

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**ADQUISICIÓN DE DATOS, ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE LA**  
**MÁQUINA ELÉCTRICA GENERALIZADA DEL**  
**LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06,**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR**  
**RODRIGO SALHUA EVANGELISTA**

**PROMOCION 2001-I**

**LIMA – PERU**

**2003**

A mis padres Aquilino, Antonia y hermanos  
por su invaluable apoyo para la culminación de este objetivo.

Al Sr. Feliciano Malpartida por su apoyo incondicional

A mis amigos, profesores y alumnos de la comunidad FIEE

**“ADQUISICIÓN DE DATOS, ANALISIS Y OPERACIÓN  
DE LA MAQUINA ELECTRICA GENERALIZADA  
DEL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06,  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA”**

## SUMARIO

La Automatización de la Máquina Eléctrica Generalizada del Laboratorio de Electricidad N° 06, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería, representa un aporte para el desarrollo de la parte académica así como de la infraestructura del Laboratorio de Electricidad y por ende de la facultad, con lo cual se podrá desarrollar experiencias de laboratorio de máquinas eléctricas rotativas adecuadamente de acuerdo con el avance tecnológico de estos tiempos.

En la presente tesis se muestra los diferentes componentes del sistema de automatización empleado y los pasos a seguir para operar y adquirir datos con técnicas sencillas y económicas.

Asimismo durante o una vez desarrollada la experiencia se podrá apreciar los diferentes parámetros que rigen el funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas como corriente, tensión, potencia, factor de potencia, velocidad, y temperatura en el estator, luego ser analizadas para su convalidación con la teoría.

Finalmente en este documento se muestra la adquisición de datos y operación vía Internet, el cual es uno de las metodologías usadas por la industria moderna.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>TEORÍA Y DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE LA MÁQUINA ELÉCTRICA GENERALIZADA</b>	
1.1 Generalidades	3
1.2 La Máquina Eléctrica Generalizada (MEG)	4
1.3 Modos de Operación de la MEG	7
1.3.1 Como Motor de Inducción	7
1.3.2 Como Máquina Síncrona	8
1.3.3 Como Conmutador AC	9
1.3.4 Como Maquinas D.C.	10
1.4 Características Técnicas de la MEG	10
1.5 La Máquina de Trabajo D.C.	13
1.6 La Unidad de Medida del Torque	14
1.7 Tacogenerador	15
<b>CAPITULO II</b>	
<b>EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE FUERZA DE LA MEG</b>	
2.1 Fuentes de Alimentación	16
2.1.1 Fuente Variable AC trifásica 220 V / 40 A (F1)	17
2.1.2 Fuente Variable DC 220 V / 30 A (F2)	19
2.1.3 Fuente Variable DC 220 V / 15 A (F3)	21

## VI

2.1.4	Fuente Variable DC 220 V / 5 A (F4)	24
2.2	Reóstatos	24
2.2.1	Reóstato R1 (25 $\Omega$ /10 A)	25
2.2.2	Reóstato R (25 $\Omega$ /5 A)	25
2.2.3	Reóstato R3 (1 $\Omega$ /15 A)	25
2.2.4	Reóstato R4 (5 $\Omega$ /20 A)	25
2.2.5	Carga R5 (Motor)	26
2.3	Contactores	26
2.4	Relés Encapsulados	26
2.5	Interruptores Termomagnéticos (Guardamotores)	27
2.6	Cable de Energía	27
2.7	Tablero Eléctrico	28

## **CAPITULO III**

### **EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MAQUINA ELECTRICA GENERALIZADA**

3.1	Generalidades	29
3.2	Tarjetas de Adquisición de Datos DAQ - PCI-6023E	29
3.3	Tarjetas de Adquisición de Datos DAQ - PCI-DIO96	30
3.4	Medición de la Tensión	31
3.4.1	Amplificador de Aislamiento ISO 122P	31
3.4.2	Amplificador Operacional TL 082	33
3.5	Medición de la Corriente	34
3.5.1	Sensor de corriente CBS50-P	34
3.6	Transmisor de Temperatura	37

## VII

3.7	Transductor de Velocidad	39
3.8	Conexionado del Estator	39
3.9	Control de los motores de Paso	41
3.10	Computadora Personal Compatible de Escritorio	43
3.11	Software de Evaluación LabVIEW	44

### **CAPITULO IV**

#### **PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MAQUINA ELECTRICA GENERALIZADA**

4.1	Generalidades	47
4.2	Calibración y Puesta en Servicio del Sistema de Automatización.	47
4.2.1	Sensor de Tensión	47
4.2.2	Sensor de Corriente	49
4.2.3	Sensor de Temperatura	50
4.2.4	Sensor de Velocidad	52
4.2.5	Tarjeta de Control de Conexionado Automático	53
4.2.6	Tarjeta de control de Motores de Paso	54
4.3	Procedimiento de Publicación de Datos y Control Remoto de la MEG	56
4.3.1	Introducción	56
4.3.2	VI SERVER	56
4.3.3	Tecnología DATASOCKET	56
4.3.4	WEB SERVER – INTERNET	57

**CAPITULO V****MODOS DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DE LA MEG**

5.1	Introducción	64
5.2	Como Máquina Básica DC	64
5.2.1	Generador DC de 2 polos, Excitación Separada	65
5.2.2	Motor DC de 2 polos, Excitación Separada	66
5.2.3	Generador DC de 4 polos, Excitación Separada	67
5.2.4	Motor DC de 4 polos, Excitación Separada	68
5.2.5	Generador DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos	69
5.2.6	Motor DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos	70
5.2.7	Generador Shunt DC de 4 polos, con Interpolos	71
5.2.8	Motor Shunt DC de 4 polos, con Interpolos	72
5.2.9	Generador Serie DC de 4 polos, con Interpolos	73
5.2.10	Motor Serie DC de 4 polos, con Interpolos.	74
5.2.11	Generador Compuesto DC de 4 polos, con Interpolos.	75
5.3	Máquina Básica AC	76
5.3.1	Motor de Inducción 3Ø de 2 polos	77
5.3.2	Motor de Inducción 3Ø de 4 polos	78
5.3.3	Generador Síncrono 3Ø de 2 polos	79
5.3.4	Motor Síncrono 3Ø de 2 polos	79
5.4	Máquina de Campo Cruzado	80
5.4.1	Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, sin compensación	80

## IX

5.4.2	Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con Compensación ( 37% )	81
5.4.3	Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con Compensación (100.4% )	82
5.5	Máquina Especial	83
5.5.1	Motor de Conmutación de 4 polos, Tipo Scharage	83
5.6	Adquisición de Datos de la Máquina Eléctrica Generalizada	84
<b>CAPITULO VI</b>		
<b>PRESUPUESTO</b>		
6.1	Generalidades	100
6.2	Recursos Materiales	100
6.2.1	Equipos y Materiales del Laboratorio de Electricidad N <sup>o</sup> 06	100
6.2.2	Equipos y Materiales Adquiridos	101
6.2.3	Equipos y Materiales Alternativos	101
6.3	Análisis de Costos	102
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		103
<b>ANEXO A: PLANOS</b>		105
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		114

## INTRODUCCION

Actualmente en el Laboratorio de Electricidad se desarrolla experiencias de máquinas eléctricas en forma manual, lo cual origina errores de medición y configuración, por otro lado el módulo de la Máquina Eléctrica Generalizada (MEG) se encuentra fuera de servicio hace bastante tiempo, no cumpliendo con los objetivos para lo cual fue diseñada, frente a esta problemática se plantea en la presente tesis una alternativa que consiste en utilizar este módulo de la MEG implementándole un sistema de automatización en plataforma Windows conformada por el software de medición y control LabVIEW, tarjetas de adquisición de datos (entradas/salidas analógicas y digitales). Así como la implementación de tarjetas de medición (corriente, tensión, velocidad y temperatura), tarjetas de control automático (fuentes de alimentación AC/DC, reóstatos tubulares, conexionado del estator para las configuraciones planteadas).

Este sistema de automatización permitirá el desarrollo de 19 experiencias de laboratorio de máquinas eléctricas desde una computadora personal compatible, donde se podrá operar y adquirir los datos de las señales que están presentes en el funcionamiento, así como analizarlos convenientemente.

Finalmente esta tesis se presenta una alternativa a las técnicas de automatización comúnmente utilizados en la industria moderna. asimismo se minimizará el tiempo de desarrollo de las diferentes experiencias de máquinas eléctricas.

Finalmente Las experiencias a desarrollar en esta tesis son:

*Como Máquina Básica DC*

1. Generador DC de 2 polos, Excitación Separada
2. Motor DC de 2 polos, Excitación Separada
3. Generador DC de 4 polos, Excitación Separada
4. Motor DC de 4 polos, Excitación Separada
5. Generador DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos
6. Motor DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos
7. Generador Shunt DC de 4 polos, con Interpolos
8. Motor Shunt DC de 4 polos, con Interpolos
9. Generador Serie DC de 4 polos, con Interpolos
10. Motor Serie DC de 4 polos, con Interpolos.
11. Generador Compuesto DC de 4 polos, con Interpolos.

*Como Máquina Básica AC*

12. Motor de Inducción Trifásico de 2 polos
13. Motor de Inducción Trifásico de 4 polos
14. Generador Síncrono Trifásico de 2 polos
15. Motor Síncrono  $3\Phi$  de 2 polos

*Como Máquina de Campo Cruzado*

16. Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, sin compensación
17. Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con compensación (37%)
18. Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con compensación (100.4%)

*Como Máquina Especial*

19. Motor de Conmutación de 4 polos, Tipo Scharage

# **CAPITULO I**

## **TEORÍA Y DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO DE LA MÁQUINA ELÉCTRICA GENERALIZADA**

### **1.1 Generalidades**

El módulo denominado Máquina Eléctrica Generalizada es un equipo de mucha importancia que se encuentra en el Laboratorio de Electricidad N° 06 de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería, este equipo ha sido concebido tomando como base un motor de inducción, pero esta habilitado para operar como motor o generador tanto de corriente continua o alterna, este módulo consta de la máquina generalizada misma y una máquina de corriente continua que se emplea como máquina prima o generador según sea el requerimiento.

Los componentes de este módulo son los siguientes:

- Máquina de corriente continúa, que sirve para dar movimiento a las escobillas del colector de la máquina generalizada.
- Unidad de Medida del Par en el Eje, utilizado para medir el par en el eje.
- Tacómetro (Taco generador), para la medición de la velocidad del rotor.
- Termocupla, para medir la temperatura en el estator de la Máquina Eléctrica Generalizada, el cual es un RTD.

- La misma Máquina Generalizada, concebida para funcionar como Máquina AC y/o DC, pero básicamente para funcionar como motor de inducción AC.
- Máquina DC Prima, que es utilizada tanto como carga o como motor primo para dar el movimiento en caso que la MEG funcione como generador.

Este módulo de la máquina esta diseñada para permitir una máxima accesibilidad con fines de demostración y mantenimiento.

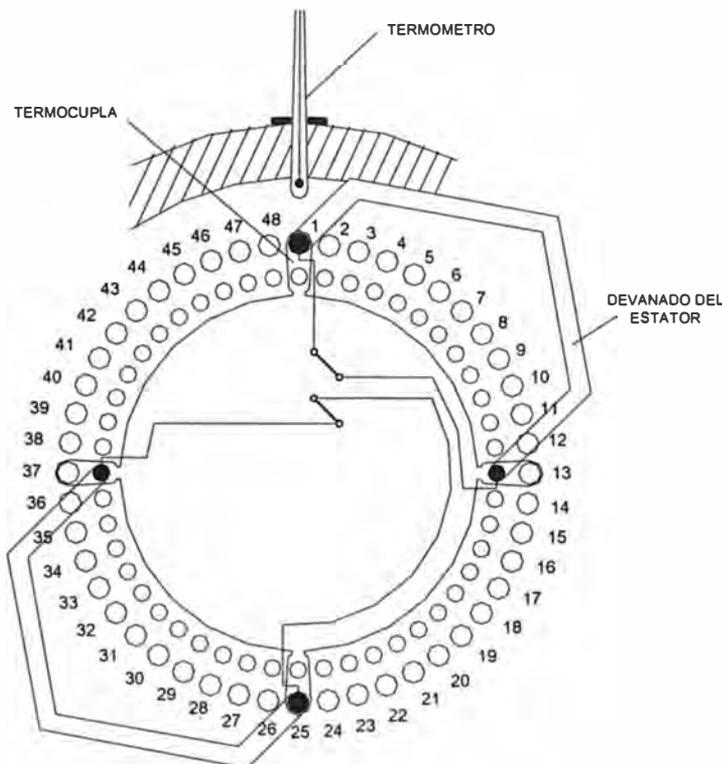
La Máquina Generalizada y la máquina DC prima están acopladas y montadas sobre una plancha de acero para su adecuado funcionamiento en distintos modos de operación. Por otro lado la unidad de medida de par (Torquimetro), es un equipo completamente independiente, la cuál no implica la presencia de conexiones eléctricas al eje de rotación, este módulo es el encargado de medir el par en el eje.

El diagrama esquemático da una impresión del plano de la Máquina Generalizada así como el diseño del panel especial de los terminales, lo cual se muestra en el plano 01, del Anexo A.

## **1.2 La Máquina Eléctrica Generalizada (MEG)**

La Máquina Eléctrica Generalizada, en el estator tiene un devanado convencional de 4 polos arrollado en 48 ranuras. Los extremos de los 48 arrollamientos se encuentran dispuestos en 96 terminales simétricamente ordenados en 4 anillos concéntricos, de este modo los arrollamientos pueden conectarse en cualquiera de las dos formas monofásicos o trifásicos y mediante una adecuada interconexión de los arrollamientos, para diferentes números de polos.

La relación física entre la posición de los lados de los devanados y la disposición de los terminales se ilustra en la Fig. 1.1



**Fig. 1.1 Disposición de los Terminales del Estator.**

Las bobinas exploradoras están dispuestas en las ranuras del estator 1, 7, 12 y 13, con esta disposición los bobinados de diferente paso pueden ser explorados su comportamiento ante diferentes tipos de conexiones que se realizan, adicionalmente se encuentran conectados fusibles en serie de 0.1 A por cada alambre para proteger de alguna sobrecarga de corriente, estos terminales están dispuestos en la tapa del estator.

El rotor de la máquina generalizada tiene 4 polos arrollados alrededor de 36 ranuras. Estos arrollamientos tienen agrupamientos simétricos de 6 y 4, dos de los cuales son comunes a los dos conjuntos, la conexión de estos agrupamientos se hace conectando estos arreglos a través de selector de conexiones al rotor, a 4 anillos

deslizantes como 4 arreglos en forma de cuadrantes, o los 3 anillos deslizantes tal como en un devanado bipolar trifásico, se pueden efectuarse además conexiones asimétricas.

Los arrollamientos de una vuelta pueden conectarse a los dos anillos deslizantes sucesivas a través del selector de conexiones al rotor, en formas que pueden permitir la elección de los pasos de arrollamientos de forma que cada uno albergue 1, 4, 6 o 9 ranuras.

El conmutador, el cual alberga 144 segmentos, esta equipado con dos conjuntos de engranajes correspondientes a las escobillas y un par de escobillas móviles.

Un conjunto de las 12 escobillas, el cual es similar a los engranajes de escobillas oscilantes de un motor Scharage. Las conexiones de estas 12 escobillas se muestran en el panel de conexiones, también se provee de una escala para medir los desplazamientos que se presentan entre pares de escobillas y para indicar la posición del conjunto de escobillas en su totalidad, el cual puede moverse como una unidad.

Un segundo conjunto de escobillas de cuadratura pueden rotar alrededor del conmutador a velocidad de hasta 1500 RPM., alternativamente estas escobillas pueden enclavarse en cualquier posición que se desee, esta posición será indicada por una segunda escala, para el funcionamiento de los diferentes tipos de maquinas DC y conmutación, las conexiones a estas escobillas se muestran en el panel de conexiones.

Para medir un ángulo de carga se ha agregado una escala adicional, al selector de conexiones al rotor, permitiendo que la posición angular del rotor sea determinado mediante un estroboscopio simple. Todas las escalas se calibran en grados en lugar

de grados "eléctricos", debido a que el devanado del estator puede conectarse a un diferente número de polos.

Se ha proporcionado medios para reducir, todas las barras del conmutador mediante un anillo especialmente diseñado, esto produce una semijaula de ardilla con su respectivo arrollamiento, los cuales responden a diferentes números de polos que pueden producirse por el arrollamiento del estator.

### **1.3 Modos de Operación de la MEG**

La máquina generalizada, es un equipo para utilizar en cursos de laboratorio en todos los niveles educativos, se comporta de manera satisfactoria, tanto para ilustrar el nuevo enfoque integral de interrelación de energía electromecánica, o en un nivel más elemental, la interrelación entre las características de rendimiento de los diferentes tipos de máquinas rotativas normalizadas.

Al proporcionarse un esbozo general de algunas de las posibilidades de la máquina, es conveniente empezar su operación como un motor de inducción ya que este fue el principal criterio en la determinación de su diseño.

Las diversas formas de funcionamiento de la maquina generalizada se detallan a continuación:

#### **1.3.1 Como Motor de Inducción**

El devanado del estator seria "normal" si se conecta a dos trayectorias paralelas para su operación de 4 polos y puede ser conectada en conexiones de tipo delta para una alimentación de 220 V, o en conexiones del tipo estrella para ser alimentada con 380 V. Las tomas del rotor pueden ser dispuestos mediante un aro acortado para conseguir la forma de un rotor del tipo semijaula de ardilla. Es menos evidente que dado que los extremos de los arrollamientos del estator han sido

conectados a estos terminales, estos arrollamientos pueden conectarse para dar diversas configuraciones, para diferentes números de polos, utilizando principios que ilustran algunos de los recientes avances referentes a la variación de conexiones polares.

El rotor, en forma de semijaula de ardillas, responde satisfactoriamente a diversos números de polos y sus curvas torque - velocidad pueden ser obtenidas con arreglos de 2, 4, 6,10 y 14 polos.

El rotor, también puede conectarse en trifásico o bifásica, bipolar en el extremo del aro deslizante, y puede responder a determinados números de polos cortocircuitando el engranaje del cepillo adherido al conmutador en modos particulares.

El número de ranuras por polo para el devanado básico de 4 polos fue elegida como un múltiplo de 2, de forma que así se logre conectar los devanados en forma simétrica hasta ahora solo se ha ensayado con disposiciones de 2 fases y 4 polos.

### **1.3.2 Como Máquina Síncrona**

Es razonablemente evidente que mediante una conexión con corriente continua a los anillos deslizantes, el rotor puede excitarse en forma bipolar o tetrapolar. Por tanto la máquina opera sincrónicamente en forma apropiada a una alimentación bifásica o trifásica.

Similarmente, cuando se aplica una tensión continua al estator con las conexiones adecuadas al estator, la máquina puede ser operada sincrónicamente como una máquina de armadura giratoria.

La máquina no puede utilizarse para demostrar los efectos de la saliencia física. En consecuencia, se sugiere que las reactancias en cuadratura y directa del eje

pueden ser hechas para ser diferidas por el uso deliberado de un circuito de excitación simétrica

### **1.3.3 Como Conmutador AC**

Desde diversos puntos de vista, la forma más simple de conmutar polifásicamente el motor, es probablemente mediante el paralelo al conmutador del motor. Los engranajes móviles de los cepillos de la Máquina Generalizada pueden conectarse en 2 o 4 polos, en forma trifásica, estando el estator conectado en esta forma, pueden operarse la máquina como un motor shunt, estando conmutada con cualquiera de estos números correspondientes a los polos. Alternativamente las conexiones bifásicas de 2 y 4 polos pueden proyectarse utilizándose tanto cepillos con engranajes giratorios y oscilantes el primero deberá fijarse a un ángulo apropiado respecto al siguiente. Alguna fuente de tensión controlada deberá aplicarse a los cepillos y esto tomará una de las siguientes formas; por ejemplo un regulador de doble inducción, un autotransformador variable simple (el cuál puede usarse en forma bifásica y trifásica), o alguno de los grupos de generadores que se disponga en el laboratorio.

Con este equipo, la máquina también puede ser operada como un convertidor de frecuencia auto propulsada.

La Máquina Generalizada operara como un motor con alimentación al rotor del tipo Scharage a voltajes reducidos usando cualquiera de las conexiones de anillo deslizante de 2 o 4 polos junto con sus conexiones correspondientes del engranaje del deslizamiento del cepillo al devanado del estator. Estrictamente hablando, no hay un devanado terciario en esta forma, desarrollado a partir del motor Osnos, el cuál puede decirse es una derivación del motor Scharage.

### 1.3.4 Como Maquinas D.C.

La Máquina Generalizada puede ser operada como una máquina de corriente continua en forma de 2 y 4 polos usando excitación separada, shunt o compuesta y con o sin interpolos; todos estos modos pueden obtenerse mediante una adecuada conexión de los arrollamientos y el engranaje del cepillo pueden disponerse para otros números de polos, se pueden investigar para otras alternativas de conexión.

De mayor interés son los modos de operación, en el cual se utiliza el principio del campo cruzado excitado. En el primero de estos, el convertidor simple utiliza cepillos de cuadratura en una forma común, con cepillos correctamente posicionados y un par en cortocircuito, la excitación de 2 polos sobre el estator permite la operación como un generador de campo cruzado no compensado. La compensación puede introducirse mediante una elección adecuada de los arrollamientos del estator así mismo el número de giros de compensación puede variar.

Una observación valiosa, haría referencia a que estos modos de conexión de la Máquina Generalizada son similares al bien conocido generador MAGNICON en el cual tiene una armadura de 4 polos en un campo de 2-polos.

Utilizando los otros engranajes de cepillo los efectos de aplicar los efectos del principio de campo cruzado, con una excitación de 4 polos pueden ser objeto de investigación. Adicionalmente, la Máquina puede ser operada en otras formas tales como el Generador Rosemberg y un generador trifilar, etc.

### 1.4 Características Técnicas de la MEG

Los valores nominales de funcionamiento de la Máquina Generalizada son:

Fases : Trifásico

Potencia : 4 HP, 2984 W

Tensión : 220 V / Fase

Frecuencia : 50-60 HZ

Nº de Polos : 4

Velocidad Nominal : 1450

50 – 60 c/s, como motor de inducción de 4 polos su potencia es de 4 H.P. a 220 V por fase, 1450 RPM., no obstante la máquina soportará cargas severas del tipo que regularmente se encuentra en los laboratorios educativos y su aislamiento ha sido, tal que permite una temperatura en los arrollamientos como máximo de 110°C, la cual deberá ser registrada por un registrador de temperatura, se ha tomado las previsiones como para que la temperatura pueda ser medida por una Termocupla y un Termómetro de Mercurio (Hg.).

Las Características Eléctricas se detallan a continuación:

### **Estator**

Nivel de Tensión	: 200/220 V
Número de ranuras	: 48
Número de arrollamientos	: 48
Número total de conductores por ranura	: 54
Número total de conductores por arrollamiento	: 27
Diámetro del conductor (Cu)	: 0.048"
Tipo cubierta del conductor clase de aislamiento	: Acetato de Polivinilo, Clase E
Tipo de los arrollamientos	: Doble Capa
Paso de los arrollamientos	: 1 - 13
Longitud media por vuelta	: 29"
Giro por ranura	: 1 giro por paso

Longitud del núcleo : 4"

### **Rotor**

Número de ranuras : 36

Número de arrollamientos : 36

Número total de conductores por ranura : 16

Número total de conductores por arrollamiento : 8

Diámetro del conductor (Cu) : 2x0.056"

Tipo cubierta del conductor, clase de aislamiento : Acetato de Polivinilo,  
Clase E.

Tipo de los arrollamientos : Doble Capa

Paso de los arrollamientos : 1 - 10

Longitud media por vuelta : 23.5"

Longitud del núcleo : 4.25"

### **Escobillas del conmutador.**

Escobillas giratorias 4\*5"/8\*1"/4 Grado de Morganite EG 8565.

Escobillas móviles 12\*5"/8\*1"/4 Grado de Morganite EG 8565.

Escobillas de contacto 2\*4 m.m \*4 m.m Grado de Morganite enlace A

Escobillas anulares deslizantes 20\*5"/2\*1"/4 Grado de Morganite CM \*63 (6/303).

### **Las Características Mecánicas se detallan a continuación:**

Peso del rotor de la máquina generalizada 111.2 libras (50.3 Kg.),

Peso del rotor de la máquina DC 47.75 libras (21.5 Kg.).

Momento Polar de Inercia del rotor de la máquina generalizada 2.58 lb. ft<sup>2</sup> (0.109 kg. m<sup>2</sup>)

Momento polar de inercia del rotor de la máquina de DC 1.08 lb. ft<sup>2</sup> (0.0456 kg. m<sup>2</sup>).

### **1.5 La Máquina de Trabajo D.C.**

La maquina DC puede ser una maquina estándar o un dinamómetro de armadura oscilante, tal como se usa en otros equipos educativos que incluyen a la Maquina Mawdsley, la armadura del dinamómetro soporta el campo del sistema y se encuentra montada en un pedestal que soporta a los cojinetes, un brazo que transmite el torque con un acoplamiento inversor simple se encuentra conectada un radio de 0.5 metros a una balanza de resortes calibrada en newton.

El movimiento de la armadura oscilante esta restringido a topes tanto arriba como abajo del brazo que transmite el torque. Un dispositivo de enclavamiento de la armadura es ajustado al extremo del brazo de tal forma que permita confinar las pruebas a las que será sometida la máquina generalizada.

El pedestal que porta a los cojinetes y equipos asociados permiten que la maquina estándar sea convertida a la forma de un dinamómetro el cual puede ser suministrado en cualquier instante.

#### **Características Técnicas**

La maquina prima DC tiene las siguientes características:

Marca	:	MAWDSLEY
Modelo	:	45871
Armadura	:	220 VDC / 110 A
Campo:		220 VDC / 2 A

## 1.6 La Unidad de Medida del Torque

La unidad de medida de torque es una versión especialmente desarrollado, patentado y aprobado por ASEA RING TORDUCTOR, el cual posibilita una medida precisa de los torques en estado transitorio y estacionario.

La operación del torquimetro de anillo se fundamenta en el hecho, que un eje sometido a un esfuerzo torsional produce un cambio en la permeabilidad del eje en planos que forman ángulos de  $45^\circ$  respecto al eje del torquimetro.

A diferencia de otros dispositivos medidores de torque que utilizan el mismo efecto, el torquimetro de anillos no requiere anillos deslizantes, y por esta razón se elimina el factor que frecuentemente causa una operación inapropiada.

El torquimetro de anillo es similar al estator de una pequeña máquina eléctrica con el eje como “rotor”. El estator consiste de tres polos anulares idénticos, las cuales llevan adheridos los polos y sus respectivos arrollamientos.

La distancia axial entre el polo anular central y cada uno de los anillos externos es la mitad del paso, y el centro del anillo se desplaza a la mitad del paso diametral, relativo a cada uno de los anillos exteriores. El centro del anillo, el cual es excitado con corriente alterna, actuando como el primario de un transformador con los anillos externos como secundarios, los polos se conectan en oposición y en serie.

Cuando el eje se encuentra descargado y sin esfuerzo externo el campo magnético inducido se hallará simétricamente distribuidos respecto a los secundarios. De este modo no hay flujo de enlazamiento entre los polos del secundario y no se induce ningún voltaje.

Cuando se aplica el torque principal y al no presentar esfuerzo interno el eje, el campo magnético inducido entre dos polos N y S alternados del primario, se

distribuirán simétricamente respecto a los secundarios. Cuando se aplica un torque al eje, se crean esfuerzos principales respecto a 45° del eje.

Esto causa un incremento en la permeabilidad en la dirección de la tensión, en este caso entre los polos B y S, A y N, y un descenso de la permeabilidad en la dirección de la compresión, tal como entre los polos B y N, A y S. La distribución de flujo, en consecuencia es distorsionada y los flujos resultantes a través de los polos inducen voltajes secundarios, que se integran efectivamente alrededor de la periferia de las conexiones en serie.

Se utiliza una frecuencia de excitación de 1000 c/s y un torque de 65 N-m (45lb-ft), se obtiene una tensión de salida de  $\frac{1}{2}$  V a través de la resistencia de carga de 1 000  $\Omega$ . Este valor es lo suficientemente grande para un instrumento indicador, sin embargo se adecua para oscilógrafos, los cuales se regularan con sus propios amplificadores, con la excitación de 1000 c/s, el periodo de respuesta esta el orden de 1 mili segundo.

La unidad para medir el torque se suministro completa con el equipo de suministro de energía y la unidad de medición pero sin ningún instrumento de registro. El equipo ha sido diseñado para funcionar con una tensión de 200/250 V, monofásico y de C.A.

### **1.7 Taco generador**

El taco generador es un equipo que mide la velocidad en el eje del módulo de la MEG, su funcionamiento se basa en el principio de un dinamómetro el cual emite la señal en forma de tensión y existe una relación entre esta tensión y la velocidad de giro de la máquina, este factor de relación es: para 1000 RPM la tensión de salida es 20 VAC.

## **CAPITULO II**

### **EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE FUERZA DE LA MEG**

El presente capítulo trata sobre la descripción del equipamiento de fuerza necesario para la operación de la Máquina Eléctrica Generalizada, en esta parte se detalla la descripción técnica y el funcionamiento de cada uno de ellos, como son las fuentes de alimentación, reóstatos, relés encapsulados, contactores, guardamotores y accesorios.

#### **2.1 Fuentes de Alimentación.**

Las fuentes de alimentación a utilizar son:

\* *Fuente Variable AC trifásica 220 V / 40 A (F1)*

Utilizada para alimentar cuando la MEG opera como motor AC y esta constituido en base a un autotransformador trifásico el cual tiene como entrada 220 V y un rango de salida de 0 a 220 V y la corriente nominal ( $I_n$ ) es 40 A.

\* *Fuente Variable DC 220 V / 30 A (F2),*

El cual será empleada para alimentar cuando la máquina generalizada opere como motor DC, motor de conmutación, además de servir como fuente de excitación para la maquina síncrona en régimen de motor o generador, será implementada en base al autotransformador de la fuente F1 y un puente de diodos de onda completa para la rectificación de la forma de onda.

