



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERFAZ HMI PARA LA
ADQUISICIÓN DE DATOS EN PRUEBAS DE
TRANSFORMADORES”**

AUTORES:

**EDUARDO ARTURO SALAS CIFUENTES
SERGIO RICARDO SANTANA HIDALGO**

DIRECTOR:

ING. HOLGER SANTILLAN CARRANZA, MBA.

**GUAYAQUIL – ECUADOR
2019**

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, EDUARDO ARTURO SALAS CIFUENTES y SERGIO RICARDO SANTANA HIDALGO, autorizamos a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, marzo, 2019

Autor: Eduardo Salas Cifuentes

Cédula: 1721038428

Autor: Sergio Santana Hidalgo

Cédula: 1720840295

CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Nosotros, EDUARDO ARTURO SALAS CIFUENTES, con documento de identificación No. 1721038428 y SERGIO RICARDO SANTANA HIDALGO, con documento de identificación No.1720840295, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERFAZ HMI PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN PRUEBAS DE TRANSFORMADORES” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO ELÉCTRICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, marzo, 2019

Autor: Eduardo Salas Cifuentes

Cédula: 1721038428

Autor: Sergio Santana Hidalgo

Cédula: 1720840295

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR

Yo, HOLGER JORGE SANTILLAN CARRANZA, director del proyecto de titulación denominado “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTERFAZ HMI PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN PRUEBAS DE TRANSFORMADORES” realizado por los estudiantes, Eduardo Arturo Salas Cifuentes y Sergio Ricardo Santana Hidalgo, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, marzo, 2019

Ing. Hólger Jorge Santillán Carranza, MBA.

DEDICATORIA

A mi madre Cristina, por haberme dado la vida y ponerme en el rumbo del bien, si estuviere presente estaría muy orgullosa por este objetivo alcanzado, a mi hermana Jessenia por ser el pilar y la impulsadora en mi vida luego de la partida de mi madre, a mi compañera de vida Lola y el motor de mi vida Benjamín por ser la razón de mi lucha para salir adelante. El presente trabajo es dedicado a todas las personas que creyeron en mí, me guiaron con su ayuda y sus consejos.

Eduardo Salas Cifuentes

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

De manera especial a mi madre Albertina, por el sacrificio que ha realizado por el bienestar de sus cuatro hijos, por el apoyo incondicional que siempre me has brindado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar las adversidades, por haberme enseñado a luchar para vencer los obstáculos que se presentan en la vida y por ser la mejor madre que Dios pudo poner en mi camino.

A la memoria de mi hermano Jorge, quien fue como un hijo para mí, gracias a mi hermano aprendí a ser responsable en la vida, a pesar de tener una discapacidad física el me enseñó el verdadero amor que me tenía demostrándomelo cada día cuando yo llegaba a casa y me recibía con abrazos y besos.

A mi esposa Stefania, por su apoyo y motivación para encaminarme a una vida de éxito, por ser esa persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mí, por darme la dicha de ser padre de dos maravillosos hijos, por los ánimos que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. A mis hijos Samuel y Jorge, que son la razón de mi vida el tesoro más grande que Dios me regaló y el motivo de mi existir.

A mis hermanos Carolina y Freddy, que siempre me han apoyado con sus consejos y cariño para no rendirme y seguir adelante por el bien de la familia.

Sergio Santana Hidalgo

AGRADECIMIENTOS

Agradecer de corazón a todos aquellos profesores que nos transmitieron sus conocimientos y fueron base para la culminación de mi carrera y la presentación de este trabajo.

Al Ing. Hólger Santillán por brindarnos de su tiempo, colaboración y de su conocimiento para elaborar este trabajo.

A mi hermana Jessenia por su apoyo incondicional y en cualquier circunstancia, tu esfuerzo por darme siempre lo mejor está plasmado en este trabajo y en el objetivo cumplido.

A mi esposa Lola por sus consejos, paciencia, malas noches y ese optimismo que siempre me impulso para cumplir con mi objetivo.

A mis familiares y amigos que siempre tuvieron una palabra de apoyo durante mi etapa estudiantil.

Eduardo Salas Cifuentes

AGRADECIMIENTOS

Mi más cordial agradecimiento a todos y cada uno de los Ingenieros de la carrera de Ingeniería Eléctrica, porque de alguna manera supieron brindarnos su gama de experiencia profesional y su acertado asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo, mi agradecimiento al director y asesor de tesis Ing. Hólger Santillán por su colaboración y orientación en la realización del presente trabajo de investigación, ya que supo guiarnos de la mejor manera con su repertorio amplio de conocimientos, gracias a su apoyo se pudo concluir el presente trabajo de investigación.

Sergio Santana Hidalgo

RESUMEN

Dentro del Laboratorio de transformadores de la UPS Sede Guayaquil se dicta la clase de Máquinas Eléctricas la cual comprende el estudio de los Transformadores analizando su comportamiento y funcionamiento, este análisis necesita de datos para su respectiva representación con diferentes gráficas que nos indican su comportamiento.

Los datos necesarios se los obtiene mediante un muestreo en el momento de realizar la práctica, estos datos son adquiridos de manera manual mediante un medidor digital, este puede ser multímetro o amperímetro. Con estos datos se realizan tablas para luego procesarlos y obtener el circuito equivalente que demuestran el funcionamiento y comportamiento del transformador.

Esta toma de datos, por realizarla manualmente esta propensa de errores, además la exactitud de la práctica dependería de la cantidad de muestras obtenidas, en este trabajo se lleva una considerable cantidad de tiempo.

Es así que surgió la idea de implementar una interfaz HMI para la adquisición de estos datos y que sean procesados y mostrados por un software, de esta manera se comprobará que los datos teóricos y medidos de manera manual, son los mismos que nos arroje el software programado, además de brindarnos un informe sobre el estado del transformador sometido a prueba.

Esta herramienta nos permite dar un criterio profesional sobre el estado de un transformador de distribución, ya que, este elemento es el más importante en una red.

**PALABRAS CLAVE: HMI, TRASFORMADOR DE
DISTRIBUCIÓN, SIEMENS, LABVIEW, INTERFAZ, SOFTWARE,
PRUEBAS DE TRANSFORMADORES**

ABSTRACT

Inside the transformer's laboratory in the UPS-Guayaquil the class of Electrical Machines is dictated, which includes the study of the Transformers analyzing their behavior and operation, this analysis needs data for their respective representation with different graphs that indicate their behavior.

The necessary data are obtained by sampling at the time of performing the practice, these data are acquired manually using a digital meter, this can be a multimeter or ammeter. With these data we make tables to process them later and obtain the different graphs that demonstrate the operation and behavior of the transformer.

This data collection, by performing it manually is prone to errors, in addition the accuracy of the practice would depend on the number of samples obtained, in this work it takes a considerable amount of time.

This is how the idea of implementing an HMI interface for the acquisition of this data arose and that they are processed and displayed by a software, in this way we will verify that the theoretical data and measured manually, are the same as the programmed software, in addition to giving us a report on the status of the transformer under test.

This tool allows us to give a professional criterion about the status of a distribution transformer, because this element is the most important in a network.

**KEY WORDS: HMI, DISTRIBUTION TRANSFORMER,
SIEMENS, LABVIEW, INTERFACE, SOFTWARE,
TRANSFORMER TESTS**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Importancia y alcances	1
1.3. Delimitación	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.4.3. Tareas a realizar	3
1.5. MARCO METODOLÓGICO	4
CAPITULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. El Transformador.....	6
2.1.1. Clasificación y utilización de los transformadores.....	7
2.1.2. Partes de un transformador	9
2.1.3. Parámetros eléctricos en un transformador.....	13
2.2. Pruebas a transformadores de distribución.....	15
2.2.1. Prueba de Circuito Abierto.....	15
2.2.2. Prueba de Corto Circuito	17
2.2.3. Prueba de Impedancia.....	18
2.2.4. Relación de transformación.....	20
2.2.5. Circuito Equivalente	22
2.3. Interfaz Hombre-Máquina (HMI).....	23
2.3.1. Definición	23
2.3.2. Funciones de un interfaz HMI	24
2.3.3. Tipos de interfaces HMI	25
2.3.4. Utilización de HMI en el control de procesos.....	26
2.4. Sensor/Transductor.....	26
2.5. PLC	28
CAPITULO III	30
3. INTERFAZ HMI PARA LA ADQUISICION DE DATOS EN PRUEBAS DE TRANSFORMADORES	30
3.1. Programación en TIA PORTAL V13.....	30
3.1.1 Descripción del software.....	30
3.1.2. Desarrollo de la programación.....	30
3.1.2.3. Programación.....	33
3.2. Programación en Labview	37
3.2.1. Descripción del software.....	37
3.2.2. Desarrollo de la programación.....	38
3.2.2.1. Ingreso y configuración.....	38
3.2.2.2. Programación.....	43
3.2.2.2.1. INICIO	44
3.2.2.2.2. CIRCUITO ABIERTO.....	49
3.2.2.2.3. RELACION DE TRANSFORMACION	52
3.2.2.2.4. CORTO CIRCUITO	55
3.2.2.2.5. IMPEDANCIA	57
3.2.2.2.6. IMPRIMIR REPORTE.....	58
3.2.2.2.7. OPC	63

CAPITULO IV	64
4. PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA EL USO DE LA INTERFAZ Y LA OBTENCIÓN DE DATOS DE TRANSFORMADOR.....	64
4.1. Práctica 1.....	64
4.2. Práctica 2.....	71
4.3. Práctica 3.....	78
4.4. Práctica 4.....	82
4.5. Práctica 5.....	87
4.6. Práctica 6.....	91
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transformador monofásico convencional.....	6
Figura 2. Esquema básico de un transformador.	7
Figura 3. Esquema de un transformador con TAPS.....	8
Figura 4. Esquema eléctrico de un transformador trifásico.....	8
Figura 5. Núcleo acorazado.....	9
Figura 6. Núcleo tipo columnas.....	10
Figura 7. Esquema eléctrico prueba de circuito abierto.	16
Figura 8. Curva característica.....	17
Figura 9. Esquema eléctrico de prueba de corto circuito en un transformador.....	17
Figura 10. Esquema eléctrico de prueba de impedancia en un transformador.....	20
Figura 11. Relación de transformación.....	21
Figura 12. Circuito equivalente transformador.....	22
Figura 13. HMI.....	24
Figura 14. Tipos de Sensores.....	27
Figura 15. PLC´s.....	29
Figura 16. Icono.....	30
Figura 17. Ventana de Inicio.....	31
Figura 18. Vista de configuración.....	31
Figura 19. Elegir CPU.....	32
Figura 20. Elegir modelo.....	32
Figura 21. Vista de configuración de CPU.....	33
Figura 22. Bloque Normalizar.....	34
Figura 23. Curva característica.....	34
Figura 24. Bloque Escalar.....	35
Figura 25. Curva Característica.....	35
Figura 26. Programación de corriente.....	36
Figura 27. Programación de voltaje.....	36
Figura 28. Programación de potencia.....	37
Figura 29. Icono y pantalla de inicio.....	38
Figura 30. Iniciar proyecto.....	39
Figura 31. Creación de VI.....	39
Figura 32. Panel frontal.....	40
Figura 33. Panel diagrama de bloques.....	40
Figura 34. Ejemplo de panel, led apagado según condición.....	42
Figura 35. Ejemplo de panel, led encendido según condición.....	42
Figura 36. Carátula de la interfaz.....	44
Figura 37. Programación de la caratula de interfaz.....	45
Figura 38. Invoke node.....	45
Figura 39. Property node.....	46
Figura 40. OK button.....	46
Figura 41. Estructura Flat sequence y While Loop.....	47
Figura 42. Programación de la caratula de interfaz.....	48
Figura 43. Uso de estructura en programación.....	48
Figura 44. Panel frontal circuito abierto.....	49
Figura 45. Ejemplo control e indicador.....	50
Figura 46. Diagrama de bloques circuito abierto.....	51
Figura 47. Vista de variables locales y globales.....	51
Figura 48. Panel frontal relación de transformación.....	52

Figura 49. Diagrama de bloques relación de transformación.....	53
Figura 50. OK button capturar medida.....	54
Figura 51. Tabla de error.....	54
Figura 52. OK button enviar a reporte y salir.....	55
Figura 53. Panel frontal cortocircuito.....	55
Figura 54. Diagrama de bloque corto circuito.....	56
Figura 55. Panel frontal impedancia.....	57
Figura 56. Diagrama de bloque impedancia.....	58
Figura 57. Panel frontal reporte.....	60
Figura 58. Panel frontal circuito equivalente	61
Figura 59. Programación false del ok button	61
Figura 60. Programación true de ok button	62
Figura 61. Programación node fórmula.....	63
Figura 62. Módulo de adquisición de datos.....	65
Figura 63. Transformador de distribución.....	66
Figura 64. Inicio TIA Portal	67
Figura 65. Vista de configuración TIA Portal	68
Figura 66. Vista de proyecto	68
Figura 67. Compilar programación	69
Figura 68. Cargar programación a PLC	69
Figura 69. Proceso de carga	70
Figura 70. Finalización de carga	70
Figura 71. Activar/desactivar observación	71
Figura 72. Conexión Online	71
Figura 73. Conexión Circuito abierto.....	73
Figura 74. Circuito Abierto	73
Figura 75. Transformador de potencial.....	74
Figura 76. Inicio Labview	74
Figura 77. Escoger VI	75
Figura 78. Carátula de la interfaz	75
Figura 79. Recomendaciones para iniciar	76
Figura 80. Recomendaciones prueba de circuito abierto.....	76
Figura 81. Interfaz prueba de circuito abierto	77
Figura 82. Circuito para Relación de transformación	79
Figura 83. Carátula de interfaz	80
Figura 84. Recomendaciones prueba de relación de transformación.....	80
Figura 85. Interfaz prueba de relación de transformación.....	81
Figura 86. Conexión prueba de corto circuito en baja tensión.....	83
Figura 87. Corto circuito en baja tensión	83
Figura 88. Carátula de interfaz	84
Figura 89. Recomendaciones prueba de corto circuito en baja tensión	85
Figura 90. Interfaz prueba de corto circuito en baja tensión	86
Figura 91. Conexión prueba de impedancia	88
Figura 92. Carátula de interfaz	88
Figura 93. Recomendaciones prueba de impedancia	89
Figura 94. Interfaz prueba de impedancia	90
Figura 95. Carátula de interfaz	92
Figura 96. Interfaz para impresión de circuito equivalente. Parte superior.....	92
Figura 97. Interfaz para impresión de circuito equivalente. Parte inferior.....	93
Figura 98. Escoger ruta para guardar circuito equivalente.....	93

Figura 99. Vista de imagen en JPEG, circuito equivalente	94
Figura 100. Interfaz protocolo de pruebas.....	95
Figura 101. Escoger ruta para guardar protocolo de pruebas	96
Figura 102. Vista de Imagen en JPEG del protocolo de pruebas.	97

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre el aluminio y el cobre como conductor.....	11
Tabla 2. Corriente de Corto Circuito para varias Impedancias	19

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Transformador de distribución.	102
Anexo 2. Transformador de potencial.....	103
Anexo 3. PLC S7 1200.....	104
Anexo 4. Protocolo de pruebas. Reporte Final.....	105
Anexo 5. Circuito Equivalente. Reporte Final	106

INTRODUCCIÓN

Para el correcto aprendizaje de la materia de máquinas eléctricas y en específico sobre el estudio del transformador de distribución, se necesita realizar varias pruebas de laboratorio. Estas pruebas de laboratorio nos brindarán información sobre el estado de dicho elemento, además de conocer su comportamiento y comparar el estudio teórico con el estudio práctico.

En el laboratorio no se cuenta con los elementos necesarios para obtener información concreta de los transformadores, limitándonos a obtener pocos datos en un lapso largo de tiempo. Este proceso se lo realiza de manera manual, dando lugar a cometer errores. Nuestra propuesta de titulación se basa en desarrollar un sistema con interfaz para adquirir y procesar los parámetros necesarios para un estudio más completo de los transformadores de distribución.

Este sistema nos permitirá obtener más datos en menor tiempo y procesarlos de mejor manera para obtener el protocolo de pruebas y el circuito equivalente, que complementen nuestro aprendizaje, además de realizar pruebas como corto circuito, circuito abierto, de impedancia y de relación, que son utilizadas en el campo laboral y profesional para evaluar el estado del transformador y dar nuestro criterio del estado del elemento.

El trabajo se divide en cuatro capítulos, comenzando por detallar el problema y los objetivos que se alcanzaran con la terminación de este trabajo.

El segundo capítulo, se señala la parte teórica de los elementos a utilizar.

En el tercer capítulo se encuentra el diseño y la programación tanto del PLC Siemens con el software TIA PORTAL, como del diseño y programación de la interfaz desarrollada en el software LabVIEW de National Instruments.

Por último, en el cuarto capítulo, estarán las respectivas prácticas de desarrollo de las pruebas que se realizarán con el módulo, la interfaz y el transformador de distribución. El presente estudio/trabajo está orientado para ser una herramienta de ayuda en la cátedra de Maquinas Eléctricas para que los estudiantes comprendan de mejor manera el estudio del transformador.

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La enseñanza dentro de los Laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, la mayoría de las veces se limita a observar varios de los comportamientos que se generan desde la parte teórica, sin tener herramientas que nos permitan verificar y experimentar más a fondo lo aprendido.

Dentro de esta problemática se ha planteado la implementación de un sistema que nos permita adquirir los datos que tienen los transformadores como son voltajes, corrientes, potencia activa, una vez procesadas estas variables se podrá registrar dichos datos para tener una idea más clara de los diversos parámetros que se encuentran en un transformador de distribución.

Son varias prácticas que se realizan a los transformadores tales como, circuito abierto, corto circuito, impedancia, relación de transformación que solamente son registradas de forma visual, en el desarrollo del tema de titulación serán computarizadas y por consiguiente se podrán tratar de mejor manera los datos.

Con la implementación de este sistema de interfaz HMI se obtendrá el protocolo de pruebas y se generará el circuito equivalente, se comprobará que las mediciones externas son las mismas que con el sistema implementado, además esto facilitará la comprensión entre práctica y teoría para un mejor desenvolvimiento a nivel profesional del Ingeniero Eléctrico.

1.2. Importancia y alcances

Los sistemas HMI son cada vez más importantes, de hecho, son responsables de obtener información de los operadores y manipuladores y de transferirlos a máquinas y objetos.

[1] Refiere que estos “Informan al operador sobre el estado, la situación o el rendimiento de un proceso en particular. Dispositivos HMI: La interfaz de máquina

humana, en efecto, determina la efectividad del sistema de transformación o producción global”. [1, p. 13]

También conocidas como pantallas, pantallas de operador o simplemente una interfaz hombre-máquina (para acortarlo en inglés), las interfaces entre el hombre y la máquina han evolucionado. [1] Menciona “Desde simples elementos de comunicación entre el operador y su proceso para convertirse en componentes "inteligentes" de control y vigilancia.” Por otro lado “La nueva generación de HMI combina características que anteriormente se encontraban solo en plataformas diseñadas para controlar y automatizar como un PLC”. [1, p. 14]

1.3. Delimitación

El presente trabajo de titulación está planeado para realizarlo en un plazo de 6 meses a partir de su aprobación, dentro del laboratorio de transformadores de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

De la misma manera se implementará un sistema de interfaz HMI para obtener datos y generar el protocolo de pruebas en transformadores de distribución de hasta 50 kVA utilizando el módulo de adquisición y procesamiento de parámetros electromecánicos para el laboratorio de motores y generadores de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, usando exclusivamente los transductores de voltaje AC y corriente AC, PLC S7-1200 y programación en el software Labview versión 2017 para las pruebas de:

- Circuito abierto
- Corto circuito
- Impedancia
- Relación de transformación

También se planteará la metodología y el desarrollo de las prácticas en el presente libro de tesis, dando a conocer el sistema implementado y la manera de usar el software junto con el módulo para desarrollar las practicas citadas anteriormente.

En caso que se desee utilizar una DAQ de otro fabricante se deberá realizar otra configuración y programación no descrita en este trabajo de titulación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Implementar un sistema de interfaz HMI para la adquisición de datos en pruebas de Circuito abierto, Corto circuito, Impedancia, Relación de transformación en transformadores de distribución hasta 50 kVA para el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

1.4.2. Objetivos específicos

- Comprobar funcionalidad de transductores, fusibles, bases fusibles, transformadores de corriente y fuentes del módulo de adquisición de datos del Laboratorio de motores y generadores.
- Configurar y programar PLC Siemens S7-1200 para recepción y procesamiento de parámetros obtenidos de transductores.
- Configurar comunicación entre PLC y PC con software National Instruments.
- Implementar programación en LabView para visualización de parámetros en pruebas de transformadores de hasta 50 kVA.

1.4.3. Tareas a realizar

- Reutilizar elementos del módulo de adquisición de datos del Laboratorio de Motores y generadores
- Adquisición de computador con software especializado para realizar pruebas y validar experimentos.
- Imprimir protocolo de informe de pruebas realizadas.
- Obtener datos de pruebas en:
 - Circuito abierto
 - Corto circuito
 - Impedancia
 - Relación de transformación

1.5. MARCO METODOLÓGICO

El HMI requerirá de demás herramientas que garanticen el funcionamiento adecuado y de que esta manera se obtenga datos verídicos, unos de estas herramientas electrónicas son el PLC (Controlador lógico programable).

Previamente de comenzar la fase de programación, debe realizar varios pasos primordiales que son: un algoritmo de software, que puede incluir un diagrama de flujo que define las acciones a realizar en el módulo. Otro paso es hacer la elección correcta del lenguaje de programación, dependiendo de las herramientas proporcionadas por el software y desestera, que el programador tiene entre los lenguajes de programación. [2]

[2] Menciona que para poder empezar la fase de programación existen varios pasos puntuales que hay que realizar, las mismas que son necesarias para que el modulo pueda funcionar, cabe mencionar que es importante hacer una buena elección del lenguaje de programación ya que eso depende también el funcionamiento del mismo.

Para elegir correctamente el lenguaje de programación, debe conocer las herramientas que ofrecen tanto el software como el PLC.

El PLC tiene una serie de módulos que dividen la memoria del programa y la memoria de datos en secciones, lo que permite una programación estructurada y un acceso ordenado a los datos. [3] Opina “*Que es por ello que la cantidad de módulos dependerá del tipo de procesador utilizado, como regla, lo siguiente*”. [3, p. 58]

Módulos organizacionales (OB) Son una forma de comunicación entre el sistema operativo de la CPU y el programa del usuario. [3] Afirma “*Hay 3 tipos de OB que están disponibles o no dependen del tipo de procesador*” [3, p. 59]

OB 1 (ciclo libre): este es el módulo principal, que se inicia cíclicamente y desde el cual todos los saltos van a otros módulos, este módulo siempre se utilizará.

Error y alarma OB: aquellas que contienen una secuencia de acciones que deben realizarse en caso de alarma o error programado.

Startup OB: en este módulo podemos ingresar valores predeterminados que le permiten iniciar la instalación, establecer tanto durante el inicio inicial como después de un corte de energía.

Funciones (FC) Estos son módulos en los que se puede incluir una parte de un programa de usuario, con lo que se obtendrá un programa mucho más estructurado. El acceso a estos módulos es posible desde otro módulo. [3] Afirma “*Que todas estas funciones en los módulos son importantes para la programación y que el acceso será posible desde otros módulos*” [3, p. 60]

Módulos funcionales (FB) Aquí ingresa partes del programa que aparecen con frecuencia o son más complejas. Tiene un área de memoria designada para almacenar variables (módulo de datos de instancia). Lo que debe hacer es enviar los parámetros al FB y guardar algunos datos locales en el módulo de datos de la instancia. [3]

[3] En su investigación menciona que los módulos funcionales FB, en esta parte del programa son complejos, y que estos módulos tienen una memoria estándar para almacenar por lo tanto se deben enviar los parámetros al FB.

Conociendo los bloques que controla el PLC, se trabajará con los módulos OB1 y FB, en el primer módulo el lenguaje de programación será procesado por KOP, y en el segundo módulo se programará usando el **GRAFNET** (grafo funcional de control etapa-transición).

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El Transformador.

[4] Haciendo referencia a la conceptualización de lo que es un transformador, en el cual indica que es un equipo eléctrico que mediante la generación de campos electromagnéticos haciendo uso de bobinas y núcleos férricos, facilita el uso de energía eléctrica y, dependiendo de su construcción, aumenta o disminuye niveles de voltaje. Se puede observar en la (Figura 1) un transformador convencional tipo poste. [4, p. 67]



Figura 1. Transformador monofásico convencional.

Fuente: (Eagleris Electric, 2017)

Por su parte, como los transformadores no tiene elementos giratorios van a requerir de poca vigilancia operativa y mininos gastos de mantenimiento. La eficiencia que tiene este equipo, en comparación con otras máquinas eléctricas es más elevada, el rendimiento que tiene el transformador esta entre el 95% y 99%. [4].

Este equipo al no constar de partes que giren, los devanados pueden estar protegidos por aceite o algún otro elemento, por ejemplo, el hexafluoruro de azufre (SF6), con el uso de estos elementos en fácil lograr un buen aislamiento que permite trabajar en alta tensión.

El transformador está formado básicamente por dos bobinas y un núcleo (Figura 2), estas bobinas se acoplan por un flujo magnético que circula a través del núcleo

ferromagnético, de esta manera se transforma y transfiere la F.E.M. (fuerza electromotriz) o voltaje.

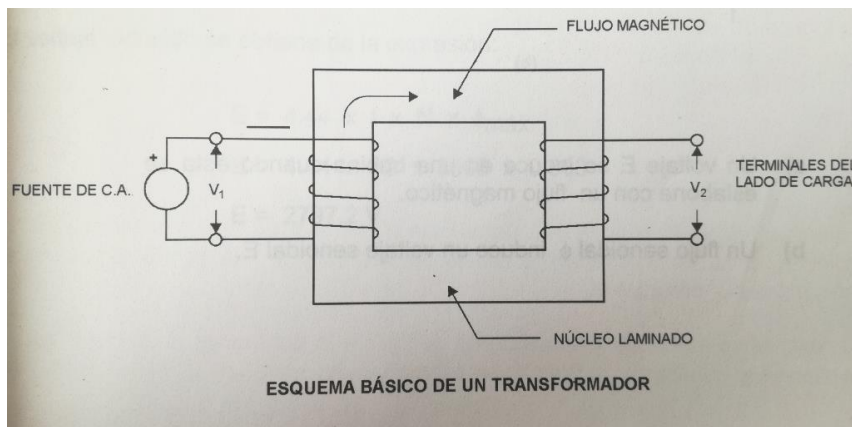


Figura 2. Esquema básico de un transformador.

Fuente: [5]

2.1.1. Clasificación y utilización de los transformadores.

Según [6] los transformadores se clasificarán por su operación, fabricación y uso, de esta manera se tiene:

- a) **Por la operación.** En este nivel se clasifican a los transformadores según la potencia a la que trabajará dentro del sistema eléctrico:
 - Transformador de distribución. Su capacidad está entre 5 kVA y 500 kVA, siendo estos: monofásicos, trifásicos.
 - Transformador de potencia. Su capacidad es mayor a los 500 kVA y se utilizan en subestaciones.

- b) **Por el número de fases.** Varía dependiendo al sistema al que será conectado:
 - **Monofásico.** Estos pueden ser de distribución o potencia, la conexión de estos transformadores es entre fase y neutro o a su vez a tierra. Su construcción consta de un arrollamiento para alto y uno para bajo voltaje. (Figura 3). Su símbolo es 1Φ .

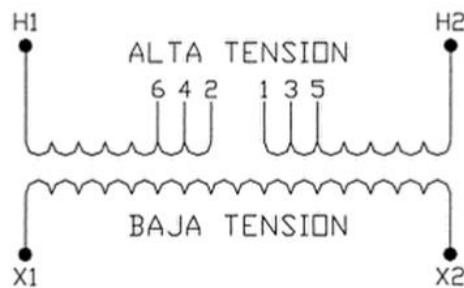


Figura 3. Esquema de un transformador con TAPS.

Fuente: [6]

- **Trifásico.** Estos pueden ser de distribución o potencia, la conexión de estos transformadores es de 3 fases y la conexión al neutro o tierra es opcional. Está compuesto por 3 arrollamientos para alto voltaje y 3 para bajo voltaje (Figura 4). Su símbolo es 3Φ .

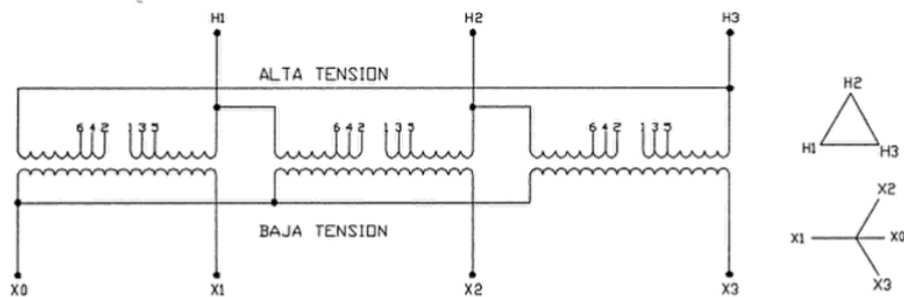


Figura 4. Esquema eléctrico de un transformador trifásico.

Fuente: [6]

- c) **Por su uso.** Según el uso y la ubicación en el sistema eléctrico.
- **Transformador para generador.** Están ubicados en el área de generación y son de potencia. Estos van en la salida, este tipo proporciona energía para su transmisión, usualmente elevando la tensión para ser transmitida, 138kV - 230 kV – 500 kV.
 - **Transformador de subestación.** Son de potencia, están conectados en el final de la etapa de transmisión y reducen el nivel de tensión para su transmisión, 69 kV – 13,8 kV.

- **Transformador de distribución.** Estos reducen el nivel de tensión a nivel de consumo, es decir, baja tensión. 110 V – 220 V. [6]

d) Por su lugar de instalación.

- En poste
- En subestación
- Pedestal
- Bóveda

2.1.2. Partes de un transformador

Las partes del transformador se clasifican en:

- **El núcleo.**

El núcleo del transformador es la parte que conduce el flujo magnético, el núcleo acopla de manera magnética los circuitos del transformador. Existen dos tipos de núcleos según la construcción, siendo estos: tipo acorazado (figura 5) y tipo columnas (figura 6). El núcleo es conocido también como circuito magnético del transformador. El núcleo está formado por finas láminas de acero al silicio con características de pérdidas mínimas y una alta permeabilidad magnética [6].

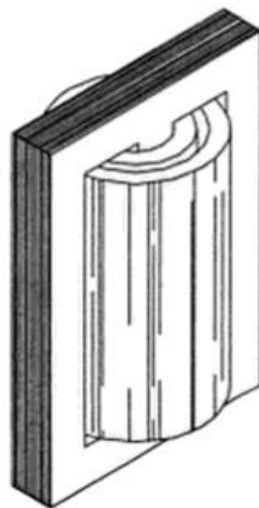


Figura 5. Núcleo acorazado

Fuente: [6]

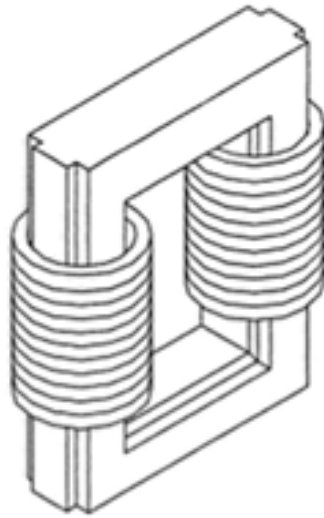


Figura 6. Núcleo tipo columnas

Fuente: [6]

- **Las bobinas, arrollamientos o devanados (circuito eléctrico).**

Las bobinas son el circuito eléctrico del transformador, sean estas para alta tensión y baja tensión. Su fabricación varía dependiendo su forma y su material, que además dependen del uso, el diseño y las necesidades.

Cuando el devanado primario está conectado a una fuente, este se encarga de crear el campo magnético para inducir en el devanado secundario la F.E.M.

En este proceso también es necesaria la transferencia de potencia entre ambos devanados, en el desarrollo del proceso llegan a existir pequeñas pérdidas de energía.

Los materiales más importantes para la fabricación de las bobinas son:

- El cobre. Tiene buena resistencia mecánica y buena conductividad eléctrica.
- El aluminio. Más económico, es eficiente para disipar el calor y el peso de este material es sumamente bajo.

En la siguiente tabla (tabla 1), se detalla la comparación entre el aluminio y el cobre como conductor.

PROPIEDAD	ALUMINIO	COBRE
Resistividad eléctrica a 20°C (ohms mm ² /m)	0.028	0.0172
Conductividad eléctrica a 20°C recocido	62%	100%
Peso específico en gramos por cm ³ a 20°C	2,7	8,89
Calor específico	0,21	0,094
Punto de fusión °C	660	1083
Conductividad térmica	0,53	0,941
Esfuerzo mecánico a la tensión kg/mm ²	16	25
Peso total de un transformador de 2500 KVA con devanado de AT a 44 KV (kg)	6318	6682

Tabla 1. Comparación entre el aluminio y el cobre como conductor.

Fuente: [6]

- **Sistema de aislamiento**

Todo tipo de transformadores tienen distintos materiales de aislamiento, y todos estos materiales juntos se lo conoce como sistema de aislamiento.

Los materiales más comunes utilizados para aislar son:

- Cartón prensado
- Papel Kraft
- Papel manilo y corrugado
- Esmaltes y barnices
- Porcelanas
- Recubrimientos de polvo epóxico
- Fibra vulcanizada

- Plásticos, telas y cintas
- Líquidos dieléctricos

Este sistema de aislamiento se encarga de aislar los devanados o bobinas entre sí, a tierra, núcleo y parte de metal que conforma la estructura.

Como lo indica [6] cualquier material que sea utilizado en el conjunto de aislamiento del transformador deberá suplir cuatro características importantes:

1. Soportar altos voltajes, fenómenos transitorios, esfuerzos dieléctricos y ondas de impulso.
2. Soportar eventos de cortocircuitos, que por lo general vienen acompañados de efectos térmicos. Además de soportar esfuerzos mecánicos.
3. Prevenir la excesiva acumulación de calor, es decir, debe permitir que el calor fluya en el aislamiento).
4. Mantener durante todo el tiempo de vida del equipo las características de aislamiento junto con un buen mantenimiento.

El líquido dieléctrico que está presente en el sistema de aislamiento recubre los arrollamientos y el núcleo, además de los elementos que se encuentran en el tanque. Este líquido sirve para:

1. Proveer rigidez electrostática o dieléctrica.
2. Proporcionar un correcto enfriamiento.
3. Proteger a todo el conjunto de aislamiento.

El líquido más habitual para colocar en el sistema de aislamiento es el aceite mineral, que se lo puede encontrar en la mayoría de los equipos.

- **Tanque y accesorios**

Los transformadores, por tener el aceite encargado de aislar y refrigerar debe estar en tanques herméticamente sellados para prevenir derramar el líquido que cubre al núcleo y las bobinas. [6] indica que: el tanque del transformador deberá permanecer sellado en su totalidad para soportar temperaturas desde -5°C hasta 105°C en la zona superior del aislante.

Los principales accesorios que tiene un transformador son:

- Bushing de porcelana: A.T y B.T.
- Taps
- Terminal de cobre: A.T y B.T.
- Válvula para aceite refrigerante.

2.1.3. Parámetros eléctricos en un transformador.

A continuación, se mencionará de una breve manera conceptos de los parámetros eléctricos que se pueden encontrar al hablar y manejar transformadores.

a) **Tensión**

Su unidad es el voltio, la tensión genera el flujo de corriente

$$kV = \text{volts} \times 1000 \text{ (kilovolts)}$$

Ecuación 1. Tensión

b) **Corriente**

Circulación de flujo eléctrico a través de circuitos eléctricos cerrados.

$$I = \text{corriente eléctrica (amperes)}$$

Ecuación 2. Corriente.

c) **Potencia**

Es necesaria para mantener un flujo de corriente para alimentar cargas.

$$P = kV \times A = kVA \text{ (kilo volts amperes)}$$

Ecuación 3. Potencia.

d) **Flujo magnético**

Líneas de fuerza que atraviesan el núcleo para proporcionar el campo magnético que inducirá la corriente entre bobinas.

$$\Phi = \text{Flujo magnético (webers)}$$

e) **Perdidas en vacío**

Potencia que consume el núcleo cuando tiene conectado el arrollamiento primario a una fuente y el otro arrollamiento se encuentra sin carga.

$$W_{fe} = \text{Pérdidas en el hierro (watts)}$$

f) **Corriente de vacío**

Corriente que atraviesa el arrollamiento principal aplicando el voltaje nominal con el otro arrollamiento sin carga. Esta corriente se necesita para generar el flujo magnético y es expresado en porcentaje de la corriente nominal.

$$I_0 \text{ ó } I_{exc} = \% I_n$$

g) **Perdidas con carga**

Potencia consumida al tener el devanado secundario conectado una carga, originando la corriente nominal.

$$W_{cu} = \text{Perdidas en el cobre (watts)}$$

h) **Impedancia**

Voltaje que se aplica a uno de los bobinados, para que se produzca la corriente nominal en el otro bobinado, cuando este se encuentre en corto circuito. Usualmente es expresado en valores porcentuales respecto de la tensión nominal del bobinado que está conectado a la fuente.

$$\text{Por ciento de impedancia} = \% Z \text{ o } \% V_n$$

i) **Nivel básico de aislamiento al impulso**

También conocido como BIL, es la característica que tiene un transformador para soportar sobre tensiones causadas por descargas atmosféricas o arcos causados por cerrar o abrir los alimentadores.

$BIL = \text{Nivel básico de aislamiento (kV)}$

j) Eficiencia

Porcentaje entre potencia de salida y, de entrada

$$\% n = \frac{P_s}{P_e} \times 100$$

Ecuación 4. Eficiencia.

k) Regulación

Diferencia de voltaje en el devanado secundario en vacío y a plena carga, con el voltaje en el primario constante. Se expresa en valor porcentual del voltaje nominal.

$$\% Reg = \frac{V_{o2} - V_2}{V_2} \times 100$$

$V_{o2} = \text{tension sin carga}$

$V_2 = \text{tension nominal con carga}$

Ecuación 5. Regulación de voltaje

2.2. Pruebas a transformadores de distribución.

2.2.1. Prueba de Circuito Abierto.

El ensayo de circuito abierto nos brinda los valores de las pérdidas en el hierro, utilizando el valor de voltaje, corriente y potencia del devanado primario. El devanado secundario se lo debe dejar abierto y por esta razón no existirá corriente sobre este lado del transformador, las pérdidas del cobre serán mínimas y no serán tomadas en cuenta. Los valores que principalmente se determinan con la prueba de circuito abierto son:

- Las pérdidas que se generan en el hierro y son leídas en el vatímetro W del bobinado principal, P es la potencia del vatímetro.

$$P_{fe} = P$$

Ecuación 6. Pérdidas en el hierro

- La corriente de vacío en el primario.
- Relación de transformación.

$$m = V1/V2$$

Ecuación 7. Relación de transformación

- Impedancia

$$Z = V1/I1$$

Ecuación 8. Impedancia

- La potencia aparente en vacío

$$S = V1 * I1$$

Ecuación 9. Potencia aparente

- El factor de potencia en vacío.

$$\cos \phi = P/S$$

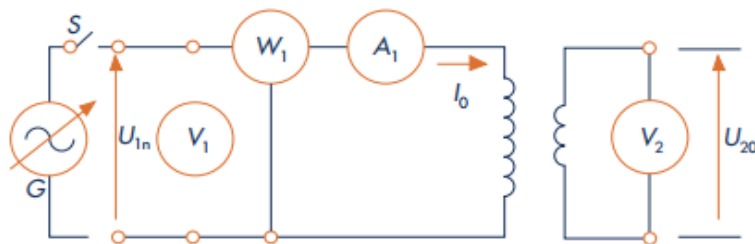


Figura 7. Esquema eléctrico prueba de circuito abierto.

