

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**  
**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIEROS ELECTROMECAÁNICOS**

**TEMA:**

**“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE  
SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA  
MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO  
DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS  
ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,  
PERIODO 2013-2014”**

**AUTORES:**

**GUISHCASO SUNTÁSIG JOSÉ CRISTIAN**  
**TOAPANTA CEVALLOS JOSÉ LUIS**

**DIRECTOR:**

**MSC. ÁLVARO MULLO**

**ASESOR METODOLÓGICO:**

**DR. GALO TERÁN**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**FEBRERO 2015**





## FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- Guishcaso Suntásig José Cristian
- Toapanta Cevallos José Luis

Con la tesis, cuyo título es: **“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013--2014”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

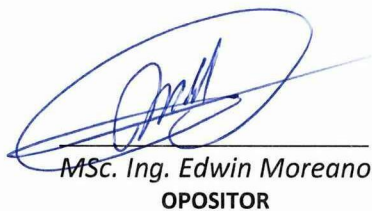
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 19 de Febrero del 2015

Para constancia firman:

  
Ing. Cristian Gallardo  
PRESIDENTE

  
Lcda. Susana Pallasco  
MIEMBRO


  
MSc. Ing. Edwin Moreano  
OPOSITOR

  
MSc. Ing. Álvaro Mullo  
TUTOR (DIRECTOR)

## AUTORÍA

Nosotros Guishcaso Suntásig José Cristian y Toapanta Cevallos José Luis, declaramos bajo juramento que, el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

La responsabilidad de esta tesis de grado nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Cotopaxi.



.....  
José Cristian Guishcaso Suntásig  
C.I.: 050323234-0



.....  
José Luis Toapanta Cevallos  
C.I.: 050345574-3

## AVAL DEL DIRECTOR

En calidad de Director de Trabajo de Investigación sobre el tema:

“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”, de **José Cristian Guishcaso Suntásig** y **José Luis Toapanta Cevallos**, egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes Científico – Técnicos suficientes para ser sometida a la evaluación del Tribunal de grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 13 de Enero del 2015

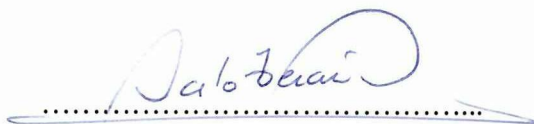


MSc. Alvaro Mullo  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO**

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”**, de los señores estudiantes; **José Luis Toapanta Cevallos**, portador de C.C. **050345574-3** y **José Cristian Guishcaso Suntásig**, portador de C.C. **050323234-0** postulantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica. **CERTIFICO QUE:** Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 13 de Enero del 2015



Dr. Galo Patricio Terán Ortiz


C.C. 050067610-1


**ASESOR METODOLÓGICO**

## CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Yo **MSc. Álvaro Mullo** en calidad de Coordinador de la Carrera de Ingeniería Electromecánica: **CERTIFICO QUE:** los señores **José Cristian Guishcaso Suntásig** con C.C. **050323234-0** y **José Luis Toapanta Cevallos** con C.C. **050345574-3** egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica, implementan el banco de pruebas en el laboratorio de máquinas eléctricas con el tema: “CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”,

Latacunga, 14 de Enero del 2015

  
MSc. Álvaro Santiago Mullo Quevedo  
C.C. 050276854-2  
**DIRECTOR DE TESIS**



## AGRADECIMIENTO

*El más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas y en especial a la Carrera de Ingeniería Electromecánica por la oportunidad de ingresar a la institución para obtener un título de tercer nivel para poder formarnos como profesionales útiles para la sociedad.*

*A nuestro director de tesis Ing. Álvaro Mullo por habernos guiado, impartiendo sus conocimientos y experiencia, para la consecución de nuestro proyecto de tesis.*

## DEDICATORIA

*En primer lugar va dedicado a Dios, por iluminar y fortalecer con sabiduría mi vida, por haber otorgado en mi camino a todas las personas que han sido mi fuerza y compañía.*

*Con mucho cariño a mi padre Manuel Guishcaso que desde el cielo me estará cuidando y dándome sus bendiciones para seguir adelante en mi sueño.*

*A mi querida madrecita Mercedes Suntásig, que es mi gran tesoro mi más grande orgullo, quien día a día supo inculcarme de valores, llenarme de motivaciones sin límites de barreras para aceptar las derrotas y surgir airoso en mis metas.*

*A mis queridos hermanos, Vinicio, Raquel y Diana por apoyarme con sus consejos de nunca renunciar a obtener mi sueño anhelado.*

*A ti, amor de mi vida Silvia, compañera inseparable quién me ha sabido dar la fuerza necesaria para seguir luchando, con su eterno amor, cariño y comprensión.*

*A mis queridos sobrinos Christopher y Jhoel, que con sus sonrisas de ánimo, me han incentivado a seguir adelante.*

**CRISTIAN**

## DEDICATORIA

*En primer lugar agradezco a Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de su fuerza para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida.*

*A mi querida madrecita Martha Toapanta por todo el esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida pero sobre todo en mis estudios universitarios.*

*A mis hermanas Mónica y Vaneza por su apoyo incondicional, por creer en mí en todo momento y no dejar que decayera en el esfuerzo por lograr mis metas.*

*A mi amada que ha sido el impulso durante toda mi carrera y el pilar fundamental para la culminación de la misma, que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amiga y compañera inseparable, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento.*

*A mi hijo Luis para quien ningún sacrificio es suficiente, que con su luz ha iluminado mi vida y ha hecho mi camino más claro.*

*A mi tía Irma a quien quiero como una madre por estar siempre dispuesta a apoyarme incondicionalmente a pesar de las diferencias que han existido entre nosotros.*

*A la Universidad, por habernos acogido con el fin de formarnos como profesionales íntegros y recíprocos con la sociedad.*

**JOSÉ LUIS**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	ii
AUTORÍA.....	iii
AVAL DEL DIRECTOR.....	iv
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO .....	v
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
CAPÍTULO I.....	x
CAPÍTULO II .....	xii
CAPÍTULO III.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	xxii

## CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1 Antecedentes. ....	1
1.2 Primera Unidad Fundamental: .....	2
1.3 Máquinas Eléctricas .....	2
1.4 Máquina Síncrona .....	4

1.5	Motor Asíncrono o de Inducción .....	5
1.5.1	Rotor Devanado o con anillos.....	6
1.5.2	Rotor Jaula de Ardilla.....	7
1.6	Generador o Alternador.....	7
1.6.1	Generadores Sincrónicos.....	8
1.6.2	Características de Vacío del Generador Sincrónico.....	10
1.6.3	Características de Cortocircuito del Generador Sincrónico.....	10
1.6.4	Determinación de la Impedancia Sincrónica $X_s$ .....	10
1.6.5	Potencia Interna del Generador Sincrónico .....	12
1.6.6	Generador Sincrónico de Rotor Cilíndrico.....	13
1.6.7	Generador Sincrónico de Polos Salientes.....	13
1.6.8	Generadores de Inducción (Asíncrono).....	14
1.6.8.1	Deslizamiento .....	15
1.6.8.2	Modalidad de funcionamiento del Motor Asíncrono .....	16
1.7	Sincronización de Generadores.....	17
1.7.1	Voltajes iguales.....	18
1.7.2	Voltajes en Fase .....	18
1.7.3	Frecuencia.....	18
1.7.4	Igualdad de secuencia de fase.....	19
1.8	Métodos de Sincronización.....	19
1.8.1	Primer Método.....	19
1.8.2	Segundo Método.....	20
1.8.2.1	Sentron PAC 3200.....	22
1.8.2.2	Variadores de frecuencia .....	24
1.8.2.3	Pantalla Touch .....	29
1.8.2.4	Software TIA Portal V12.....	30

1.8.2.5 Control Lógico Programable de Siemens PLC S71200 .....	32
1.8.2.6 Motor y Generador .....	34
1.8.2.7 Fuente Sitop .....	35
1.8.2.8 Transformadores de Corriente 60/5 .....	36
1.8.2.9 Protecciones del Sistema .....	36
1.8.2.10 Luces Piloto .....	37
1.8.3 Sistemas de Protección al Generador .....	37
1.9 Software WinCC Advanced.....	37
1.9.1 Automatización con WinCC.....	38
1.10 Descripción del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi .....	39
1.10.1 Generalidades.....	39
1.10.2 Lista de materiales.....	43

## CAPÍTULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	45
2.1 Metodología Básica.....	45
2.1.1 Metodología de Campo .....	45
2.1.2 Metodología Bibliográfica.....	46
2.1.3 Metodología Experimental .....	46
2.2 Población y Muestra.....	46
2.2.1 Análisis y Resultados de la Entrevista.....	47
2.2.2 Análisis y Resultados de la Encuesta.....	49
2.3 Hipótesis.....	58
2.3.1 Modelo Lógico.....	58

2.3.2	Modelo Matemático. ....	59
2.4	Argumentación.....	59
2.4.1	Estadístico de prueba.....	59
2.4.2	Resolución de la Fórmula Chi - cuadrado. ....	60
2.5	Decisión.....	61

### CAPÍTULO III

3.1	PROPUESTA .....	63
3.2.1	Tema:.....	63
3.2.2	Presentación .....	63
3.2.3	Justificación de la Propuesta.....	64
3.2.4	Objetivos.....	65
3.2.4.1	Objetivo General .....	65
3.2.4.2	Objetivos Específicos .....	65
3.2.5	Alcance.....	66
3.2.6	Desarrollo Técnico de la Propuesta.....	66
3.2.7	Selección de los elementos para el montaje del Módulo de Sincronismo	67
3.2.8	Descripción de los elementos y accesorios del Módulo de Pruebas.....	68
3.2.9	Descripción del diseño del módulo didáctico de Sincronismo de Generadores de baja potencia.....	79
3.2.10	Programación del Módulo de Sincronismo de Generadores de Baja Potencia mediante el software TIA PORTAL V12 y WinCC Advanced.....	81
3.2.10.1	Creación del proyecto. Con los pasos realizados adecuadamente.....	82
3.2.10.2	Interfaz de conexión del PLC S7-1200 con el TIA PORTAL V12.....	85
3.2.10.3	Segmentos de Programación del PLC S7-1200. A continuación se muestran los diferentes segmentos de configuración.....	86

3.3	Descripción del funcionamiento principal del Módulo de Sincronismo de Generadores de baja potencia.....	90
3.4	Conclusiones.....	94
3.5	Recomendaciones..	95
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	96
	ANEXOS .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Clasificación de Máquinas Eléctricas .....	3
Figura 1.2	Rotor Cilíndrico y de Polos Salientes .....	4
Figura 1.3	Motor de Inducción.....	5
Figura 1.4	Estator .....	6
Figura 1.5	Rotor Bobinado.....	6
Figura 1.6	Rotor jaula de ardilla.....	7
Figura 1.7	Generador Sincrónico Básico .....	8
Figura 1.8	Esquema del Generador Sincrónico Trifásico.....	9
Figura 1.9	Curvas de vacío y cortocircuito de un Generador Sincrónico.....	11
Figura 1.10	Diagrama Fasorial de un Generador Sincrónico con Carga R-L.....	12
Figura 1.11	Generador Sincrónico de rotor cilíndrico.....	13
Figura 1.12	Generador Sincrónico de polos salientes .....	14
Figura 1.13	Número de devanados el estator .....	15
Figura 1.14	Generadores en Paralelo.....	17
Figura 1.15	Método de las lámparas apagadas.....	18
Figura 1.16	Esquema de secuencia de fases .....	19
Figura 1.17	Diagrama Unifilar .....	20
Figura 1.18	Sentron Pac 3200 .....	22
Figura 1.19	Diagrama de Bloques de un Variador .....	25
Figura 1.20	Variador Micromaster 440 .....	26
Figura 1.21	Pantalla Simatic Touch .....	29

Figura 1.22 Software TIA Portal V12 .....	31
Figura 1.23 PLC S7 1200.....	32
Figura 1.24 Fuente Sitop.....	35
Figura 1.25 Breakers,Contactores y Relés.....	36
Figura 1.26 Luces Piloto.....	37
Figura 1.27 Ventana de trabajo WinCC.....	38
Figura 1.28 Control con varios paneles de operador.....	38
Figura 1.29 Control con varios paneles de operador.....	38
Figura 1.30 Acceso remoto.....	39
Figura 1.31 Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 1 .....	40
Figura 1.32 Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 2 .....	41
Figura 1.33 Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 3 .....	41
Figura 1.34 Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 4 .....	42
Figura 2.1 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°1.....	50
Figura 2.2 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°2.....	51
Figura 2.3 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°3.....	52
Figura 2.4 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°4.....	53
Figura 2.5 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°5.....	54
Figura 2.6 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°6.....	55
Figura 2.7 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°7.....	56
Figura 2.8 Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°8.....	57
Figura 3.1 Estructura del módulo de pruebas.....	68
Figura 3.2 Generadores Asíncronos.....	69
Figura 3.3 Motores asíncronos.....	69
Figura 3.4 Grupo Motor – Generador.....	70
Figura 3.5 PLC S7 1200.....	70
Figura 3.6 Sentron Pac 3200.....	71
Figura 3.7 Breaker Principal.....	71
Figura 3.8 Fuente de Alimentación SITOP.....	72
Figura 3.9 Variador de Frecuencia.....	72
Figura 3.10 Convertidores de Voltaje.....	73
Figura 3.11 Motor 220 V (Carga).....	73