*\* Fuente Variable DC 220 V / 15 A (F3)*

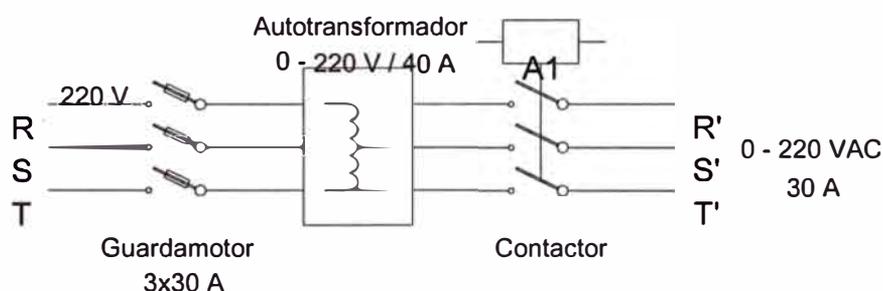
Será utilizada para alimentar la armadura del motor DC primo de carga, la implementación se basa en un autotransformador trifásico y puente de diodos de onda completa, es similar a al Fuente F2, solo en menor escala.

*\* Fuente Variable DC 220 V / 5 A (F4),*

Se empleara para alimentar el campo del motor primo DC de carga, será implementado en base a un autotransformador monofásico y puente de diodos.

### 2.1.1 Fuente Variable AC trifásica 220 V / 40 A (F1)

Esta fuente de alimentación esta conformada básicamente de un autotransformador trifásico, el cual varía la tensión de acuerdo al nivel requerido de la carga, adicionalmente esta instalado un contactor para su conexión y desconexión de cada uno de los circuitos que alimentará, así como de un interruptor termomagnético (guardamotor) para proteger a la máquina generalizada y el autotransformador de posibles corrientes de sobrecarga y/o cortocircuito, el circuito es como se presenta en la siguiente Fig. 2.1



**Fig. 2.1 Circuito de la fuente Variable AC Trifásica (F1)**

La fuente de alimentación alterna trifásica variable tiene un rango de tensión de salida de 0 a 220 V, con una capacidad de corriente de hasta 30 amperios, en la implementación de esta fuente se utilizó el autotransformador del laboratorio de

electricidad N° 6, a la cual se le adicione algunos dispositivos para su control en el desarrollo de las experiencias.

Esta fuente esta compuesto por lo siguiente:

*\* Interruptor Termomagnético*

También conocido como guardamotor, este equipo eléctrico es el que vela por la seguridad del autotransformador (variac) y la carga a alimentar en este caso la máquina generalizada.

Las características técnicas del Interruptor Termomagnético son:

Modelo: 3RV1031-4FA10

Marca: SIEMENS

Clase: 10

Corriente Nominal: 28 – 40 A

Máxima Corriente: 520A

Tensión Nominal: 400 V

*\* Autotransformador Trifásico*

Este dispositivo es también conocido como variac el cual tiene la misión de variar la tensión de acuerdo a los niveles requerido por las experiencias desarrolladas, sus características son:

Potencia Nominal: 10 Kva.

Tensión Nominal: 250 V

Corriente Nominal: 40 A

*\* Contactor*

El contactor es un equipo de maniobra que sirve para conectar y desconectar la máquina generalizada del autotransformador.

Las características técnicas del contactor son:

Tensión Nominal: 250 V

Corriente Nominal: 40 A

Número de Contactos : 3NA

Tensión de la Bobina: 220 V

*\* Sistema de Control Automático*

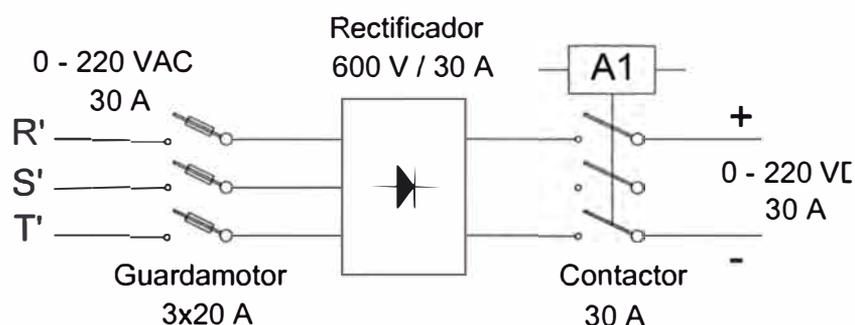
El control de esta fuente es mediante un motor de corriente continua de 25 V modelo BH 724A, que esta montada en la estructura del autotransformador, lo cual se controla desde el software LabVIEW por intermedio de la tarjeta de salidas digitales, en el capítulo III se detalla el funcionamiento de este dispositivo.

### **2.1.2 Fuente Variable DC 220 V / 30 A (F2)**

La fuente variable de corriente continua esta constituido principalmente de un puente de diodos lo cual esta conectada a los terminales del secundario del autotransformador de la fuente F1 a través de un interruptor termomagnético, el cual se aprovecha la variación que esta nos proporciona para poder suministrar al nivel de tensión requerida por la experiencia desarrollada, el interruptor termomagnético es para actuar en cuanto se produzca sobrecarga de corriente o cortocircuito.

Esta fuente se utiliza para alimentar la armadura de la máquina generalizada cuando opera en régimen de motor.

El circuito se representa en la Fig. 2.2:



**Fig. 2.2 Circuito de la fuente Variable DC 220 V/30 A (F2)**

Los componentes principales son:

\* *Interrupor Termomagnético*

También conocido como guardamotor, este equipo eléctrico es el que vela por la seguridad del rectificador y la carga a alimentar en este caso la máquina generalizada,

Las características técnicas del guardamotor son:

Modelo: GV2-M21  
 Marca: Telemecanique  
 Corriente Nominal: 17 – 23 A  
 Máxima Corriente: 125A  
 Tensión Nominal: 690 V

\* *Contactor*

El contactor es un equipo de maniobra que sirve para conectar y desconectar la máquina generalizada de la fuente F2.

Las características técnicas del contactor son:

Tensión Nominal: 250 V  
 Corriente Nominal: 40 A

Número de Contactos: 3NA

Tensión de la Bobina: 220 V

\* *Puente de Diodos*

Esta fuente esta compuesta principalmente por el puente de diodos, lo cual esta diseñado en base a elementos semiconductores el cual rectifica la señal trifásica, logrando así una corriente continúa con bajo rizado (5%)

Sus características son:

Tensión Nominal: 690 V

Corriente Nominal: 30 A

\* *Sistema de Control Automático*

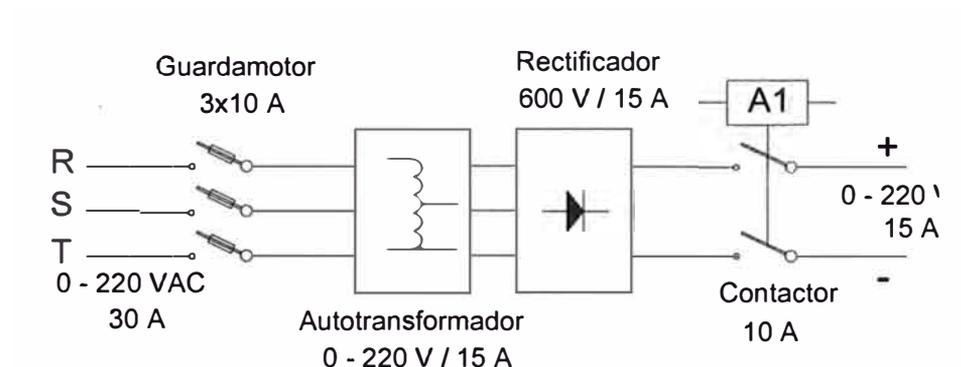
El control de esta fuente es mediante la variación del autotransformador de la fuente F1, es decir el control de esta fuente esta ligado al control de F1.

### **2.1.3 Fuente Variable DC 220 V / 15 A (F3)**

Esta fuente variable de corriente continua ha sido implementada de manera similar a la fuente F2, también esta constituido de los mismos componentes, lo único que difiere es con respecto a la potencia, esta conformada de un puente de diodos de 300 volts,15 amperes, lo cual esta conectada a los terminales del secundario del autotransformador designada a esta fuente, al igual que la fuente anterior se encuentra también conectada un interruptor termomagnético para proteger de posibles sobrecargas y cortocircuitos.

Esta fuente se utiliza para alimentar a la armadura de la máquina prima y para excitar el campo de la máquina generalizada cuando opera en régimen de motor DC.

El circuito se representa en la Fig. 2.3:



**Fig. 2.3 Circuito de la fuente Variable DC 220 V/15 A (F3)**

Los componentes principales son:

*\* Interruptor Termomagnético*

También conocido como guardamotor este equipo eléctrico es el que vela por la seguridad del autotransformador (variac) y la carga a alimentar en este caso la máquina generalizada.

Las características técnicas del guardamotor es:

Modelo: 3VU1300-0ML00

Marca: SIEMENS

Clase: 10

Corriente Nominal: 6 – 10 A

Máxima Corriente: 80A

Tensión Nominal: 400 V

\* *Autotransformador Trifásico*

Este dispositivo es también conocido como variac el cual tiene la misión de variar la tensión de acuerdo a los niveles requerido por las experiencias desarrolladas.

Las características técnicas del autotransformador es:

Potencia Nominal: 3500 VA

Tensión Nominal: 250 V

Corriente Nominal: 15 A

\* *Rectificador*

Esta fuente esta compuesta por un puente de diodos, lo cual esta diseñado en base a elementos semiconductores, esta fuente tiene un rizado del 5%

Las características técnicas del rectificador son:

Tensión Nominal: 690 V

Corriente Nominal: 15 A

\* *Contactador*

Esta fuente esta conectada a la carga mediante el contactor para su conexión y desconexión.

Las características del contactor son:

Tensión Nominal: 250 V

Corriente Nominal: 30 A

Número de Contactos: 3NA

Tensión de la Bobina: 220 V

\* *Sistema de Control Automático*

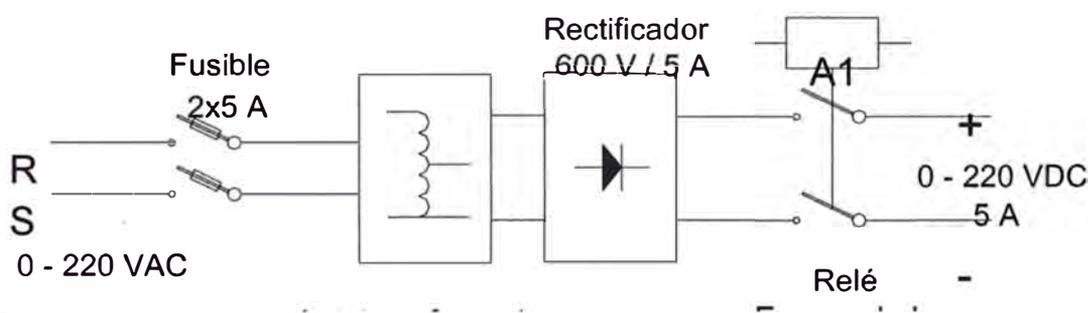
El control de esta fuente es mediante un motor de paso modelo HHM 7021, que esta montada en la estructura del autotransformador, lo cual se controla desde el software LabVIEW por intermedio de la tarjeta de salidas digitales, en el capítulo III se detalla el funcionamiento de estos dispositivos.

#### 2.1.4 Fuente Variable DC 220 V / 5 A (F4)

Esta fuente variable de corriente continua ha sido implementada de manera similar a la fuente F3 con la diferencia de que en este caso esta compuesta por un autotransformador monofásico, puente de diodos de 5A, lo cual esta conectada a los terminales del secundario del autotransformador designada a esta fuente, como protección de esta fuente se utiliza fusibles de 5 Amperes.

Esta fuente se utiliza exclusivamente para alimentar el campo de excitación de la máquina de trabajo DC, lo cual esta conectado a través de un relé encapsulado.

El circuito se representa en la Fig. 2.4:



**Fig. 2.4 Circuito de la Fuente Variable DC 220 V/5A (F4)**

## **2.2 Reóstatos.**

Los reóstatos utilizados son básicamente del tipo bobinados que están elaborados en base a conductores de alta resistencia como es el smicrone, este conductor esta arrollado sobre una base aislante (cerámica) de forma cilíndrica.

Los reóstatos utilizados son con los que cuenta el laboratorio de electricidad a la cual se le ha implementado elementos de control para su utilización.

### **2.2.1 Reóstato R1 (25 $\Omega$ /10 A)**

Esta resistencia básicamente cumple dos funciones en el desarrollo de las experiencias que son.

- Como regulador de corriente cuando la máquina funciona como motor o generador de corriente continúa en conexión serie, es ahí donde se requiere para variar la corriente de armadura y realizar la toma de medidas con diferentes niveles de corriente.
- También sirve como carga de la maquina generalizada o la máquina prima de corriente continua cuando opera como generador.

### **2.2.2 Reóstato R (25 $\Omega$ /5 A)**

Este reóstato se emplea básicamente cuando la máquina generalizada opera como generador o motor shunt, es ahí donde actúa como regulador de tensión de la excitación del campo.

### **2.2.3 Reóstato R3 (1 $\Omega$ /15 A)**

La función de este reóstato es regular la corriente cuando la máquina funciona en el modo de corriente continua (conexión compuesta).

#### **2.2.4 Reóstato R4 (5Ω/20 A)**

Este es un banco trifásico el cual se utiliza como arrancador, cuando la máquina generalizada trabaja en modo de corriente alterna, para 2 y 4 polos, tanto como generador o motor, además de servir como carga en caso que sea necesario.

#### **2.2.5 Carga R5 (Motor)**

Esta carga sirve para conectar cuando la máquina generalizada opera como generador síncrono o asíncrono, puede estar compuesta por un motor de pequeña potencia, o alguna carga trifásica.

### **2.3 Contactores**

Los contactores son dispositivos de seccionamiento mecánico, que tienen solo una posición de reposo normalmente abierto o cerrado, este equipo es capaz de conectar, transportar o interrumpir corrientes del circuito bajo condiciones normales de carga, así como de sobrecargas.

Los contactores utilizados son con bobinas de corriente alterna que producen un flujo magnético suficiente para atraer la armadura móvil.

Los contactores utilizados son:

- (06) Contactores Electromagnéticos de 3NA+1NC+1NA, 40 A, 250 V, bobina 220 VAC.
- (02) Contactores Electromagnéticos de 3NA+1NC+1NA, 30 A, 250 V, bobina 220 VAC.

### **2.4 Relés Encapsulados**

Elementos indispensables en cualquier automatismo eléctrico, los relés encapsulados se utilizan en cantidad mas o menos importante en los equipos por contactores.

Estos aseguran una multitud de funciones como tratamientos de datos selección de circuitos, registros de ordenes recibidas, mando de los contactores en este caso se encargara de conectar en las diversas formas para las diferentes conexiones de las bobinas del estator de la máquina generalizada

El principio de funcionamiento es similar a los contactores, en el mercado existe relés encapsulados de las siguientes características:

- Relés de 8 pines (2 contactos conmutables 2NANC)
- Relés de 11 pines (3 contactos conmutables 3NANC)
- Relés de 14 pines (4 contactos conmutables 4 NANC)

Las bobinas de estos relés encapsulados son de 220 VAC.

## **2.5 Interruptores Termomagnéticos (Guardamotores)**

Son equipos eléctricos que están diseñado para proteger los motores de posibles sobrecargas y cortocircuito a la máquina generalizada

Los modelos de los guardamotores utilizados son:

3VU1300-0ML00, (SIEMENS), 6 – 10 A

GV2–M21, (Telemecanique), 17 – 23 A

3RV1031-4FA10, (SIEMENS), 28 – 40 A

## **2.6 Cables de Energía**

Los conductores eléctricos utilizados son los de los tipos extraflexibles aislados, debido a que ofrecen una mayor flexibilidad cuando se llevó acabo la conexión de los circuitos.

Los tipos de conductores utilizados son:

- Conductor extraflexible GPT N° 12 AWG
- Conductor extraflexible GPT N° 14 AWG

- Conductor extraflexible GPT No 16 AWG
- Conductor extraflexible GPT No 18 AWG

## **2.7 Tablero Eléctrico**

Para la instalación de los equipos eléctricos de maniobra, control y tarjetas de control se requiere contar con un tablero eléctrico en donde se puedan ubicar, para tal fin se instalarán estos equipos en un gabinete.

En este caso se instalara un tablero para propósitos generales con grado de protección IP31 (Protección contra cuerpos pequeños, sólidos y contra goteo vertical).

Los equipos instalados en el tablero eléctrico son:

- 03 Guardamotores
- 04 contactores
- 03 Puentes Diodo de Onda Completa
- 01 ventilador
- 05 Tarjetas de Control
- 02 Fuentes Switching
- 02 disipadores

Estos equipos se encuentran montadas en rieles DIN, en una base (plancha metálica), y la distribución se muestra en el plano 02, asimismo el circuito de fuerza de la MEG se muestra en el plano 03.

### **CAPITULO III**

## **EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA ELÁCTRICA GENERALIZADA**

### **3.1 Generalidades**

En esta parte del documento se pretende mostrar una alternativa a los transductores utilizados en los sistemas de automatización de las industrias, que son relativamente de alto costo.

La técnica utilizada se basa en el tratamiento adecuado de la señal a un bajo costo para así poder transmitir hacia el computador a través de la tarjeta de entradas analógicas, en donde mediante el ejecutable LabVIEW se lleva a cabo la visualización y el análisis respectivo de los datos de las experiencias a desarrollar.

Los transductores desarrollados son los de tensión y corriente tanto alterna como continua, así como de temperatura y velocidad, los cuales son desarrollados en este capítulo.

La distribución de los componentes del sistema de automatización de la máquina generalizada se muestra en plano 04.

### **3.2 Tarjetas de Adquisición de Datos DAQ - PCI-6023E**

Las tarjetas de adquisición de datos de National Instruments son tarjetas que cumplen con los requerimientos del sistema de automatización debido a su flexibilidad, y son de bajo costo comparado con los módulos de PLC (Programadores Lógico Controlables), así mismo el software LabVIEW que brinda una gran facilidad en su programación y la accesibilidad de realizar análisis bastante complicados.

La tarjeta PCI 6023E, consta de 16 canales en modo simple y 8 canales en modo diferencial, estos tiene un sistema de integración en tiempo real (RTSI), mediante el cual se pueden utilizar 2 o más tarjetas del mismo tipo como una unidad, su grado de ganancia puede ser programado en 0,5 1 10 y 100, con una resolución del convertidor analógico digital (ADC) de 12 bits, la precisión de la medición es 4,88 mV.

Las entradas analógicas son señales que van desde la maquina generalizada hacia la computadora personal, para esto deberán ser acondicionadas para su conexión a la tarjeta de entradas analógicas PCI – 6023E, las señales de entrada consideradas en el sistema son: Tensión, Corriente, Temperatura y Torque, que se detallaran desde su obtención hasta el punto de recepción de la tarjeta de entradas analógicas.

### **3.3 Tarjetas de Adquisición de Datos DAQ - PCI-DIO96**

De igual forma que la anterior tiene el mismo esquema de funcionamiento y proceso con la diferencia que ahora las entradas o salidas finales son señales digitales.

Las entradas digitales son señales que van desde la máquina generalizada hacia la computadora personal, para esto deberán ser acondicionadas para su conexión a la tarjeta de entradas digitales PCI – 6023E para no sobrecargar la capacidad de corriente de estas entradas y/o salidas, las señales digitales de entrada consideradas en el sistema son: Velocidad y alarmas, y las señales digitales de salida son señalización, apertura y/o cierre de contactores y relés encapsulados, disparo de los motores de paso, que se detallaran desde su obtención hasta el punto de recepción de la tarjeta de entradas digitales.

### 3.4 Medición de la Tensión

El diseño de este circuito tiene como objetivo atenuar tensiones alternas y continuas entre los niveles de +10 y -10 V con una linealidad de aproximadamente de 99.9 % de modo que puedan ser conectadas a la tarjeta de adquisición PCI 6023 sin distorsión alguna.

La medición de la tensión se lleva a cabo de la siguiente manera:

Primero se toma la señal de tensión en el punto a ser medido mediante un divisor de tensión común utilizando resistencias de precisión para evitar la variación de la señal tomada, luego es aislada mediante un amplificador de aislamiento de baja frecuencia (ISO 122P) el cual aísla la señal de muestra completamente del circuito de potencia, opcionalmente se utiliza un amplificador operacional (TL 082) para mejorar la señal, finalmente se conecta a la tarjeta de entradas analógicas PCI-6023E, esta señal debe estar entre el rango de  $\pm 10$  V para lo cual está diseñada la tarjeta.

Una vez realizado esta disposición se dispone a captar la señal desde el software LabVIEW, donde se indica en que canal está conectada la señal a evaluar.

El circuito utilizado para este fin es el mostrado en plano 06.

#### 3.4.1 Amplificador de Aislamiento ISO 122P

Los dispositivos de aislamiento proporcionan un aislamiento galvánico de la señal de entrada protegiendo al equipo y al personal de operación; por el tipo de tecnología usada existen diferentes tipos de aislamiento y muchos de aquellos diseños que no son muy comunes. Para nuestro diseño se optó por el ISO122P.

##### *Descripción del Amplificador de Aislamiento ISO122P*

El ISO122P es un amplificador de aislamiento de bajo costo y alta precisión, incorpora una original técnica de modulación y desmodulación. La señal es

transmitida digitalmente a través de una barrera capacitiva de 2pf, con la modulación digital las características de la barrera no afecta a la integridad de la señal, resultando una excelente confiabilidad y buena inmunidad al ruido en altas frecuencias.

#### *Operación Básica del ISO 122P*

El amplificador de aislamiento ISO 122P usa una entrada y salida aislada galvánicamente por un capacitor de aislamiento de 1pf, construido dentro de un circuito integrado.

#### *Modulador*

Una entrada amplifica e integra la diferencia entre la corriente de entrada ( $V_{in}/200k$ ) y una fuente de corriente conmutada 100uA. Por otro lado la fuente de corriente es implementada con una fuente de corriente conmutable de 200uA y fijada una corriente de 100uA.

#### *Demodulador*

El amplificador detecta la señal transitoria a través de la barrera capacitiva y controla una fuente de corriente conmutada en el integrador A2, la salida equilibra la corriente ciclo modulada nuevamente la corriente realimentada a través del resistor de 200k.

Resultando un valor promedio en el pin de salida  $V_{out}$  igual a  $V_{in}$ .

Los amplificadores de muestreo y retenedor en la salida del lazo realimentado eliminan las tensiones picos no deseados inherentes en el proceso de modulación.



### 3.5 Medición de Corriente

El objetivo este circuito es el de convertir la corriente alterna o continua en señal de tensión menor a  $\pm 10$  V, de modo que se pueda conectar a la tarjeta PCI – 6023E.

El circuito utilizado para este se muestra en plano 06.

El circuito esta conformado por un transductor de corriente (CS50-P) el cual esta diseñado bajo el principio del Efecto Hall, el cual mediante una polarización transduce la señal de corriente en señal de tensión entre el rango de  $\pm 10$  V, el cual igual que en el caso anterior se conecta a la tarjeta PCI-6023E, luego mediante el software LabVIEW se lleva acabo la evaluación respectiva.

Los componentes utilizados en este circuito son.

Un sensor de AMPLOC (Sensor de Corriente)

Una resistencia de precisión de 100

2 resistencias de 100K , 5K .

1 OPAMP TLO82.

2 fuentes de alimentación +12 y –12V

Equipos de medición

La descripción de los componentes utilizados en este circuito son:

#### 3.5.1 Sensor de corriente CBS50-P

Se opto por un sensor de corriente por las siguientes características: proporcionan un aislamiento galvánico, son capaces de medir corriente AC/DC y forma de ondas complejas, bajo consumo de potencia, tamaño reducido, bajo peso y costo razonable.

### *Teoría de Operación*

El fenómeno que aparece cuando un conductor conduce corriente colocado sobre un campo magnético es la presencia de una tensión generada como consecuencia de la nueva distribución de la densidad electrónica creada entre los terminales del material.

Esta tensión es llamada, tensión Hall.

La ecuación práctica que describe la interacción de campo magnético, corriente y tensión Hall es la siguiente.

$$V_H = K \cdot I \times B \quad (3.1)$$

Se dice que una tensión Hall es una señal pequeña del orden de 20 o 30  $\mu\text{V}$  en un campo magnético de un Gauss. Una señal de esta magnitud requiere un bajo ruido, alta impedancia, moderada ganancia de amplificación.

El campo que atraviesa por el plato Hall puede ser positivo o negativo, cuando un campo magnético positivo es aumentado, la salida de tensión se incrementará sobre la tensión nula. Similarmente, cuando el campo magnético es disminuido la tensión descenderá debajo de la tensión nula.

Si la corriente censada por el sensor supera el límite del rango de operación lineal causará la saturación en el amplificador y el circuito magnético, lo cual conlleva a efectuar un muestreo de la señal errónea.

### *Sensor de Lazo Abierto*

El conductor que transporta corriente es colocado a través de la apertura del toroide, lo cual produce un campo magnético. El toroide concentra el campo magnético alrededor del generador Hall, esta salida de aquel está amplificada.

La linealidad del sensor de lazo abierto está determinada por las características del toroide magnético y el generador Hall. El offset drift en toda temperatura está determinado por la sensibilidad de temperatura del generador Hall.

Las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia y la inducción magnética pico.

El ancho de banda es también determinado por las características del amplificador.

### *Sensor de Lazo Cerrado*

La salida de tensión del generador Hall es elevada por un amplificador de alta ganancia, la salida de aquel está alimentada a un controlador Push pull stage que controla la bobina, la generación de un campo magnético igual y opuesto al campo de la corriente censada, manteniendo el flujo en el toroide cercano a cero. La salida del sensor es proporcional a la corriente y al número de vueltas de la bobina.

La señal de corriente es convertida en señales de tensión por conexión de un resistor entre la salida del sensor y la referencia.

Esta técnica permite mejorar el rendimiento del sensor por eliminación de influencias no lineales en el toroide magnético y la reducción de sensibilidad de temperatura en el elemento Hall.

### *Descripción del Circuito*

El sensor de AMPLOC en lazo cerrado entrega una pequeña señal de tensión variable con la corriente en el potenciómetro de 100  $\Omega$ , esta señal es alimentada a un amplificador operacional TL082 configurada como no inversor para ser elevada, de modo que puedan ser capturadas por la tarjeta de adquisición. La presencia de

señales no deseadas se introducen en la etapa de amplificación y también en la de transmisión, pero serán filtradas y acondicionadas por el software LABWIEV.

La calibración para los niveles de corriente censada, son tomados en cuenta tanto en la parte de hardware como en la parte del software, para esto se tubo presente lo siguiente:

Corriente		Tensión de Salida
5 A	---	200mV
50 A	---	10V

### 3.6 Transmisor de Temperatura

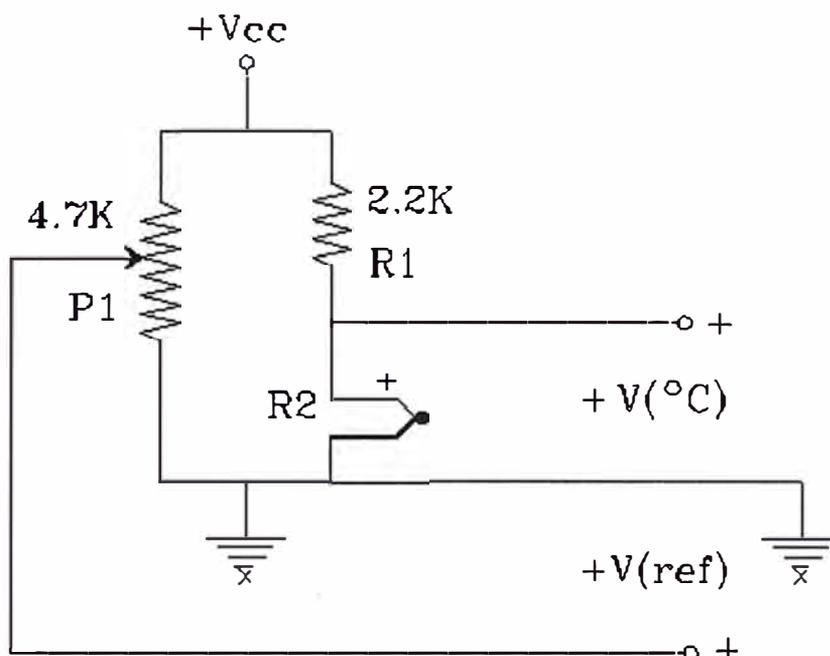
El objetivo de este circuito es medir el nivel de temperatura que tiene el estator durante el desarrollo de las experiencias en la MEG, se lleva acabo esta labor mediante el método de variación de la resistividad eléctrica del RTD instalado entre las bobinas del estator, lo cual es convertido a una variación de tensión, de modo que se pueda conectar a la entrada analógica de la tarjeta PCI-6023E, para así finalmente poder visualizar en pantalla del operador.

Es decir el método utilizado en la medición de la temperatura es con la variación de la resistividad eléctrica, lo cual se escogió debido a su simplicidad y bajo costo.

La respuesta en este transmisor es lineal a los cambios de temperatura, resulta sencillo de calibrar y tiene buena exactitud en sus mediciones.

La señal de salida esta entre 0 y 8 VDC, lo cual corresponde de acuerdo a las pruebas realizadas a los valores entre 0 y 180 °C.

El circuito utilizado en medición de la temperatura se muestra en la Fig. 3.3.