Fuente: [7]

Generalmente y por razones de seguridad para realizar la prueba se alimenta al transformador por el devanado de bajo voltaje.

De esta manera tendremos la curva que caracteriza al circuito abierto así:

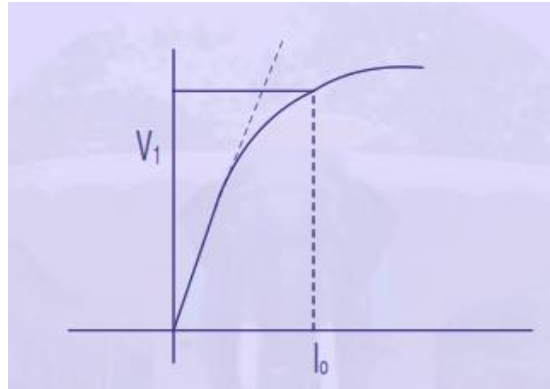


Figura 8. Curva característica

Fuente: [8]

2.2.2. Prueba de Corto Circuito

Como en cualquier otro equipo eléctrico, en los transformadores existen pérdidas de potencia. Las pérdidas que se producen en vacío se mantienen continuas y sin variación en carga.

Con la prueba de corto circuito, se consiguen las corrientes nominales en los dos devanados, esto se consigue suministrando un pequeño voltaje al primario y poniendo en cortocircuito el secundario con un puente o conectando un amperímetro (Figura 8).

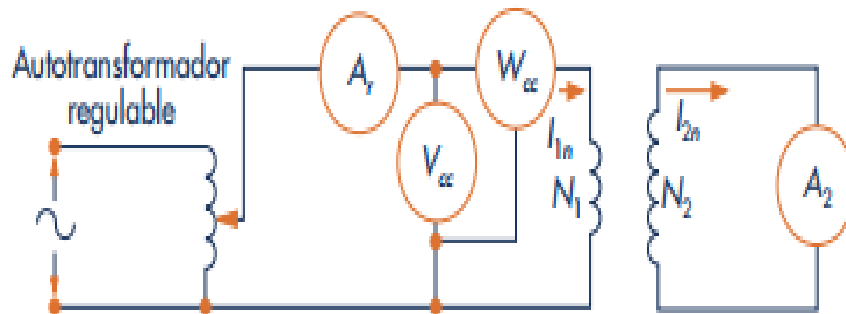


Figura 9. Esquema eléctrico de prueba de corto circuito en un transformador.

Fuente: [7]

La prueba de cortocircuito se la realiza para obtener el valor de la impedancia del transformador y las pérdidas en los bobinados. La prueba se la realiza con uno de los

arrollamientos conectado en cortocircuito y al otro arrollamiento se le aplica del 5% al 15% del voltaje nominal.

Al momento de realizar la prueba es necesario medir el voltaje de cortocircuito, la corriente de cortocircuito y la potencia.

Para poder obtener buenos resultados, esta prueba se la debe realizar de manera rápida, así evitaremos que se calienten en exceso los devanados.

2.2.3. Prueba de Impedancia.

Con esta prueba se determina el porcentaje de impedancia y las pérdidas del transformador cuando esta alimentado el bobinado primario con un voltaje capaz de generar la intensidad nominal, con el bobinado en cortocircuito (Figura 9).

Con esta prueba se verifica que las pérdidas en los devanados cumplen con los valores de norma o diseño y que el porcentaje de impedancia se encuentra dentro de los valores esperados.

De lo anterior, la prueba de impedancia y pérdidas con carga se le nombra prueba de cortocircuito. El diagrama de conexiones y medición para la prueba de un transformador monofásico es mostrado en la Figura 9.

La impedancia está compuesta de dos componentes, el porcentaje de reactancia (%X) y el porcentaje de resistencia (%R). La ecuación que expresa el porcentaje de impedancia se indica enseguida:

$$\%Z = \sqrt{(\%X)^2 + (\%R)^2}$$

Ecuación 10. Por ciento de impedancia

El porcentaje de resistencia es la relación de las pérdidas de los devanados entre los KVA nominales y puede ser determinada como sigue:

$$\%R = \frac{\text{Watts de perdidas en los devanados}}{KVA \times 10}$$

Ecuación 11. Por ciento de resistencia

La prueba de impedancia es realizada para verificar la impedancia obtenida por cálculo en el diseño del transformador, ya que la impedancia depende tanto de parámetros eléctricos como de construcción de la bobina, la impedancia de diseño tiende a variar debido a las tolerancias de manufactura. Por esta razón las normas han establecido como tolerancias para la impedancia las siguientes:

1. Para transformadores de dos devanados 7.5 %
2. Para transformadores con devanados terciarios o en conexión Zigzag 10 %
3. Para autotransformadores 10 %

El usuario y el diseñador son los interesados en la determinación de la impedancia, en primer lugar, porque determina la intensidad de corriente que circulará en los devanados durante un corto circuito. La Tabla 2 indica la magnitud de un corto circuito (en las terminales del transformador) para varios porcentos de impedancia.

CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PARA VARIAS IMPEDANCIAS	
MAXIMA CORRIENTE RMS SIMETRICA EN CUALQUIER DEVANADO	IMPEDANCIA
25 veces la I_n	4.0%
20 veces la I_n	5.0%
17.4 veces la I_n	5.75%
16.7 veces la I_n	6.0%
14.3 veces la I_n	7.0%

Tabla 2. Corriente de Corto Circuito para varias Impedancias

Fuente: [8]

La magnitud de la corriente de corto circuito mostrada en la Tabla 2, es importante para el diseñador pueda establecer los criterios de diseño y definir la resistencia mecánica de los devanados y ensambles internos, y para el usuario para determinar la capacidad del interruptor y seleccionar adecuadamente los fusibles y lograr coordinar adecuadamente todos los elementos de protección.

La impedancia es también importante cuando se paralelan dos o más transformadores. La impedancia de los transformadores a ser paralelados debe estar dentro del mismo rango y con la tolerancia indicada en las normas de instalación eléctrica. Un transformador cuya impedancia es más alta causará que el otro transformador lleve más carga, o en otras palabras si un transformador tiene una menor impedancia, le será requerido proveer una mayor capacidad en KVA y podría causarle un sobrecalentamiento.

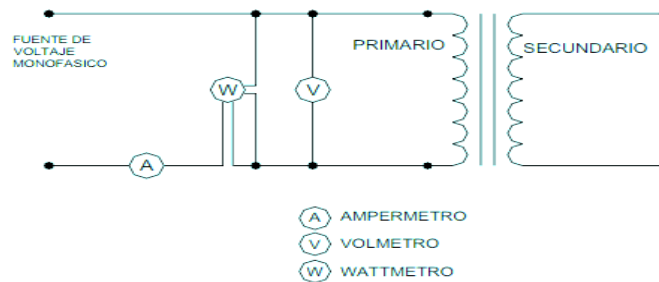


Figura 10. Esquema eléctrico de prueba de impedancia en un transformador.

Fuente: [8]

2.2.4. Relación de transformación.

El número de espiras del bobinado de alto voltaje contra el número de espiras de bajo voltaje se la conoce como relación de transformación. Se debe realizar la comprobación de manera teórica con los datos de placa del transformador junto con las pruebas realizadas en laboratorio para tener un panorama más claro sobre las condiciones en las que se encuentran los dos devanados y el núcleo del equipo.

La correspondencia entre la tensión de inducción (E_p) que es la que se aplica al bobinado primario y la tensión inducida (E_s) que es la tenemos en el bobinado secundario, es directamente proporcional a la cantidad de espiras en el devanado primario (N_p) y devanado secundario (N_s), como muestra la ecuación 12:

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Ecuación 12. Relación de transformación

La relación de transformación que hay entre el devanado primario y el devanado secundario va ligado directamente con el número de espiras que exista en cada devanado. De esta manera si en un transformador tenemos tres veces más espiras en el primario que en el secundario, en el devanado secundario tendremos el triple de voltaje. [9]

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = m$$

Ecuación 13. Relación de transformación.

En la figura 10 tenemos (V_p) que es el voltaje en el bobinado primario, (V_s) que es el voltaje en el bobinado secundario, (I_p) que es la intensidad que circula en el bobinado primario y (I_s) que es la intensidad en el bobinado secundario.

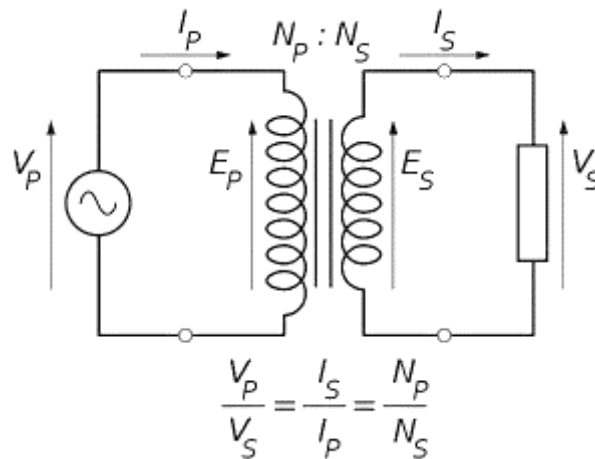


Figura 11. Relación de transformación

Fuente: [9]

Cuando la potencia que se aplica al devanado primario es igual a la potencia del secundario, se consideraría un transformador ideal, según ecuación 14.

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

Ecuación 14. Potencia en el transformador

2.2.5. Circuito Equivalente

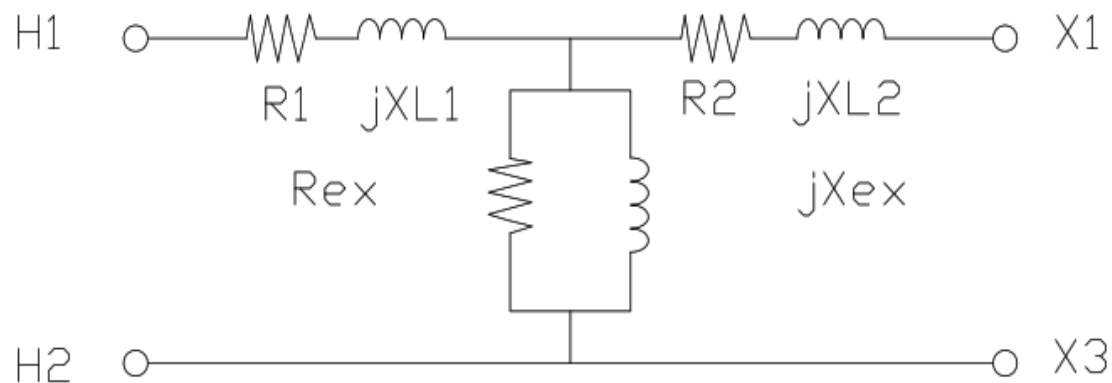


Figura 12. Circuito equivalente transformador

Fuente: Los Autores

Luego de obtener los datos con las pruebas de cortocircuito y de circuito abierto podremos calcular los parámetros para el circuito equivalente del transformador con las siguientes ecuaciones:

- Prueba de circuito abierto

Datos necesarios: $V_{oc}, P_{oc}(P_{fe}), I_{oc}$

$$P_{oc} = V_{oc} \cdot I_{oc} \cdot \text{fp}$$

$$\text{fp} = \cos \theta_{oc} = \frac{P_{oc}}{V_{oc} \cdot I_{oc}}$$

$$I_{fe} = I_{oc} \cdot \cos \theta_{oc}$$

$$I_{\mu} = I_{oc} \cdot \sin \theta_{oc}$$

$$R_{ex} = R_{fe} = \frac{V_{oc}}{I_{fe}}$$

$$X_{ex} = X_{\mu} = \frac{V_{oc}}{I_{\mu}}$$

$$R_{fe}' = R_{fe} \cdot a^2$$

$$X_{\mu}' = X_{\mu} \cdot a^2$$

Ecuación 15. Parámetros para circuito equivalente CA

- Prueba de cortocircuito

Datos necesarios: $V_{cc}, P_{cc}(P_{cu}), I_{cc}$

$$P_{cc} = V_{cc} \cdot I_{cc} \cdot fp$$

$$fp_{cc} = \cos \theta_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{cc} \cdot I_{cc}}$$

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

$$R_{cc} = Z_{cc} \cdot \cos \theta_{cc}$$

$$X_{cc} = Z_{cc} \cdot \sin \theta_{cc}$$

$$R_1 = \frac{R_{cc}}{2}$$

$$XL_1 = \frac{X_{cc}}{2}$$

$$R_2 = \frac{R_1}{a^2}$$

$$XL_2 = \frac{X_1}{a^2}$$

Ecuación 16. Parámetros para circuito equivalente CC

2.3. Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

2.3.1. Definición

La palabra HMI proviene de las siglas: Human Machine Interface (Interfaz Humano-Maquina), siendo el nombre que tiene un software que permite la visualización y monitoreo de datos en un proceso industrial.

En la actualidad la automatización se encuentra enfocada a la utilización de interfaces HMI que representan la interfaz entre el hombre y un proceso (Figura 11). Estas interfaces son partes integrales en la mayoría de los ambientes industriales complejos o geográficamente dispersos. [10]

En esta referencia la parte automática se encamina para manipular los interfaces HMI los mismos que son utilizados entre el proceso y el hombre. [10, p. 34]

Una interfaz hombre-máquina es una herramienta que se usa para interactuar con la computadora o maquinas en general a través de teclados o dispositivos táctiles por medio de una pantalla la cual nos permite intercambiar información y señales que se generan en el proceso y así poder representar los datos obtenidos por medio de un software específico.

Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada-salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores), todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI. [11]

En este enunciado el autor lo que menciona es que las señales del proceso son transitadas al HMI mediante tarjetas de entrada-salida hacia la computadora PCL, RTU o DRIVERS. [11, p. 33]



Figura 13. HMI

Fuente: [11]

2.3.2. Funciones de un interfaz HMI

Monitoreo de procesos.

Tiene la función de conseguir e indicar los datos del proceso en tiempo real. Los datos del proceso podrían ser visualizados de forma de texto, numérico o graficas con el fin de interpretar de una lectura más fácil.

Supervisión de procesos.

La supervisión nos da la posibilidad de modificar o adecuar las características con las que se trabajara en el proceso desde el software.

Control de procesos.

El control de procesos nos permite realizar operaciones más fiables manteniendo las condiciones de operación en el límite establecido y cambiar toda perturbación y desajuste que se pudiera producir en el proceso respecto a los valores designados.

Alarmas.

Tiene la función de reconocer eventos no comunes que se reporten fuera del rango de los límites establecidos por el proceso.

Históricos.

Se almacenan los datos del proceso en una determinada frecuencia para determinar algún tipo de error que se haya producido en el proceso con el fin de hacer correcciones para optimizar futuros procesos.

2.3.3. Tipos de interfaces HMI

- **Dispositivos de entrada**

Se utilizan para que el hombre introduzca los parámetros necesarios para realizar el proceso a la computadora por medio de teclados, pantallas táctiles, mouse, entre otros.

- **Dispositivos de salida**

Son las que crean una respuesta a lo solicitado por el usuario. Estos pueden ser mediante pantallas a través de un software o hardware específico.

Hardware:

Enlaza los datos que van desde el usuario a la máquina de manera que este pueda recibir la información.

Software:

Son programas que interpretan señales y códigos de control. Estos son los que permiten hacer un mandato al ordenador.

2.3.4. Utilización de HMI en el control de procesos.

El usuario pueden interactuar con el interfaz HMI de la siguiente manera:

- Puede cambiar los datos asignados del programa de control y visualizar el estado de las diferentes variables, para dar órdenes.
- Recolectar información del proceso que se está controlando.
- Visualizar fallos del proceso mediante las señales de alarmas las cuales el operador debe realizar las correcciones respectivas.

Todo proceso que se realice de forma automatizada debe contar con una buena comunicación entre el usuario y las máquinas y entre las máquinas y el sistema de control.

2.4. Sensor/Transductor

Un sensor es un dispositivo que puede detectar diferentes fenómenos físicos como velocidad, temperatura, distancia, caudal, sonido, etc., que se producen en el entorno, con el objetivo de transmitir dicha señal para ser detectada por el transductor.

En la actualidad se puede encontrar diferentes tipos de sensores.

Para realizar la selección de un sensor se debe elegir según los varios factores, tales como: rango de operación, distancia de operación, datos eléctricos, resistencia, tipo de salida, etc.



Figura 14. Tipos de Sensores

Fuente: [11]

De igual forma, existen otros dispositivos llamados transductores, que son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno. [12] Indica que “Un transductor es el dispositivo que transforma una magnitud física en otra magnitud, normalmente eléctrica”. [12, p. 12]

Cualquier sensor o transductor es preciso estar calibrado para que su utilización sea lucrativo como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son:

- Transductores analógicos.
- Transductores digitales

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide. [12] En este caso hace referencia a “para que exista una proporción es necesario utilizar transductores analógicos para una señal mejorada, en este caso el voltaje o la corriente eléctrica”. [12, p. 12]

Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos. [12]

El autor en su trabajo de investigación refiere que los transductores digitales promueven señal digital del mismo modo que junto a los bits puede ser contabilizada de acuerdo a las pulsaciones que éste provee. [12, p. 45]

2.5. PLC

La palabra PLC viene de las siglas: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable), es un sistema de control que realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. Los PLC's son dispositivos electrónicos o computadoras digitales de tipo industrial que permiten la automatización, especialmente de procesos de la industria, debido a que controlan tiempos de ejecución y regulan secuencias de acciones. [13]

El autor menciona que el los PLC no es más que un Controlador Lógico Programable, el cual es un dispositivo de control el mismo que ejecuta un programa de manera cíclica, de tal manera que estos dispositivos electrónicos admiten la automatización. [13, p. 44]

De acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) un PLC es: “Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos”. [14]

National Electrical Manufacturers Association por otro lado menciona que un Controlador Lógico Programable es un aparato electrónico para ser utilizado de manera digital, de tal forma que cuenta con funciones específicas para controlar las entradas-salidas digitales. [14, p. 23]



Figura 15. PLC´s

Fuente: [11]

Funcionamiento básico de un PLC

- Detecta diversos tipos de señales del proceso mediante la Memoria Programable.
- Elabora y envía acciones de acuerdo al programa en la Memoria de Datos.
- Recibe configuraciones de los operadores y da reportes a los mismo
- Admite modificaciones en el programa cuando son necesarias.

CAPITULO III

3. INTERFAZ HMI PARA LA ADQUISICION DE DATOS EN PRUEBAS DE TRANSFORMADORES

3.1. Programación en TIA PORTAL V13

3.1.1 Descripción del software.

Para la implementación de esta interfaz se utilizará el software Totally Integrated Automation (TIA Portal), el cual nos permitirá configurar, diagnosticar y analizar equipos PLC de la línea SIMATIC, en nuestro caso S7-1200.

Este software nos permite programar el dispositivo en lenguajes gráficos conocidos en la rama de la ingeniería, como son FUP que utiliza algebra booleana y el lenguaje KOP o más conocido como escalera.

Como indica [15] en su portal web :*“TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción”*. Este software también trae las últimas versiones de SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para un completo sistema de automatización industrial.

3.1.2. Desarrollo de la programación.

3.1.2.1. Ingreso y configuración.

Para empezar con la programación se debe abrir el software dando doble clic en el icono de la figura 14, creando un nuevo proyecto y configurando el dispositivo sobre el cual se va a trabajar.



Figura 16. Icono

Fuente: Los autores

Cuando el programa se haya abierto se verá la ventana de la figura 15, en donde se creará un nuevo proyecto, en el que se le puede poner un nombre, confirmar la ruta, es decir, el destino donde se guardará el proyecto, el autor de la programación y si es necesario algún comentario sobre la programación.

Una vez que se ha llenado esto, dar clic en crear.

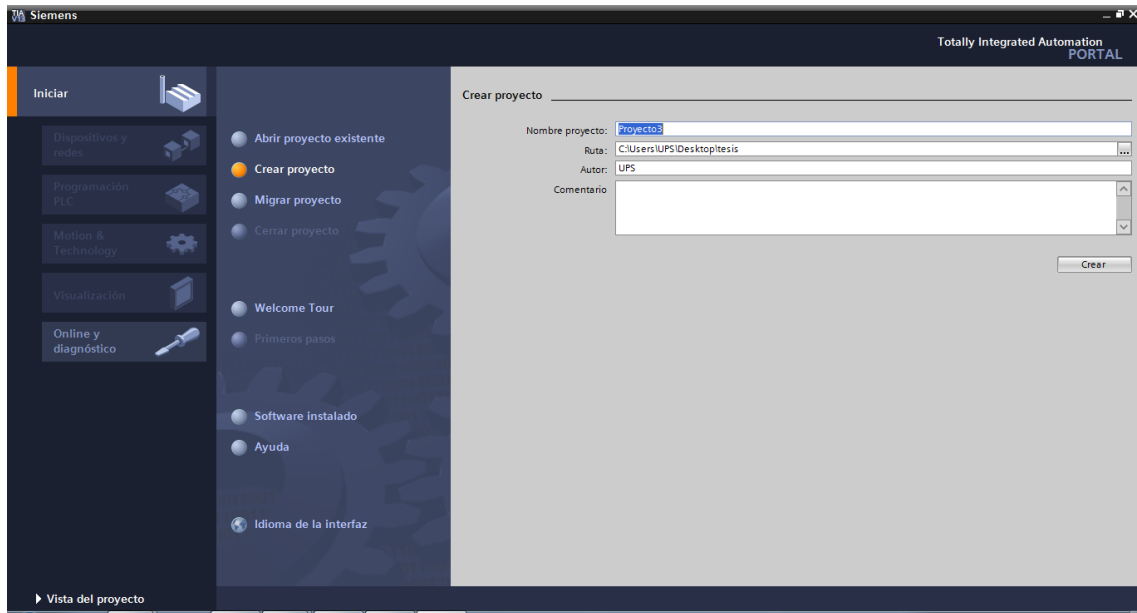


Figura 17. Ventana de Inicio

Fuente: Los autores

En la siguiente ventana que se muestra Figura 18 se debe clicar en “configurar un dispositivo”. ➡ “agregar dispositivo”

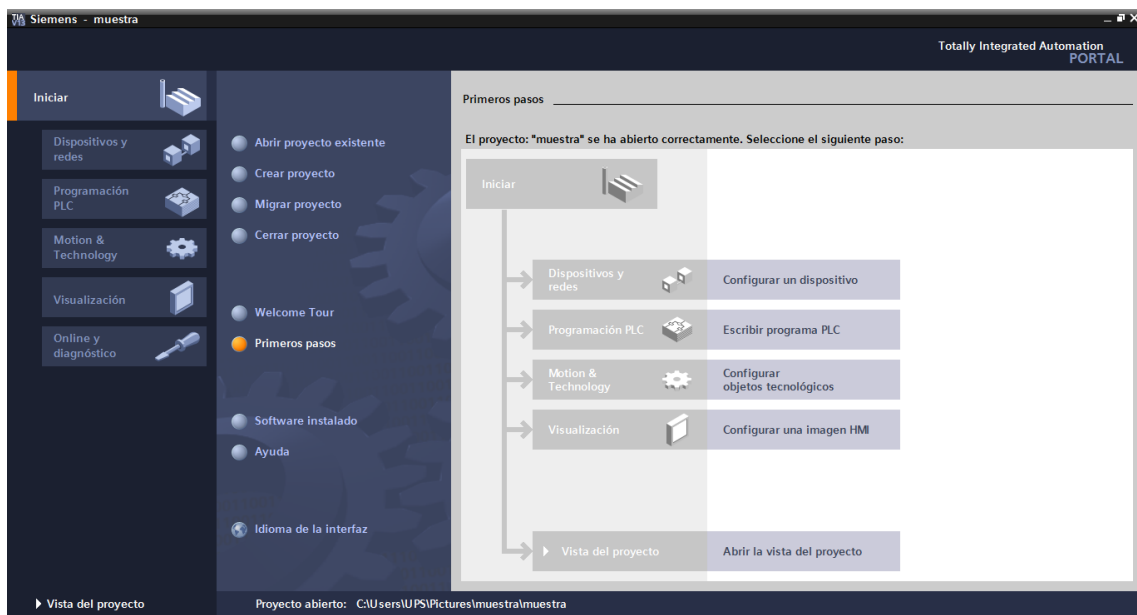


Figura 18. Vista de configuración.

Fuente: Los autores

3.1.2.2. Agregar dispositivo y módulos

A continuación, se buscará el modelo del CPU con el cual se va a trabajar

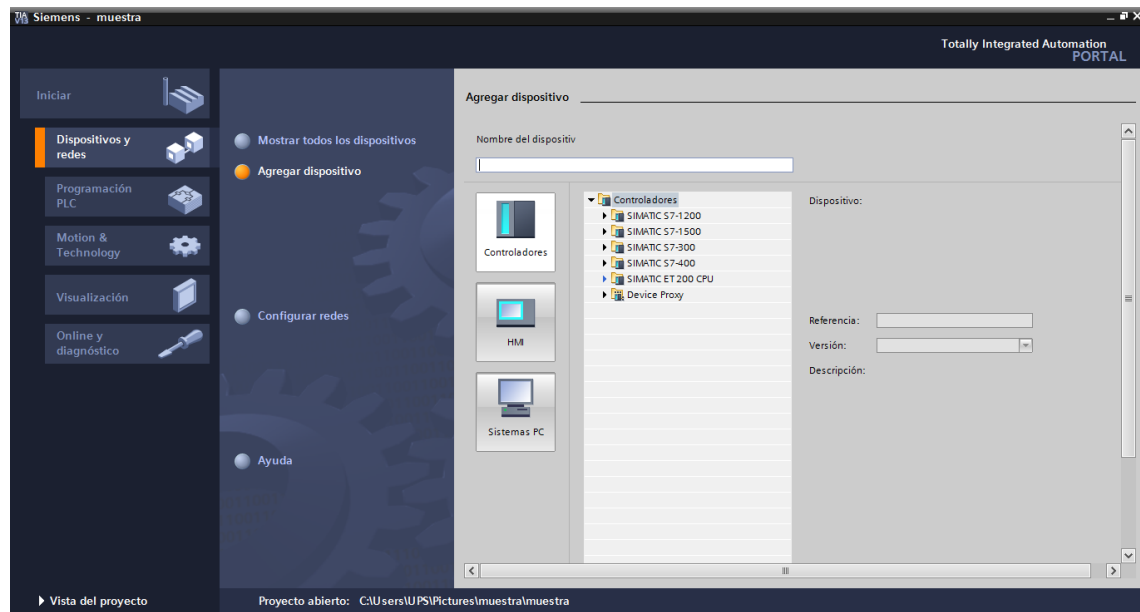


Figura 19. Elegir CPU

Fuente: Los autores

El modelo de la CPU, en la que se trabajará se encuentra indicado en la parte frontal del PLC, debes colocar la versión exacta, ya que, si se ingresa uno equivocado al momento de cargar la programación nos dará error.

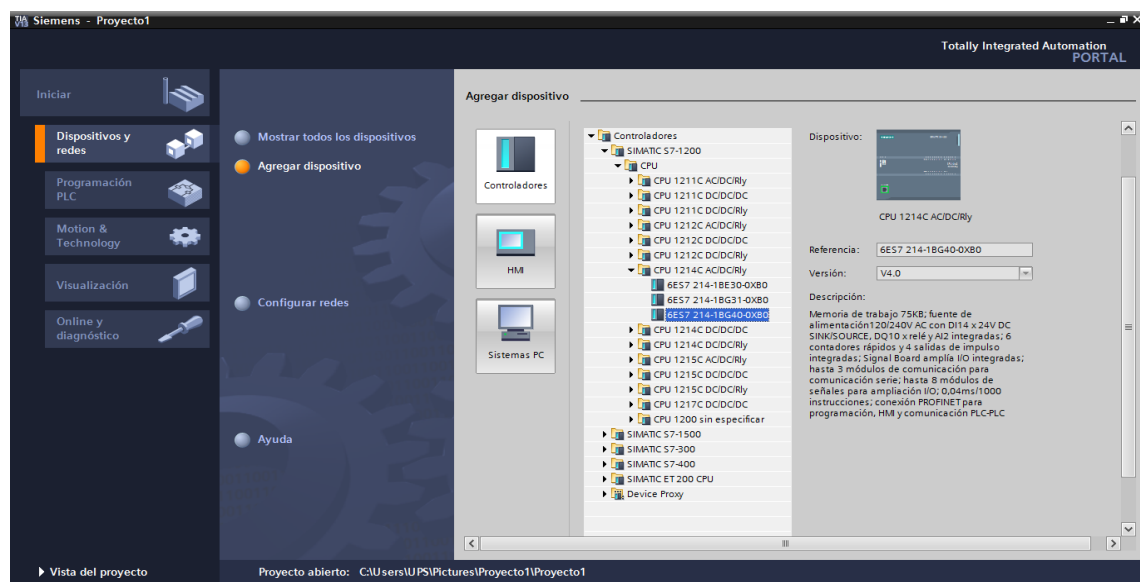


Figura 20. Elegir modelo

Fuente: Los autores

En caso de tener “signals boards”, módulos de comunicación, módulos de entradas y salidas analógicos o digitales, deberán ser buscados en el catálogo de hardware que se muestra en lado derecho del programa. He ir buscando y escogiendo de acuerdo al modelo y versión del módulo que se quiera añadir.

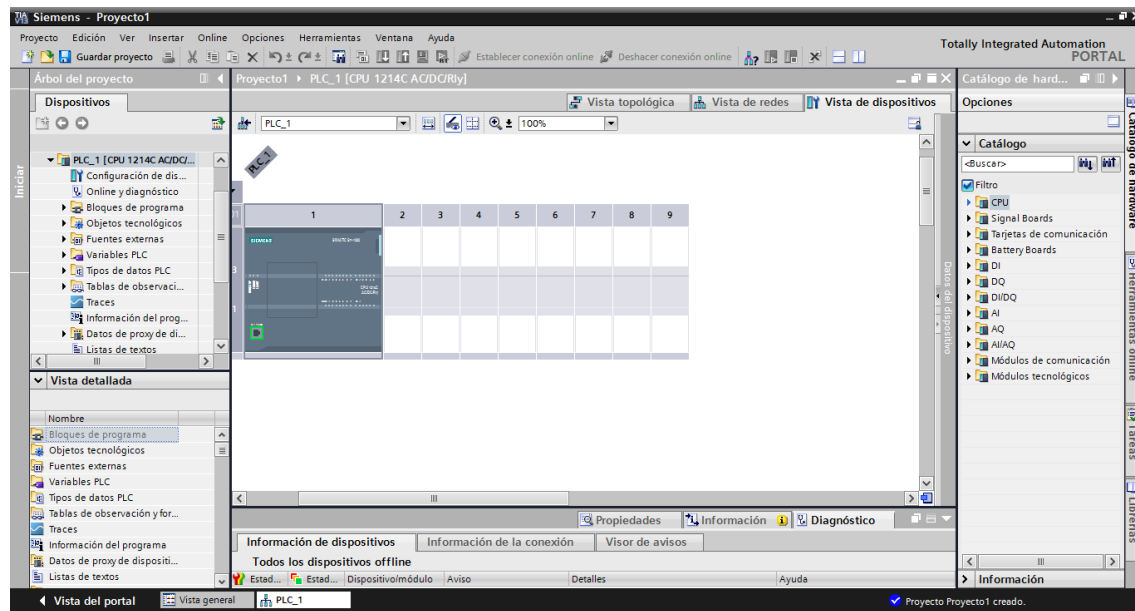


Figura 21. Vista de configuración de CPU

Fuente: Los autores

De esta manera ya se tendría añadidos los dispositivos con los que se trabajará y a los que les realizará la programación.

3.1.2.3. Programación

La programación esta diseñada solamente para procesar los datos que se obtendrán mediante los transductores conectados al transformador.

Estos datos reciben un tratamiento para poder leer el valor y que este dentro del rango de funcionamiento del transductor para poder ser utilizada luego en nuestra interfaz de Labview.

Para realizar este proceso de tratamiento del valor recibido y que sea un valor con el cual se pueda trabajar, y dos bloques de conversión que se encuentran en el software:

- NORM_X



Figura 22. Bloque Normalizar

Fuente: Los autores

La condición Normalizar utiliza la variable Value de entrada y la transforma en un valor de 0 a 1 en una escala lineal.

Los indicadores MIN y MAX definen el límite del rango de los valores que serán reflejados en la escala.

Cuando el valor que será normalizado es igual a la entrada MIN, la salida OUT mostrará el valor [0.0]. Cuando el valor que será normalizado es igual a la entrada MAX, la salida OUT mostrará el valor [1.0]. [16]

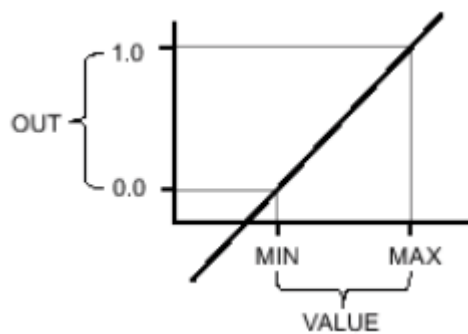


Figura 23. Curva característica

Fuente: Sistema de información, Tia portal

- SCALE_X

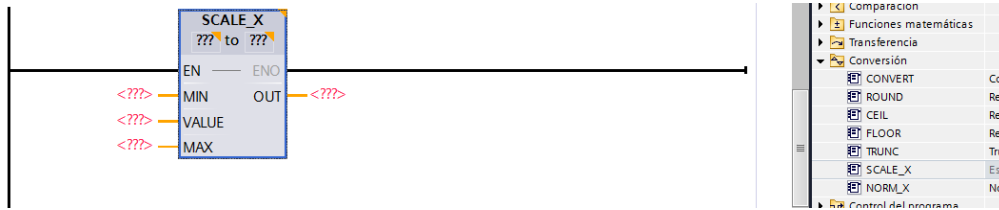


Figura 24. Bloque Escalar

Fuente: Los autores

La condición Escalar, toma los datos de la condición Normalizar y según la escala que configuremos transforma los valores en el rango que se desea mostrar.

[16]

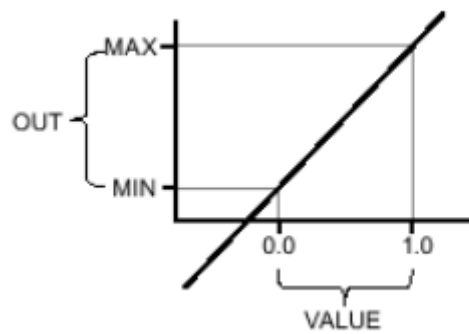


Figura 25. Curva Característica

Fuente: Sistema de información, Tia Portal

Se realizó la programación para utilizar cinco transductores del módulo:

- Voltaje AC 2
- Corriente AC 2
- Potencia 1

En cada línea, se programó un transductor, de acuerdo a su valor nominal marcado según su magnitud e indicado en cada transductor.

De esta manera se tiene 5 líneas de programación, con las tres magnitudes eléctricas a utilizar.

Para poder usar este dato en nuestro proyecto se debe tener en cuenta el nombre de la entrada que se pondrá, ya que, con este nombre se conectará en la programación de la interfaz en Labview.

- **Línea de corriente:**

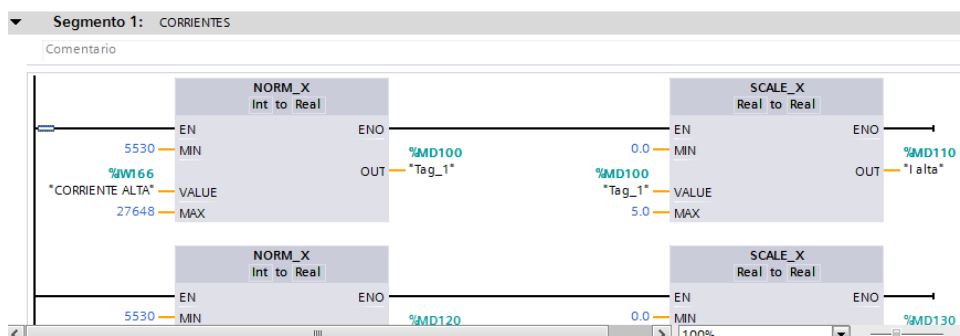


Figura 26. Programación de corriente

Fuente: Los autores

- **Línea de voltaje:**

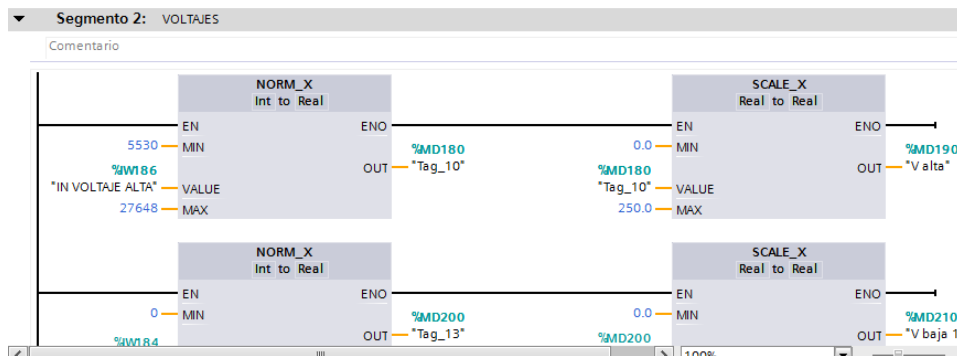


Figura 27. Programación de voltaje

Fuente: Los autores

- **Línea de potencia:**

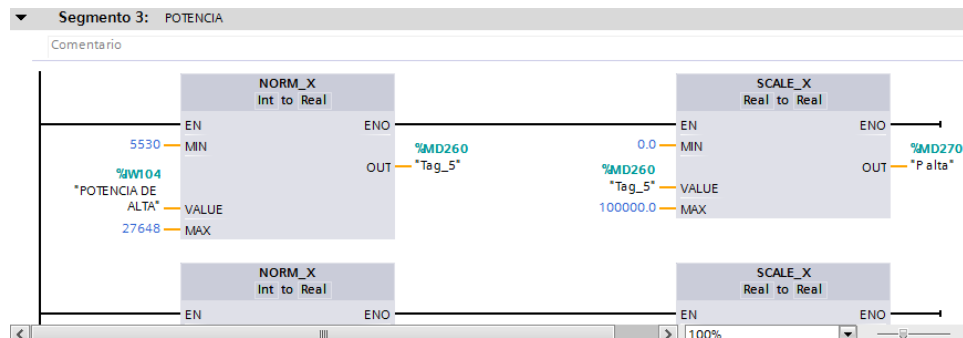


Figura 28. Programación de potencia

Fuente: Los autores

3.2. Programación en Labview

3.2.1. Descripción del software.

Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un software basado en lenguaje gráfico. Este software por su principio de lenguaje grafico lo hace fácil de programar y es una herramienta muy poderosa para realizar interfaces de prueba y medición, automatización y control, adquisición y análisis de datos.

