digitales para la conexión del transformador.

SALIDAS DIGITALES PARA CONEXIONES	
CASO YZ5	
PUERTO B ó1	
CANAL	RELEVO
PB1	K15

Tabla N° 4-1.- Salidas digitales para la conexión del transformador en configuración Yz5.

Potencia de corto circuito en el primario $P_{PCC} = 234 \text{ vatios (W)}$

Voltaje primario de cortocircuito

$$V_{PCC} = 29.8 \text{ Voltios (V)}$$

Corriente primaria de cortocircuito

$$I_{PCC} = 7.85 \text{ Amperios (A)}$$

4.2.6.2. Experimento N° 6 (Teoría)

4.2.6.2.1. *Analisis fasorial de la conexión yz5.*

Diagrama del transformador en conexión YZ5

Figura N°21

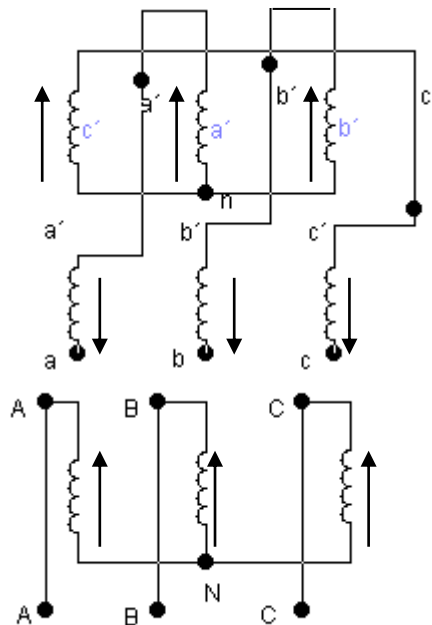


Figura N°21
Transformador en conexión YZ5

Para el análisis fasorial se considera que las tensiones secundarias engendradas por las medias bobinas aa' , bd' , cc' están en oposición de fase con las tensiones primarias A, B, C.

Las tensiones secundarias engendradas por las medias bobinas nc' , na' , nb' están en fase con las tensiones primarias A, B, C.

Las tensiones engendradas en el secundario entre fases y entre el neutro y las fases son :

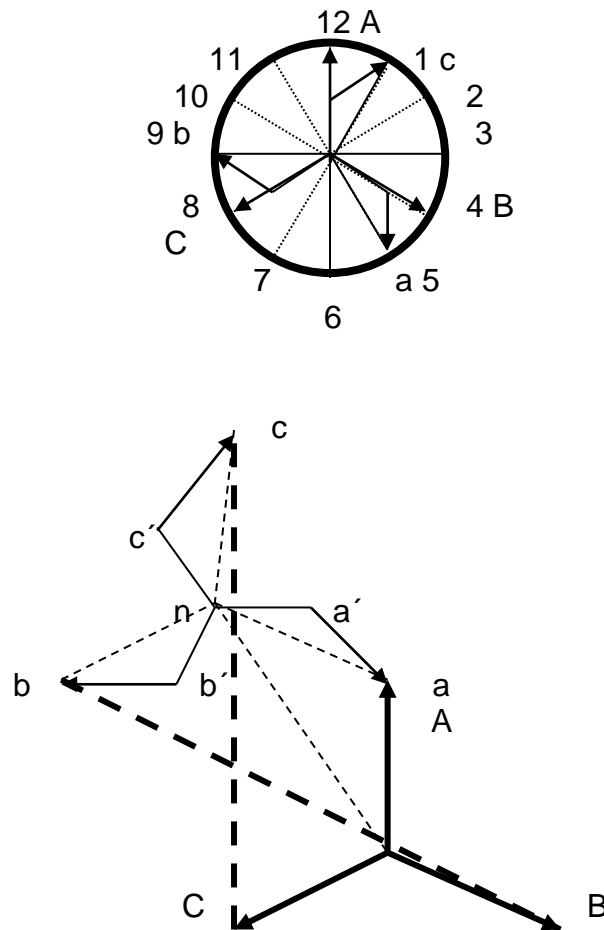


Figura N° 22

Diagrama de tensiones engendradas en el secundario del transformador entre neutro y fases y entre fases .

Para obtener los voltajes en el devanado secundario y entre terminales del devanado primario y devanado secundario se une el terminal a con el terminal A , los cuales se toman como referencia (Figura N° 22) obteniendo las siguientes relaciones :

$$V_{cc} = V_{bc} = V_{Bb}$$

puesto que los triángulos CcB y cBb son triángulos isósceles .

$$V_{na} = V_{na'} + v_{aa'}$$

$$V_{nb} = V_{nb'} + V_{bb'}$$

$$V_{nc} = V_{nc'} + V_{cc'}$$

Como ejemplo se puede considerar el caso donde $V_{AB} = 220 \text{ V}$. determinar los voltajes en el secundario y entre neutro y fases .

$$V_{ab} = 110 \text{ V}$$

$$V_{NB} = \frac{220}{\sqrt{3}} \text{ V} = 127 \text{ V} \angle -120^\circ$$

$$V_{na} = \frac{110}{\sqrt{3}} \text{ V} = 63.5 \text{ V} \angle -150^\circ$$

$$V_{nb} = 63.5 \angle 90^\circ$$

$$V_{nc} = 63.5 \angle 30^\circ$$

$$V_{NC} = 127 \angle 120^\circ$$

$$V_{NA} = 127 \angle 0^\circ$$

$$V_{Bb} = V_{BN} + V_{NA} + V_{an} + V_{nb}$$

$$V_{Bb} = -127 \angle -120^\circ + 127 \angle 0^\circ - 63.5 \angle -150^\circ + 63.5 \angle 90^\circ$$

$$V_{Bb} = -127 \cos(-120^\circ) - 127 j \sin(-120^\circ) + 127 - 63.5 \cos(-150^\circ) - j63.5 \sin(-150^\circ) + 63.5 \cos 90^\circ + j63.5 \sin 90^\circ$$

$$V_{Bb} = 63.5 + 110 j + 127 + 55 + j31.75 + j63.5$$

$$V_{Bb} = 245.5 + j205.25$$

$$|V|_{Bb} = 320 \text{ V}$$

$$V_{Cb} = V_{CN} + V_{NA} + V_{an} + V_{nb}$$

$$V_{Cb} = -127 \angle 120^\circ + 127 \angle 0^\circ - 63.5 \angle -150^\circ + 63.5 \angle 90^\circ$$

$$V_{Cb} = -127 \cos 120^\circ - j127 \sin 120^\circ + 127 - 63.5 \cos(-150^\circ) - j63.5 \sin(-150^\circ) + 63.5 \cos 90^\circ + j63.5 \sin 90^\circ$$

$$V_{Cb} = 63.5 - j110 + 127 + 55 + j31.75 + j63.5$$

$$V_{Cb} = 245.5 + j14.75$$

$$|V|_{Cb} = 246V$$

$$V_{Nn} = V_{NA} + V_{an}$$

$$V_{Nn} = 127 \angle 0^\circ - 63.5 \angle -150^\circ$$

$$V_{Nn} = 127 - 63.5 \cos(-150^\circ) - 63.5 j \sin(-150^\circ)$$

$$V_{Nn} = 127 + 55 + 31.75 j = 182 + j31.75$$

$$|V_{Nn}| = 184V$$

Observe que en una conexión YZ5 no existe neutro para retorno en el primario, Existiendo terceras armónicas en los flujos en las columnas; al no existir triángulo cerrado, no se borran los flujos homopolares, convirtiendo el transformador en un generador de terceras armónicas de voltaje. Cada tensión simple secundaria está compuesta de dos semidevanados conectados en sentido opuesto, anulando el efecto de las terceras armónicas.

4.2.6.3. Experimento N° 6. Proceso de simulación " Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yz5".

(Figura N° 23)

1.-Introducir el voltaje de línea primario

V_P

2.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{fp}

$$V_{fp} = \frac{V_p}{1.732}$$

3.-Introducir el voltaje de línea secundario

V_s

4.-Obtener la relación de transformación a .

$$a = 0.866 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)$$

5.-Obtener el voltaje de línea a neutro en el secundario

4.2.6.4. Experimento N° 6. Ejecución en tiempo real "Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yz5".

1.-Medir el voltaje de línea primario

V_P

2.-Obtener el voltaje de fase del primario V_{sp}

$$V_{sp} = \frac{V_L}{1.732}$$

3.- Medir el voltaje de línea secundario

V_s

4.-Obtener la relación de transformación a

$$a = 0.866 \frac{V_p}{V_s}$$

5.-Obtener la relación entre el número de espiras del devanado primario y el número de espiras del devanado secundario N_1/N_2 .

$$(N_1/N_2) = a$$

6.-Obtener el voltaje de línea secundario V_s

$$V_s = 0.866 \frac{V_p}{V_a}$$

7.-Obtener el voltaje de línea a neutro en el secundario

$$V_{an} = 1732 V_s \cdot \text{ang} 30^\circ$$

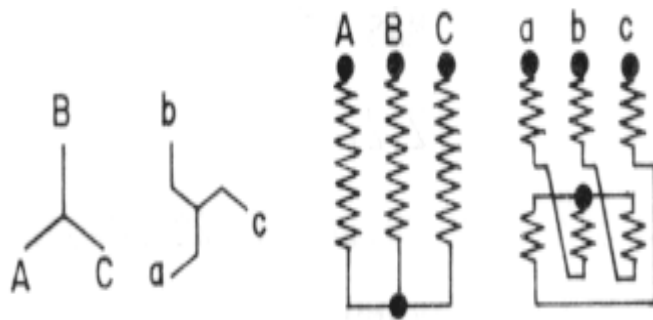


Figura N° 23 Transformador en conexión Yz5 y su representación vectorial

Desplazamiento angular de 150°

4.2.6.5. Experimento N° 6 (Cuestionario de Complementación)

Debe ser resuelto y enviado por E-MAIL al laboratorio de conversión de energía [Transformadores eléctricos] dirección electrónica -----.