**Fig. 3.3 Circuito del transmisor de Temperatura.**

El calculo de los componentes del circuito han sido con el objetivo de que la variación sea lineal y esto se refleje en la variación de tensión, para lo cual se emplea las siguientes formulas.

$$+V(\text{ref.}) = (V_{cc} R_3) / (R_3 + R_4) \quad (3.2)$$

En donde  $R_3 + R_4 = P1$ , y  $R_3$  es la resistencia existente entre la terminal central del preset y tierra,  $R_4$  es la resistencia existente entre la terminal central del preset y  $+V_{cc}$ , al determinar el valor de  $+V(^{\circ}C)$  se obtiene;

$$+V(^{\circ}C) = (V_{cc} R_1) / (R_1 + R_2) \quad (3.3)$$

En el circuito puente se debe cumplir la siguiente relación;

$$R_1/R_2 = R_3/R_4 \quad (3.4)$$

Ajustando Para el rango mínimo, 0V

$$+V_{\text{diferencia}} = [ +V(^{\circ}C) ] - [ +V(\text{ref.}) ] = 0.0 \text{ V} \quad (3.5)$$

$$V_{\text{diferencia}} = [ +V(^{\circ}C) ] - [ +V(\text{ref.}) ] \quad (3.6)$$

$$V_{\text{diferencia}} = [ (V_{\text{cc}} R_1) / ( R_1 + R_2) ] - [ (V_{\text{cc}} R_3) / (R_3 + R_4)] \quad (3.7)$$

$$V_{\text{diferencia}} = V_{\text{cc}} \{ [ ( R_2) / ( R_2 + R_1) ] - [ R_4) / ( R_3 + R_4 ) ] \} \quad (3.8)$$

Obsérvese que el  $V_{\text{diferencia}}$  queda determinado en función únicamente de las resistencias  $R_1$ , ( $R_1$  y  $R_2$ ),  $R_3$ , y  $R_4$ , las cuales se mantienen constantes cuando varía  $R_2$  por causa de los cambios de temperatura, que es la resistencia del sensor, la tensión diferencia queda en función de  $R_2$ , y el valor óhmico de  $R_2$  depende de la temperatura, por consecuencia se obtiene el  $V_{\text{diferencia}}$  en función de la temperatura, físicamente se recurre a un circuito electrónico constituido por un amplificador operacional y cuatro resistencias, la configuración del amplificador operacional es la de un circuito sumador restador.

### 3.7 Transductor de Velocidad

Este dispositivo es el que se encarga de transmitir la señal de velocidad hacia el computador, este circuito está constituido por un sensor inductivo que va montado para que cuando da un giro el rotor pueda accionar un circuito que produce pulsos lo cual es contabilizada mediante la tarjeta PCI 6023E.

El sensor está conectado a un circuito que es la que se encarga de producir el pulso cada vez que se produce el cambio de estado en el sensor inductivo, estos pulsos son acondicionados a un nivel de 0 y 5 VDC (TTL), los cuales son adquiridos por la tarjeta y contabilizadas por el software.

El circuito es como se muestra en EL PLANO 06.

### 3.8 Conexión del Estator

El diseño de este circuito tiene como objetivo activar y desactivar a los contactores y relés de la etapa de potencia activando relés en forma independiente, de

modo que puedan ser controlados por las señales de 0 y 5 VDC (TTL) de la tarjeta DAQ PCI-DIO96.

En los sistemas de utilización de la energía eléctrica existen dos etapas bien diferenciadas, el primero que es la etapa de la alta potencia, donde se manejan altas tensiones y corrientes mediante equipos de potencia, lo cual para su control y maniobra de estos equipos de potencia se requieren dispositivos electrónicos que son activadas por bajas tensiones, una de las alternativas es emplear señales de 0 y 5 VDC (TTL), de modo que la interfase de control sea implementado con dispositivos de este tipo.

Estos sistemas de control están formado por la interfase y la lógica programada, en las interfases son principalmente usados sistemas de multiplexado y decodificación, debido a que permite accionar muchas salidas mediante escasas señales de entrada.

La tarjeta de conexionado del estator provee 16 salidas por microrelés electromecánicos que tienen las características de activarse (excitando la primera bobina) y ser desactivadas (excitando la segunda bobina).

Las señales de excitación son pulsos de 0 y 5 VDC (TTL) provenientes de decodificadores de salidas negadas (circuito integrado 74154), que decodifican las palabras de 4 bits enviadas desde la tarjeta PCI-DIO 96. Cada una de las salidas del decodificador alimentan a la base de un transistor 2N3906 de manera que puedan operar en ON/OFF y proporcionar la corriente necesaria a la primera bobina para activar el microrelé.

El procedimiento de desactivación es similar con la diferencia que la segunda bobina es excitada por otro transistor. La selección del modo de activación y

desactivación es a través de dos señales provenientes de la tarjeta PCI DIO-96 alimentada al PIN CLEAR de cada decodificador.

En el lado de los contactos del microrelé el cual tiene dos contactos normalmente abiertos, en uno de ellos esta conectado un led para verificar visualmente el estado del contacto del microrelé, en el contacto adyacente van los terminales de los relés encapsulados y contactores del circuito de potencia, este contacto del microrelé puede soportar corrientes de hasta 2 Amperes en operación continua

El circuito del conexionado del estator se muestra en el plano 07.

### **3.9 Control de los motores de Paso**

El circuito implementado tiene como objetivo controlar a los motores de paso, entregando la corriente necesaria para energizar a las bobinas de los motores de paso, basados en el control por el programa LabVIEW, mediante la tarjeta de I/O digitales PCI-DIO96, que tienen la finalidad de variar a los autotransformadores y reóstatos utilizados en las experiencias.

Los motores de paso son utilizados ampliamente en el campo de la industria para la ubicación y traslado de los productos y sobre todo en el campo de la robótica. Los motores de paso los podemos encontrar en, impresoras, fotocopiadoras, etc.

La operación de un motor de paso es diferente de un motor DC. Un motor de paso es diseñado para rotar a la armadura por pasos ó una porción de una vuelta a una determinada velocidad. El numero de grados varia en cada motor, pero un valor típico es 1.8 grados por paso. Esto significa que por cada señal el motor rota 1.8 grados y se detiene.

En un motor de paso el manejo de la conmutación es por excitación secuencial a las bobinas, que la ejecuta un circuito externo implementado con transistores de potencias, en nuestro caso se optó por un controlador sencillo y práctico implementado con transistores de potencia de bajo costo que proporcionan alta corriente también se utilizaron diodos y resistencias.

La tarjeta de control de los motores de paso es simplemente la interfase entre las salidas digitales de la tarjeta PCI-DIO96 y el motor de paso. El computador ejecutará el mando mediante la tarjeta I/O digitales PCI-DIO96, y la tarjeta de control deberá operar cada bobina en el motor de paso.

La tarjeta ejecuta dos funciones simples, primero usa transistores de potencia configurados en Darlington para entregar alta corriente necesaria al motor bajo la dirección de bajas corrientes proporcionadas por las salidas digitales de la tarjeta DIO96.

Segundo, el uso de opto aisladores ayudan a ejecutar aquella tarea, brindando aislamiento eléctrico a la tarjeta PCI-DIO96.

Los elementos utilizados en esta tarjeta son:

- ✓ Una fuente de alimentación de +5v.
- ✓ década de resistencias.
- ✓ 4 diodos 1N4007
- ✓ 4 Transistores de potencia TIP41
- ✓ 4 Transistores BD135.
- ✓ Equipamiento de medición.
- ✓ Accesorios para el circuito impreso

El dialogo entre la computadora y el motor es la parte más sencilla de este trabajo, las bobinas necesitan ser energizadas alternadamente con cada paso del motor, si pensamos de las bobinas como una palabra de cuatro dígitos binarios, simplemente necesitaríamos enviar una palabra de cuatro bits mediante la tarjeta de salidas digitales PCI-DIO96 cada vez que queramos que el motor de un paso. Convirtiendo la información binaria a decimal, podemos ver que necesitamos enviar la secuencia 2-4-6-8 para mover cuatro pasos, y podemos repetir la secuencia para poner a rotar al motor, y si queremos que gire en dirección contraria al anterior simplemente invertimos la secuencia, entonces la secuencia será 8-6-4-2.

El circuito de la tarjeta de control de los motores de paso se muestra en el plano 08.

### **3.10 Computadora Personal Compatible de Escritorio**

En la implementación se ha utilizado la computadora de escritorio para el desarrollo y acopio de información del desarrollo de la experiencia, las tarjetas utilizadas se conectan en las ranuras PCI, estas tarjetas aprovechan la unidad central de proceso de la PC para realizar el procesamiento de los datos, se hace uso de la computadora personal debido a las facilidades y el uso en el laboratorio con fines de investigación el cual no esta expuesta a contaminación y vibración, en el caso de las industrias se hace el uso de las computadoras industriales.

La velocidad del procesamiento de datos de la tarjeta depende directamente de la velocidad de procesamiento de la computadora.

Se utilizó una computadora personal compatible de las siguientes características:

Pentium III - 1,0 GHz

Memoria RAM 256 MB

Disco Duro 30 GB

03 Ranuras (Slots) PCI mínimo.

### **3.11 Software de Evaluación LabVIEW**

Este software de desarrollo se basa en la construcción de Instrumentación virtual, hasta hace poco, la tarea de construcción de un VI se llevaba a cabo con paquetes de software que ofrecían una serie de facilidades, como funciones de alto nivel y la incorporación de elementos gráficos, que simplificaban la tarea de programación y de elaboración del panel frontal. Sin embargo, el cuerpo del programa seguía basado en texto, lo que suponía mucho tiempo invertido en detalles de programación que nada tienen que ver con la finalidad de un VI. Con la llegada del software de programación LabVIEW de National Instruments, Visual Designer de Burr Brown o VEE de Agilent Technology, el proceso de creación de VI se ha simplificado notablemente, minimizándose el tiempo de desarrollo de las aplicaciones.

Cuando se crea un VI en LabVIEW trabajamos con dos ventanas: Una en la que se implementará el panel frontal y otra que soportará el nivel de programación. Para la creación del panel frontal se dispone de una librería de controles e indicadores de todo tipo y la disponibilidad de crear más, diseñados por el propio usuario.

Cuando un control es “pegado” desde la librería en el panel frontal se acaba de crear una variable cuyos valores vendrán determinados por lo que el usuario ajuste desde el panel; inmediatamente, aparece un terminal en la ventana de programación representándolo. El nivel de programación del VI consistirá en conectar estos

terminales a bloques funcionales (por ejemplo, un comparador), hasta obtener un resultado que deseemos visualizar, por ejemplo una red de alarma. Los bloques funcionales son íconos con entradas y salidas que se conectan entre si mediante cables ficticios por donde fluyen los datos, constituyendo el nivel de programación del VI.

Podemos comparar la ventana de programación con una placa de circuito impreso, donde los terminales del panel frontal se cablean a bloques funcionales (circuito integrado) que se interconectan para generar los datos que se desean visualizar. A su vez, estos circuitos integrados contienen bloques circuitales conectados entre sí, al igual que un icono está formado por la interconexión de otros íconos. La programación gráfica permite diseñar un VI de manera intuitiva, vertiendo las ideas directamente a un diagrama de bloques, como se haría sobre una pizarra.

### *Programar en LabVIEW*

Programar una aplicación en LabVIEW por su carácter de tipo gráfico puede parecer muy diferente a hacerlo en cualquier otro lenguaje de alto nivel. Pero veremos en estos planteamientos generales deben ser los mismos sea cual sea el lenguaje escogido; en concreto realizamos alguna comparación con PASCAL, un programa siempre se basará en la construcción de un Algoritmo y el empleo de unas Estructuras de Datos.

Por Algoritmo entendemos la descripción exacta del orden determinado en que se ha de ejecutar un sistema de operaciones para resolver todos los problemas de un mismo tipo.

En el LabVIEW es similar a la programación solo que es gráfica, la cual ayuda al usuario y facilita su programación.

El software adquirido es la versión 6.1, el cual tiene algunas librerías mas incluidas que la versión 5.0, que actualmente vienen usando las industrias.

## **CAPITULO IV CALIBRACIÓN, PROGRAMACIÓN Y OPERACIÓN REMOTA DE LA MÁQUINA ELÉCTRICA GENERALIZADA**

### **4.1 Generalidades**

Esta parte trata sobre la operatividad del sistema de automatización, es decir se detallara la calibración correspondiente a cada componente del sistema de automatización, su puesta a punto de cada uno de ellos, por otro lado también se detallara la programación de cada uno de los componentes del sistema de adquisición de datos, así como la operación remota de la Máquina Eléctrica Generalizada.

### **4.2 Calibración y Programación del Sistema de Automatización.**

#### **4.2.1 Sensor de Tensión**

La calibración del sensor de tensión se llevó acabo como se indica a continuación:

1. La contrastación se hizo tomando como patrón el instrumento Fluke VIEW 99, clase de precisión 0,5. Se llevó acabo 4 mediciones con los siguientes resultados

<b>Sistema Automático Vpp</b>	<b>Equipo Patrón (Vpp)</b>	<b>Factor de Corrección</b>
3,332	100	30,1
5,000	150	30,0
66,666	200	30,0
8,305	250	30,1

**Tabla N° 4.1. Comparación de Datos del Sensor de Tensión**

Por lo tanto el factor de corrección adecuado del análisis es: 30,0

La programación de este equipo es como es muestra a continuación.



### 4.2.2 Sensor de Corriente

La calibración del sensor de corriente se llevó a cabo como se indica a continuación:

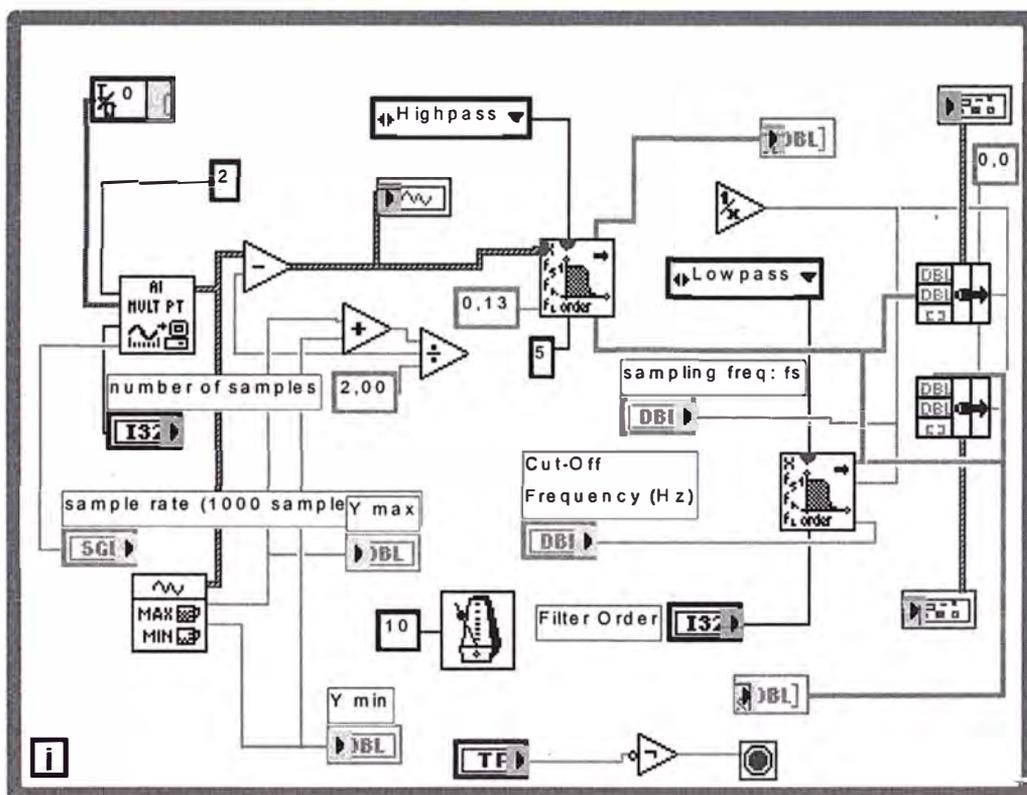
La contrastación se hizo tomando como patrón el instrumento Fluke VIEW 99, clase de precisión, 0,5. Se llevó a cabo 4 mediciones con los siguientes resultados

Sistema Automático Vpp	Equipo Patrón (App)	Factor de Corrección
1,960	10	5,1
2,800	14	5,0
3,600	18	5,0
3,921	20	5,1
4,400	22	5,0

**Tabla N° 4.2: Comparación de Datos del Sensor de Corriente**

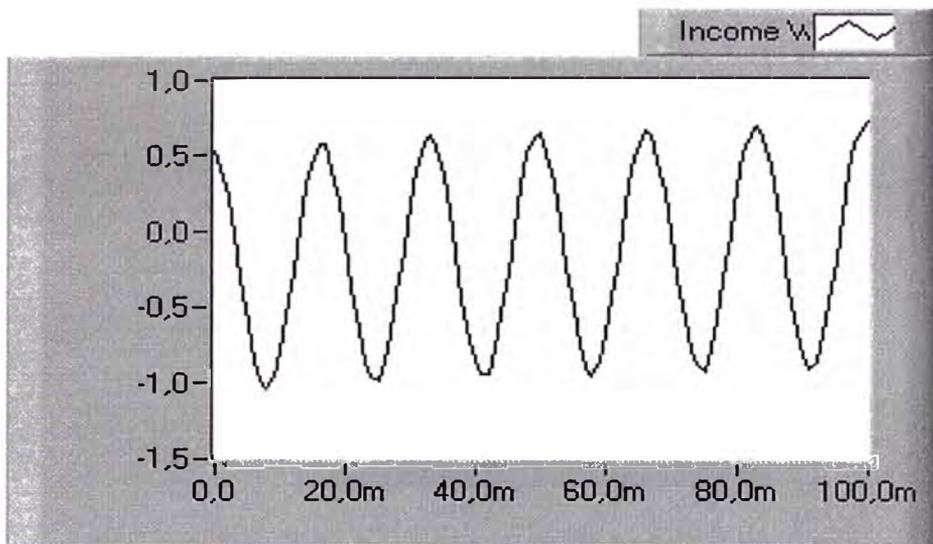
Por lo tanto el factor de corrección adecuado del análisis es: 5.0

La programación se muestra a continuación.



**Fig. 4.3: Panel de Programación de la Señal de Corriente**

La señal de salida es la siguiente:



**Fig. 4.4: Ventana de salida de la señal de Tensión.**

#### 4.2.3 Sensor de Temperatura

La calibración del sensor de corriente se llevó a cabo como se indica a continuación:

1. La contrastación se hizo tomando como referencia un termómetro de mercurio. Se llevó a cabo 5 mediciones con los siguientes resultados

Sistema Automático Vpp	Equipo Referencial (°C)	Factor de Corrección
1,333	20	15,0
1,655	25	15,1
1,973	30	15,2
2,302	35	15,2
2,631	40	15,2

**Tabla N° 4.3: Comparación de Datos del Sensor de Temperatura**

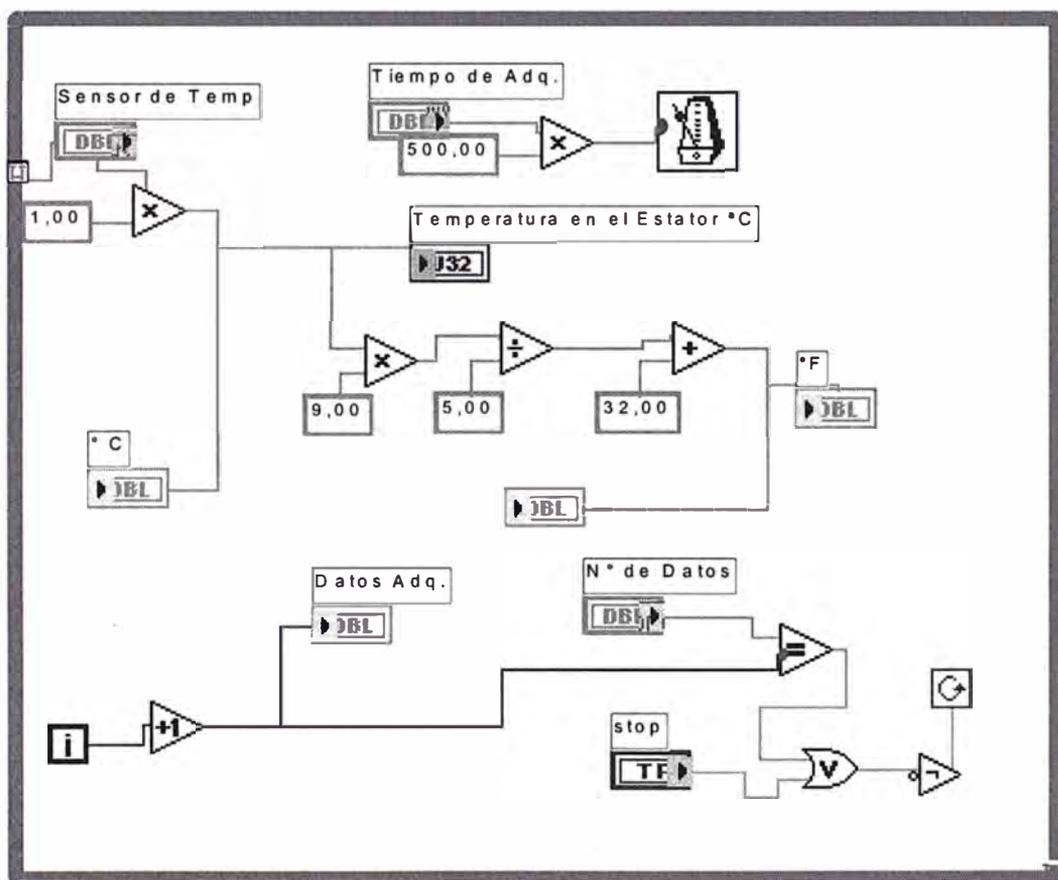
Por lo tanto el factor de corrección adecuado del análisis es: 15.2

La señal de salida es:



**Fig. 4.5: Panel de Programación de la Señal de Temperatura**

La programación se presenta a continuación:



**Fig 4.6: Panel de Programación de la Señal de Temperatura**

#### 4.2.4 Sensor de Velocidad

La calibración del sensor de corriente se llevó a cabo como se indica a continuación:

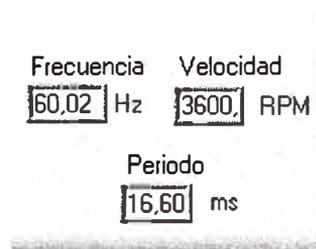
1. La contrastación se hizo tomando como referencia el tacómetro digital óptico.
2. Se llevó a cabo 5 mediciones con los siguientes resultados:

istema Automático Pulsos	Equipo Referencial (RPM)	Factor de Corrección
4,002	500	8,0040
6,402	800	8,0025
7,995	1000	7,9950
12,806	1600	8,0037
16,004	2000	8,0020

**Tabla N° 4.4: Comparación de Datos de la señal de Velocidad**

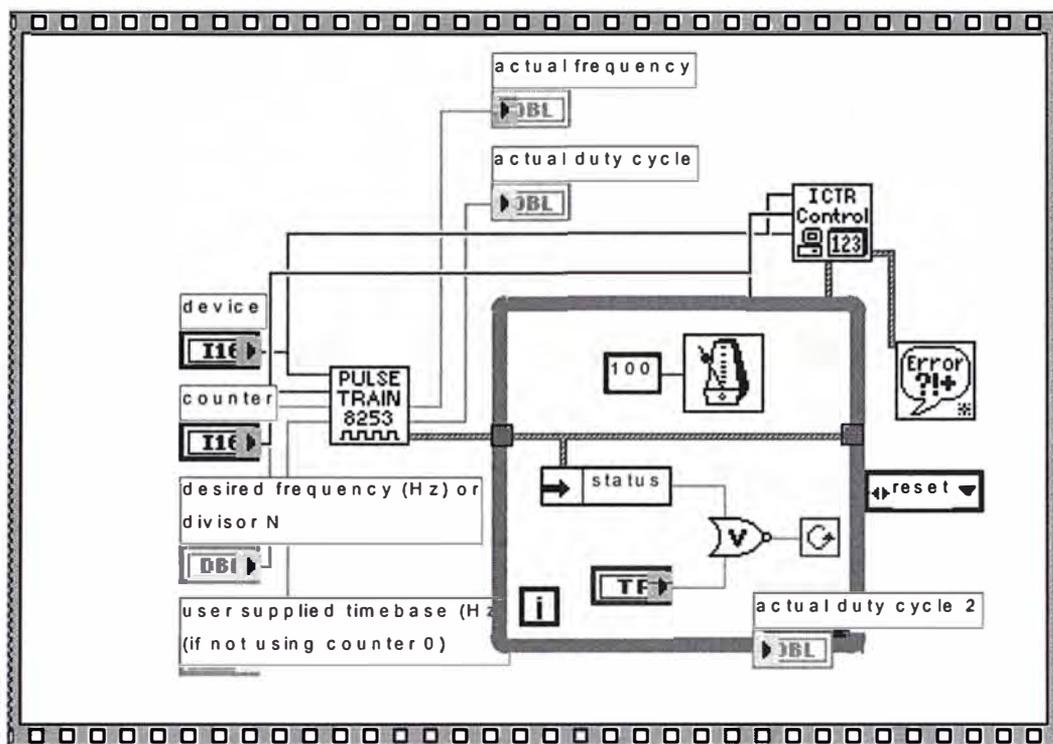
Por lo tanto el factor de corrección adecuado del análisis es: 8.0015

Los parámetros de salida se muestran en la Fig.



**Fig. 4.7: Ventana de salida de Datos de la velocidad**

La programación para captar la señal es:



**Fig. 4.8: Panel de programación de la señal de velocidad.**

#### 4.2.5 Tarjeta de Control de Conexión Automático

La tarjeta de control de conexión, básicamente es la que se ocupa de llevar a cabo el conexión de los diferentes tipos de configuración en la que la máquina generalizada funcionará, la parte técnica ha sido detallada en el capítulo III, en esta sección se describirá el funcionamiento dentro del sistema de automatización y la programación respectiva.

La tarjeta de conexión primeramente ha sido probada después de su implementación, luego se llevo a cabo la conexión de cada salida a cada grupo de relés y contactores que hará actuar según el requerimiento de la experiencia a desarrollar y finalmente se conecto a la tarjeta de salidas y/o entradas digitales PCI DIO96, la programación para cada tipo de configuración es de acuerdo a cuantos relés deberán pasar al otro estado para lograr la configuración requerida.

La programación para esta tarjeta es como sigue:

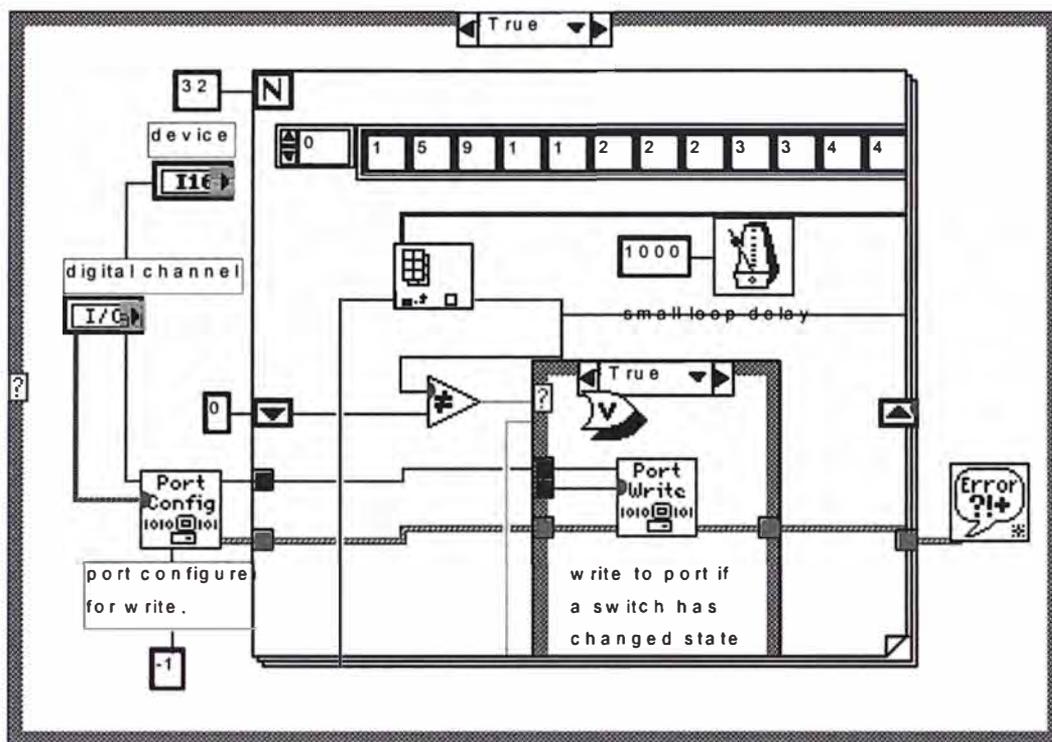


Fig. 4.9: Panel de Programación del Conexiones Automáticas del Estator.

#### 4.2.6 Tarjeta de control de Motores de Paso

La tarjeta de control de motores después de haber sido implementada, a sido regulada de acuerdo al requerimiento del equipo al cual va montada, es decir si se requiere movimientos más rápidos (Fuentes de alimentación) o lentos (Resistencias).

La programación es enviando señales de 0 y 5 VDC (TTL) hacia la tarjeta con la cual se controla el motor de pasos, el sentido se ordena desde la PC en donde se una inversión de los pulsos enviados. A continuación se muestra los detalles del programa empleado.