Este software junto con Tia Portal son comúnmente utilizados en las industrias para monitoreo y control en sistemas SCADA.

Es desarrollado por National Instruments.

LabVIEW utiliza el lenguaje de programación gráfico, esta emplea iconos reemplazando las líneas de texto comúnmente utilizadas para realizar programaciones. La diferencia entre los lenguajes que se basan en texto y usan instrucciones para definir la manera en que se ejecutará el programa es que LabVIEW usa la programación de flujo de datos.

A través de los nodos, el diagrama de bloques determinará en qué orden se ejecutarán los VI.

En LabVIEW, usted fabrica la interfaz de la programación utilizando grupos de objetos y herramientas integrados en el software. A esta interfaz se la conoce como Front Panel (panel frontal). Luego de crear el front panel, se programará el código mediante gráficas de funciones que controlarán los objetos que programamos en el Front Panel. Estas

funciones serán agregadas a la interfaz de diagrama de bloques también conocido como código G. El diagrama de bloques se parece un poco a un diagrama de flujo. El diagrama de bloques, el panel frontal y las representaciones gráficas de código componen un VI. [17]

3.2.2. Desarrollo de la programación.

3.2.2.1. Ingreso y configuración.

Se ingresa al software desde el icono que se muestra en la siguiente figura.



Aquí selecciona “Create Project” (figura 29).

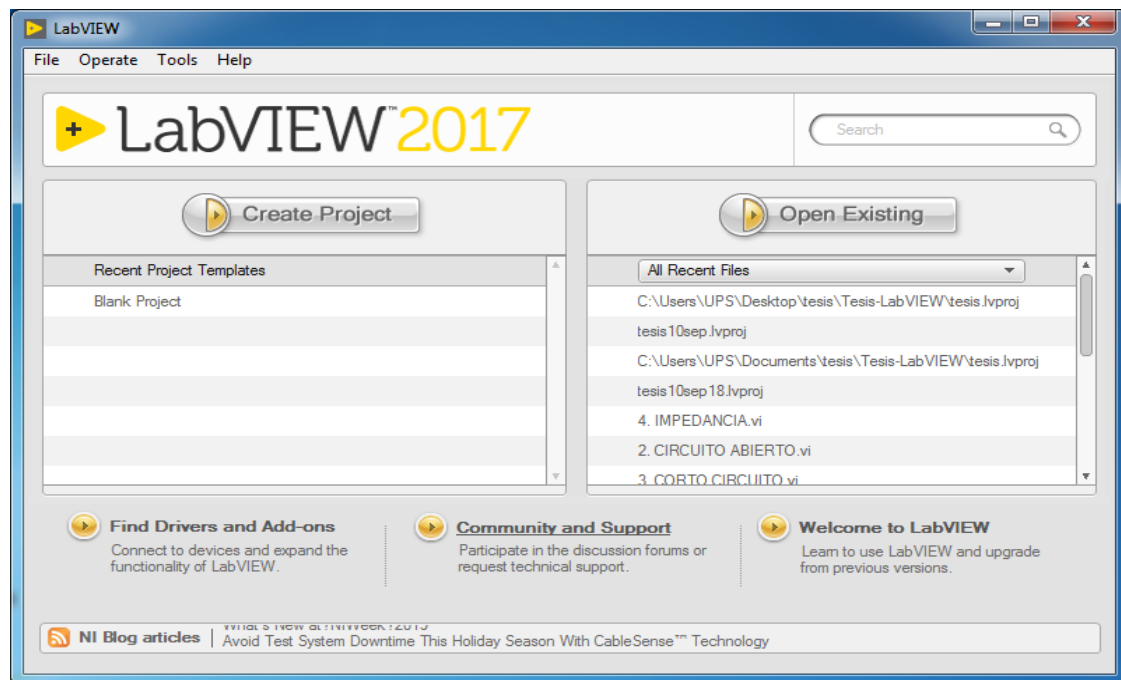


Figura 29. Icono y pantalla de inicio

Fuente: Los autores

Se deja en Blank Project y presiona Finish (figura 30).

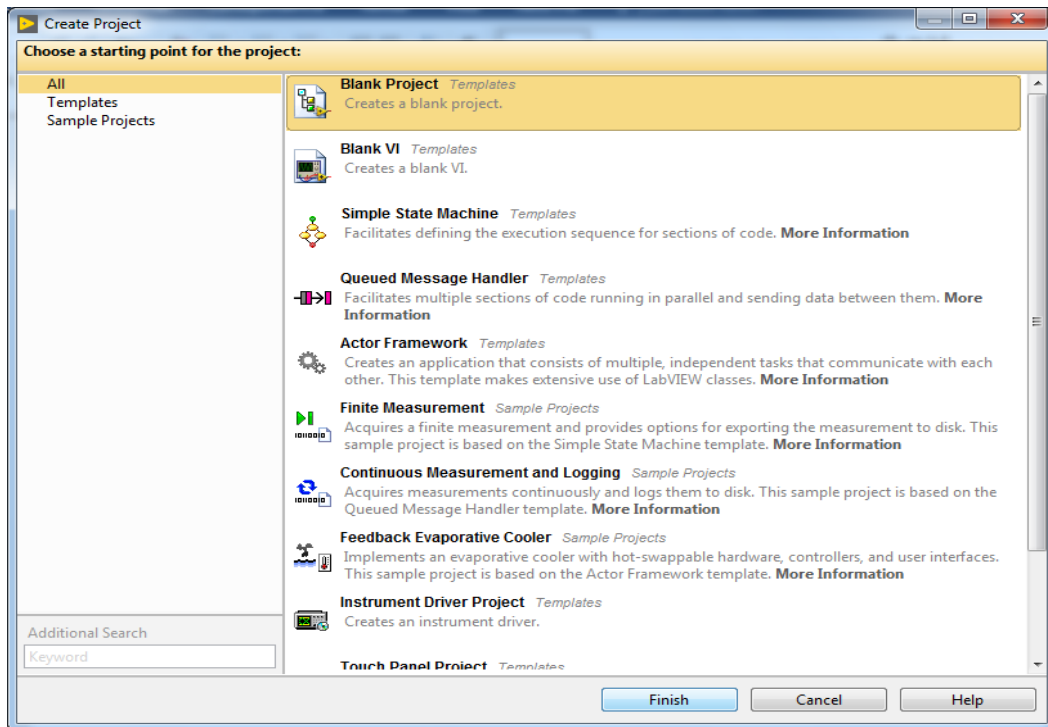


Figura 30. Iniciar proyecto

Fuente: Los autores

Se abrirá una pequeña ventana, en esta ventana se crea nuestro VI para empezar con la programación (figura 31).

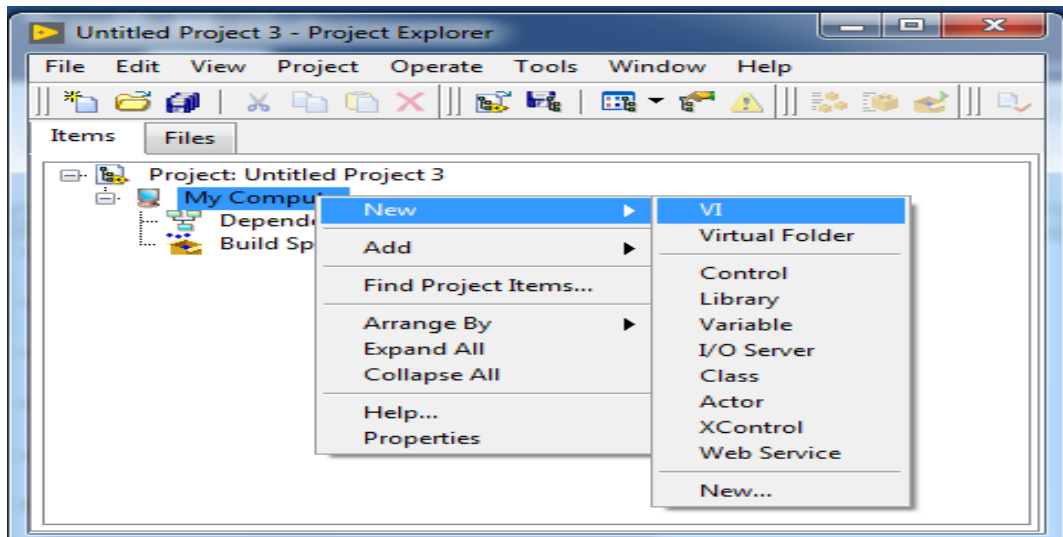


Figura 31. Creación de VI

Fuente: Los autores

Se abrirán dos ventanas: el panel frontal (figura 32) y el diagrama de bloques (figura 33).

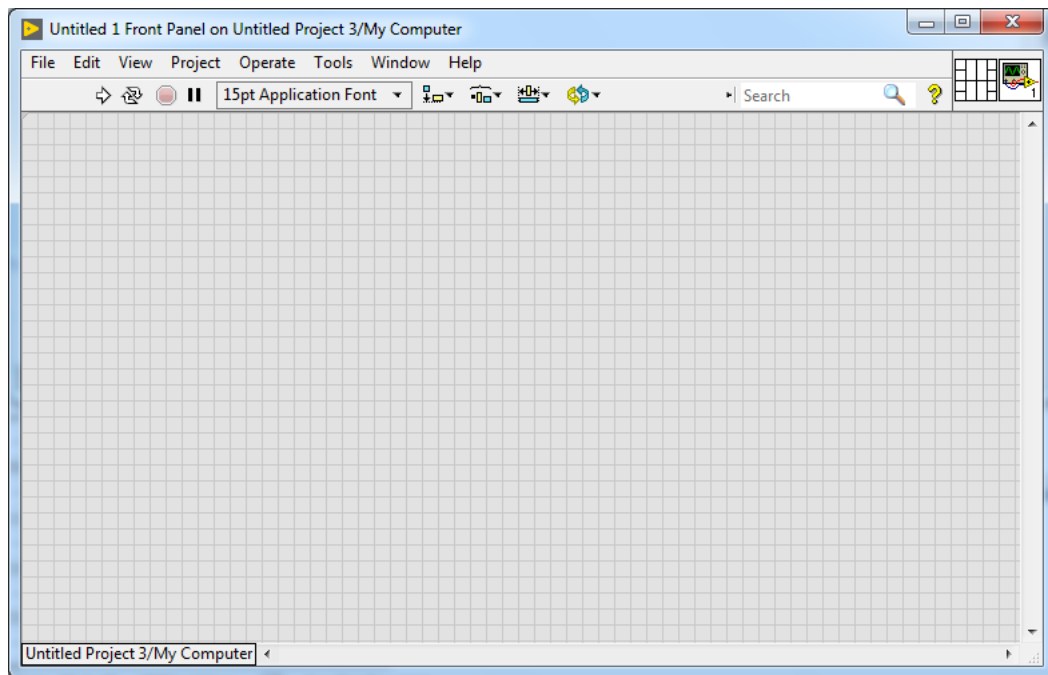


Figura 32. Panel frontal

Fuente: Los autores

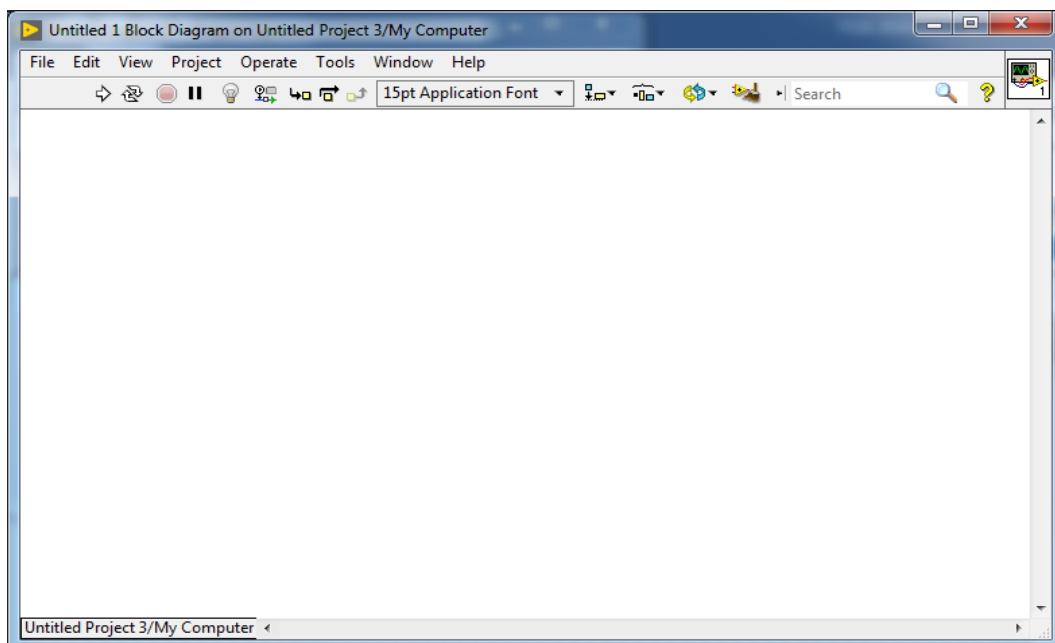


Figura 33. Panel diagrama de bloques

Fuente: Los autores

- **PANEL FRONTAL**

Por lo general siempre se empieza por programar el panel frontal para luego programar el diagrama de bloque en las que se indica las tareas a realizar con la interfaz gráfica.

En esta ventana se debe colocar todos los gráficos que va a mostrar y a interactuar en nuestra interfaz.

En el panel frontal van botones, indicadores de medición análogos o digitales, indicadores gráficos, valores de entrada y salida. A estas variables se las pueden configurar como control o indicador, es decir, de lectura o de escritura.

Además, por ser la ventana grafica se puede insertar imágenes que se adapten a nuestra necesidad tales como motores, ventiladores, tanques, bandas, leds, etc.

- **PANEL DE DIAGRAMA DE BLOQUE**

En esta ventana se muestra el diagrama de bloque o el código fuente ligado a nuestro panel frontal. Todo lo que se inserte en el panel frontal ira a nuestro panel de diagrama para poder conectarlo y programarlo. (figura 31)

Como herramientas se tiene todas las estructuras de programación como son los bucles while loop, for loop, array, estructuras matemáticas, estructuras booleanas, estructuras de comparación, string, herramientas para tratamiento y análisis de ondas, generación de reportes, etc.

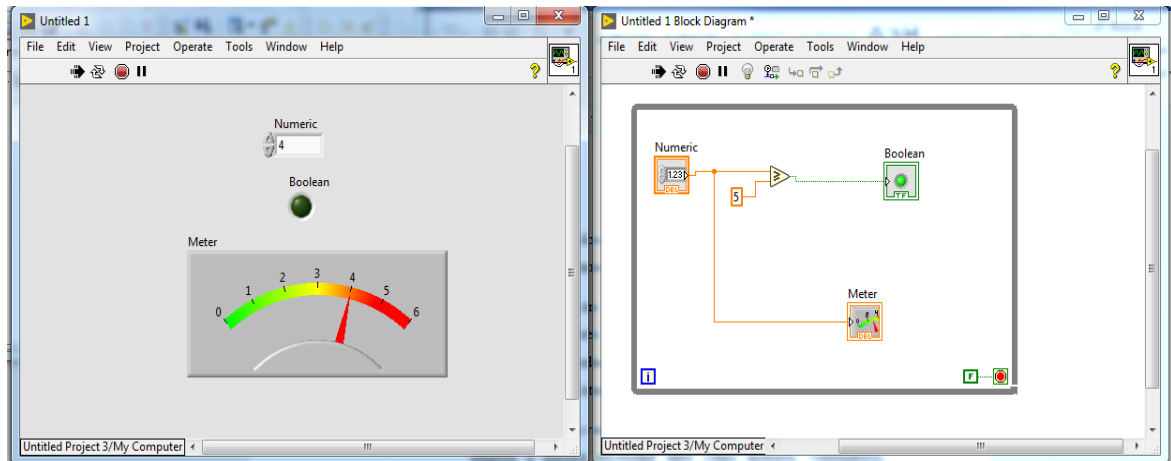


Figura 34. Ejemplo de panel, led apagado según condición.

Fuente: Los autores

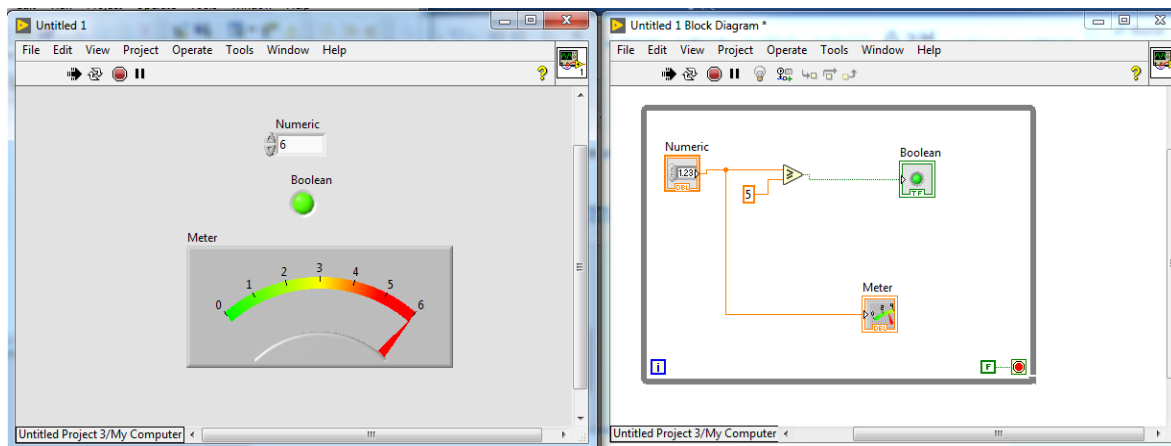


Figura 35. Ejemplo de panel, led encendido según condición.

Fuente: Los autores

En el ejemplo de la figura 34 y 35 se tiene en el diagrama de bloque un ciclo while y dentro, la instrucción de un control numérico con un indicador métrico, este está programado para introducir un valor y que realice la comparación numérica, si el número ingresado es mayor o igual a 5 el led se encenderá.

De este modo se tiene nuestro VI principal, a partir de este los demás se llamarán subs VI. Que es la manera como se programa nuestra interfaz que se explicara más adelante.

3.2.2.2. Programación

La interfaz se realizó en Labview, la cual comprende la mayor parte del tema propuesto.

El diseño escogido para realizar la programación fue de múltiples ventanas, es decir, varios VI's en los cuales se fue programando cada prueba de transformador.

El tipo de dato a utilizar en la programación es de 64 bits, en LabView dato DOUBLE que nos permite tener hasta 16 cifras

Es por ello por lo que se tiene una ventana de inicio, que es donde se encontrará la caratula y las opciones de las diferentes pruebas para realizar en el transformador (figura 34) una vez que este realizada la conexión de la prueba correspondiente, además que al final de todas las pruebas se podrá generar un reporte e imprimir el mismo con todos los datos recolectados del transformador.

Se va a tener la opción de escoger entre cuatro pruebas:

- CIRCUITO ABIERTO
- RELACION DE TRANSFORMACION
- CORTO CIRCUITO
- IMPEDANCIA

y también para la generación del reporte:

- IMPRIMIR REPORTE

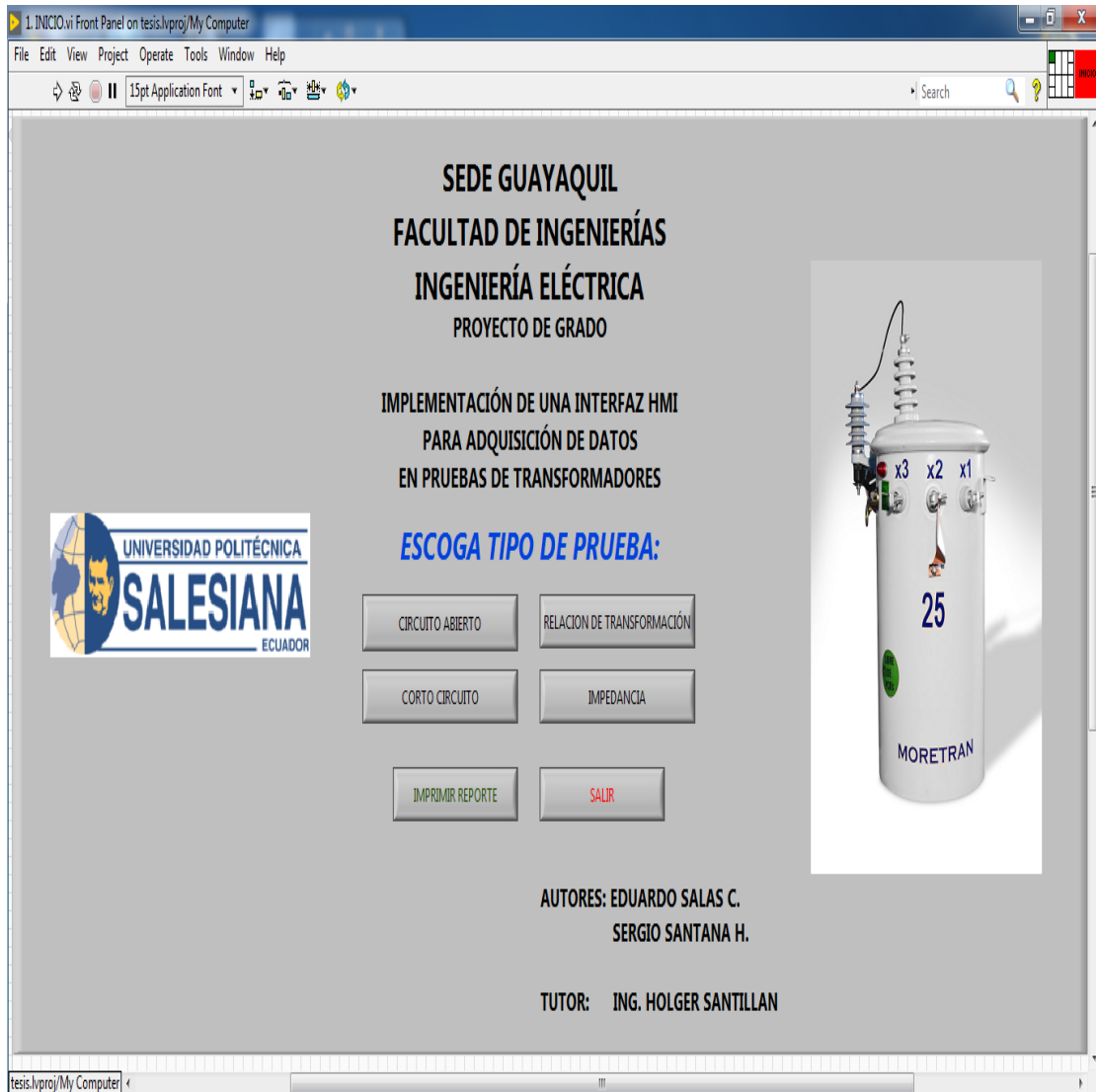


Figura 36. Carátula de la interfaz

Fuente: Los autores

3.2.2.2.1. INICIO

La pantalla de inicio está compuesta por 6 botones, cada uno con una función diferente. (figura 36)

Principalmente esta pantalla es la de bienvenida, en esta se selecciona la prueba, la que se abrirá en otra ventana.

El código de este panel frontal es mostrado en la siguiente figura.

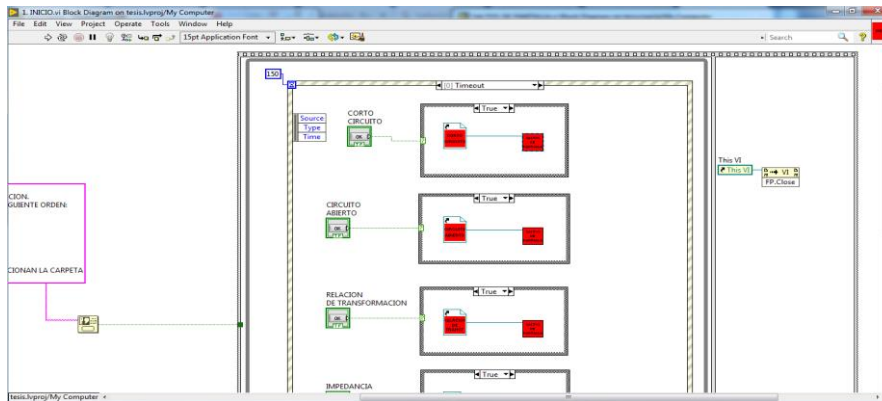


Figura 37. Programación de la caratula de interfaz

Fuente: Los autores

Cada botón nos abre una nueva ventana en el que se encuentra otro código para realizar la prueba del transformador.

Para configurar esta ventana y que nos permita abrir otras utilizando un subVI donde estará programado la acción de abrir ventanas nuevas a partir del inicio con las siguientes herramientas:

- INVOKE NODE

Hace la llamada hacia una referencia previamente configurada. Casi todos los métodos de Invoke tiene parámetros asociados. (figura 38).

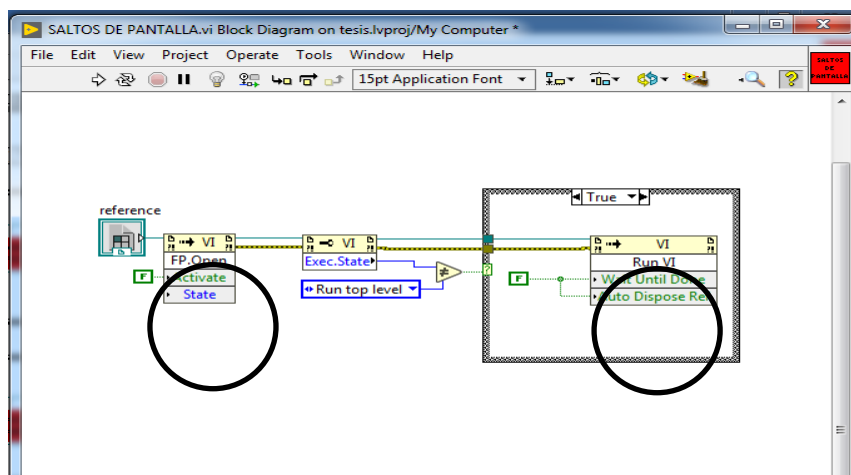


Figura 38. Invoke node

Fuente. Los Autores

- **PROPERTY NODE**

Lee y escribe las propiedades de una referencia, se utilizará este nodo para obtener propiedades y métodos de una instancia de la aplicación configurada en el VI. Figura (39)

El nodo de propiedad se adapta automáticamente al objeto del cual hace referencia.

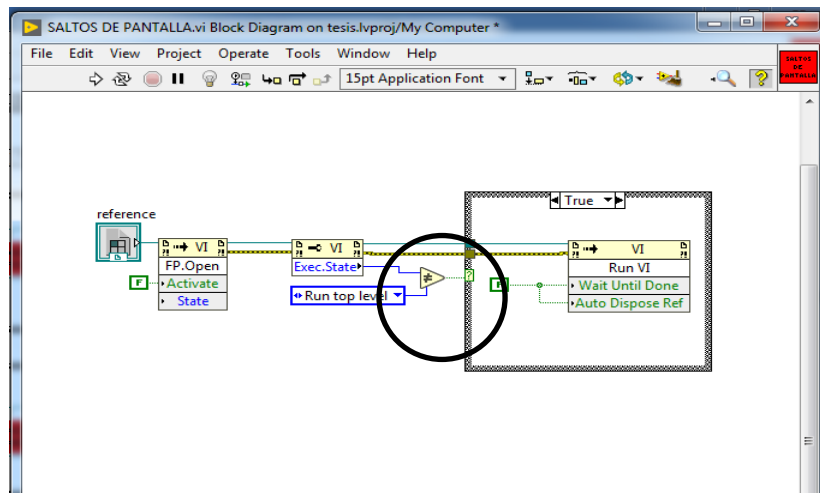


Figura 39. Property node

Fuente. Los Autores

Estos dos nodos nos ayudan para hacer el llamado de apertura de una nueva ventana y se lo utilizará en la pantalla de inicio, a esto se lo conoce como “Salto de Pantalla”.

Entonces para empezar se colocaron seis botones en el front panel.

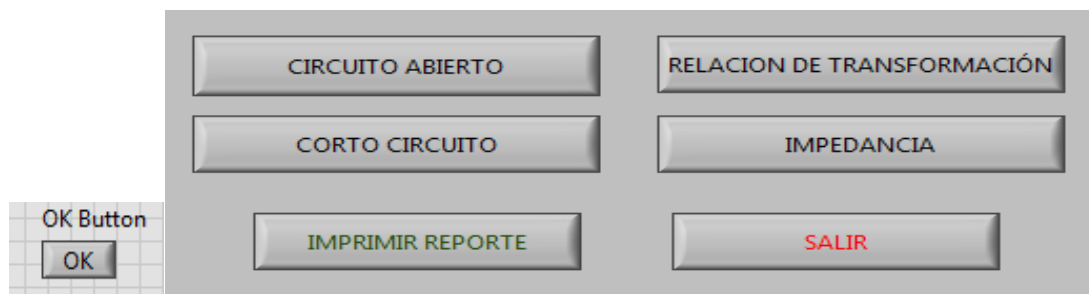


Figura 40. OK button

Fuente: Los autores

Para cambiar el nombre, color y tamaño se dirige a propiedades y se deja a nuestro gusto.

Agregados estos botones se va al panel de diagrama de bloques para configurar las instrucciones.

Escogiendo la estructura Flat sequence (figura 41a) que consiste en uno o más subdiagramas que se ejecutan secuencialmente, estos cuadros se ejecutan de izquierda a derecha, para añadir más cuadros dar clic derecho y ADD FRAME, de esta manera lo que se programa en el cuadro de la izquierda será lo primero en ejecutar.

Se lo utilizó en nuestra programación porque el cuadro de la derecha cerrara nuestra aplicación, por lo tanto, lo que se ejecuta primero es el código se necesita para realizar las pruebas.

Dentro del flat sequence se usa un While Loop (figura 41b), que se podría decir que es la más importante de las estructuras usadas en Labview, esta estructura permite que el código se siga ejecutando hasta que ocurra una condición configurada o hasta que se cumpla la condición de stop.

Estas dos estructuras son las que se repiten dentro de todas las ventanas de programación de las pruebas y generación del reporte.

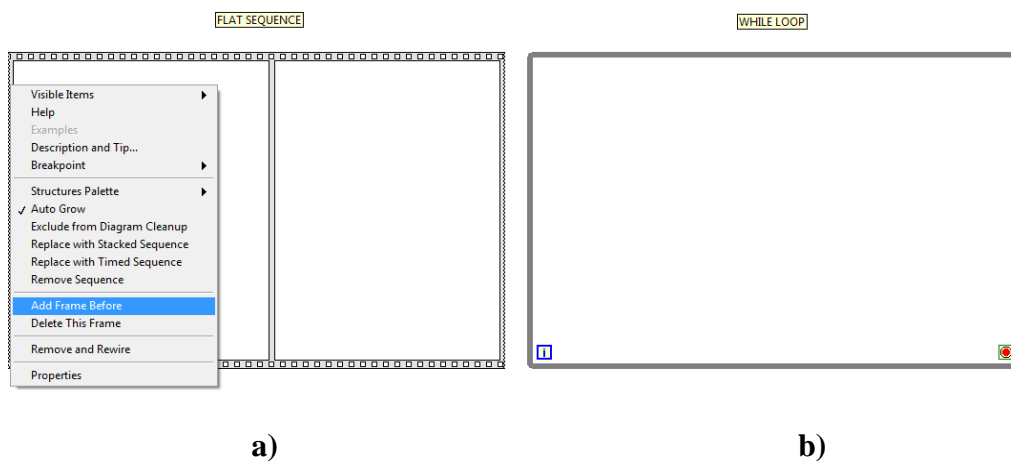


Figura 41. Estructura Flat sequence y While Loop

Fuente: Los autores

Dentro de la programación también se utiliza un Case Structure (figura 42a), siempre ira conectado a un control puede ser este booleano (figura 42a), es decir, 1 o 0 y un control numérico (figura 42b), ya que, a esta estructura se la puede controlar mediante verdadero o falso conectando un botón o configurarlo con un número para que cuando aparezca dicho valor ejecute el código dentro de la estructura, se le puede añadir varias ventanas o casos, en la opción de control numérico, en el caso de control booleano solo se tendrá dos opciones.

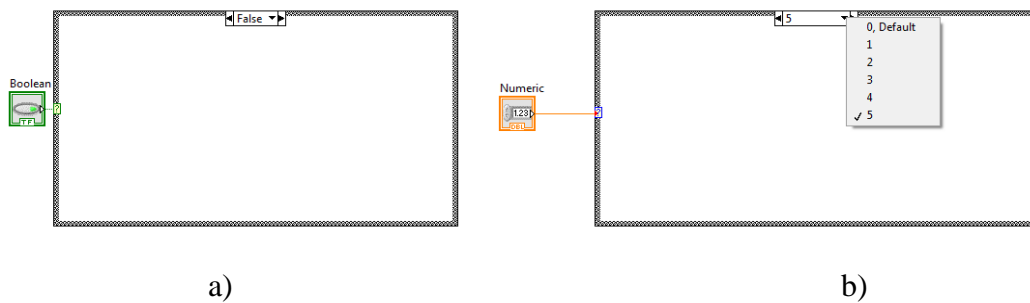


Figura 42. Programación de la caratula de interfaz

Fuente: Los autores

Ahora bien, una vez que se tiene conocimiento sobre las estructuras que se utilizará dentro del código, se las aplica para completar y ejecutar la primera parte.

Dentro del panel de diagrama de bloques se coloca un Flat sequence, un While Loop y case structure, como muestra la figura 43.

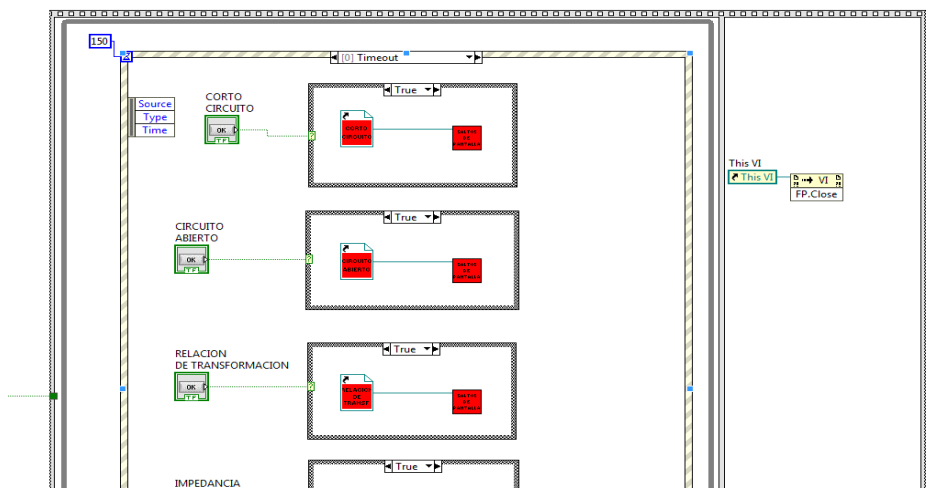


Figura 43. Uso de estructura en programación

Fuente: Los autores

Este código ejecutará cada que se presione un botón, como ejemplo, si es presionado el botón de CORTO CIRCUITO, la estructura case reconoce un TRUE y ejecuta el código que está dentro.

En esta estructura, se tiene el salto de pantalla para que abra el código en otra ventana y el código de la programación de corto circuito.

Este código se repite en todos los botones.

3.2.2.2.2. CIRCUITO ABIERTO

En este código ya se obtiene los parámetros del transformador mediante los transductores y el PLC.

Los parámetros que se obtienen son voltaje, corriente y potencia. Este código al momento de ejecutarlo automáticamente empieza a leer los valores.

En la interfaz gráfica (figura 44), se tiene los indicadores de los valores y el circuito que debe estar conectado en el transformador y en las entradas del módulo.

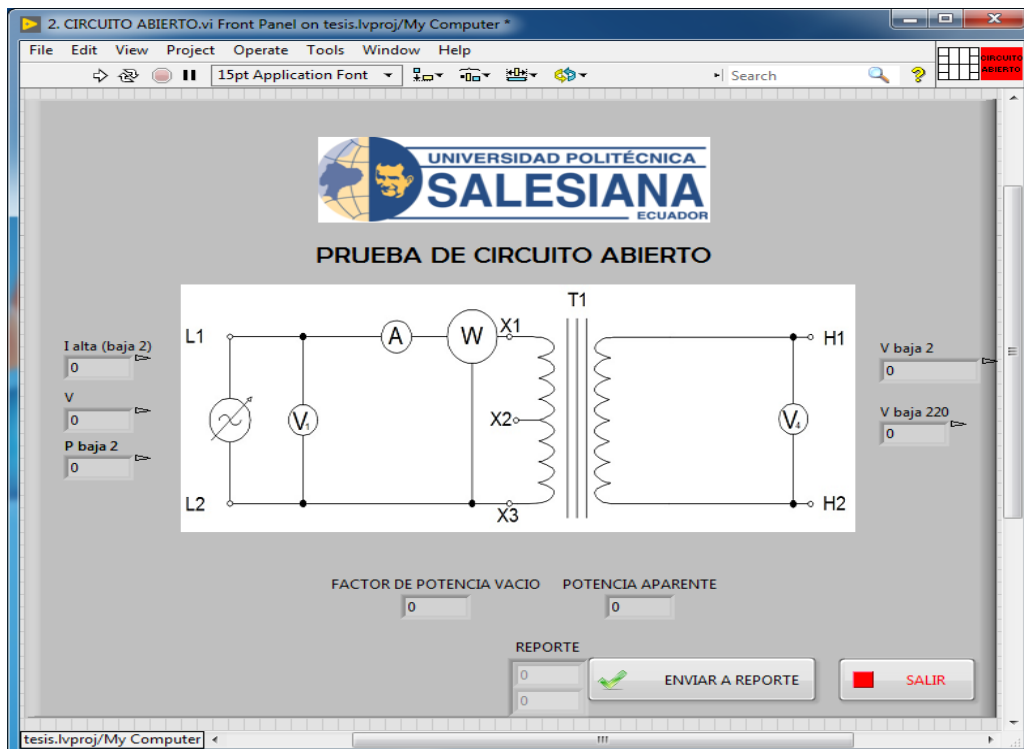


Figura 44. Panel frontal circuito abierto

Fuente: Los autores

En esta pantalla se encuentran dos botones, ENVIAR A REPORTE, que nos permite guardar los datos y enviarlos a la interfaz de generación de reporte para posterior a haber realizado todas las pruebas poder imprimir el mismo y, salir que una vez concluida la prueba cierra la ventana y regresa al inicio para escoger otra prueba.

