



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y  
MONITOREO PARA UN INTERRUPTOR DE MEDIA TENSIÓN  
UTILIZANDO LA PLATAFORMA DE LABVIEW

Examen Complexivo, Componente Práctico

**Informe Profesional**

Previa la obtención del título de:

**MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
INDUSTRIAL**

Autor: Ing. Jorge Oviedo Galarza

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la fortaleza suficiente para seguir adelante y permitirme disfrutar la culminación de una meta más en mi vida.

A los Ingenieros José Sandoya y Alfonso Agama, por la ayuda incondicional que me brindaron durante todo el proceso de la MACI.

Al M.Sc. Carlos Villafuerte, por su asesoría y disponibilidad permanente.

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi esposa e hijos, que con paciencia han entendido los esfuerzos que me ha tocado realizar cada día y a través de su apoyo moral e incondicional me han permitido superarme académicamente.

A mi madre, que con sus consejos y ahínco ha colaborado para que pueda alcanzar otra meta importante de mi vida.

A familiares por estar pendiente de mi bienestar y salud.

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

M.Sc. Sara Ríos  
PRESIDENTE



---

M.Sc Denny Cortez.  
VOCAL



---

Ph.D Wilton Agila  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad de este Informe Profesional me corresponde exclusivamente;  
y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del  
Litoral.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Ing. Jorge Oviedo Galarza

## RESUMEN

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica del País, en los actuales momentos protegen las líneas y redes, para eventos de corto circuitos, esto es incremento indiscriminado de la corriente eléctrica, con seccionamientos accionados con tiras fusibles.

El trabajo realizado consiste en diseñar un control para un interruptor mecánico, para usarlo en media tensión (15 Kv), para proteger las líneas y redes eléctricas de cortos circuitos o disminución brusca de la tensión.

Para poder controlar el interruptor se diseñó un programa en la plataforma de labview. El interruptor funcionará como un breaker, es decir cortará (abrirá) el circuito, cuando la corriente de operación sea superior a la corriente prefijada, adicionalmente cortará el circuito si el voltaje de alimentación cae por debajo de un valor de tensión prefijada. Todo evento que se genere en el alimentador de media tensión, será registrado en una base de datos e informado al operador a través de vía email.

Con el presente proyecto se podrá reestablecer el servicio de energía eléctrica de manera inmediata, una vez verificada las condiciones normales del alimentador. Además se mejoran los índices de calidad y se garantiza mayor seguridad al personal, debido a que el interruptor no se lo trabaja manualmente, por lo tanto los riesgos que se puedan ocasionar a los trabajadores al sufrir descargas eléctricas son prácticamente nulos. Finalmente se dará un mejor servicio de energía eléctrica a los usuarios.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	4
ÍNDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
Capítulo I.....	1
Capítulo II.....	17
Resultados Obtenidos.....	17
Conclusiones.....	18
Recomendaciones.....	19
Bibliografía.....	20
Glosario de Términos.....	21
Anexos.....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Panel Principal.....	5
Figura 2.- Etapa de Medición .....	7
Figura 3.- Etapa de Verificación.....	9
Figura 4.- Etapa de Ejecución.....	11
Figura 5.- Etapa de Guardar .....	13
Figura 6.- Etapa Enviar Email .....	15
Figura 7.- Transformador de Corriente .....	22
Figura 8.- Transformador de Potencial .....	23
Figura 9.- Tarjeta NI USB 6009.....	24
Figura 10.- Interruptor Eléctrico 15 KV.....	25
Figura 11.- Circuito Integrado .....	26

# INTRODUCCIÓN

Las redes de media tensión, que se encuentran en el sistema eléctrico a nivel nacional, son protegidas a través de seccionadores fusibles.

La falta de mantenimiento en las redes eléctricas por parte de las empresas distribuidoras, puede ocasionar que se den fallas en el alimentador. Estas fallas se derivan en desconexiones que pueden dañar equipos que se encuentren instalados tanto en las zonas de orden industrial, comercial y residencial.

Estas desconexiones se dan a diario en el sistema eléctrico y en ocasiones pueden durar horas poder restablecer el servicio de energía eléctrica, debido a que se requiere varios recursos, tanto en lo económico como en lo laboral.

Por lo tanto para poder solución a estos problemas, el presente proyecto contempla en poder automatizar un interruptor mecánico de media tensión.

El principal objetivo del presente proyecto, es poder controlar la red eléctrica a través de un interruptor de media tensión y así evitar desconexiones y demoras en el restablecimiento de la energía eléctrica y por lo tanto brindar un servicio confiable, continuo y seguro a los usuarios que se encuentran dentro del área de cobertura del alimentador de media tensión.

Para poder controlar el equipo, se diseñó un programa en la plataforma de labview y para la implementación se utilizó una tarjeta de adquisición de datos NI6009, transformadores de voltaje y corriente y un circuito electrónico como interface entre la tarjeta NI6009 y el interruptor.

El interruptor funcionará como un breaker, es decir cortará (abrirá) el circuito, cuando los valores de voltaje y corriente no se encuentren en sus valores nominales fijados en el programa.