Cuestionario N° 6 .- CONEXION YZ5.

1.- Que relación existe entre la fuerza magnetomotriz en un conexión Zigzag y la fuerza magnetomotriz que existiría si estuviesen conectados en serie los devanados de un mismo transformador.

2.- Sin en una conexión estrella y una conexión zigzag se precisa el mismo voltaje línea – neutro, cual es la relación de espiras de los dos devanados.

3.- ¿ Para el voltaje línea – neutro en una conexión zigzag existen terceros armónicos?. Justifique su respuesta.

4.- En la conexión Yz5, cual es la conexión que se aplica en el lado de menor tensión.

5.- ¿ La conexión zigzag es económica o antieconómica con respecto a la conexión estrella o triángulo?. Justifique su respuesta.

4.2.7. Experimento N° 7. Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Dyy.

4.2.7.1. Objetivo:

Obtener el voltaje secundario, las corrientes primarias y secundarias ocasionadas por el voltaje primario, así como sus correspondientes parámetros.

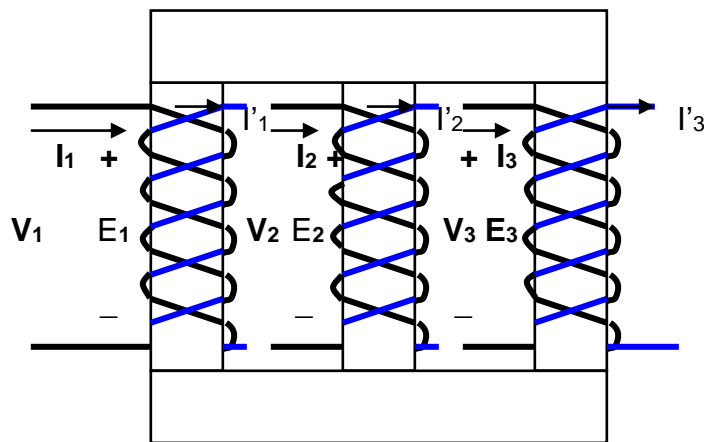
Esta conexión se utiliza cuando se pasa de un sistema de transmisión a un sistema de distribución de dos voltajes diferentes.

4.2.7.2. Experimento Nº 7 (Teoría)

4.2.7.2.1. Transformadores de tres devanados.

Supongamos un transformador con un primario y dos tomas secundarios con distinto número de espiras y si se quiere con diferentes conexiones, de esta manera se tiene un transformador con varios devanados o múltiple.

Perfectamente el anterior caso lo podemos orientar a uno específico y que corresponde a nuestro tema, el transformador de tres devanados, el cual se representa en la Fig.24



Transformador de tres devanados
Fig. 24

El transformador de tres devanados, teóricamente se trata como ideal en el que se desprecian las caídas de tensión y las corrientes en vacío y que interpretan

simplemente mediante el diagrama fasorial de la Fig. 25.

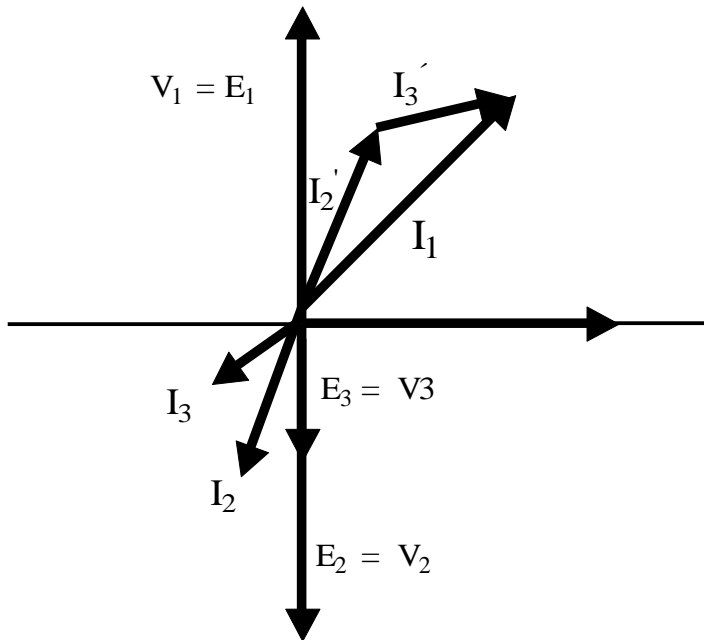


Figura Nº. 25

Diagrama fasorial del transformador de tres devanados

Al tener en cuenta la f.m.m. en el núcleo y con ausencia de la excitación se concluye que:

$$N_1 i_1 = N_3 i_3 + N_2 i_2$$

$$I_1 = (N_2/N_1) i_2 + (N_3/N_1) i_3$$

$$I_1 = i_2 + I_3$$

Y vectorialmente se tiene que :

$$I_1 = (N_2/N_1) I_2 + (N_3/N_1) I_3$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

También se define que la potencia nominal del primario es igual a la suma de las potencias nominales del secundario y el terciario.

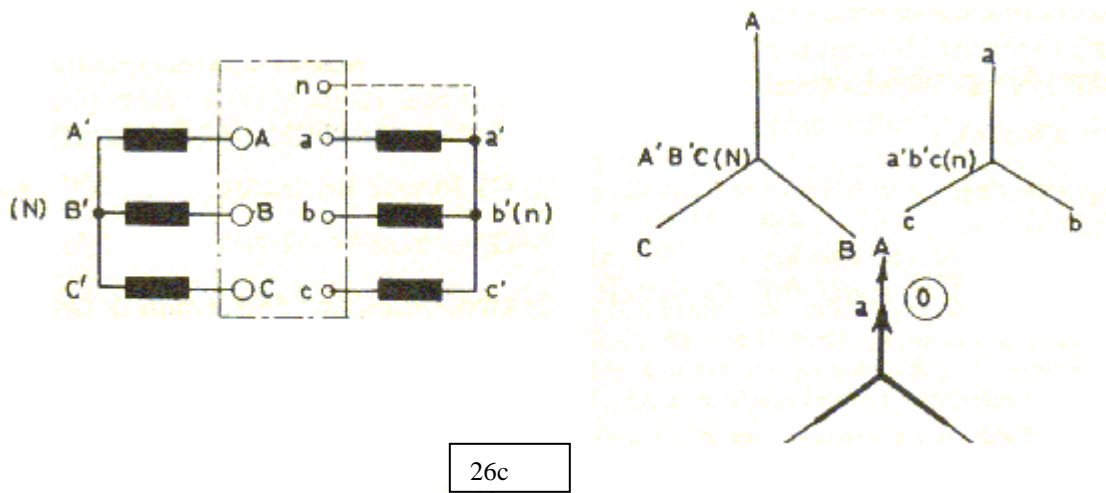
4.2.7.2.2. INDICE HORARIO ¹

Conforme a los lineamientos del CEI, una colección de conexiones de un transformador se toma como referencia la conexión correspondiente a la de mayor tensión, la del arrollamiento de menor tensión, y el desfase, representándose la de mayor tensión por la letra Y (conexión en estrella), D (conexión en delta), triángulo.

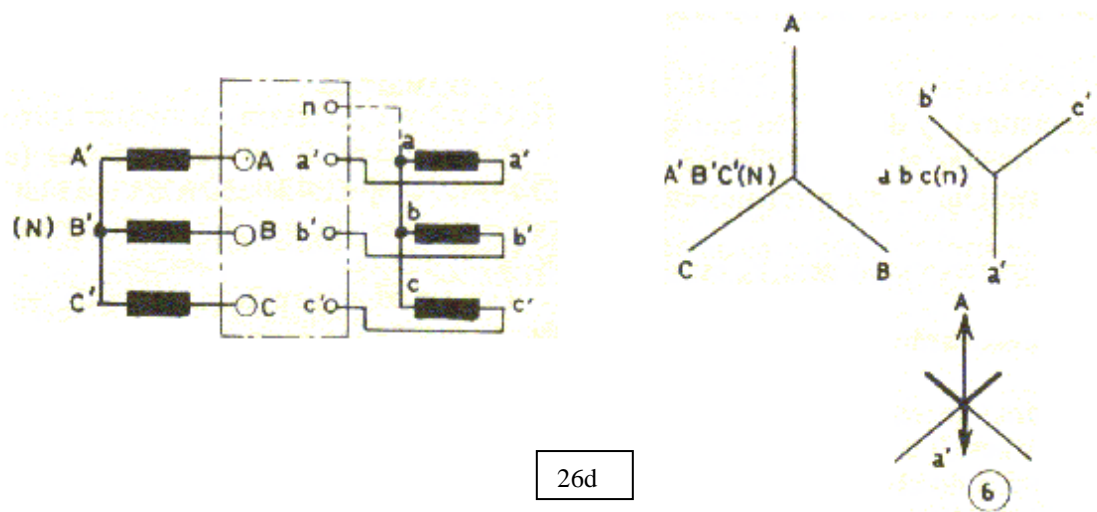
Los desfases se dan en múltiplos de 30° , tomando como unidad el ángulo de 30° .