En el panel de diagrama de bloques se encuentran todas las variables que se tiene en el panel frontal, estos solo son indicadores, es decir, solo de lectura. Estos se los reconoce por tener la siguiente forma. (figura 45)

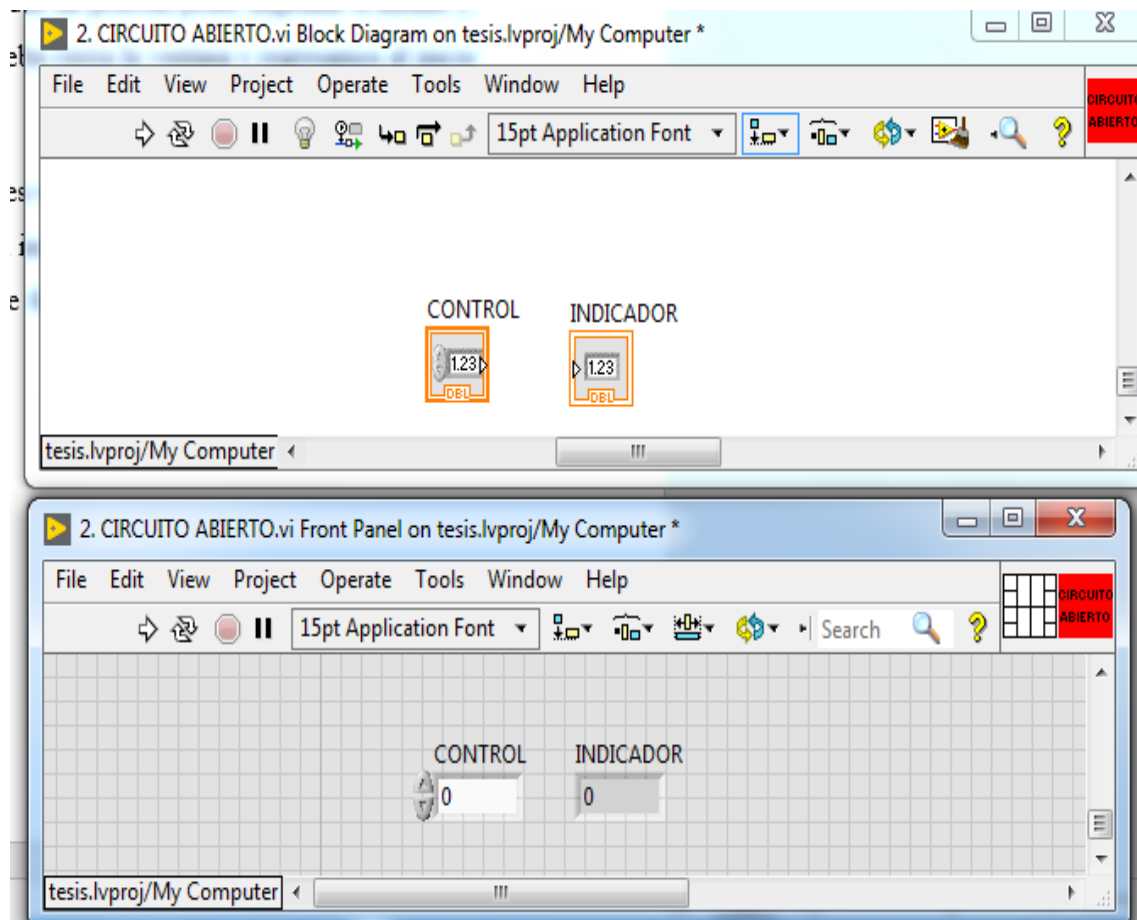


Figura 45. Ejemplo control e indicador

Fuente: Los autores

El diagrama de bloques que se indica en la figura (46), contienen los valores que se obtienen de los transductores y se realizan las operaciones matemáticas para obtener los demás parámetros.

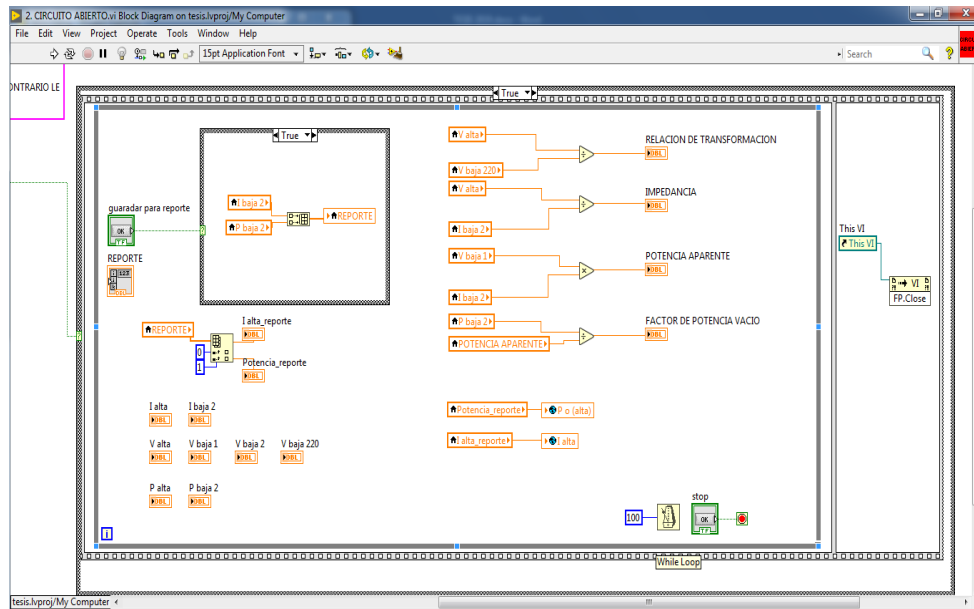


Figura 46. Diagrama de bloques circuito abierto

Fuente: Los autores

En la programación se usaron variables locales (figura 47a), que nos permitieron usar el mismo valor en varias operaciones, nos ayudan a no llevar todos los cables a la misma variable, además a esta variable local se la puede cambiar a lectura o escritura según convenga.

Se usa también variables globales (figura 47b), estas nos permitieron ser utilizadas en otros VI del mismo proyecto, en nuestro caso nos ayudó para enviar los datos obtenidos en la respectiva prueba hacia el generador del reporte.



a)

b)

Figura 47. Vista de variables locales y globales

Fuente: Los autores

3.2.2.2.3. RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Para realizar esta prueba se añadió en la ventana un arreglo, en el cual se indica el error de relación de transformación en 5 pruebas tomando valores diferentes de voltaje del transformador.

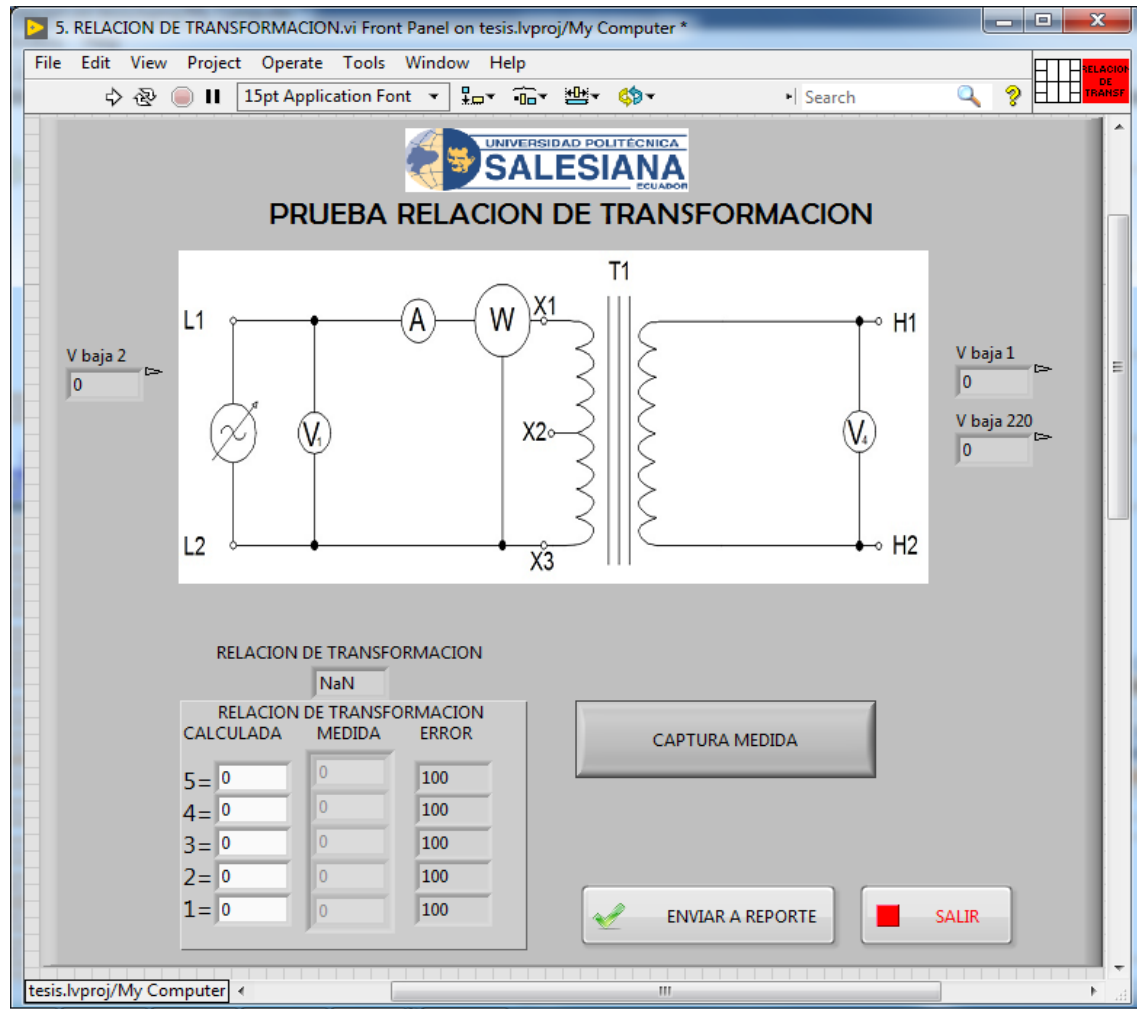


Figura 48. Panel frontal relación de transformación

Fuente: Los autores

En el diagrama de bloques se añadieron varias variables locales y globales, para conectar con los valores que se necesitan, además al tratarse del cálculo de error se necesitaran varias conexiones y nuestra pantalla se vio un poco abultada (figura 49)

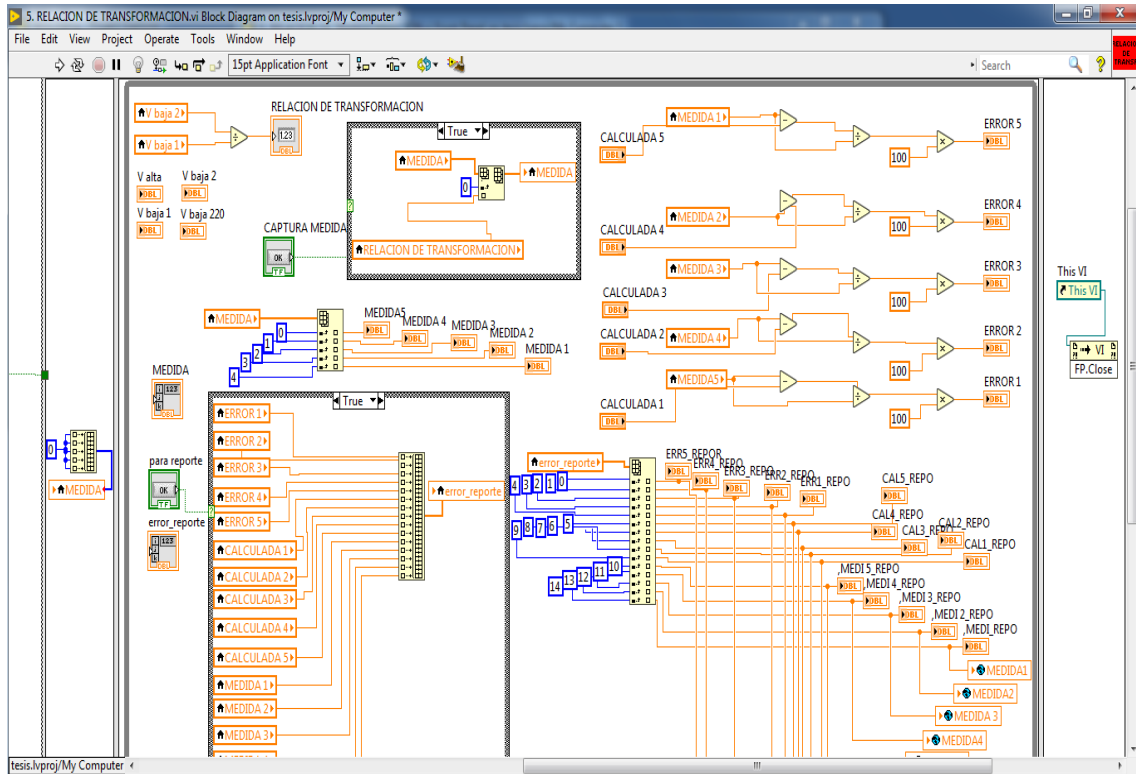


Figura 49. Diagrama de bloques relación de transformación

Fuente: Los autores

Para esta prueba se añadió el botón de CAPTURAR MEDIDA (figura 50) que nos sirve para guardar el valor de la relación de transformación, en el valor ajustado. Para ser más claro se ajusta el valor de voltaje en 50 voltios y se introduce el valor de relación calculado y junto con el valor medido, que es leído por el programa, nos calculara el error. (figura 51)

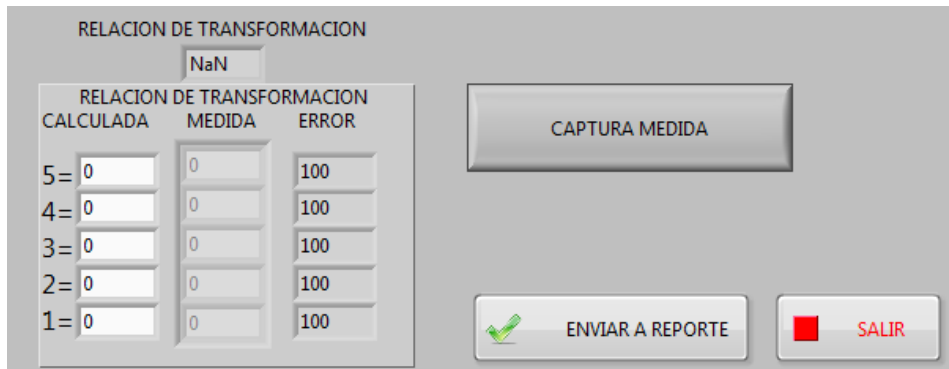


Figura 50. OK button capturar medida

Fuente: Los autores

	CALCULADA	MEDIDA	ERROR
1 =	32,54	32,5531	0,040209
2 =	32,54	32,567	0,083038
3 =	32,54	32,555	0,046151
4 =	32,54	32,8024	0,799819
5 =	32,54	32,5905	0,15488

Figura 51. Tabla de error

Fuente: Los autores

Cuando ya se tenga llenos todos los indicadores se presiona ENVIAR A REPORTE, para guardar los datos en el reporte que se imprimirá al final de las pruebas y luego SALIR. (figura 52).



Figura 52. OK button enviar a reporte y salir

Fuente: Los autores

3.2.2.2.4. CORTO CIRCUITO

En esta ventana se ejecutará el programa con el cual se va a obtener los valores de corto circuito del transformador, antes de ejecutar este VI, se tiene que cambiar las conexiones del transformador y el módulo.

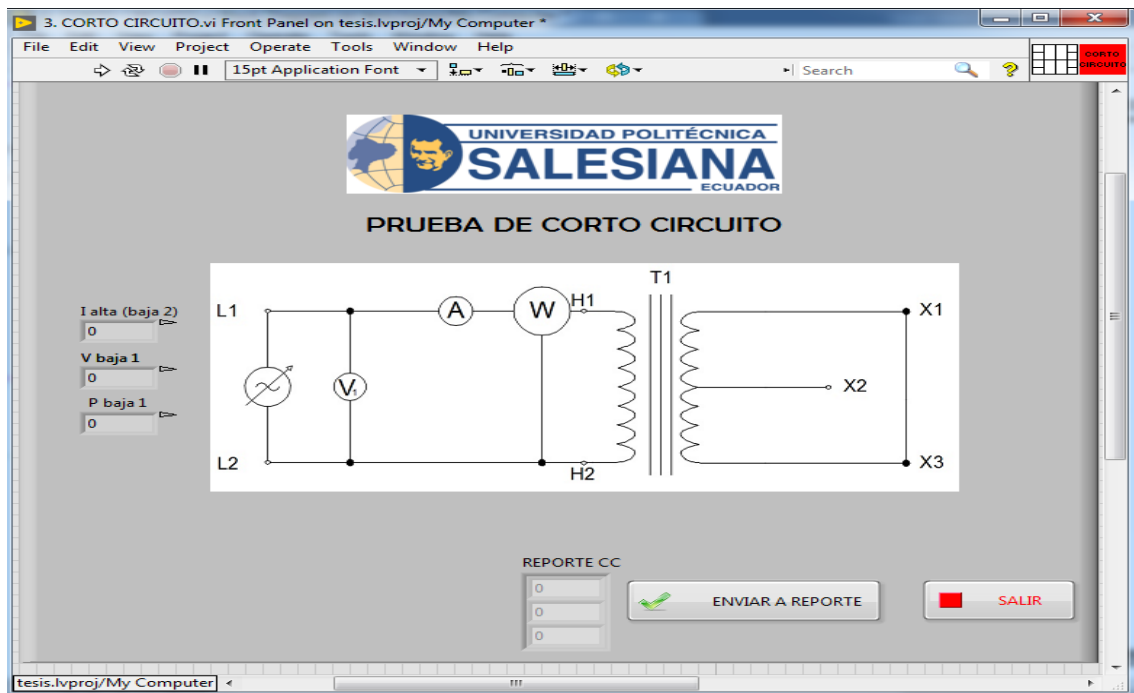


Figura 53. Panel frontal cortocircuito

Fuente: Los autores

Básicamente tiene el mismo código (figura 54) que el VI de Circuito abierto, aquí solamente se tendrá que corroborar los datos obtenidos con el multímetro y el amperímetro y presionar el botón del panel frontal (figura 53), para enviar los datos al reporte, el VI del reporte se lo explica más adelante.

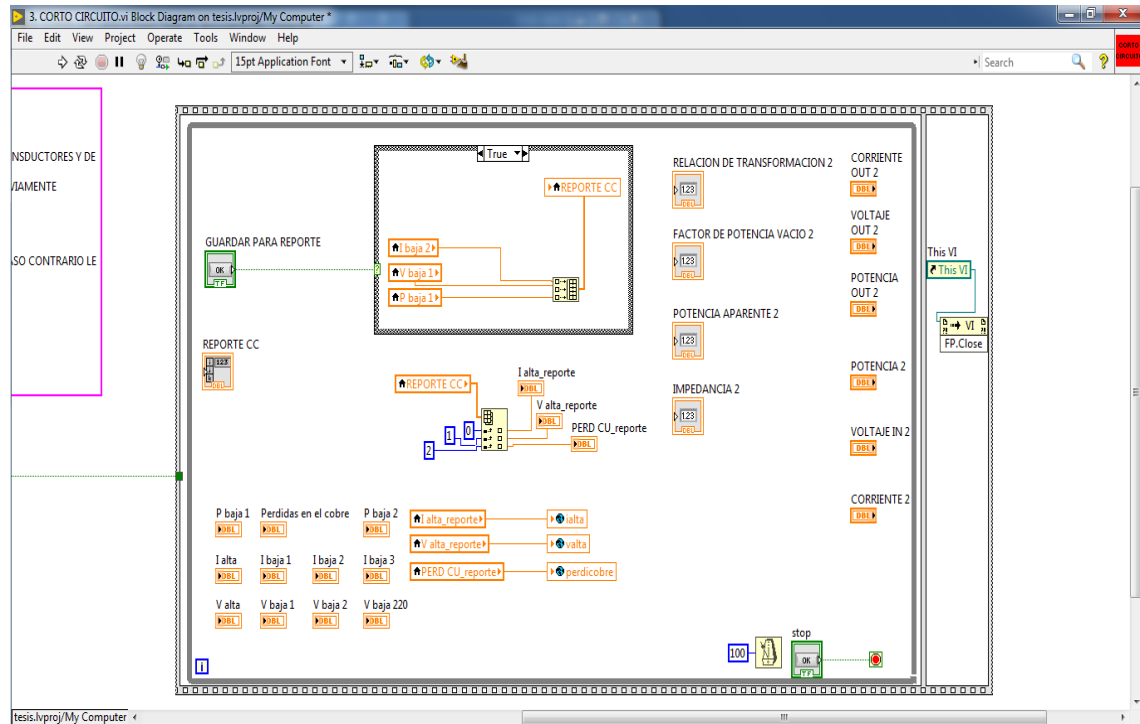


Figura 54. Diagrama de bloque corto circuito

Fuente: Los autores

3.2.2.2.5. IMPEDANCIA

En este código se deberá introducir datos de resistencia del transformador para obtener todos los parámetros de la prueba de impedancia. Estos datos son ingresados en los cuadros con color blanco de fondo (figura 55), con el color de fondo también se puede reconocer si es un indicador (gris) o un control (blanco).



Figura 55. Panel frontal impedancia

Fuente: Los autores

En el diagrama de bloques (figura 56) se va a tener las mismas estructuras que se utilizó con anterioridad, es decir, flat sequence, While Loop, case structure, variables locales y variable globales, usando también varios array, para guardar los datos en un arreglo y enviarlos al reporte que se imprimirá.

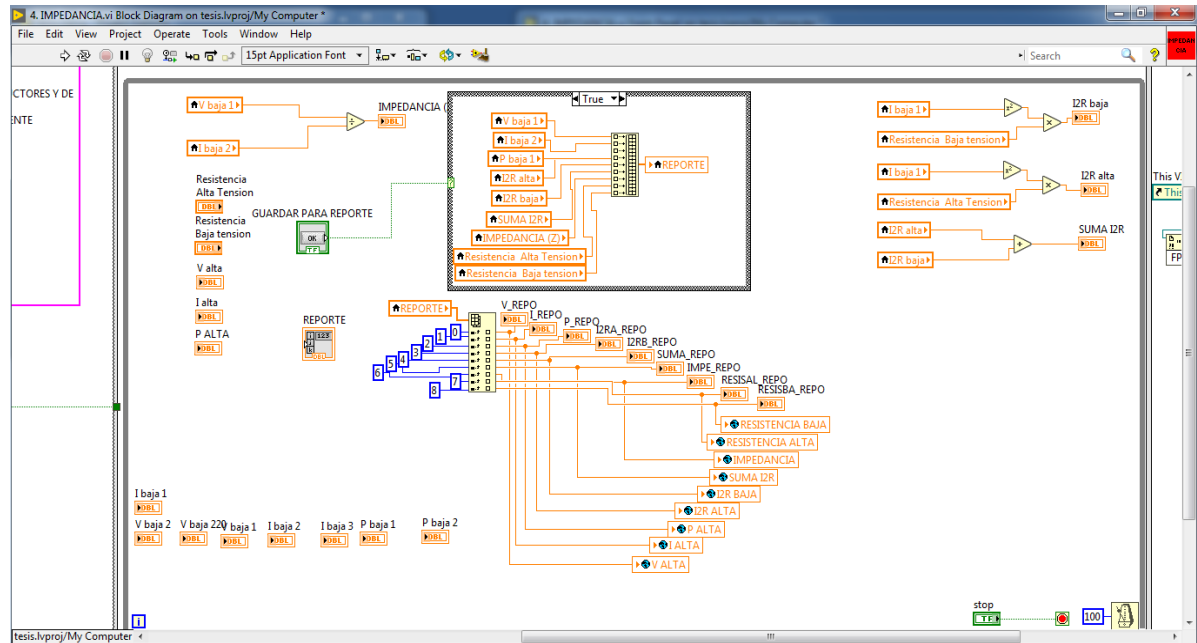


Figura 56. Diagrama de bloque impedancia

Fuente: Los autores

3.2.2.2.6. IMPRIMIR REPORTE

Finalmente, en nuestra interfaz se llega al VI de generación del reporte (figura 57), en esta ventana estas todos los datos que han sido obtenidos de las pruebas y son enviados hacia el reporte.


También hay una pestaña para visualizar el circuito equivalente del transformador figura 58 y la opción de imprimir el circuito.

Como se puede ver en la figura 59 hay espacios de color gris, que son los datos que fueron obtenidos en las pruebas y se llenan automáticamente, también hay espacios en blanco que tendrán que ser llenados por nosotros con los datos del transformador y demás.

6. IMPRIMIR REPORTE.vi

File Edit View Project Operate Tools Window Help

CIRCUITO EQUIVALENTE | PROTOCOLO DE PRUEBAS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
PROTOCOLO MONOFASICO
FRECUENCIA Hz

DATOS DEL TRANSFORMADOR

KVA TIPO

PRIMARIO V PRIMARIO 2 A

SECUNDARIO V SECUNDARIO 2 A

RELACION DE TRANSFORMACION

CALCULADA	MEDIDA	ERROR
1= <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
2= <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
3= <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
4= <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
5= <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

RESISTENCIA DEL TRANSFORMADOR

ALTO VOLTAJE Ohm

BAJO VOLTAJE Ohm

PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

Po V Io

CALCULOS DE PERDIDAS EN EL COBRE E IMPEDANCIA

Vc V

Ic A

Pcu Ic W

I₂R AV W

I₂R BV W

SUMA I₂R W


Z %

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO (LADO DE BAJA)

V I W

REALIZADO POR:

OBSERVACIONES:

HORA Y FECHA DD/MM/YYYY 

tesis.lvproj/My Computer

Figura 57. Panel frontal reporte

Fuente: Los autores

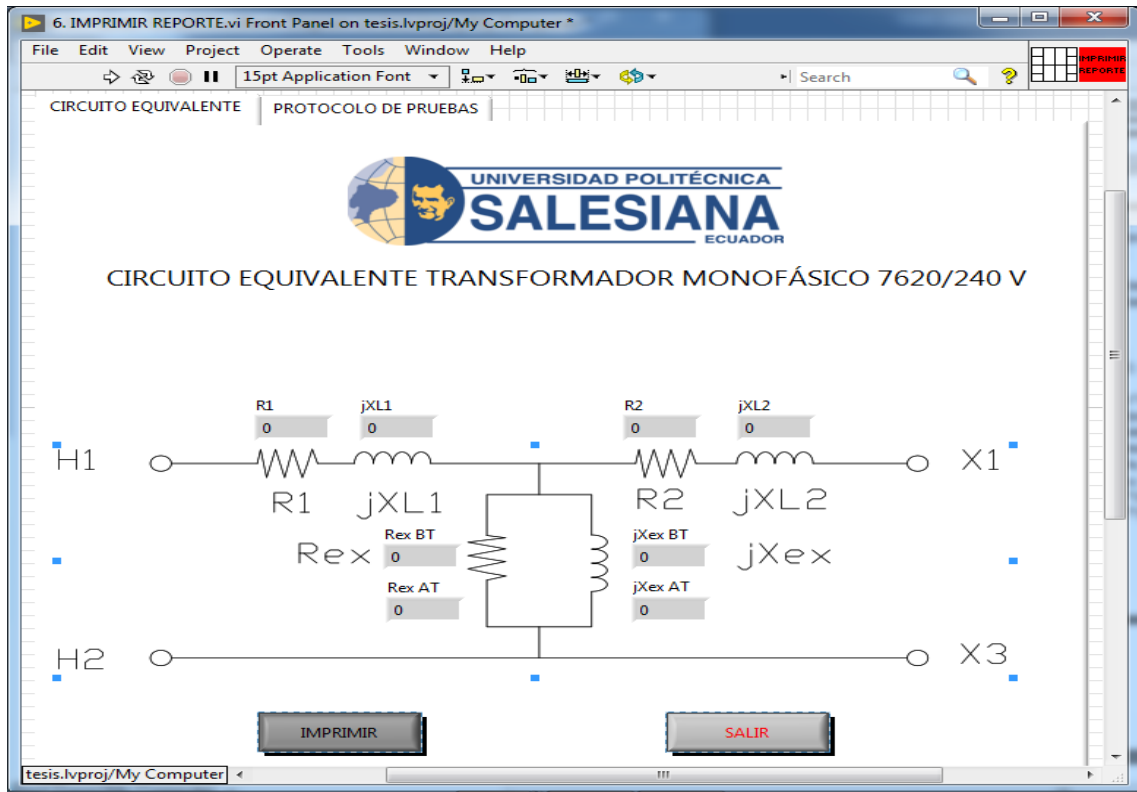


Figura 58. Panel frontal circuito equivalente

Fuente: Los autores

En el panel diagrama de bloques, al tener una instrucción booleana con un boton, en nuestro caso, IMPRIMIR, se va a tener en el case structure dos opciones, una en FALSE (figura 59), es decir, cuando no se presiona el boton, en el programa estara ejecutando el codigo y todos los valores se estaran leyendo y se llenara la interfaz del reporte.

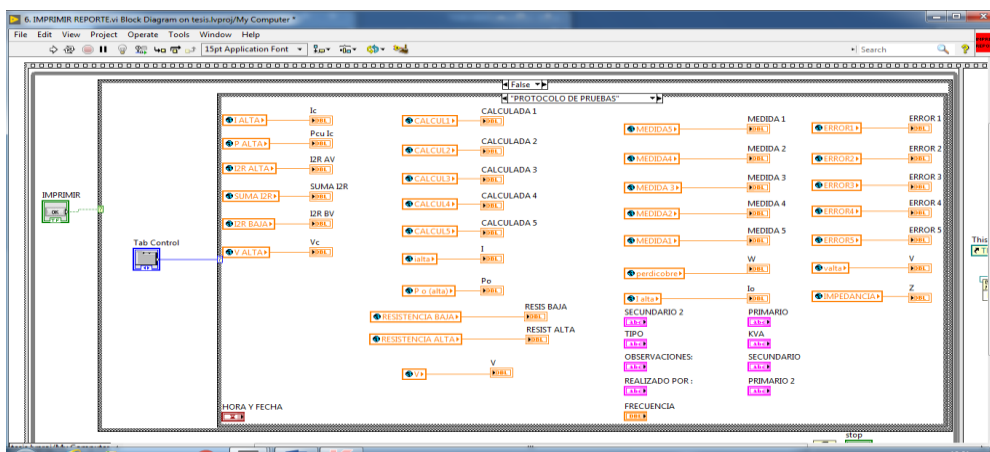


Figura 59. Programación false del ok button

Fuente: Los autores

Y la otra opcion de la estructura, TRUE (figura 60), cuando se presione el boton se tendrá un codigo, que al ejecutarse nos hara una captura de toda la pantalla del VI y convirtiendolo en imagen en formato JPG. Al ejecutar este codigo el sistema nos pedira una direccion donde guardar la imagen.

Esta imagen luego se la podrá imprimir, guardar o enviar por medios electronicos.

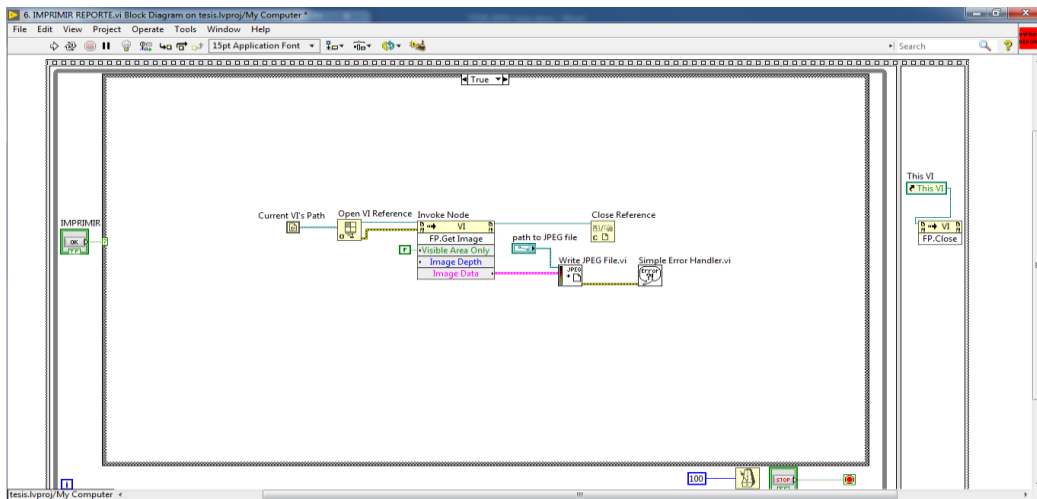


Figura 60. Programación true de ok button

Fuente: Los autores

El codigo del diagrama para seleccionar el circuito equivalente se lo programo con un “TAB CONTROL”, que nos permite tener en el mismo VI varias pestañas.

Para obtener los datos necesarios del circuito equivalente, se usa la estructura NODE FORMULA(figura 61), que responde mediante ecuaciones escritas en lenguaje C++, esta estructura necesita declarar todas las variables de entrada y salida que se usaran en las ecuaciones.

CAPITULO IV

4. PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA EL USO DE LA INTERFAZ Y LA OBTENCIÓN DE DATOS DE TRANSFORMADOR

4.1. Práctica 1

4.1.1. Tema:

**USO DEL MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS,
TRANSFORMADOR Y COMUNICACIÓN PLC CON PC.**

4.1.2. Objetivos:

Objetivo general:

Comunicar PLC con PC para obtener datos del transformador.

Objetivos específicos:

- Brindar recomendaciones para el correcto uso del Módulo de adquisición de datos.
- Brindar recomendaciones para el correcto uso del transformador de distribución.
- Comunicar el PLC con la PC para cargar el firmware que contiene la interfaz para realizar las pruebas al transformador.

4.1.3. Recursos

- Módulo para la adquisición de parámetros electromecánicos, en el que se encuentra el PLC y los transductores.
- Computadora con TIA Portal.
- Cable ethernet

4.1.4. Tiempo estimado de realización.

Dos horas

4.1.5. Procedimiento

4.1.5.1. Módulo de adquisición de datos

- Inspeccionar alrededores del módulo y verificar que no haya elementos ajenos al equipamiento del módulo, siendo estos: TC, transductores, PLC. Módulos de expansión, etc.
- Verificar que Jacks (bananas) estén ajustados y que sus conexiones estén fijas.
- Verificar fusibles en cada transductor que será utilizado.
- Verificar breaker y fusible principal, colocar breaker en posición “OFF”.
- Verificar que los módulos de expansión del PLC este correctamente conectado al CPU.
- No manipular el módulo más allá de lo indicado en cada práctica.
- Limitarse a energizar, realizar la conexión en cada JACK necesario para la práctica y la conexión del cable de red del PLC, dentro del módulo no se debe realizar ninguna otra acción.

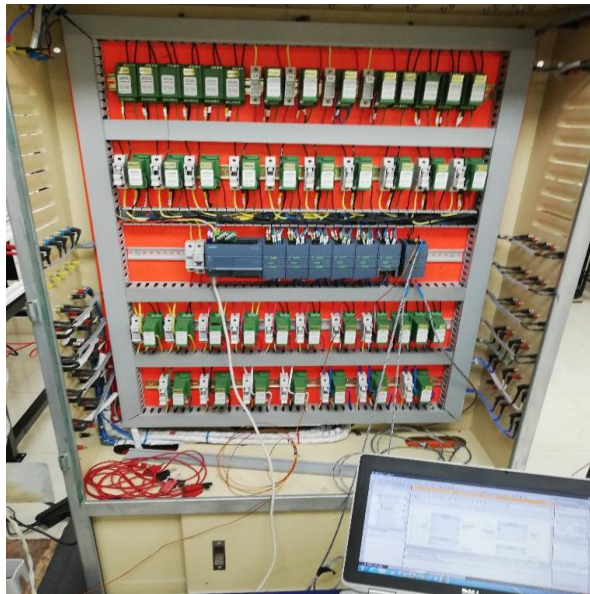


Figura 62. Módulo de adquisición de datos.

Fuente: Los autores

4.1.5.2. Transformador de distribución.

- Inspeccionar que en cada borne de Alta y Baja Tensión se encuentren sus elementos de sujeción como tuerca, arandelas y/o anillos de presión.
- Desconectar cualquier cable o puente que exista en los bornes del transformador.
- Revisar los conmutadores, deben estar cada uno en la posición A, no manipular, bajo ningún concepto.
- Revisar el tap en la primera posición, no manipular.



Figura 63. Transformador de distribución

Fuente: Los autores

4.1.5.3. Comunicación PLC – PC y carga de firmware.

- Conectar cable de alimentación del módulo y encender breaker para energizar modulo.
- Conectar cable de ethernet entre PLC y PC.
- Se abre el software TIA Portal V13 y se abre el proyecto que se guardó en la ruta C:\Users\UPS\Desktop\tesis\tesis 1

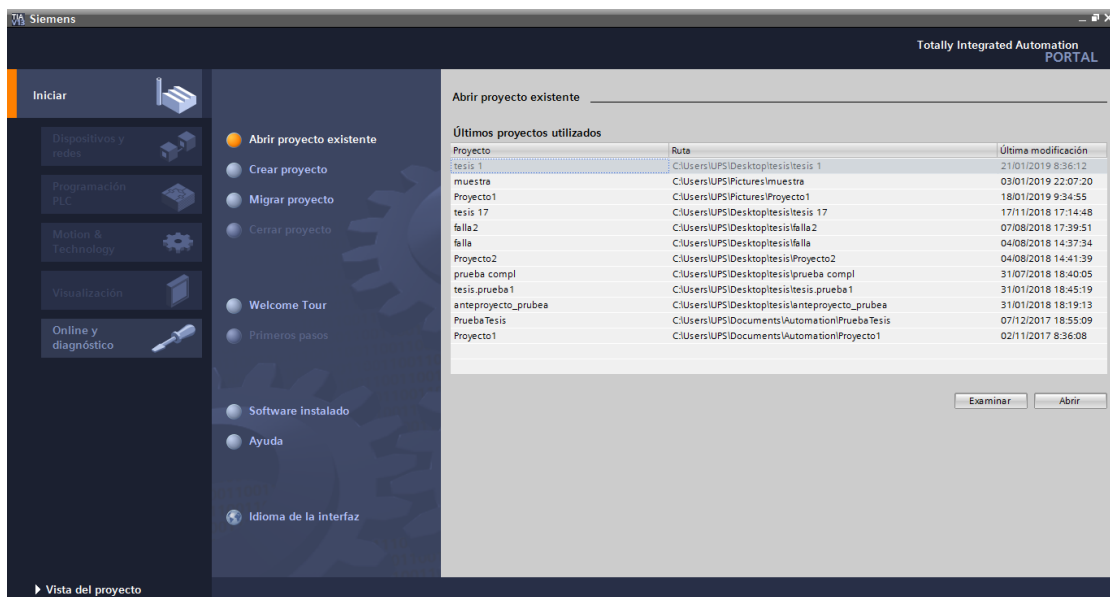


Figura 64. Inicio TIA Portal

Fuente: Los autores

- Se escoge Vista del Proyecto.