Figura 3.12 BOP.....	74
Figura 3.13 Capacitores.....	74
Figura 3.14 Switch Scalance 5 puertos.....	75
Figura 3.15 Focos Led.....	75
Figura 3.16 Contactor 3 hp.....	76
Figura 3.17 TC 60/5 A.....	76
Figura 3.18 Panel Touch.....	77
Figura 3.19 Relés Térmicos.....	77
Figura 3.20 Breaker Secundario.....	78
Figura 3.21 Bornera.....	78
Figura 3.22 Cableado Estructural.....	79
Figura 3.23 Creación de un proyecto.....	82
Figura 3.24 Agregar un dispositivo S7-1200.....	83
Figura 3.25 Determinación del dispositivo.....	83
Figura 3.26 Dispositivos Conectados.....	84
Figura 3.27 Nombre, dirección IP y calibración de la pantalla.....	84
Figura 3.28 Agregar un dispositivo HMI.....	85
Figura 3.29 Declaración de las variables de programación.....	86
Figura 3.30 Bloques de Programa.....	86
Figura 3.31 Variables PLC.....	87
Figura 3.32 Tabla de variables estándar del PLC.....	87
Figura 3.33 Dispositivos y redes conectados.....	87
Figura 3.34 Configuración Pantalla KTP 600 Mono.....	88
Figura 3.35 Funcionamiento Sincronismo.....	88
Figura 3.36 Imagen raíz pantalla KTP 600 Mono.....	88
Figura 3.37 Plantilla de la pantalla KTP 600.....	89
Figura 3.38 Variables HMI.....	89
Figura 3.39 Conexiones.....	90
Figura 3.40 Solución de problemas de Módulo Didáctico.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Módulo de sincronismo de generadores.....	21
Tabla 1.2 Especificaciones técnicas del SENTRON PAC 3200.....	24
Tabla 1.3 Especificaciones del MICROMASTER 440.....	26
Tabla 1.4 Listado de Materiales para el banco N° 1 de trabajo.....	43
Tabla 1.5 Listado de Materiales para el banco N° 2 de trabajo.....	43
Tabla 1.6 Listado de Materiales para el banco N° 3 de trabajo (Banco de Pruebas de control electrohidráulico) .....	44
Tabla 1.7 Listado de Materiales para el banco N° 4 de trabajo.....	44
Tabla 2.1 Coordinadores.....	47
Tabla 2.2 Encuesta aplicada a los estudiantes de las carreras de Ingeniería eléctrica y electromecánica. ....	49
Tabla 2.3 Resultado de la Pregunta N°1. ....	50
Tabla 2.4 Resultado de la Pregunta N°2. ....	51
Tabla 2.5 Resultado de la Pregunta N°3. ....	52
Tabla 2.6 Resultado de la Pregunta N°4. ....	53
Tabla 2.7 Resultado de la Pregunta N°5. ....	54
Tabla 2.8 Resultado de la Pregunta N°6. ....	55
Tabla 2.9 Resultado de la Pregunta N°7. ....	56
Tabla 2.10 Resultado de la Pregunta N°8. ....	57
Tabla 2.11 Encuesta Observada. ....	59
Tabla 2.12 Frecuencia Esperada.....	60
Tabla 2.13 Cálculo del Chi - cuadrado. ....	61
Tabla 3.1 Elementos utilizados para el montaje del módulo de pruebas.....	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Modelo del formato de la Entrevista. ....	100
Anexo B. Modelo del formato de la Encuesta. ....	101
Anexo C. Tabla Chi – Cuadrado .....	103

Anexo D. Magnitudes y Unidades Eléctricas .....	104
Anexo E. Datos técnicos nominales de los Motores Trifásicos de Inducción ....	105
Anexo F. Variables de medición del Sentron Pac 3200 .....	106
Anexo G. Dimensionamiento de los cables para elaboración de Circuitos Eléctricos.....	107
AnexoH.Diagrama y Operación del Variador de Frecuencia o Velocidad.....	108
Anexo I. Datos de Potencia del Variador de Voltaje Sinamig G110.....	109
Anexo I. Datos Técnicos del Variador de Voltaje Sinamig G110.....	110
Anexo J. Especificaciones Técnicas del Variador de frecuencia Micromaster 440.....	111
Anexo K. Módulo didáctico de Sincronismo de Generadores.....	112
Anexo L. Botones y sus funciones en los paneles (BOP).....	113
Anexo M. Manual de usuario del Módulo Didáctico.....	114
Anexo N. Guías prácticas del Módulo de Pruebas .....	121
Anexo O. Estructura metálica.....	136
Anexo P. Diagrama de Conexiones del PLC.....	137
Anexo Q. Diagrama de Fuerza del Módulo de Prácticas.....	138
Anexo R. Diagramas De Control Del Módulo De Pruebas.....	139

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**



**TEMA:** “CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”

**RESUMEN**

Cada día se está adaptando el tema sobre la automatización industrial a nivel mundial, lo que facilita el desarrollo del proceso productivo que trabajan diferentes máquinas y equipos. En la actualidad, las Universidades del Ecuador pretenden que los estudiantes se relacionen en el ámbito profesional y lleguen a tener conocimientos sobre automatización. Hoy en día, se realizan proyectos en el área técnica por lo cual se hace imprescindible construir un módulo didáctico que utilice diferentes tipos de instrumentos, para el control y monitoreo de variables (voltaje, frecuencia y secuencia), se utilizó el software TIA PORTAL V12 Basic para programar el PLC S7-1200, la pantalla táctil y los SENTRON PAC 3200, adicionalmente se agregó el enlace con WinCC Advanced. Para el análisis del control y comportamiento de dichas máquinas eléctricas se diseña e implementa un prototipo de sincronización de generadores para la realización de pruebas experimentales en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi. Se ha implementado el prototipo gracias a la ayuda de módulos de fácil aprendizaje con lo cual se realizará el control y monitoreo de sincronismo de generadores de baja potencia.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**ACADEMIC UNIT OF SCIENCE IN ENGINEERING AND APPLIED**



**TOPIC:** "CONTROLLING AND MONITORING OF THE OPERATION OF SYNCHRONISM LOW POWER GENERATORS USING SOFTWARE WINCC ADVANCED AS DIDACTIC MODULE FOR THE ELECTRICAL MACHINES LABORATORY, AT TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI, PERIOD 2013-2014"

**ABSTRACT**

Every day is adapting the topic about the industrial automation around the world, which makes easier the development of the productive process that works different machines and equipment. Nowadays, the Universities of Ecuador expect that students will relate in the professional field and they will get to knowledge about automation. Today, projects have been made in the technical area, which are indispensable in order to build a didactic module that uses different types of instruments, for the variables controlling and monitoring (voltage, frequency and sequence), used the software Aunt PORTAL V12 Basic in order to program the PLC S7-1200, the touch screen and the SENTRON PAC 3200, in addition the link WinCC Advanced was added. For the analysis control and performance of these electric machines, we design and implement a prototype synchronization generator in order to perform experimental tests in the Electrical Machines Laboratory at Technical University Cotopaxi. Prototype has been implemented with the help of easy learning modules which control and monitor sync low power generators will be performed.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS

## AVAL DE TRADUCCIÓN

Lic. Marco Paúl Beltrán Semblantes con C.C 050266651-4, en calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que se ha realizado la respectiva revisión del Abstract, con el tema: **“CONTROL Y MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE GENERADORES DE BAJA POTENCIA MEDIANTE SOFTWARE WINCC ADVANCED COMO MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, PERIODO 2013-2014”** cuyos autores son: Guishcaso Suntásig José Cristian con C.C 050323234-0 y Toapanta Cevallos José Luis con C.C 050345574-3, postulantes a Ingenieros Eletromecánicos cuyo Director de Tesis es el Ing. Álvaro Mullo.

Latacunga, 12 de Enero del 2015

Docente,

.....  
Lic. Marco Paúl Beltrán Semblantes

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

C.C 050266651-4

## INTRODUCCIÓN

Cabe notar que todo proceso industrial está conformado por máquinas automáticas a fin de mejorar la producción; por lo que es de vital importancia que en la formación de un Ingeniero Electromecánico, Eléctrico o Industrial se dé a conocer el tema de automatización de sistemas eléctricos. Esto se lleva a cabo mediante el aprendizaje teórico – práctico del estudiante. A continuación, se presenta una descripción detallada de los tres capítulos propuestos en el proyecto de tesis.

En el Capítulo I se establecen los fundamentos teóricos de los diferentes instrumentos para el control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia. Se describe el funcionamiento de la sincronización de generadores en paralelo y se indican las diferentes variables a ser medidas y controladas (voltaje, frecuencia y secuencia). Con la ayuda del software WinCC Advanced se tiene una representación demostrativa sobre la sincronización de generadores de baja potencia en paralelo.

En el Capítulo II se da a conocer los métodos y técnicas de investigación estudiados y aplicados. Se procede a realizar tabulaciones y representaciones gráficas para el análisis e interpretación de resultados y finalmente se señalan las hipótesis de estudio.

Y por último en el Capítulo III, se plantea el desarrollo de la propuesta, es decir, los instrumentos y equipos utilizados en el banco de pruebas para el presente proyecto. Con la realización de las pruebas realizadas, se establece las conclusiones y recomendaciones finales respecto al desarrollo del proyecto. El trabajo concluye con los Anexos existentes, manual de usuario como también guías prácticas.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

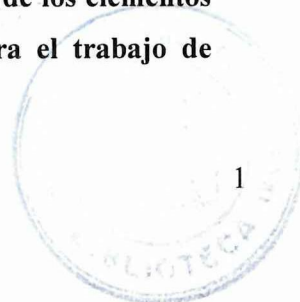
### 1.1 Antecedentes.

(OVERBLOG, 2011) Dice que: **“La automatización eléctrica es uno de los sistemas de automatización más empleados y extendidos en la actualidad no sólo en la industria, sino en casi todos los campos de la vida diaria”.**

En los países desarrollados, la tecnología en base a las automatizaciones de procesos eléctricos avanza constantemente con el paso de los años; se ha vuelto cada vez necesario el estudio de sistemas de control y monitoreo de variables en los sistemas eléctricos con métodos basados en software.

En el País, se han implementado algunas tesis relacionadas con el sincronismo de generadores, entre las cuales se tienen:

(ABAD, y otros, 2008) Menciona sobre el: **“Diseño e implementación de un tablero para la transferencia automática de energía y sincronización de generadores de emergencia para el Centro Comercial el Condado. La implementación del proyecto se basa en el uso del equipo controlador EGCP – 2. Incluye una breve descripción de los elementos que utiliza y las condiciones que deben cumplir para el trabajo de**



**sistemas sincronizados. Incluye el montaje de los equipos de fuerza y control en base a las normas NEC y elementos de protección en base a los estándares ANSI”.**

**(FLORES, 2009) Menciona sobre el: “Diseño y Construcción de un Tablero Didáctico para el Laboratorio de Maquinarias enfocado a la enseñanza de Prácticas con motores, específicamente para el control del proceso de Sincronización de Generadores y utilizando la herramienta de LabView. Se basa en la construcción de un tablero didáctico en el que constan elementos de medición, fuerza, control, protecciones e indicadores de funcionamiento. Se crea un sistema de monitoreo mediante el software LabView”.**

Estos proyectos de tesis muestran las diferentes aplicaciones que pueden tener un módulo de esta índole, ya sea para enseñanza en la Universidad o para sistemas de emergencias utilizados en industrias o centros comerciales donde un generador no es suficiente para alimentación del lugar y se requiera hacer un sincronismo de generadores en paralelo. Gracias a los avances tecnológicos, se disponen de uso de equipos que puedan realizar este tipo de sincronización.