En la Fig. 26c se muestra que el desfase es 0, mientras que la Fig. 26d es 180° , que dividido por la unidad (ángulo de 30°) dando como resultado 6.

¹ RAS, Enrique, TRANSFORMADORES de potencia, de medida y de protección. 7ª Edición. Alfaomega marcombo, Bogotá, 1998, pag. 118 a 124.



26c



26d

Figura N° 26 Angulos de desfase entre los devanados primario y secundario de un transformador de acuerdo a su conexión

Los vectores A_0 y A_a se consideran como las manecillas de un reloj, una hora que coincide con el desfase $0h$ y $6h$ respectivamente; el valor de desfase como se indica recibe el nombre de *índice horario*.

Por lo anterior, los dos casos se representan con los siguientes símbolos de conexión: Y y 0 y Y y 6.

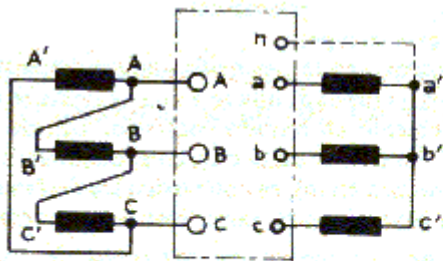
Para las conexiones TRIANGULO - ESTRELLA D y 5 y D y 11 coexisten dos

maneras de cerrar el triángulo de acuerdo a las figuras Fig. 26e y Fig. 26f.

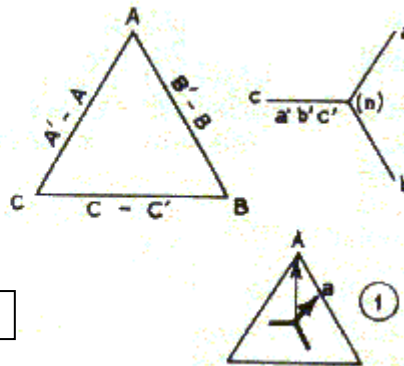
Asimismo caben dos formas de establecer los neutros como se observa en las figuras Fig. 26e y Fig.26g, resultando cuatro desfases posibles:

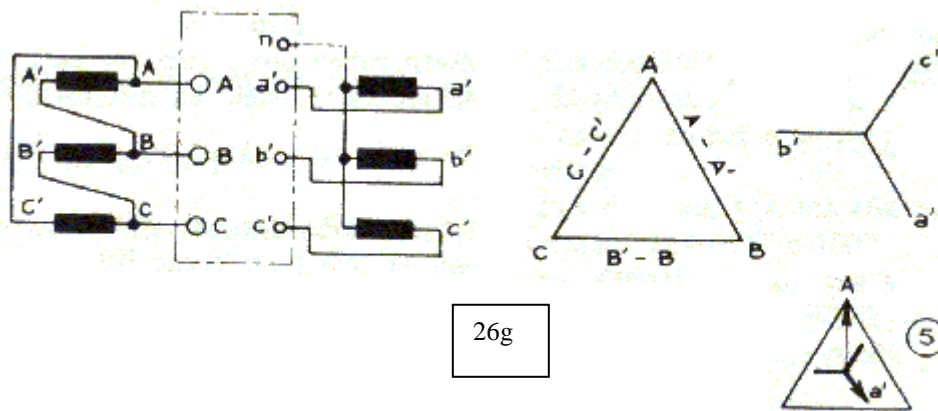
$$\pm 30^\circ (\pm \pi/6) \text{ y } \pm 150^\circ (\pm 5\pi/6)$$

Y en términos de horarios serían: 1, 5, 7 y 11. Los cambios de desfase de 120° , convierte los de 30° en 150° o al contrario.



26f





26g

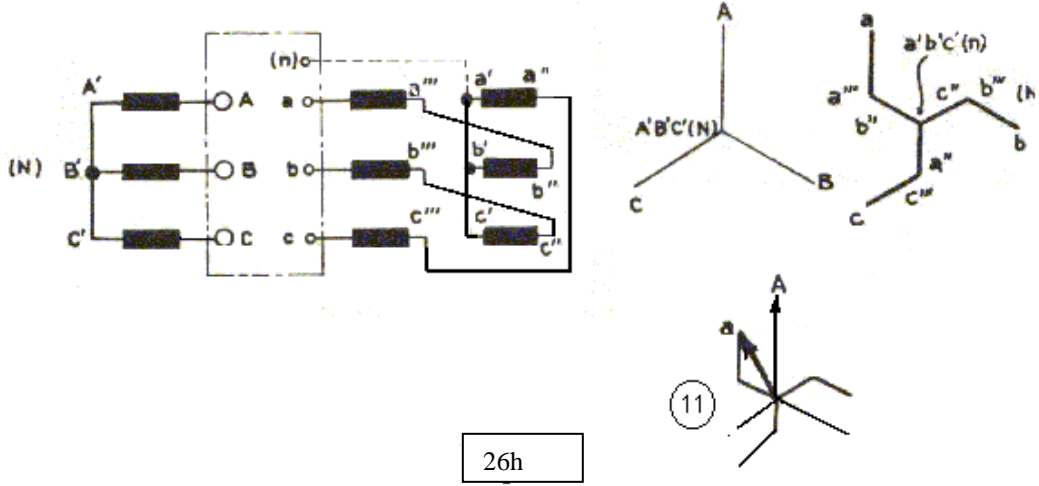
Para las conexiones ESTRELLA – ZIGZAG, Y z 5 y Y z 11, atañe considerar la conexión en zigzag y que en la práctica únicamente se utiliza en el lado de menor tensión.

Radica en subdividir en dos partes iguales los devanados del secundario para crear un neutro como se aprecia en la Fig. 26h, conectando en serie, a cada rama de la estrella, los arrollamientos, invertidas, de las fases adyacentes, en un determinado orden cíclico.

Un análisis sistemático pone de manifiesto que pueden obtenerse desfases de $\pm 30^\circ$ y $\pm 150^\circ$. Se emplean Y z 5 e Y z 11.

Al aplicar un sistema tensiones inversas se cambia el signo de desfase, y es viable probar que si N_1 son las espiras en el lado de mayor tensión y N_2 la suma de las espiras de las dos mitades correspondiente al de menor tensión, la relación de transformación (a) será de la siguiente forma:

$$a = N_1 / (1,732N_2/2) = (2/1.732)(N_1/ N_2) \approx 1,155(N_1/ N_2)$$



4.2.7.3. Experimento N° 7. Proceso de simulación "Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Dyy".

- 1.- Conectar una resistencia de carga r_L

- 2.- Introducir el voltaje primario del transformador V_P

- 3.- Obtener el voltaje de fase del primario del transformador $V_{fP} = V_p$

- 4.- Introducir el voltaje secundario del transformador V_S

- 5.- Obtener la relación de transformación a

6.- Obtener el voltaje de fase en el secundario del transformador V_{fP}

$$V_{fp} = \frac{V_s}{1.732}$$

7.- Obtener la corriente de línea del primario del transformador I_P

8.- Obtener la corriente de fase en el primario del transformador

$$I_f = I_p$$

9.- Obtener la impedancia total primario del transformador

$$Z_{pt} = \frac{V_p}{I_p}$$

10.- Obtener la impedancia total secundario del transformador

$$Z_s = 2\left(\frac{V_s}{I_s}\right)$$

11.- Obtener la reactancia secundaria al primario del transformador

$$X_{st} = 2\left[Z_s^2 r - (r_s + r_L)^2\right]^{1/2}$$

12.- Relacionar la reactancia secundaria al primario del transformador

$$X_{stp} = a^2 X_{st}$$

4.2.7.4. Experimento N° 7. Ejecución en tiempo real" Análisis del comportamiento del transformador en conexión Dyy".

1.- Conectar una resistencia de carga r_L

2.- Medir el voltaje primario del transformador V_P

3.- Obtener el voltaje de fase del primario del transformador $V_{fp} = V_p$

4.- Medir el voltaje en el secundario del transformador V_S

5.- Obtener el voltaje de fase en el secundario del transformador V_{fs}

$$V_{fs} = \frac{V_s}{1.732}$$

6.- Medir la corriente de línea del primario del transformador I_P

7.- Obtener la corriente de fase en el primario del transformador

$$I_{fp} = \frac{I_p}{1.732}$$

8.- Obtener la impedancia total primario del transformador $Z_{pt} = \frac{V_p}{I_p}$

9.- Medir la corriente del secundario del transformador I_s

10.- Obtener la corriente de fase del secundario del transformador

$$I_{fs} = I_s$$

11.- Obtener la impedancia total secundario del transformador

$$Z_s = 2 \left(\frac{V_s}{I_s} \right)$$

12.- Obtener la relación de transformación $a = V_1/V_2$

13.- Obtener la reactancia secundaria total del transformador

$$X_{st} = 2 \left(Z_s^2 - (3.2 + r_L)^2 \right)^{1/2}$$

14.- Relacionar la reactancia total secundaria al primario del transformador

$$X_{sp} = a^2 X_{st}$$

4.2.7.5. Experimento N° 7. Análisis del comportamiento del transformador trifásico conexión Yyy.

4.2.7.5.1. Objetivo:

Obtener el voltaje secundario, las corrientes primarias y secundarias ocasionadas por el voltaje primario, así como sus correspondientes parámetros.

Utilizado en sistemas de distribución a baja tensión.