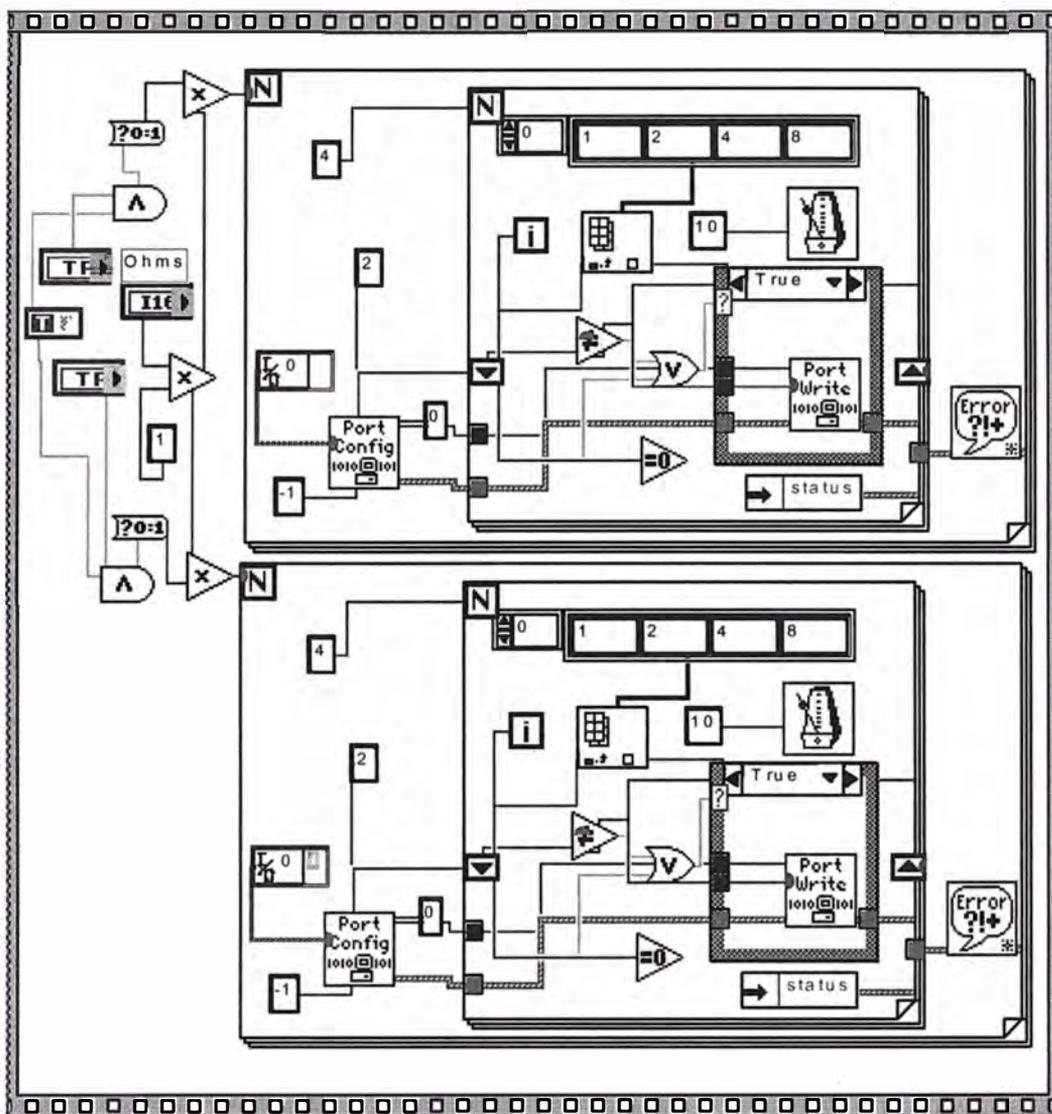


Fig. 4.10: Panel de Programación del Control de los Motores de Paso.

### **4.3 Procedimiento de Publicación de Datos y Control Remoto de la MEG**

#### **4.3.1 Introducción**

En el capítulo anterior se trató la operación desde una PC conectada directamente a los equipos de automatización, desde donde se controla las diferentes etapas de desarrollo de las experiencias en la MEG, en esta parte se detallará todo el desarrollo de las experiencias desde un punto remoto a través de la red de Internet, esta labor se lleva a cabo mediante una programación adecuada del software LabVIEW, en donde se logra publicar los datos en la Web y su control respectivo.

El LabVIEW presenta diversas alternativas para la publicación de datos así como para el control remoto, las cuáles son:

Usando los VI Server's

Usando la Tecnología DataSocket

Usando la Web (mediante Internet)

Se detallará con mayor énfasis la tercera opción debido a su practicidad y facilidad de realizar y el cual se recomienda utilizar en el presente proyecto.

#### **4.3.2 VI SERVER**

Usar el LabVIEW VI Server para controlar objetos del panel frontal, VIs y LabVIEW programáticamente, y para cargar, editar, y correr VIs dinámicamente en la computadora local o remotamente por una red. Se puede controlar el acceso del navegador a los VIs y se puede configurar qué VIs se pueden controlar.

### **4.3.3 Tecnología DATASOCKET**

Usar la tecnología National Instruments DataSocket para compartir data “viva” con otros VIs y otras aplicaciones, tales como National Instruments ComponentWorks, en la Web, o con la computadora local. Por ejemplo, si se quiere compartir la data de un indicador de termómetro sobre el panel frontal con otra computadora mediante la Web, publicar la data del termómetro especificando una URL en la caja de diálogo DataSocket Connection. Los usuarios en otras computadoras reconocen la data colocando un termómetro en su panel frontal y seleccionando la URL en la caja de diálogo DataSocket Connection.

### **4.3.4 WEB SERVER - INTERNET**

#### **Publicando Paneles Frontales de VIs en la Web**

Usar el LabVIEW Web Server para publicar imágenes de paneles frontales de los VIs en la Web. Por defecto, después de que se habilita el Web Server todos los VIs son visibles a todos los browsers de la Web. Sin embargo, se puede controlar el acceso del browser a los paneles frontales publicados y configurar qué VIs son visibles en la Web. Para mostrar paneles frontales en la Web, los VIs deben estar en la memoria de la computadora local.

Nota: Usar el LabVIEW Enterprise Connectivity Toolset para controlar VIs en la Web y agregar más características de seguridad a VIs que se publican en la Web.

Usar la Web Publishing Tool para crear un documento HTML e incrustar imágenes estáticas o animadas del panel frontal. También se puede incrustar imágenes del panel frontal en un documento HTML existente.

Nota: El panel frontal del VI que se quiere publicar puede ser grande. Toma al Web Server gran tiempo crear una imagen grande lo que puede retardar la ejecución de los VI. También, una imagen grande toma una cantidad significativa de tiempo para transmitir al browser, sobre todo en una conexión por módem. Por consiguiente, se debe asegurar que los paneles frontales de los VIs que se quieren publicar sean de un tamaño razonable.

### **Viendo un Panel Frontal remotamente mediante un Web Browser**

Para ver un panel frontal remotamente mediante un Web browser, se debe configurar el servidor primero. Completar los pasos siguientes para configurar el servidor para que una computadora cliente pueda ver un panel frontal remotamente mediante un Web browser:

1. Habilitar el Web Server en la computadora servidor, dónde se localizan los VI que se quieren ver.
2. Configurar la lista de acceso de browsers para que la computadora cliente pueda conectarse al servidor.
3. Asegurarse de cargar el top-level VI para el cliente para descargarlo en la memoria.
4. Crear un archivo HTML e incrustar las etiquetas `<OBJECT>` y `<EMBED>` en el documento HTML. Se puede usar el Web Publishing Tool para crear un archivo HTML, o se puede usar a un editor HTML.
5. Colocar este archivo HTML en el directorio `labview\www`.
6. Cambiar el parámetro `LVFPPVINAME` en las etiquetas `<OBJECT>` y `<EMBED>` por el nombre del top-level VI que se cargó en la memoria.

También se puede cambiar los parámetros WIDTH y HEIGHT de las etiquetas <OBJECT> y <EMBED> para personalizar la apariencia del panel frontal en el browser del cliente.

Completar los pasos siguientes si se está en una computadora cliente y no se tiene instalado el LabVIEW pero se quiere ver un panel frontal remotamente mediante un Web browser.

1. Instalar el LabVIEW Run-Time Engine.
2. Abrir el browser predefinido.
3. En la URL del browser, teclee la dirección IP o el nombre de la computadora del servidor seguido por el nombre del archivo HTML. Por ejemplo, <http://ipaddress/filename.html>.

Para cerrar completamente su conexión al Web Server que corre en la computadora servidor, hacer click en el botón de cerrado en el borde de la ventana del browse.

Se puede pedir el control remoto del panel frontal ahora.

Nota: La computadora servidor que maneja los paneles frontales remotos debe tener el LabVIEW Full o Professional Development System o debe construir los paneles frontales en una aplicación autosuficiente. Los clientes pueden usar cualquier sistema de desarrollo LabVIEW para ver y controlar esos paneles frontales remotamente.

### **Controlando un Panel Frontal remotamente mediante un Browser**

Completar los pasos siguientes para controlar un panel frontal remotamente mediante un Web browser.

1. Ver un panel frontal remotamente en un browser.(sección anterior)
2. Hacer click derecho en cualquier parte del panel frontal en el browser

3. Y seleccionar Request Control of the VI del menu que aparece. Si ningún otro cliente está actualmente en el mando, un mensaje aparece indicando que usted tiene el mando del panel frontal. Si otro cliente está controlando los VI actualmente, el servidor pone en cola su demanda hasta que el otro cliente abandone el mando. Sólo el usuario de la computadora servidor puede supervisar la lista de la cola.

Para cerrar completamente su conexión al Web Server que corre en la computadora servidor, hacer click en el botón de cerrado en el borde de ventana del browser. Sin embargo, si se quiere soltar mando del panel frontal pero mantener una conexión para que se pueda ver el panel frontal, hacer click derecho en cualquier parte en el panel frontal y seleccionar Release Control of the VI del menú que aparece.

### **Viendo un Panel Frontal remotamente usando el LabVIEW**

Para ver un panel frontal remotamente usando el LabVIEW, se debe configurar el servidor primero. Completar los pasos siguientes para configurar el servidor para que una computadora cliente pueda ver un panel frontal remotamente usando el LabVIEW:

1. Habilitar el Web Server en la computadora servidor dónde se localizan los VI que se quieren ver.
2. Configure la lista de acceso de browsers para que la computadora Cliente pueda conectarse al servidor.
3. Configurar que la lista de VIs visibles para que la computadora cliente puede acceder a los paneles frontales de los VIs remotamente. Si no se configura la lista de VIs visibles, el cliente puede acceder a todos los VIs que están cargados en la memoria del servidor.

4. Asegurarse de que los VIs cuyos paneles frontales quieren verse estén Cargados en la memoria.

Completar los pasos siguientes si se está en una computadora cliente y se quiere ver un panel frontal remotamente usando el LabVIEW:

1. Seleccionar Operate»Connect to remote Panel para desplegar la caja de diálogo Connect to Remote Panel.
2. En el campo server IP Address, entre la dirección IP o nombre de la Computadora servidor a la que se quiere conectar.
3. En el campo VI Name, entre en los nombres de los VI cuyos paneles Frontales quieren verse, por ejemplo, Tank Simulation.vi
4. Entre el puerto HTTP. El valor por defecto es 80.
5. Si se quiere pedir inmediatamente el mando del panel frontal, poner Un checkmark en la checkbox Request Control. También se puede pedir el mando en el fondo de la ventana del panel frontal remoto cuando aparezca en la computadora.
6. Hacer click en el botón Connect. El panel frontal aparecerá en la Computadora permitiéndose ver. Si el acceso se niega, un mensaje de error aparece en la sección Connection Status de la caja de diálogo Connect to Remote Panel. Se pueden ver sólo aquellos VIs que están cargados en la memoria.

Para cerrar completamente su conexión al web Server que corre en la computadora servidor, hacer click en el botón de cerrado en el borde de ventana del browser.

Nota: La computadora servidor que maneja los paneles frontales remotos debe tener el LabVIEW Full o Professional Development System o debe construir los paneles

frontales en una aplicación autosuficiente. Los clientes pueden usar cualquier sistema de desarrollo LabVIEW para ver y controlar esos paneles frontales remotamente.

### **Controlando un Panel Frontal remotamente usando el LabVIEW**

Completar los pasos siguientes para pedir el mando de un panel frontal remotamente usando el LabVIEW.

1. Ver un panel frontal remotamente usando el LabVIEW.(sección anterior)
2. Hacer click en el fondo de la ventana del panel frontal remoto o click derecho en cualquier parte en el panel frontal y seleccionar Request Control of the VI del menú que aparece. Si ningún otro cliente está actualmente en el mando, un mensaje aparece indicando que usted tiene mando del panel frontal. Si otro cliente está controlando los VI actualmente, el servidor pone en cola su demanda hasta que el otro cliente abandone el mando. Sólo el usuario de la computadora servidor puede supervisar la lista de cola.

Para cerrar completamente su conexión al Web Server que corre en la computadora servidor, hacer click en el botón de cerrado en el borde de la ventana del LabVIEW. Sin embargo, si se quiere soltar mando del panel frontal pero mantener una conexión para que se pueda ver el panel frontal, hacer click derecho en cualquier parte en el panel frontal y seleccionar Release Control of the VI del menú que aparece.

## **CAPITULO V**

### **MODOS DE OPERACIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA ELÉCTRICA GENERALIZADA**

#### **5.1 Introducción**

La máquina generalizada es un módulo adecuado para su uso en los cursos de laboratorio de máquinas eléctricas para todos los niveles de enseñanza, es igualmente satisfactoria para ilustrar las teorías de conversión de energía electromecánica o en el nivel mas elemental, las interrelaciones entre las características de funcionamiento de los tipos estándar de máquinas eléctricas. Asimismo provee considerable material para proyectos de investigación tanto para el nivel de antegrado como para post-grado.

Desarrollaremos a continuación 19 tipos de máquinas, que han sido implementadas en el módulo de la máquina eléctrica generalizada, las cuales abarcan los diversos tipos de máquinas eléctricas rotativas de uso frecuente en la industria, estas experiencias ilustran las características de funcionamiento y operación de cada uno de ellos.

En la parte final del capítulo se muestra como ejemplo el desarrollo de la experiencia Nº 13 “**Motor de Inducción Trifásica de 4 Polos**”, donde se explica en detalle los pasos a seguir en la operación y adquisición de datos.

## 5.2 Como Máquina Básica DC

En esta parte presentamos las diferentes tipos de maquinas de corriente continua que se pueden lograr con el módulo de la Máquina Generalizada, estos modos de operación son los siguientes:

1. Generador DC de 2 polos, Excitación Separada
2. Motor DC de 2 polos, Excitación Separada
3. Generador DC de 4 polos, Excitación Separada
4. Motor DC de 4 polos, Excitación Separada
5. Generador DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos
6. Motor DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos
7. Generador Shunt DC de 4 polos, con Interpolos
8. Motor Shunt DC de 4 polos, con Interpolos
9. Generador Serie DC de 4 polos, con Interpolos
10. Motor Serie DC de 4 polos, con Interpolos.

### 5.2.1 Generador DC de 2 polos, Excitación Separada

#### Circuito

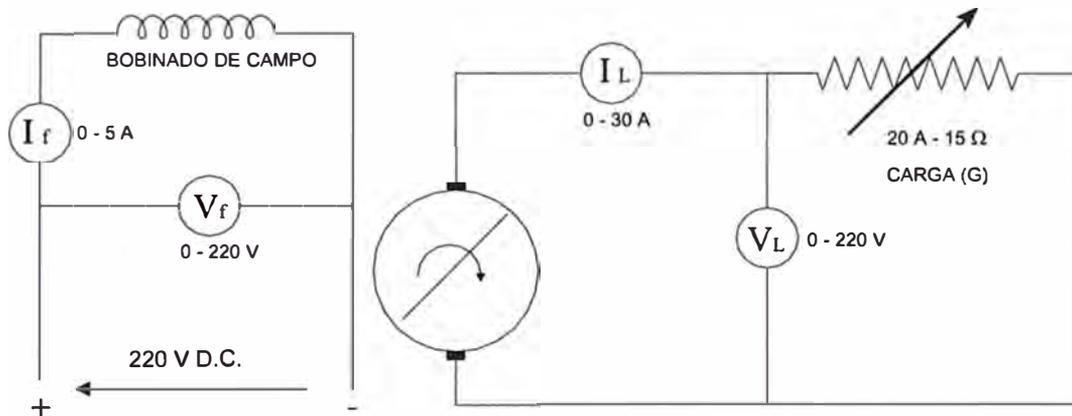


Fig. 5.1 Circuito del Generador DC de 2 Polos, Excitación separada

#### Limites recomendados

Velocidad 3500 RPM máximo,  $I_L$ , 15 A máximo,  $I_f$ , 6 A máximo

#### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
86,2	0	20,4	1,99	1 410
81,0	2,7	20,3	1,99	1 368
91,2	4,0	20,3	1,99	1 635

Tabla 5.2: Datos típicos del Generador DC, 2 polos, excitación separada.

## 5.2.2 Motor DC de 2 polos, Excitación Separada

### Circuito

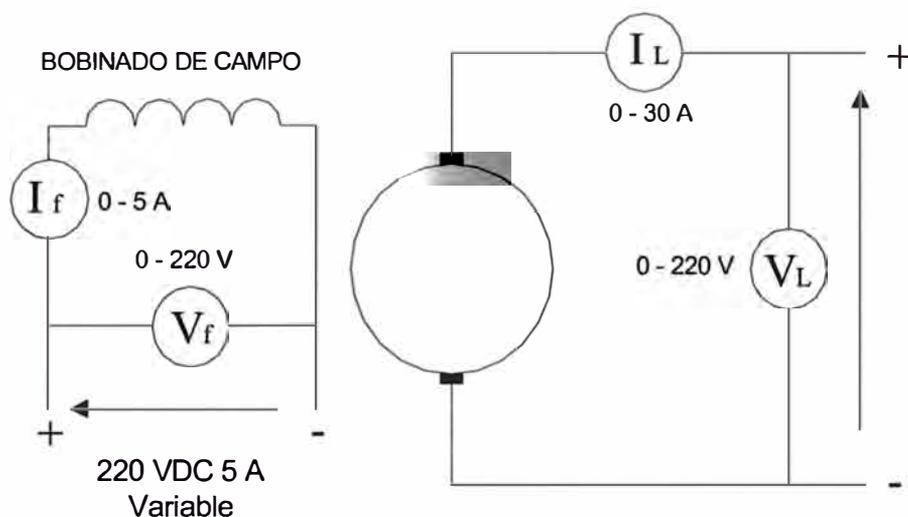


Fig. 5.2 Circuito del Motor DC de 2 polos, Excitación Separada

### Limites recomendados

Velocidad 3000 RPM máximo,  $I_L$ , 9 A máximo,  $I_f$ , 2 A mínimo

### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
67,7	4,9	29,3	3,22	1 000
112,9	5,6	29,3	3,22	1 700
179,9	6,8	29,3	3,22	2 650

Tabla 5.3 Datos Típicos del Motor DC de 2 polos, Excitación Separada

### 5.2.3 Generador DC de 4 polos, Excitación Separada

#### Circuito

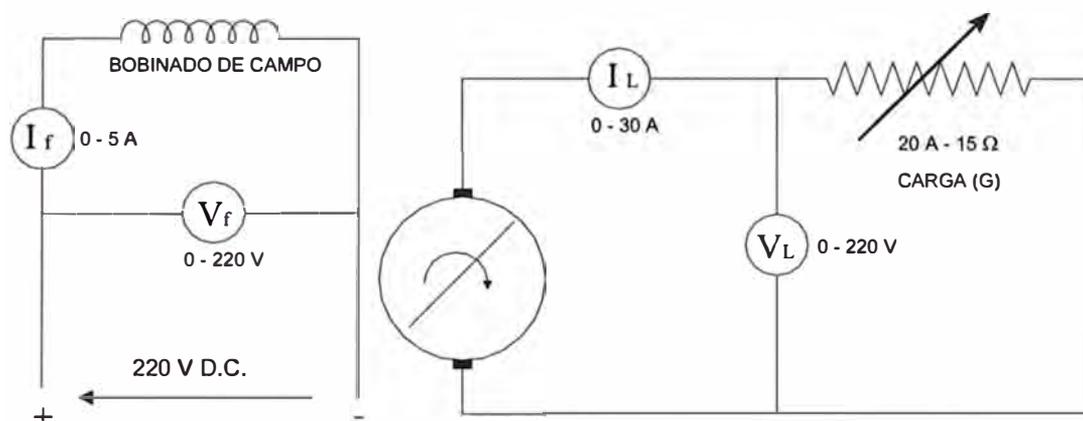


Fig. 5.3 Circuito del Generador DC de 4 polos, Excitación Separada

#### Limites recomendados

Velocidad 3500 RPM máximo,  $I_L$ , 15 A máximo,  $I_f$ , 6 A máximo

#### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
70,2	0	22,6	2,15	1 340
85,0	3,2	22,6	2,15	1 420
95,2	3,8	22,6	2,15	1 755

Tabla 5.4 Datos Típicos del Generador DC de 4 polos, Excitación Separada

## 5.2.4 Motor DC de 4 polos, Excitación Separada

### Circuito

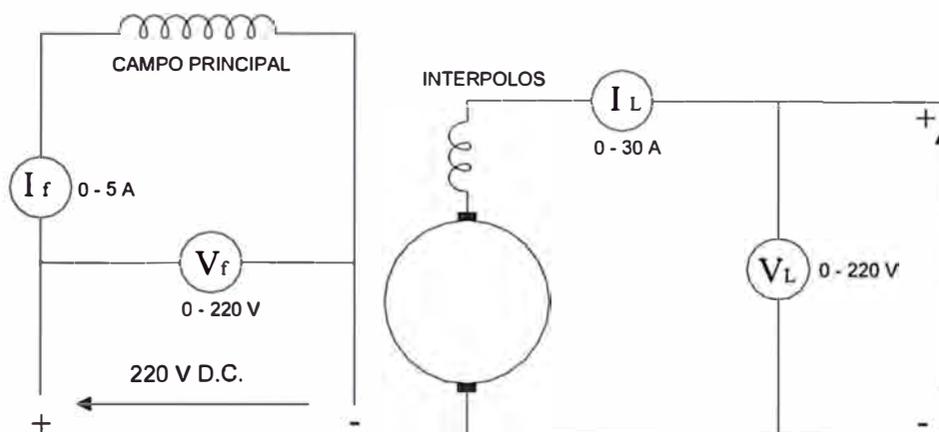


Fig. 5.4 Circuito del Motor DC de 4 polos, Excitación Separada

### Limites recomendados

Velocidad 3000 RPM máximo,  $I_L$ , 20 A máximo,  $I_f$ , 1.3 A mínimo,  $V_L$  150 V máximo.

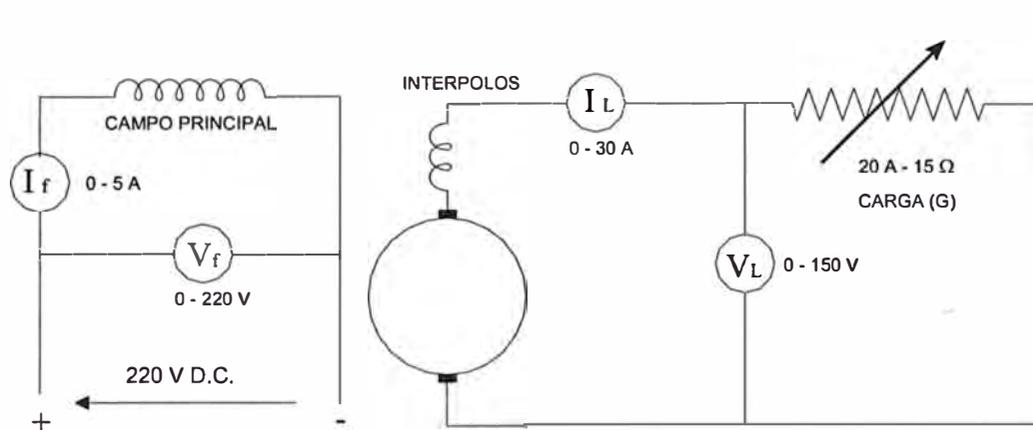
### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
36,5	7,3	18,0	2,5	1 120
49,9	7,9	18,0	2,5	1 600
76,1	9,0	18,0	2,5	2 500

Tabla 5.5: Datos Típicos del Motor DC de 4 polos, Excitación Separada

### 5.2.5 Generador DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos

#### Circuito



**Fig. 5.5: Circuito del Generador DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos**

#### Limites recomendados

Velocidad 3500 RPM máximo,  $I_L$ , 15 A máximo,  $I_f$ , 6 A máximo

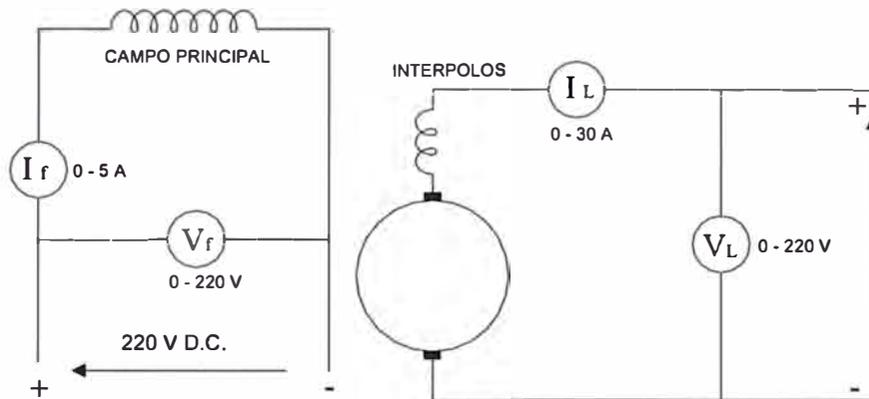
#### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
86,2	0	20,4	1,99	1 410
81,0	2,7	20,3	1,99	1 368
91,2	4,0	20,3	1,99	1 635

**Tabla 5.5: Datos Típicos del Generador DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos**

### 5.2.6 Motor DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos

#### Circuito



**Fig. 5.6: Circuito del Motor DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos**

#### Limites recomendados

Velocidad 3000 RPM máximo,  $I_L$ , 20 A máximo,  $I_f$ , 1.3 A mínimo,  $V_L$  150 V

#### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
70,5	4,7	31,2	3,50	1 100
105,4	5,4	31,2	3,50	1 800
180,5	6,6	31,2	3,50	2 680

**Tabla 5.6: Datos Típicos del Motor DC de 4 polos, Excitación Separada con Interpolos**

### 5.2.7 Generador Shunt DC de 4 polos, con Interpolos

#### Circuito

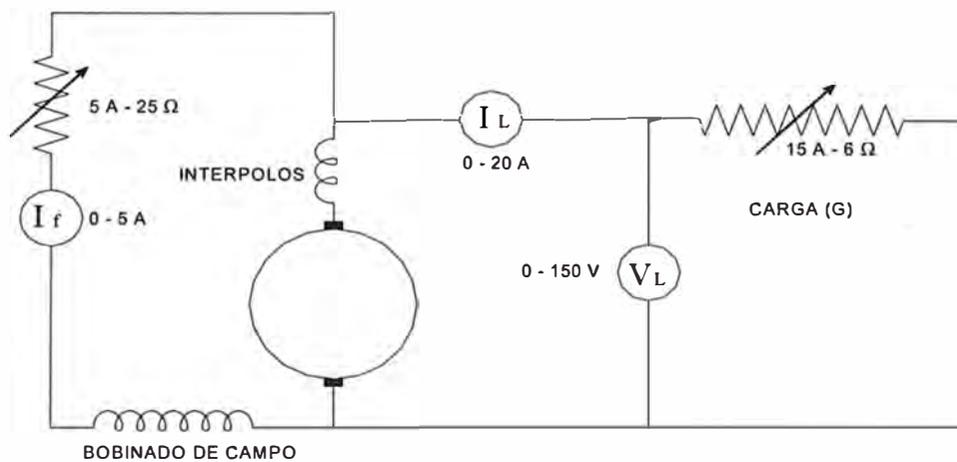


Fig. 5.7: Circuito del Generador Shunt DC de 4 polos, con Interpolos

#### Limites recomendados

Velocidad 3500 RPM máximo,  $I_L$ , 15 A máximo

#### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
86,2	0	86,2	1,99	1 410
81,0	2,7	81,0	1,99	1 368
91,2	4,0	91,2	1,99	1 635

Tabla 5.7: Datos Típicos del Generador Shunt DC de 4 polos.  
con Interpolos

## 5.2.8 Motor Shunt DC de 4 polos, con Interpolos

### Circuito

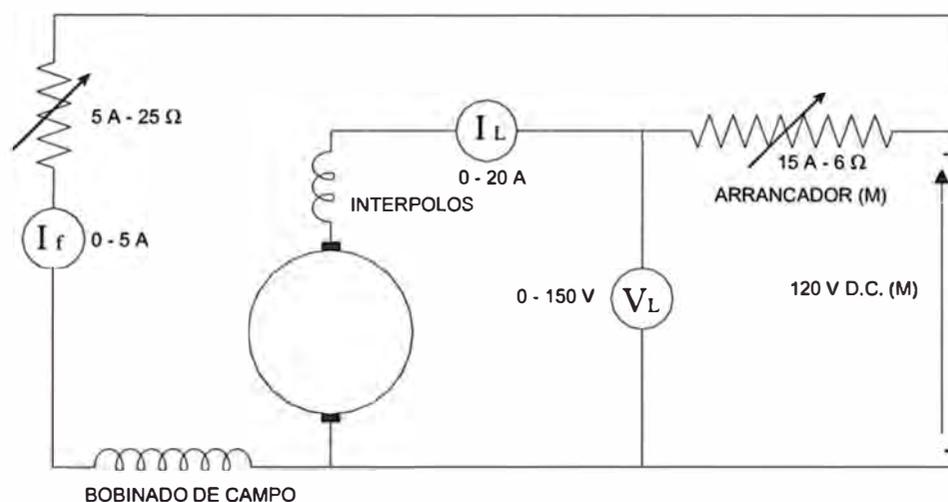


Fig. 5.8: Circuito del Motor Shunt DC de 4 polos, con Interpolos

### Limites recomendados

Velocidad 3000 RPM máximo,  $I_L$ , 20 A máximo,  $V_L$  120 V máximo

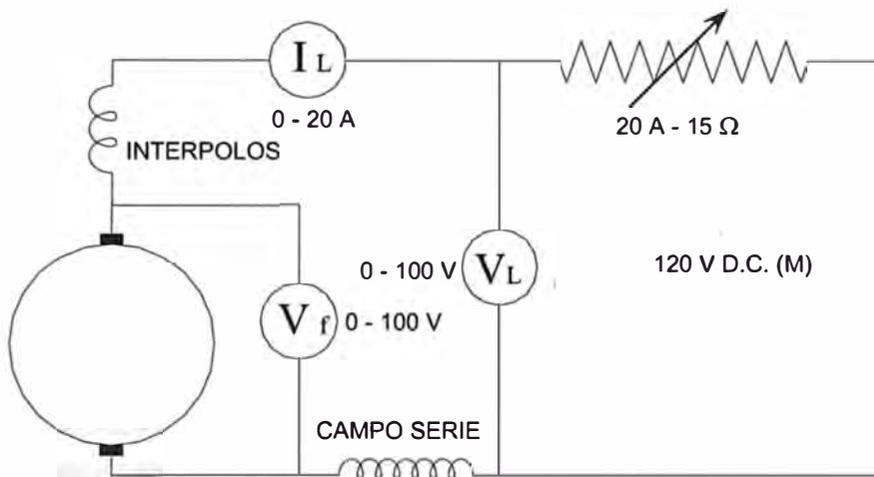
### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
67,7	4,9	67,7	3,22	1 000
112,9	5,6	112,9	3,22	1 700
179,9	6,8	179,9	3,22	2 650