## **1.2 Primera Unidad Fundamental:**

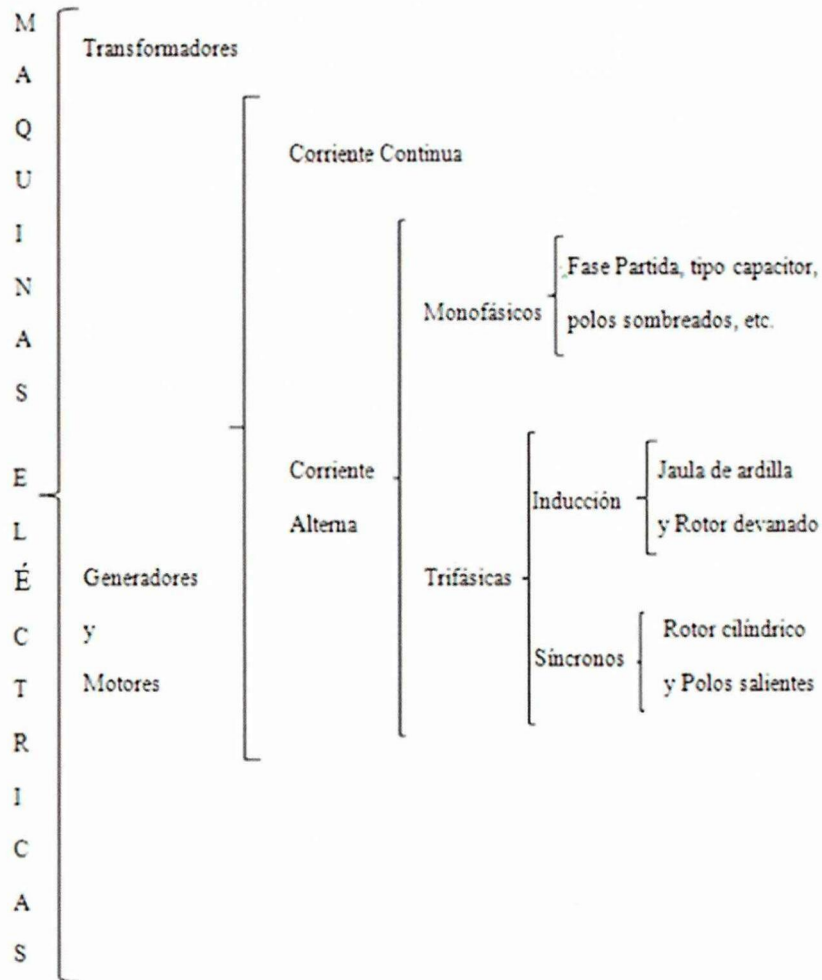
Control y Monitoreo de la Operación de Sincronismo de Generadores de Baja Potencia mediante Software WinCC Advanced.

## **1.3 Máquinas Eléctricas**

**(FRAILE MORA, 2003) “Expone que la máquina eléctrica es un dispositivo que transforma la energía cinética en otra energía, o bien, en energía potencial pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. Las máquinas eléctricas poseen circuitos eléctricos y magnéticos**

entrelazados. Se clasifican en tres grandes grupos vistos en la Figura 1.1: generadores, motores y transformadores”.

**Figura 1.1** Clasificación de Máquinas Eléctricas



Fuente: (LALOUX, 2001)

Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

Para poner en marcha un motor o generador, el operador maneja el sistema a través de pulsadores, interruptores o teclado y va ordenando las diferentes operaciones a realizar; así como también de forma automática, la cual puede funcionar mediante un software que a través de automatismos permite el control, monitoreo y sincronismo de SEP además existe la combinación de ambas

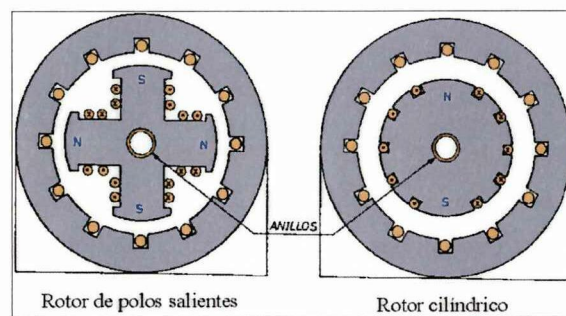
semiautomático, en la que parte de las operaciones se realiza de forma automática y otras las realiza el operador.

“Las máquinas eléctricas son dispositivos que transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía, a la vez esta energía pasa por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. Se clasifican en tres grupos: Motores, Generadores y Transformadores”

## 1.4 Máquina Síncrona

Según (FRAILE MORA, 2003) describe que: una máquina síncrona es una máquina de gran versatilidad, puede funcionar tanto como motor o como generador por formas constructivas del sistema de excitación, las máquinas síncronas se clasifican en máquina de polos salientes y la máquina de rotor cilíndrico. La utilización de uno u otro depende fundamentalmente de las velocidades a que trabaja. Generalmente las máquinas de bajo número de polos se caracterizan por tener alta velocidad, y estas son las máquinas de rotor cilíndrico, ocurriendo lo contrario, máquinas con elevado número de polos y estas son de bajas velocidades y este es el caso de la máquina de polos salientes, vistos en la Figura 1.2.

**Figura 1.2** Rotor cilíndrico y de polos salientes



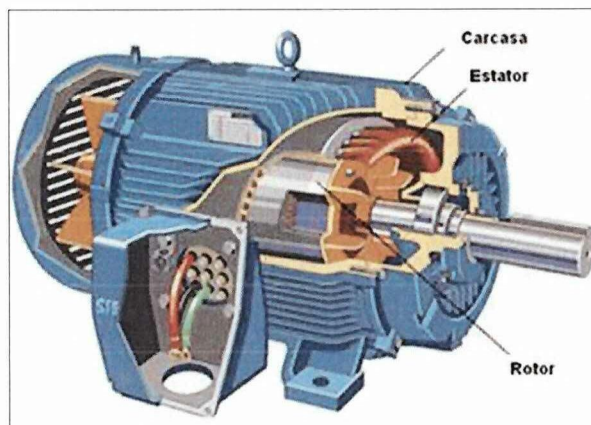
Fuente: (LALOUX, 2001)

Al funcionar con uno de los dos diferentes tipos de rotores: el rotor Cilíndrico y el rotor de Polos Salientes. El rotor Cilíndrico se usa principalmente como generador mientras la mayor parte de motores síncronos son de tipo polos salientes.

## 1.5 Motor Asíncrono o de Inducción

(FRAILE MORA, 2003) “con su criterio manifiesta que: El motor de inducción es una máquina de impulsión eléctrica más utilizada (motor de corriente alterna), pues son sencillas, seguras y baratas; en la Figura 1.3 se aprecia un motor de inducción. El campo producido por el estator genera fuerza electromotriz (f.e.m.) en el devanado del rotor y al estar este en cortocircuito o cerrado por medio de un reóstato de arranque aparecen corrientes en la parte del rotor que a su vez hacen mover la máquina a cierta velocidad muy cercana y por debajo de la velocidad de sincronismo”.

Figura 1.3 Motor de inducción



Fuente: (CARPIO BECERRA, 2012)

(Jesús, 2003) Expresa que: La velocidad sincrónica de un motor de inducción está dada por:

$$n_s(\text{rpm}) = \frac{60f(\text{hz})}{p} \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Dónde:

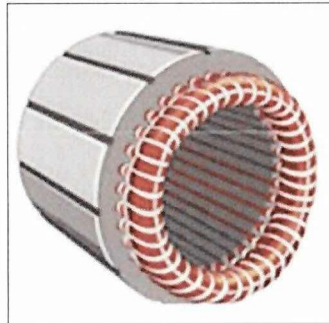
- $n_s$ : Velocidad sincrónica dada en revoluciones por minuto (rpm).
- $f$ : Frecuencia de la red (hz).

➤ p: Número de polos en la máquina.

Como toda máquina eléctrica, el motor asíncrono trifásico tiene estator y rotor.

(FRAILE MORA, 2003) “El estator (Figura 1.4) es la parte fija del motor. Está constituido por una carcasa en la que está fijada una corona de chapas de acero al silicio provistas de unas ranuras. Los bobinados de sección apropiada están dispuestos en dichas ranuras formando las bobinas que se dispondrán en tantos circuitos como fases tenga la red a la que se conectará la máquina”.

**Figura 1.4** Estator

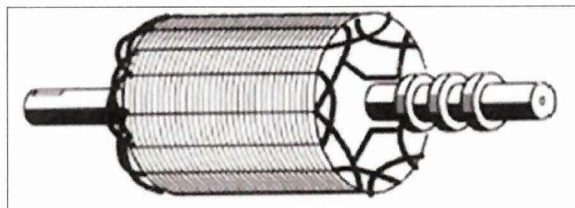


Fuente: (CARPIO BECERRA, 2012)

(FRAILE MORA, 2003) Manifiesta que: “El rotor.- Es la parte móvil del motor. Está situado en el interior del estator y consiste en un núcleo de chapas de acero al silicio apiladas que forman un cilindro, en el interior del cual se dispone un bobinado eléctrico. Los tipos más utilizados son”:

### **1.5.1 Rotor Devanado o con anillos.**

**Figura 1.5** Rotor bobinado



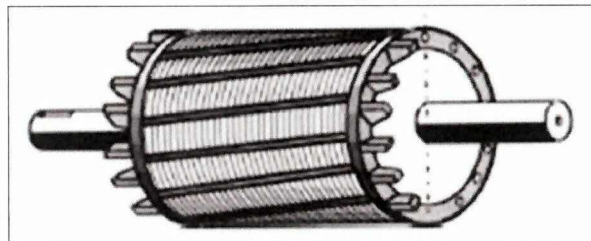
Fuente: (FRAILE MORA, 2003)

(FRAILE MORA, 2003) Comenta que: “El rotor devanado posee un devanado trifásico similar al del estator conectados con la configuración estrella y por el otro los terminales del devanado del rotor se conectan a anillos rozantes aislados entre sí, en los que se apoyan escobillas de carbón, de manera que dichos terminales resultan accesibles desde el exterior, según se aprecia en la Figura 1.5”.

### **1.5.2 Rotor Jaula de Ardilla.**

Según (FRAILE MORA, 2003) “El rotor Jaula de ardilla está formado por varillas conductoras alojadas en ranuras que existen en el hierro del propio rotor y cortocircuitadas en ambos extremos mediante dos anillos planos conductores dispuestos en cada lado del rotor, según se puede apreciar en la Figura 1.6”.

**Figura 1.6** Rotor jaula de ardilla



Fuente: (FRAILE MORA, 2003)

## **1.6 Generador o Alternador.**

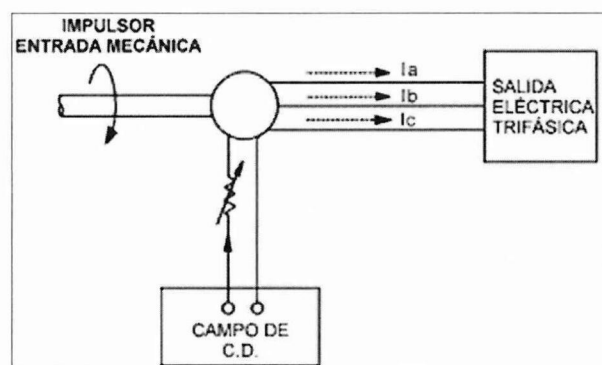
(FRAILE MORA, 2003) Manifiesta que: “Un generador es un aparato capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre dos puntos, transformando energía mecánica en energía eléctrica mediante la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre el estator; haciendo que gira a una velocidad mayor a la de sincronismo produciendo un deslizamiento negativo entonces la máquina trabaja como generador”.

Si se produce mecánicamente un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). En la actualidad, se usa generadores de corriente alterna.

### 1.6.1 Generadores Sincrónicos.

Según exterioriza (PACHECO). “Estas máquinas utilizadas para convertir energía mecánica en eléctrica de corriente alterna visto en la Figura 1.7. El uso es poco convencional y puede ser utilizado para corrección del factor de potencia por lo que las velocidades del rotor y del estator tienden a igualarse, de ahí el nombre de Síncrono. El vapor producido (turbina) gira el rotor a velocidades de 1800 ó 3600 revoluciones por minuto. Los generadores hidroeléctricos giran alrededor de 100 a 300 revoluciones por minuto”.

Figura 1.7 Generador Síncronico Básico



Fuente: (PACHECO)

Son los encargados de suministrar energía eléctrica desde kVA hasta los MVA a una carga cuya frecuencia depende de la máquina motriz, la corriente y el factor de potencia, dependen de la excitación del campo, de la impedancia del generador y de la carga.

