

# **Diseño y Construcción de un Tablero didáctico para el Laboratorio de Maquinarias enfocado a la enseñanza de practicas con motores, específicamente para el control del proceso de Sincronización de Generadores y utilizando la herramienta de LABVIEW para la visualización.**

Diana Gallegos<sup>1</sup>, Héctor Flores<sup>2</sup>, Jorge Chiriboga<sup>3</sup>  
Facultad de Ingeniería de Electricidad y Computación – Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Km 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador  
Teléfono: +593 4 269300, Fax: +593 4 2269269

<sup>1</sup>dgallego@fiec.espol.edu.ec

<sup>2</sup>hflores@fiec.espol.edu.ec

<sup>3</sup>Escuela Superior Politécnica de Litoral

<sup>3</sup>Ingeniero Eléctrico en Potencia

<sup>3</sup>jchiribo@fiec.espol.edu.ec

## **Resumen**

*En la actualidad las Universidades con el afán de que los estudiantes se relacionen con situaciones que se presentan en las industrias. Hoy en día se realizan proyectos a su área de especialidad por lo cual se hace imprescindible construir un tablero de pruebas con motores de corriente continua y de corriente alterna. Aquí se plantea la creación de un tablero didáctico el cual consta de elementos de mediciones, fuerza y control, protección, indicadores de funcionamiento, terminales de conexión, etc. Además se ve la necesidad de crear un sistema de monitoreo a través de software LabVIEW. El alcance de este proyecto va desde estudio de elementos necesarios para realización de diferentes prácticas en el laboratorio de maquinarias eléctricas hasta llegar a tener todos los instrumentos para realizar la práctica de sincronización de generadores en paralelo y junto a esto poder visualizar el funcionamiento por medio de la herramienta de LabVIEW. Para luego realizar pruebas y análisis obteniendo resultados satisfactorios.*

**Palabras Claves:** *Tablero de pruebas, LabVIEW, sistema de monitoreo, sincronización de generadores en paralelo.*

*At present the college with the desire for students to relate to situations that arise in industry. Today, projects are undertaken in their area of specialty so it is essential to build a test panel with DC motors and AC. Here is the creation of an educational panel which consists of measurements of elements, strength and control, protection, performance indicators, terminal connection and so on. It also sees the need to create a monitoring system using LabVIEW software. The scope of this project is from study of elements for a variety of laboratory practices in the electrical machinery until you get to have all the tools to make the practice of synchronization generators in parallel with this operation can be viewed through tool LabVIEW. Then testing and analysis results were satisfactory.*

**Keywords:** *Panel testing, LabVIEW, system monitoring, synchronization of parallel generators.*

## 1. Introducción.

En el transcurso de los años se ha hecho cada vez más indispensable el estudio y análisis de las variables físicas que se encuentran en nuestro alrededor, en la actualidad las universidades preocupados por el nivel académico de los estudiantes, buscando la manera de cómo readicionarlos con el entorno laboral, se realizan proyectos prácticos enfocados a su área de especialidad. Pero más necesario aun se ha vuelto el uso de métodos basados en software ya sea para monitoreo o control de dichos sistemas. El diseño y construcción de un tablero didáctico para prácticas con motores de corriente continua, corriente alterna y específicamente la sincronización de generadores, el tablero está enfocado en el manejo de elementos y equipos de medición, basada para aplicaciones reales estas aplicaciones se llevan a cabo frecuentemente, dentro de la industria, ya sea para tener el correcto funcionamiento de los procesos [1].

En la actualidad los sistemas mediante computador o mecanismos basados en software, han incrementado muchas alternativas en base a programas se refiere. En la cual LabVIEW en sus últimas versiones ofrece funciones muy avanzadas para identificación de sistemas, diseño de control, simulación, y principalmente adquisición de datos. Esta aplicación se la realiza mediante tarjetas periféricas denominadas tarjetas de adquisición de datos, las cuales de acuerdo a sus características pueden llegar a ofrecer mayores velocidades de adquisición de datos [3].

Mediante la herramienta de LabVIEW se realiza la interfase para la adquisición de datos, para tomar las señales de las variables físicas que intervienen en el proceso de la práctica desde el lugar en el que se encuentran ubicado el tablero G&F y poder ser visualizado su proceso en la computadora mediante el cable de conexión a la tarjeta. Esto proporciona una facilidad de no ser necesario que la persona o estudiante esté físicamente presente en el lugar de operación para poder verificar que el sistema esté funcionando debidamente [2].