4.2.7.5.2 Experimento N° 7. Proceso de simulación "Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yyy".

1.- Conectar una resistencia de carga r_L

2.- Introducir el voltaje de fase del primario V_P

3.- Obtener el voltaje de fase del primario del transformador V_{fP} :

$$V_{fP} = \frac{V_p}{1.732}$$

4.- Introducir el voltaje secundario del transformador V_S

5.- Obtener la relación de transformación a

6.- Obtener el voltaje de fase en el secundario del transformador V_{fP} :

$$V_{fP} = \frac{V_s}{1.732}$$

7.- Introducir la corriente de línea del primario del transformador I_P

8.- Obtener la corriente de fase en el primario del transformador

$$I_f = I_p$$

9.- Obtener la impedancia total primario del transformador

$$Z_{pt} = \frac{V_p}{I_p}$$

10.- Obtener la impedancia total secundario del transformador

$$Z_s = 2\left(\frac{V_s}{I_s}\right)$$

11.-Obtener la reactancia secundaria al primario del transformador

$$X_{st} = 2\left[Z_s^2 - (r_s + r_L)^2\right]^{1/2}$$

12.- Relacionar la reactancia secundaria al primario del transformador

4.3.7.6. Experimento N° 7. Ejecución en tiempo real " Análisis en tiempo real del transformador trifásico en conexión Yyy ".

1.- Conectar una resistencia de carga

r_L

2.- Medir el voltaje primario del transformador

V_P

3.- Obtener el voltaje de fase del primario del transformador $V_{fp} = V_p$

4.- Medir el voltaje en el secundario del transformador V_s

5.- Obtener el voltaje de fase en el secundario del transformador V_{fs}

$$V_{fs} = \frac{V_s}{1.732}$$

6.- Medir la corriente de línea del primario del transformador I_p

7.- Obtener la corriente de fase en el primario del transformador

$$I_{fp} = \frac{I_p}{1.732}$$

8.- Obtener la impedancia total primario del transformador $Z_{pt} = \frac{V_p}{I_p}$

9.- Medir la corriente del secundario del transformador I_s

10.- Obtener la corriente de fase del secundario del transformador

$$I_{fs} = I_s$$

11.- Obtener la impedancia total secundario del transformador

$$Z_s = 2\left(\frac{V_s}{I_s}\right)$$

12.-Obtener la relación de transformación

$$a = V_1/V_2$$

13.-Obtener la reactancia secundaria total del transformador

$$X_{st} = 2 (Z_s^2 - (3.2 + r_L)^2)^{1/2}$$

14.- Relacionar la reactancia total secundaria al primario del transformador

$$X_{sp} = a^2 X_{st}$$

4.2.7.7. Experimento N° 7 (Cuestionario de Complementación)

Debe ser resuelto y enviado por E-MAIL al laboratorio de conversión de energía [Transformadores eléctricos] dirección electrónica -----.

Cuestionario N° 7

Conexión Dyy

1.- ¿De qué dependen las admitancias en corto circuito de un transformador multicircuito ?.

2.- ¿Cuáles son los problemas principales que se presentan en el empleo de transformadores multicircuito ?.

3.- ¿Cuáles son las principales aplicaciones de la conexión Dyy. Indicar ventajas y desventajas.

4.- Determinar el circuito equivalente para la conexión Dyy.

5.- Indicar la forma de obtener las pérdidas de un transformador de tres devanados.

6.-¿ Que sucede cuando en un banco de transformadores monofásicos , el neutro de los primarios se encuentra aislado del neutro de la carga y se conecta una carga monofásica ?.

Conexión Yyy

1.- ¿Que diferencia existe en el comportamiento de un transformador trifásico tipo núcleo de tres ramas y un banco formado por tres transformadores monofásicos?.

2.-¿ Es posible conectar un transformador trifásico de tres ramas en estrella – estrella con neutros aislados sin que sea influenciado excesivamente por los terceros armónicos? . Explique su respuesta.

3.- ¿Cuales son las principales aplicaciones de la conexión Yyy?. Indicar ventajas y desventajas.

4.- Determinar el circuito equivalente para la conexión Yyy.

5.- ¿Como debe ser la potencia del devanado primario con respecto a los devanados secundario y terciario .? . Explique su respuesta.

4.2.8 Experimento N° 8. Transformadores monofásicos en paralelo con carga resistiva.

4.2.8.1 Objetivo:

Determinar cuando dos transformadores monofásicos se pueden conectar en paralelo y como se reparten las cargas de acuerdo a su potencia.

4.2.8.2. Teoría

4.2.8.2.1. *Operación en paralelo de transformadores monofásicos.*

Los transformadores monofásicos pueden funcionar en paralelo si la relación de vueltas es igual o cercana y si la relación de impedancias es aproximadamente igual al inverso de la relación de los Kva. nominales. (Figura N° 27)

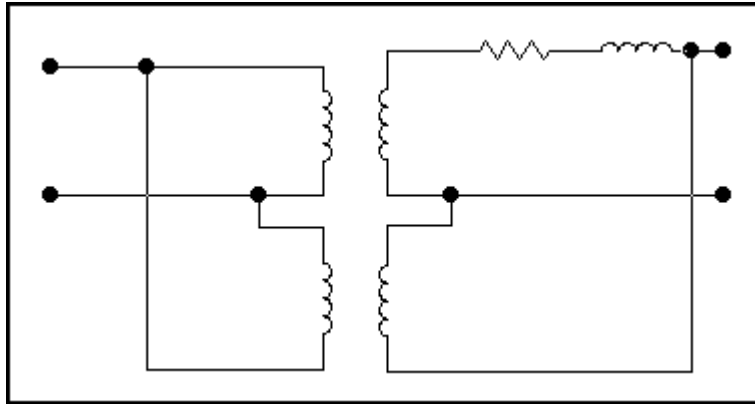


Figura N° 27 Transformadores monofásicos en paralelo.

Dos transformadores se encuentran conectados en paralelo cuando sus devanados primarios y secundarios se encuentran en paralelo . Cuando se incrementa una carga , es necesario incrementar la potencia suministrada , para lo cual se requiere la conexión de una unidad transformadora adicional en paralelo con la unidad existente . El principal problema que se presenta , es la forma como se reparten las cargas las unidades conectadas en paralelo . Si se desprecian las corrientes de excitación , la relación fasorial entre las tensiones en los terminales de los devanados primario y secundario es :

$$V_1 - I_1 Z_1 = a V_2$$

Siendo : V_1 y V_2 los fasores correspondientes a las tensiones entre terminales de los devanados primario y secundario .

I_1 el fador de la corriente que circula por el devanado primario del transformador .

Z_1 Impedancia compleja referida al devanado primario .

a Relación de transformación N_1 / N_2

Si se refiere la tensión V_1 al devanado secundario , se obtiene :

$$\frac{V_1}{a} - I_2 Z_2 = V_2$$

Donde :

I_2 es la corriente en el devanado secundario .

Z_2 es la impedancia equivalente compleja del devanado secundario .

En los transformadores conectados en paralelo las tensiones entre los terminales de los devanados primarios son iguales , las tensiones entre los terminales de los devanados secundarios son iguales , la corriente total de los primarios es la suma fasorial de las corrientes que circulan por cada uno de los primarios , la corriente que circula por la carga es la suma fasorial de las corrientes que circulan por los devanados secundarios y la relación de transformación de los transformadores igual.

Además los transformadores deben repartirse la carga proporcionalmente a sus potencias nominales , siendo sus caídas de tensión en sus impedancias equivalentes iguales a plena carga , siendo los valores óhmicos de sus impedancias equivalentes inversamente proporcionales a sus potencias nominales .Si las corrientes secundarias se encuentran en fase , su transferencia de potencia es máxima , por lo tanto la relación de la reactancia equivalente , a la resistencia equivalente deben ser iguales .

Si las corrientes de los primarios de los transformadores no se encuentran en concordancia de fase , la corriente que circula por cada transformador es mayor que el 0.5% de la corriente total , haciendo que la potencia aparente de salida del

conjunto , sea inferior a la suma de las potencias individuales de cada transformador .

4.2.8.3. Ejecución en tiempo real tiempo real

1. Introducir la relación de transformación a_1 y de cada transformador. $a_1 = a_2 = 0.5$

A1 relación de transformación del transformador 1

A2 relación de transformación del transformador 2.