(ÁLVAREZ, 2012) Indica que: “Por lo general los generadores síncronicos son utilizados en las centrales eléctricas (turboalternador) o

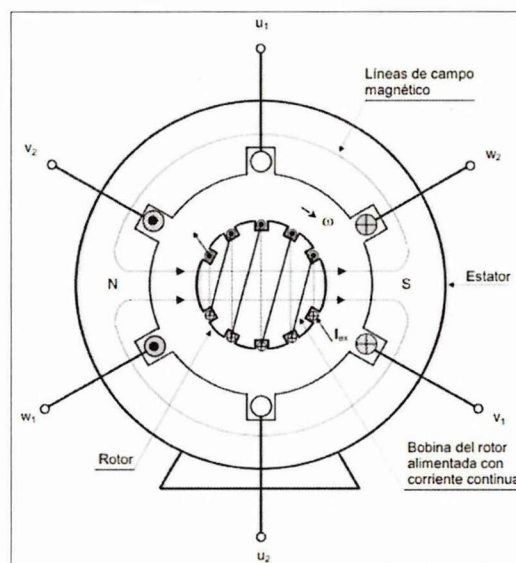
como sistemas autónomos de generación (grupo electrógeno). En la Figura 1.8 se indica un esquema fundamental del generador síncrono trifásico”.

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos, los llamados polos, de manera que se logra la transformación de la energía mecánica en eléctrica.

(ÁLVAREZ, 2012), Dice que: De la Figura 1.8, se destaca lo siguiente:

- Posee 6 ranuras.
- Sobre cada par de ranuras opuestas se colocan los lados de la bobina, cuyos principios y finales tienen la siguiente denominación:
  - Bobina 1:  $u_1 - u_2$
  - Bobina 2:  $v_1 - v_2$
  - Bobina 3:  $w_1 - w_2$

**Figura 1.8** Esquema del Generador Síncrono Trifásico



Fuente: (ÁLVAREZ, 2012)

Posee ventajas como: ser operados en paralelo, económicos en costos de operación y poseen mayor confiabilidad de operar un sistema de potencia. Y desventajas como: bajo deslizamiento y reducción de tensión.

### ***1.6.2 Características de Vacío del Generador Sincrónico.***

$$I = 0 \rightarrow E_{Fase} = V \text{ (vacío)} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

Según (FRAILE MORA, 2003). “De la Ecuación 1.2 se indica, que la fem  $E_0$  es el voltaje en los terminales de la máquina cuando la corriente del inducido es cero”.

### ***1.6.3 Características de Cortocircuito del Generador Sincrónico.***

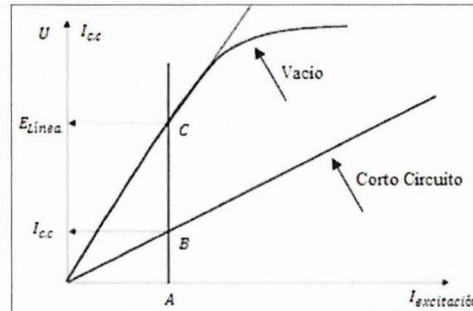
$$V = 0 \rightarrow E_{Fase} = (R + jX_S)I_{c.c.} = Z_S I_{c.c.} \quad \text{Ec. (1.3)}$$

(FRAILE MORA, 2003) “Según la fórmula de donde la impedancia sincrónica  $Z_S$  es el cociente entre el voltaje  $E_{Fase}(V)$  y la corriente de cortocircuito  $I_{c.c.}(A)$ , y estas dependen de la corriente de excitación de la máquina. Consiste en llevar la corriente de campo a cero, cortocircuitar los bornes del generador y proseguir incrementando la corriente de campo. Con esta fórmula se obtiene información acerca de las potencialidades de corriente de un generador sincrónico”.

### ***1.6.4 Determinación de la Impedancia Sincrónica $X_s$ .***

(ÁLVAREZ, 2012) Indica que: “Se puede obtener el valor de la impedancia sincrónica con las características de vacío y cortocircuito de la máquina visto en la Figura 1.9. En la prueba de cortocircuito el voltaje de los bornes es nulo, luego de la Ecuación 1.3, la fem inducida es igual a la caída de tensión en la impedancia sincrónica”.

**Figura 1.9** Curvas de vacío y cortocircuito de un Generador Sincrónico



Fuente: (ÁLVAREZ, 2012)

De la Figura 1.9, para un valor de corriente del rotor (punto A), se traza una perpendicular con los puntos B donde se halla la corriente de cortocircuito y el punto C donde se halla el valor de la fem inducida  $E_{Linea}$ .

(ÁLVAREZ, 2012) Según lo determinado se tiene que la Ecuación 1.4 es:

$$|Z_s| = \frac{|E_{Linea}|}{\sqrt{3}|I_{c.c.}|} \left(\frac{V}{A}\right) \quad \text{Ec. (1.4)}$$

La impedancia sincrónica del circuito es:

$$Z_s^2 = R^2 + X_s^2 \quad \text{Ec. (1.5)}$$

Si la reactancia sincrónica es mucho mayor a la resistencia, es decir,  $X_s \gg R$  se tiene:

$$Z_s \cong X_s \quad \text{Ec. (1.6)}$$

Este valor es constante cuando se mantiene dentro de la zona lineal de la característica de vacío y fuera de este rango su valor disminuye a medida.

### 1.6.5 Potencia Interna del Generador Síncrono.

(ÁLVAREZ, 2012) De la Figura 1.10, Se tiene el diagrama fasorial para una carga R – L, con la condición de que  $L \gg R$ , es decir despreciando la carga resistiva de los bobinados.

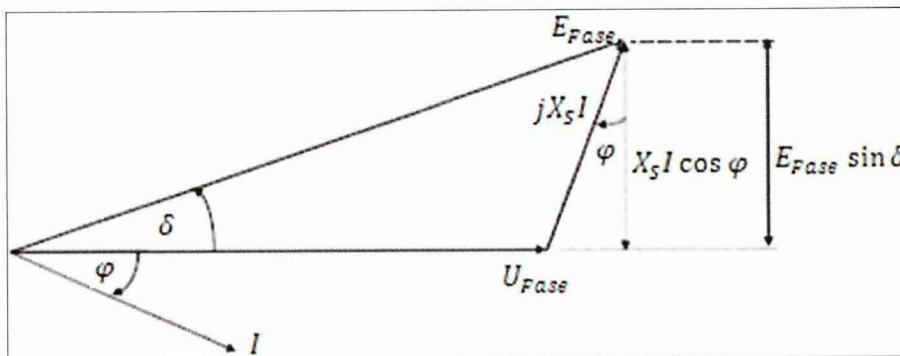
La potencia activa entregada (P) por el generador síncrono con carga R-L es:

$$P (W) = 3U_{Fase}I \cos \varphi (VA) \quad \text{Ec. (1.7)}$$

Luego:

$$X_s I \cos \varphi = E_{Fase} \sin \delta \quad \text{Ec. (1.8)}$$

**Figura 1.10** Diagrama Fasorial de un Generador Síncrono con Carga R-L



Fuente: (ÁLVAREZ, 2012)

Igualando las Ecuaciones 1.7 y 1.8 se tiene que la Potencia es igual a:

$$P(W) = 3 \frac{U_{Fase} E_{Fase}}{X_s} \sin \delta \quad \text{Ec. (1.9)}$$

Dónde:

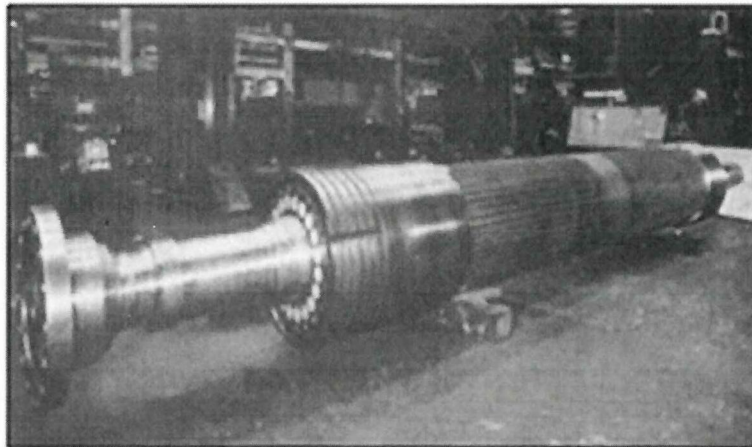
- $\delta$ : es el ángulo entre la fem inducida  $E_{Fase}$  y el voltaje en los bornes  $U_{Fase}$ .

➤  $\varphi$ : es el ángulo entre  $E_{Fase}$  y la corriente I.

### ***1.6.6 Generador Sincrónico de Rotor Cilíndrico.***

Según manifiesta (FITZGERALD, 2004) “Este tipo de generador (Figura 1.11) se utiliza en máquinas de alta velocidad con dos a cuatro polos. Posee devanados distribuidos uniformemente en un rotor cilíndrico. Un polo cilíndrico es un polo magnético construido al mismo nivel de la superficie del rotor. Se utilizan más en turbinas a gas o vapor empleadas en centrales térmicas”.

**Figura 1.11** Generador Sincrónico de rotor cilíndrico

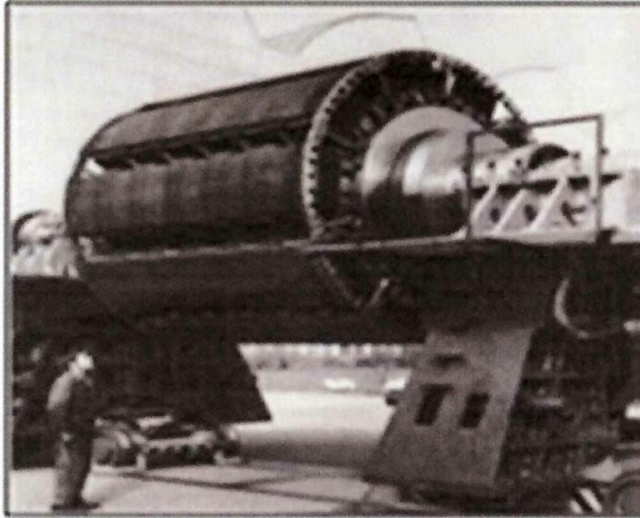


Fuente: (FITZGERALD, 2004)

### ***1.6.7 Generador Sincrónico de Polos Salientes.***

(FITZGERALD, 2004) Expresa que: “El generador sincrónico de polos salientes (Figura 1.12) se caracteriza por trabajar a bajas velocidades. Por lo general son de gran cantidad de polos: 16 o más”.

**Figura 1.12** Generador Sincrónico de polos salientes



Fuente: (CHAPMAN, 2007)

### ***1.6.8 Generadores de Inducción (Asíncrono).***

(PÉREZ, 2008) Explica que: “El término asíncrono se debe a que las velocidades tanto del giro del rotor como la del sincronismo impuesto por la frecuencia de la red no son las mismas. Como generador una máquina de inducción tiene varias limitaciones serias. No pueden suministrar energía reactiva por lo que, tanto el reactivo de la excitación propia como el reactivo de la carga, debe ser suministrado por capacitores para suministrar la corrección del factor de potencia los cuales pasan a formar parte esencial de la instalación”.

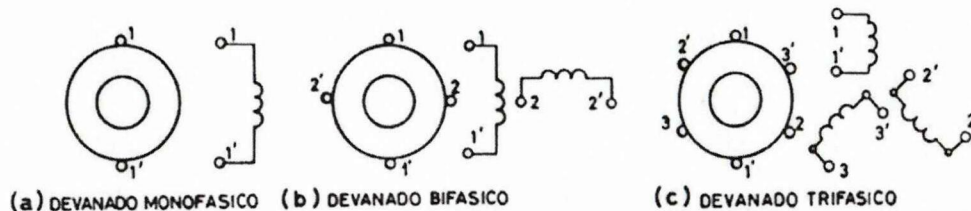
(PÉREZ, 2008) Señala que: “El sistema de potencia externo puede controlar el voltaje en los terminales del generador. La gran ventaja de este tipo de generador es que se encuentra en el mercado a un menor precio debido a la construcción simple y su robustez. Las especificaciones del generador deben ser tanto eléctricas como mecánicas, por ejemplo: capacidad del generador, los soportes, temperatura de operación, entre otros”.

Los generadores de inducción son más utilizados en centrales de generación por ende en nuestro proyecto de tesis se aplicó el uso de generadores síncronos.

Según (ENRÍQUEZ, 2014), Se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Según el número de devanados en el estator: monofásicos, bifásicos o trifásicos. Si son bifásicos o trifásicos poseen devanados desfasados dependiendo del número de pares de polos que posea la máquina, vistos en la Figura 1.13.

**Figura 1.13** Número de devanados el estator



Fuente: (ENRÍQUEZ, 2014)

- Según el tipo de inducido, puede ser de rotor devanado o de jaula de ardilla, este último es el más utilizado en aplicaciones industriales.

### 1.6.8.1 Deslizamiento

- El rotor gira a una velocidad próxima a la velocidad de sincronismo.
- La velocidad de sincronismo (Ecuación 1.10) es igual a:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}$$

Ec. (1.10)

Dónde:

- $n_1$ : es la velocidad de sincronismo.
- $f_1$ : frecuencia de la corriente en el estator.
- $p$ : número de polos.