Todos los eventos que se presenten se registraran en una base de datos y son enviados al operador vía correo.

Con el diseño y control del interruptor, se obtendrá que el servicio de energía eléctrica se reestablecerá inmediatamente, cuando se presente una falla. Además se mejora los índices de calidad que son monitoreados por los entes reguladores del MEER y ARCONEL.

Finalmente se garantiza mayor seguridad personal ante cualquier falla en el sistema de potencia en media tensión, debido a que el interruptor no se lo trabaja ni opera manualmente.

# Capítulo I

## Metodología o Solución Tecnológica Implementada.

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica del País, en los actuales momentos protegen las líneas y redes, para eventos de corto circuitos, esto es incremento indiscriminado de la corriente eléctrica, con seccionamientos accionados con tiras fusibles.

El proyecto de poder diseñar y controlar el interruptor mecánico en media tensión, se lo plantea como solución al problema que se presenta en las redes de suministro eléctrico, esto es a las interrupciones que se dan debido a fallas tanto técnicas y como de orden climático, las cuales pueden afectar a los equipos que se encuentran en zonas industrial, comercial y residencial.

Nuestro trabajo consistirá en automatizar un interruptor mecánico, para usarlo en media tensión (15 Kv), para proteger las líneas y redes eléctricas de cortos circuitos o disminución brusca de la tensión.

Para la implementación del proyecto, se utilizó una tarjeta NI6009, de National Instrument, que se conecta al computador por medio del puerto serial (USB) y que tiene 12 entradas-salidas digitales, 4 entradas analógicas, 2 salidas analógicas. Y los valores de voltajes de las señales digitales son de 0 y 5 voltios. Y las señales analógicas pueden variar entre -10 y 10 Voltios.

Para poder controlar el equipo, se diseñó un programa en la plataforma de Labview. Además necesitamos obtener los valores de voltaje y corriente que se presentan en la red eléctrica a proteger. Para esto se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

Se utilizará un transformador de potencial, que servirá para disminuir el voltaje, a valores que pueda manejar la tarjeta utilizada, es decir entre -10 y 10 voltios, es decir un transformador de potencial con relación 8400 a 120 Voltios y otro transformador de 120 a 5 voltios.

Se utilizará un transformador de corriente, que servirá para disminuir la corriente, a valores que pueda manejar la tarjeta utilizada, es decir entre -10 y 10 amperios, es decir un transformador de corriente con relación de 20 a 5 Amperios.

Cabe indicar que los transformadores de corriente y potencial son aislados a 15 Kv y de uso de intemperie.

Entonces, se estará monitoreando las señales de voltaje y corriente presente en las líneas protegidas, señales analógicas que ingresarán a la tarjeta NI6009 y procesadas por el programa.

Las señales analógicas de voltaje y corriente son acondicionadas (pre procesadas) por un circuito electrónico diseñado. Cabe indicar para poder simular las variaciones de voltaje y corriente en el proyecto, se lo realizó a través de dos potenciómetros.

Como el voltaje de alimentación del motor del interruptor es de 120 voltios utilizamos un circuito electrónico como interface entre la tarjeta NI6009 y el interruptor.

El interruptor funcionará como un breaker, es decir cortará (abrirá) el circuito, cuando la corriente de operación sea superior a la corriente prefijada,

adicionalmente cortará el circuito si el voltaje de alimentación cae por debajo de un valor de tensión prefijada.

Si la corriente de operación, adquiere en forma continua un valor superior a la corriente prefijada el interruptor se abrirá, lo que conlleva a la protección de las líneas y redes.

Pero si la corriente crece por encima de la corriente prefijada por un periodo inferior a un determinado tiempo, el interruptor no se abrirá, es decir continuará cerrado (conectado), ya que lo interpretará como la entrada en funcionamiento de algún equipo eléctrico conectado en las líneas que está protegiendo.

Si el valor del voltaje aplicado a las líneas que el interruptor está protegiendo disminuye en forma continua de un valor menor al prefijado, el interruptor se desconectará.

Pero si el voltaje cae por debajo del voltaje prefijado por un periodo inferior a un determinado tiempo, el interruptor no se abrirá, es decir continuará cerrado (conectado), ya que lo interpretará como la entrada en funcionamiento de algún equipo eléctrico conectado en las líneas que está protegiendo.

Todos los eventos que se presenten en la red de media tensión que está protegiendo el interruptor, son almacenados en una base de datos, donde se registra el tiempo, voltaje, corriente, encendido, apagado y frecuencia.

Todo evento de desconexión que se presente en la red eléctrica, es enviado al operador vía email.