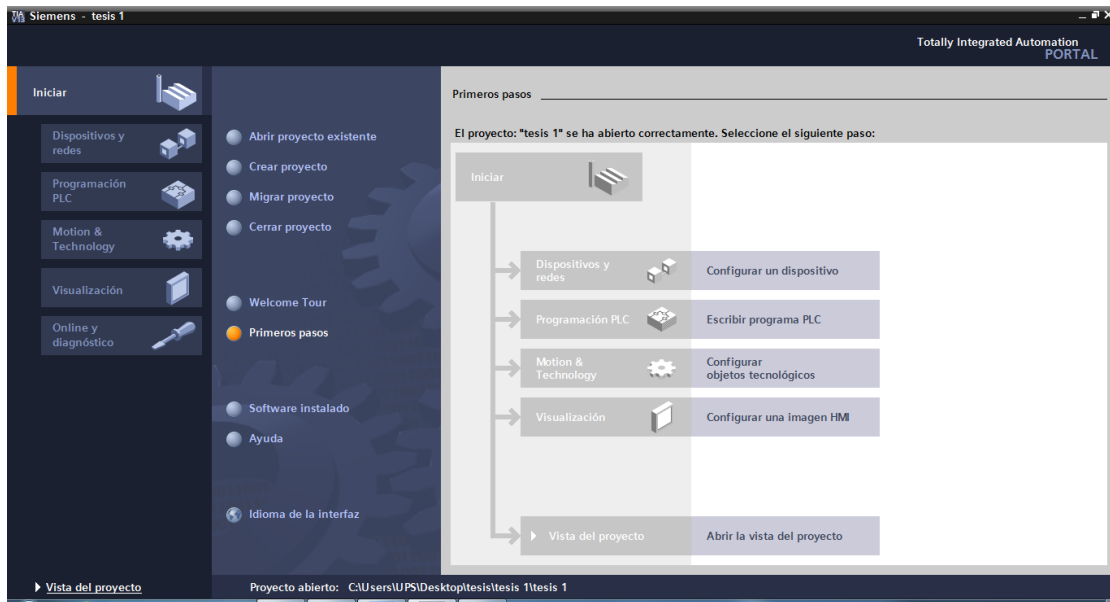


Figura 65. Vista de configuración TIA Portal

Fuente: Los autores

- En el menú de la izquierda se busca PLC_1, y en los bloques de programa se accede a MAIN.

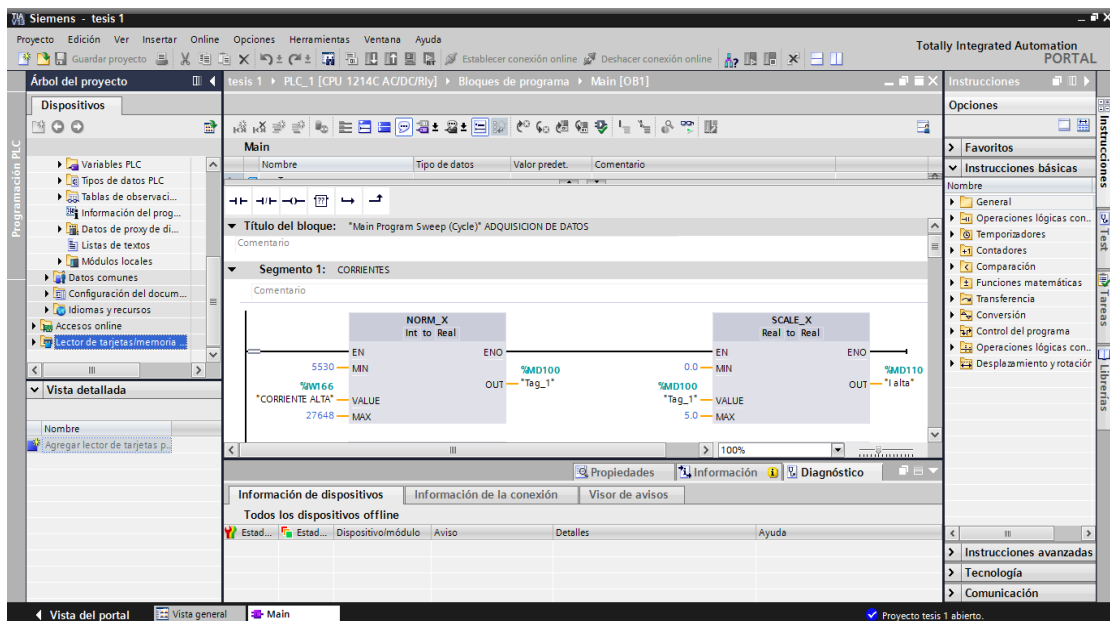


Figura 66. Vista de proyecto

Fuente: Los autores

- Se revisa la programación y en caso de no encontrar novedades dar clic derecho en MAIN, se escoge compilar hasta que se complete el proceso.

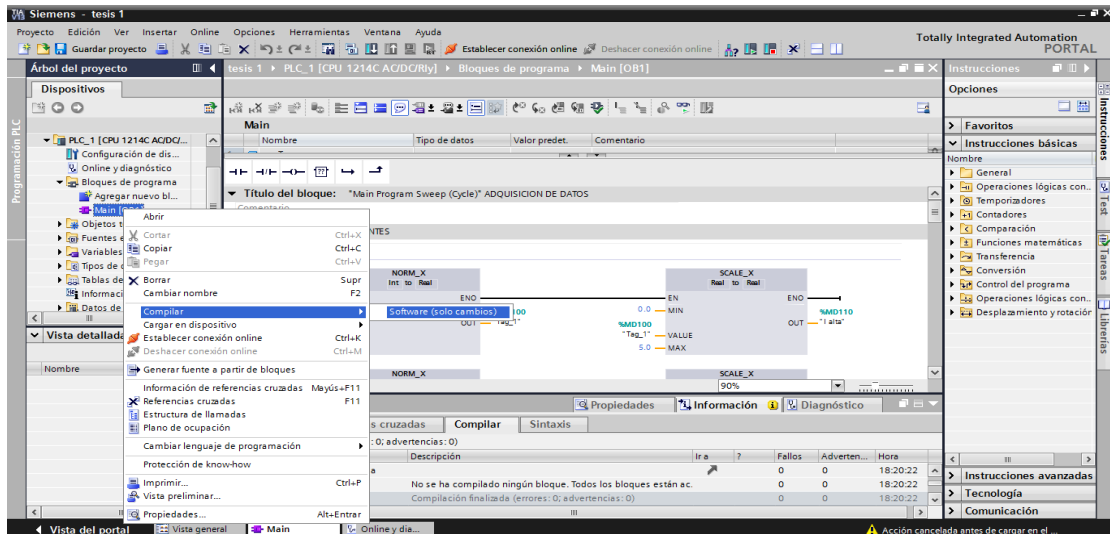


Figura 67. Compilar programación

Fuente: Los autores

- A continuación, se carga el programa en el PLC, dando clic derecho en MAIN y se escoge: cargar en dispositivo, software solo cambios.

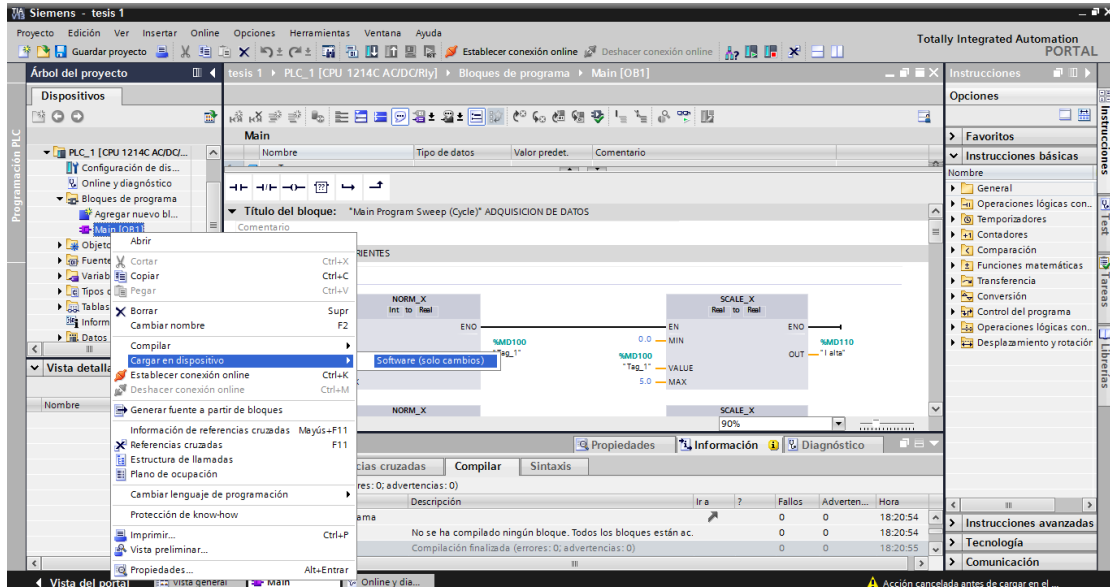


Figura 68. Cargar programación a PLC

Fuente: Los autores

- Dar clic en cargar, luego se abrirá otra ventana

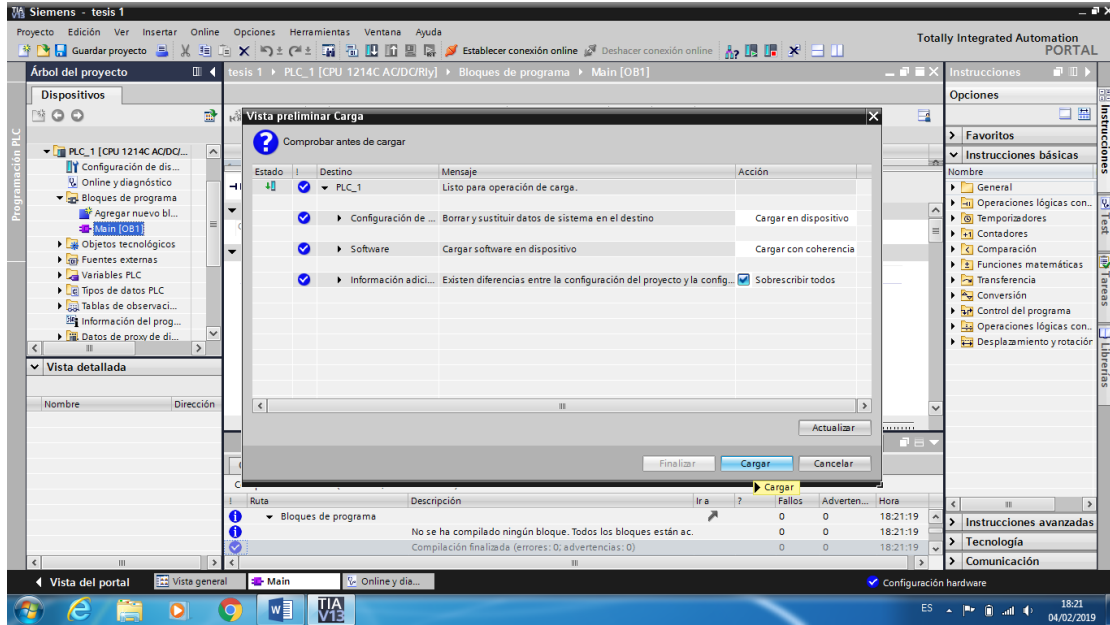


Figura 69. Proceso de carga

Fuente: Los autores

- Señalar arrancar todos y finalizar.

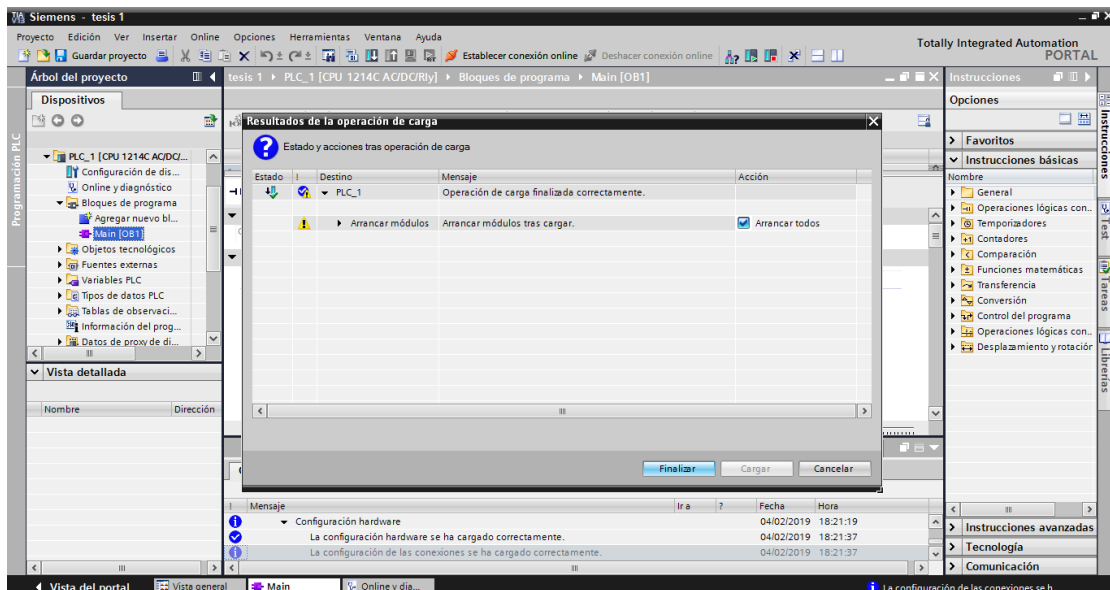


Figura 70. Finalización de carga

Fuente: Los autores

- Si la carga fue realizada correctamente en la parte inferior derecha nos mostrara un mensaje.

- Se establece conexión ONLINE y se pulsa sobre el icono de las “gafitas”.



Figura 71. Activar/desactivar observación

Fuente: Los Autores

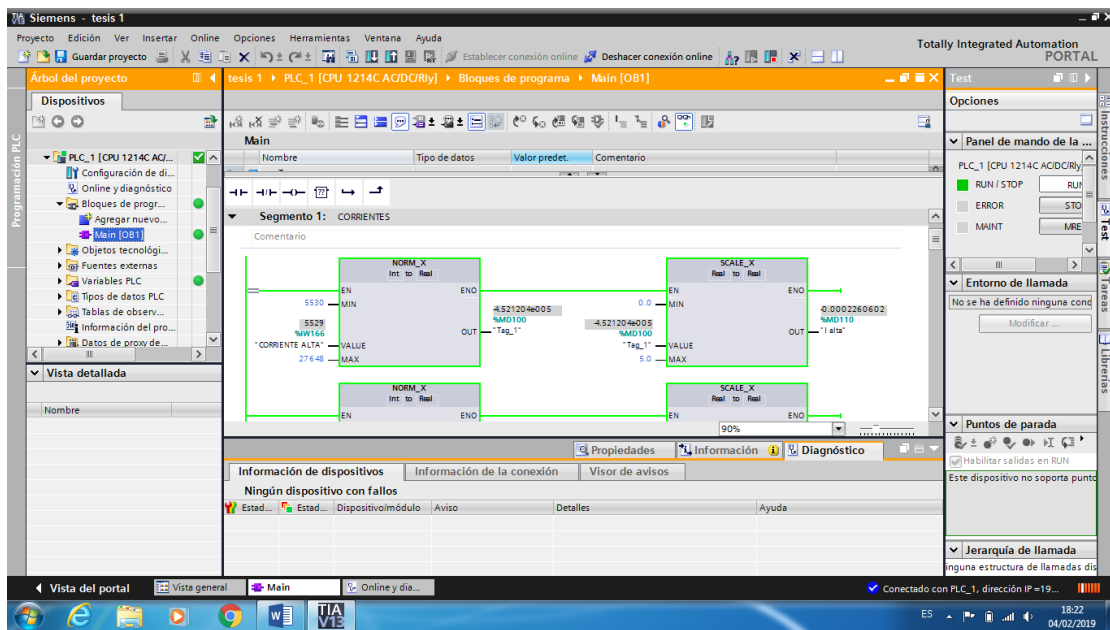


Figura 72. Conexión Online

Fuente: Los autores

- En este punto se visualizarán los valores obtenidos de los transductores.

4.2. Práctica 2

4.2.1. Tema:

PRUEBA CIRCUITO ABIERTO

4.2.2. Objetivos:

Objetivo general:

Obtener datos de parámetros en prueba de circuito abierto.

Objetivos específicos:

- Familiarizarse con la interfaz de Labview para la obtención de parámetros del transformador y posterior generación de protocolo.
- Realizar la conexión para la prueba de circuito abierto.
- Comprobar valores medidos mediante instrumentos externos, con los obtenidos con el módulo.

4.2.3. Recursos

- Módulo para la adquisición de parámetros electromecánicos, en el que se encuentra el PLC y los transductores.
- Computadora con TIA Portal y Labview.
- Transformador de distribución.
- Transformador de potencial.
- Fuente Variable (Variac).
- Equipos de medida: voltímetro, amperímetro y vatímetro.
- Cable ethernet y cables de conexión.

4.2.4. Tiempo estimado de realización.

Dos horas

4.2.5. Procedimiento

- Se realiza la conexión según el siguiente circuito.

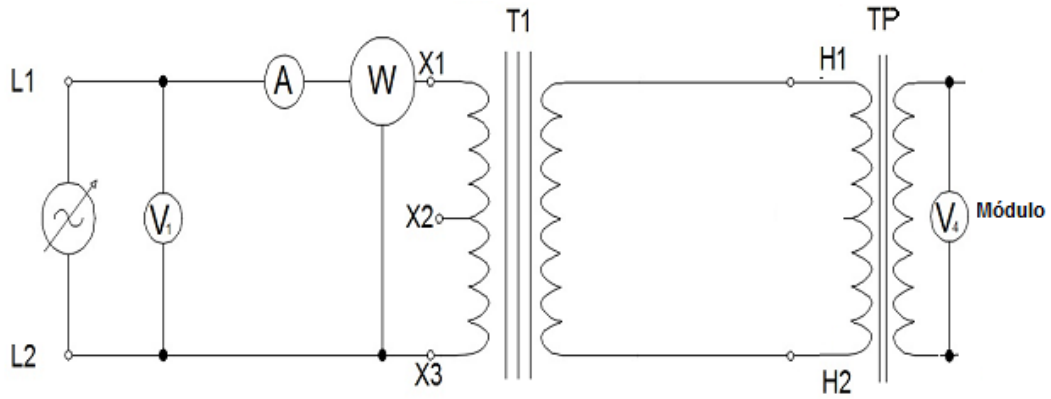


Figura 73. Conexión Circuito abierto

Fuente: Los autores



Figura 74. Circuito Abierto

Fuente: Los autores



Figura 75. Transformador de potencial.

Fuente: Los autores

- Abrir TIA Portal como se procedió en la Practica 1 y se minimiza.
- Abrir software Labview y se carga nuestra programación en la ruta:
C:\Users\UPS\Documents\tesis\Tesis-LabVIEW\tesis.lvproj

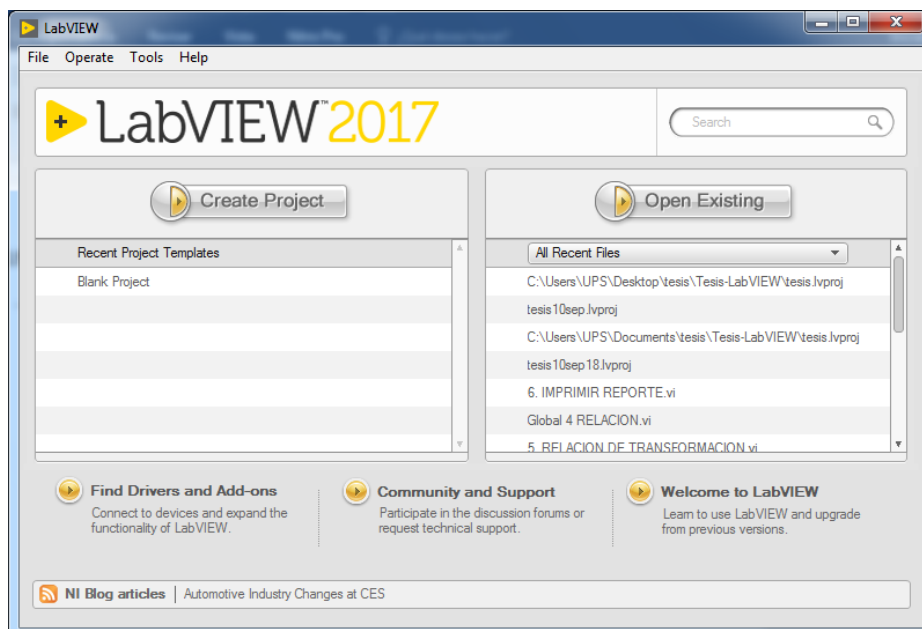


Figura 76. Inicio Labview

Fuente: Los autores

- Clic en inicio.

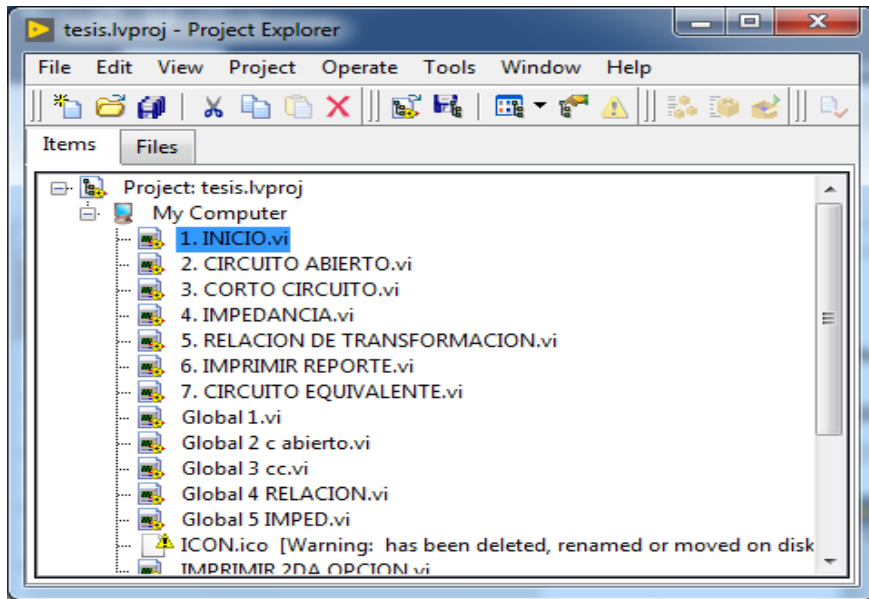


Figura 77. Escoger VI

Fuente: Los autores

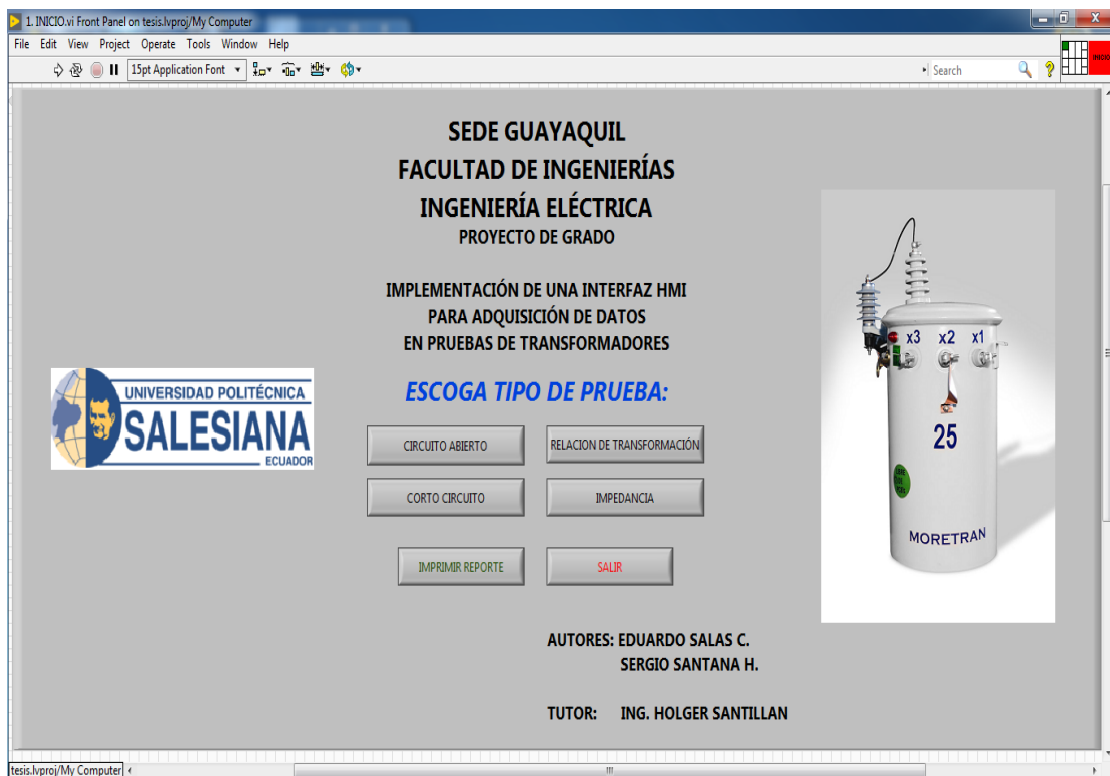


Figura 78. Carátula de la interfaz

Fuente: Los autores

- Clic run o CTRL+R

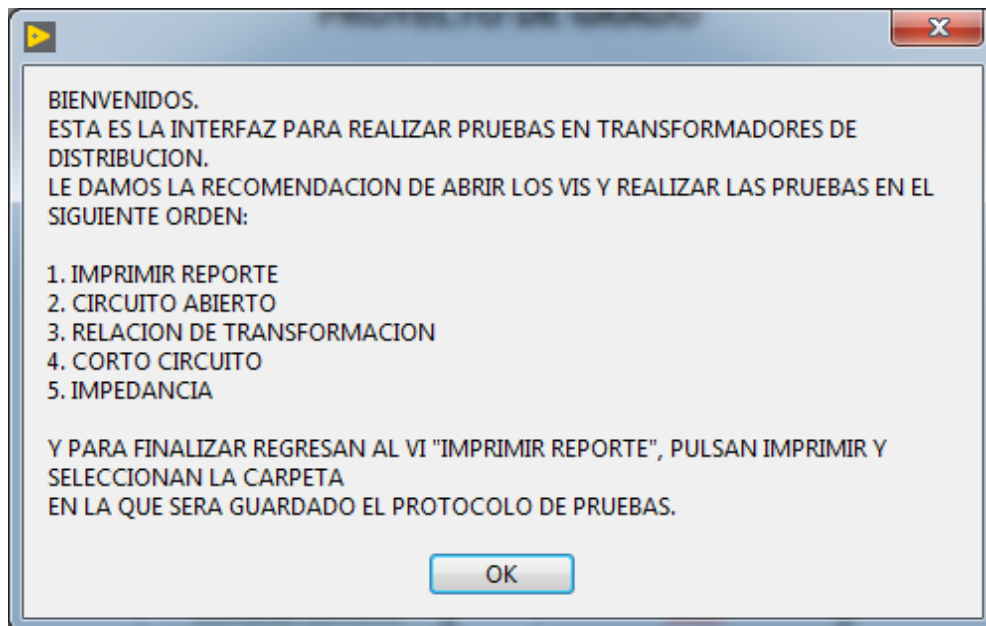


Figura 79. Recomendaciones para iniciar

Fuente: Los autores.

- Clic en Imprimir reporte y minimizar hasta el final, Clic en Circuito abierto.

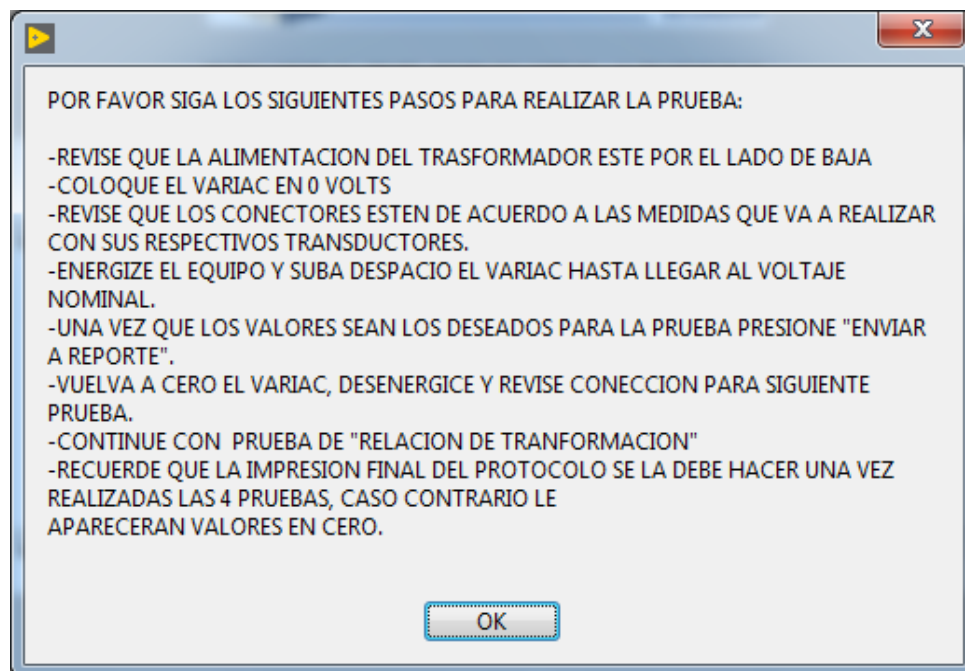


Figura 80. Recomendaciones prueba de circuito abierto

Fuente: Los autores

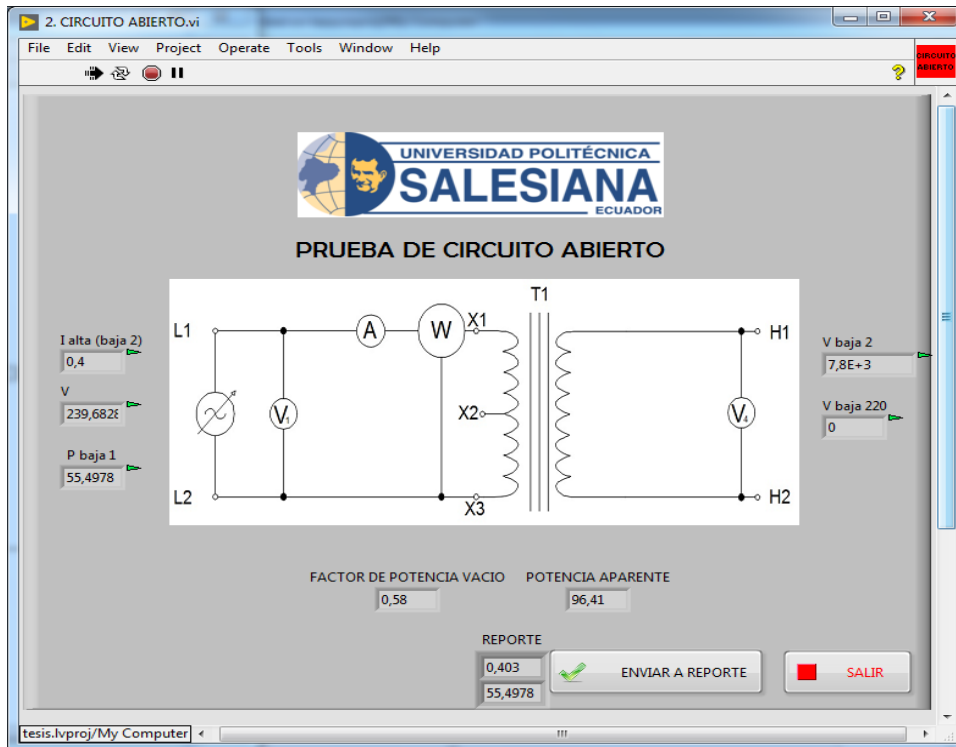


Figura 81. Interfaz prueba de circuito abierto

Fuente: Los autores

- Con el Variac en cero, se empieza a subir el voltaje hasta tener el nominal.
- Visualizar los valores de nuestra interfaz y los compararlos con nuestros equipos de medida.
- Una vez realizada la comparación pulsar “ENVIAR A REPORTE”, se comprueba que se hayan enviado al VI del reporte y pulsar “SALIR”
- Regresar a CERO el Variac y continuar con la prueba de Relación de transformación.

4.3. Práctica 3

4.3.1. Tema:

Prueba de relación de transformación

4.3.2. Objetivos:

Objetivo general:

Obtener datos de parámetros de prueba de relación de transformación.

Objetivos específicos:

- Familiarizarse con la interfaz de Labview para la obtención de parámetros del transformador y posterior generación de protocolo.
- Realizar la conexión para la prueba de relación de transformación.
- Comprobar valores medidos mediante instrumentos externos con los obtenidos con el módulo.

4.3.3. Recursos

- Módulo para la adquisición de parámetros electromecánicos, en el que se encuentra el PLC y los transductores.
- Computadora con TIA Portal y Labview.
- Transformador de distribución.
- Transformador de potencial.
- Fuente Variable (Variac).
- Equipos de medida: voltímetro, amperímetro y vatímetro.
- Cable ethernet y cables de conexión.

4.3.4. Tiempo estimado de realización.

Dos horas

4.3.5. Procedimiento

- Realizar la conexión según el siguiente circuito.

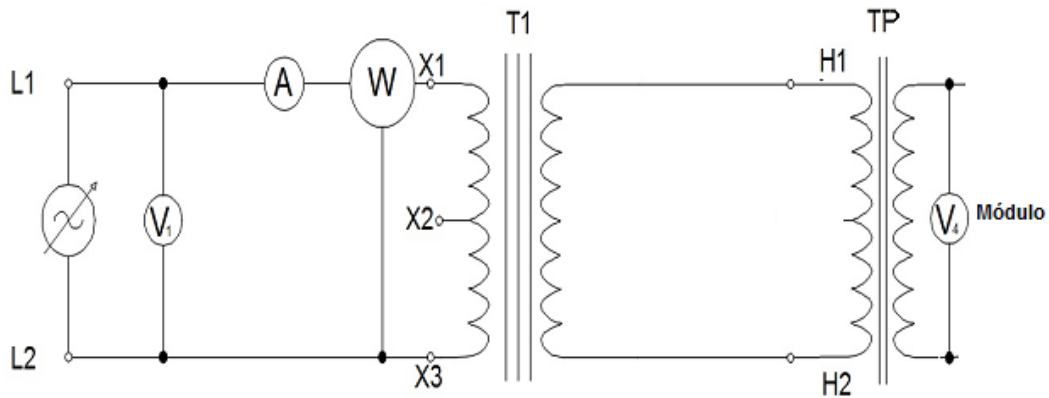


Figura 82. Circuito para Relación de transformación

Fuente: Los autores

- Esta práctica es la continuación de la practica 2, por lo tanto, ya se tiene cargado el software y realizada la conexión.
- Se comprueba el correcto funcionamiento tanto de la conexión, como del software.
- Regresando a la pantalla de inicio y se escoge RELACION DE TRANSFORMACION.



Figura 83. Carátula de interfaz

Fuente: los autores

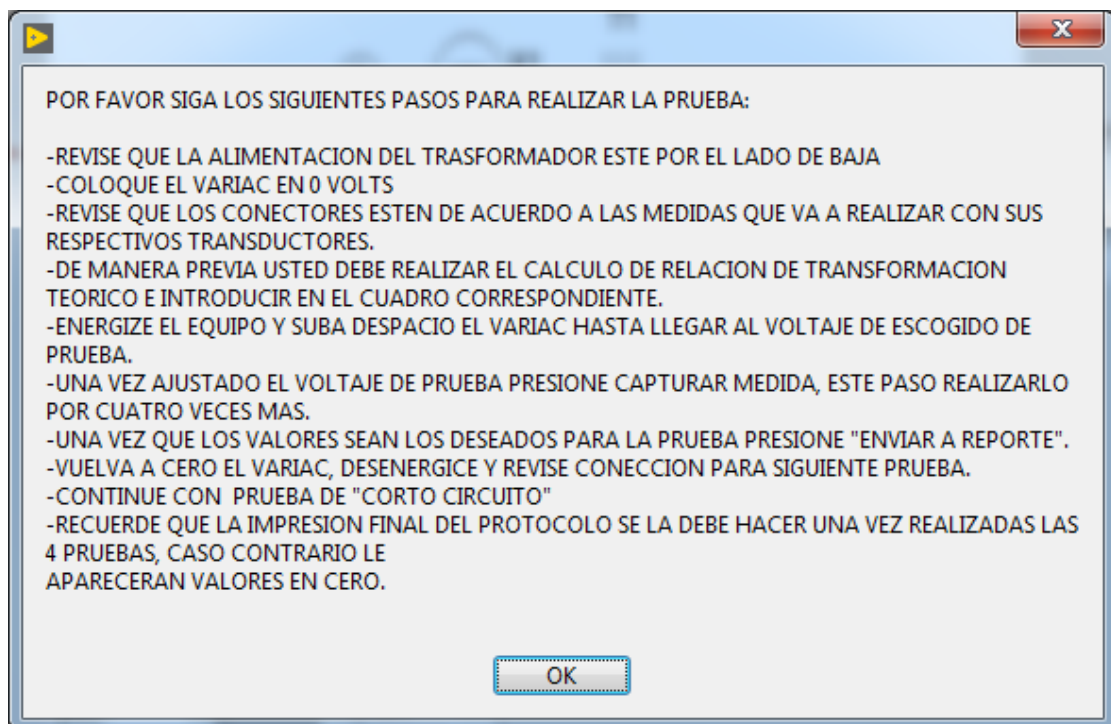


Figura 84. Recomendaciones prueba de relación de transformación

Fuente: Los Autores

- Se va a tomar 5 valores ascendentes aleatorios de voltaje hasta llegar al voltaje nominal 240 V, en cada valor de voltaje se debe que pulsar capturar medida para que se guarden en el reporte final, además se realiza el cálculo de la relación de transformación teórico y se los escribe en los espacios en blanco.
- Se pulsa enviar a reporte.
- Se vuelve el variac a cero y salir de la prueba.