Tabla 5.8: Datos Típicos del Motor Shunt DC de 4 polos, con Interpolos

### 5,2,9 Generador Serie DC de 4 polos, con Interpolos

#### Circuito



**Fig. 5,9: Circuito del Generador Serie DC de 4 polos, con Interpolos**

#### Limites recomendados

La velocidad no excederá los 2500 RPM,  $I_L$ , 15 A máximo

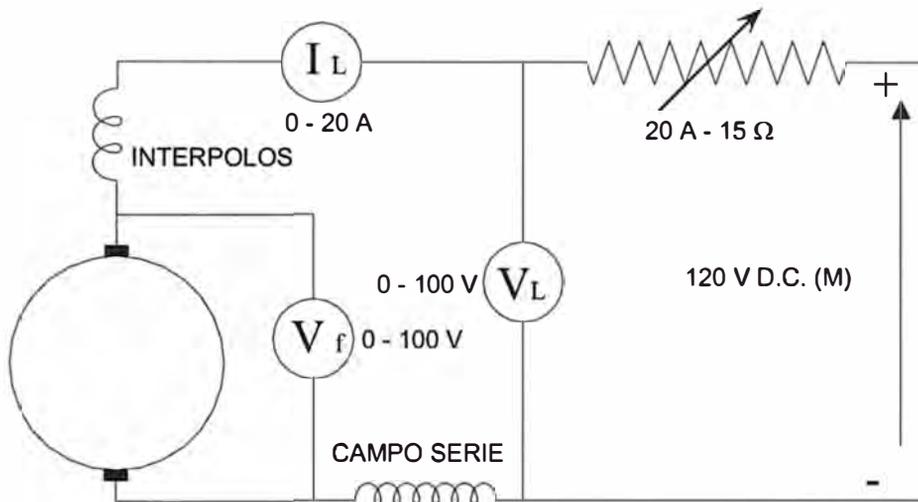
#### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
86,2	0	86,2	0	1 410
81,0	2,7	81,0	2,7	1 368
91,2	4,0	91,2	4,0	1 635

**Tabla 5,9: Datos Típicos del Generador Serie DC de 4 polos, con Interpolos**

### 5,2,10 Motor Serie DC de 4 polos, con Interpolos,

#### Circuito



Fig, 5,10: Circuito del Motor Serie DC de 4 polos, con Interpolos,

#### Limites recomendados

La velocidad no excederá los 2500 RPM,  $I_L$ , 18 A máximo,

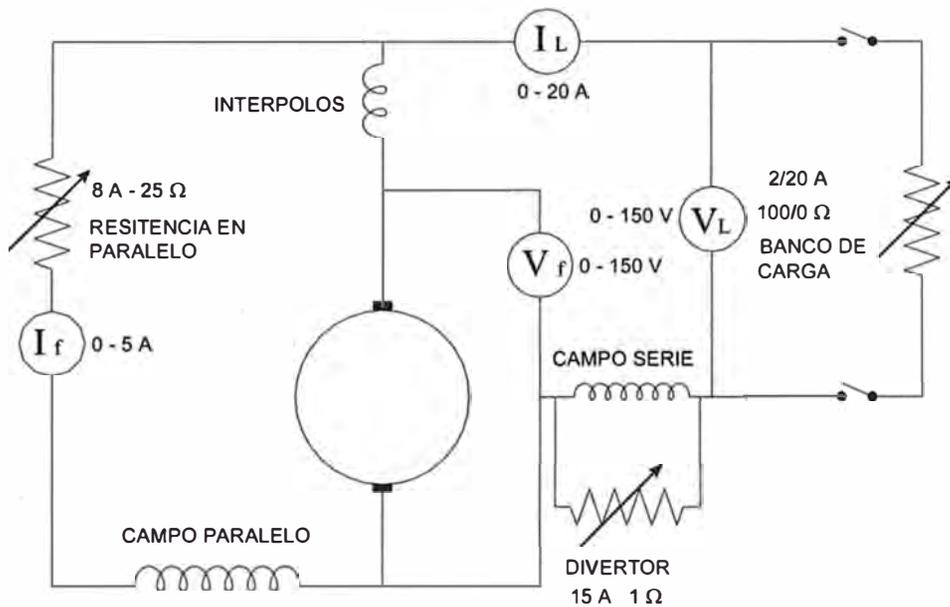
#### Resultados Típicos

Tensión Terminal $V_L$	Corriente Terminal $I_L$	Tensión de campo $V_f$	Corriente de Campo $I_f$	Velocidad RPM
67,7	4,9	67,7	4,9	1 000
112,9	5,6	112,9	5,6	1 700
179,9	6,8	179,9	6,8	2 650

Tabla 5,10: Datos Típicos del Motor Serie DC de 4 polos, con Interpolos,

### 5,2,11 Generador Compuesto DC de 4 polos, con Interpolos,

#### Circuito



**Fig. 5,11: Circuito del Generador Compuesto DC de 4 polos, con Interpolos,**

#### Limites recomendados

Velocidad máxima 3500 RPM, I<sub>L</sub> 12 A máximo, I<sub>f</sub> 5 A máximo

#### Resultados Típicos

Tensión Terminal V <sub>L</sub>	Corriente Terminal I <sub>L</sub>	Tensión de campo V <sub>f</sub>	Corriente de Campo I <sub>f</sub>	Velocidad RPM
86,2	2,8	86,2	1,99	1 410
81,0	3,2	81,0	1,99	1 368
91,2	4,0	91,2	1,99	1 635

**Tabla 5,11: Datos Típicos Generador Compuesto DC de 4 polos, con Interpolos.**

### 5.3 Máquina Básica AC

#### 5.3.1 Motor de Inducción 3Ø de 2 polos

##### Circuito

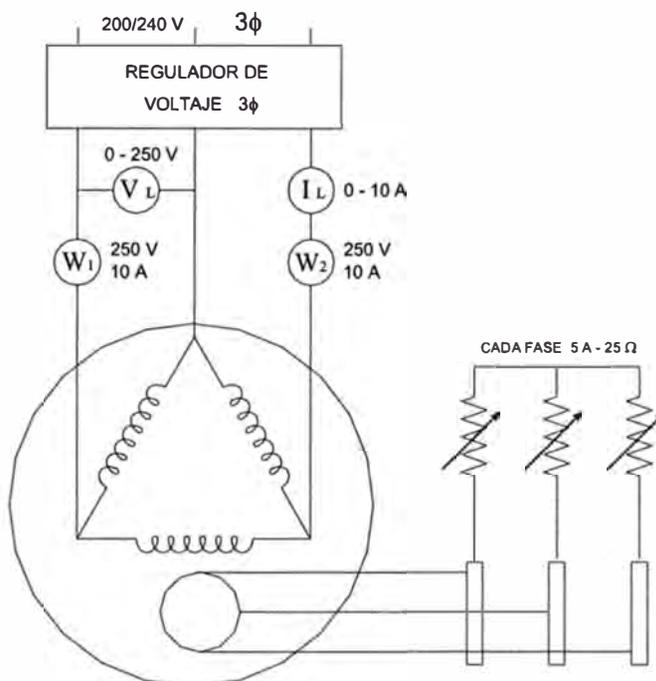


Fig. 5.12: Circuito del Motor de Inducción 3Ø de 2 polos .

##### Limites recomendados

Una fuente de voltaje variable trifásico 220 VAC 30 A

STARTER 20 A 5 W por fase

##### Resultados Típicos

Tensión Línea $V_L$	Corriente Línea $I_L$	Velocidad RPM
199,7	3,61	3 050
200,2	3,50	3 480
205,5	3,52	3 520

Tabla 5.12: Datos Típicos del Motor de Inducción 3Ø de 2 polos.

### 5.3.2 Motor de Inducción 3Ø de 4 polos

#### Circuito

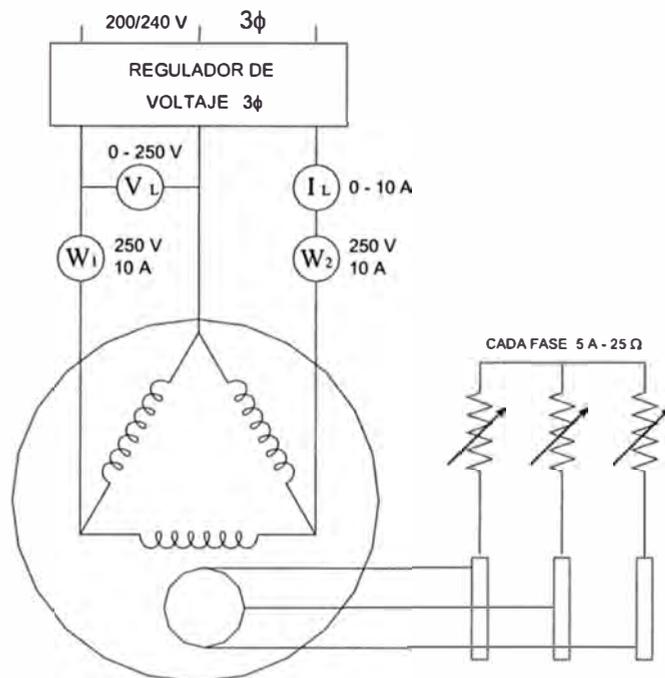


Fig. 5.13: Circuito del Motor de Inducción 3Ø de 4 polos

#### Limites recomendados

A plena carga  $I_L$  11 A, máximo

#### Resultados Típicos

Tensión Línea $V_L$	Corriente Línea $I_L$	Velocidad RPM
220,4	4,99	1 400
200,7	4,68	1 740
200,9	4,,62	1 760

Tabla 5.13: Datos Típicos del Motor de Inducción 3 Ø de 4 polos

### 5.3.3 Generador Síncrono 3Ø de 2 polos

Circuito

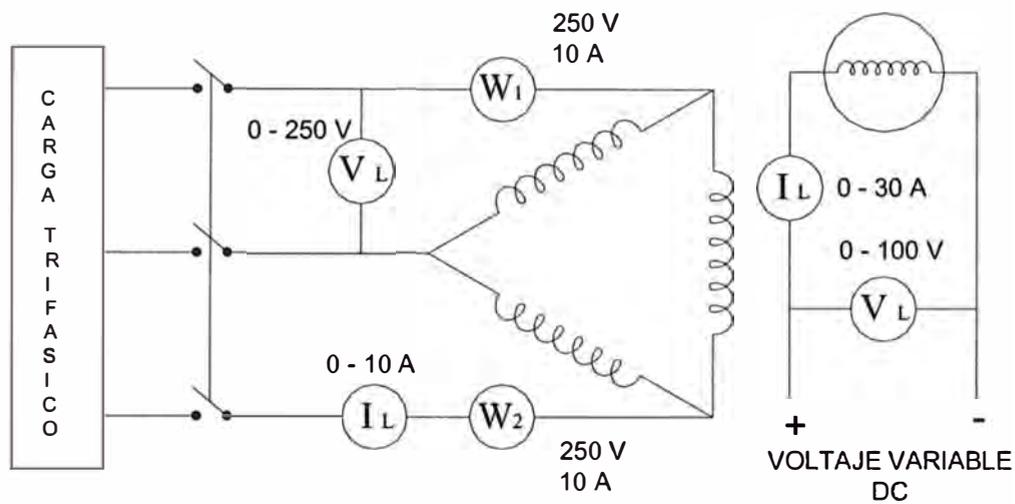


Fig. 5.14: Circuito del Generador Síncrono 3Ø de 2 polos

#### Límites Recomendados

IL 9 A máximo, If 30 A máximo

#### Resultados Típicos

Tensión Línea $V_L$	Corriente Línea $I_L$	Tensión Campo $V_f$	Corriente Campo $I_f$	Velocidad RPM
30,0	0	33,0	0,83	1 620
35,5	1,10	33,0	0,83	1 750
39,8	2,50	33,0	0,83	1 780

Tabla 5.14: Datos Típicos del Generador Síncrono 3Ø de 2 polos

### 5.3.4 Motor Síncrono 3Ø de 2 polos

#### Circuito

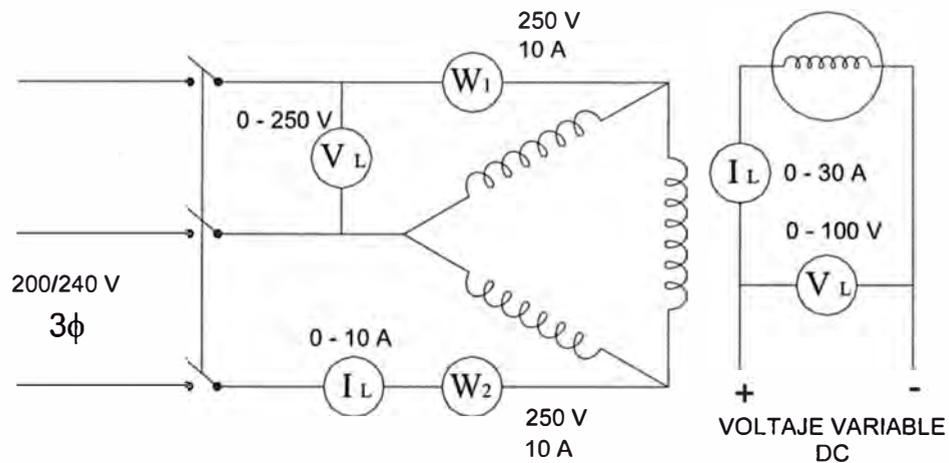


Fig. 5.15: Circuito del Generador Síncrono 3Ø de 2 polos

#### Límites Recomendados

IL 9 A máximo, If 30 A máximo

#### Resultados Típicos

Tensión Línea $V_L$	Corriente Línea $I_L$	Tensión Campo $V_f$	Corriente Campo $I_f$	Velocidad RPM
18,9	16,95	38,8	0,67	790
30,4	20,10	12,9	0,99	890
35,5	22,50	15,0	0,85	940

Tabla 5.15: Datos Típicos del Generador Síncrono 3Ø de 2 polos

## 5.4 Máquina de Campo Cruzado

### 5.4.1 Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, sin compensación

#### Circuito

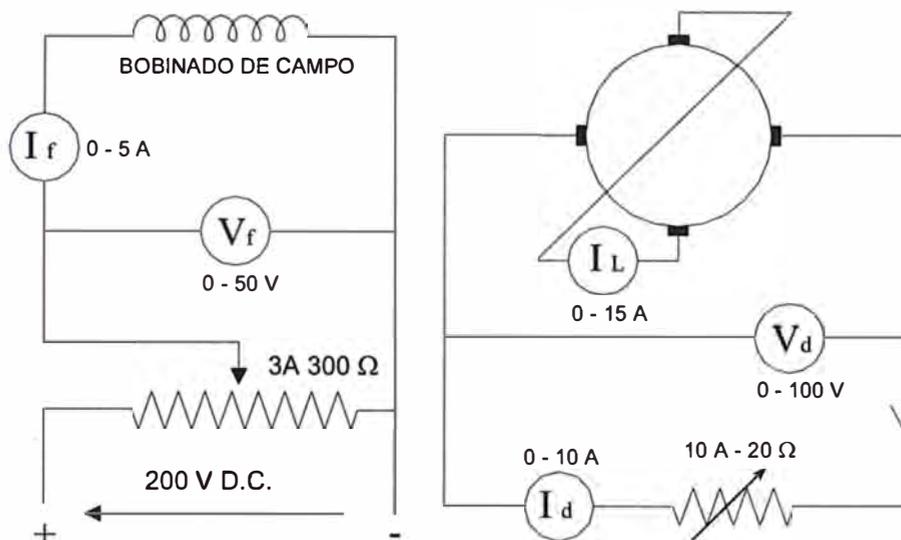


Fig. 5.16: Circuito del Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, sin compensación

#### Límites Recomendados

$I_q$  15 A máximo,  $I_d$  10 A máximo, velocidad máxima de 3000 R.P.M.I.L

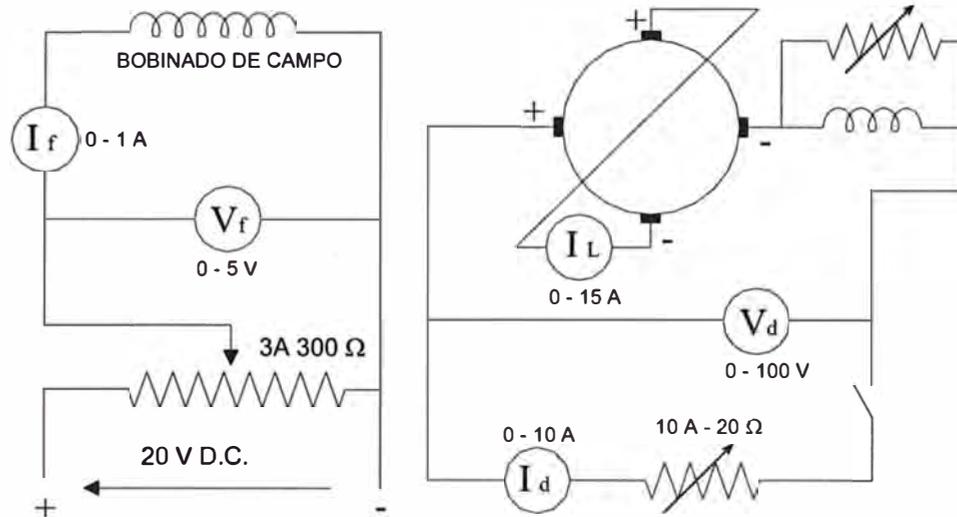
#### Resultados Típicos

Tensión $V_L$	Corriente $I_q$	Corriente $I_d$	Tensión Campo $V_f$	Corriente Campo $I_f$	Velocidad RPM
54,0	1,8	0	10,5	1,4	1 393
15,2	5,4	0,4	12,2	1,8	1 475
19,8	9,5	0,6	14,4	2,0	1 610

Tabla 5.16: Datos Típicos del Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, sin compensación

### 5.4.2 Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con compensación ( 37% )

#### Circuito



**Fig. 5.17: Circuito del Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con compensación ( 37% )**

#### Límites Recomendados

$I_q$  15 A máximo,  $I_d$  10 A máximo, velocidad máxima de 3000 R.P.M.

#### Resultados Típicos

Tensión $V_L$	Corriente $I_q$	Corriente $I_d$	Tensión Campo $V_f$	Corriente Campo $I_f$	Velocidad RPM
60,5	1,5	0	12,4	1,8	1 350
20,4	4,8	0,6	14,5	2,2	1 454
25,6	10,2	0,8	18,6	2,4	1 580

**Tabla 5.17: Datos Típicos del generador DC d campo cruzado de 2 polos, con compensación(37%)**

### 5.4.3 Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con compensación del 100.4%

#### Circuito

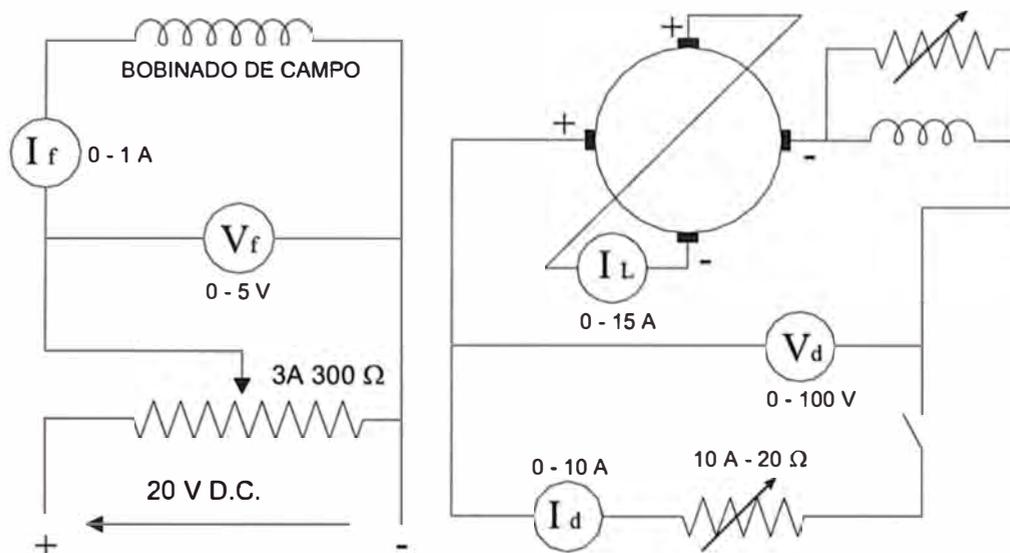


Fig. 5.18: Circuito del Generador DC de campo Cruzado de 2 Polos, con compensación (100.4%)

#### Límites Recomendados

$I_q$  15 A máximo,  $I_d$  10 A máximo, velocidad máxima de 3000 R.P.M.

#### Resultados Típicos

Tensión $V_L$	Corriente $I_q$	Corriente $I_d$	Tensión Campo $V_f$	Corriente Campo $I_f$	Velocidad RPM
50,0	2,0	0	12,1	2,0	1 205
12,0	5,1	0,8	16,4	2,7	1 385
16,2	8,3	1,2	20,5	2,8	1 720

Tabla 5.18 Datos Típicos del Generador DC de campo cruzado de 2 polos, con compensación (100.4%)

## 5.5 Máquina Especial

### 5.5.1 Motor de Conmutación de 4 polos, Tipo Scharage

#### Circuito

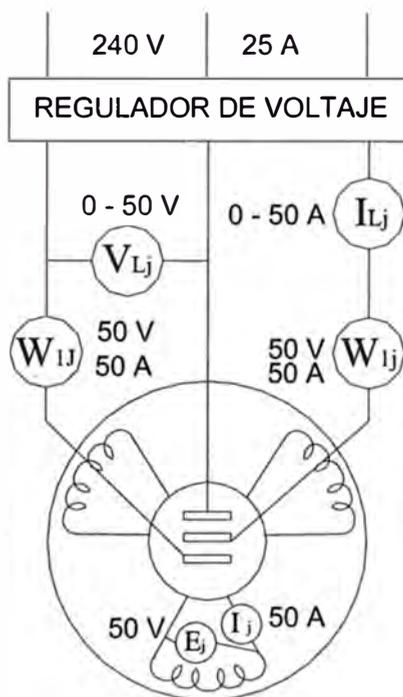


Fig. 5.19 Circuito del Motor de Conmutación de 4 polos, Tipo Scharage

#### Límites Recomendados

Corriente de línea 40 A máximo, velocidad máxima de 2500 R.P.M.

#### Resultados Típicos

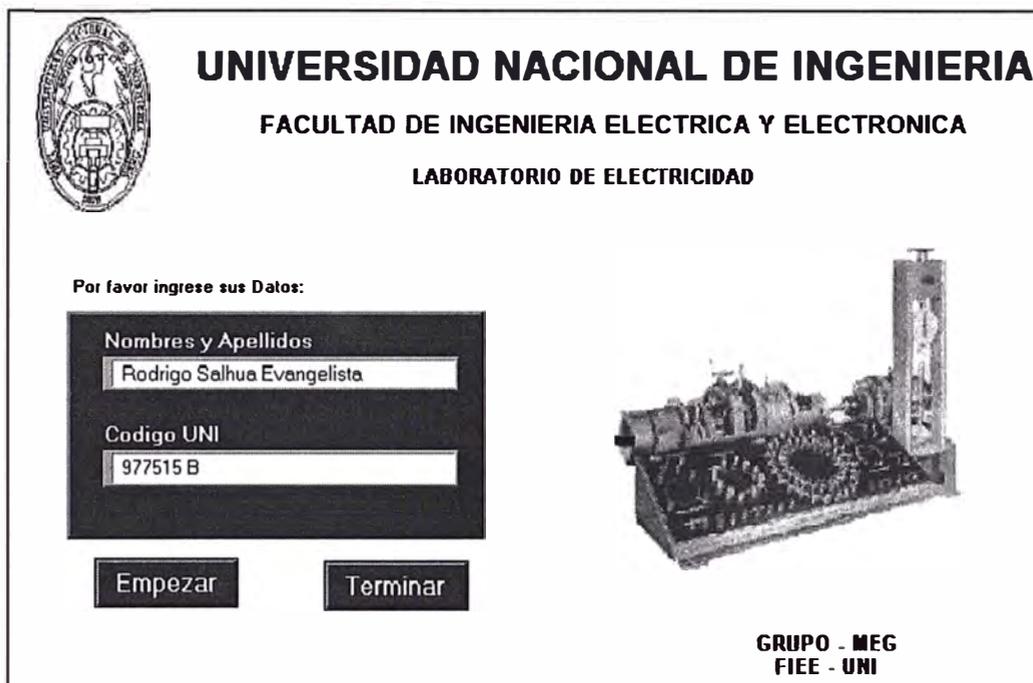
Tensión $V_L$	Corriente $I_q$	Tensión $V_{AA}$	Tensión $V_{BB}$	Tensión $V_{CC}$	Velocidad RPM
40,1	18,94	23,9	2,51	2,63	960
39,9	19,84	5,85	3,67	2,36	2 000
37,2	22,5	29,52	29,22	29,22	3 000

Tabla 5.19 Datos Típicos del Motor de Conmutación de 4 polos, Tipo Scharage

## 5.6 Adquisición de Datos de la Máquina Eléctrica Generalizada

En esta parte se presenta la operación del sistema de automatización, el procedimiento a seguir en la adquisición de datos, lo cual se detalla a continuación.

Para iniciar el programa ejecutamos el archivo autoejecutable “Proyecto\_MEG.vi”.



**Fig. 5.20: Presentación del Proyecto MEG.**

El ingreso de datos del usuario es opcional, para continuar “Empezar” .

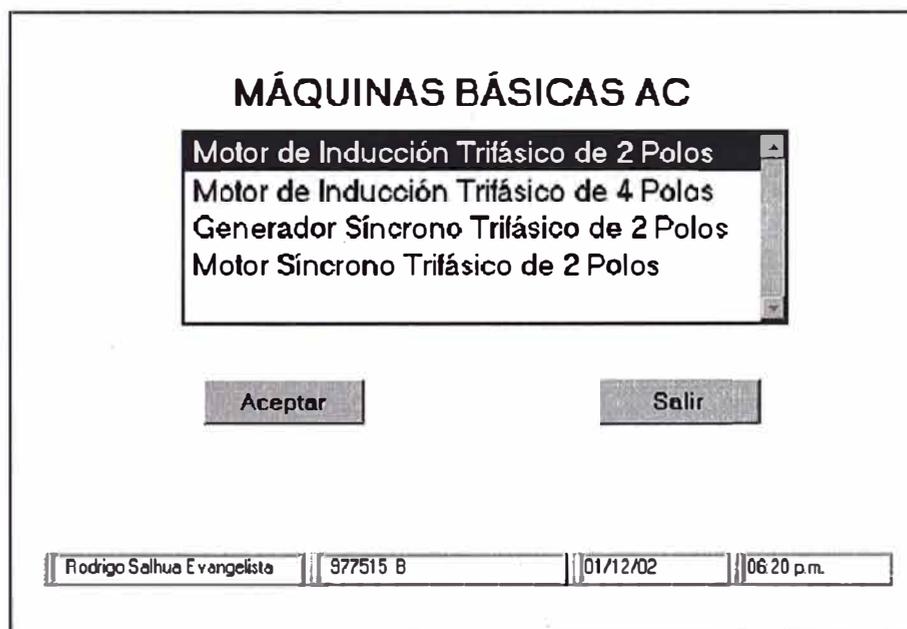


**Fig. 5.21: Menú principal del proyecto MEG**

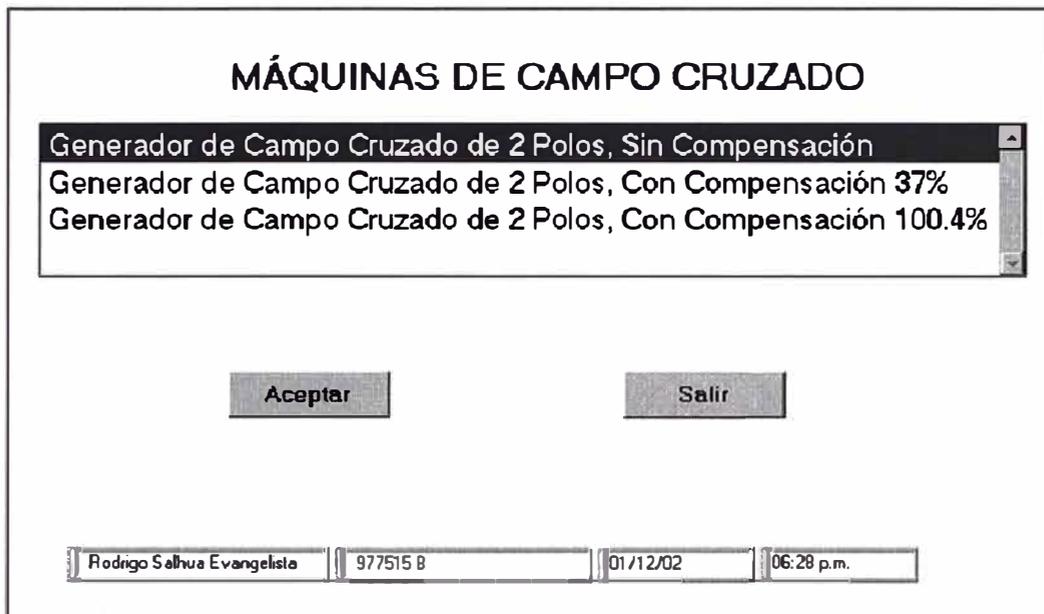
Seguidamente el usuario podrá elegir el tipo de máquina a desarrollar en la experiencia, las alternativas tienen las siguientes opciones.