## 2. Tablero G&F

### 2.1 Construcción del Tablero G&F

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de un tablero didáctico para el control de motores específicamente para sincronización de generadores en paralelo, estructurado con elementos de medición tanto para corriente y voltaje, protecciones, elementos de campo para que los estudiantes tengan una mejor visión de todos los

parámetros eléctricos que intervienen en la realización de prácticas en el Laboratorio de Maquinas Eléctricas.

### 2.2 Propósito del diseño.

El propósito es siempre mejorar el nivel académico e institucional la construcción del tablero para la sincronización de generadores en paralelo y su visualización con la herramienta de LabVIEW esta enfocada como un medio didáctico para el Laboratorio de Maquinaria Eléctrica en beneficio del estudiante y la institución. Los estudiantes podrán realizar y comprender las prácticas con mayor interés y observación, disminuyendo la dificultad en obtención de datos, mediciones o cableado de la práctica.

### 2.3 Diseño y Construcción.

La práctica de Sincronización de Generadores se realiza con diversos tipos de conexiones tanto de fuerza como de control, para realizar el diseño del tablero se hace un análisis de todos los equipos que involucran esta práctica, se usa un tablero con las dimensiones (174cmx117cmx22cm) que pueda abarcar la mayor parte de equipos para realizar la práctica como se indican en la Figura 1 y 2.

Los principales equipos de mediciones que se utiliza en esta práctica y las demás prácticas que realizan en el laboratorio de Maquinarias, son medidores de voltaje, corriente, frecuencia, sincronización, también luz pilotos y adicionalmente otros instrumentos como contactores, temporizadores, relé falla de campo, resistencias, reóstatos, breakers, botoneras de marcha-paro, botonera de emergencia, luces indicadoras, etc. Para instalar en el tablero se toman las dimensiones de cada uno de los instrumentos, que con anterioridad han sido probado y analizado su funcionamiento.

Se diseñó además una fuente de voltaje variable la cual se puede usar como fuente de corriente alterna variable de 0-208V-20A o como una fuente de corriente directa variable de 0-125V-4A.

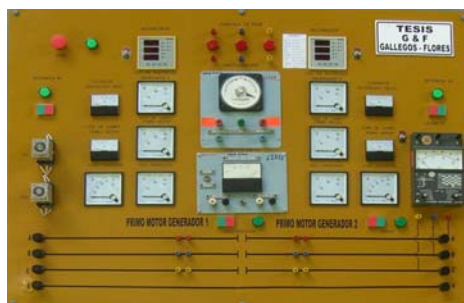


Figura 1. Ubicación y conexión de equipos.



**Figura 2.** Ubicación y conexión de equipos parte trasera.

## 2.4 Implementación del Tablero.

El MID 96, este instrumento se instala con la finalidad de adquirir los parámetros eléctricos del motor o generador AC; como la corriente de línea, voltaje línea -fase, Potencia Activa, Reactiva en un solo equipo como se indica en la Figura 3. En la sincronización lo utilizamos para medir el voltaje de generación, la potencia Activa y Reactiva de cada uno de los generadores. El va a estar colocado en la parte superior del tablero para poder tener una mejor visualización y manipulación del mismo. El MID va a estar conectada su alimentación a los terminales de Línea a Neutro y las señales a medirse van a estar en las barras instaladas en el tablero G&F [5].



**Figura 3.** Figura del MID 96.

Con la finalidad de obtener los valores del voltaje y corriente de campo de los generador, el voltaje y corriente del los primos motores tanto para la armadura y el campo, se instalaron medidores con rangos de escala adecuada a la necesidad de estos sistemas. La conexión para los primo motores se lo va hacer por motor compuesto lo cual se necesita un voltaje de 125Vdc tanto para el campo como para la armadura, se instalaron medidores de voltaje 0 – 150Vdc(96x96mm) y corriente 0-50Adc(96x96mm) como se lo muestra en la Figura 4. Se instaló dos amperímetros y dos voltímetros para medir la corriente de campo y el voltaje de excitación de los

dos generadores. El amperímetro tiene una capacidad de corriente de 0-5Adc como se indica en la Figura 5, debido a que la corriente de campo nominal del generador de 1kW es de 1,85 y el generador de 3kW es de 2,1. Los voltímetros tienen un rango de voltaje de 0-150Vdc, puesto que el voltaje de excitación del generador de 1kW es de 100V y 3kW es de 113V. Por lo tanto los amperímetros y los voltímetros están en capacidad de medir dichas corrientes y voltajes sin ningún problema.