A continuación se muestra las etapas, correspondiente al funcionamiento del programa en Labview:

# Funcionamiento

## Panel Principal

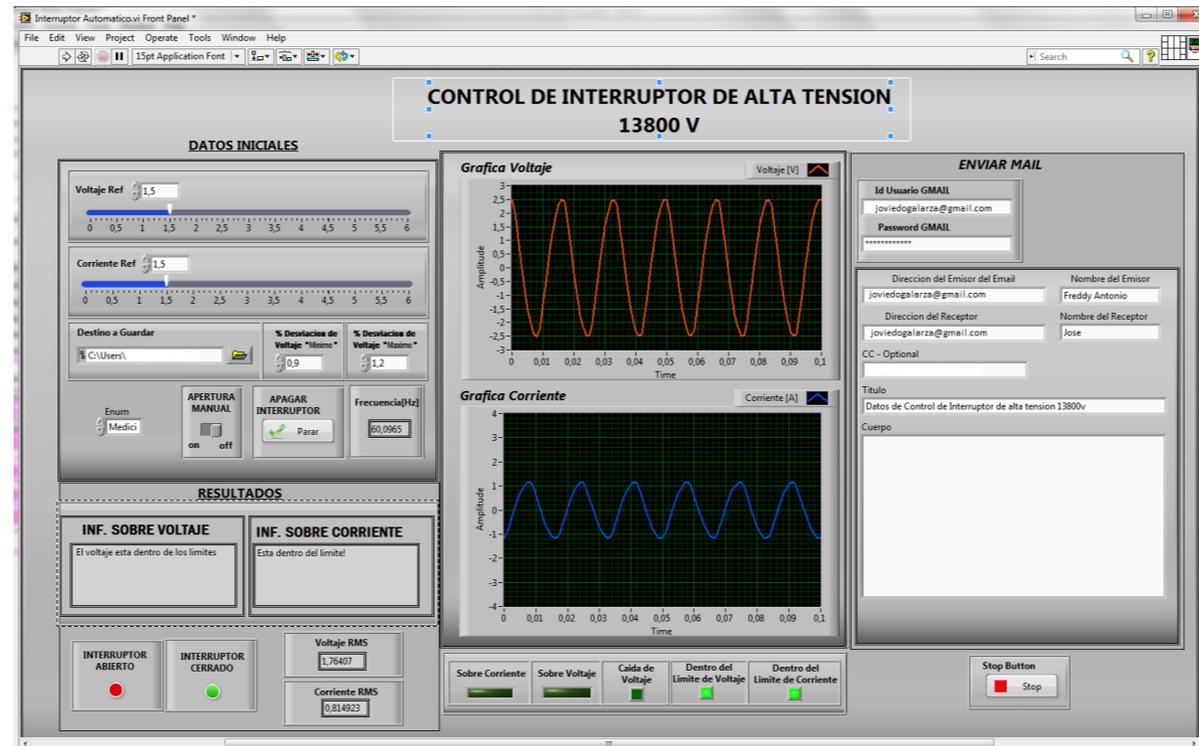


Figura 1.- Panel Principal

En el panel principal se observara lo siguiente:

- Dos Graph que me indicaran las señales de voltaje y corriente, censadas en los terminales del interruptor
- Dos sliders donde seleccionaremos el voltaje y la corriente de referencia, a las cuales el sistema contralará.
- En Destino a guardar se seleccionara un archivo donde se almacenara los valores de voltaje, corriente, frecuencia y tiempo que se generan durante los eventos ocurridos en el sistema.
- Dos indicadores que nos muestra los rangos de tolerancia (máximo y mínimo) de voltaje, para nuestro caso sería el 10% en bajo voltaje y el 20% en sobre voltaje, para lo cual el sistema va actuar.
- Un control ON-OFF para la apertura manual del interruptor.
- Un control para la apertura del interruptor controlado por el programa.
- Tres indicadores, que muestran los valores rms de voltaje, corriente y la frecuencia en Hz.
- Dos cuadros de textos que nos indicara el evento ocurrido en el sistema.
- Dos leds de color rojo que nos indicaran la posición de trabajo del interruptor (abierto/cerrado).
- Cinco leds de color verde que nos indicara los eventos del sistema (sobre corriente, sobre voltaje, caída de voltaje, dentro del límite del voltaje y dentro del límite de la corriente.
- Cuadro para textos, donde se introduce el email origen y destino, donde el sistema enviará la información del evento ocurrido.
- Un botón de stop para desactivar el sistema.