**Fig. 5.22: Menú de los Experimentos de Máquinas Básicas DC**



**Fig. 5.23: Menú de los experimentos de Máquinas Básicas AC**



**Fig. 5.24: Menú de los experimentos de Maquinas de Campo Cruzado.**



**Fig. 5.25: Presentación del Menú de Maquinas Especiales.**

De estas presentaciones se podrá elegir cualquiera de las experiencias de los cuadros presentados los cuales han sido implementados.

Como Ejemplo se muestra la Experiencia N° 13

## Motor de Inducción Trifásico de 4 Polos

UNI - FIEE  
GRUPO - MEG

### INTRODUCCION

Este motor eléctrico es de corriente alterna, el rotor tiene un bobinado al igual que el estator. El bobinado del rotor generalmente termina en anillos colectores que están sobre el eje, los cuales están en contacto con las escobillas fijas al estator las que proveen un acceso al circuito rotórico. El arranque se realiza mediante una resistencia rotórica para disminuir la corriente inducida. Es ideal para ser arrancado con carga acoplada. Este motor es empleado en las industrias para accionar grandes cargas, también es utilizado en winchas, gruas, etc.

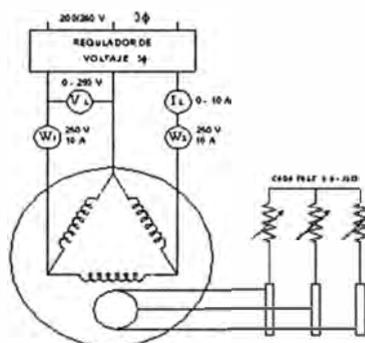
### OPERACION

- 1.- Conexión del estator y rotor (botón Inicio).
- 2.- Verificar la conexión externa de acuerdo al esquema de conexión.
- 3.- Colocar los tornillos que conectan al bobinado del rotor con los anillos deslizantes, estos van sobre el rotor en los puntos (D1, D2, E1, E2, F1, F2).
- 4.- Conectar la resistencia de arranque al rotor.
- 5.- Energizar el circuito y aumentar la tensión, hasta lograr el arranque total.
- 6.- Cortocircuitar el rotor y dejar fuera de servicio la resistencia.
- 7.- Una vez alcanzado los valores correspondientes finalizar la experiencia con "Salir" y retomar el menú con "Terminar".

### RECOMENDACIONES

- \* La velocidad no debe exceder los 1800 RPM.
- \* No se debe exceder la corriente y tensión nominal de 11 A y 240 V.
- \* Incrementar la tensión de línea lentamente desde el mínimo valor.
- \* Esta preparada para arrancar con carga.

### ESQUEMA DE CONEXION



Adquisición de Datos  
Características de Operación

Aceptar

Salir

consultas:  
rodrigosalhua@hotmail.com  
©Copyright 2003, Grupo MEG All rights

Fig.5.26: Presentación del Motor de Inducción de 4 Polos

De esta presentación se continúa con la adquisición de datos, en donde aparece:

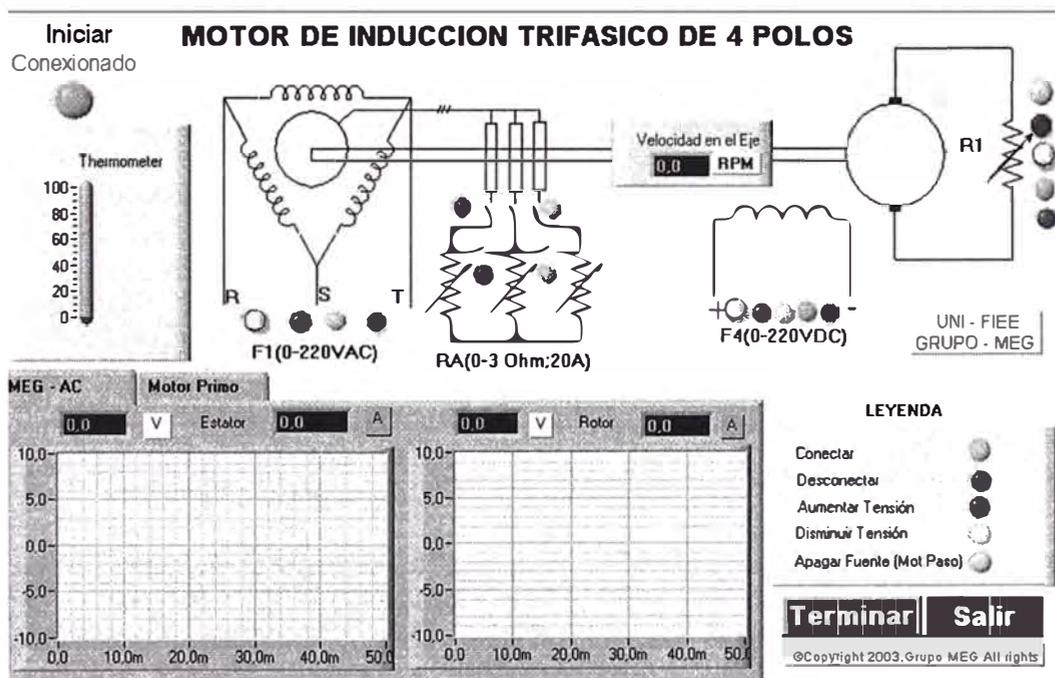


Fig.5.27: Presentación del Panel de Operación.

Es en esta presentación donde se lleva a cabo la experiencia a desarrollar “**Motor de Inducción de 4 Polos**”, los pasos son los siguientes:

- Se lleva a cabo primeramente el conexionado de la configuración, para esto se presiona el botón “Iniciar”, el cual deja lista el conexionado, y enseguida entran en funcionamiento todo el sistema de adquisición de datos.
- Luego se conecta la fuente de alimentación F1 (0-200VA/3Ø/30A) al estator de la MEG, seguidamente se conecta la resistencia del rotor para disminuir la corriente de arranque, para esto se presiona el botón correspondiente “conectar”, luego se eleva la tensión de la fuente de alimentación con el botón “Aumentar – Tensión”.
- Paralelamente el programa ya está mostrando las señales de corrientes, tensión, frecuencia, velocidad y temperatura en la MEG.
- Una vez que se considere que se ha concluido la experiencia se finaliza presionando el botón “Terminar” en donde el programa le pedirá nombrar el archivo donde están almacenados los datos de las señales de la MEG, el formato de este archivo de datos es ASCII.
- Finalmente para salir se presiona el botón “salir” donde, retorna a la presentación previa y podrá elegir otro tipo de máquina y desarrollar la experiencia, de lo contrario se retorna hasta la página principal y se termina la operación del sistema.

La realización de la experiencia “**Motor de Inducción de 4 Polos**” consta de 2 partes, la primera que es el ensayo de la máquina con el rotor bloqueado y luego la segunda parte es el funcionamiento en vacío.

Luego de obtener los datos de estos ensayos se procede a ingresar los datos en el Programa **“Determinación de Parámetros”**, el cual procede a determinar el circuito equivalente de la maquina para lo cual hay que seguir los pasos que se señalan durante la ejecución del programa.

Cabe mencionar que el programa **“Determinación de Parámetros”**, se ha elaborado en base a las ecuaciones comunes de máquinas eléctricas que se presentan en los diversos tratados sobre esta materia.

### **Procedimiento de la Experiencia “Motor de Inducción de 4 Polos”**

Se lleva a cabo el ensayo de rotor bloqueado, de donde se han obtenido los siguientes valores de  $P_{BR}$ ,  $V_{BR}$  y  $V_{BR}$  o  $V_{BR}$  y  $I_{BR}$  y  $\theta_{BR}$ , en este caso se obtuvieron los valores de  $V_{BR}=58,5$  V,  $I_{BR}=8,6$  A Y  $\theta_{BR}=54^\circ$

Luego se procede a realizar el ensayo de vacío, donde de igual manera se obtendrán los siguientes datos  $P_{BR}$ ,  $V_{BR}$  y  $V_{BR}$  o  $V_{BR}$ ,  $I_{BR}$  y  $\theta_{BR}$ , en este caso se obtuvieron los valores de  $V_{BR} = 215,0$  V,  $I_{BR}=4,9$  A y  $\theta_{BR}=71^\circ$

### **Determinación de Parámetros**

Los valores de los ensayos obtenidos nos servirán como datos de entrada para la determinación de parámetros del circuito equivalente, entonces ejecutamos el archivo de **“Parametros.vi”**, en donde se sigue todos los pasos que indica el programa. A continuación presentamos el desarrollo de este programa.

Ejecutamos **“Parametros.vi”** y aparece la siguiente presentación:

## EXPERIENCIA N° 13

### Motor de Inducción Trifásico 4 Polos

### Determinación de Parámetros del Circuito Equivalente

Por favor seleccione "EMPEZAR" para realizar la determinación del Circuito equivalente.:

Empezar

Salir

Fig.5.28: Presentación de la Determinación de Parámetros.

### Experimento del Motor de Inducción Trifásico

Medición de la Resistencia del Estator  
 Ensayo de Rotor Bloqueado  
 Ensayo en Vacío  
 Curvas Características

Aceptar

Salir

Fig.5.29: Menú de la Determinación de Parámetros.

#### Medición de la Resistencia del Bobinado del Estator, $R_1$

Medir la resistencia  $R_{AB}$ ,  $R_{AC}$  y  $R_{BC}$  en las 3 fases del motor de inducción.

Hallar el valor promedio de las 3 mediciones  $R = (R_{AB} + R_{AC} + R_{BC})/3$

Calcular  $R_1$  incluyendo el 5%, debido al efecto "skin"

$$2R_1 = R_{ave} (1 + 0.05)$$

Guardar el valor de  $R_1$  para los cálculos posteriores a realizar

Salir

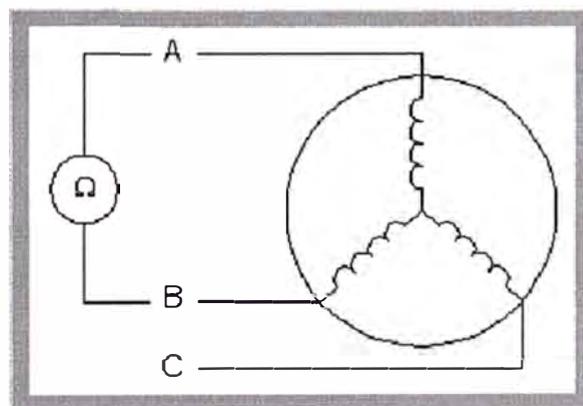


Fig.5.30: Procedimiento de la Medición de la Resistencia de Fase.

## Ensayo de Rotor Bloqueado

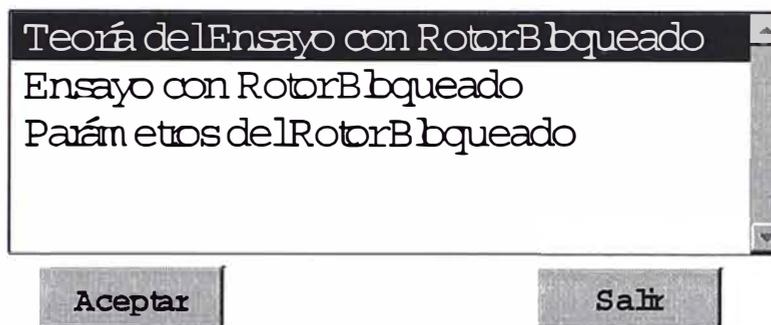


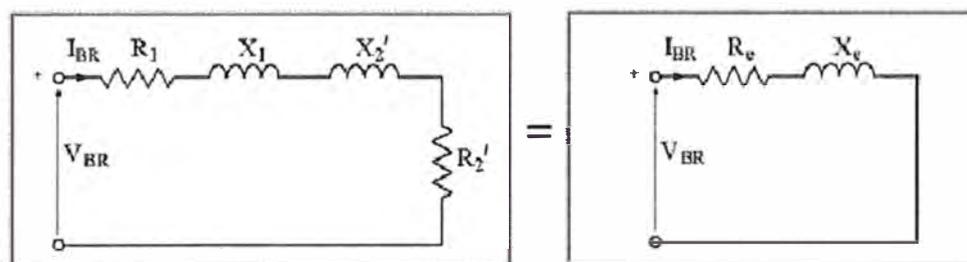
Fig.5.31: Menú de Ensayo de Rotor Bloqueado.

### Teoría del Ensayo con Rotor Bloqueado

El ensayo de rotor bloqueado de la máquina de inducción es sin el ensayo de cortocircuito en el transformador. En este ensayo el rotor es bloqueado o enganchado de modo que no gire el rotor.

Se aplica una tensión reducida a las terminales del estator hasta conseguir la corriente nominal en las bobinas del estator, lo cual se consigue con una tensión reducida.

Con el rotor bloqueado  $s=1$ , y el circuito es el siguiente



$$Z_e = R_e + jX_e$$

En el ensayo se toman datos de la potencia ( $P_{BR}$ ), corriente ( $I_{BR}$ ) y tensión ( $V_{BR}$ ), con los cuales se pueden realizar los siguientes cálculos:

Del circuito se tiene la impedancia equivalente:  $Z_e = V_{BR} / I_{BR}$

Resistencia equivalente:  $R_e = P_{BR} / (I_{BR})^2$

Reactancia equivalente:  $X_e = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$

Dado  $R_1$  y la relación de transformación  $a$ ,  $R_2$  y  $R_2'$  pueden ser determinados:

$$R_e = R_1 + R_2' = R_1 + a^2 R_2$$

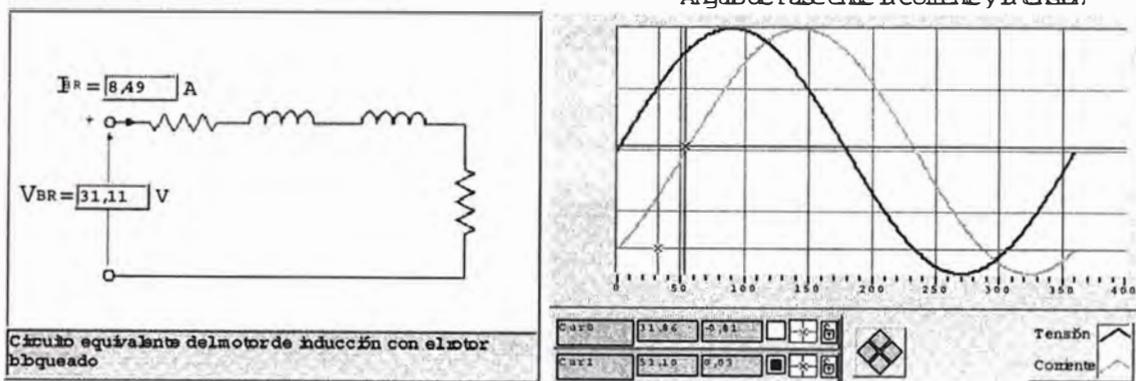
$$X_1 = X_2' = a^2 X_2 = (1/2) X_e$$

Salir

Fig.5.32: Procedimiento del Ensayo de Rotor Bloqueado.

### Ensayo de Rotor Bloqueado

Argub de Fase entre la Corriente y la tensión



Circuito equivalente del motor de inducción con el rotor bloqueado

Usar el gráfico para medir el ángulo de fase e ingresar su valor  $\theta^R = \frac{\pi}{180} 53.10$  °

Presione 'Calcular' para estimar la potencia  $P^R$  :  $P^R = V^R \cdot I^R \cdot \cos(\theta^R) = 251.65$  W

Apuntar los valores de  $V^R$ ,  $I^R$ , y  $P^R$  a cálculos posteriores

Switch

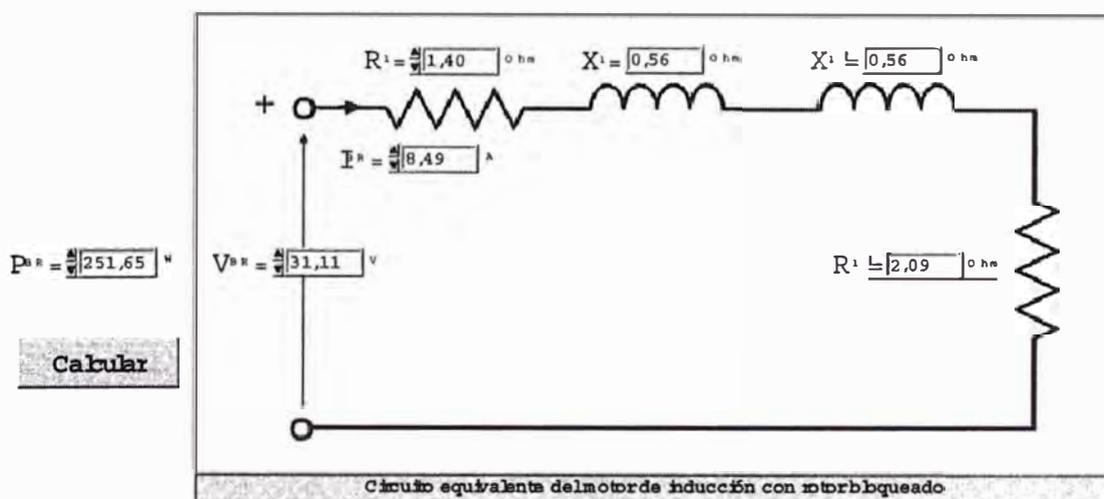


Salir

Fig.5.33: Cálculo de la Potencia del Ensayo de Rotor Bloqueado.

### Cálculo de los Parámetros del Ensayo con Rotor Bloqueado

Ingrese los valores de  $V^R$ ,  $I^R$ ,  $P^R$  y  $R^1$  guardados previamente, y presione el botón 'Calcular' y los valores del circuito equivalente serán ajustados en el siguiente circuito:



Circuito equivalente del motor de inducción con rotor bloqueado

Guarde los valores de  $X_1$ ,  $X_2$  y  $R_2$  para posteriores cálculos.

Confirme que los valores calculados sean los correctos.

Salir

Fig.5.34: Determinación del Circuito Equivalente del Ensayo de Rotor

Bloqueado.

## Ensayo en Vacío

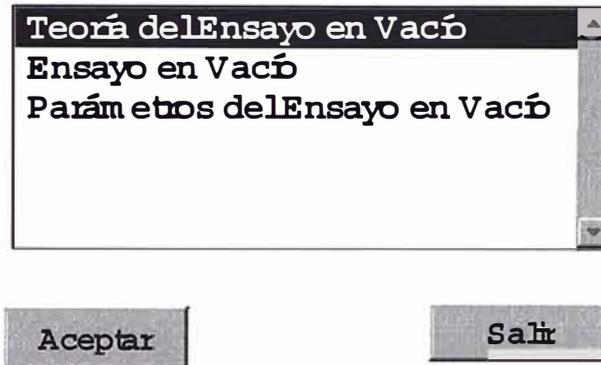
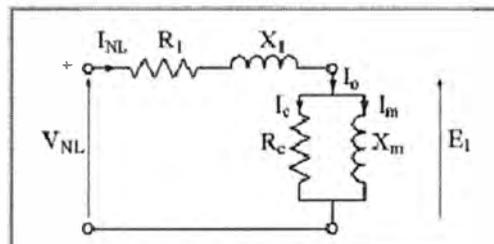


Fig.5.35: Menú del Ensayo en Vacío.

### Teoría del Ensayo en Vacío

El ensayo en vacío del motor de inducción es similar al ensayo de vacío del transformador. En el ensayo en vacío se aplica la tensión nominal en el estator del motor sin carga mecánica. En esta condición de operación el motor gira con una velocidad muy cercana a la velocidad síncrona, donde el deslizamiento es muy pequeño.



Similar al ensayo de vacío del transformador se toman datos de la potencia de entrada ( $P_{NL}$ ), corriente de línea ( $I_{NL}$ ) y la tensión nominal ( $V_{NL}$ ), donde  $E_1$  puede ser representado con los valores medidos en este ensayo:

$$E_1 = V_{NL} - I_{NL} (R_1 + jX_1)$$

Donde  $E_1$ ,  $V_{NL}$  y  $I_{NL}$  son fasores, y el ángulo de  $V_{NL}$  es 0 grados.

El ángulo de la corriente de línea será:  $\phi_{NL} = \arccos(P_{NL}/(V_{NL} \cdot I_{NL}))$  grados.

Entonces los parámetros del circuito equivalente pueden ser calculados fácilmente como:

$$P_c = P_{NL} - I_{NL}^2 R_1 \quad R_c = E_1^2 / P_c \quad I_c = P_c / E_1$$

$$X_m = E_1 / I_m \quad I_m = (I_{NL}^2 - I_c^2)^{0.5}$$

Donde:  $a \sim V_{NL} / E_1^2$

Fig.5.36: Procedimiento del Ensayo en Vacío.

### Ensayo de Motor de Inducción en Vacío

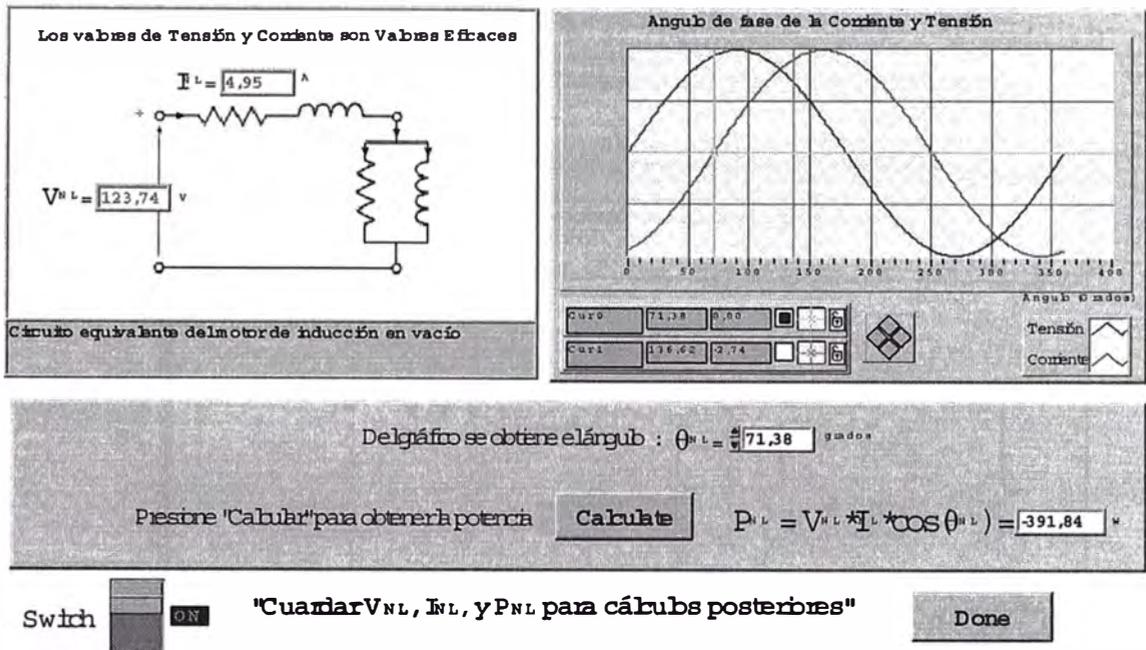
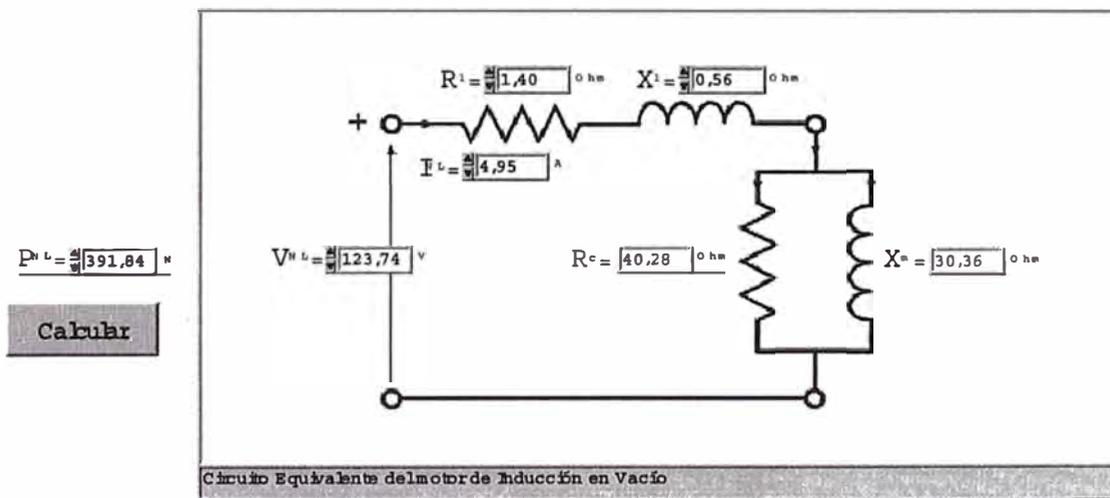


Fig.5.37: Cálculo de la Potencia del Ensayo en Vacío.

### Cálculo de los Parámetros del Ensayo en Vacío

Ingresar los valores de  $V^N_L$ ,  $I^N_L$ ,  $P^N_L$ , y  $R^1$  y  $X^1$  obtenidos previamente, y presione el botón **Calcular** donde se obtendrán los valores correspondientes al siguiente circuito equivalente:



Guardar los valores calculados de  $X_m$  y  $R_c$  para cálculos posteriores.  
 Confirma que los valores obtenidos son correctos.

**Salir**

Fig.5.38: Cálculo del Circuito Equivalente del Ensayo en Vacío.

### Características de Operación en Estado Estable de la Máquina Asíncrona

El conjunto de valores de los parámetros de la máquina asíncrona son correctos: Cambiar los datos del circuito equivalente por los valores previamente calculados, y seleccionar el tipo de configuración que se está utilizando.

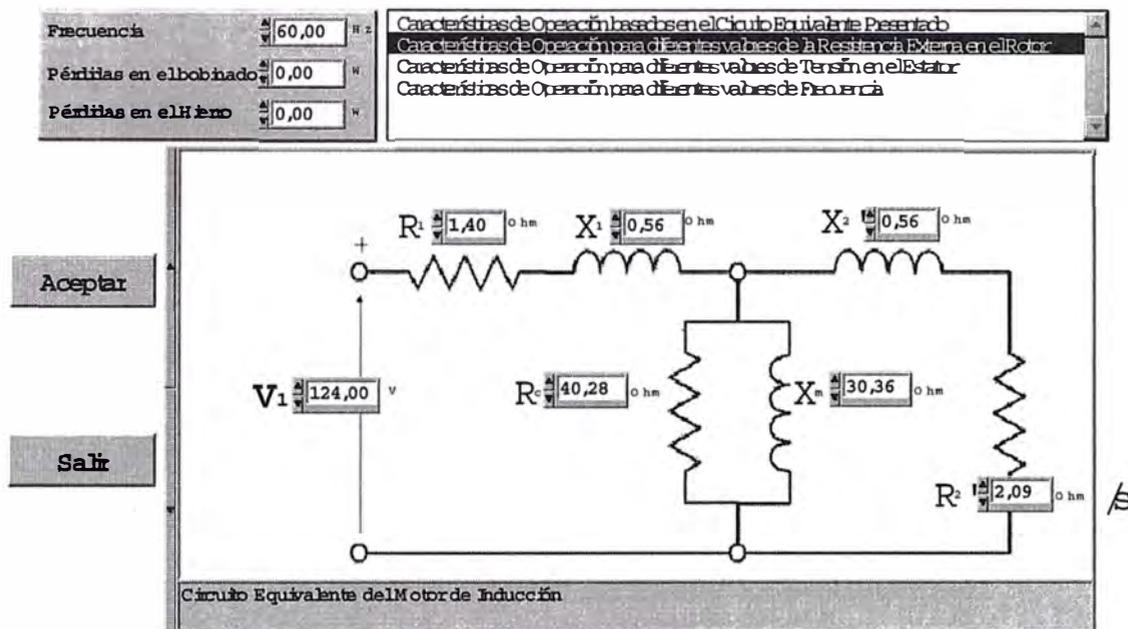


Fig.5.39: Circuito Equivalente del Motor de Inducción por fase.

### Características de Operación Para Diferentes Valores de Resistencia Externa del Rotor

Ingresar los valores de las resistencias externas de arranque

$R_{ext1} = 3,00 \text{ ohm}$     
  $R_{ext2} = 5,00 \text{ ohm}$     
  $R_{ext3} = 8,00 \text{ ohm}$

La resistencia total del motor será :  $R_2 = R_2(\text{actual}) + R_{\text{externa}}$

Seleccione uno de las siguientes características de operación a comparar:

- Corriente del Estator
- Factor de Potencia
- Potencia de Entrada
- Corriente del Rotor
- Par Motor
- Potencia de Salida
- Eficiencia**

Fig.5.40: Menú de las Características de Operación del Motor de Inducción.