**Figura 4.** Ubicación de medidores de voltaje y corriente para motores, generadores.



**Figura 5.** Ubicación de medidores de corriente para el campo del motor y generador.

En el tablero se diseñó una fuente interna para facilidad de las conexiones, la fuente está diseñada para cualquier práctica que requiera tener una fuente variable de (0-208V-20A-3 $\phi$ ) o una fuente (0-125VDC-4A). Para la práctica de sincronización la vamos a utilizar para alimentar la excitación de los generadores. Los elementos que se requirió para diseñar esta fuente son los siguientes: Un autotransformador 3 $\phi$  de 20A, dos transformadores 1 $\phi$ , dos puentes rectificadores, Brecker, fusibles y borneras.

Se conecta las tres líneas de tensión a los Brecker de 20 A para protección del transformador variable. El transformador variable, lo conectamos en Y como reductor de tensión, para obtener en la salida un voltaje 3 $\phi$  variable de 0-208Vac de línea-línea y de 0-120Vac de línea-neutro. La Figura 6 muestra el diagrama de conexión del autotransformador.

Como tenemos dos transformadores monofásicos lo que hizo es conectar el primario de cada transformador conectar de línea-neutro con un fusible en la línea para protección del transformador,

en el secundario un brecker bifásico de 4A para proteger el puente de cuatro diodos. La Figura 7 muestra el modo de conexión de los transformadores monobásicos. La figura 8 muestra la fuente implementada.

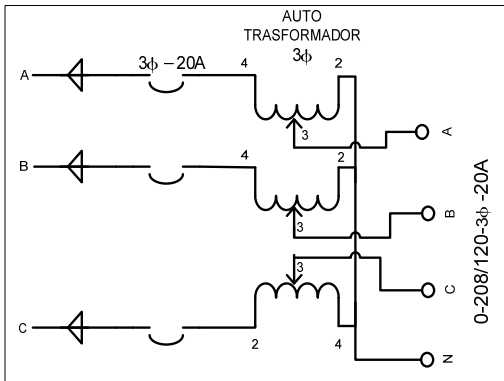


Figura 6. Figura del diagrama de conexión del autotransformador.

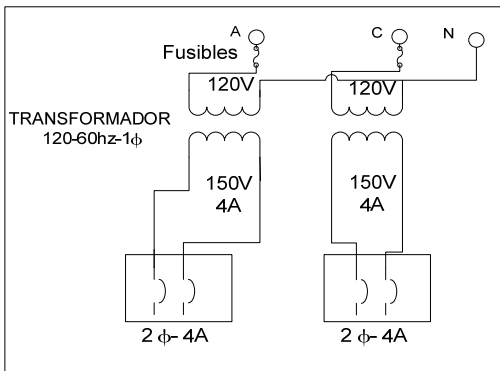


Figura 7. Figura del modo de conexión de los transformadores monobásicos.



Figura 8. Figura de la fuente Implementada.

Diseño de control y fuerza es uno de principales puntos puesto que la mayor parte del sistema tiene que estar cableado internamente sus respectivos terminales de cada equipo de medición y junto con sus respectivos elementos que influyan en su función, para que el estudiante o persona que vaya a

realizar la practica, primero aga su adecuado sistema de control y de fuerza, Se realiza las conexiones de los terminales fuerza y de control en el tablero para el arranque del los primo-motores, generadores como se lo puede observar en la Figura 9, también se realiza el sistema de control para la entrada de carga, sincronización y sistema de emergencia como se indica en la Figura 10.

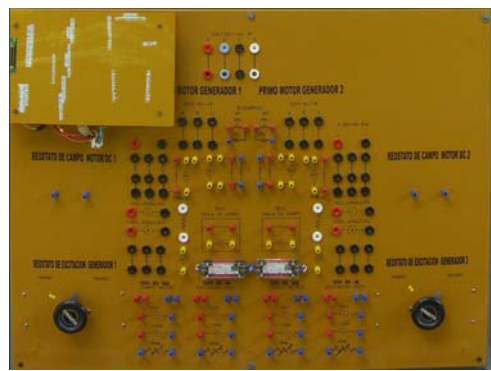


Figura 9. Figura de conexiones de control y fuerza.