- La frecuencia de las corrientes inducidas (Ecuación 1.11) en el rotor es igual a:

$$f_2 = \frac{p(n_1 - n)}{60}$$

Ec. (1.11)

Dónde:

- $n$ : es la velocidad del rotor.
  - $f_2$ : frecuencia de la corriente inducida en el rotor.
- El deslizamiento  $s$ , se calcula en base a las velocidades del rotor y de sincronismo y/o las frecuencias de las corrientes del estator y rotor.

Ec. (1.12)

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{f_2}{f_1}$$

#### 1.6.8.2 Modalidad de funcionamiento del motor asíncrono

- Cuando la velocidad del rotor es menor o igual a la velocidad de sincronismo y el deslizamiento está en el rango de 0 a 1, se dice que la máquina trabaja como motor.

$$n \leq n_1 \longrightarrow 0 < s < 1 \quad \text{Ec. (1.13)}$$

- Si la velocidad del rotor es mayor a la del sincronismo y el deslizamiento es negativo, se dice que la máquina funciona como generador.

$$n > n_1 \longrightarrow s < 0 \quad \text{Ec. (1.14)}$$

- Si la velocidad del rotor es negativa y el deslizamiento es mayor a la unidad, se dice que la máquina opera como freno.

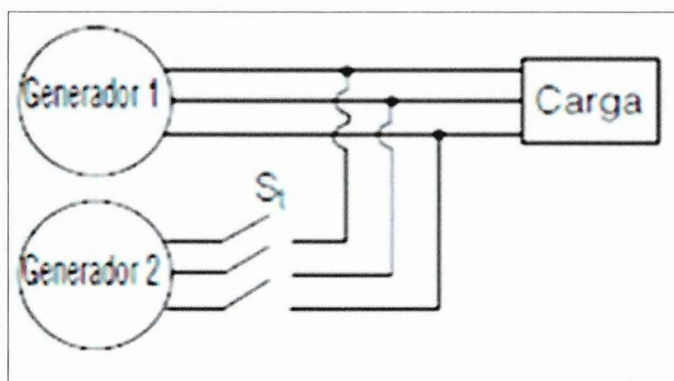
$$n < 0 \longrightarrow s > 1 \quad \text{Ec. (1.15)}$$

## 1.7 Sincronización de Generadores

Cuando se requiere alimentar cargas grandes se utilizan varios generadores en paralelo visto en la Figura 1.14, con el fin de satisfacer las necesidades requeridas. Esto incrementa la confiabilidad del sistema de potencia, si se produce una falla no se obtiene pérdida total de potencia en la carga. Un Generador Síncrono G1 suministra potencia a una carga con otro generador G2 el cual está a punto de conectarse en paralelo por medio de un interruptor St.

(MESÍAS, 2013) Menciona que: **“Si se cierra el interruptor puede provocar daños severos a los generadores y que la carga pierda potencia, para evitar eso se establece la sincronización de generadores para la puesta en paralelo”.**

Figura 1.14 Generadores en paralelo



Fuente: (MESÍAS, 2013)

(ABAD, y otros, 2008) Inducen que: Para la sincronización del generador se debe tener en cuenta estos parámetros:

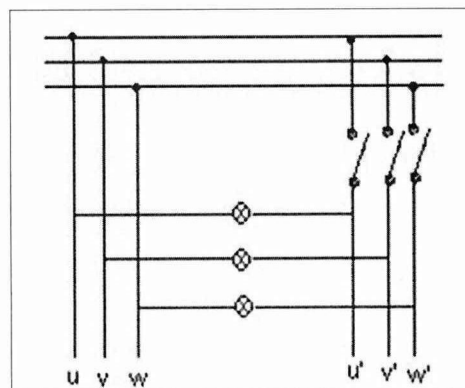
### ***1.7.1 Voltajes iguales***

El voltaje de la máquina entrante debe ser exactamente igual al voltaje de la línea. Si resulta que los voltajes son diferentes, se genera una onda instantánea de corriente en la nueva máquina, es decir, origina una corriente circulante por el arrollamiento de la armadura de la máquina, las barras colectoras, y los otros generadores que alimentan la línea.

### ***1.7.2 Voltajes en Fase***

Significa que los voltajes durante el periodo positivo y negativo son iguales. Si ambos voltajes no están en fase, la diferencia de voltaje resultante produce una onda de corriente instantánea la cual puede dañar los arrollamientos de la máquina. La condición en fase entre los voltajes de línea, máquina y las frecuencias iguales puede determinarse por el método de las lámparas (Figura 1.15).

**Figura 1.15** Método de las lámparas apagadas



Fuente: (SARANGO CHAMBA, 2011)

### ***1.7.3 Frecuencia***

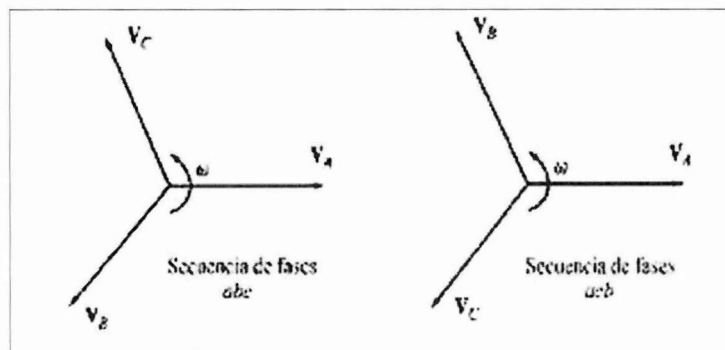
La frecuencia de ambos voltajes (barras y generador) deben ser los mismos, significa que en el momento de la conexión, la frecuencia del generador a acoplar

y las frecuencias en las barras deber ser iguales. En el caso de que las frecuencias no sean las mismas provocará corrientes circulantes entre los generadores e influencia en el reparto de carga, durante ese proceso cada generador toma potencia activa la cual es proporcional a la velocidad del motor.

#### 1.7.4 Igualdad de secuencia de fase.

Esta condición indica los diagramas vectoriales de los voltajes de fase deben girar en el mismo sentido, ya sea horario o anti-horario vistos en la Figura 1.16. En el caso de que la secuencia no sea la misma, basta con intercambiar dos de las fases del generador entrante para que la secuencia sea correcta. Para la comprobación de la secuencia de fase se utiliza equipos que ya midan la secuencia o con la ayuda de un secuenciómetro.

**Figura 1.16** Esquema de secuencia de fases



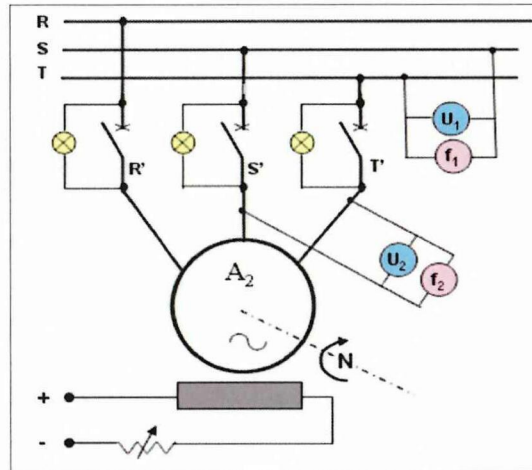
Fuente: (MESÍAS, 2013)

## 1.8 Métodos de Sincronización.

### 1.8.1 Primer Método.

(FLORES, 2009) Manifiesta que: En la Figura 1.17, se utiliza una lámpara por cada línea de la red eléctrica y se tiene lo siguiente:

**Figura 1.17** Diagrama unifilar



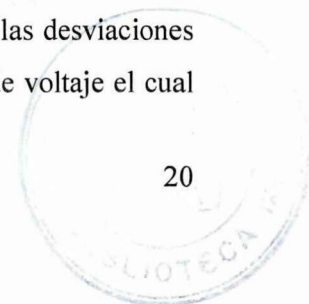
Fuente: (FLORES, 2009)

- Si existe variación de voltaje entre los puntos RR', SS' y TT' nos indica que los voltajes de línea no son iguales.
- Cuando la lámpara RR' está apagada y las otras dos lámparas están encendidas, se dice que está en sincronismo. Si no ocurre esto se enciende de forma alternada en cualquier sentido, indicando que la máquina va más lenta o rápida.

### **1.8.2 Segundo Método.**

Un generador tiene dos canales de control:

- El control de potencia activa – frecuencia (P – F) que sirve para corregir las desviaciones de balance de potencia activa producidas por las demandas en el sistema. Este tipo de control también se lo denomina como regulador de velocidad, que tiene como objeto aumentar o disminuir el torque mecánico de la turbina.
- El control de potencia reactiva – frecuencia (Q – F) corrige las desviaciones de voltaje de la barra. Este tipo de control es un regulador de voltaje el cual



mide esta desviación de voltaje por efecto del cambio reactivo en el sistema y se produce un control en la excitación del generador que produce un cambio en la corriente de campo.

Mediante la utilización de módulos especiales se logra medir todos los parámetros para la sincronización de generadores. Todo conlleva al uso de subsistemas para hacer el control, medición y monitoreo de la puesta de generadores en paralelo. Se tiene algunos módulos para la medida de las tres condiciones principales de sincronismo.

Los siguientes componentes a utilizar en el sincronismo de generadores se los describe en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Módulo de Sincronismo de Generadores

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	PLC S7 1200 24 VDC
2	Switich Scalance 5 puertos
3	Fuente Sitop 5 Amp 220 Voltios
4	Variador Micromaster 440 3hp
5	Motor 4 polos siemens 3460rpm,2237W,60hz
6	Bop (Panel de Operación Básica)
7	Generadores Asíncronos 4000 rpm,3728W,60hz
8	Motor de 1645rpm,1491W,60hz
9	Variador Sinamic G110 3 hp
10	Contactador 3 hp 220 voltios
11	Sentron Pac 3200
12	TC 60/5
13	Focos Led de 22 mm 220 voltios
14	Módulo de montaje
15	Pantalla TOUCH
16	Breaker trifásico
17	Breaker monofásico

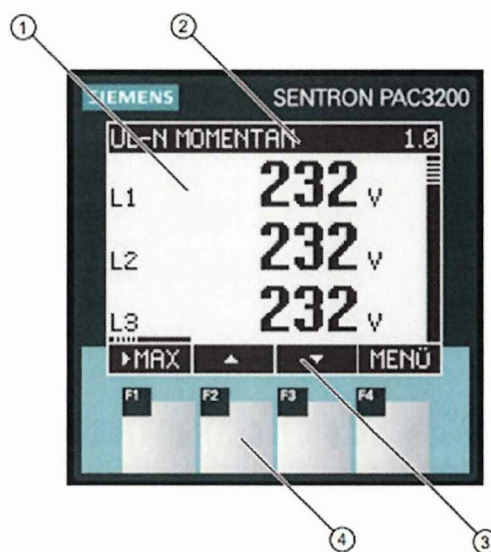
18	Relé de protección
19	Condensadores 20 uf 300V
20	Materiales menores (canaleta, riel din, pernos, amarras, cable)

Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

### 1.8.2.1 Sentron PAC 3200

(SIEMENS, 2008) Explica que: “El Sentron Pac es un módulo el cual muestra todos los parámetros de red en la distribución de energía eléctrica en baja tensión, en este caso, se realiza en mediciones trifásicas”. En la Figura 1.18, el módulo Sentron PAC 3200 se encuentra dividido en las siguientes partes:

Figura 1.18 SENTRON PAC 3200



Fuente: (SIEMENS, 2008)

Dónde:

- En el punto 1 se muestra la pantalla de visualización, donde indica los valores medidos.
- En el punto 2, se indica el título de la pantalla.

- En el punto 3, se indica las asignaciones de las teclas de función.
- En el punto 4, se indican las teclas de función: F1 a F4. Estas teclas indican lo siguiente:
  - Navegar a través de los menús.
  - Seleccionar los indicadores de medida.
  - Visualizar y editar los parámetros de ajuste del dispositivo.

Según (SIEMENS, 2008) Exterioriza que: el Sentron Pac posee las siguientes características:

- Puede conectarse hasta un voltaje de 690 V, en caso de medir voltajes superiores a este valor, se adapta transformadores de voltaje; lo mismo pasa con las medidas de corrientes.
- Garantiza una lectura óptima inclusive en condiciones desfavorables de iluminación.
- Este módulo tiene funciones como:
  - Monitoreo, diagnóstico y servicio técnico.
  - Posee un contador de energía activa, reactiva y aparente.
  - Tiene un contador universal para determinar las modificaciones de estado de la entrada o salida digital o visualizar la energía entregada vía generador de impulsos.
  - Y por último, tiene un contador de horas de funcionamiento para el monitoreo del tiempo de servicio de un consumidor conectado.
- Utiliza la interfaz Ethernet integrada o un módulo adicional de interfaz como el módulo de ampliación PAC Profibus DP o RS485.