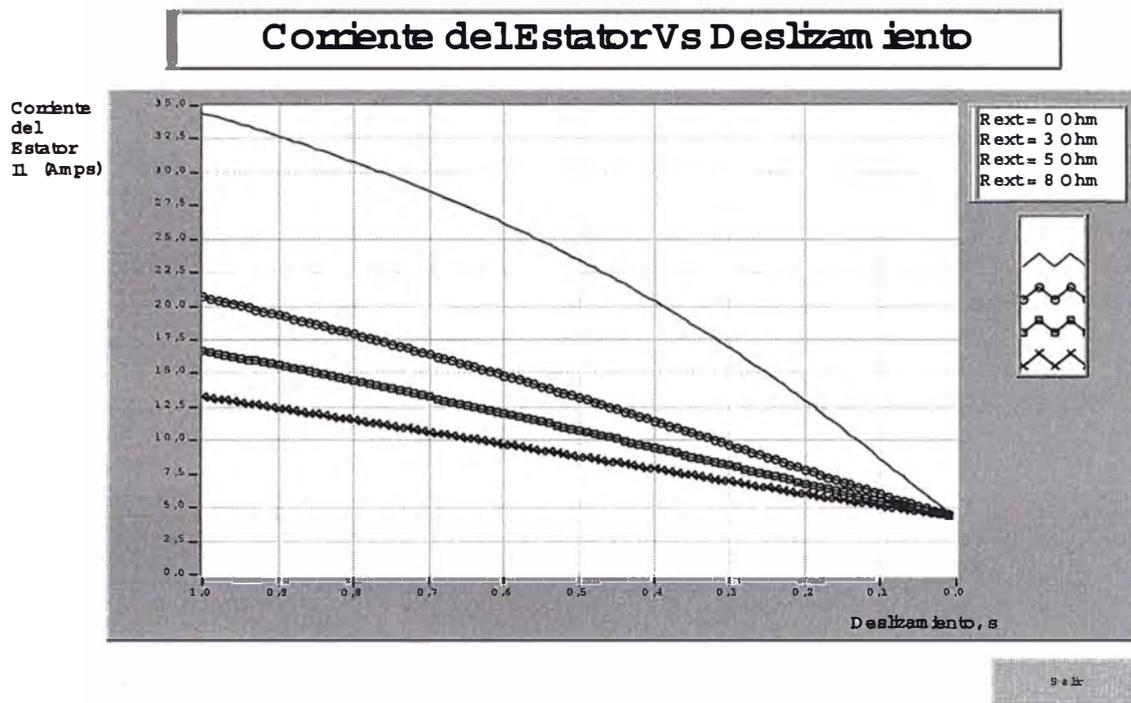


Fig.5.41: Gráfico de Corriente del Estator Vs Deslizamiento.

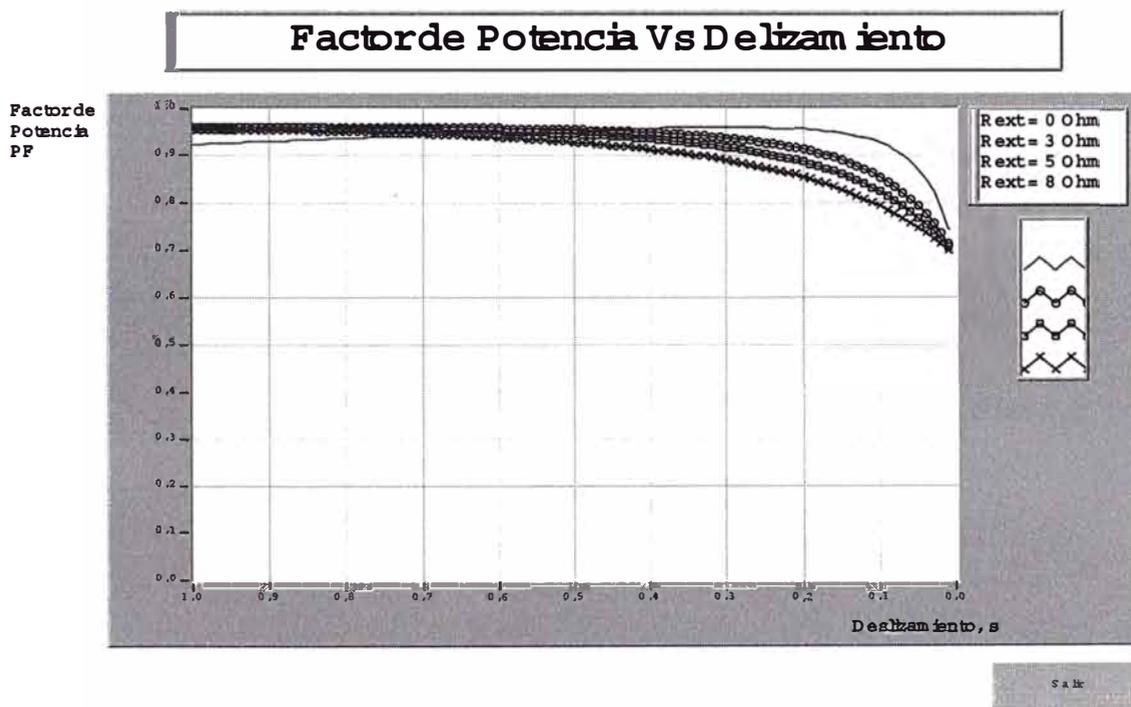


Fig.5.42: Gráfico del Factor de Potencia Vs Deslizamiento.

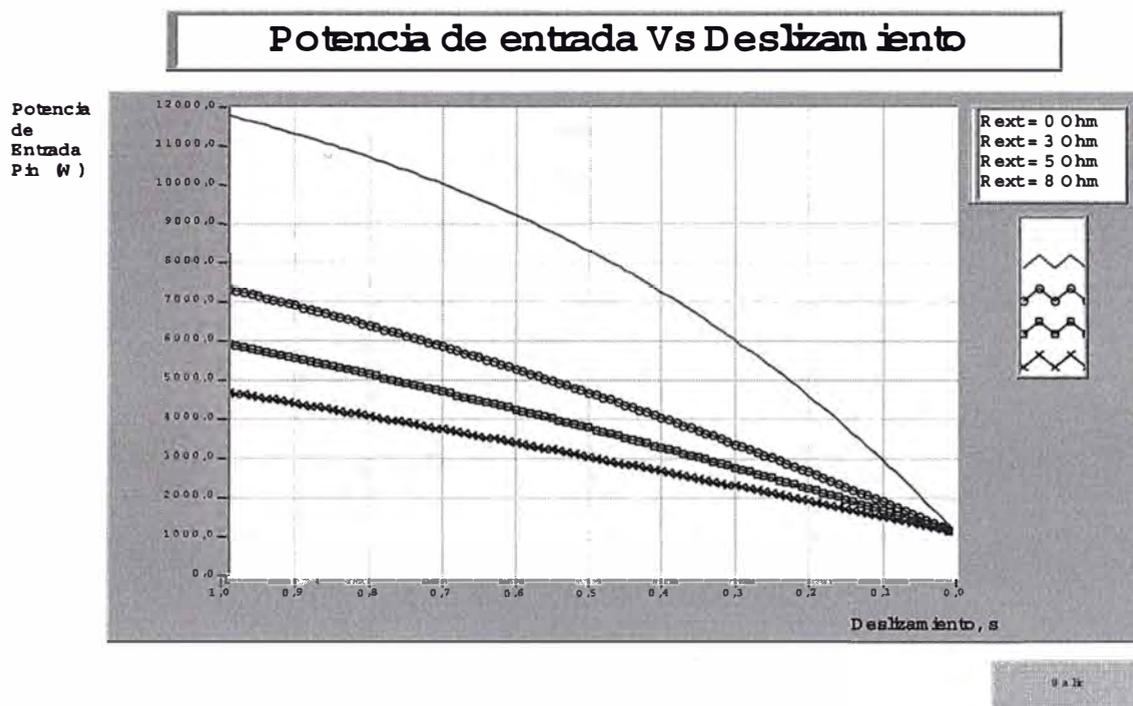


Fig.5.43: Gráfico de la Potencia de Entrada Vs Deslizamiento.

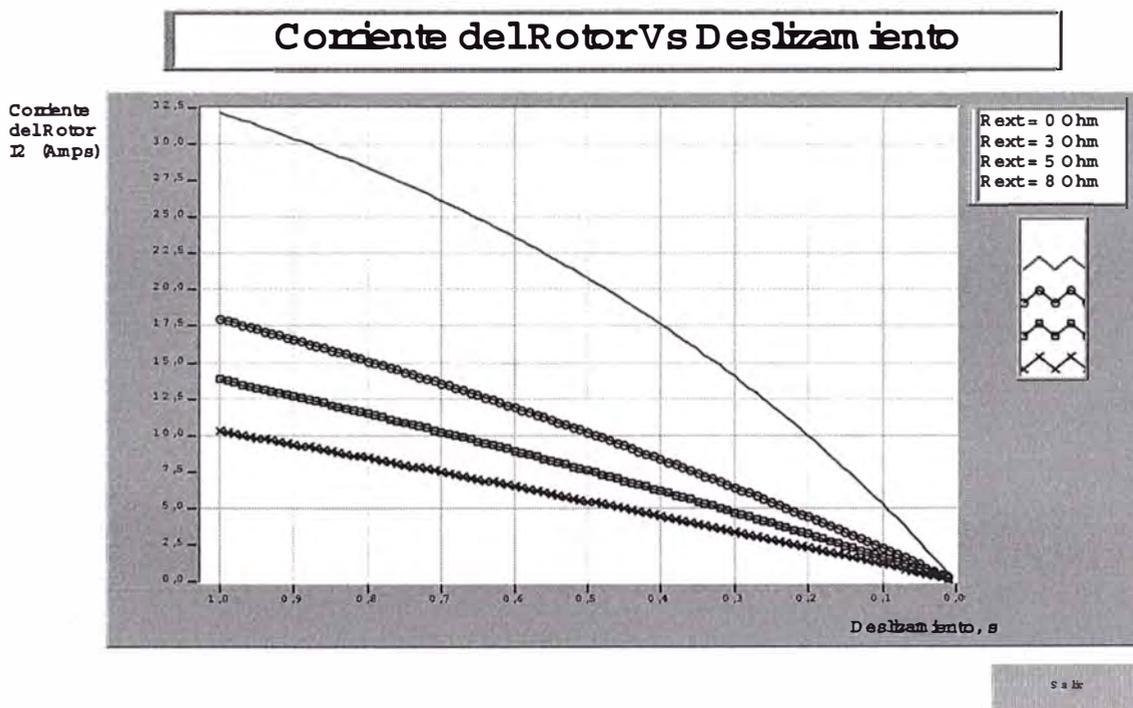


Fig.5.44: Gráfico de Corriente del Rotor Vs Deslizamiento

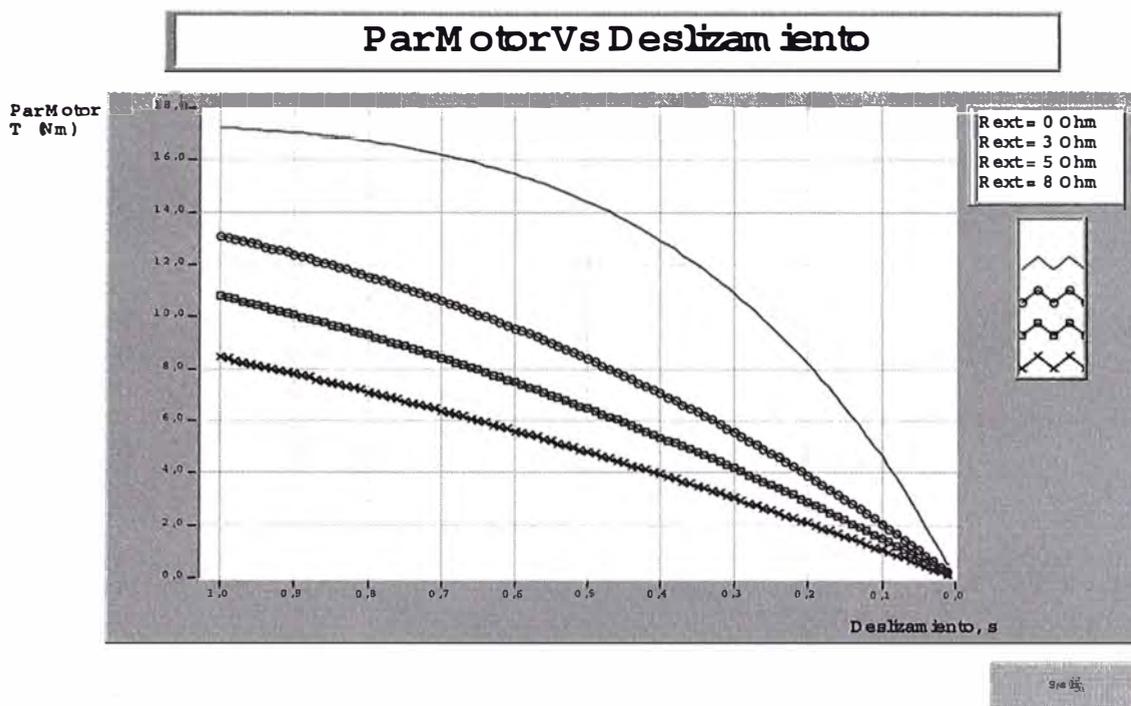


Fig.5.45: Gráfico del Par Motor Vs Deslizamiento.

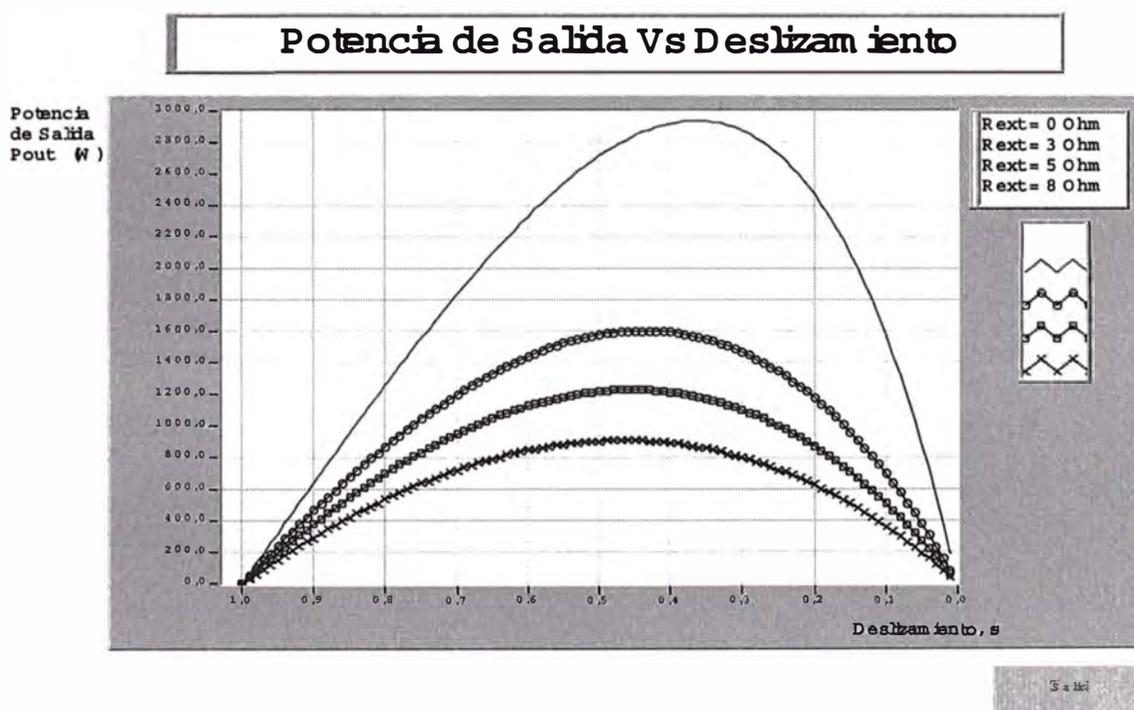
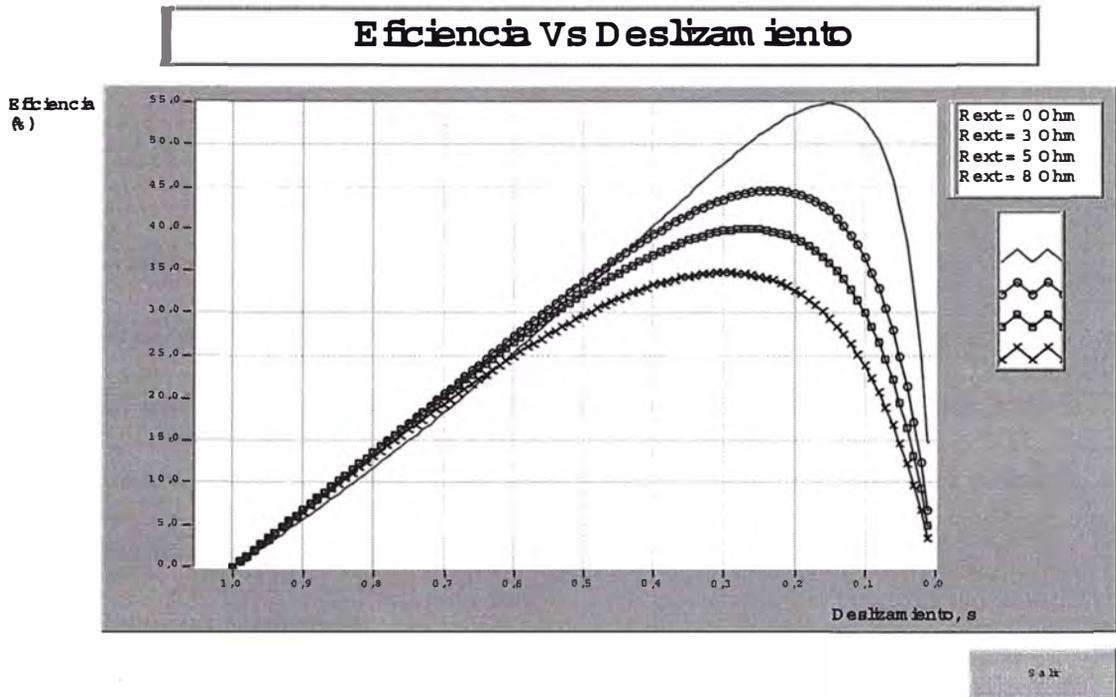


Fig.5.46: Gráfico de la Potencia de Salida Vs Deslizamiento.



**Fig.5.47: Gráfico de la Eficiencia Vs Deslizamiento.**

## **CAPITULO VI PRESUPUESTO**

### **6.1 Generalidades**

En esta parte se presenta el costo total detallado de la automatización de la MEG, además se hace un análisis de costos frente a los costos reales del mercado, con lo desarrollado en esta tesis.

### **6.2 Recursos Materiales**

Los recursos materiales empleados en la presente automatización han sido suministrados de la siguiente manera:

Algunos equipos se han utilizado los que existen en el Laboratorio de electricidad y otros han sido adquiridos con recursos propios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

#### **6.2.1 Equipos y Materiales del Laboratorio de Electricidad N° 06**

Los equipos utilizados del Laboratorio de Electricidad se presentan en la siguiente Tabla.

<b>N<sup>a</sup></b>	<b>Cant.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
01	01	Autotransformador Trifásico 220 V / 40 A
02	01	Autotransformador Trifásico 220 V / 15 A
03	01	Autotransformador Monofásico 220 V / 10 A
04	01	Resistencia Eléctrica Tubular 25 $\Omega$ / 10 A
05	01	Resistencia Eléctrica Tubular 25 $\Omega$ / 5 A
06	01	Resistencia Eléctrica Tubular 25 $\Omega$ / 15 A
07	01	Resistencia Eléctrica Tubular ( Banco Trifásico ) 5 $\Omega$ / 20 A
08	01	Resistencia Eléctrica Tubular 25 $\Omega$ / 10 A

**Tabla 6.1. Equipos y Materiales del Laboratorio de Electricidad N° 06**

### 6.2.2 Equipos y Materiales Adquiridos

Los equipos adquiridos con recursos propios de la FIEE son:

<b>Cant.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Precio (US\$)</b>
01	Modulo de tarjetas PCI 6023E (02), DIO-96 (01) Software LabVIEW 6.1 Accesorios	3 500
08	Sensores de corriente CBS 50P	180
08	Amplificadores ISO 122P	200
-	Componentes Electrónicos	300
01	Sensor Inductivo 3RGA010 24 VDC, 490 Hz.	80
102	Relés Encapsulados 2, 3 y 4 Contactos Conmutables (10 A)	1 300
08	Contactores Electromagnéticos (30 y 40 A)	320
03	Guardamotores 7, 10 y 30 A.	150
05	Motores de Paso 2, 3 A.	50
01	Motor DC 24 V, 5 A	20
03	Fuentes Switching	15
-	Mantenimiento de la Máquina Generalizada	1 200
	Materiales Eléctricos Complementarios	300
01	Elaboración de las Tarjetas Impresas	200
01	Cables Eléctricos	80
01	Imprevistos	100
	<b>COSTO DIRECTO TOTAL (US\$)</b>	<b>7 995</b>

**Tabla 6.2. Equipos y Materiales Adquiridos por la FIEE**

### 6.2.3 Equipos y Materiales Alternativos

Los equipos descritos son una alternativa a las adquiridas, según cotizaciones enviadas por las empresas proveedoras de estos productos, los equipos cotizados son:

<b>Cant.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Precio (US\$)</b>
01	Módulo de PLCs +software SCADA	5 600
08	Sensores de corriente	1 600
08	Sensores de Tensión	1 600
01	Transmisor de Temperatura Universal	400
	<b>COSTO DIRECTO TOTAL (US\$)</b>	<b>9 200</b>

**Tabla 6.3. Equipos y Materiales Alternativos**

### 6.3 Análisis de Costos

El análisis de costo se ha llevado a cabo entre los costos efectuados frente a la alternativa presentada de los materiales y equipos que son reemplazables mas no de los equipos que de todas maneras se han tenido que adquirir con una u otra alternativa.

La comparación es la siguiente.

Alternativa elegida:

Materiales y equipos que han sido adquiridas de acuerdo a la alternativa planteada.

Cant.	DESCRIPCIÓN	Precio (US\$)
01	Módulo de tarjetas PCI 6023E (02), DIO-96 (01) Software LabVIEW 6.1 Accesorios	3 500
08	Sensores de corriente CBS 50P	180
08	Amplificadores ISO 122P	200
-	Componentes Electrónicos 2	500
	<b>COSTO DIRECTO TOTAL (US\$)</b>	<b>4 380</b>

**Tabla 6.4. Equipos y Materiales Adquiridos por la FIEE**

Comparación de costos:

Item	DESCRIPCIÓN	Precio (US\$)
	Costo de materiales y equipos (Adquiridos)	4 180
	Costo de materiales y equipos (Alternativa)	9 200
	Diferencia	5 020

**Tabla 6.5. Comparación de Costos**

La diferencia del costo de los materiales comprados frente a la alternativa si la implementación fuera con PLCs, es 4820 (Dólares Americanos).

El costo de los materiales adquiridos representa el 47 % del Costo de la alternativa planteada.

## CONCLUSIONES

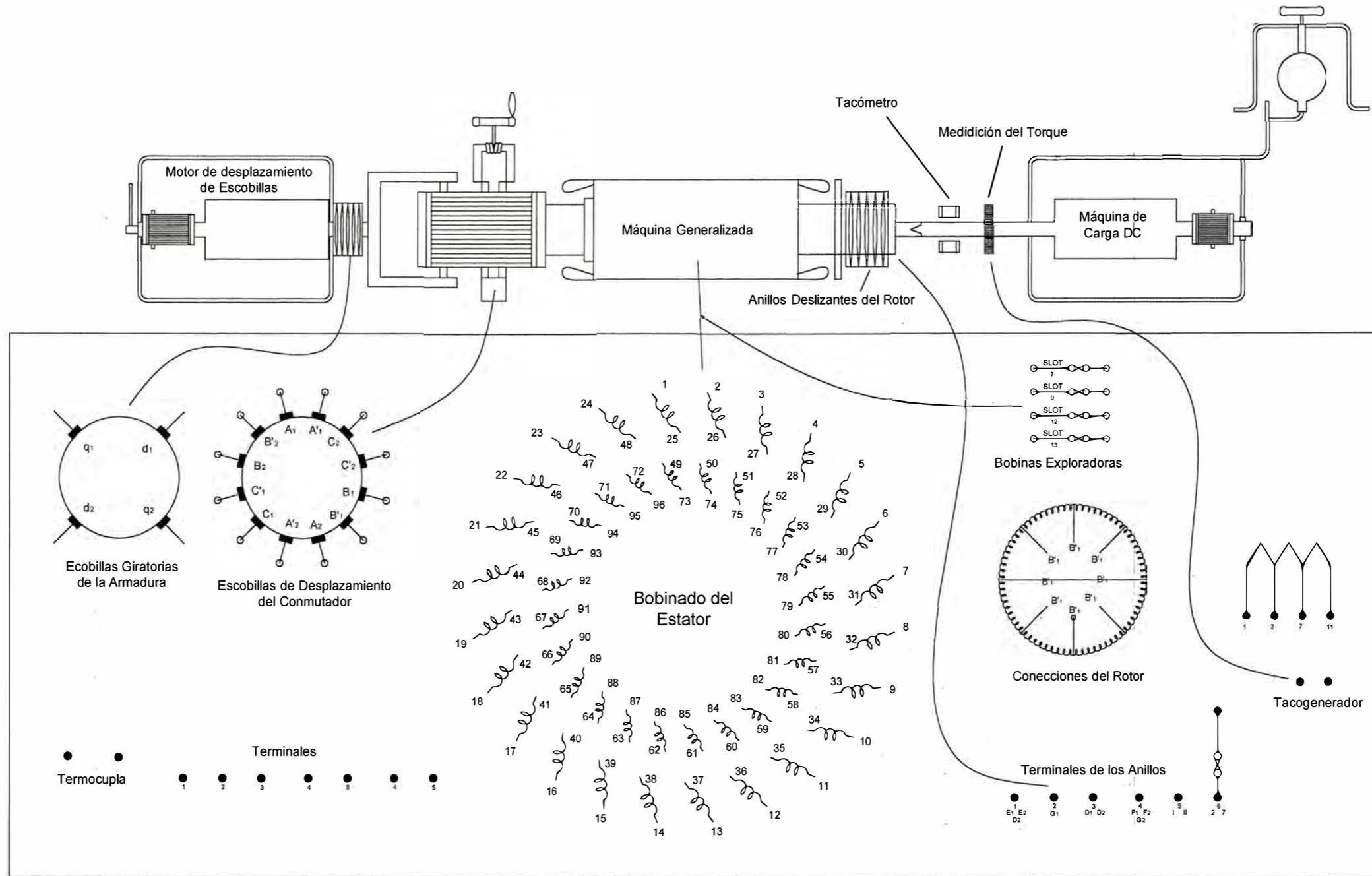
Con la culminación de la presente tesis podemos concluir en lo siguiente:

1. Se da el inicio de la modernización del Laboratorio de Electricidad N° 06, en donde se desarrolla los laboratorios de los cursos de máquinas eléctricas, los cuales a partir de ahora los alumnos podrán hacer uso de este módulo en las experiencias que crean conveniente desarrollar, lo cual reducirá el tiempo de ejecución, e incrementará el número de experiencias, además de realizar los análisis con datos que anteriormente no se tenían en consideración, como formas de onda de tensión y/o corriente, temperatura en el estator, etc.
2. En el desarrollo de la presente tesis se muestra la aplicación de técnicas sencillas y económicas de acondicionamiento de señales para su muestreo y adquisición, lo cual es una alternativa frente al elevado costo de los equipos que comúnmente se utilizan en los sistemas de automatización de nuestro medio.
3. Asimismo se ha empleado el software de desarrollo LabVIEW, lo cual utiliza un lenguaje de programación gráfico que es bastante sencillo, sin embargo cuenta con una librería mediante el cual se pueden llevar acabo aplicaciones complejas, este software esta basado en la instrumentación virtual, esto permite que los usuarios de este módulo no tengan dificultades en el desarrollo de experiencias en este módulo, lo único que se requiere es conocer su

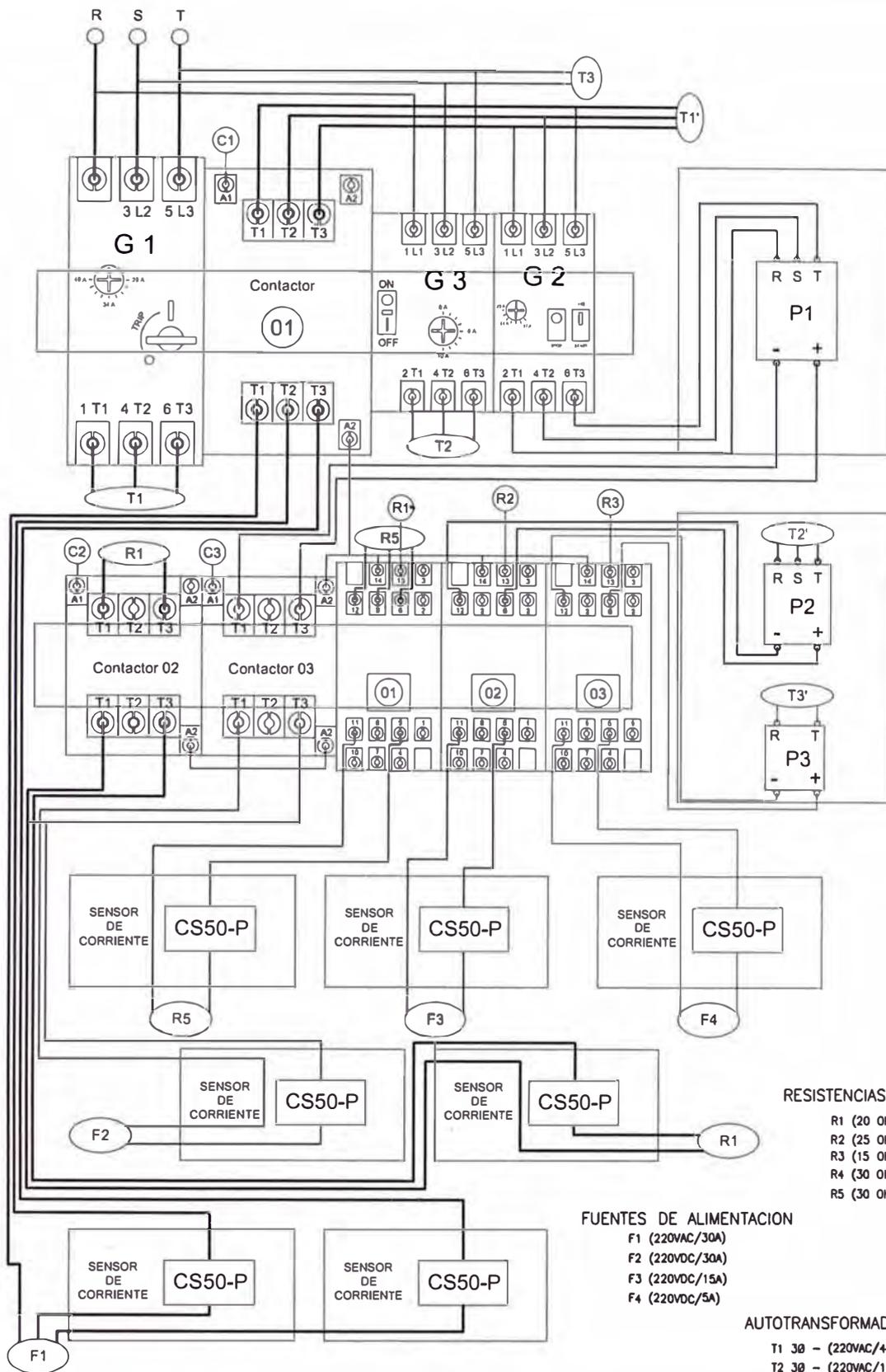
funcionamiento adecuado de cada uno de los tipos de máquinas eléctricas implementadas.