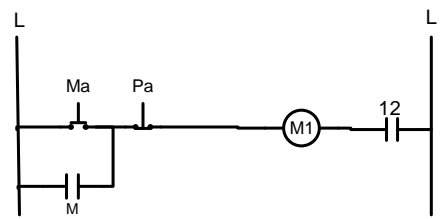


Figura 10a. Figura de conexiones de arranque.

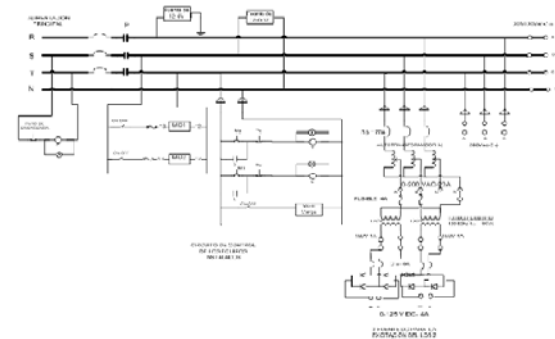


Figura 10b. Figura del diagrama unifilar.

### 2.5 Protecciones en el Tablero G&F.

Botonera P el tablero tiene un sistema de seguridad con un contactor, donde su bobina esta alimentada con un voltaje independiente del tablero, esto se plantea para que cualquier problema que se presentara en el tablero jamás interfiera con el sistema de emergencia y entre a funcionar la botonera de Paro de Emergencia P, este sistema también tiene una luz indicadora como se muestra en la Figura 1. También tiene como protección un

Brecker principal el cual va energizar todos los terminales de salidas que tiene incorporado el tablero y también energizara algunos equipos de medición como el MID96, vatímetro los cuales tienen a su vez interruptores para su funcionamiento. El tablero cuenta en su mayor parte de sistemas de encendido con luces indicadoras para poder verificar su funcionamiento.

El RELÉ DE FALLA DE CAMPO, también conocido como relé de pérdida campo de un motor de C.C tipo Shunt, este protege el circuito principal del motor, en condiciones de campo abierto, o en ausencia de la fuente del campo. La velocidad del motor DC tipo Shunt aumenta a medida que la fuente de suministro del campo se debilita. Teóricamente el motor funciona a velocidad infinita sin fuente de campo. Esta ruptura hace que abra las bobinas de la armadura y dañe totalmente el primo-motor.

El relé de falla de campo, cuando se utilizan en serie con el circuito de campo, se asegura de no se provea ninguna energía a la armadura a menos que el circuito de campo se haya completado. Este relé se utiliza generalmente como una medida de seguridad para proteger al motor de daños y de todo lo que se encuentre al alrededor de este. La Figura 1 muestra la parte frontal del Relé de Falla de Campo [6].

### 3. Trabajos sobre el Tablero G&F.

#### 3.1 Funcionamiento del Tablero G&F.

Conectamos el primo-motor como motor compuesto, con sus respectivos medidores de corriente y voltaje ubicados en el panel, alimentamos con 125 V y lo arrancamos en vacío como la Figura 11. Conectamos también el diagrama de control para el contactor que se va utilizar para la marcha de los motores como la Figura 10a. Ajustar la velocidad a 1800 rpm, por medio del reóstato de campo (rf) que esta conectado en serie con el campo como se observa en la Figura 12.

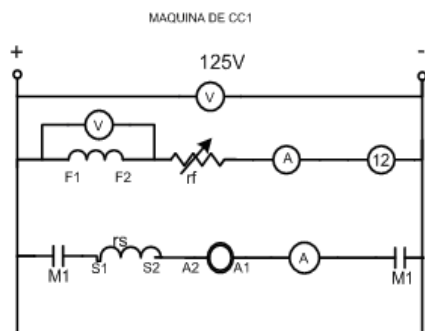


Figura 11. Diagrama de control para el campo y la armadura del primo-motor.



Figura 12. Reóstato de campo.

Hacer las conexiones del rotor y estator del generador 1, Alimentamos al rotor con 100V, que es ajustado por un medio de un VARIAC instalado en el panel. La corriente se controla a través de la resistencia de campo. El estator conectamos sus bobinas en estrella paralelo para obtener un voltaje de 208 voltios igual al voltaje de la barra infinita, luego conectamos los terminales A, B, C a la barra que se encuentra en el tablero para después conectar un vatímetro para medir la potencia de la carga conectada en delta como se observa en la Figura 1. Hacer funcionar el conjunto Primo Motor-Generador, para que por medio del reóstato de excitación del generador comience a generar voltaje en el estator. Ajustar la velocidad. Diagrama de conexión para funcionamiento como generador síncrono Figura 13. Ahora conectamos la carga por medio de una botonera y un contactor instalado para el efecto. Ajustar el voltaje generado y la frecuencia a medida que se aumenta la carga [1].