- Tiene entradas/salidas digitales multifuncionales.

(SIEMENS, 2008) En la Tabla 1.2, se indican las siguientes características técnicas:

**Tabla 1.2** Especificaciones técnicas del SENTRON PAC 3200

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Fuente de alimentación Multi-rango AC/DC	95 – 240 Vac ó 110 – 340 Vdc
Fuente de alimentación DC de bajo voltaje	24, 48 y 60 V ó 22 a 65 Vdc
Medición de corriente alterna (solo para la conexión a sistemas de corriente alterna sobre convertidores de corriente externos)	1 o 5 A
Potencia absorbida (sin módulo de ampliación): <ul style="list-style-type: none"> <li>• En corriente directa.</li> <li>• En corriente alterna.</li> </ul>	5,5 W 11 VA
Entradas digitales	2
Salidas digitales	2
Comunicación Ethernet	10 /100 Mbit/s.
Tipo de protección	IP65
Clase de precisión para energía activa según la IEC62053-21	Clase 0.2S
Clase de precisión para energía reactiva según la IEC62053-23	Clase 2

Fuente: (SIEMENS, 2008)

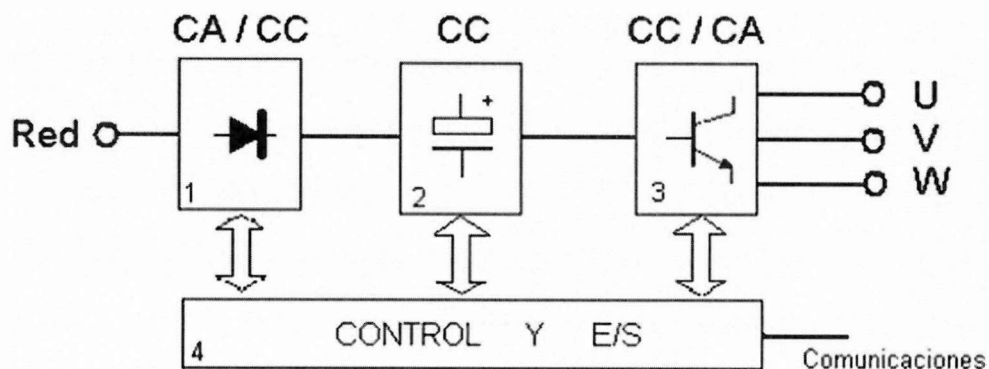
Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

### 1.8.2.2 Variadores de frecuencia

(SEVILLANO, 2010) Despliega que: **“Los variadores o inversores son dispositivos que se utilizan para tener el control completo de motores de inducción”**. Un variador visto en la Figura 1.19 consta de:

- Etapa de Rectificación de corriente alterna a continua: se obtiene la señal continua mediante diodos rectificadores.
- Bus de continua: mediante capacitores de gran capacidad, se filtra la señal continua rectificada, para la obtención de un voltaje continuo estable y reservar energía suficiente para que soporte la corriente requerida por el motor.

**Figura 1.19** Diagrama de Bloques de un Variador



Fuente: (SEVILLANO, 2010)

- Etapa de salida: el cual convierte la señal continua en alterna con salida trifásica, con valores de voltaje, corriente y frecuencia variables. Por lo general, este bloque está formado por transistores, IGBT, tiristores, etc.
- Control de entrada/salida: son los diferentes elementos que sirven como entradas y salidas, por ejemplo: contactos, pulsadores, contactos de relé que son entradas/salidas de tipo digital. En el caso de que la entrada/salida sea análoga, servirá para el uso de mediciones de voltaje y corriente.
- Comunicaciones: este tipo de dispositivo se le puede integrar un módulo para interfaces en redes industriales, por lo que poseen comunicaciones de tipo RS-232, RS-485, Profibus, etc.

El dispositivo Micromaster 440 (Figura 1.20) es un convertidor de frecuencia (variador) que sirve para modificar la velocidad de motores trifásicos. Están controlados por medio de microcontroladores y utilizan tecnología IGBT de última generación, a fin de dar mayor confiabilidad y versatilidad.

**Figura 1.20** Variador Micromaster 440



Fuente: (SIEMENS, 2008)

(SIEMENS, 2008) Expone que: En la Tabla 1.3, se visualizan las siguientes características:

**Tabla 1.3** Especificaciones del MICROMASTER 440

Descripción	Valor
Entradas digitales	6
Salidas digitales	3
Entradas análogas	2
Salidas análogas	2 (0 – 20 mA)
Voltaje de alimentación	200 a 240 Vac
Frecuencia de salida	0 a 650 Hz
Tipo de Protección	IP20
Temperatura de Operación Máxima	50 °C
Factor de sobrecarga	
• 150 %	Durante 60 seg
• 200 %	Durante 3 seg.

Fuente: (SIEMENS, 2008)

Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

(SIEMENS, 2008) Asegura que: Entre las características que posee el dispositivo son:

- Aplicaciones para los sectores: alimenticios, bebidas, máquinas empaquetadoras, grúas, equipos elevadores, etc.
- Permite controlar y poner en marcha el variador desde una computadora mediante un conector Sub-D y un cable RS-232 estándar.
- Permite copiar parámetros y descargarlos en otros variadores.
- Posee relés de salidas.
- Tecnología BiCo.
- Funcionamiento silencioso del motor debido a las altas frecuencias que puede operar.
- Tiene opciones externas de comunicación por medio de la computadora, panel básico/avanzado del operador y módulo de comunicación PROFIBUS.
- Control vectorial sin sensores.
- Control de flujo de corriente para mejorar la respuesta dinámica y control del motor.
- Freno por inyección de corriente continua integrada.
- Característica Voltaje/Frecuencia multipunto.
- Aislamiento de rampa con 4 puntos.

- Control de lazo cerrado PID (proporcional, integral y derivativo).
- Chopper de frenado incorporado.
- Rampas de subida y bajada seleccionables.
- Protecciones:
  - De sobretensión, sobre temperatura, defecto a tierra y cortocircuito.
  - Térmica del motor por  $i^2t$ .
  - Del motor mediante sondas PTC/KTY.

(SIEMENS, 2008) El variador Sinamic G110 posee las siguientes características:

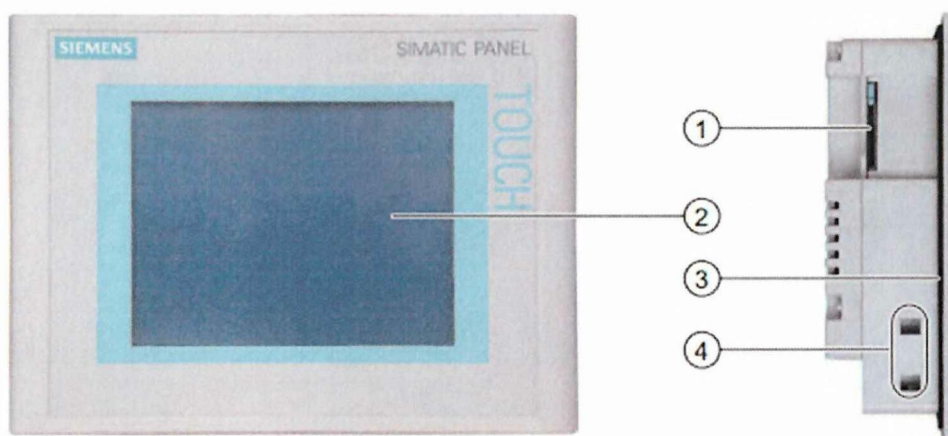
- Puesta en marcha sencilla.
- Puede funcionar en redes de alimentación IT (modelos sin filtro).
- Posee 1 entrada digital con separación galvánica y 3 entradas análogas sin separación galvánica.
- Para un funcionamiento silencioso del motor se controla a altas frecuencias de pulsación.
- Posee un panel de operación básica (BOP) opcional.
- Posee un kit convertidor RS-232 y una interfaz interna RS-485.
- Acepta un 150 % de sobrecarga en 1 minuto.
- Tiempos de aceleración y desaceleración ajustables.

- Protección contra sobretensión, sobre temperatura, defecto a tierra y cortocircuito.

### 1.8.2.3 Pantalla Touch

Es una pantalla (Figura 1.21) que permite dar un acceso directo entre el usuario y el elemento a controlar. Este dispositivo funciona también con un lápiz óptico u otras herramientas similares. Se pueden instalar en: displays LCD (display cristal líquido), monitores, plasmas, entre otros.

**Figura 1.21** Pantalla Simatic Touch



Fuente: (SIEMENS, 2008)

Dónde:

- El punto 1, responde a necesidades constructivas.
- El punto 2, es el display táctil.
- El punto 3, es la junta de montaje.
- El punto 4, es la escotadura para mordazas de fijación.

Existen dos tipos de pantallas táctiles:

- **Resistivas:** son precisas y puede maniobrarse con los dedos de la mano, no es afectado por el polvo ni agua salada.
- **Capacitivas:** están basados en sensores de tipo capacitivo y poseen una capa dieléctrica como el cristal recubierto con un conductor transparente. La calidad de imagen es mejor y tiene mejor tipo de respuesta.

(SIEMENS, 2008) Expresa que: La pantalla Touch Posee las siguientes características:

- Permite colocar proyectos basados en textos o gráficos.
- Almacena datos en tarjetas MMC, SD y Sticks de memoria USB.
- Tiene la opción de transformar: RS – 422 o 232 a la interfaz RS – 422 o 485, convierte las señales de entrada a señales RS – 232.
- Posee compatibilidad con los softwares:
  - WinCC flexible / Smart Service. Con la opción Smart Service tiene un acceso directo al panel de operador, computador a través de Ethernet.
  - WinCC flexible / Smart Access, con esta opción se puede comunicar entre diferentes sistemas HMI (interfaz hombre – máquina).

#### 1.8.2.4 Software TIA Portal V12

Según (SIEMENS, 2008) expresa que: **“El TIA PORTAL V12 Es un software Simatic Step 7 Basic (Figura 1.22) compatible con los elementos a utilizarse en el presente proyecto. Los requisitos para este software son”:**

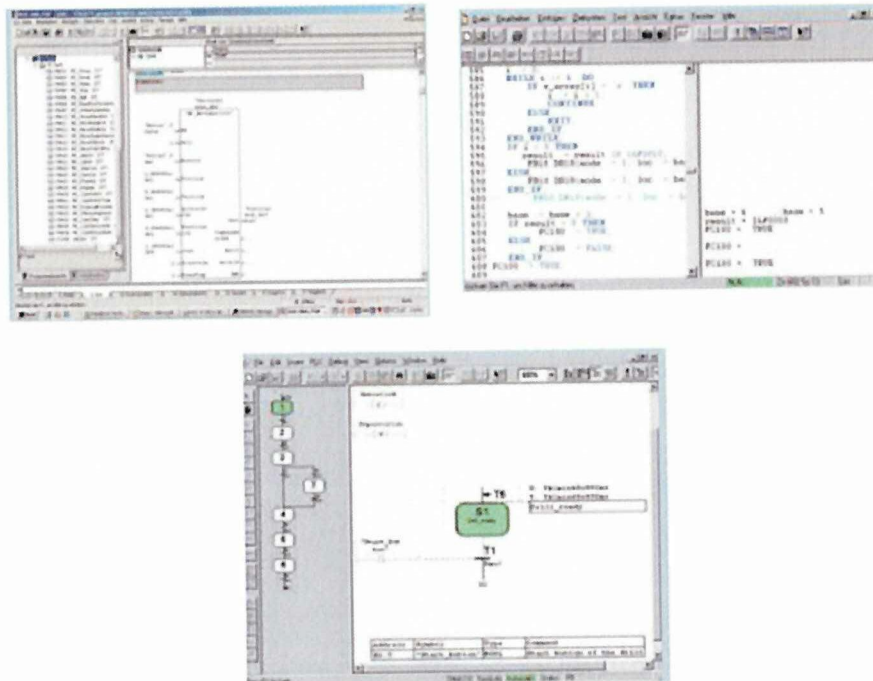
- Windows 7 de 32 y 64 bit.
- Windows 8.1.

(SIEMENS, 2008) Muestra que: Para el hardware son:

- Procesador Core i5.
- Una memoria RAM de 8 GB.
- Buena resolución de pantalla.