## Etapa de Medición

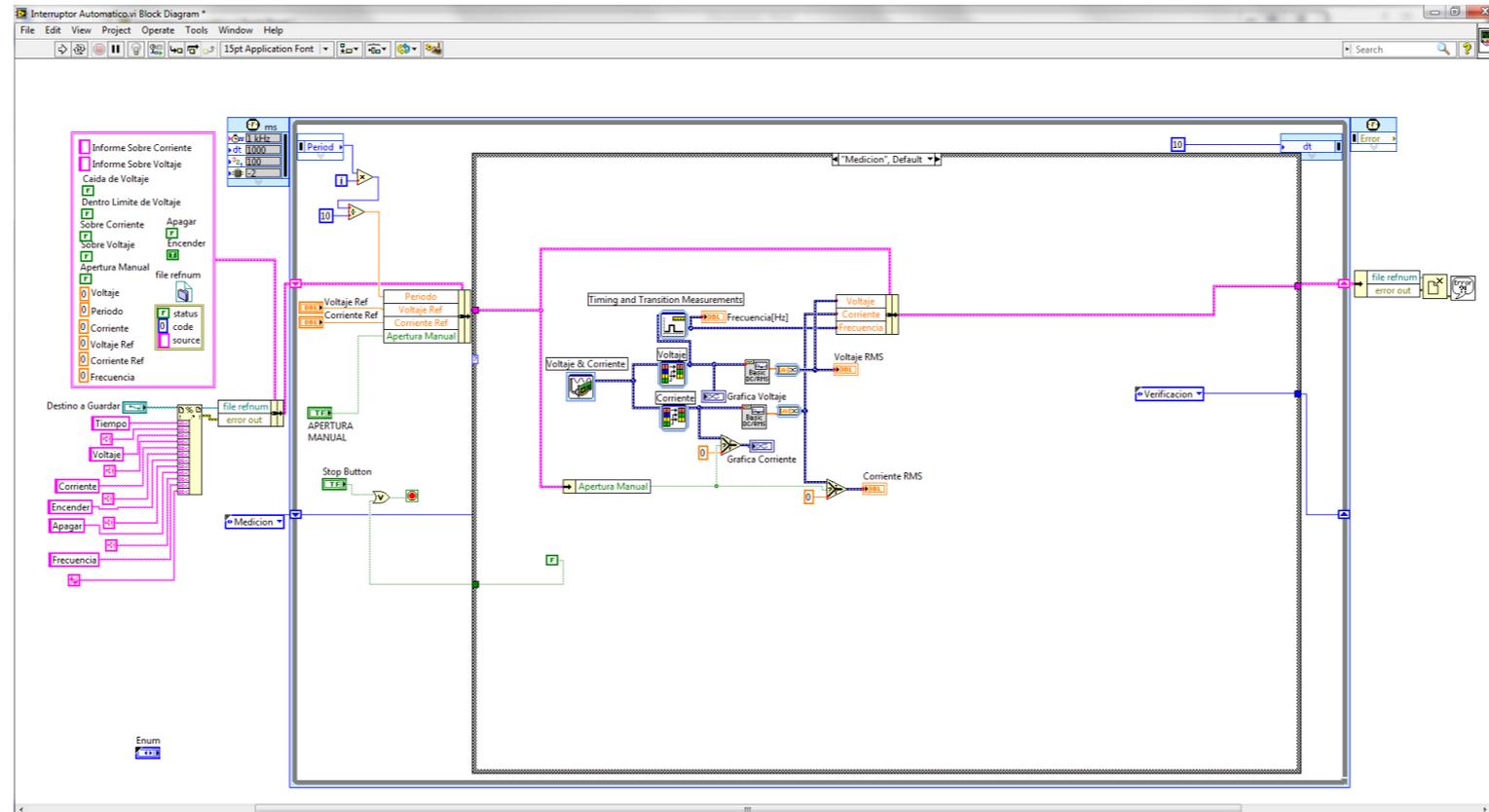


Figura 2.- Etapa de Medición

Para simular los valores y corriente en media tensión se utilizará un circuito con potenciómetros y supresores de voltaje a 5 voltios.

Estas señales ingresarán al sistema y serán medidas a través de la tarjeta NI6009 y mostradas en el panel frontal a través de los Graph. De estas señales se determinará sus valores rms.