2. Medir el voltaje de los terminales de entrada del devanado primario de los transformadores.

$V_1^1 = V_1^2$ V_1^1 Voltaje en los terminales del devanado primario del transformador 1
 V_1^2 Voltaje en los terminales del devanado primario del transformador 2

3. Obtener el voltaje en los terminales del devanado secundario del transformador:

$$V_2^1 = V_2^2$$

V_2^1 Voltaje en el devanado secundario del transformador 1

V_2^2 Voltaje del devanado secundario del transformador 2

4. Introducir los valores de la potencia aparente de cada transformador.

S_1 Potencia aparente del transformador 1 (270 VA)

S_2 Potencia aparente del transformador 2 (270 VA)

4. Medir la corriente en los terminales de los devanados primarios de los transformadores.

$$I_1^1 = I_{medido}/2$$

$$I_1^2 = I_{\text{medido}}/2$$

I_1^1 Corriente en el devanado primario del transformador 1

I_1^2 Corriente en el devanado primario del transformador 2

6. Medir la corriente en el devanado secundario de cada transformador:

$$I_2^1 = \frac{I_2}{2} \qquad I_2^2 = \frac{I_2}{2}$$

5. Obtener el valor de la impedancia del devanado secundario de cada transformador:

$$Z_2^1 = \frac{V_2^1}{I_2^1} \qquad Z_2^2 = \frac{V_2^2}{I_2^2}$$

6. Obtener el valor de la impedancia del devanado primario de cada transformador:

$$Z_1^1 = \frac{V_1^1 - a_1 V_2^1}{I_1^1} \qquad Z_1^2 = \frac{V_1^2 - a_2 V_2^2}{I_1^2}$$

9. Obtener el valor de :

$$I_1^1 Z_1^1 \qquad I_1^2 Z_1^2$$

10. Obtener la relación :

$$\frac{Z_1^2}{Z_1^1}$$

11. Obtener la relación:

$$\frac{S_1}{S_2}$$

12. Obtener el valor de X_1^1

$$X_1^1 = \left[(Z_1^1)^2 - (1.6a^2 + 3.2) \right]^{1/2}$$

13. Obtenerle valor de X_1^2

$$X_1^2 = \left[(Z_1^2)^2 - (1.6a^2 + 3.2)^2 \right]^{1/2}$$

14. Introducir el valor R de la carga.

15. Obtener el valor de R_1^1 :

$$R_1^1 = 3.2 + a^2 * 1.6 + a^2 R_{Carga}$$

16. Obtener el valor R_1^2 :

$$R_1^2 = 3.2 + a^2 * 1.6 + a^2 R_{Carga}$$

17. Obtener el valor $\arctan \frac{X_1^1}{R_1^1}$

18. Obtener el valor $\arctan \frac{X_1^2}{R_1^2}$

19. Obtener la diferencia :

$$\theta_p = \arctan \frac{X_1^1}{R_1^1} - \arctan \frac{X_1^2}{R_1^2}$$

20. Comparar las siguientes magnitudes

a. V_1^1 y V_1^2

b. V_2^1 y V_2^2

c. a_1 y a_2

d. $I_1^1 Z_1^1$ y $I_1^2 Z_1^2$

e. $\arctan \frac{X_1^1}{R_1^1}$ y $\arctan \frac{X_1^2}{R_1^2}$

Questionario

1. De las comparaciones anteriores , deduzca que relaciones deben cumplir para que dos transformadores funcionen correctamente conectados en paralelo.

2. V_1^1 y V_1^2 deben ser de diferente valor para conectar dos transformadores en

3. Paralelo, por que?

4. Para conectar dos transformadores en paralelo como deben ser a_1 y a_2 ? que implicaciones se tendrían si fuese lo contrario?
5. Cual debe ser la relación entre $I_1^1 Z_1^1$ y $I_1^2 Z_1^2$, por que?0
6. Si $\theta = \arctan \frac{X_1^1}{R_1^1} - \arctan \frac{X_1^2}{R_1^2}$ cual debe ser el valor ideal de ϕ para lograr una conexión eficiente de los transformadores en paralelo.

4.2.8.4. Transformadores monofásicos en paralelo con carga resistiva.

Simulación.

1. Introducir la relación de transformación a_1 y de cada transformador. $a_1 = a_2 = 0.5$

a_1 relación de transformación del transformador 1

a_2 relación de transformación del transformador 2.

3. Medir el voltaje de los terminales de entrada del devanado primario de los transformadores.

$V_1^1 = V_1^2$ V_1^1 Voltaje en los terminales del devanado primario del transformador

1

V_1^2 Voltaje en los terminales del devanado primario del

transformador 2

4. Obtener el voltaje en los terminales del devanado secundario del transformador

5. (Como los devanados secundarios de los transformadores se encuentran

6. conectados en paralelo, el voltaje es el mismo para los dos transformadores):

$V_2^1 = V_2^2$

V_2^1 Voltaje en el devanado secundario del transformador 1

V_2^2 Voltaje del devanado secundario del transformador 2

4. Introducir los valores de la potencia aparente de cada transformador.

S_1 Potencia aparente del transformador 1 (270 VA)

S_2 Potencia aparente del transformador 2(270 VA)

4. Medir la corriente en los terminales de los devanados primarios de los transformadores.

$$I_1^1 = I_{\text{medido}}/2$$

$$I_1^2 = I_{\text{medido}}/2$$

I_1^1 Corriente en el devanado primario del transformador 1

I_1^2 Corriente en el devanado primario del transformador 2

6. Medir la corriente en el devanado secundario de cada transformador:

$$I_2^1 = \frac{I_2}{2} \qquad I_2^2 = \frac{I_2}{2}$$

5. Obtener el valor de la impedancia del devanado secundario de cada transformador:

$$Z_2^1 = \frac{V_2^1}{I_2^1} \qquad Z_2^2 = \frac{V_2^2}{I_2^2}$$

6. Obtener el valor de la impedancia del devanado primario de cada transformador:

$$Z_1^1 = \frac{V_1^1 - a_1 V_2^1}{I_1^1} \qquad Z_1^2 = \frac{V_1^2 - a_2 V_2^2}{I_1^2}$$

9. Obtener el valor de :

$$I_1^1 Z_1^1 \qquad I_1^2 Z_1^2$$

10. Obtener la relación :

$$\frac{Z_1^2}{Z_1^1}$$

11. Obtener la relación:

$$\frac{S_1}{S_2}$$

12. Obtener el valor de X_1^1

$$X_1^1 = \left[(Z_1^1)^2 - (1.6a^2 + 3.2)^2 \right]^{1/2}$$

13. Obtenerle valor de X_1^2

$$X_1^2 = \left[(Z_1^2)^2 - (1.6a^2 + 3.2)^2 \right]^{1/2}$$

14. Introducir el valor R de la carga.

15. Obtener el valor de R_1^1 :

$$R_1^1 = 3.2 + a^2 * 1.6 + a^2 R_{Carga}$$

16. Obtener el valor R_1^2 :

$$R_1^2 = 3.2 + a^2 * 1.6 + a^2 R_{Carga}$$

17. Obtener el valor $\arctan \frac{X_1^1}{R_1^1}$

18. Obtener el valor $\arctan \frac{X_1^2}{R_1^2}$

19. Obtener la diferencia :

$$\theta_p = \arctan \frac{X_1^1}{R_1^1} - \arctan \frac{X_1^2}{R_1^2}$$

X_1^1 Reactancia equivalente del transformador 1 referida al primario.

X_1^2 Reactancia equivalente del transformador 2 referida al primario.

R_1^1 Resistencia equivalente del transformador 1 referida al primario.

R_1^2 Resistencia equivalente del transformador 2 referida al primario.

θ Angulo de desfase entre corrientes de los devanados primario de los dos transformadores.

20. Observe si se cumplen las siguientes condiciones:

a. $V_1^1 = V_1^2$

b. $V_2^1 = V_2^2$

c. $a_1 = a_2$

d. $I_1^1 Z_1^1 = I_1^2 Z_1^2$

e. $\theta = 0$

Nota: Estas son las condiciones básicas para conectar dos transformadores en paralelo.

Cuestionario

1. Que sucede si $V_2^1 \neq V_2^2$.
2. Cual es el comportamiento de los transformadores cuando $a_1 \neq a_2$.
3. Que sucede si las caídas de tensión en las impedancias equivalentes referidas al primario del transformador 1 y transformador 2 son diferentes.
4. Que sucede si la corriente primaria del transformador 1 y el transformador 2 no están en concordancia de fase.
5. En caso de tener transformadores trifásicos, que condiciones deben cumplirse para conectarlos en paralelo.
7. De las comparaciones anteriores, deduzca que relaciones deben cumplir para que dos transformadores funcionen correctamente conectados en paralelo.
8. V_1^1 y V_1^2 deben ser de diferente valor para conectar dos transformadores en paralelo, por que?
9. Para conectar dos transformadores en paralelo como deben ser a_1 y a_2 ? que implicaciones se tendrían si fuese lo contrario?
10. Cual debe ser la relación entre $I_1^1 Z_1^1$ y $I_1^2 Z_1^2$, por que?
11. Si $\theta = \arctan \frac{X_1^1}{R_1^1} - \arctan \frac{X_1^2}{R_1^2}$ cual debe ser el valor ideal de θ para lograr una

conexión eficiente de los transformadores en paralelo

12. Que sucede si $V_2^1 \neq V_2^2$.

13. Cual es el comportamiento de los transformadores cuando $a_1 \neq a_2$.

14. Que sucede si las caídas de tensión en las impedancias equivalentes referidas al primario del transformador 1 y transformador 2 son diferentes.

15. Que sucede si la corriente primaria del transformador 1 y el transformador 2 no están en concordancia de fase.

16. En caso de tener transformadores trifásicos, que condiciones deben cumplirse para conectarlos en paralelo.

4.2.9. Experimento N° 9. Transitorios

4.2.9.1. Objetivo:

Visualizar una onda transitoria y su creación al interrumpirse una corriente eléctrica en una bobina con núcleo.

4.2.9.2. Teoría

Corriente total de excitación.

Cuando el transformador se energiza, fluye una corriente de excitación transitoria que depende de la magnitud del voltaje de la fuente de alimentación en el instante en que el transformador es energizado, el flujo residual en el núcleo y la impedancia de la fuente. La magnitud de esta corriente excede a la corriente a plena carga y puede alcanzar de 8 a 10 veces el valor de esta.

El flujo total en el núcleo del transformador es igual al flujo normal mas una componente transitoria del flujo.