Conexión de la segunda maquina KATO de la misma forma que se hizo en la maquina 1, haciendo una excepción del punto que indica la conexión de carga, puesto que este generador entrara a sincronizar con el primero para hacer la repartición de su carga Figura 14.

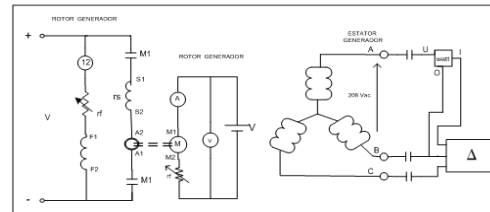


Figura 13. Diagrama de conexión generador síncrono.

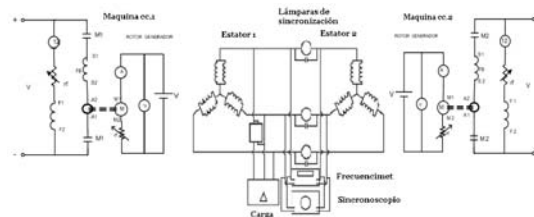
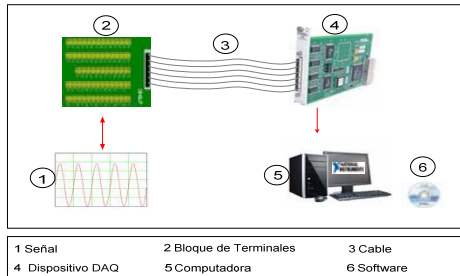


Figura 14. Diagrama de conexión para sincronización en paralelo.



### 3.2 Visualización.

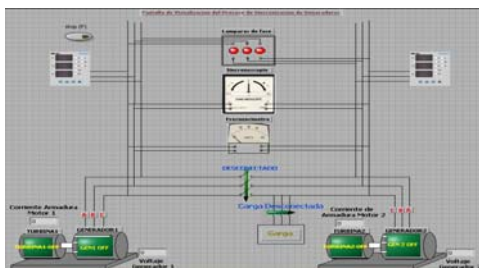
Un sistema típico de adquisición de datos tiene tres tipos básicos de hardware: un bloque de terminales, un cable, y un dispositivo de adquisición de datos (DAQ), como se muestra en la Figura 15. La NI PCI-6024E tiene 68 pines, de los cuales los utiliza para entradas analógicas, salidas analógicas, entrada-salida digital y otros [3].



**Figura 15.** Sistema de adquisición de datos para LabVIEW.

Transductores y Sensores adquieren las señales físicas y producen señales eléctricas de menor nivel tales como voltaje, corriente o resistencia. Por ejemplo, termopares, detectores de temperatura de resistencia (RTDs), termistores, medidores de tensión, corriente, presión, fuerza, flujo. Después de haber convertido un fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionamiento de señal, es necesario adquirir la señal. Para adquirir una señal, se necesita un bloque de terminales, un cable, un dispositivo de adquisición de datos (DAQ), y una computadora. Esta combinación de hardware puede transformar un equipo de medición y un sistema de automatización.

Para conseguir visualizar lo que pasa en la sincronización tanto con los generadores, la puesta en sincronización de los generadores en paralelo y conexión de la carga; se necesita hacer un circuito acondicionador de señal, la pantalla del proceso de LabVIEW se la puede observar en la siguiente Figura 16, en la Figura 17 se muestra el tablero G&F con todas sus conexiones para realizar la practica de Sincronización De Generadores En Paralelo [4].



**Figura 16.** Figura de la pantalla para la Sincronización.



**Figura 17.** Figura de la practica de sincronización de generadores en paralelo.

### 3.3 Resultados.

Ahora se procede hacer uso de las herramientas de adquisición de datos de LabVIEW y realiza la generación de las maquinas kato, y a través de la tarjeta de adquisición de datos PCI 6024E se generan las señales hacia el computador para visualizarlo. Los resultados de la implementación real se muestran en la Tabla 1, donde se encuentran los valores cuando lo motores están encendidos junto con la generación en vacío que a su vez están cumpliendo con los datos de placa de cada maquina, esto refleja que el tablero tiene las adecuadas conexiones y que a su vez los equipos, maquinas están en buen estado.