## Etapa de Verificación

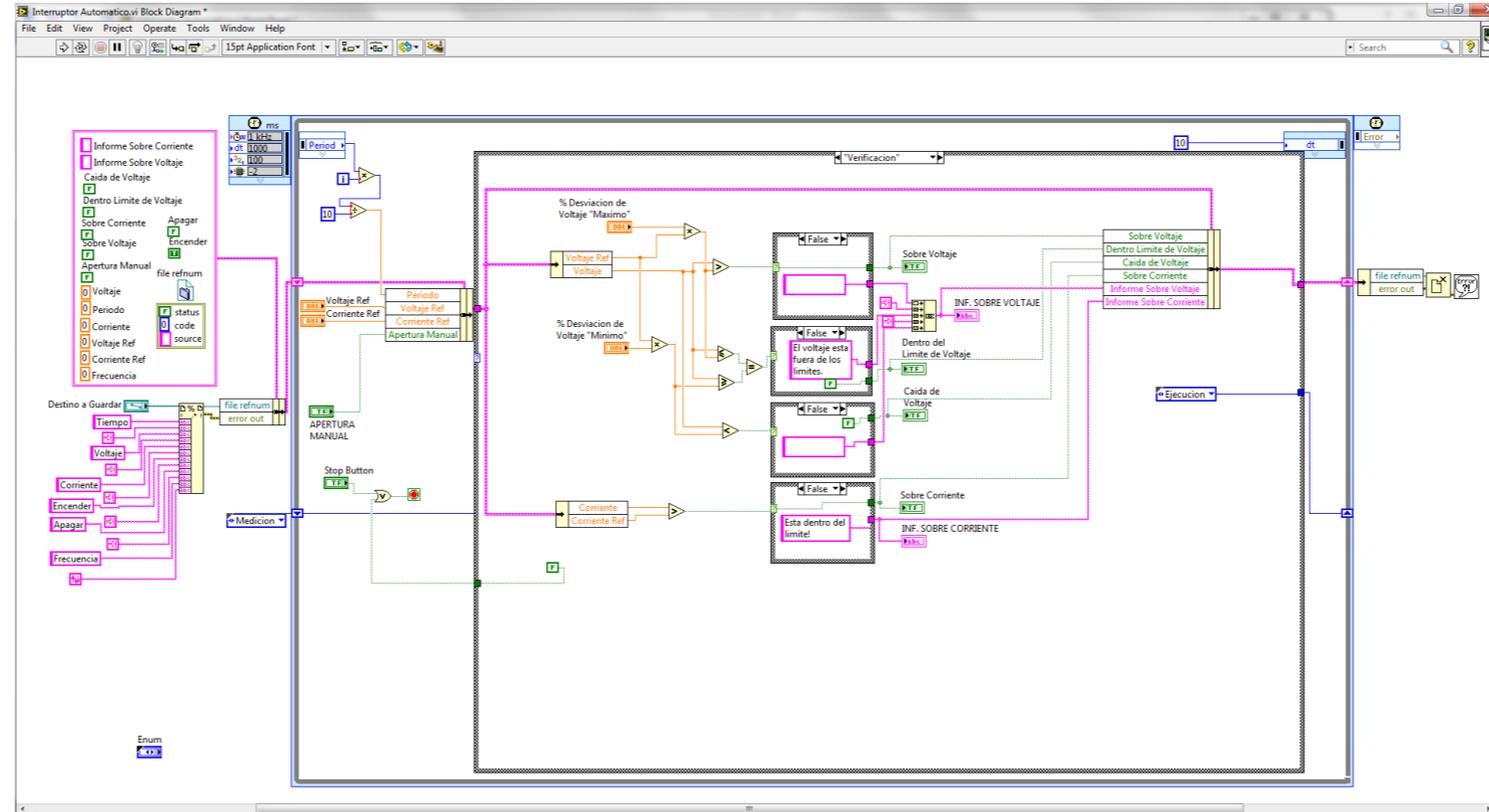


Figura 3.- Etapa de Verificación

En esta etapa se verificara si los valores rms de las señales voltaje y corriente estan o no dentro de los limites establecidos por los valores referenciales.

En cada caso se tomara la decisión establecida para cada evento, los cuales pueden ser de sobre corriente, sobre voltaje y caída voltaje, indicadas en el panel principal.