Cuestionario sobre transitorios

- Explique porqué en el momento de la conexión del sistema aparece una forma de onda muy diferente a la sinusoidal?
- Se conoce que al interrumpirse una corriente eléctrica se forma un arco eléctrico de baja resistencia cuando la diferencia de potencial entre sus contactos es pequeña, que sucede cuando la resistencia del arco es relativamente grande y cuando el proceso es inverso, es decir en el momento de la conexión?

- Porque se crea transitorio en el momento de la conexión del transformador?
- De acuerdo a las observaciones gráficas de las conexiones del transformador,
- porque cada conexión corresponde a una forma de onda diferente ?

- Porque en el momento de la conexión del transformador, el periodo de la onda
- es diferente de la onda de la fuente de potencia ?
- Que parámetros influyen en el estado transitorio del sistema?
- Cómo influyen el núcleo del transformador en la respuesta transitoria?
- Porque en estado estacionario (cuando el transformador esta conectado y han
- transcurrido mas de 5 constantes de tiempo) se encuentran deformaciones en
- el pico positivo y negativo de la onda ?
- Que se denomina coeficiente de amortiguamiento de un circuito?

CONCLUSIONES

- El software implementado muestra que la simulación es una herramienta útil en el análisis de sistemas.
- Con la simulación se pueden predecir ciertos resultados experimentales permitiendo eliminar tiempos innecesarios en la búsqueda de valores de las variables que se encuentren dentro de los rangos experimentales.
- La simulación como herramienta de análisis permite incentivar al experimentador en la búsqueda de nuevos conocimientos y además crear la necesidad de experimentar en tiempo real para confrontar sus resultados .
- El software permite implementar sistemas de comparación entre los datos físicos obtenidos a través de la tarjeta de adquisición de datos con los resultados obtenidos en una simulación del mismo proceso.
- El software implementado es una muestra de las posibilidades existentes de realizar algo diferente a las aplicaciones existentes en base a desarrollos importados y que aún son incipientes. A través del software es posible evaluar el porcentaje de error de la información obtenida.
- Se muestra a través del software que es posible tener un control de los experimentos durante sus desarrollos.

- Se puede obtener una base de datos donde se visualizan los resultados del experimentador y la forma como el experimentador logra obtener los resultados esperados.
- El software desarrollado para estos experimentos permite determinar la viabilidad de sustituir ciertos experimentos físicos presenciales.
- Uno de los objetivos de este proyecto es el de poder mostrar que se pueden desarrollar experimentos físicos a través de una red.
- Se concluye que el desarrollo de experimentos por medio del computador se logra con un grupo multidisciplinario.

Se diseñó e implementó una arquitectura para la toma de datos de los experimentos contemplados en este proyecto que consta de una interfase física particular diseñada para el propósito específico del proyecto, creando la interconexión PC y transformador a experimentar, para:

- Energizar los elementos de control y de potencia eléctrica desde el computador.
- Configurar desde el computador las diferentes opciones de conexión tanto del transformador como de la carga.
- La toma de datos análogos de cada uno de los experimentos.
- Minimizar los riesgos en daños de equipos y en las personas.

Esta interfaz física consta de:

- Una tarjeta de adquisición de datos PCI-1200 de la National Instruments.
- Opto acopladores que conectan directamente a las tarjetas de adquisición de datos (alojada en el interior de la PC) es un elemento electrónico que conecta el PC con el resto de la interfaz y que a la vez actúa como aislante entre la tarjeta de adquisición de datos y la parte experimental.
- Los micro-relés son elementos que accionan los diferentes relés que conmutan las cargas, conectan los transformadores y los energizan.
- Los transformadores de Potencial se utilizan para la toma de datos análogos de los transformadores a través de la tarjeta de adquisición de datos.

RECOMENDACIONES

- Este proyecto puede ser el modelo para el desarrollo futuro de los laboratorios a distancia.
- Este trabajo se puede tomar como base para la automatización de los laboratorios de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente (CUAO).
- Es pertinente mantener un grupo de trabajo cuya misión sea la de estructurar los laboratorios virtuales al interior de la Universidad.
- Programar varios equipos en paralelo para la realización de prácticas con el fin de disminuir el efecto de las colas cuando se incrementa el número de experimentadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. SALAZAR L.A., “Ingeniería Eléctrica Experimental”, España, Marcombo S. A., 1973.
2. THALES G.J. Y WILCOX M.L., “Máquinas Eléctricas Estado Dinámico y Permanente” - Wiley and Sands, “Electric Machines “ 1966 - Del Valle M. Unam, Editorial Limusa - Wiley 1969.
3. ELI DE GORTARIE., “Lógica General”, México, Editorial Grijalba S.A. 1972.
4. FERNANDEZ F.J., “Circuitos Magnéticos y Transformadores”, España, Barcelona, Editorial Reverté S.A. 1965.
5. BERTAKINFFY L.V., “Teoría General de los Sistemas”, Primera Edición en Inglés, 1968, Primera Edición en Español, México, 1976, Primera Reimpresión, Colombia, 1994.
6. TOMAS G.J., GIRON S.F., Y VELTHUIS P.M., “Redes para Procesos Distribuidos”, México, Alfaomega, 1997.

7. COMER E.D., "Inter Networking With TCP/IP", New Jersey, Prentice Hall, 1995
Third Edition.
8. COX N., MANLUY CH.T., CHEA F., "Guía Lan Times de Redes Multimedia",
México, McGraw-Hill - 1995.
9. MASO B., "Manual de Microsoft Visual Java++", Traducido por De Córdoba
Herralde R., U.S.A., McGraw-Hill, 1997.
10. GRIFFITH STEVEN W., "1001 Tips para Programas con Java", México,
McGraw-Hill, 1996.
11. JAMSA C., "Java Ahora", México, McGraw-hill, 1996.
12. "Instrumentation Catalogue 1998, Measurement and Automation", U.S.A.
National Intruments, 1998.
13. GRADOCKI J., "Realidad Virtual Construcción de Proyectos", México, Grupo
Editor S.A. , 1997.
14. TANENBAUM A.S., " Sistemas Operativos Distribuidos" México, Prentice
Hall, 1996.
15. POLOUJADOFF M., "Tratamiento de la Energía Eléctrica", Colección Básica

de Electrotecnia, España, Marcombo S.A., 1973.

16. Bipolar Power Transistor Data. Motorola Power Transistor In Brief, 1992
17. PRESSMAN R.S, "Ingeniería del Software un Enfoque Práctico" España, McGraw- Hill, 1997.
18. LEMAY L. y PERKINS CH., "Aprendiendo Java 1.1 en 21 días", México, Prentice Hall, 2da. Edición, 1998.
19. LANGSAM Y., AUGENSTEIN M.J. y TANENBAUM A. A, " Estructura de Datos con C y C++", Editorial Prentice Hall, 1997.
20. GARCIA j y PIATTINI M., "Redes para Procesos Distribuidos", Editorial Computec, rama, 1997.
21. Optoelectronics Devise Data Motorola Semiconductor Products Sector DL118/D. Rev. 4. 1993.
22. ENRIQUEZ G., " Curso de Transformadores y Motores Trifasicos de Inducción", Editorial Limusa, México, 1973.
23. ELMASRI R. y NAVATHE S. B., " Sistemas de Bases de Datos, Conceptos fundamentales" Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, 2da edición, 1997.

24. VILLALOBOS J. A., “ Diseño y Manejo de Estructuras de Datos en C”, Editorial McGraw-Hill, 1996.
25. IEEE- Potentials. Vol. 17 No 2. U.S.A. (Abril-Mayo) de 1998.
26. NATIONAL INSTRUMENTS, ComponentWorks, National Instruments Corporation, Austin, Texas, USA, 1998.
27. ENRIQUE HARPER, El ABC de las máquinas eléctricas i. transformadores, Editorial Limusa, Mexico, 1996.
28. Distribution Systems, Electric Utility Engineering Reference Book, Volumen 3, Westinghouse Electric Corporation, USA, 1965.
29. Electrical Transmission and Distribution, Reference Book, by Central Station Engineers of the Westinghouse Electric Corporation, USA, 1964.
30. BOB RESELMAN, RICHARD PEASLEY y WAYNE PRUNCHNIAK, Descubre Visual BASIC 6, Editorial Prentice Hall, 1999.
31. MIKE McKELUY, RONALD MARTINSEN y JEFF WEBB, Visual BASIC 5, Editorial Prentice Hall, 1997.
32. Manual de Usuario PCI-1200, DAQ, National Instruments, USA. January 1997.

33. E.E. STAFF del MIT. Circuitos magnéticos y transformadores, Editorial Reverté, S.A., España, 1965.
34. Índice horario y acoplamiento en paralelo de los transformadores trifásicos, Conferencia del SENA.
35. HAND CH. What Is Virtual Reality ?, paper HTML. Versión 2.1 Octubre 8 de 1993.
36. HUBERT CH.I, CIRCUITOS ELECTRICOS, CA/CC., McGraw-Hill, Editorial Printer, Bogotá. 1985.
37. Manual de Office 97 de la Microsoft.
38. Manual de Visual Basic versión 6.0 de la Microsoft.
39. Manual de Workbench eda versión 5.0.
40. COSS BU R., “ Simulación Un enfoque práctico”, Editorial Limusa, México. 1999.
41. Manual de CORELDRAW versión 9.