Finalmente la alternativa planteada con respecto a los acondicionadores de señales han tenido resultados satisfactorios en cuanto al costo, funcionamiento y aplicación.

**Anexo A:**  
**planos**



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>		
<b>TESIS :</b> ADQUISICIÓN DE DATOS, ANALISIS Y OPERACIÓN DE LA M. E. G. LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06		
<b>PLANO :</b> DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA M.E.G.		<b>PLANO N°</b>
<b>DIS. :</b> R. Sálhua E.	<b>REV. :</b> T. Palma G.	<b>FECHA:</b> ENE-2003
<b>APR. :</b> T. Palma G.	<b>DIB. :</b> R. Sálhua E.	<b>ESCALA:</b> S/E



**RESISTENCIAS ELECTRICAS**

- R1 (20 Ohm/10A)
- R2 (25 Ohm/5A)
- R3 (15 Ohm/5A)
- R4 (30 Ohm/5A)
- R5 (30 Ohm/5A)

**FUENTES DE ALIMENTACION**

- F1 (220VAC/30A)
- F2 (220VDC/30A)
- F3 (220VDC/15A)
- F4 (220VDC/5A)

**AUTOTRANSFORMADORES**

- T1 3Ø - (220VAC/40A)
- T2 3Ø - (220VAC/15A)
- T3 1Ø - (220VAC/10A)

**LEYENDA**

	Conductor Extraflexible GPT N° 12 AWG
	Conductor Extraflexible GPT N° 14 AWG
	Conductor Extraflexible GPT N° 16 AWG
	Conductor Extraflexible GPT N° 18 AWG (Control)
	Conductor Extraflexible GPT N° 18 AWG (Común)
F1	Fuentes de Alimentación
R1	Resistencias Eléctricas
P1	Diodos Puente
CS50-P	Sensor de Corriente



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**TESIS :** ADQUISICIÓN DE DATOS, ANALISIS Y OPERACIÓN DE LA M. E. G. LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06

**PLANO**

**TABLERO ELECTRICO**

**PLANO N°**

**D.S. :** R. Sathua E.

**REV. :** T. Palma G.

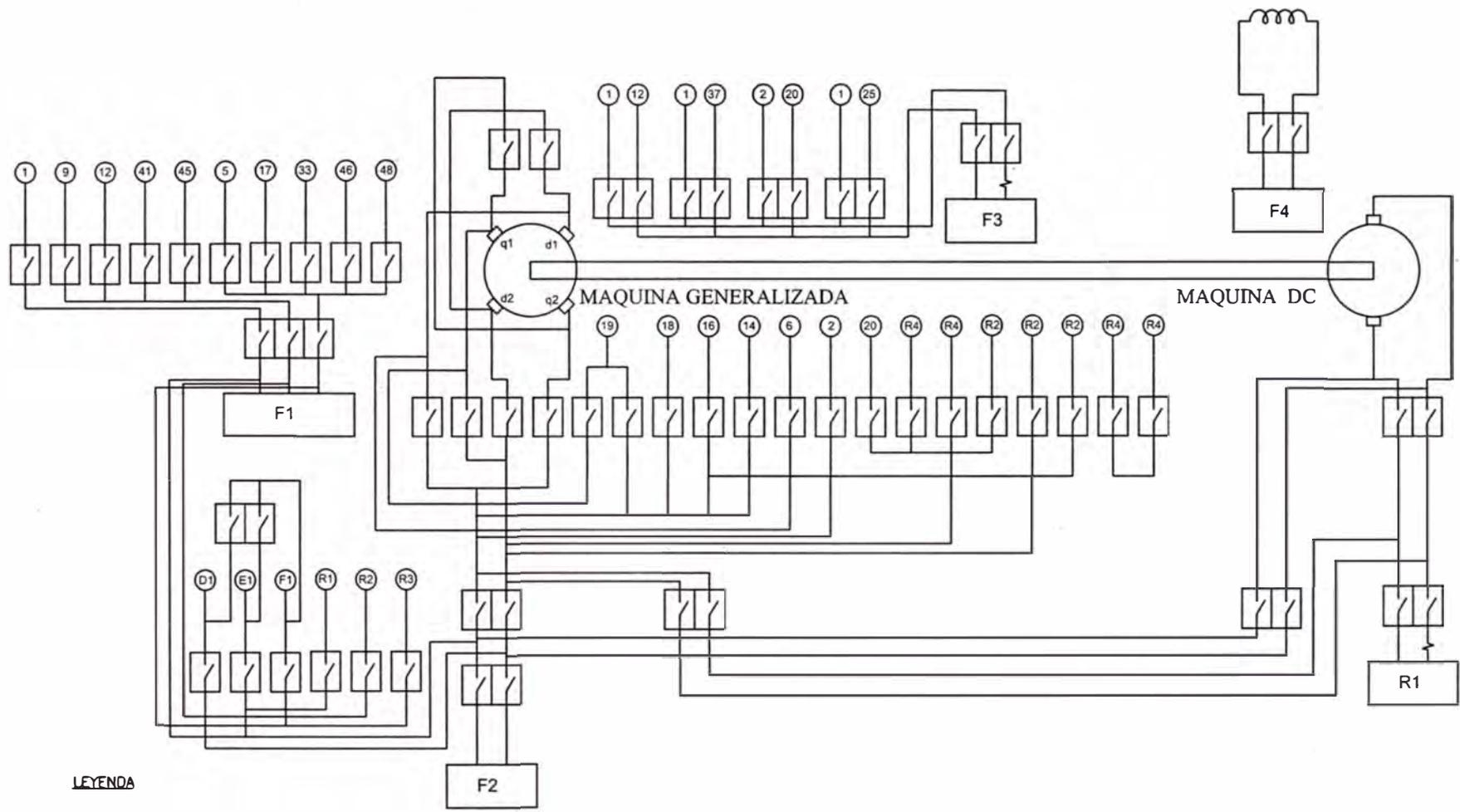
**FECHA:** ÉNE-2003

**APR. :** T. Palma G.

**DIB. :** R. Sathua E.

**ESCALA:** S/E

**02**



**LEYENDA**

	Circuito de Fuerza
	Resistencias Eléctricas
	Fuentes de Alimentación
	Terminales de la Máquina Generalizada

**FUENTES DE ALIMENTACION**  
 F1 (220VAC/30A)  
 F2 (220VDC/30A)  
 F3 (220VDC/15A)  
 F4 (220VDC/3A)

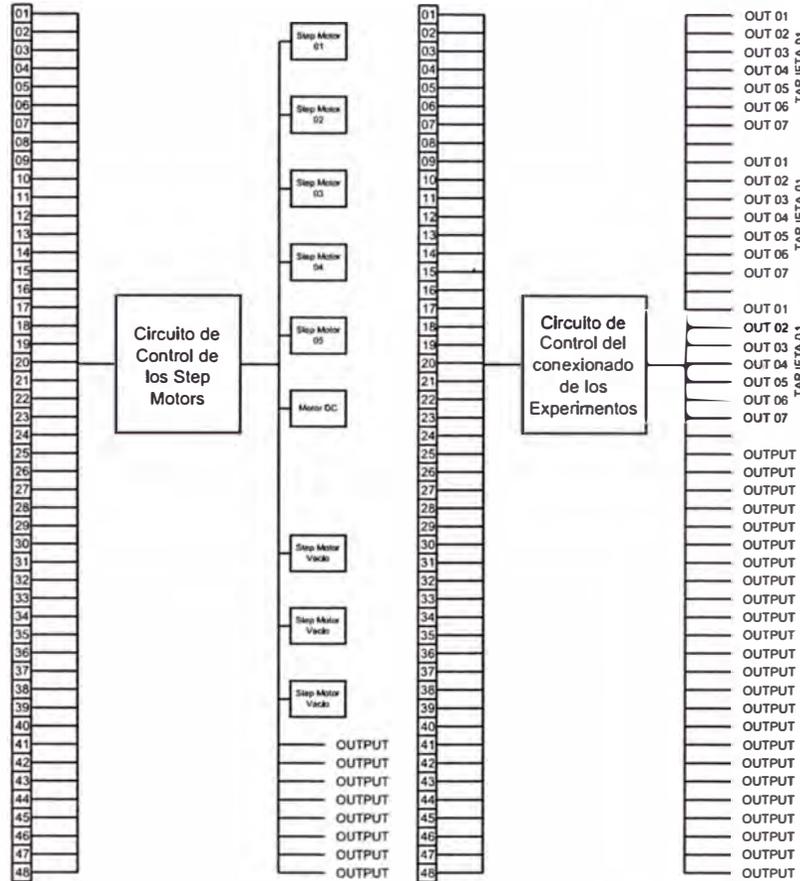
**RESISTENCIAS ELECTRICAS**  
 R1 (20 Ohm/10A)  
 R2 (25 Ohm/5A)  
 R3 (15 Ohm/5A)  
 R4 (30 Ohm/5A)  
 R5 (30 Ohm/5A)

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>		
<b>TEMAS : ADQUISICIÓN DE DATOS, ANALISIS Y OPERACIÓN DE LA M. E. G. LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06</b>		
<b>PLANO : CIRCUITO DE CONEXIONADO DE FUERZA</b>		<b>PLANO N°</b>
<b>DISE. : R. Salinas E.</b>	<b>REV. : T. Palma G.</b>	<b>FEDER. : DNE-2003</b>
<b>APR. : T. Palma G.</b>	<b>CHK. : R. Salinas E.</b>	<b>ESCALA : 5/E</b>
		<b>03</b>

# TARJETA DAQ PCI-DIO96

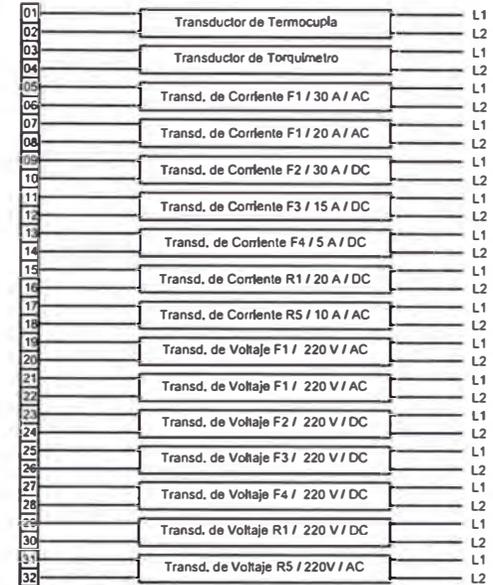
SALIDAS DIGITALES 01

SALIDAS DIGITALES 02

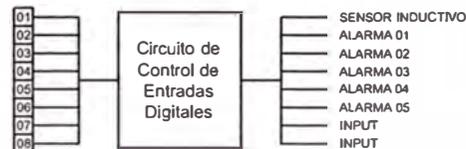


# TARJETA DAQ PCI-6023E

ENTRADAS ANALOGICAS

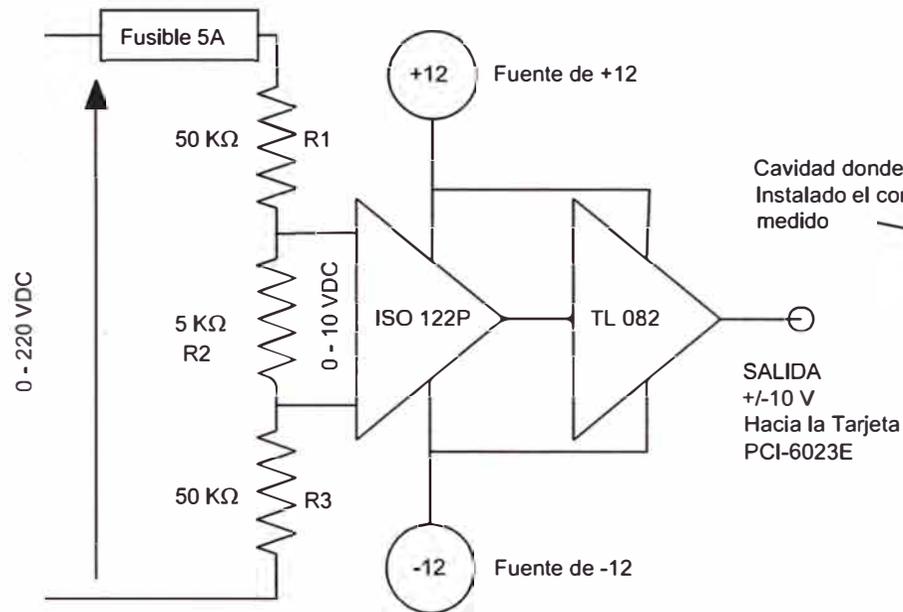


ENTRADAS DIGITALES 02



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>			
<b>RESIS : ADQUISICIÓN DE DATOS, ANALISIS Y OPERACIÓN DE LA M. E. G.</b> <b>LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06</b>			
<b>PLANO : SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS</b> <b>TARJETAS PCI-6023E y PCI DIO-96</b>		<b>PLANO N°</b>	
DIS. : R. Salinas E.	REV. : T. Palma G.	FECHA: ENE-2003	<b>04</b>
APR. : T. Palma G.	DIB. : R. Salinas E.	ESCALA: S/E	

## Sensor de Tensión



NOTA:

ISO 122P, Amplificador de Aislamiento

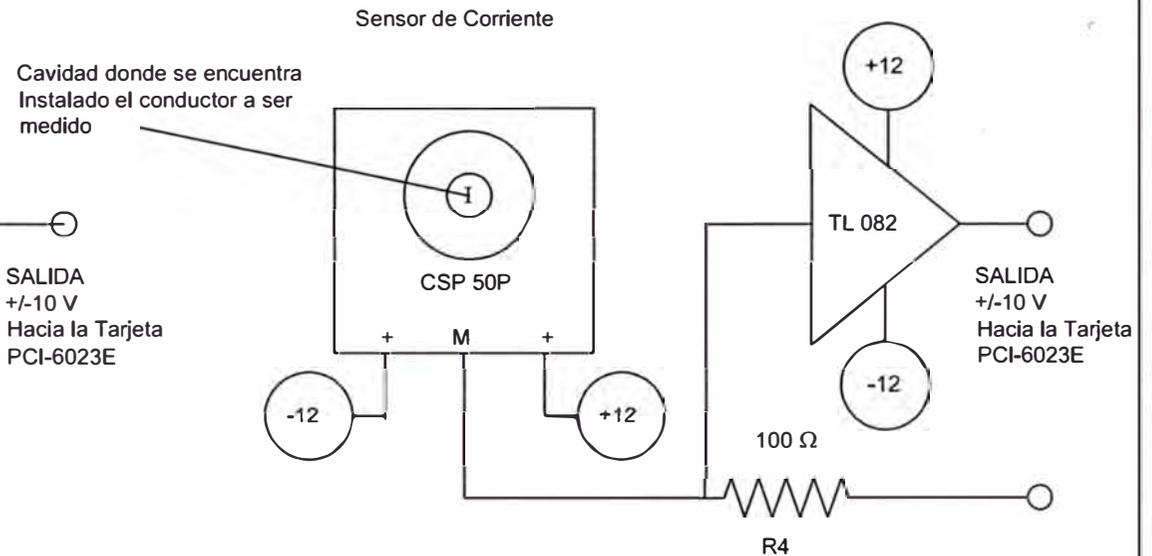
R1, R2, R3, R4, Resistencias de Presición (0,5%)

TL 082, Amplificador Operacional

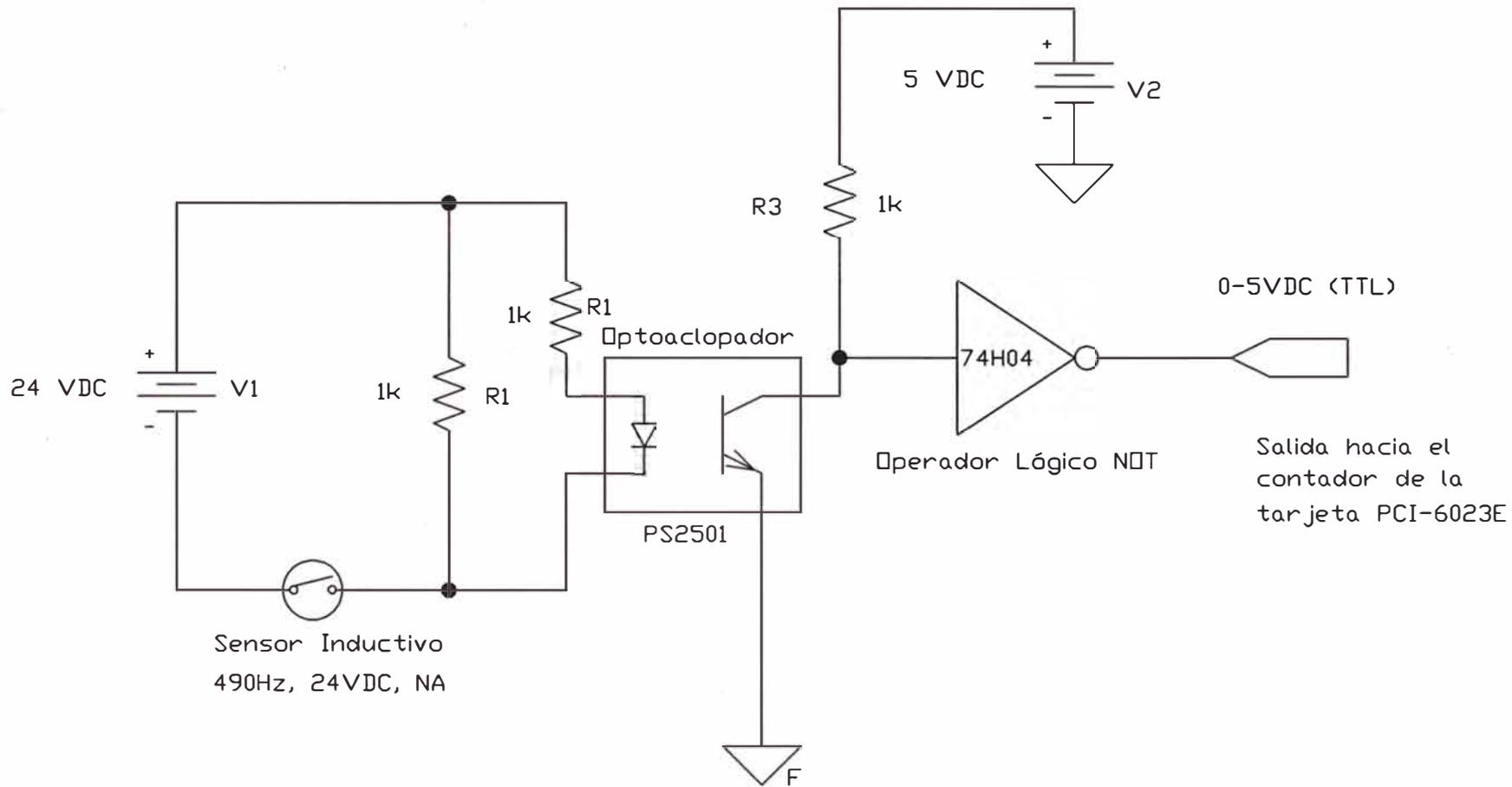
Las señales de entrada podrán ser

continua o alterna

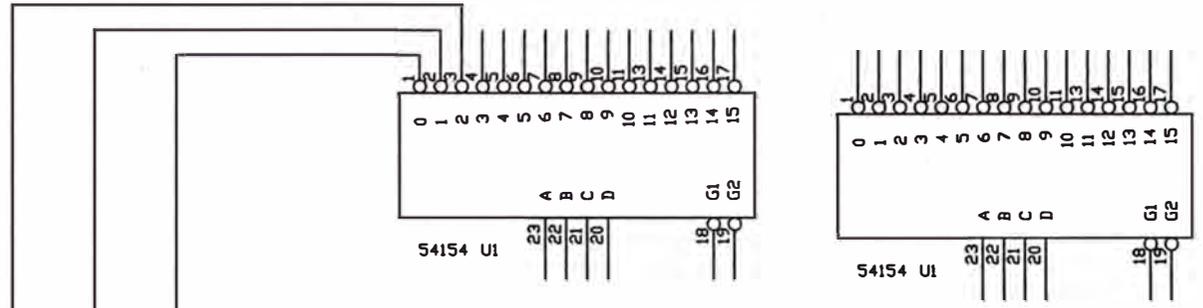
## Sensor de Corriente



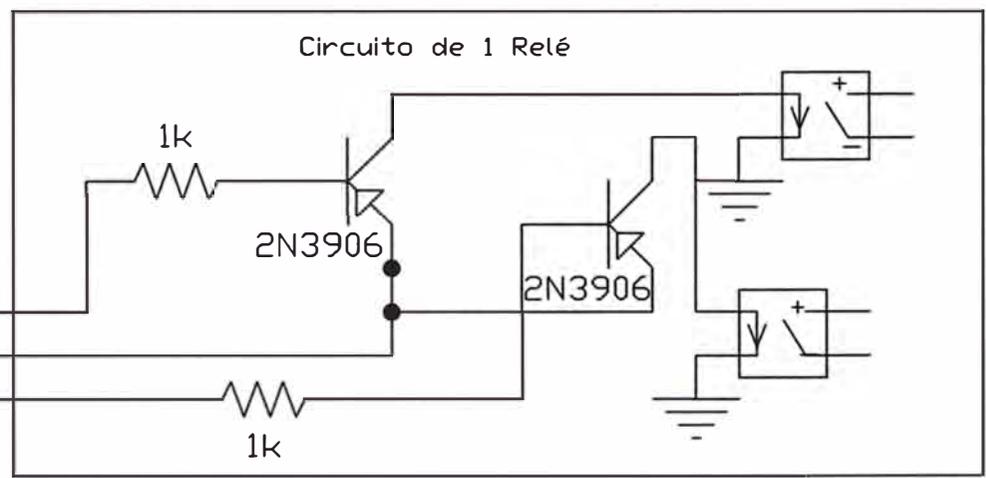
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>	
<b>TEMAS :</b> ADQUISICIÓN DE DATOS, ANALISIS Y OPERACIÓN DE LA M. E. G. LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06	
<b>PLANO :</b> CIRCUITO DE LOS SENSORES DE CORRIENTE Y TENSION	
DISE. : R. Saldivia E.	REV. : T. Palma G.
APR. : T. Palma G.	DIB. : R. Saldivia E.
FECHA: ENE-2003	ESCALA: S/E
<b>PLANO N°</b> 05	



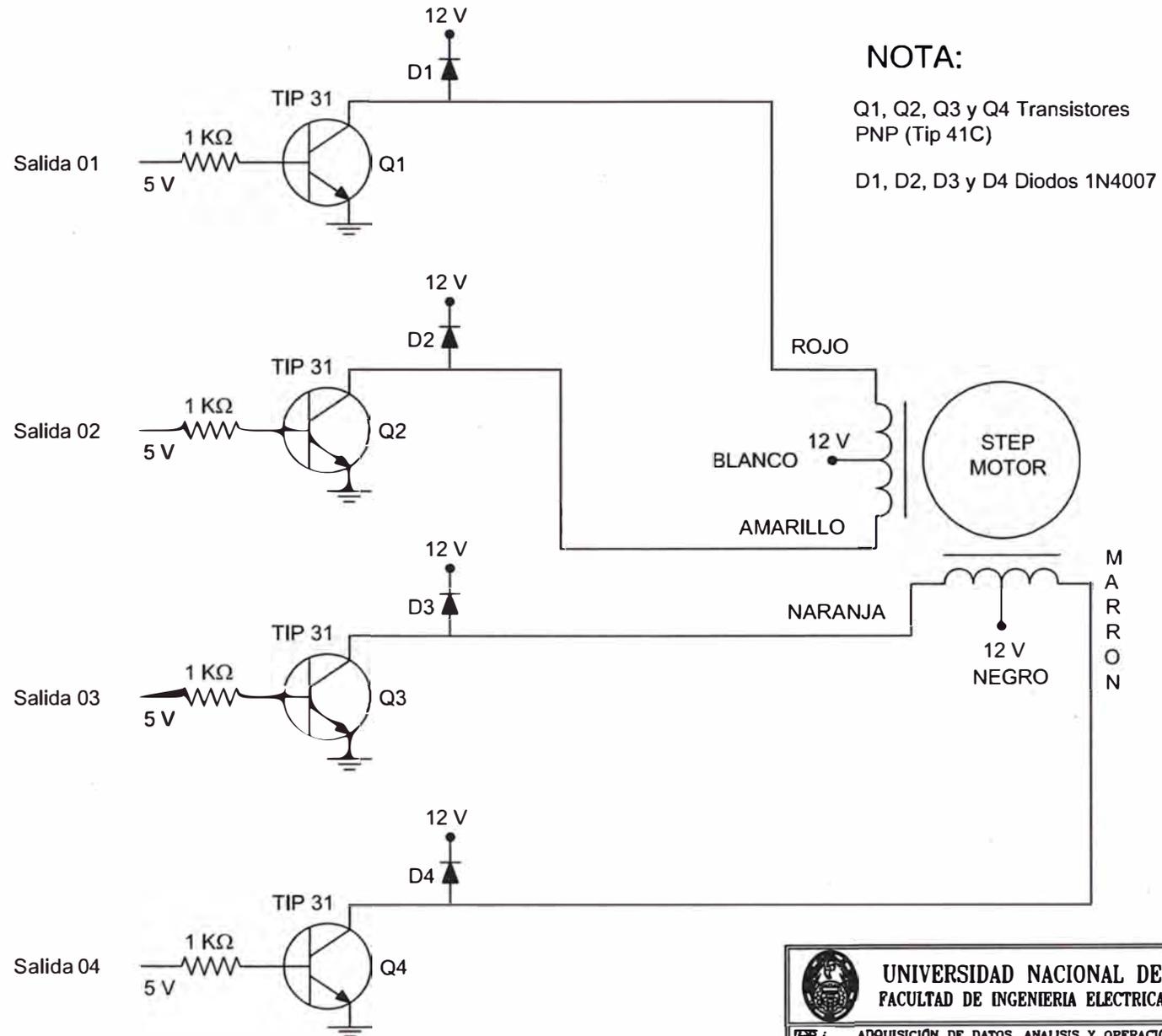
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>			
<small>TEMAS :</small> <b>ADQUISICIÓN DE DATOS, ANÁLISIS Y OPERACIÓN DE LA M. E. G.</b> <small>LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06</small>			
<small>PLANO :</small> <b>CIRCUITO DEL SENSOR DE VELOCIDAD</b>		<small>PLANO N°</small>	
<small>DIC. :</small> R. Solís E.	<small>REV. :</small> T. Palma G.	<small>FECHA:</small> DNE-2003	<b>06</b>
<small>APR. :</small> T. Palma G.	<small>DIB. :</small> R. Solís E.	<small>ESCALA:</small> S/E	



Numero de Circuitos del Proyecto : 43



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>			
<b>TEMAS :</b> ADQUISICION DE DATOS, ANALISIS Y OPERACION DE LA M. E. G. LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 06			
<b>PLANO :</b> CIRCUITO DEL CONECCIONADO DEL ESTATOR			<b>PLANO N°</b>
<b>DISEÑADO :</b> R. Salazar E.	<b>REVISADO :</b> T. Palomo G.	<b>FECHA:</b> DNE-2003	<b>07</b>
<b>APROBADO :</b> T. Palomo G.	<b>REVISADO :</b> R. Salazar E.	<b>ESCALA:</b> 5/E	



**NOTA:**

Q1, Q2, Q3 y Q4 Transistores PNP (Tip 41C)

D1, D2, D3 y D4 Diodos 1N4007

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA</b>			
TESIS : ADQUISICIÓN DE DATOS, ANALISIS Y OPERACIÓN DE LA M. E. G. LABORATORIO DE ELECTRICIDAD N° 08			
PLANO : CIRCUITO DE CONTROL DEL MOTOR DE PASO			PLANO N°
DISE. : R. Salazar E.	REV. : T. Palma G.	FECHA: ENE-2003	08
APR. : T. Palma G.	DIB. : R. Salazar E.	ESCALA: 5/E	

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BARRY E. Paton, **Sensors, Transducers, and LabVIEW**  
Prentice Hall, Inc.
- [2] CHUGANI., Samant **LabVIEW Signal Processing**  
Prentice Hall, Inc.
- [3] GARCIA, Emilio **Automatización de Procesos Industriales**  
Alfa omega, Universidad Politécnica de Valencia
- [4] MEISEL, Jerome **Conversión de Energía Electromecánica**  
Mc GRAW HILL - España 1969
- [5] JOHNSON, Gary W. **LabVIEW Graphical Programming**  
McGraw-Hill
- [6] J. E. B. y A. I. P **Instrucciones de Operación y Mantenimiento de la Máquina Eléctrica Generalizada**  
MAWDSLEY'S LTD - Dursley 1962
- [7] LÁZARO, Antonio **LabVIEW 6i, Programación Grafica Para el Control de Instrumentación**  
Paraninfo Thomson Learning. Madrid - España
- [8] MCDONALD, David **Data-Acquisition Systems: An Integral Part of Undergraduate Engineering and Technology Programs**  
Lake Superior State University