El software TIA PORTAL V12 posee las siguientes características:

**Figura 1.22** Software TIA Portal V12

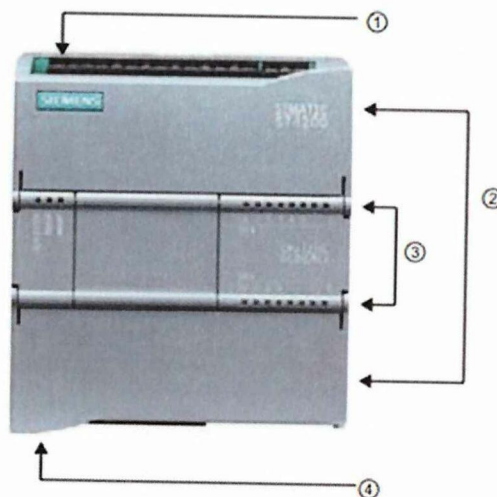


Fuente: (SIEMENS, 2008)

- Para la programación se dispone de los lenguajes:
  - KOP, esquemas de contactos.
  - FUP, diagramas de funciones.
  - AWL, lista de instrucciones.
- Funciona con programación de algoritmos complejos y para procesamiento de datos.
- Utiliza procesos con secuencias alternativas o paralelas bajo el estándar IEC 61131-3.
- La comunicación es a través vía MPI, PROFIBUS DP y TCP/IP.

#### 1.8.2.5 Control Lógico Programable de Siemens PLC S71200

**Figura 1.23 PLC S7 1200**



Fuente: (SIEMENS, 2008)

Es un módulo capaz de controlar dispositivos para diversas áreas de automatización. Se compone de un microcontrolador, fuente de alimentación entre otros.

Los circuitos de entrada, salida e incorpora un puerto PROFINET. De la Figura 1.23 se destaca los siguientes componentes:

- El punto 1, es el conector de corriente.
- El punto 2, son conectores extraíbles para el cableado de usuario y también posee una ranura para la memory card.
- En el punto 3 se tiene LEDs de estado para las entradas/salidas integradas.
- En el punto 4 se sitúa el conector PROFINET.

A continuación se describen las siguientes características: (SIEMENS, 2008)

- 6 entradas digitales y 4 salidas digitales.
- 2 entradas analógicas.
- 4096 bytes de áreas de marcas.
- 3 módulos de comunicación: RS485 y RS232.
- Posee contadores rápidos en el orden de 3 a 100 khz.
- 2 Salidas de impulsos.
- Tiene respaldo de reloj en tiempo real.
- Posee un puerto comunicación Ethernet.

### 1.8.2.6 *Motor y Generador*

(ENRÍQUEZ, 2014) Expone que: **“Por lo general, los motores son utilizados en una gran variedad de aplicaciones ya sea en el hogar, oficina y áreas relacionadas con la industria”.**

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en mecánica y un generador consiste en transformar la energía mecánica en eléctrica. Existen motores de corriente continua para mover pequeños esfuerzos, por ejemplo: juguetes, extractores, impresoras, aplicaciones robóticas, entre otras. En la industria se utiliza motores trifásicos desde fracciones de HP hasta miles de HP; operan a velocidad casi constante y se construyen en base a los requerimientos de torque necesarios. Una de las ventajas es el costo y requerimientos de mantenimiento.

(ENRÍQUEZ, 2014) Dice que: **“las características que se deben tomar en cuenta para la selección para el motor y generador son las siguientes”:**

- Potencia expresada en HP o en Kilowatts.
- Características de la carga a utilizar.
- Velocidad nominal en RPM.
- Clasificación por velocidad.
- Tamaño y tipo de la carcasa.
- Temperatura ambiente.
- Voltaje nominal.

- Requerimientos de mantenimiento y accesibilidad.
- Frecuencia del sistema en el que se va a alimentar.
- Número de fases.

#### 1.8.2.7 Fuente Sitop 220 V 5 A

(SIEMENS, 2008) Manifiesta que: “La fuente de alimentación (Figura 1.24) es utilizada para alimentar dispositivos siempre y cuando no superen la corriente deseada por la carga. Posee las siguientes características”:

**Figura 1.24** Fuente Sitop



Fuente: (SIEMENS, 2008)

- Aumento de potencia con triple intensidad nominal.
- Potencia alta para soportar sobrecargas operativas.
- Posee un rendimiento de hasta el 94 %.
- Temperatura de funcionamiento: - 25 a 70 °C.
- Distribución de carga simétrica para funcionamiento paralelo.

### 1.8.2.8 Transformador de Corriente 60/5

(FITZGERALD, 2004) Expresa que: “Un transformador sirve para reducir corriente de un valor normal a un valor bajo y que no sea peligroso. Los factores que determinan la selección de un transformador de corriente son”:

- El tipo de transformador, instalación y aislamiento que posee.
- Potencia nominal.
- La clase de precisión.
- La corriente nominal primaria y secundaria.

### 1.8.2.9 Protecciones del Sistema

Según (GALLEGO, 2011) argumenta que: “En todo sistema eléctrico y/o electrónico siempre es bueno contar con algún tipo de protección, en caso de que se produzca un corto circuito. Para ello se utiliza un breaker (interruptor automático, contactores y relés), (Figura 1.25) con el objetivo de evitar daños en los equipos eléctricos. Dependiendo de lo que se requiera, se utiliza breakers monofásicos y/o trifásicos”.

Figura 1.25 Breaker, Contactores, Relés



Fuente: (GALLEGO, 2011)

#### 1.8.2.10 *Luces Piloto*

Sirven para visualizar la operación del banco de prueba, Se colocaron 3 lámparas de 220V color rojo (Figura 1.26) con 6 terminales para las tres líneas de salida trifásicas de cada generador.

**Figura 1.26** Ventana de Trabajo WinCC



Fuente: (GALLEGO, 2011)

#### 1.8.3 *Sistemas de Protección al Generador.*

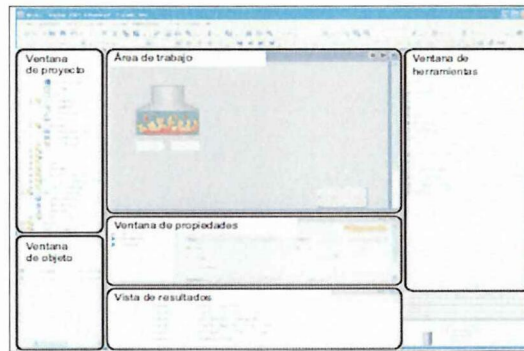
(FLORES, 2009) Expresa que: **“Para las protecciones se deben tomar en cuenta algunos parámetros que son: el nivel de excitación que debe tener el generador con la finalidad de salvaguardar su vida útil, corriente de campo, voltaje terminal, valores máximos para sobreexcitación o subexcitación con el fin de colocar protecciones de corriente y voltaje para la seguridad en caso de alguna falla eléctrica o propuesta por el operador”.**

#### 1.9 **Software WinCC Advanced.**

(ALARCÓN, y otros, 2007) Inducen que: **“El software WinnCC Advanced es una herramienta de programación HMI (interfaz hombre máquina) usado para visualización y control de procesos industriales. Con el uso de este software se puede obtener interconexión del sistema con otras aplicaciones, y posee módulos como: ventanas gráficas, archivos de procesos, ventanas de alarmas y generación de documentos a impresora”.**

Para iniciar un nuevo proyecto, en la Figura 1.27 aparece una ventana donde se visualiza el área de trabajo, herramientas, propiedades, objetos, área de proyecto y vista de resultados.

**Figura 1.27** Ventana de Trabajo WinCC

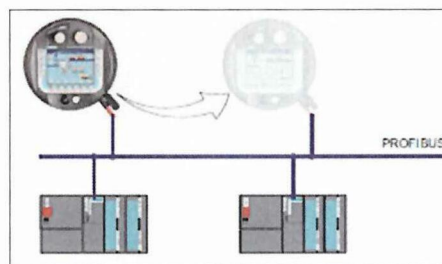


Fuente: (SIEMENS, 2008)

### 1.9.1 Automatización con WinCC.

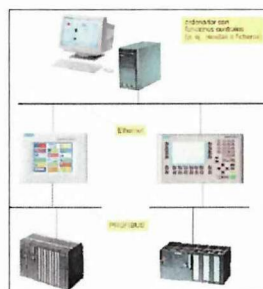
(SIEMENS, 2008) Expone que: El software WinCC puede tener varios modos de comunicación, entre los cuales tenemos:

**Figura 1.28** Control con varios paneles de operador



Fuente: (SIEMENS, 2008)

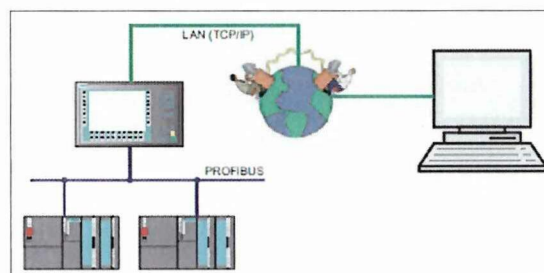
**Figura 1.29** Control con varios paneles de operador



Fuente: (SIEMENS, 2008)

- **Primer Caso:** se puede tener uno o varios paneles de operador que están conectados a varios autómatas mediante el modo de comunicación: Profibus o Ethernet, vista en la Figura 1.28. Este caso sirve para controlar una planta industrial desde diferentes puntos.
- **Segundo Caso:** Los sistemas HMI se conectan a computadoras a través del modo de comunicación Ethernet (Figura 1.29), donde el computador de rango superior administra las funciones centrales.
- **Tercer Caso:** Se tiene un acceso remoto a los paneles del operador con la ayuda de la opción SmartService a través de una red (Internet, LAN) visto en la Figura 1.30.

**Figura 1.30** Acceso remoto



Fuente: (SIEMENS, 2008)

Los elementos utilizados para el montaje del módulo de prácticas casi en su totalidad pertenecen a la marca Siemens, por confiabilidad y garantía, además de esto que su precisión es alta.

## 1.10 Descripción del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

### 1.10.1 Generalidades

En el Laboratorio de Máquinas Eléctricas se realizarán las prácticas correspondientes a la introducción de sistemas autónomos, teorías de circuitos y

algunas más opciones correspondientes a las medidas eléctricas. En cada mesa de trabajo constan de diversas aplicaciones utilizadas en la industria, visto en las siguientes figuras.

**Figura 1.31** Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 1



Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

En la Figura 1.31 se indica una tesis realizada sobre:

- La implementación de una Unidad Motor Generador AC-AC, para la realizar prácticas demostrativas de la puesta en paralelo entre dos unidades de Generación AC.

En la Figura 1.32 se indican dos tesis realizadas sobre:

- El diseño e implementación de un módulo didáctico para el monitoreo y control de temperatura y nivel de agua, utilizando un módulo PLC S7-1200 y una pantalla TOUCH.
- Un Banco de pruebas de control electrohidráulico.



En la Figura 1.33 se indica una tesis elaborada sobre:

- El montaje e implementación de un motor generador AC-AC trifásico de 5 KW; cada uno conlleva un manual de funcionamiento para el desarrollo demostrativo en el laboratorio.

**Figura 1.32** Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 2



Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 1.33** Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 3



Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 1.34** Implementos en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas parte 4



Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

Este tipo de proyectos (Figura 1.34), ayudan al alumno a poner la puesta en práctica de conceptos básicos y generales aprendidos en la teoría, a fin de relacionarse con la materia de máquinas eléctricas. Esta puesta en práctica se da gracias a la realización de ensayos, ya sean reales o mediante simulaciones. Básicamente el proceso de trabajo es el siguiente:

- Identificación del ensayo (análisis del problema planteado).
- Montaje de la actividad (armado del circuito a implementarse).
- Definición de los parámetros.
- Ensayo de las máquinas (pruebas del modelo a simular).
- Análisis de resultados (conclusiones de la práctica de laboratorio).
- Documentación o realización del informe de la práctica.

### 1.10.2 Lista de materiales

Se presenta un listado de todos los materiales existentes en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi.

**Tabla 1.4** Listado de Materiales para el banco N° 1 de trabajo

<b>Cantidad</b>	<b>Elementos</b>
1	Motor de Inducción
1	Generador Sincrónico
1	Sincronoscopio electrónico
1	Variador de Frecuencia
1	Sincronoscopio de focos
1	Voltímetro DC
1	Amperímetro DC
17	Bornes de Conexión
5	Pulsadores

Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Tabla 1.5** Listado de Materiales para el banco N° 2 de trabajo

<b>Cantidad</b>	<b>Elementos</b>
1	Motor de Inducción
1	Generador Sincrónico
1	Sincronoscopio electrónico
1	Sincronoscopio de focos
1	Variador de Frecuencia
1	Voltímetro DC
1	Amperímetro DC
20	Bornes de Conexión
5	Pulsadores

Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Tabla 1.6** Listado de Materiales para el banco N° 3 de trabajo (Banco de Pruebas de control electrohidráulico)

<b>Cantidad</b>	<b>Elementos</b>
1	PLC Logo
4	Manómetros
15	Mangueras
1	Pistón
24	Borneras de Conexión
-	Luces indicadoras, pulsadores, contactores

Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Tabla 1.7** Listado de Materiales para el banco N° 4 de trabajo (contactores)

<b>Cantidad</b>	<b>Elementos</b>
15	Contactores
20	Pulsadores de mando
8	Luces Piloto
1	PLC
-	Bornes de Conexión

Editado por: José Guishcaso, José Toapanta

## CAPÍTULO II

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo, en base a la hipótesis se realizan entrevistas y encuestas propuestas a los estudiantes de séptimo, octavo semestre y docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi para verificar si se necesita o no implementar en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas, el montaje de un módulo didáctico del control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante el software wincc advanced.