42. ENCARE. Investigación en Educación. Eastern North Carolina Consortiun, United States, Education.
43. SANTOSH KUMAR PANDY, L. SATISH, “ Descomposición de señales multi-resoslución como una nueva herramienta para la detección de fallas en transformadores de potencia durante las pruebas de Impulso”, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 13 No. 4, Octubre de 1998.
44. VALDIVIA R., LIÑAN J. L., Manual de Sistemas Distribuidos I de la Maestría en Ciencias Computacionales, ITESM, México.
45. STEVEN PEKAREK, TIMOTY SKVARENINA, “ ACSL/Graphic Modeller Component Models for Electric Power Education”, IEEE, Nov. 1998.
46. ERTUGAL N., “ Desarrollo de un laboratorio en LabVIEW para máquinas eléctricas y manejo de sistemas”, Depto de ingeniería eléctrica y electrónica, Universidad de Adelaida, Australia.
47. QINGPING YANG, CLIVE BUTLER, “ An Object – Oriented Model of Measurement Systems”, IEEE Transaction on instrumentation and measurement Vol. 47 No. 1, Feb. 1998.
48. ALCALDE E., MORERA J., PEREZ-CAMPANERO J. A., Introducción a los Sistemas OperativoS, McGraw-Hill/interamericana de ESPAÑA, 1995.

49. RAMSIS S. GIRGIS, KURT GRAMM, DE G. TENIJENHUIS, JAN – ERIK WRETHAG, “ Investigaciones experimentales sobre los efectos producidos por los atributos del núcleo en la obtención de las pérdidas en el núcleo de los transformadores”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 2, Abril 1998.
50. CHAMORRO F., MOLINA J. M., MATELLAN V., MIEZA J. I., programación y diseño en entornos gráficos, McGraw-Hill/interamericana de ESPAÑA, 1997.
51. GUNTHER F. MECHLER, RAMSIS S. GIRGIS, “ Cálculo de distribución de pérdidas espaciales en los núcleos de los transformadores de distribución y fijos de potencia”, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 13. No. 2. Abril 1998.
52. FREEDMAN A., Diccionario de Computación, España, McGraw – Hill, 1995, tomo 3.
53. AHO A. V., ULLMAN J. D., Foundations of Computer Science C Edition, Computer Science Press, New York, 1995.
54. Manual de LabVIEW de la National Instruments.
55. THESEN A., TRAVIS L.E., Simulation for Decision Making, copyright by west

Publishing Company, USA, 1992.

56. DICKMAN A., WAX E., " Microsoft Lakes On Transactions (Informations Week Labs), paper, April 1997.

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1-1	Descripción esquemática del proyecto Mediante un diagrama de bloques.	12
Figura N° 1-2	Fotografía del sistema integrado de Equipos que conforman el proyecto	14
Figura N° 1-3	Fotografía del transformador de potencia utilizado como máquina de experimentación.	16
Figura N° 1-4	Diagrama esquemático del transformador de potencia utilizado en el desarrollo de los experimentos .	17
Figura N° 1-5	Representación esquemática de un transformador monofásico.	18
Figura N° 1-6	Banco de carga trifásico	19
Figura N° 1-7	Representación esquemática del banco de carga trifásico.	20
Figura N° 1-8	Distribución de contactos de los relés que Realizan las diferentes conexiones del transformador de potencia .	23
Figura N° 1-9	Fotografía de las tarjetas de relés de potencia para realizar las diferentes conexiones del transformador.	24

Figura N° 1-10 Conexión Yy del transformador de potencia .	25
Figura N° 1-11 Diagrama d conexiones por medio de relés del transformador trifásico en configuración Yy.	27
Figura N° 1-12 Conexión Dd del transformador trifásico.	28
Figura N° 1-13 Diagrama de conexiones por medio de relés del transformador trifásico en configuración Dd.	29
Figura N° 1-14 Conexión Yd del transformador trifásico.	30
Figura N° 1-15 Diagrama de conexiones de la configuración Yd del transformador trifásico.	31
Figura N° 1-16 Representación esquemática del transformador trifásico en configuración Dy.	32
Figura N° 1-17 Diagrama de conexiones de la configuración Dy del transformador trifásico.	33
Figura N° 1-18 Transformador en conexión Yz5.	34
Figura N° 1-19 Diagrama fasorial de la configuración Yz5.	35
Figura N° 1-20 Diagrama de conexiones de la configuración Yz5 del transformador trifásico.	36
Figura N° 1-21 Circuito equivalente del transformador de 3 devanados.	37
Figura N° 1-22 Diagrama de conexiones de la configuración Yyy del transformador trifásico.	39
Figura N° 1-23 Diagrama de conexiones de la configuración Dyy del transformador trifásico.	40

Figura N° 1-24	Asignación de los contactos de los relés de la carga de acuerdo a la fase a activar.	42
Figura N° 1-25	Esquema de conexiones de los relés para la carga de 600 Ω .	44
Figura N° 1-26	Esquema de conexiones de los relés para la carga de 300 Ω .	45
Figura N° 1-27	Esquema de conexiones de los relés para la carga de 200 Ω .	46
Figura N° 1-28	Esquema de conexiones de los relés para la carga de 120 Ω .	47
Figura N° 1-29	Esquema de conexiones de los relés para la carga de 100 Ω .	48
Figura N° 1-30	Esquema de conexiones de los relés para la carga de 85.714 Ω .	49
Figura N° 1-31	Conjunto optoacoplador micro-relé.	51
Figura N° 1-32	Fotografía de la tarjeta de control de la tarjeta de potencia N° 3.	51
Figura N° 1-33	Tarjeta de control de la tarjeta de potencia N° 4.	52
Figura N° 1-34	Fotografía de los transformadores de potencial y de corriente utilizados en el sistema de captura de señales del transformador.	55
Figura N° 1-35	Asignación de los pines de conexión de la Tarjeta PCI-1200 I/O.	62

Figura N° 1-36	Fotografía de la tarjeta de adquisición de datos.	64
Figura N° 1-37	Icono ejecutable de Pasolmee.	78
Figura N° 1-38	Ventana de selección de usuario.	79
Figura N° 1-39	Ventana de inscripción de usuario	80
Figura N° 1-40	Ventana de corrección de clave de entrada.	80
Figura N° 1-41	Ventana de selección de tipo de proceso.	81
Figura N° 1-42	Ventana de selección del experimento a Desarrollar.	81
Figura N° 1-43	Ventana de resultados obtenidos por el Experimentador.	82
Figura N° 1-44	Ventana para la realización de consulta.	85
Figura N° 2-1	Ventana Visual Basic para la creación de una interfaz gráfica.	89
Figura N° 2-2	Interfaz para comunicación PC- máquina de experimentación .	90
Figura N° 3-1	Transformador como una red de dos puertos.	94
Figura N° 3-2	Circuito en T equivalente del transformador.	94
Figura N° 3-3	Circuito equivalente del transformador refe- rido al primario.	100
Figura N° 3-4	Diagrama del transformador.	101
Figura N° 4-1	Circuito equivalente del transformador mono- fásico.	113
Figura N° 4-2	Transformador en conexión Yz5 y su representación vectorial .Desplazamiento	

angular de 150° .	137
Figura N° A.6-1 Curva de imanación de un material ferromagnético .	154
Figura N° A.6-2 Plano VP donde se mueve una carga $q+$.	155
Figura N° A.6-3 Circuito magnético toroidal.	156
Figura N° A.6-4 Ciclo de histéresis.	156
Figura N° A.6-5 Circuito toroidal	157
Figura N° A.6-6 Circuito equivalente completo de un transformador.	163
Figura N° A.6-7 Bobina sobre la cual se crea un flujo	163
Figura N° A.6-8 Transformador con secundario abierto	164
Figura N° A.6-9 Curva representativa de la variación del flujo en el núcleo de un transformador en función de la corriente de excitación	165
Figura N° A.6-10 Forma de onda correspondiente al flujo y la tensión inducida .	166
Figura N° A.6-11 Representación fasorial de v Vs ϕ	166
Figura N° A.6-12 Circuito equivalente completo del transformador monofásico.	174
Figura N° A.6-13 Circuito simplificado equivalente del transformador monofásico .	176
Figura N° A.6-14 Diagrama fasorial del transformador monofásico bajo carga inductiva.	178

Figura N° A.6-15	Diagrama fasorial del transformador monofásico bajo carga resistiva.	179
Figura N° A.6-16	Diagrama fasorial del transformador monofásico bajo carga capacitiva.	181
Figura N° A.6-17	Circuito equivalente del transformador Monofásico.	183
Figura N° A.6-18	Transformador con múltiples secundarios.	183
Figura N° A.6-19	Transformador con secundario de tres terminales.	184
Figura N° A.6-20	Transformadores monofásicos en paralelo.	185
Figura N° A.6-21	Transformador en conexión YZ5	192
Figura N° A.6-22	Diagrama de tensiones engendradas en el secundario de transformador en conexión YZ5 entre neutro y fases y entre fases .	193
Figura N° A.6-23	Transformador de tres devanados	197
Figura N° A.6-24	Diagrama fasorial del transformador de Tres devanados	197
Figura N° A.6-25	Angulo de desfase de 0°	198
Figura N° A.6-26	Angulo de desfase 180°	199
Figura N° A.6-27	Conexión Dyd11	200
Figura N° A.6-28	Conexión Dyd1	200
Figura N° A.6-29	Conexión Dyd 5	200
Figura N° A.6-30	Conexión Yz5	202