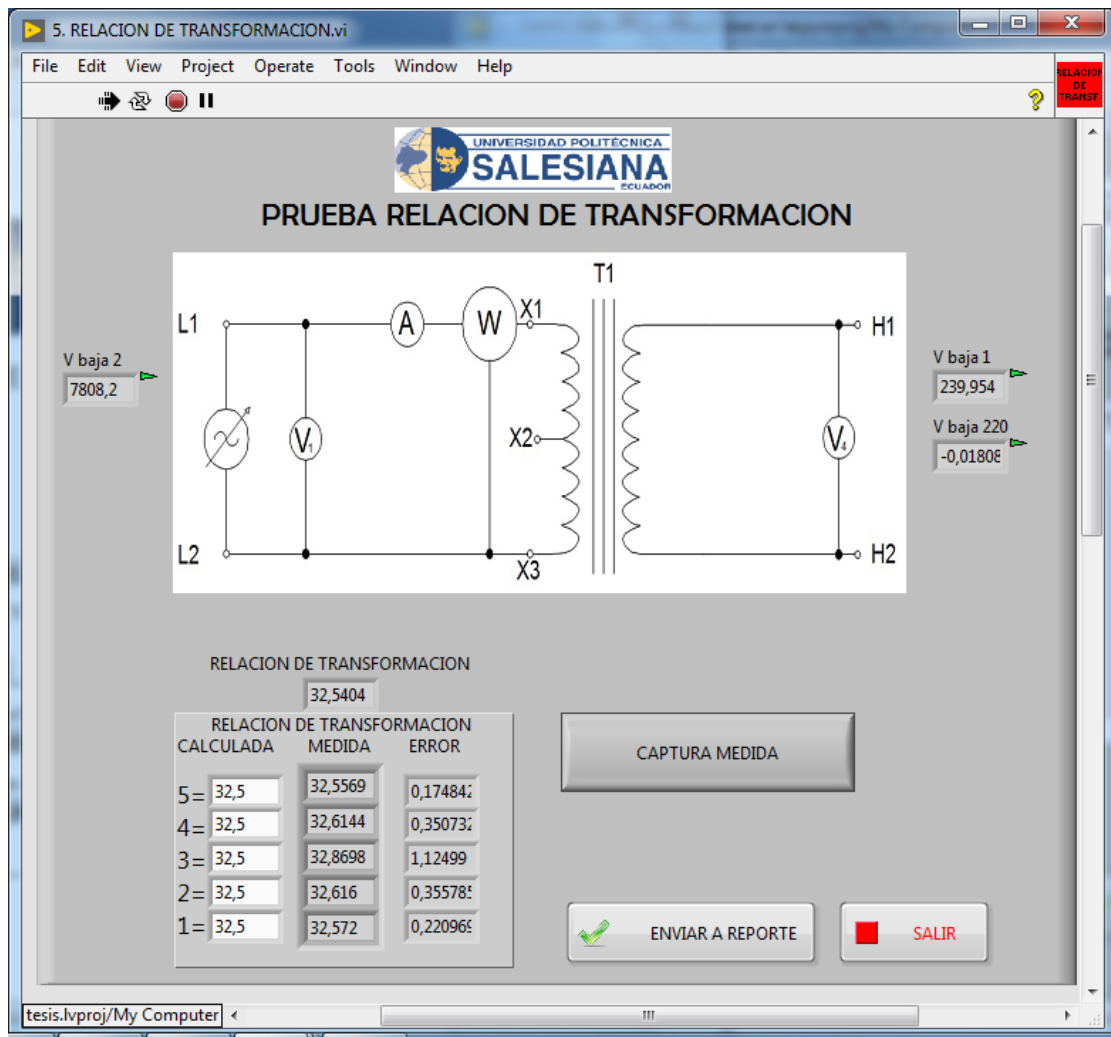


Figura 85. Interfaz prueba de relación de transformación

Fuente: Los Autores

4.4. Práctica 4

4.4.1. Tema:

Prueba de cortocircuito en baja tensión

4.4.2. Objetivos:

Objetivo general:

Obtener datos de parámetros de prueba de cortocircuito en baja tensión.

Objetivos específicos:

- Familiarizarse con la interfaz de Labview para la obtención de parámetros del transformador y posterior generación de protocolo.
- Realizar la conexión para la prueba de cortocircuito en baja tensión.
- Comprobar valores medidos mediante instrumentos externos con los obtenidos con el módulo.

4.4.3. Recursos

- Módulo para la adquisición de parámetros electromecánicos, en el que se encuentra el PLC y los transductores.
- Computadora con TIA Portal y Labview.
- Transformador de distribución.
- Fuente Variable (Variac).
- Equipos de medida: voltímetro, amperímetro y vatímetro.
- Cable ethernet y cables de conexión.

4.4.4. Tiempo estimado de realización.

Dos horas

4.4.5. Procedimiento

- **Realizar la conexión según el siguiente circuito.**

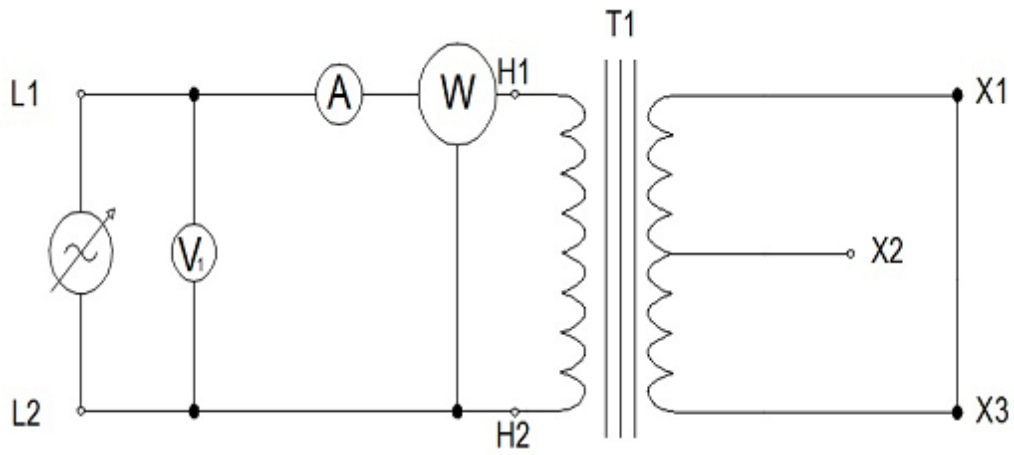


Figura 86. Conexión prueba de corto circuito en baja tensión

Fuente: Los autores

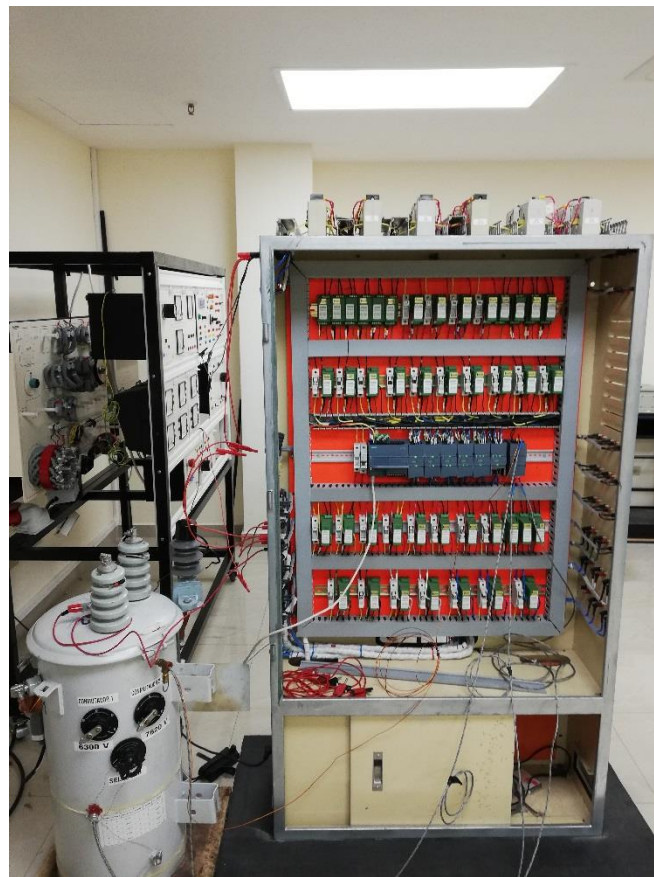


Figura 87. Corto circuito en baja tensión

Fuente: Los autores

- Esta es la tercera parte de la interfaz y, como ya se tiene cargado y ejecutándose el programa solo se cambia la conexión.
- Regresar a la pantalla de inicio y escoger PRUEBA DE CORTO CIRCUITO EN BAJA TENSION

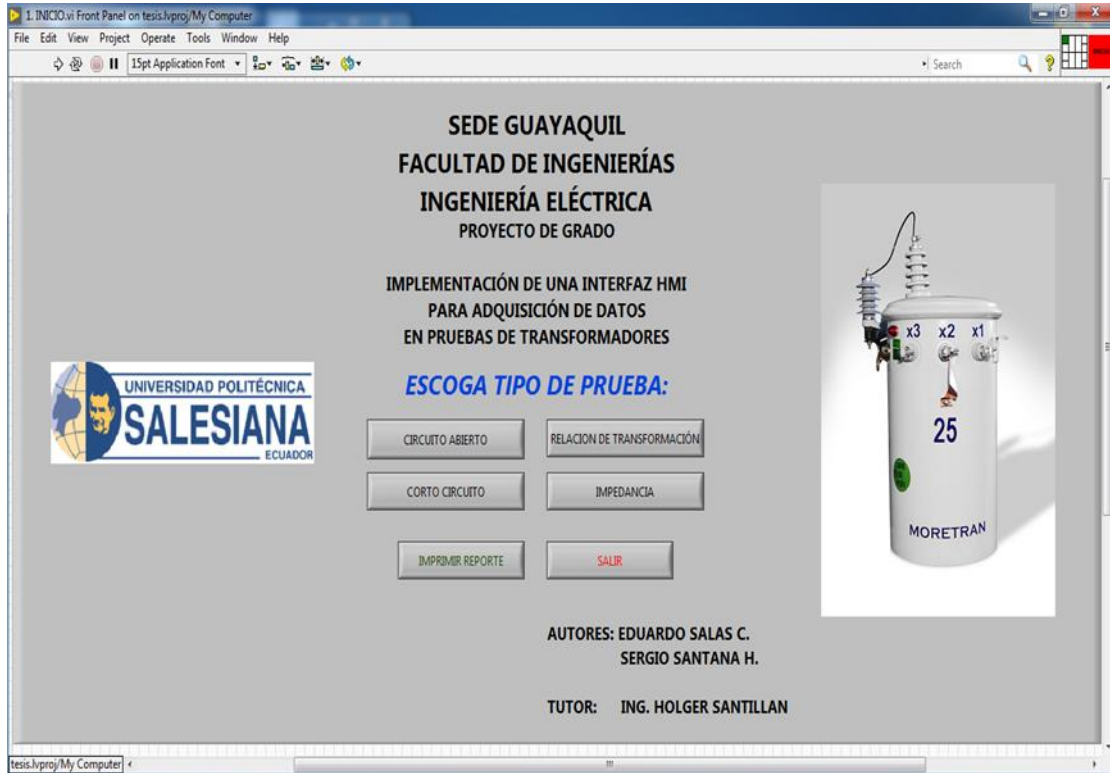


Figura 88. Carátula de interfaz

Fuente: Los autores

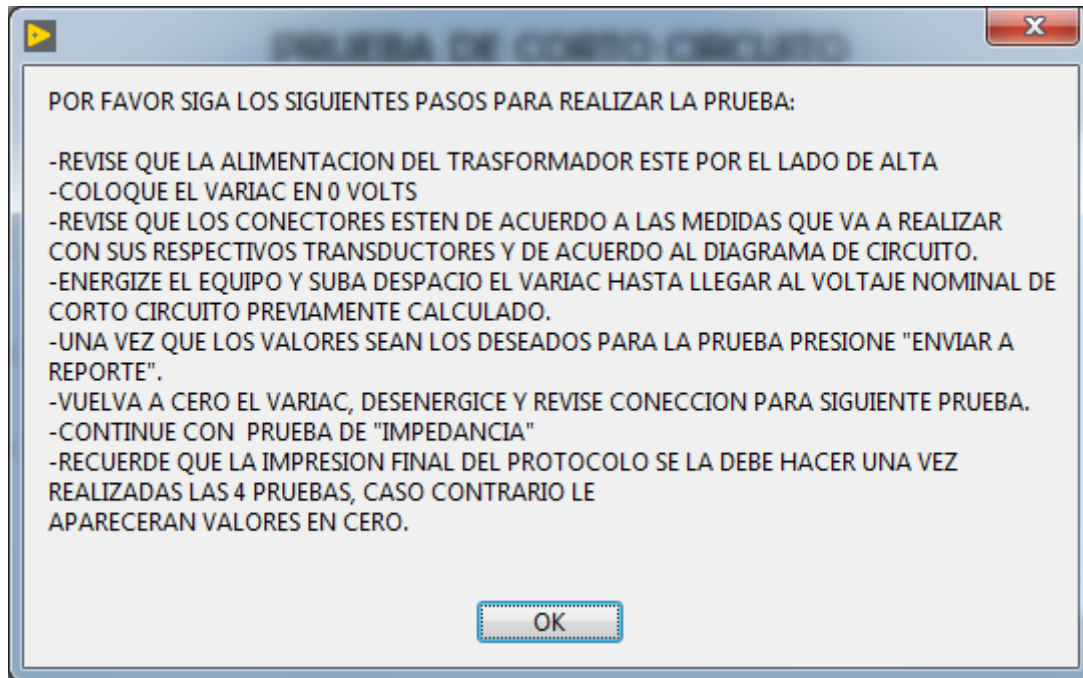


Figura 89. Recomendaciones prueba de corto circuito en baja tensión

Fuente: Los autores

- Esta prueba se la realiza por el lado de baja del transformador.
- Subir el VARIAC muy despacio hasta llegar a la corriente nominal del transformador, teniendo mucho cuidado de no sobrepasar este valor y tampoco dejarlo por mucho tiempo con esa corriente.
- Verificar y comparar los valores, pulsar enviar a reporte y salir.



Figura 90. Interfaz prueba de corto circuito en baja tensión

Fuente: Los autores

4.5. Práctica 5

4.5.1. Tema:

Prueba de impedancia

4.5.2. Objetivos:

Objetivo general:

Obtener datos de parámetros de prueba de impedancia.

Objetivos específicos:

- Familiarizarse con la interfaz de Labview para la obtención de parámetros del transformador y posterior generación de protocolo.
- Realizar la conexión para la prueba de impedancia.
- Comprobar valores medidos mediante instrumentos externos con los obtenidos con el módulo.

4.5.3. Recursos

- Módulo para la adquisición de parámetros electromecánicos, en el que se encuentra el PLC y los transductores.
- Computadora con TIA Portal y Labview.
- Transformador de distribución.
- Fuente Variable (Variac).
- Equipos de medida: voltímetro, amperímetro y vatímetro.
- Cable ethernet y cables de conexión.

4.5.4. Tiempo estimado de realización.

Dos horas

4.5.5. Procedimiento

- Realizar la conexión según el siguiente circuito.

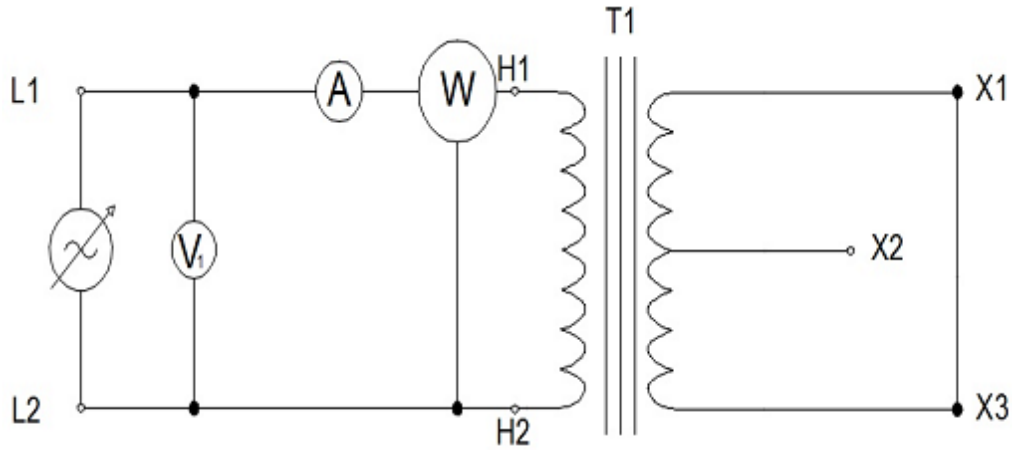


Figura 91. Conexión prueba de impedancia

Fuente: Los autores

- Ir a la pantalla de inicio y escoger Impedancia.

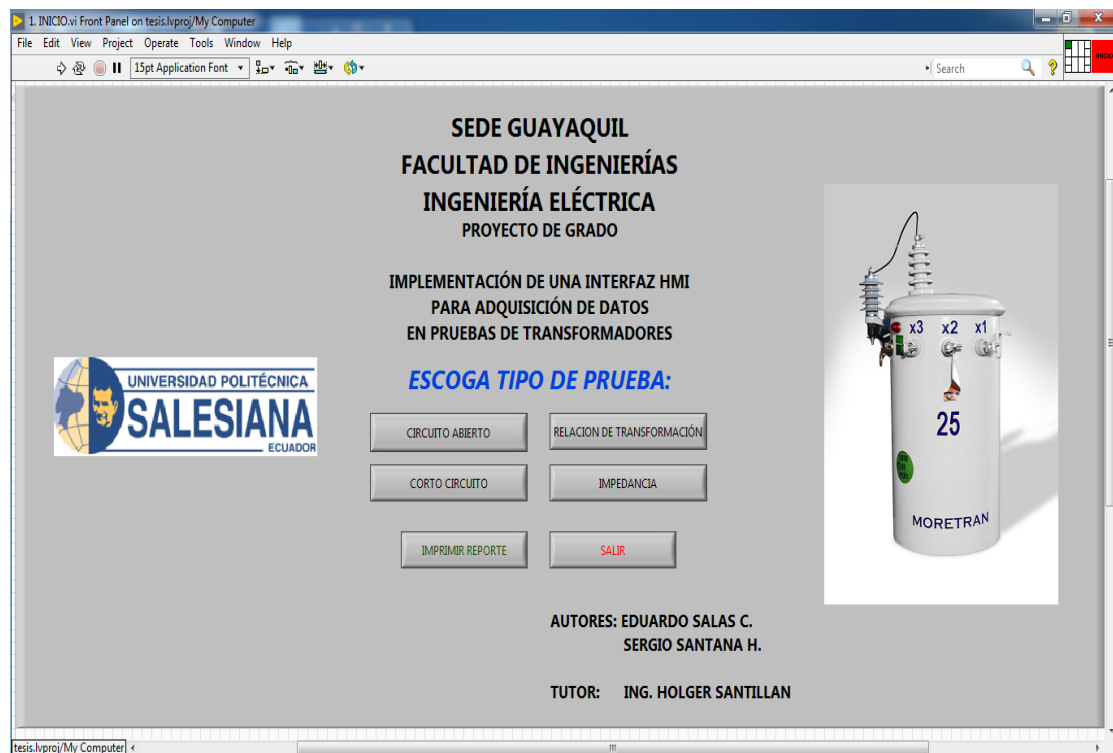


Figura 92. Carátula de interfaz

Fuente: Los autores

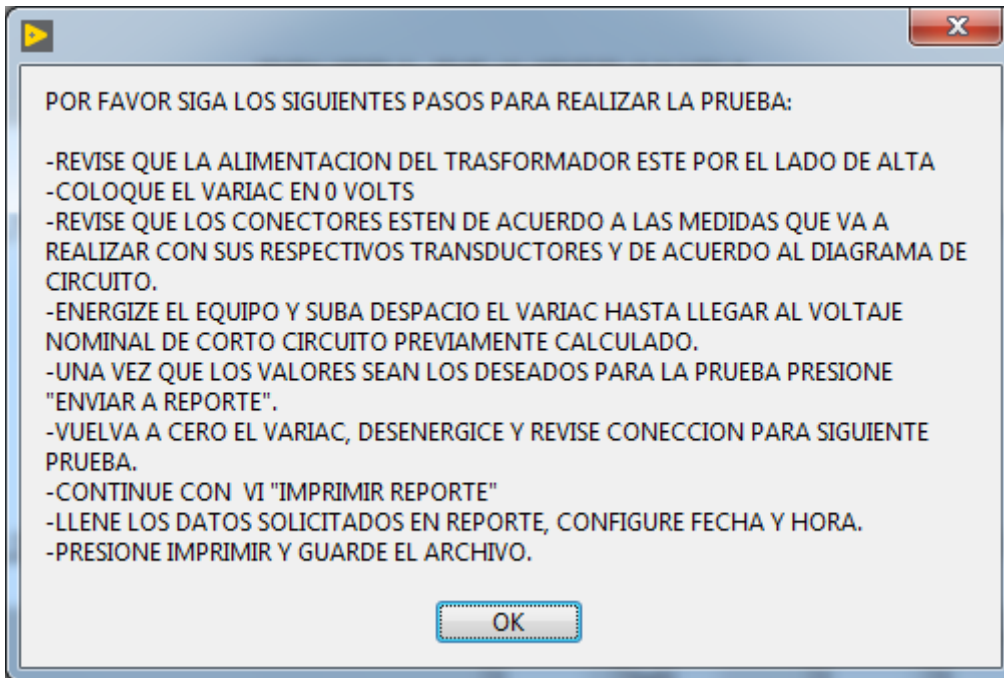


Figura 93. Recomendaciones prueba de impedancia

Fuente: Los Autores

- Antes de energizar el circuito, se mide el valor de la resistencia del devanado del primario y del secundario. Estos valores serán escritos en los cuadros en blanco del VI
- Subir el voltaje con el variac hasta llegar la corriente nominal, de igual forma tener en cuenta no subir ese valor y no dejarlo por mucho tiempo.
- Pulsar Enviar a reporte, poner el voltaje en cero y salir.

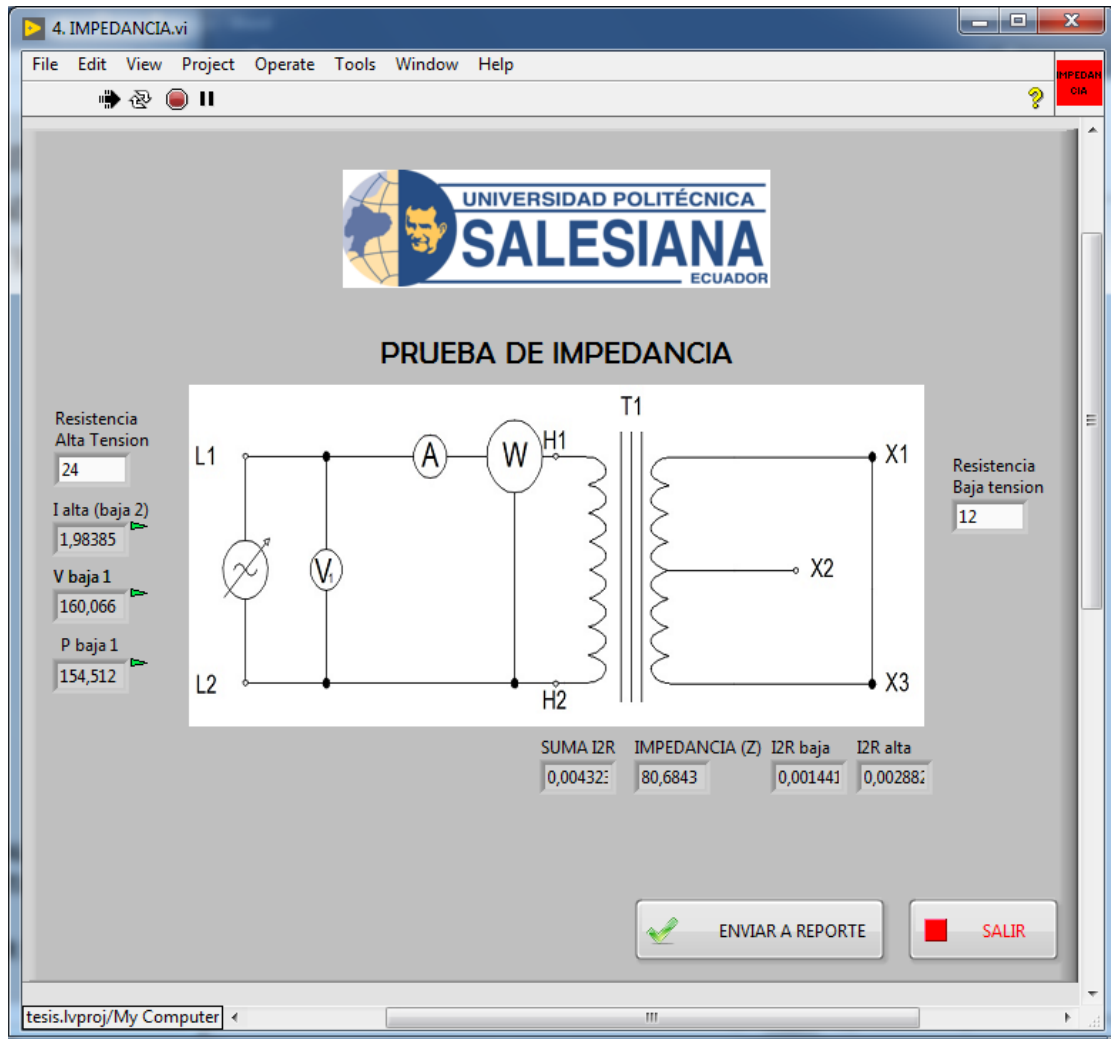


Figura 94. Interfaz prueba de impedancia

Fuente: Los autores

4.6. Práctica 6

4.6.1. Tema:

Impresión de protocolo de pruebas y circuito equivalente.

4.6.2. Objetivos:

Objetivo general:

Generar reporte de protocolo de pruebas realizadas al transformador y circuito equivalente.

Objetivos específicos:

- Realizar procedimiento para guardar y generar protocolo de pruebas.
- Realizar procedimiento para guardar y generar circuito equivalente del transformador sometido a pruebas.

4.6.3. Recursos

- Módulo para la adquisición de parámetros electromecánicos, en el que se encuentra el PLC y los transductores.
- Computadora con TIA Portal y Labview.
- Transformador de distribución.
- Cable ethernet y cables de conexión.

4.6.4. Tiempo estimado de realización.

Dos horas (junto a las demás pruebas)

4.6.5. Procedimiento

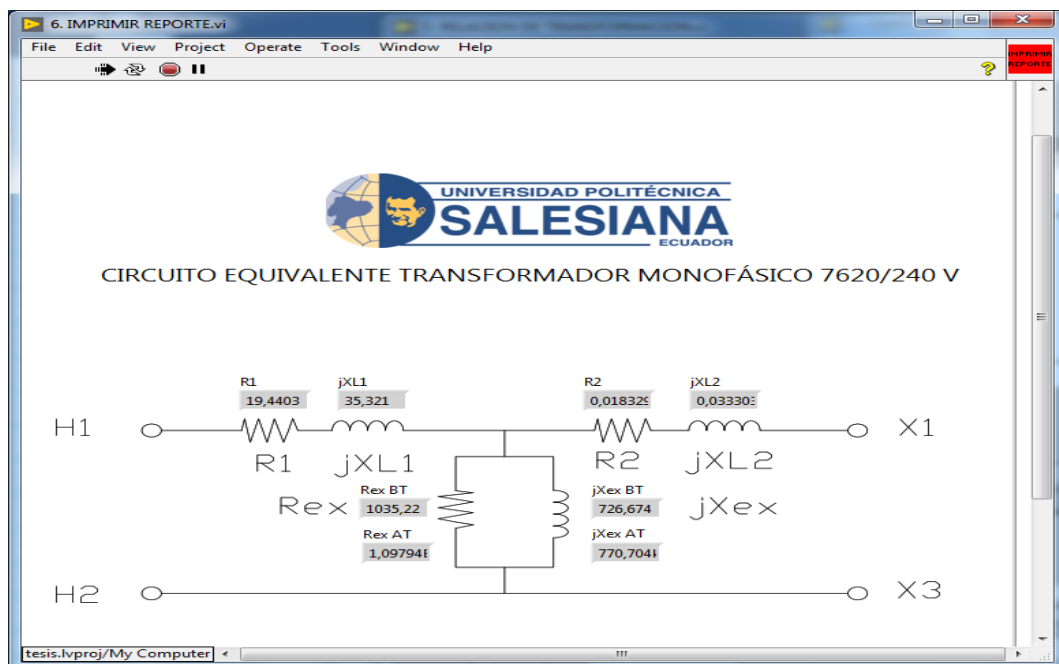
- Se va a la pantalla que fue minimizada al comienzo de la prueba: “IMPRIMIR REPORTE”



Figura 95. Carátula de interfaz

Fuente: Los autores

- Se encontrarán dos pestañas, las que podrán ser cambiadas desde la parte superior izquierda.
- Así mismo habrá la pestaña de CIRCUITO EQUIVALENTE.



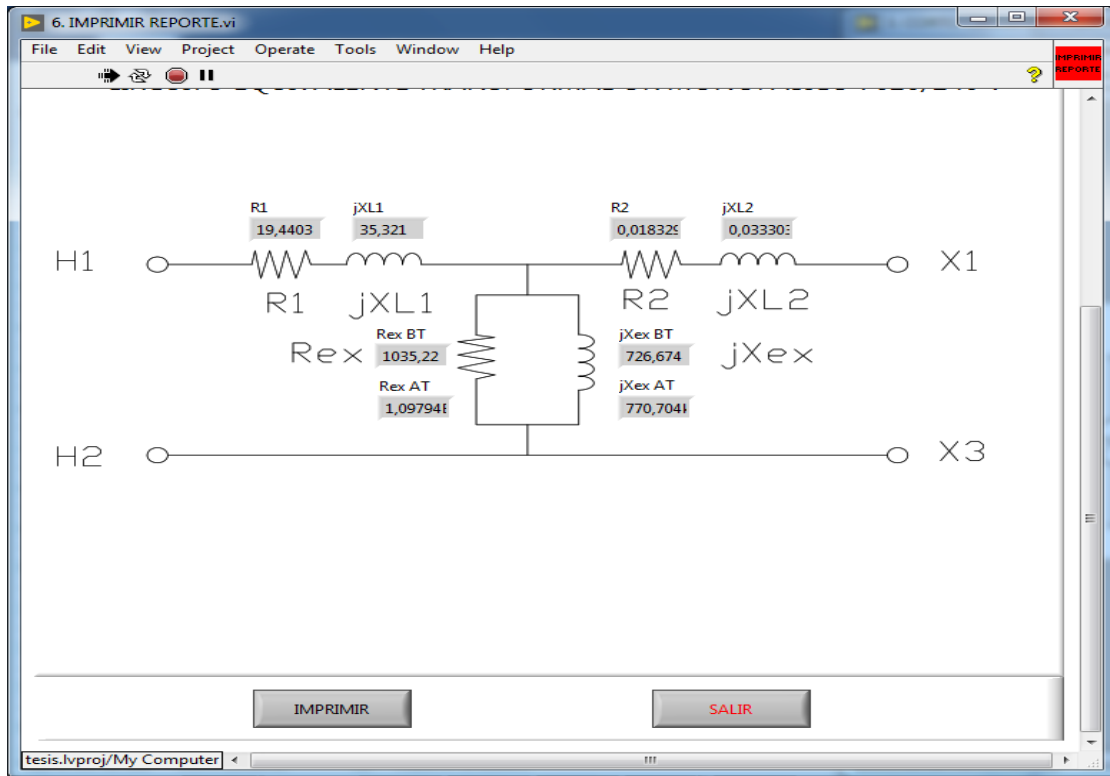


Figura 97. Interfaz para impresión de circuito equivalente. Parte inferior

Fuente: Los autores

- Presionar IMPRIMIR y se abrirá una ventana en la que se deberá elegir el destino o ruta para guardar el archivo JPG.

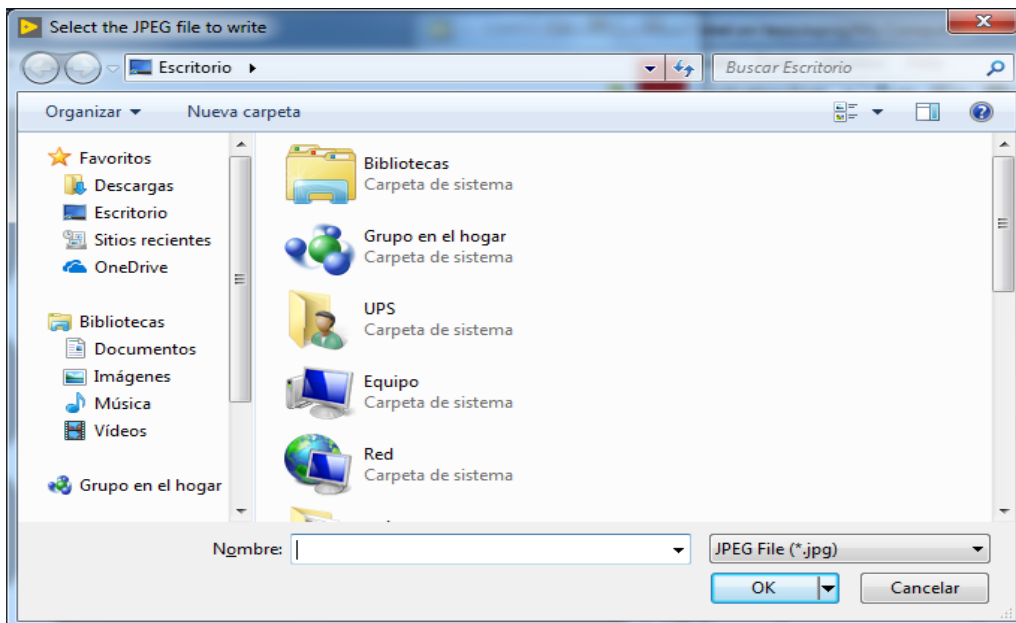


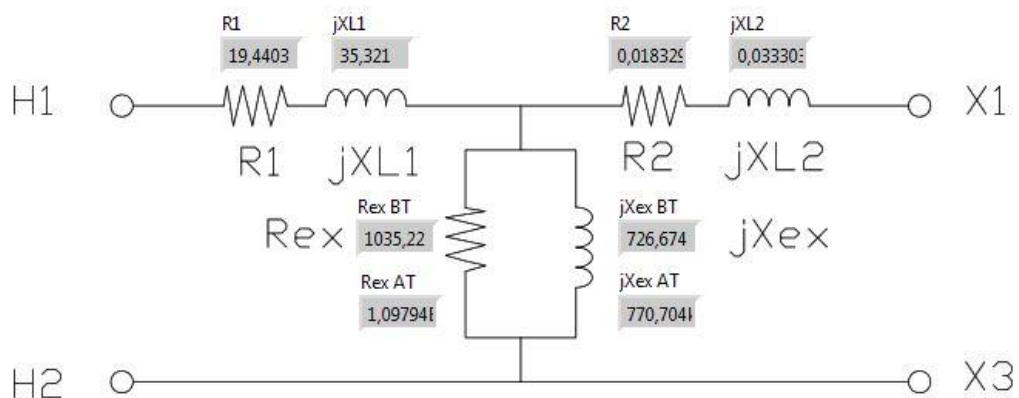
Figura 98. Escoger ruta para guardar circuito equivalente

Fuente: Los autores

- Guardar el archivo y abrirlo como imagen, en este punto se podrá usar ese archivo como según convenga, bien se lo puede imprimir, enviar por correo, etc.



CIRCUITO EQUIVALENTE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 7620/240 V



IMPRIMIR


SALIR

Figura 99. Vista de imagen en JPEG, circuito equivalente

Fuente: los autores

- Seleccionar la segunda pestaña “Protocolo de pruebas” en la que se encuentran los datos de las pruebas que se enviarán en cada una de las mismas. Y además se completan los espacios en blanco que tiene el protocolo, para colocar la fecha y la hora actual dar clic en el icono del calendario.

CIRCUITO EQUIVALENTE
PROTOCOLO DE PRUEBAS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROTOCOLO MONOFASICO

FRECUENCIA Hz

	RELACION DE TRANSFORMACION CALCULADA	MEDIDA	ERROR
1=	32,5	32,572	0,22096%
2=	32,5	32,616	0,35578%
3=	32,5	32,8698	1,12499%
4=	32,5	32,6144	0,35073%
5=	32,5	32,5569	0,17484%

PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

Po	V	Io
<input type="text" value="55,4978"/>	<input type="text" value="239,692"/>	<input type="text" value="0,403"/>

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO (LADO DE BAJA)

V	I	W
<input type="text" value="160,156"/>	<input type="text" value="1,98619"/>	<input type="text" value="153,382"/>

OBSERVACIONES:

DATOS DEL TRANSFORMADOR

KVA TIPO

PRIMARIO V PRIMARIO 2 A

SECUNDARIO V SECUNDARIO 2 A

RESISTENCIA DEL TRANSFORMADOR

ALTO VOLTAJE Ohm


BAJO VOLTAJE Ohm

CALCULOS DE PERDIDAS EN EL COBRE E IMPEDANCIA

Vc	<input type="text" value="159,984"/>	V
Ic	<input type="text" value="1,9823"/>	A
Pcu Ic	<input type="text" value="153,043"/>	W
I ₂ R AV	<input type="text" value="0,00264"/>	W
I ₂ R BV	<input type="text" value="0,00132"/>	W
SUMA I ₂ R	<input type="text" value="0,00397"/>	W
Z	<input type="text" value="80,7067"/>	%

REALIZADO POR:

HORA Y FECHA



IMPRIMIR

SALIR

Figura 100. Interfaz protocolo de pruebas

Fuente: los autores

- De igual forma que el anterior se procede a presionar imprimir para guardar la ruta del archivo.

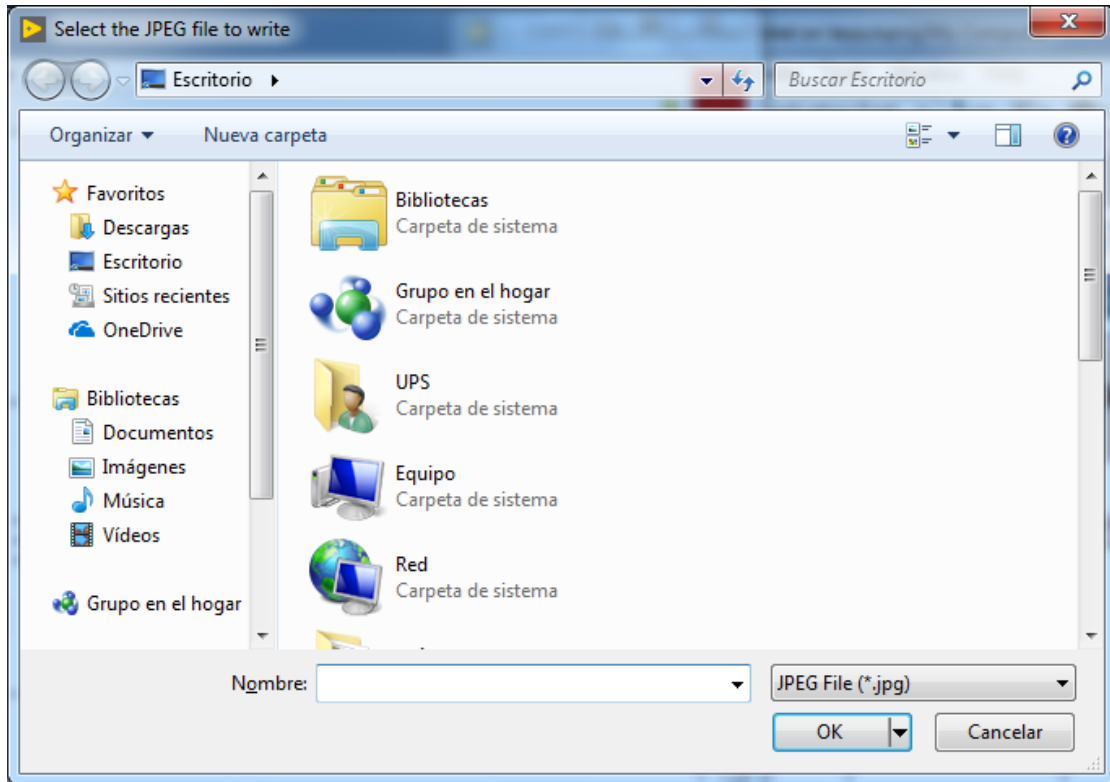



Figura 101. Escoger ruta para guardar protocolo de pruebas

Fuentes: los autores



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROTOCOLO MONOFASICO

FRECUENCIA Hz

RELACION DE TRANSFORMACION

CALCULADA	MEDIDA	ERROR
1= 32,5	32,572	0,22096%
2= 32,5	32,616	0,35578%
3= 32,5	32,8698	1,12499%
4= 32,5	32,6144	0,35073%
5= 32,5	32,5569	0,17484%

PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

Po	V	Io
<input type="text" value="55,4978"/>	<input type="text" value="239,692"/>	<input type="text" value="0,403"/>

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO (LADO DE BAJA)

V	I	W
<input type="text" value="160,156"/>	<input type="text" value="1,98619"/>	<input type="text" value="153,382"/>

OBSERVACIONES:

DATOS DEL TRANSFORMADOR

KVA TIPO

PRIMARIO V PRIMARIO 2 A

SECUNDARIO V SECUNDARIO 2 A

RESISTENCIA DEL TRANSFORMADOR

ALTO VOLTAJE Ohm

BAJO VOLTAJE Ohm

CALCULOS DE PERDIDAS EN EL COBRE
E IMPEDANCIA

Vc	<input type="text" value="159,984"/>	V
Ic	<input type="text" value="1,9823"/>	A
Pcu Ic	<input type="text" value="153,043"/>	W
I ₂ R AV	<input type="text" value="0,00264"/>	W
I ₂ R BV	<input type="text" value="0,00132"/>	W
SUMA I ₂ R	<input type="text" value="0,00397"/>	W
Z	<input type="text" value="80,7067"/>	%

REALIZADO POR:

HORA Y FECHA

IMPRIMIR

SALIR

Figura 102. Vista de Imagen en JPEG del protocolo de pruebas.