## Etapa de Ejecución

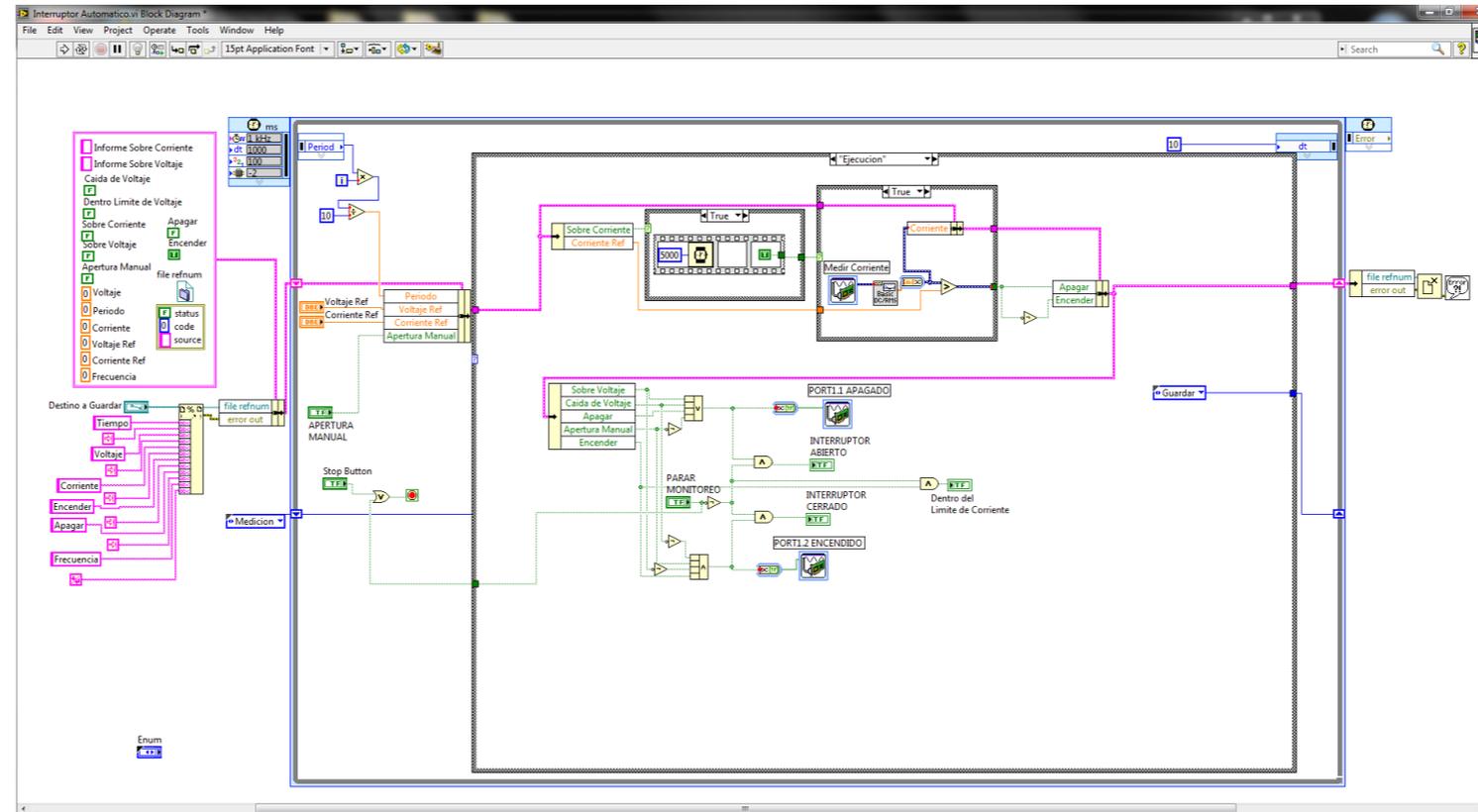


Figura 4.- Etapa de Ejecución

En esta etapa se analiza las señales por niveles de corriente y voltaje.

En voltaje: se puede abrir el interruptor manualmente en condiciones normales de funcionamiento (mantenimiento).

Si al comparar el valor rms con su valor de referencia se abre el interruptor, cuando ocurra una de las condiciones de falla (sobre voltaje y caída de voltaje).

Si el interruptor está abierto y las condiciones de operación están dentro del rango el sistema mandará a cerrar el interruptor.

En corriente: Si se detecta una sobrecorriente, el sistema esperará un tiempo pequeño establecido en el diseño, luego medirá nuevamente la corriente y si esta se encuentra dentro de los límites establecidos el interruptor permanecerá cerrado, caso contrario abrirá el interruptor.



En esta etapa, los valores de periodo, voltaje, corriente, encendido, apagado y frecuencia de los eventos ocurridos se escribirán y guardarán en un archivo Datos Interruptor, de tal manera que se puedan acceder para un analisis estadístico.