**Tabla 1.** Tabla de datos del Primo-Motor, Generador, cuando se arranca en vacío y se conecta la excitación.

| PRIMO MOTOR DC |       |          |      |
|----------------|-------|----------|------|
|                | Campo | Armadura | RPM  |
| Voltaje(Vdc)   | 70    | 125      |      |
| Corriente(Adc) | 0.6   | 1.8      |      |
| Velocidad      |       |          | 1800 |

| GENERADOR |        |            |
|-----------|--------|------------|
|           | Campo  | Generación |
| Voltaje   | 100Vdc | 70Vac      |
| Corriente | 1.1Adc | 0          |
| Potencia  | -      | -          |

**Tabla 2.** Tabla de resultado del motor y generador antes de que se reparta la carga.

| 150 Watt POR FASE |           | Antes | Después |
|-------------------|-----------|-------|---------|
| Motor DC          | Ia(A)     | 5     | 5.5     |
|                   | f(Hz)     | 58.1  | 60      |
|                   | Vf(V)     | 56    | 50      |
|                   | If(A)     | 0.5   | 0.42    |
| Generador         | Vgen(V)   | 200   | 208     |
|                   | Igen(A)   | 0.88  | 1       |
|                   | Pgen(W)   | 100   | 109     |
|                   | Qgen(VAR) | 4     | 3.2     |
| Carga             | P(W)      | 185   | 200     |
|                   | Q(VAR)    | 125   | 140     |

En la tabla 2 se aprecia los datos del motor, generador cuando se ingresa 150wat por fase antes de realizar la sincronización y hacer la repartición de carga, cuando se hace la repartición de carga se la debe hacer con mucho cuidado por que los equipos y elementos son muy sensibles para este proceso, para poder repartir la carga se tuvo que disminuir el voltaje de excitación del generador 2 y se aumento el voltaje de excitación del generador 1 para tener un voltaje en las líneas de 208Vac, además se controlo la frecuencia de la misma forma como se hizo con el voltaje, bajando la velocidad de uno de los generadores y aumentando la velocidad del otro generador. A continuación en la Figura 18 se puede observar el tablero G&F terminado con todos sus requerimientos para el uso de las practicas del Laboratorio De Maquinarias Eléctricas, como recomendación se puede decir que el tablero necesitaria su mantenimiento eléctrico cada semestre para prevenir daños o averías futuras.



**Figura 18.** Figura de la pantalla para la Sincronización.

## 4. Conclusiones

Se obtuvieron en las pruebas las adecuadas mediciones indicadas en la práctica, estas se dieron por el buen diseño eléctrico, también de los equipos y elementos adecuados que estuvieron ubicados en el Tablero G&F. La construcción del tablero es de gran utilidad, para tener un monitoreo constante de los parámetros eléctricos que este esta constituido, el cual permite tomar las respectivas acciones para llevar a cabo una practica. El tablero tiene una gran versatilidad puesto con el se puede hacer diferentes practicas con motores. El Relé de Falla de Campo nos permite tener una seguridad de que la maquina no se embale, puesto este nos asegura que así se quiera presionar marcha para encender el motor sin la corriente necesaria para energizar este Relé, el motor no se encenderá. Es importante recalcar el manejo de los elementos para la variación de voltajes, corriente, frecuencia y potencia, se lo debe hacer con el debido cuidado ya que los equipos son muy sensibles y a la vez poder cumplir con los requerimientos de la práctica, en especial en el momento de repartir la carga entre los dos generadores. La visualización a través del Software de Labview permite tener otra perspectiva de lo que ocurre cuando encendemos los motores, generadores, entrada de carga y la puesta en sincronización.

## 4. Referencias

- [1] LIWSCHITZ –GARICK; WHIPPLE, E. E, Maquinas de Corriente Alterna, Editorial Continental, 1972
- [2] “System Identification Toolkit User Manual”, LabVIEW, National Instruments, 2006.
- [3] “6023E/6024E/6025E User Manual”, DAQ, National Instruments, 2000.
- [4] “Simulation Module User Manual”, LabVIEW, National Instruments, 2004.
- [5] SIEMENS, MID 96 Manual.
- [6] ACD MACHINE CONTROL, Field Failure Relay.