Fuente: Los autores

CONCLUSIONES

- Con la implementación del sistema de interfaz HMI para la adquisición de datos en pruebas de circuito abierto, corto circuito, impedancia en transformadores de distribución de hasta 50 Kva, pudimos ahorrar tiempo para realizar las diferentes pruebas.
- La correcta configuración y programación del PLC y PC para la recepción y el procesamiento de los parámetros del transformador, nos permitió cumplir con todos los objetivos planteados.
- Con el software OPC que nos brinda la opción de comunicar dispositivos de diferentes fabricantes se configuró la comunicación entre PC y PLC para la recepción de datos en el Software National Instruments, ampliando nuestro campo para utilizar diferentes marcas sin preocupaciones de comunicación.
- Con los valores de potencias que tenemos computarizados gracias a la interfaz pudimos obtener los datos y generar un archivo para la impresión del protocolo de pruebas junto con el circuito equivalente del transformador y así verificar y dar criterios sobre el estado del transformador sometido a prueba.

RECOMENDACIONES

- Revisar minuciosamente el estado del módulo de adquisición de datos y el transformador, verificando que no existan elementos ajenos y que afecten al desarrollo de las prácticas.
- La programación tanto en TIA Portal como en Labview ya está completa, por lo que, no debe ser modificada bajo ningún concepto para su correcto funcionamiento.
- Tener en cuenta las conexiones para cada prueba, ya que, la alimentación para cada prueba cambia por el lado de alta tensión y por el lado de baja tensión del transformador.

- La prueba de corto circuito y de impedancia realizar con sumo cuidado, y nuestra recomendación es no dejar por mucho tiempo alimentado al transformador y evitar sobrecalentamientos.
- En la prueba de circuito abierto se tendrán valores por encima de los 6000 V, por lo que es recomendable cubrir los bushings o a su vez mantener una distancia prudente mientras estos están energizados.
- Se recomienda también para continuar con el tema plantear una investigación sobre reconocimiento de fallas en transformadores con base en este proyecto.

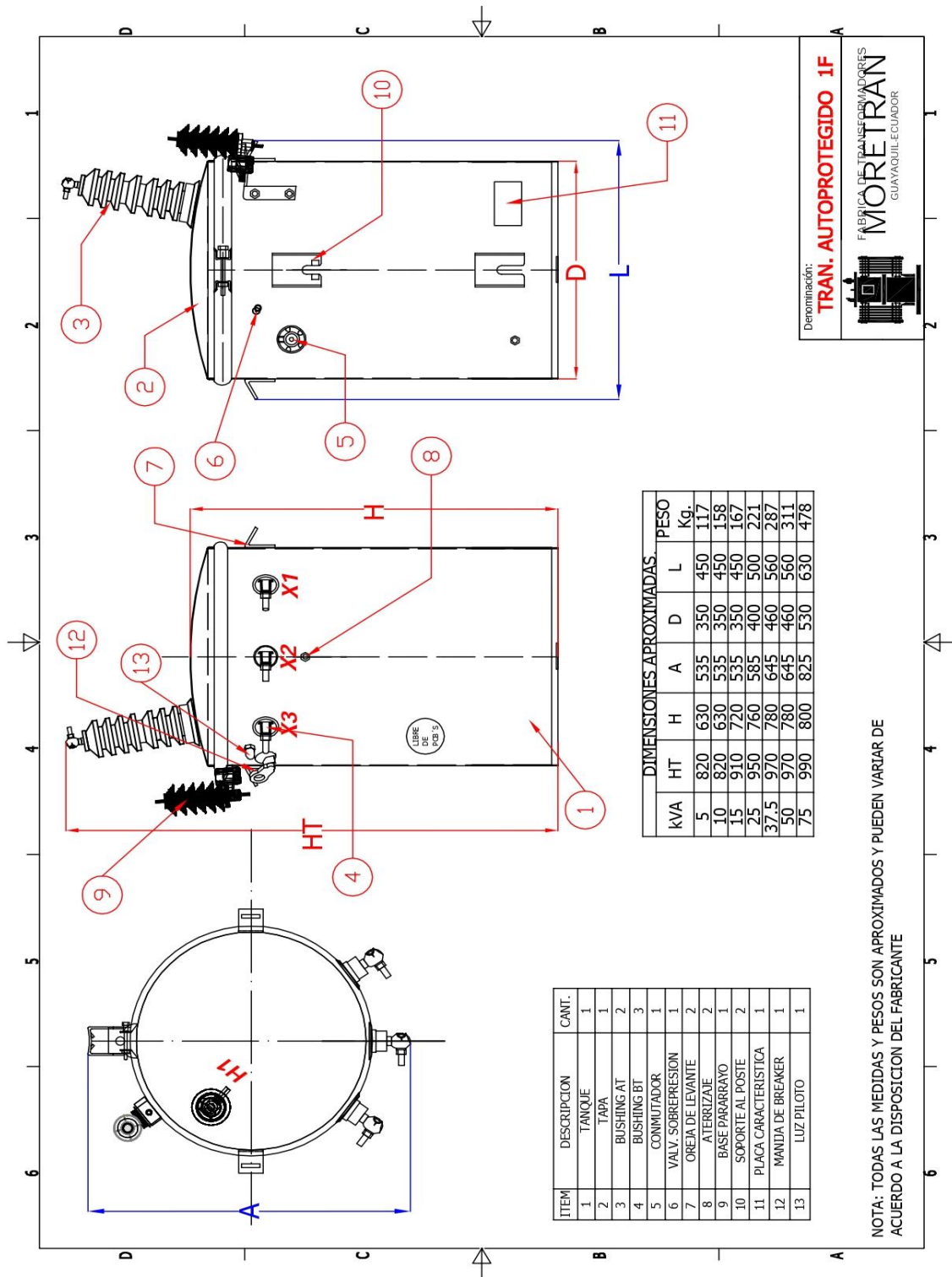
BIBLIOGRAFÍA

- [1] Haro, «EL ABC DE LA AUTOMATIZACION,» 2015. [En línea]. Available: www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf.
- [2] A. Cortazar, «Lenguaje de Programación,» 2014. [En línea].
- [3] R. Dalh, «Programacion de controladores logicos,» 2013. [En línea]. Available: www.rocatek.com/servicios/plc/programación.
- [4] A. Hernandez Acevedo, R. Ledesma Vilchis y E. Perera Martinez, Manual de Pruebas a Transformadores, Mexico D.F, 2007.
- [5] G. Enriquez, El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos, México: Limusa, 2009.
- [6] P. Pérez, Transformadores de distribución (Teoría, cálculo, construcción y pruebas), México D.F.: Reverté Ediciones, 2008.
- [7] J. Jimenez, Mantenimiento de maquinas electricas, Mc Graw Hill, n.d.
- [8] Electron, «Prueba de impedancia y perdidas de carga,» *Electron*, 2015.
- [9] J. Guzman, «Andilaelec,» 2015. [En línea].
- [10] M. Segovia, «Interfaz Hombre-Máquina (HMI),» 2013. [En línea].
- [11] A. Murillo, «Andilaelec,» 2016. [En línea].

- [12] E. U. d. I. Mecanica, «Sensores y transductores,» 2 agosto 2018. [En línea]. Available: http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf.
- [13] Benitez, «National Electrical Manufacturers Association,» 2012. [En línea]. Available: www.national_electrical_manufacturers_association/PLC/services9867.
- [14] National Electrical Manufacturers Association, «PLC,» 2014. [En línea].
- [15] Siemens España, «TIA Portal,» 10 enero 2019. [En línea]. Available: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx.
- [16] TIAPortal, *Sistema de Informacion*, 2019.
- [17] R. W. Larsen, *LabVIEW for Engineers*, New Jersey: Pearson, 2011.
- [18] D. A. Aquino Castro y C. O. Zuñiga Guachichulca, «DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TRANSFORMADOR MONOFASICO DE DISTRIBUCION 15 KVA TIPO TANQUE PARA EL LABORATORIO DE ALTA TENSION DE LA UPS - GYE,» Universidad Politecnica Salesiana, Guayaquil, 2018.
- [19] V. Eclass, «Youtube,» 6 agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=eq2DImAXEsM>.
- [20] J. R. Lajara Vizcaino y J. Pelegri Sebastia, *LabVIEW. Entorno grafico de programacion*, Barcelona: Marcombo, 2011.
- [21] Omicron, «Pruebas y diagnostico a transformadores de potencia,» 2018.
- [22] D. R. Araujo Enriquez y D. S. Bayas Sinisterra, «MODULO DE ADQUISICION Y PROCESAMIENTO DE PARAMETROS ELECTROMECHANICOS PARA EL LABORATORIO DE MOTORES Y GENERADORES,» Universidad Politecnica Salesiana, Guayaquil, 2015.
- [23] Fravedsa, «Ingenieria Electrica,» 10 agosto 2018. [En línea]. Available: <http://ingenieriaelectricafravedsa.blogspot.com/2014/12/circuito-equivalente-transformador.html>.
- [24] E. E. Staff, *Circuitos Magneticos y Transformadores*, Michigan: M.I.T.
- [25] J. M. H. Alvarado, Artist, *Introduccion a LabVIEW, uso de estructuras y funciones basicas*. [Art].

- [26] G. Enriquez Harper, Pruebas y mantenimiento a equipos electricos, Mexico: Limusa, 2009.
- [27] K. Vasudevan, S. Rao y S. Rao , «Testing Of Transformers,» Indian Institute of Technology Madras.

ANEXOS




Anexo 1. Transformador de distribución.

Controlador SIMATIC S7-1200



Integrated I/O	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Integrated Digital I/O	6 / 4 salidas	8 entradas / 6 salidas	14 entradas / 10 salidas
Integrated Analog I/O	2 entradas	2 entradas	2 entradas
Max. Local I/O – Digital	14	82	284
Max. Local I/O – Analog	3	19	67
Tamaño de imagen de proceso	1024 Bytes for entradas / 1024 Bytes for salidas		

Sector Industria



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROTOCOLO MONOFASICO

FRECUENCIA Hz

RELACION DE TRANSFORMACION

CALCULADA	MEDIDA	ERROR
1= 32,5	32,572	0,22096%
2= 32,5	32,616	0,35578%
3= 32,5	32,8698	1,12499%
4= 32,5	32,6144	0,35073%
5= 32,5	32,5569	0,17484%

PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

Po	V	Io
<input type="text" value="55,4978"/>	<input type="text" value="239,692"/>	<input type="text" value="0,403"/>

PRUEBA DE CORTO CIRCUITO (LADO DE BAJA)

V	I	W
<input type="text" value="160,156"/>	<input type="text" value="1,98619"/>	<input type="text" value="153,382"/>

OBSERVACIONES:

DATOS DEL TRANSFORMADOR

KVA TIPO

PRIMARIO V PRIMARIO 2 A

SECUNDARIO V SECUNDARIO 2 A

RESISTENCIA DEL TRANSFORMADOR


ALTO VOLTAJE Ohm

BAJO VOLTAJE Ohm

CALCULOS DE PERDIDAS EN EL COBRE E IMPEDANCIA

Vc	<input type="text" value="159,984"/>	V
Ic	<input type="text" value="1,9823"/>	A
Pcu Ic	<input type="text" value="153,043"/>	W
I ₂ R AV	<input type="text" value="0,00264"/>	W
I ₂ R BV	<input type="text" value="0,00132"/>	W
SUMA I ₂ R	<input type="text" value="0,00397"/>	W
Z	<input type="text" value="80,7067"/>	%

REALIZADO POR:

HORA Y FECHA
 

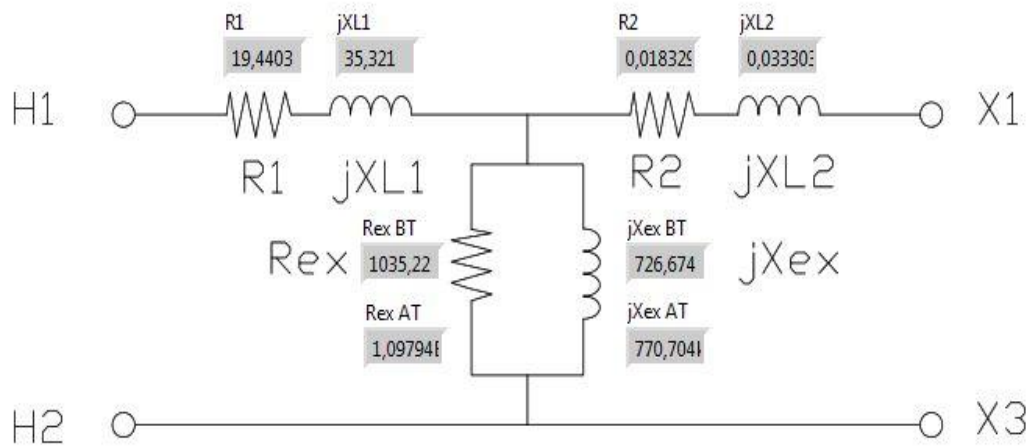
IMPRIMIR

SALIR

Anexo 4. Protocolo de pruebas. Reporte Final



CIRCUITO EQUIVALENTE TRANSFORMADOR MONOFÁSICO 7620/240 V

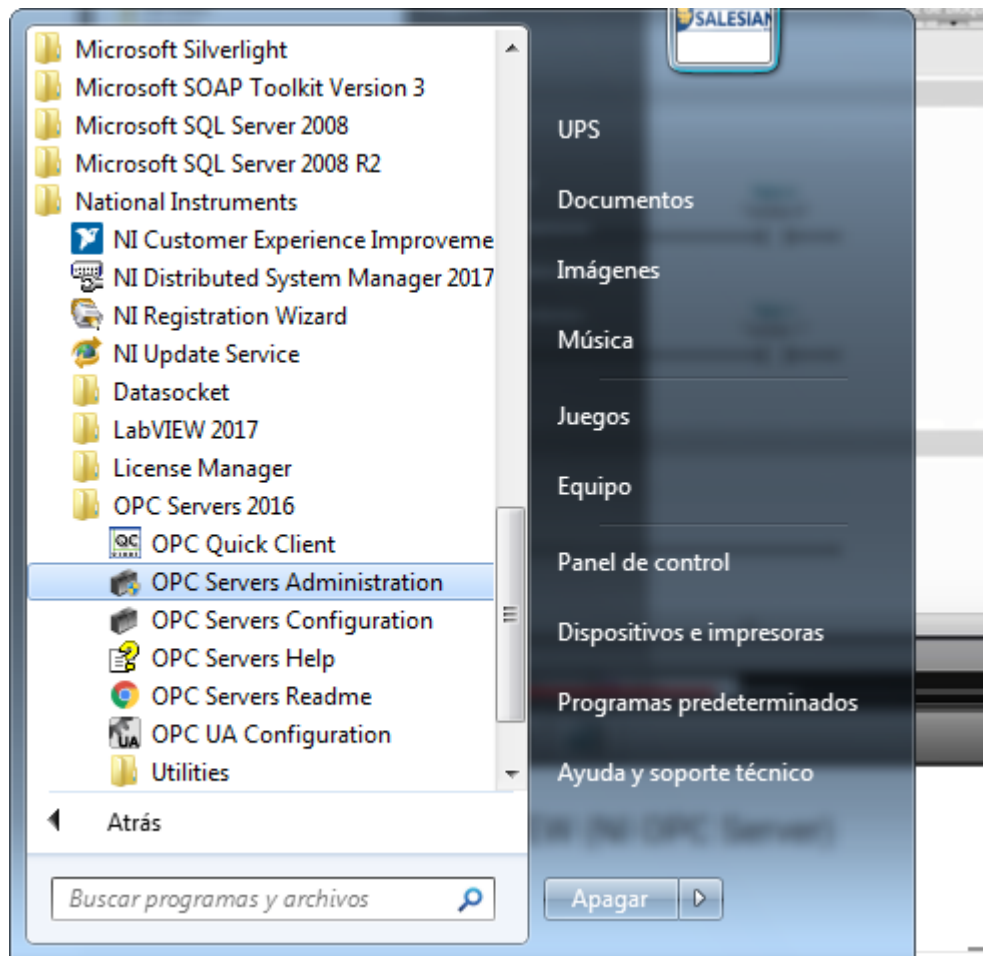


IMPRIMIR

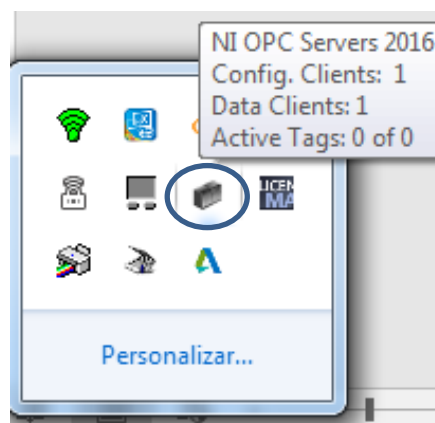
SALIR

Anexo 5. Circuito Equivalente. Reporte Final

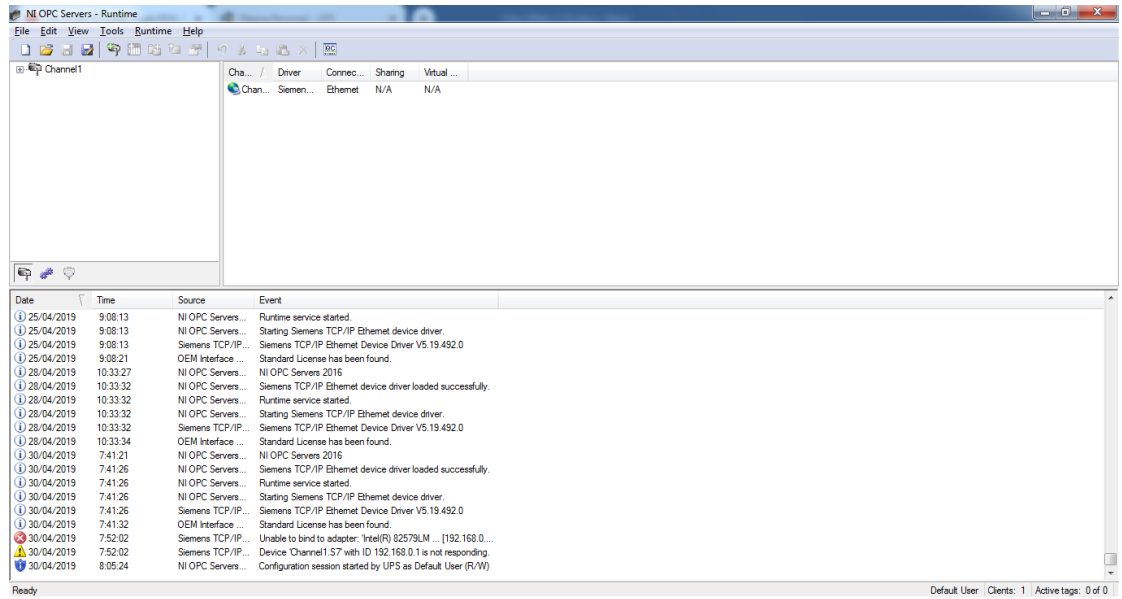
- Buscamos la carpeta National Instruments, OPC Servers y le damos clic a OPC Servers Administration.



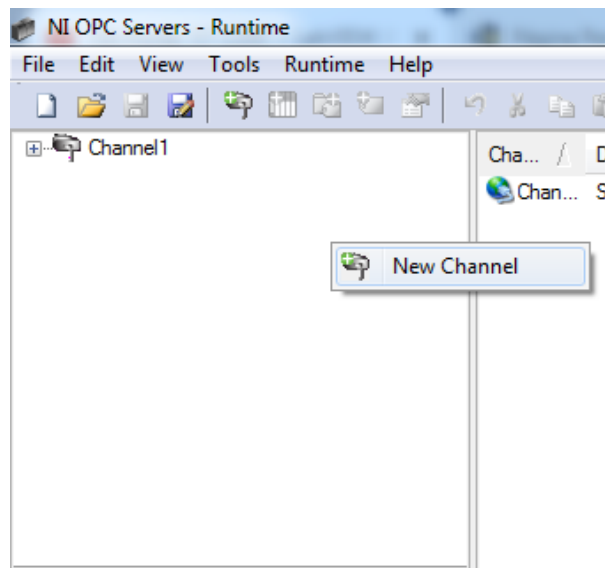
- Vamos hacia la barra de tareas y en iconos ocultos escogemos.



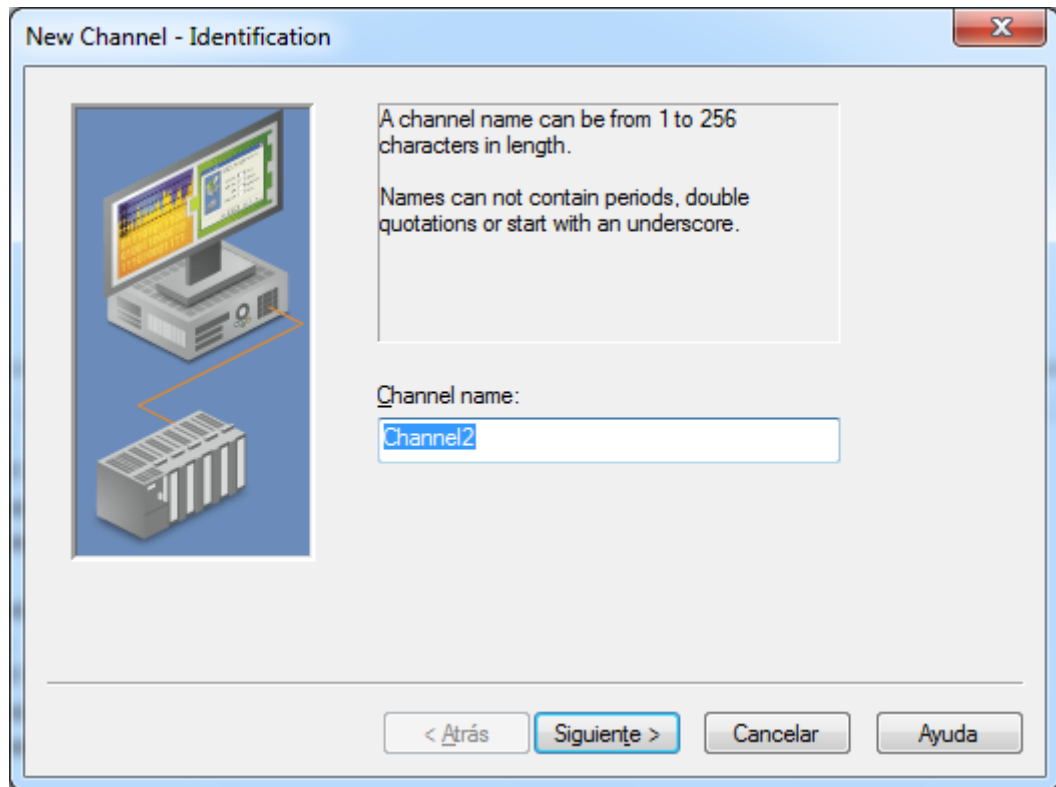
- Se abrirá el software para configurar OPC



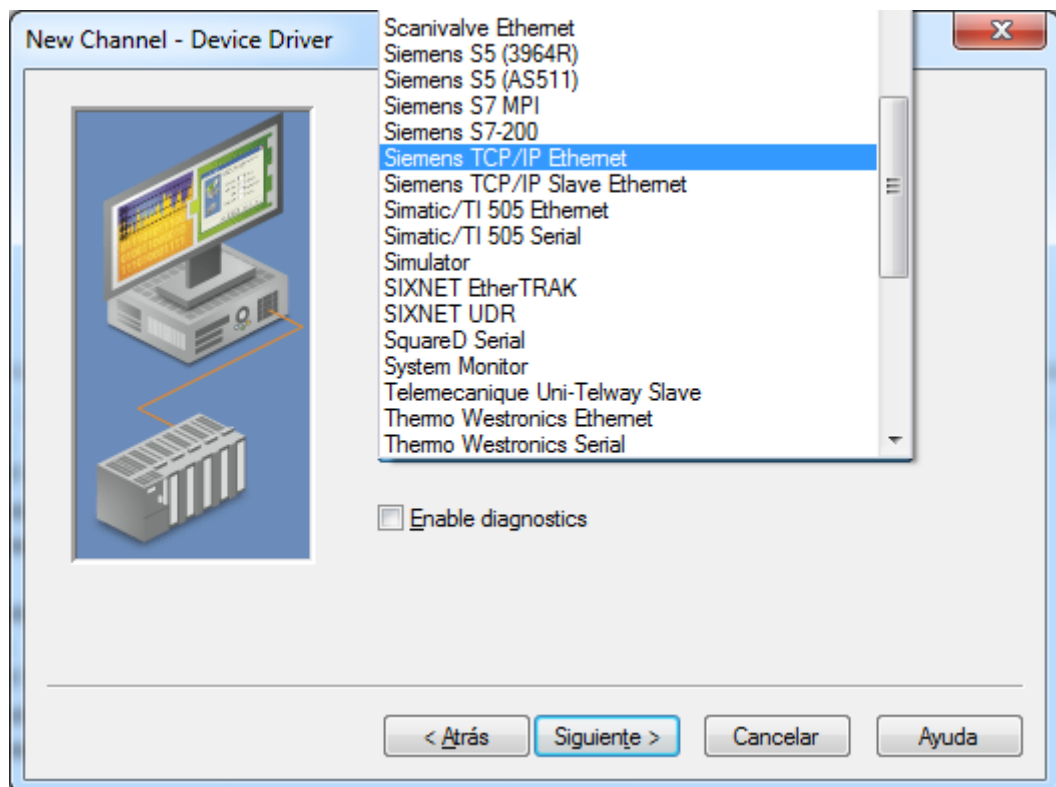
- En este punto damos clic en “NEW CHANNEL”



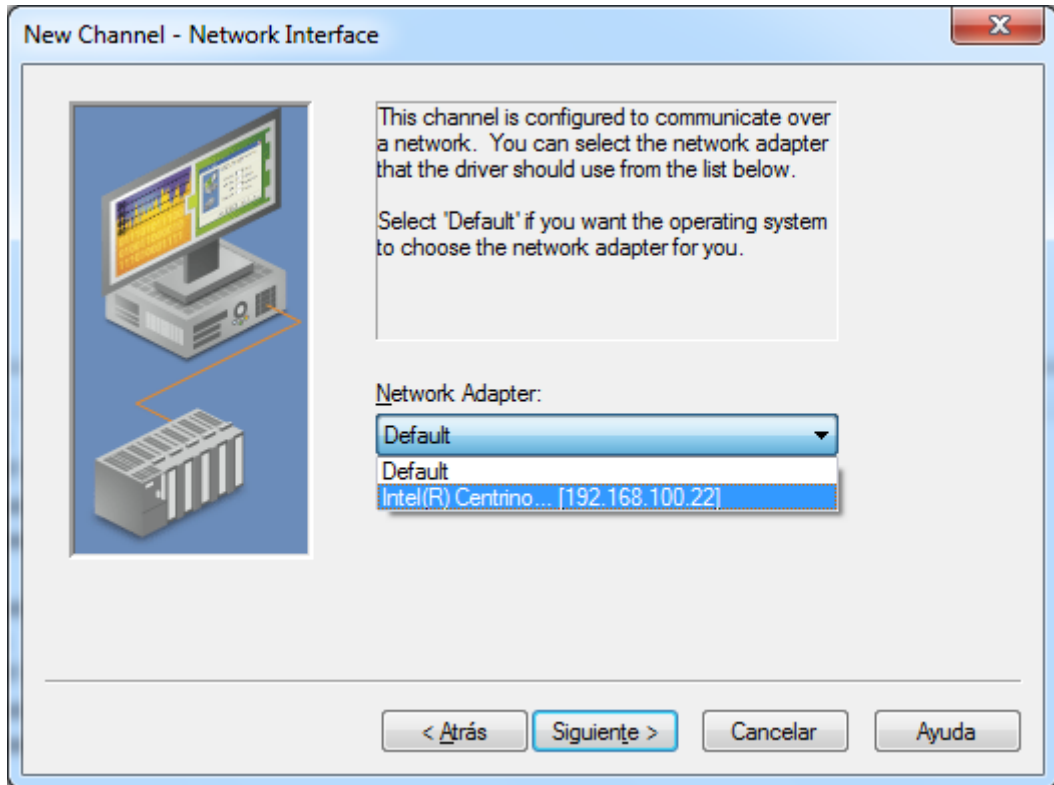
- Damos un nombre al nuevo canal de configuración y siguiente.



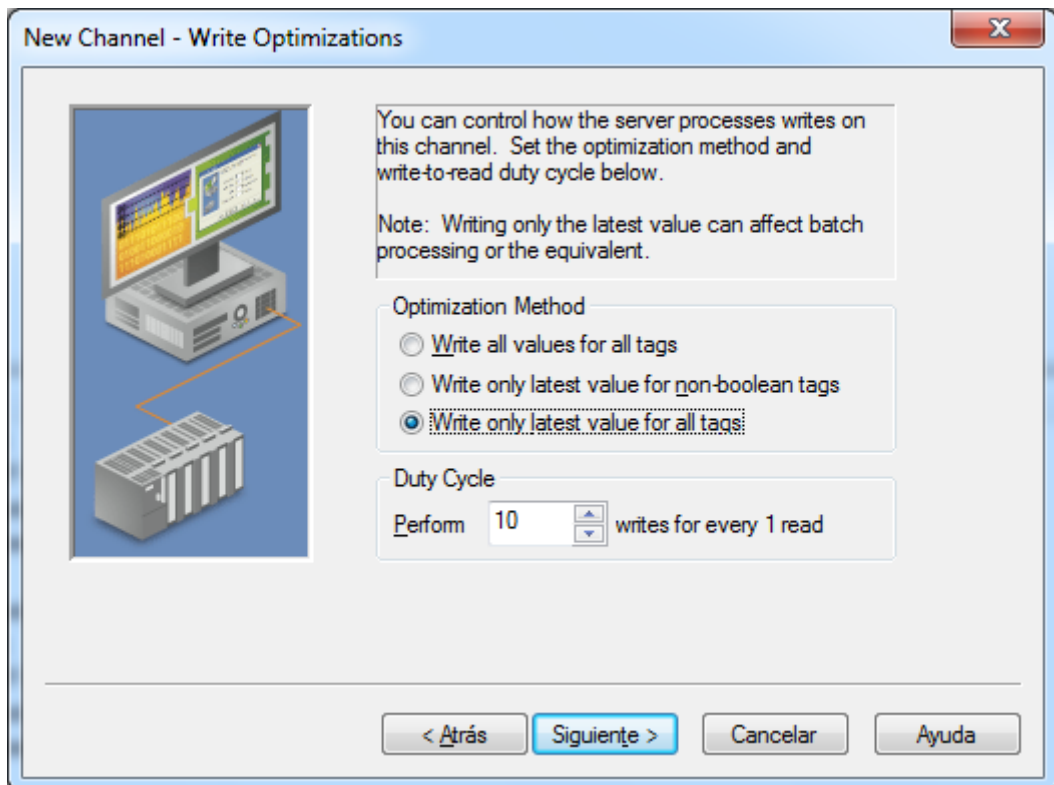
- Buscamos al PLC con el cual se va a realizar la comunicación y siguiente.



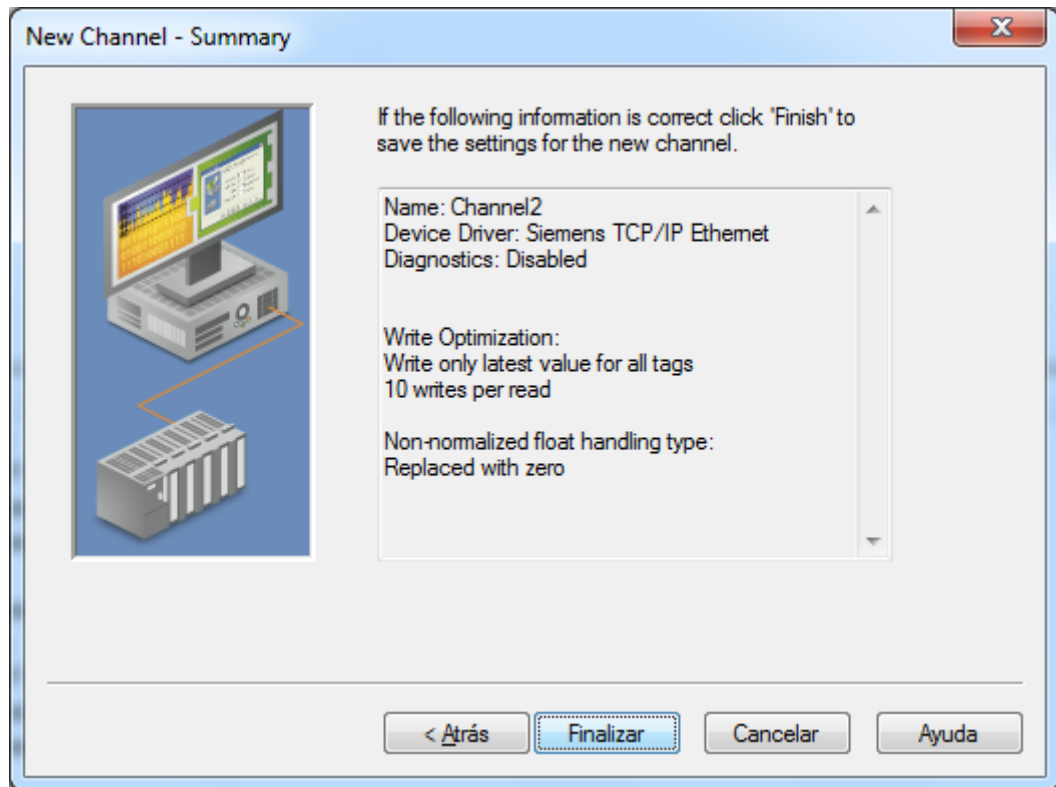
- Seleccionamos la tarjeta de red en la que esta conectado el PLC y siguiente.



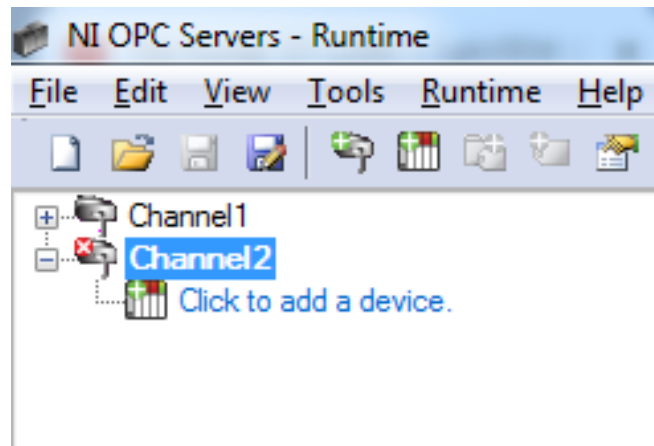
- En este punto se configura el tiempo de escritura de los valores y se recomienda dejar por default.



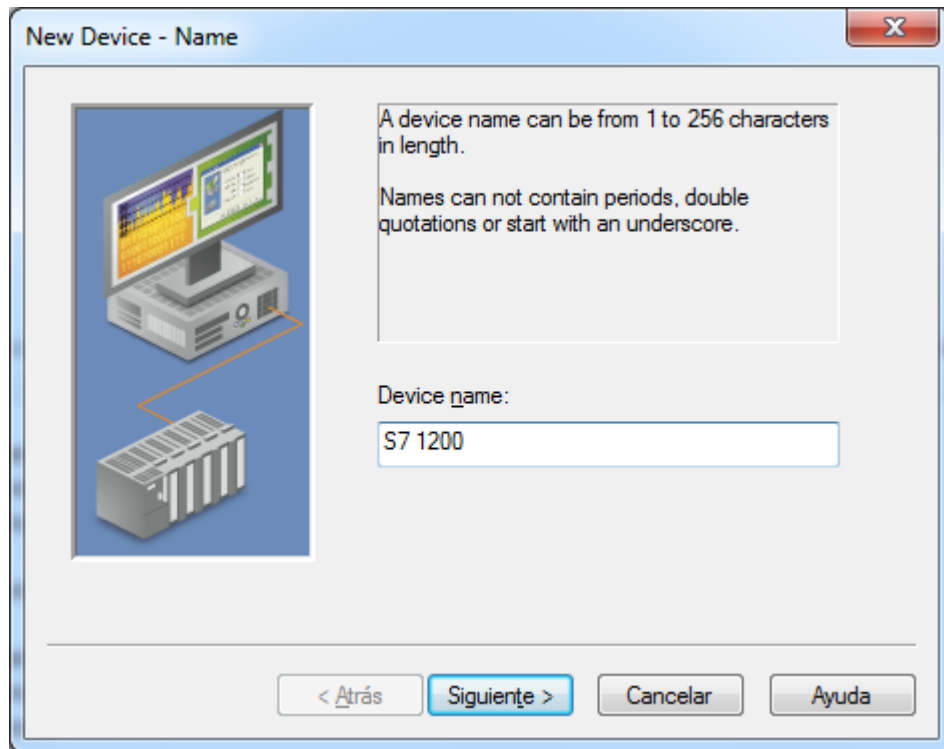
- Y le damos a finalizar.