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1-1	Energización del sistema.	13
Tabla N° 1-2	Coexión de las resistencias de carga.	21
Tabla N° 1-3	Secuencia de conexión de los relevos de potencia.	22
Tabla N° 1-4	Secuencia de activación de relés de acuerdo a la resistencia carga seleccionada por fase.	41
Tabla N° 1-5	Bit de activación de relés de acuerdo a la carga seleccionada .	43
Tabla N° 1-6	Entradas análogas para la conexión de los transformadores de medida.	54
Tabla N° 1-7	Valores obtenidos en la determinación del voltaje del primario del transformador de potencial.	56
Tabla N° 1-8	Valores obtenidos en la determinación del voltaje del secundario del transformador de potencial.	57
Tabla N° 1-9	Relación de transformación del transformador de potencial.	58
Tabla N° 1-10	Convertor voltaje - corriente.	59

Tabla N° 1-11	Requisitos del sistema.	65
Tabla N° 3-1	Salidas digitales para conexión del transformador.	102
Tabla N° 4-1	Salidas digitales para la conexión del transformador en configuración Yz5	135
Tabla N° A-1	Grupo de conexiones	203

INDICE GENERAL

	Página
Portada.	1
Presentación.	2
Prefacio.	3
Agradecimientos.	5
Contenido.	6
Introducción.	8
Capítulo 1.- Laboratorio Asistido por Computador para	
transformadores electricos.	11
Introducción.	11
Presentación esquemática del proyecto mediante	
diagrama de bloques.	12
Descripción de cada bloque.	14
Transformador de potencia.	15
Constitución del transformador	
trifásico de potencia.	16
Características de los transformadores	

monofásicos que conforman el banco trifásico.	17
Banco de cargas trifásicas.	19
Tarjeta de relés de potencia para conexión del transformador.	21
Secuencia de conexión de los relés para cada uno de los experimentos programados.	21
Representación esquemática de cada uno de los relés utilizados en las conexiones del transformador.	22
Descripción de cada una de las conexiones del transformador trifásico.	24
Conexión Yy.	25
Conexión Dd.	28
Conexión Yd.	29
Conexión Dy.	31
Conexión Yz5.	33
Transformador de 3 devanados.	37
Conexión del transformador trifásico en configuración Yyy.	38
Conexión del transformador trifásico en configuración Dyy.	39
Tarjeta de relés de potencia para la conexión de	

la carga.	40
Tarjeta de control de la tarjeta de potencia N° 3.	50
Tarjeta de control de la tarjeta de potencia N° 4.	52
Sistema de captura de señales en el transformador.	58
Conexión a la tarjeta de adquisición de datos DAQ.	60
Cable de comunicación.	60
Estación maestra.	60
Tarjeta de adquisición de datos.	61
Funcionamiento del sistema.	64
Diseño del software.	65
Introducción.	65
Descripción de la información.	65
Cálculos(Cáculo.frm).	65
Formas de conexión (Form.frm).	67
Conexión FT (Teo.frm).	69
Datos (Datos.frm).	69
Experimento.frm.	70
Explorador (Explorador.frm).	71
Frm Acerca (frmAcerca).	71
Frm Inicio (frmInicio).	72
Frm Principal (frmPrincipal.frm).	73
Teoría form (Teoría.frm).	74
Module 1 (Module1.bas).	75
Requerimientos del sistema.	76

Instalación del software.	77
Inicio de la aplicación Pasolmee.	78
Obtención de datos.	78
Inicio de la sesión.	79
Obtención de resultados.	80
Simulación.	82
Análisis en tiempo real.	83
Manejo de ayudas.	83
Capitulo 2.- Desarrollo de interfaces.	86
Introducción.	86
Tipos de interfaz gráfica utilizadas en el desarrollo. del proyecto.	86
Diseño de las interfaz gráfica.	87
Diseño de las interfaz en hardware.	89
Tarjeta de adquisición de datos DAQ de la National Instruments.	91
Capítulo 3.- Transformadores eléctricos.	92
Introducción.	92
Descripción del transformador.	93
Modelo equivalente del transformador.	93
Definición de variables en el circuito equivalente del transformador.	96
Capitulo 4.- Experimentos desarrollados.	103
Introducción.	103
Experimentos.	103

Etapas de la experimentación.	103
Relación de experimentos.	104
Experimentos con transformadores monofásicos.	105
Experimento N° 1. Efectos resistivos en el Transformador.	105
Experimento N° 1. Proceso de simulación " Efectos resistivos en el transformador".	107
Experimento N° 1. Ejecución en tiempo real. "Efectos resistivos en los transformadores".	108
Experimento N° 2. Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores.	109
Proceso de simulación " Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores " .	109
Ejecución en tiempo real " Estudio de pérdidas en el núcleo de los transformadores.	110
Experimento N° 3. "Desarrollo del modelo equivalente del transformador".	110
Proceso de simulación "Desarrollo del modelo equivalente del transformador".	111
Ejecución en tiempo real. " Desarrollo del modelo equivalente del transformador " .	114
Experimento N° 4 " Análisis del transformador monofásico bajo carga " .	117

Proceso de simulación " Análisis del transformador monofásico bajo carga ".	117
Ejecución en tiempo real . " Análisis del transformador monofásico bajo carga".	120
Análisis del transformador trifásico bajo carga.	122
Experimento N° 5. "Análisis del transformador trifá- sico bajo carga en conexión estrella-estrella.	124
Experimento N° 5. Proceso de simulación .Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión estrella – Estrella.	124
Experimento N° 5. Ejecución en tiempo real .Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión estrella - estrella.	126
Experimento N° 5. Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión Dd.	127
Experimento N° 5. Proceso de simulación "Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión Dd ".	127
Experimento N° 5. Ejecución en tiempo real " Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión Dd ".	128
Experimento N° 5. Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión Yd.	129

Experimento N° 5. Proceso de simulación " Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión Yd "	129
Experimento N° 5. Ejecución en tiempo real " Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión Yd "	130
Experimento N° 5. Análisis del transformador trifásico bajo Carga en conexión Dy.	131
Experimento N° 5. Proceso de simulación "Análisis del transformador trifásico bajo carga conexión Dy "	132
Experimento N° 5. Ejecución en tiempo real "Análisis del transformador trifásico bajo carga en conexión Dy "	133
Experiemnto N° 6. Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yz5.	134
Proceso de simulación " Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yz5 "	135
Ejecución en tiempo real " Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yz5.	136

Experimento N° 7. Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Dyy.	138
Experimento N° 7. Proceso de simulación " Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Dyy."	138
Experimento N° 7. Ejecución en tiempo real . "Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Dyy" .	139
Experimento N° 7. Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yyy.	141
Experimento N° 7. Proceso de simulación " Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yyy" .	141
Experimento N° 7. Ejecución en tiempo real "Análisis del comportamiento del transformador trifásico en conexión Yyy".	143
Anexos.	145
Recursos necesarios para el desarrollo del proyecto .	145
Software utilizado para la programación de los experimentos.	146
Hardware.	146
Etapas del proyecto.	146
Características del proyecto.	147
Desarrollo del software.	149

Herramientas para la configuración del software.	150
Ventanas.	151
Diseño de las interfaz.	152
Manual de usuario.	152
Ayudas.	153
Transformador eléctrico.	153
Núcleo magnético.	154
Circuito magnético	157
Magnetismo remanente.	158
Inducción magnética residual.	158
Retentividad.	159
Campo coercitivo.	159
Coercitividad.	159
Pérdidas en el núcleo magnético.	159
Refrigeración.	160
Sistemas de refrigeración utilizados en transformadores.	160
Sistema de refrigeración por aire.	160
Sistema de refrigeración por corriente de aire forzado.	160
Sistema de refrigeración por aceite.	161
Sistema de refrigeración por aceite y aire forzado.	161
Sistema de refrigeración por aceite y agua	161
Sistema de refrigeración por aceite forzado.	162
Experimentos relacionados con la ejecución en tiempo real	162
Efectos resistivos en los transformadores	162

Experimento N° 1. Resistencia óhmica del devanado primario.	170
Experimento N° 1. Resistencia efectiva.	170
Experimento N° 1. Resistencia equivalente para el cálculo de las pérdidas en vacío.	171
Experimento N° 2. Corriente de excitación y pérdidas sin carga.	171
Experimento N° 2 . Relación de pérdidas.	172
Experimento N° 3. Circuito equivalente de un transformador.	173
Experimento N° 3 . Impedancia del transformador.	174
Experimento N° 3 . Desarrollo del modelo equivalente del transformador monofásico.	175
Experimento N° 3 . Cálculos.	176
Experimento N° 4. Análisis del transformador monofásico bajo carga.	178
Regulación de voltaje.	181
Circuito equivalente del transformador monofásico.	182
Transformador de dos bobinados.	182
Transformador con secundario de tres terminales.	184
Operación en paralelo de transformadores monofásicos.	185
Pérdidas en los transformadores.	185
Regulación.	187
Eficiencia.	188

Experimento N° 5 Bancos trifásicos balanceados.	188
Transformador trifásico en conexión Dd.	189
Transformador trifásico en conexión Yd.	189
Transformador trifásico en conexión Yy .	190
Transformador trifásico bajo carga.	190
Transformador trifásico en conexión estrella-estrella.	191
Transformador trifásico en conexión delta-delta.	191
Análisis fasorial de la conexión YZ5	193
Transformador trifásico en conexión.	
estrella-triángulo-triángulo	195
Transformador de tres devanados	195
Indice horario	198
Conclusiones.	204
Recomendaciones.	207
Bibliografía.	208
Indice de figuras.	216
Indice de tablas.	222
Indice general.	224