## Etapa Enviar Email

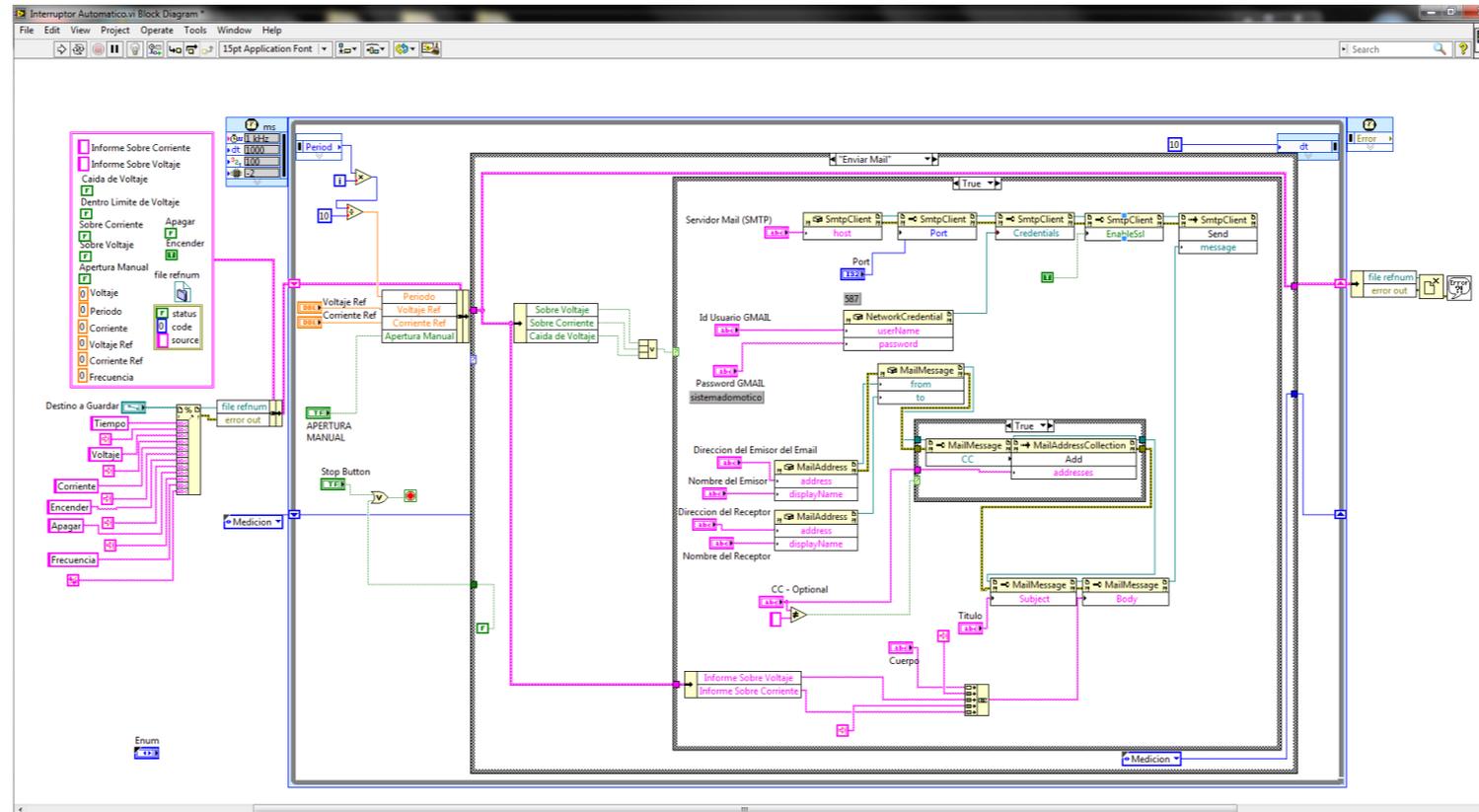


Figura 6.- Etapa Enviar Email

Con la finalidad de que el jefe inmediato este informado de los eventos producidos en el sistema, se diseñó esta parte del programa para mediante correo electronico se indique la clase de evento ocurrido.

## Capítulo II

### Resultados Obtenidos.

La mayor parte de las líneas de media tensión se encuentran protegidas por seccionadores fusible y cuando se produce una falla y se desconecta todo el alimentador, para poder identificar la falla y reestablecer el servicio, se debe emplear muchos recursos, tanto en lo laboral como en lo económico. Con el diseño y control del Interruptor, el servicio se restablecerá inmediatamente, una vez verificada las condiciones normales del alimentador.

A través del presente proyecto se mejorara los índices de calidad, ya que se reducirán los tiempos de desconexiones y se cumplirá con las metas establecidas mes a mes por los entes reguladores como MEER y ARCONEL.

Se garantiza mayor seguridad personal ante cualquier falla en el sistema de potencia en media tensión, para lo que está diseñado este proyecto, no hay contacto directo del personal de línea con el equipo en mención, debido a que el interruptor no se lo trabaja manualmente, por lo tanto los riesgos que se puedan ocasionar a los trabajadores al sufrir descargas eléctricas, son prácticamente nulos.

## Conclusiones

1. Con el presente proyecto se dará mayor confiabilidad y continuidad al servicio de energía eléctrica que brinda a los usuarios.
2. El programa de Labview, nos permite interactuar gráficamente con nuestro sistema lo cual nos garantiza; tanto el control como la seguridad al aplicar sistema como el presente proyecto, ya que al actuar con equipos de protecciones de media tensión siempre tenemos un riesgo de seguridad.
3. Este programa facilitaría todo sistema de control, en el cual el ser humano corra peligro ya que a través de un computador el usuario puede observar analizar y tomar decisiones en un sitio con conformidad y seguridad lejos del campo donde se encuentre el sistema.
4. Además del control labview nos facilita almacenar los datos de todos los eventos ocurridos, lo cual puede programarse de la manera más conveniente para el usuario.
5. A través de vía email, se informara al operador de todo evento que ocurra en el sistema eléctrico.

## Recomendaciones

1. El circuito electrónico y la tarjeta NI6009, se los debe proteger del polvo y la humedad, para que se consiga un perfecto funcionamiento y se alargue la vida útil.
2. Los valores de voltaje y corriente deben estar bien calibrados para que actúe el equipo.
3. Se debe elegir una tarjeta de adquisición de datos en la cual su tiempo de procesamiento de datos sea muy rápido, para que así el interruptor actúe de manera inmediato y se pueda evitar daños de equipos.

## Bibliografía

1. LUIS ECHEVERRÍA “La Tarjeta NI USB 6009”. Escuela Superior Politécnica del Ejercito, 2015, p. 1 – 42.
2. Transformadores de Medida en Media Tensión [en línea]. Disponible en <http://www.ritz-international.com/> [Consulta Agosto 2015]
3. HOLGER CEVALLOS “Instrumentación Industrial Virtual Labview”. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2013.
4. FREDDY MAQUILON – HECTOR CHONG. “Automatización de interruptores eléctricos para garantizar continuidad del fluido eléctrico”. Tesis en opción al título de Tecnólogo Eléctrico. Universidad Técnica de Babahoyo, 2009.

## **Glosario de Términos**

**MEER:** Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

**ARCONEL:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad

**TP's:** Transformadores de Potencial

**TC's:** Transformadores de Corriente

**Valores RMS:** Valor cuadrático Medio o Valor Eficaz

## Anexos

### Transformadores de Corriente

Los transformadores de Corriente están contruidos para convertir la corriente primaria asignada que circula por el arrollamiento primario. Por peligro de sobretensión, en los bornes secundarios, el arrollamiento secundario nunca debe dejarse abierto.