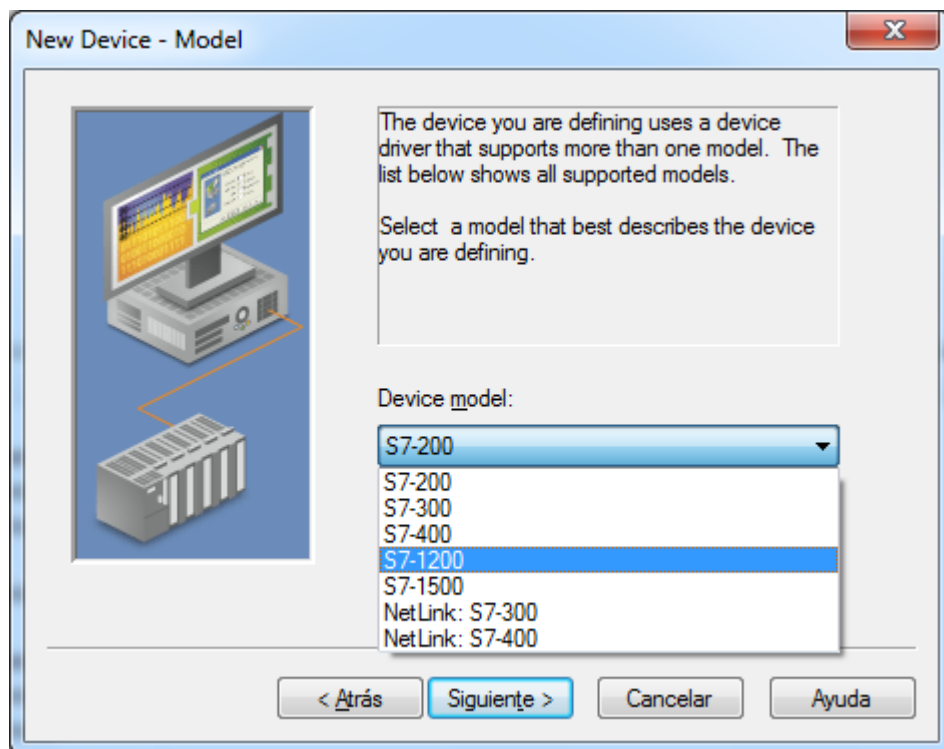
- Bajo el nombre del canal creado nos saldrá “ADD A DEVICE”, y debemos añadir un dispositivo.



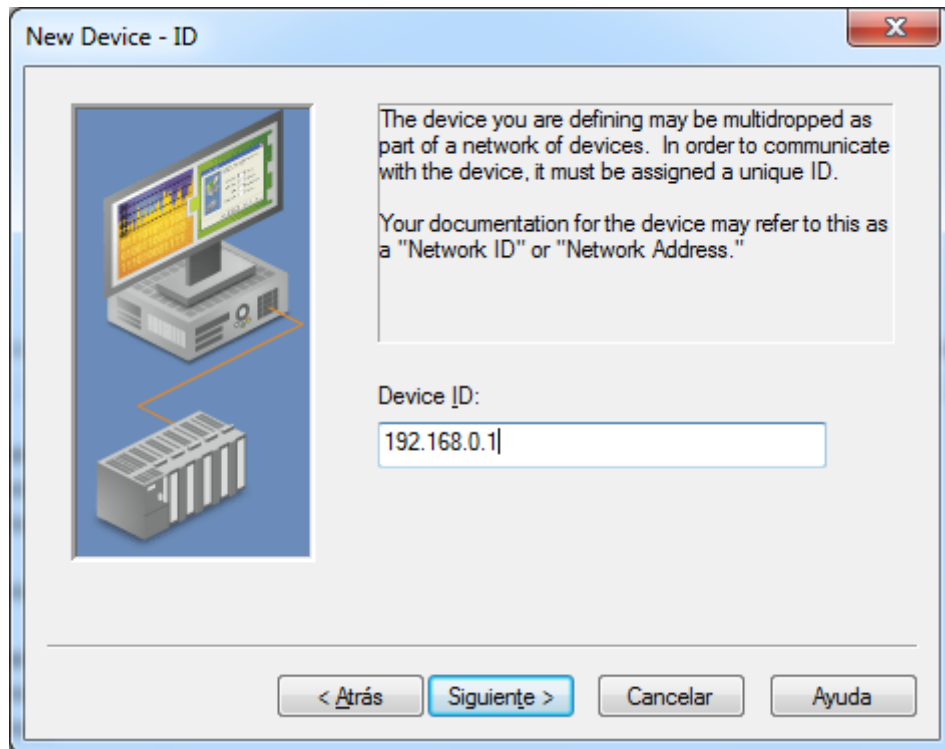
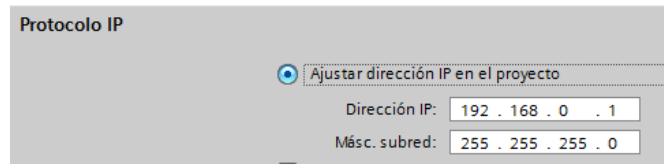
- Le ponemos un nombre al dispositivo y siguiente.



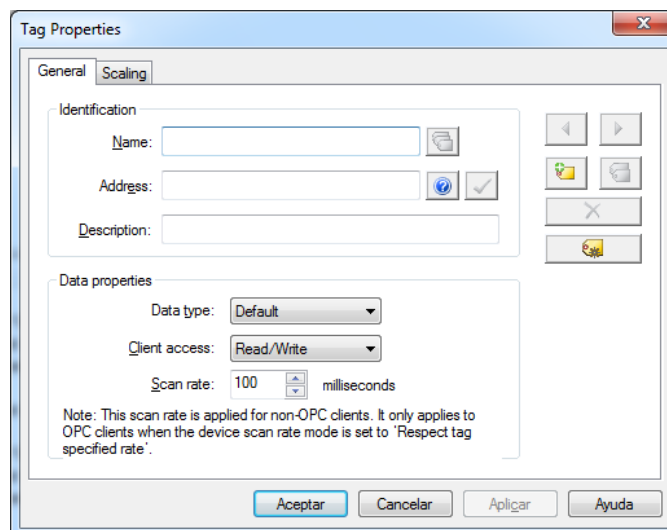
- Buscamos y elegimos el modelo.



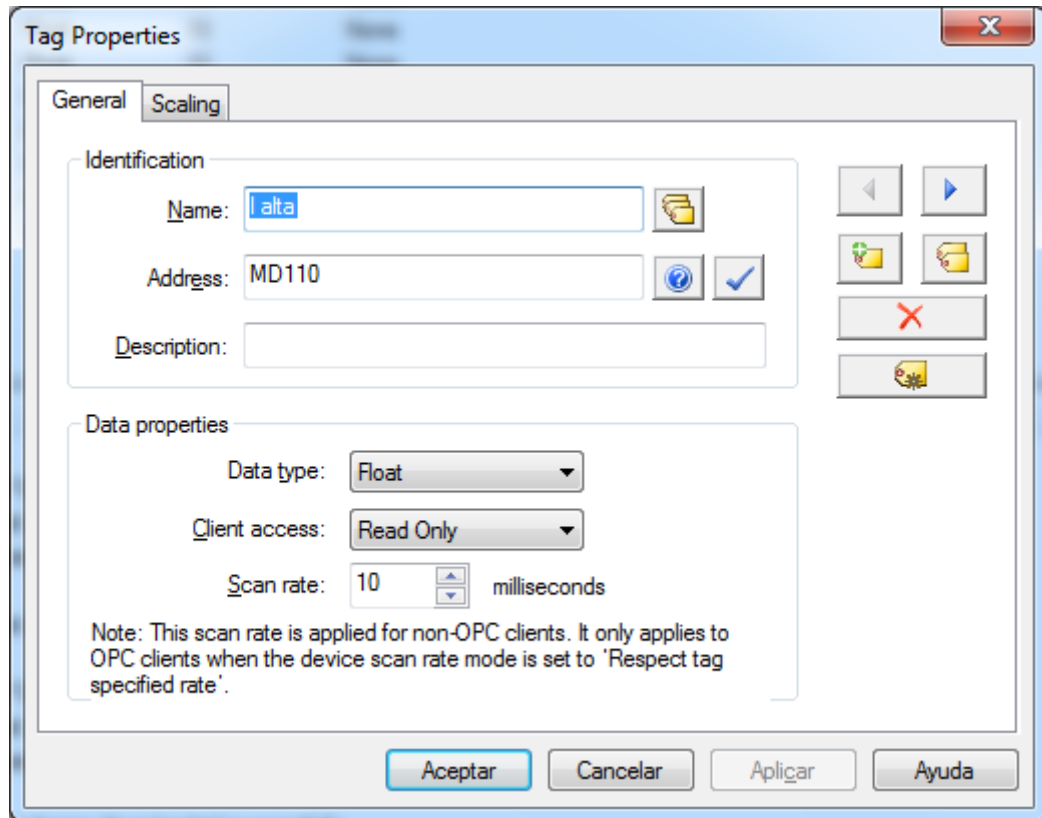
- Colocamos la dirección IP con la que se configuro el PLC.



- Todas las siguientes configuraciones serán con los valores por default y le damos siguiente hasta finalizar.
- Una vez creado el canal y agregado el dispositivo, se crean TAGS, donde se añade la información del PLC para realizar el llamado de los datos.



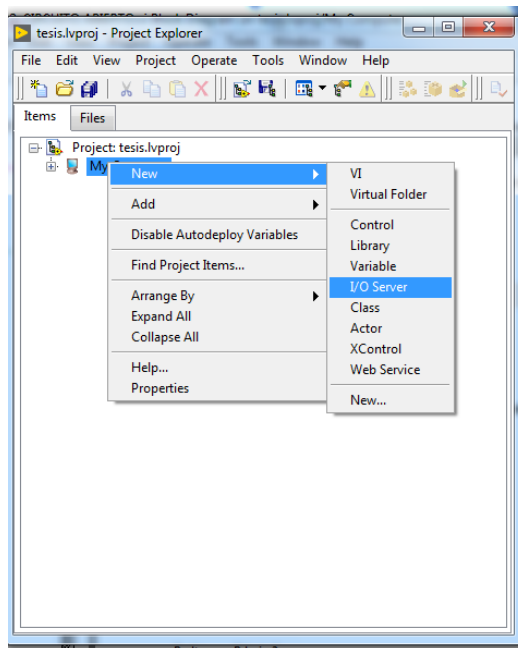
- Para añadir los tags, le damos un nombre, preferiblemente el mismo que se usa en la variable del PLC, buscamos el número de la etiqueta (%M000) con la que configuramos el PLC y aceptamos.



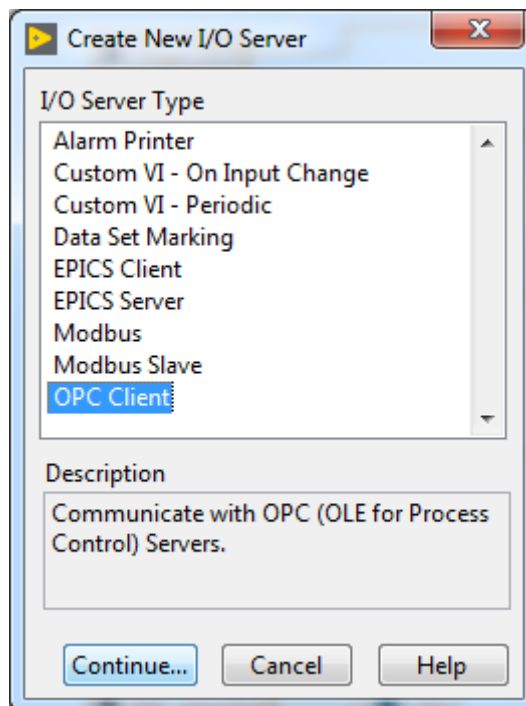
- Repetimos el procedimiento anterior para todas las variables.

Tag Name /	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
I alta	MD110	Float	10	None	
I baja 1	MD130	Float	10	None	
I baja 2	MD150	Float	10	None	
I baja 3	MD170	Float	10	None	
P alta	MD270	Float	10	None	
P baja 1	MD290	Float	10	None	
P baja 2	MD310	Float	10	None	
V alta	MD190	Float	10	None	
V baja 1	MD210	Float	10	None	
V baja 2	MD230	Float	10	None	
V baja 220	MD250	Float	10	None	

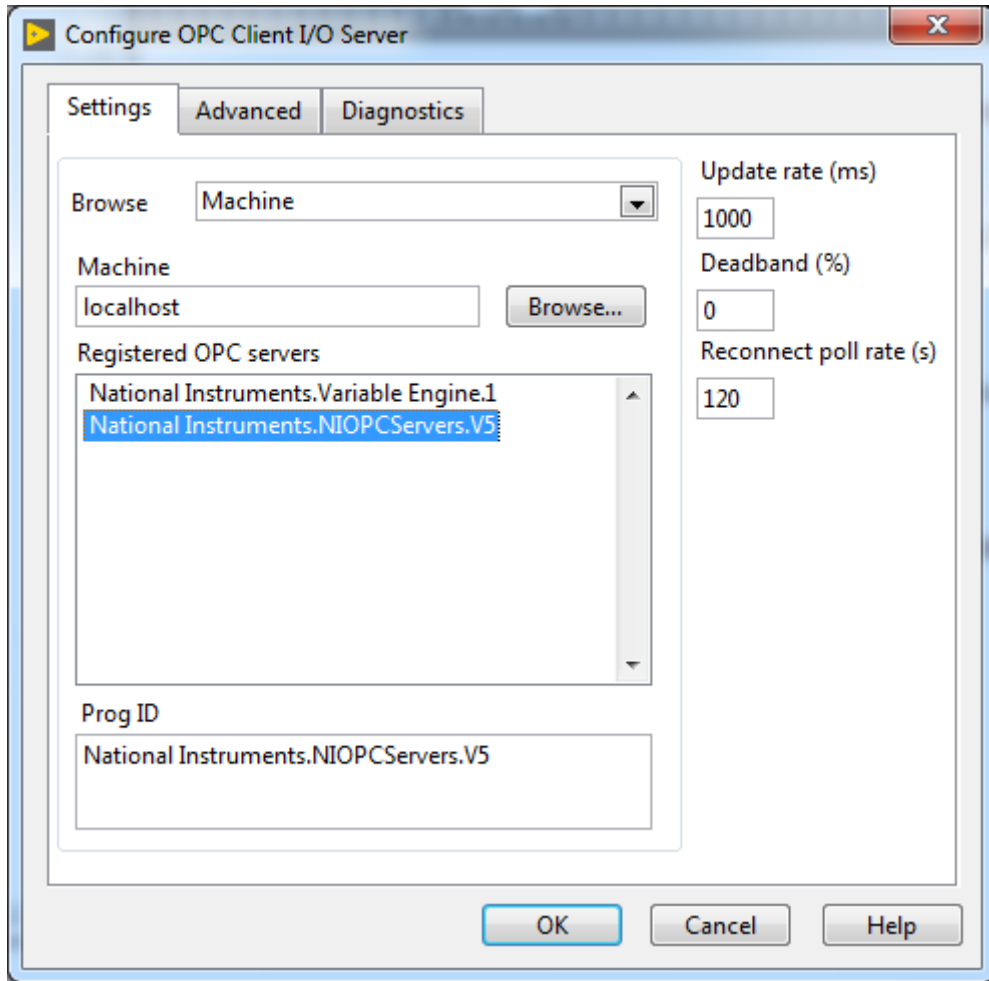
- Nos vamos a LabView y con clic derecho abrimos los menus para agregar un servidor



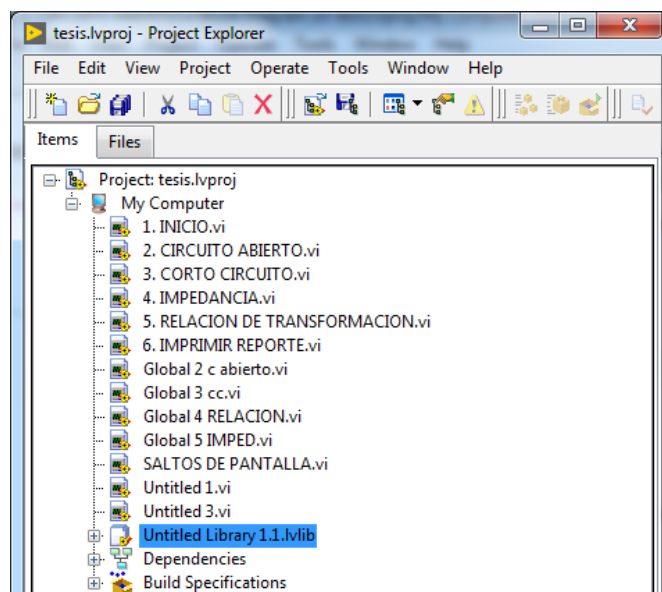
- Buscamos y escogemos OPC SERVER



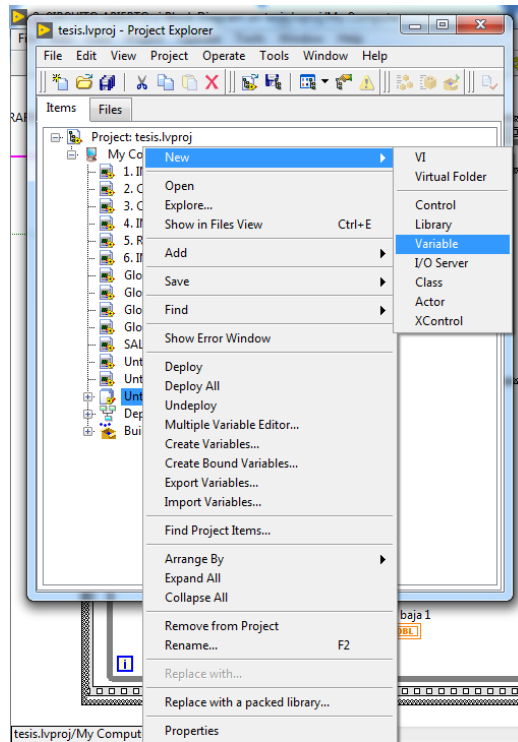
- Escogemos la opción NIOPCServersV5



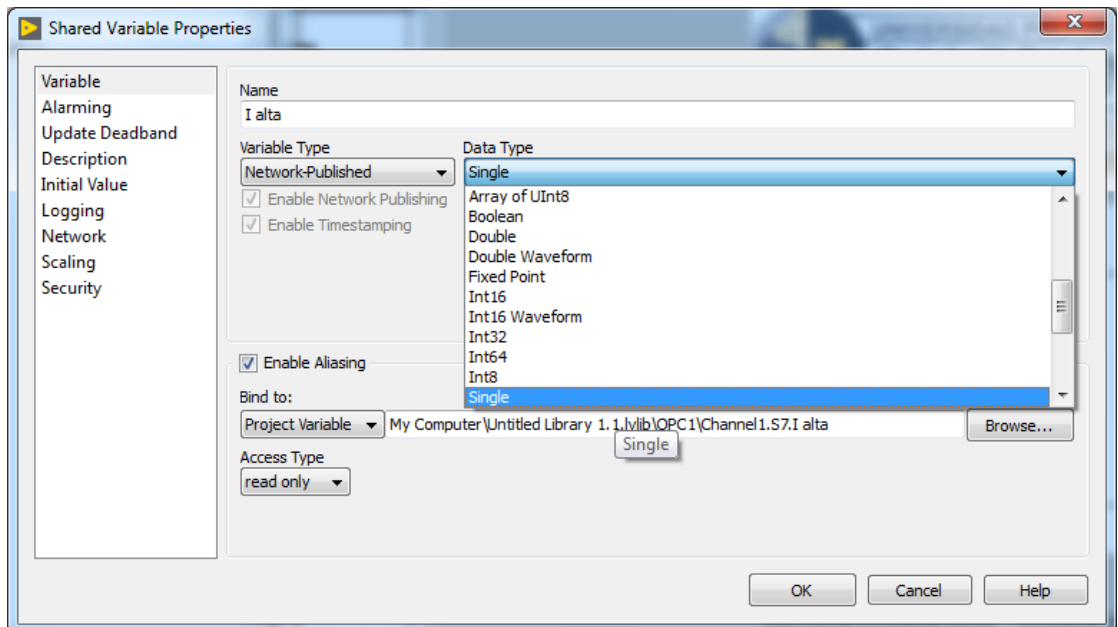
- Y se crea esta librería, con la que debemos tener cuidado para no borrarla o sacarla de la programación.



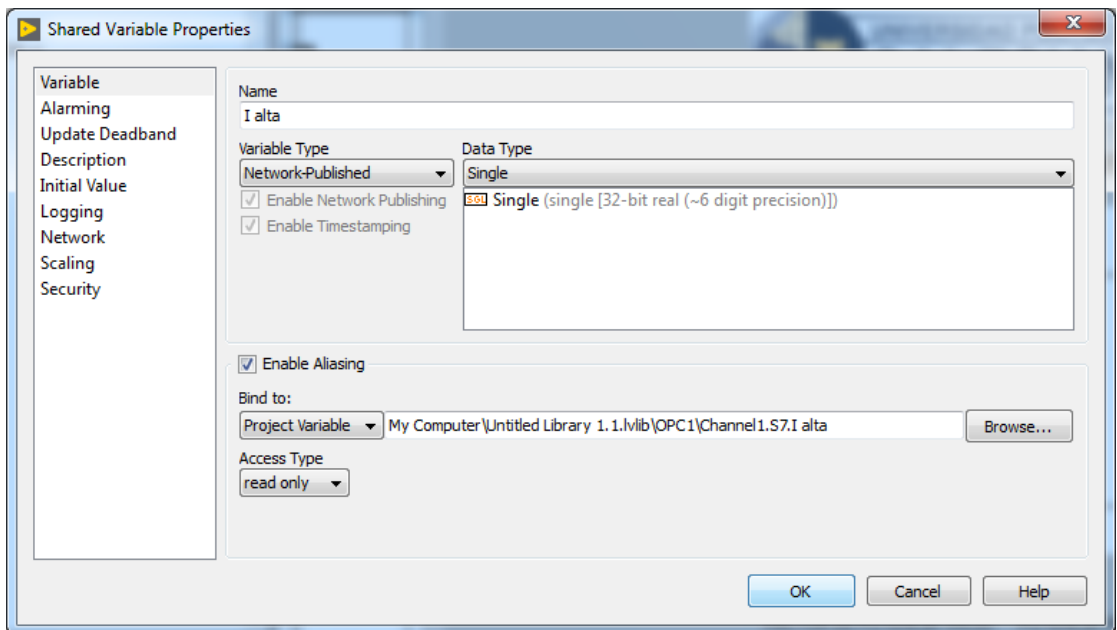
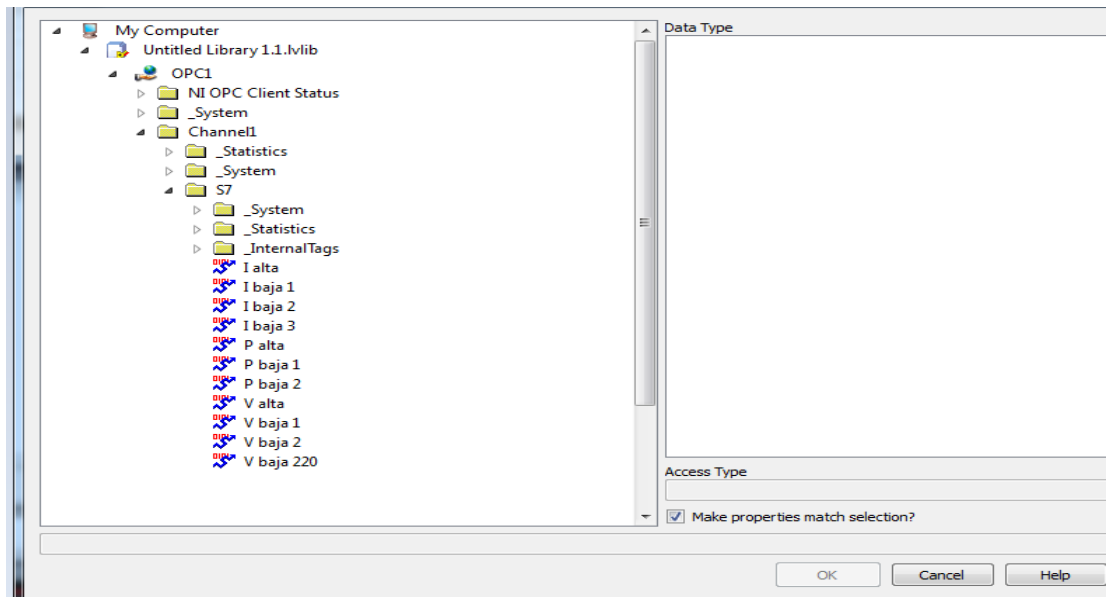
- Dentro de la librería damos clic derecho y escogemos crear variable.



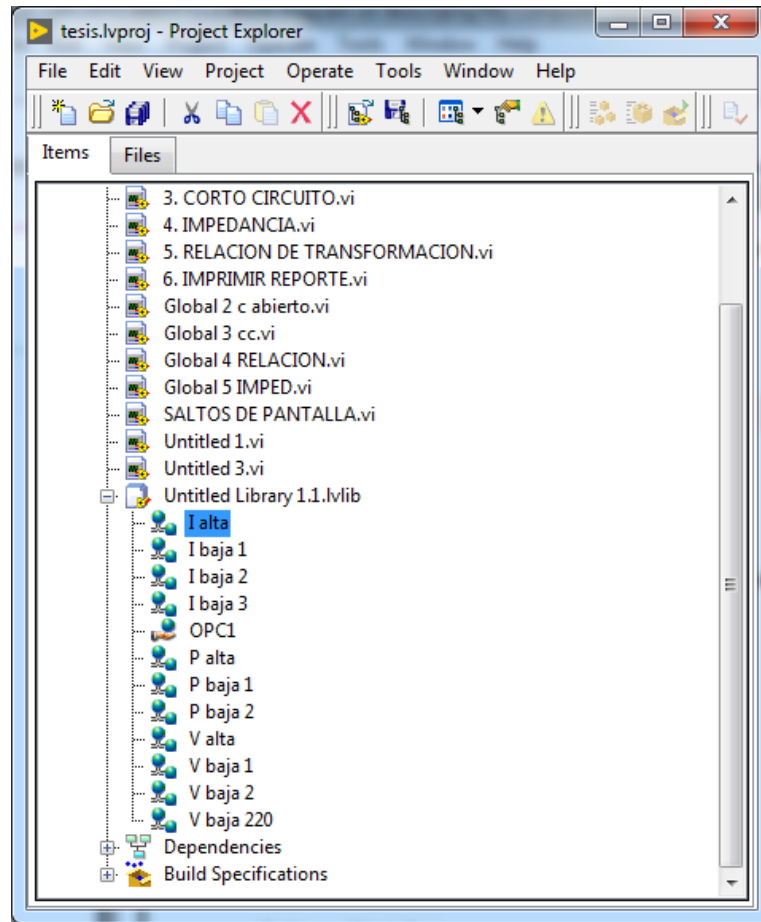
- Pondremos el nombre, el tipo de dato, marcamos el casillero “Enable Aliasing” y clic en “browse”



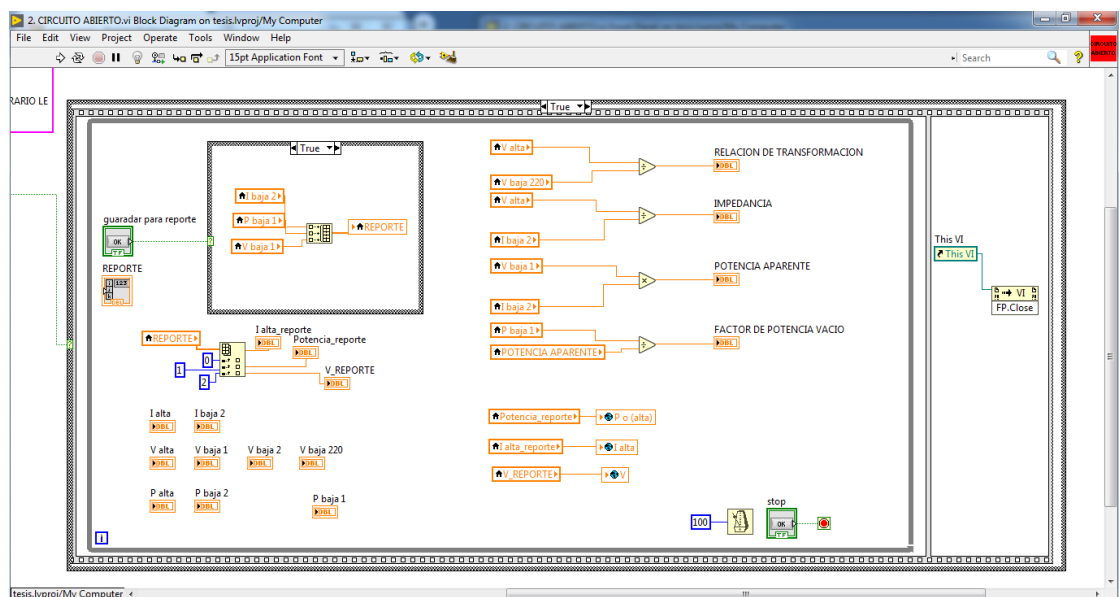
- Escogemos la variable que creamos en el OPC SERVER ADMINISTRATION



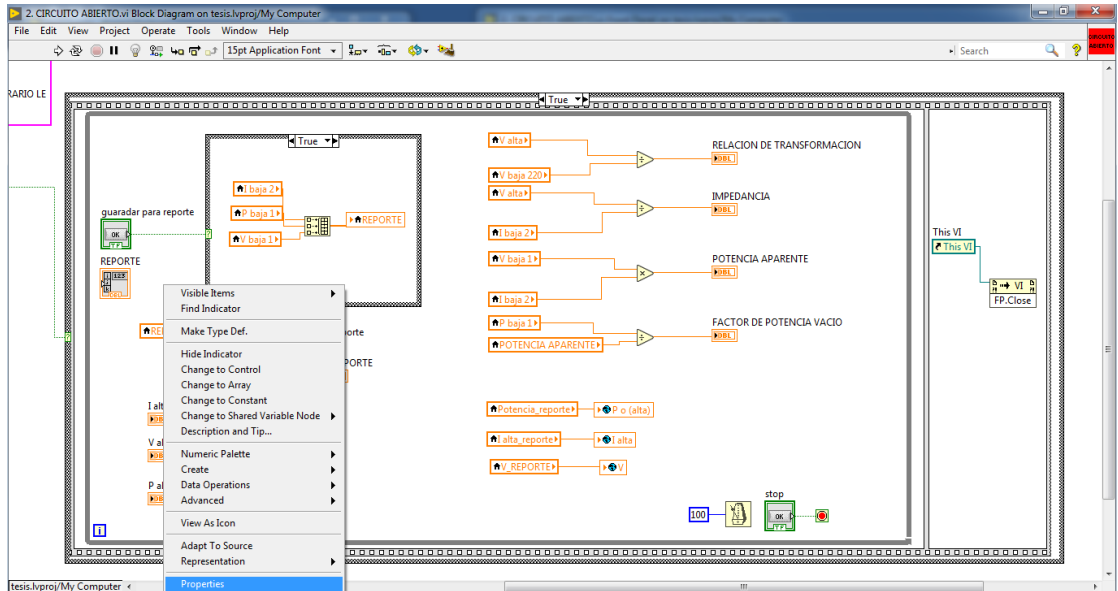
- De igual forma con todas las variables que creamos en OPC y que tenemos en el PLC.



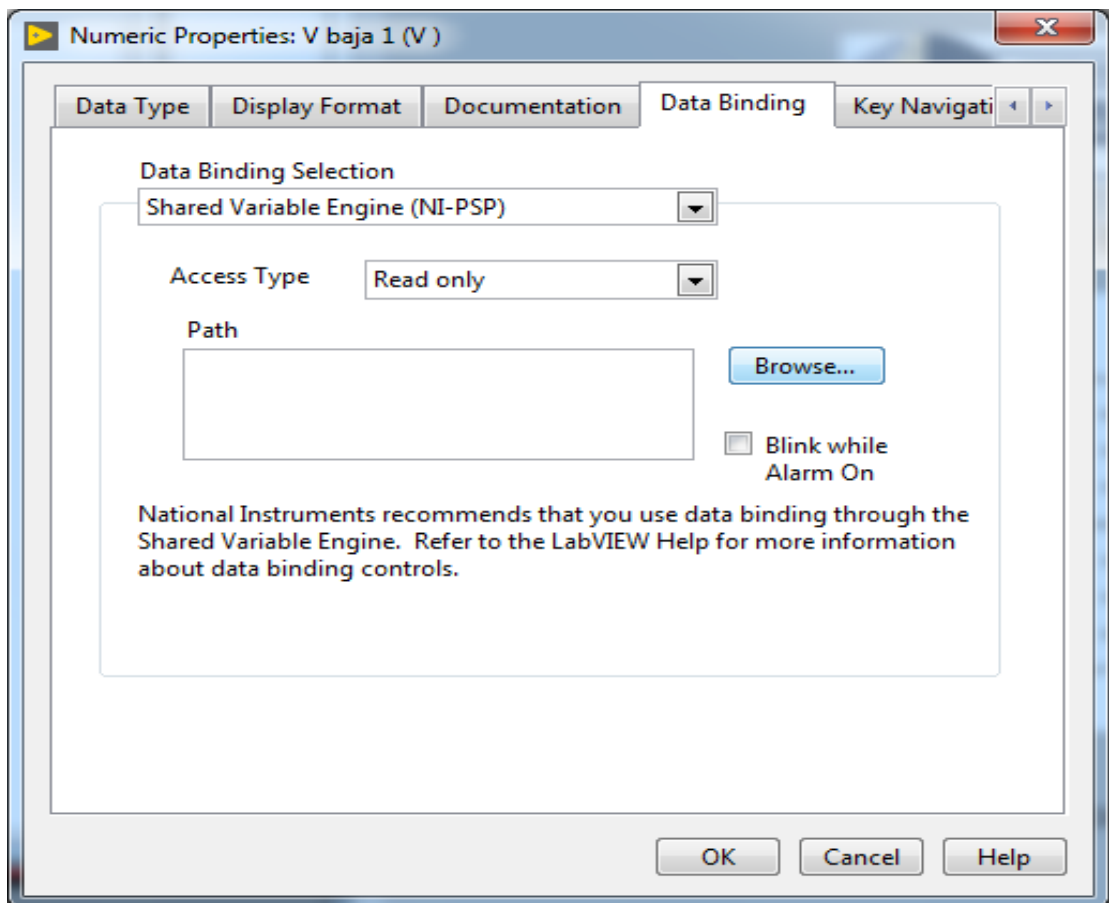
- Una vez que creamos todas las variables, vamos al diagrama de bloques donde está la programación.



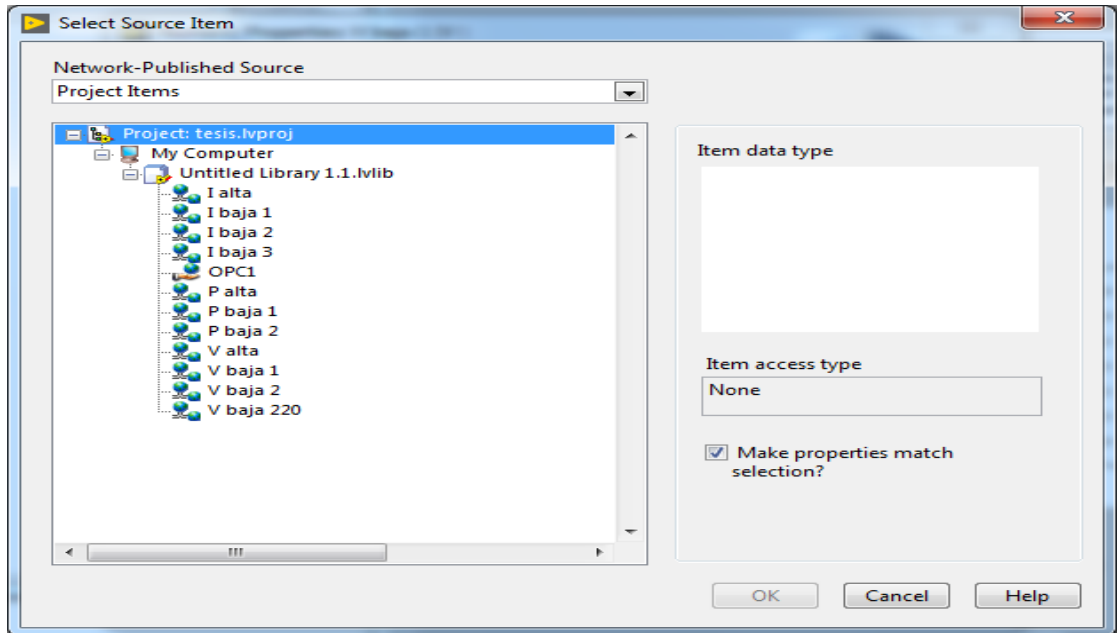
- Al inicio de la configuración recomendamos poner el mismo nombre en la variables desde el PLC, OPC y Labview, entonces buscamos las variables y con clic derecho buscamos propiedades e ingresamos.



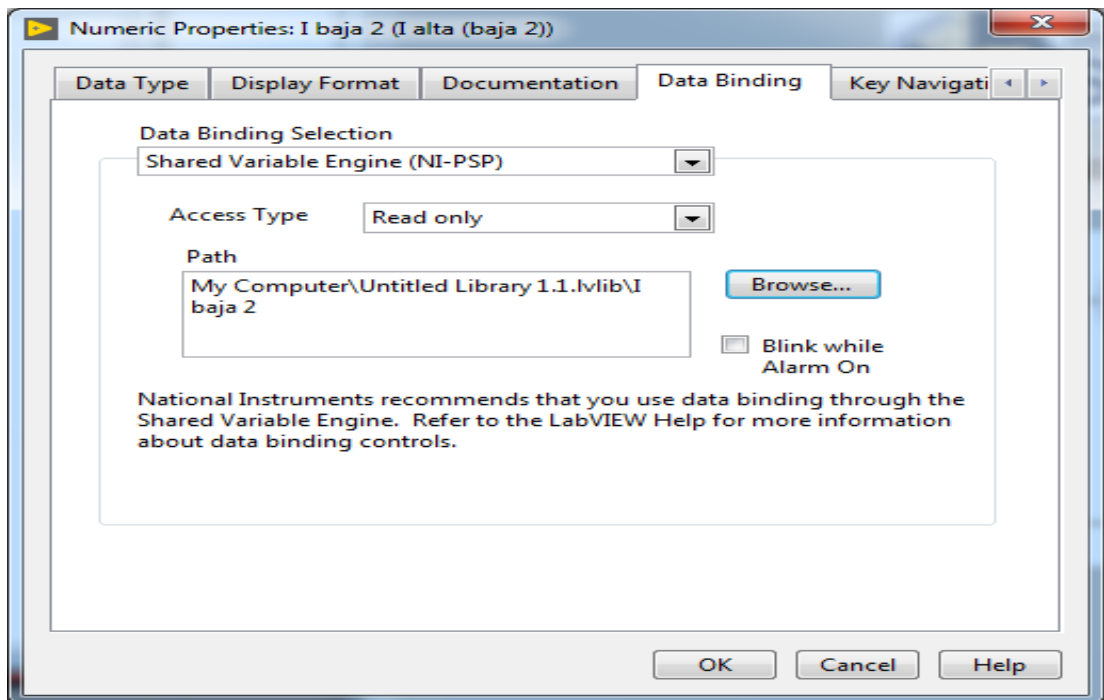
- Nos colocamos en la pestaña DATA BINDING y presionamos browse



- Escogemos la variable y ok



- A la siguiente ventana también ok.



Este procedimiento hacemos con todas las variables le damos RUN.