Los aparatos se conectan en serie. Los transformadores de corriente pueden ser equipados con más de un arrollamiento secundario. Los núcleos correspondientes están separados de manera magnética y pueden ser provisto de diferentes datos características para medida y/o protección



**Figura 7.- Transformador de Corriente**

## Transformadores de Potencial

Los transformadores de potencial tienen un solo núcleo de hierro con el arrollamiento secundario aplicado sobre él.

Si fuera necesario, los transformadores unipolares aislados pueden ser equipados con un arrollamiento adicional para el registro de cortocircuitos a tierra.

El borne del arrollamiento primario (N) está puesto a tierra en la caja de bornes y no debe ser retirado durante el funcionamiento de la instalación.



**Figura 8.- Transformador de Potencial**

## Tarjeta NI USB 6009

La tarjeta está compuesta de tres elementos, el elemento principal de la DAQ (de aquí en adelante la DAQ se refiere a la tarjeta NI USB-6009) y dos grupos de borneras, tal como se observa a continuación:



**Figura 9.- Tarjeta NI USB 6009**

Un grupo de borneras corresponden a las entradas y salidas analógicas y el grupo opuesto corresponden a las entradas y salidas digitales, entrada de trigger o contador, +5 V y tierra.

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s).
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits.

Para poder trabajar con la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 es necesario disponer de los siguientes elementos:

- Computador con NI LabVIEW
- NI-DAQmx , compatible con la versión de LabVIEW instalada
- Tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009
- Cable USB tipo USB A/M a USB B/M.

## Interruptor eléctrico

Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno las aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende un bombillo, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas controlado por computadora.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.



Figura 10.- Interruptor Eléctrico 15 KV

# Circuito Integrado

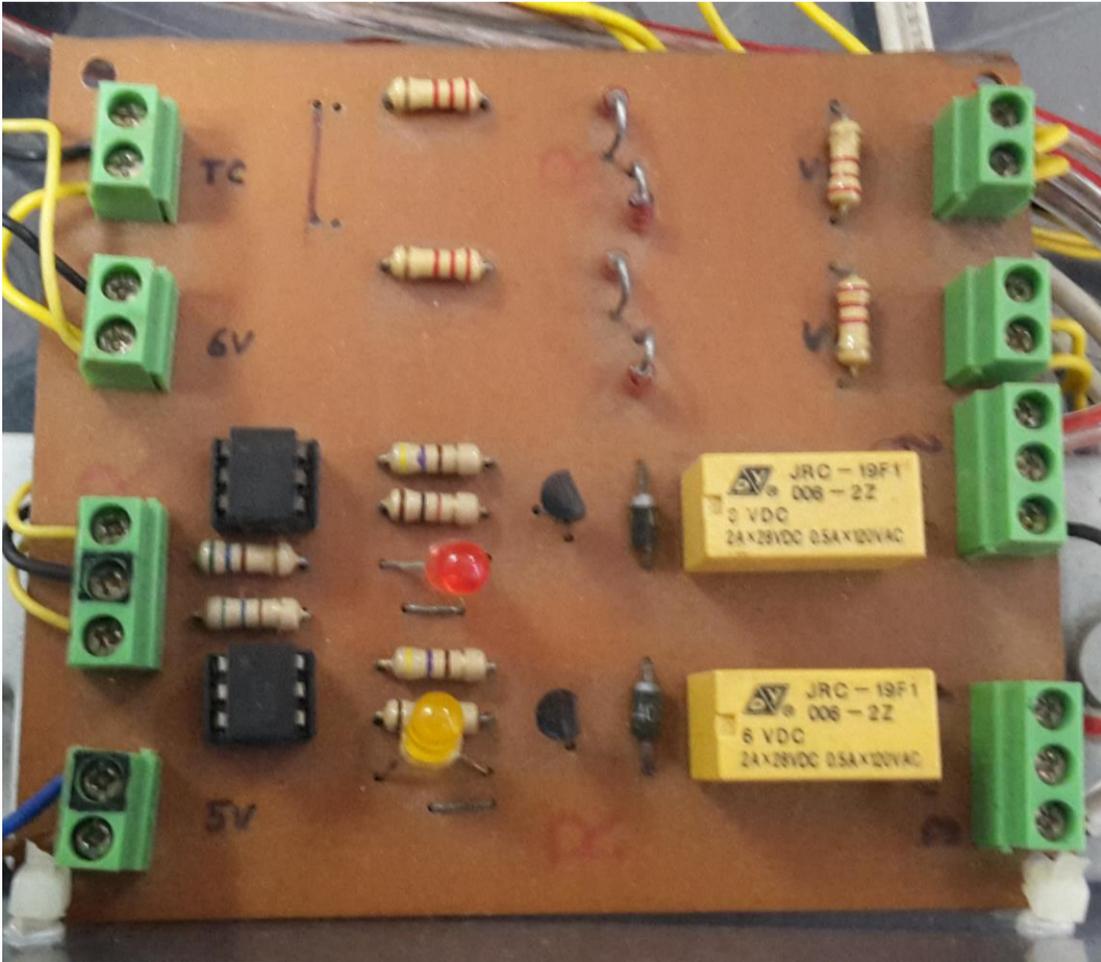


Figura 11.- Circuito Integrado