#### **2.1 Metodología Básica.**

##### ***2.1.1 Metodología de Campo***

La metodología de campo consiste en un proceso sistemático en la recolección, análisis y presentación de datos basado en un modelo estratégico de la realidad de las informaciones necesarias para cumplir un propósito en específico. De acuerdo con el tema de tesis, se busca diferentes maneras para la implementación del prototipo en base a tecnologías y costos.

### ***2.1.2 Metodología Bibliográfica***

Este método consiste en buscar información específica para resolver cualquier inquietud y consulta partiendo de fuentes de información como: páginas web, libros, revistas, tesis, etc. Se aplica el método de bibliográfico ya que ayuda a investigar los conocimientos necesarios para la implementación del control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante software wincc advanced.

### ***2.1.3 Metodología Experimental***

Este método es un modelo de investigación que se basa en la experimentación y la lógica empírica con el fin de llegar a demostraciones prácticas de algún prototipo físico. En este campo, se tendrá un banco de pruebas prácticas para ser instalada en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi y obtener la realización de prácticas de laboratorio. Este método es factible luego de realizar un cuestionario empleado en la Universidad Técnica de Cotopaxi, dirigido a los estudiantes de séptimo, octavo semestre y docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

## **2.2 Población y Muestra.**

En este caso el universo se refiere a los estudiantes de la Universidad Técnica Cotopaxi donde la población estaría dada por los estudiantes de séptimo y octavo semestre de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica. Debido a que se sabe el número total de estudiantes a ser encuestados, no se toma la fórmula de la población.

Como instrumento de investigación, se utiliza un cuestionario de 4 preguntas para la entrevista y 8 preguntas para la encuesta. El análisis de este cuestionario está orientado a los docentes en el caso de la entrevista y a estudiantes de la

Universidad Técnica Cotopaxi en el caso de la encuesta. Para determinar el grado de importancia y necesidad sobre la implementación del presente proyecto en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi se escoge a los 72 estudiantes mencionados anteriormente.

### **2.2.1 Análisis y Resultados de la Entrevista.**

El principal objetivo de la entrevista es comprobar la factibilidad del presente proyecto con el tema: “Módulo didáctico del control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante el software wincc advanced”. La entrevista va dirigida a los coordinadores y docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, entre las personas entrevistadas están:

**Tabla 2.1** Coordinadores

<b>CARRERAS</b>	<b>COORDINADORES/DOCENTES</b>
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Ing. Álvaro Mullo
INGENIERÍA ELÉCTRICA	Ing. Xavier Proaño
INGENIERÍA ELÉCTRICA	Ing. Vicente Quispe
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Ing. Cristian Gallardo

### **PREGUNTA 1**

¿Es necesario implementar este tipo de módulos en el laboratorio de máquinas eléctricas?

### **INTERPRETACIÓN**

En el Laboratorio de Máquinas Eléctricas se hace necesaria la implementación de este módulo por las siguientes razones:

- Mejora el proceso de enseñanza al docente y estudiante.

- Con la simulación del módulo se adquiere experiencia necesaria para aplicarlo en el ámbito profesional.
- Implementación tecnológica en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi.

## **PREGUNTA 2**

¿Servirá este módulo didáctico para incrementar el interés del estudiante y orientarlo hacia la Automatización Industrial?

## **INTERPRETACIÓN**

Incrementará el interés al estudiante sobre este módulo didáctico por la siguiente razón:

Con el software implementado, permitirá la manipulación de los elementos vistos teóricamente y podrá controlar y/o monitorear las variables que se tienen en la sincronización de generadores en paralelo de forma práctica; permitiendo así obtener un conocimiento orientado a la automatización industrial.

## **PREGUNTA 3**

¿Este módulo didáctico servirá como una herramienta principal para la realización de prácticas a futuro?

## **INTERPRETACIÓN**

En el Laboratorio de Máquinas Eléctricas servirá este proyecto como módulo didáctico para la realización de prácticas a futuro debido a las siguientes razones:

- Ayudará a entender de mejor forma el tema de sincronización de generadores en paralelo.

- Ayudará a determinar los parámetros del sistema mediante un software utilizado en automatizaciones industriales en el País. Con este módulo didáctico se ahorrará el tiempo de ejecución del sincronismo de generadores en paralelo.

#### **PREGUNTA 4**

¿Este tipo de módulos didáctico beneficiará en la formación académica Teórico-práctico de los estudiantes de las carreras Eléctrica y Electromecánica?

#### **INTERPRETACION**

Beneficiará en la formación académica de los estudiantes de la Universidad Técnica Cotopaxi por las siguientes razones:

- Desde la perspectiva del profesor facilitará de manera eficiente la explicación del tema al estudiante; y desde la perspectiva del estudiante se beneficiará potencialmente con la práctica demostrativa de este módulo.
- El control y monitoreo de este módulo es vital para conseguir la correcta sincronización de generadores en paralelo de manera rápida y eficiente.

#### **2.2.2 Análisis y Resultados de la Encuesta.**

**Tabla 2.2** Encuesta aplicada a los estudiantes de las carreras de Ingeniería y Eléctrica y Electromecánica.

<b>CARRERAS</b>	<b>NÚMERO DE ESTUDIANTES</b>
Ingeniería Electromecánica	37
Ingeniería Eléctrica	35

**Pregunta N°1.** ¿Considera que es importante la automatización industrial en procesos eléctricos?

**Tabla 2.3** Resultado de la Pregunta N°1.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	71	99
2	NO	0	0
3	QUIZÁS	1	1
<b>TOTAL</b>		72	100

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.1** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°1.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La encuesta de la Tabla 2.3, indica que tan importante es el uso de sistemas computarizados para controlar procesos eléctricos industriales. En la Figura 2.1, se observa que el 99% de los encuestados indican que si es importante la automatización industrial de procesos eléctricos ya que ayuda a optimizar los procesos eléctricos con alto rendimiento y eficiencia.



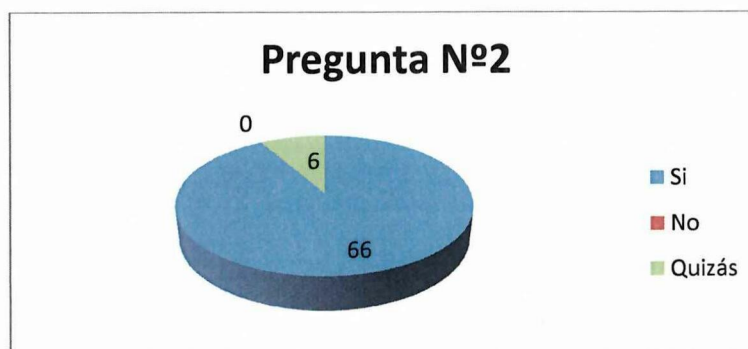
**Pregunta N°2.** ¿Cree que es necesario realizar prácticas demostrativas en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas sobre la operación de sincronismo de Generadores en Paralelo?

**Tabla 2.4** Resultado de la Pregunta N°2.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	66	92
2	NO	0	0
3	QUIZÁS	6	8
<b>TOTAL</b>		72	100

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.2** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°2.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La encuesta de la Tabla 2.4, indica la realización de prácticas demostrativas en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi, sobre la operación de sincronismo de generadores en paralelo. En la Figura 2.2, se observa que el 92% de los encuestados indican que es necesario hacer este tipo de prácticas en el Laboratorio, ya que así uno podrá profundizar los conocimientos teóricos como prácticos y destacar habilidades en un futuro.

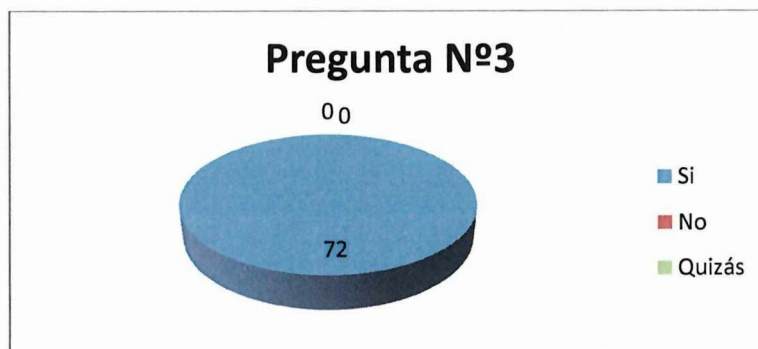
**Pregunta N°3.** ¿Está de acuerdo que se implemente este módulo en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas?

**Tabla 2.5** Resultado de la Pregunta N°3.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	72	100
2	NO	0	0
3	QUIZÁS	0	0
<b>TOTAL</b>		72	100

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.3** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°3.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La encuesta de la Tabla 2.5, indica si se debería o no implementar el módulo didáctico del control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante el software wincc advanced. En la Figura 2.3, se observa que el 100% de los encuestados apoyan que debería implementarse este módulo didáctico, con el objetivo de ayudar a los estudiantes con la realización de prácticas demostrativas ya que va orientado hacia la automatización industrial.

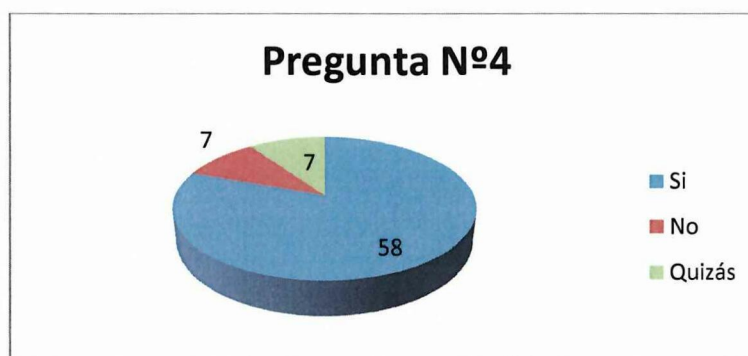
**Pregunta N°4.** ¿Cree que con el uso de equipos de medición de alta tecnología se obtendrán datos precisos y exactos en las prácticas de Laboratorio?

**Tabla 2.6** Resultado de la Pregunta N°4.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	58	80
2	NO	7	10
3	QUIZÁS	7	10
<b>TOTAL</b>		72	100

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.4** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°4.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La Tabla 2.6, indica sobre la medición de datos precisos con el uso de equipos de alta tecnología para la realización de prácticas en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi. En la Figura 2.4, se observa que el 80% de los encuestados afirma que si se utilizan equipos de alta tecnología se podrá obtener datos con mayor precisión en la realización de las prácticas. Cada instrumento posee cierta exactitud y precisión en las tomas de datos, un buen instrumento posee mejores características que otros de baja calidad; pero no hay que olvidar que una mejora de instrumentos, implica costos elevados.

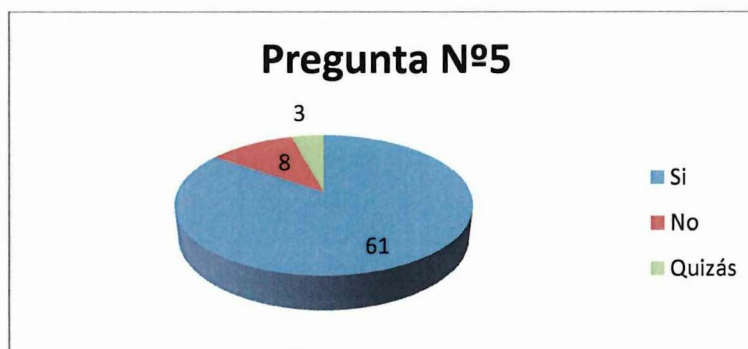
**Pregunta N°5.** ¿Cree que con el uso de una guía o manual del módulo permitirá un desarrollo óptimo en las prácticas de Laboratorio?

**Tabla 2.7** Resultado de la Pregunta N°5.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	61	85
2	NO	8	11
3	QUIZÁS	3	4
<b>TOTAL</b>		72	100

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.5** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°5.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La encuesta de la Tabla 2.7, indica sobre el uso de una guía o manual para el módulo didáctico a implementarse. En la Figura 2.5, se observa que el 85% de los encuestados apoyan a que exista un manual de usuario que servirá para el desarrollo de las prácticas a futuro sobre el módulo didáctico. Este manual es necesario ya que con él, se podrá realizar buenas prácticas y obtener buenos resultados a fin de evitar algún daño permanente del módulo didáctico.

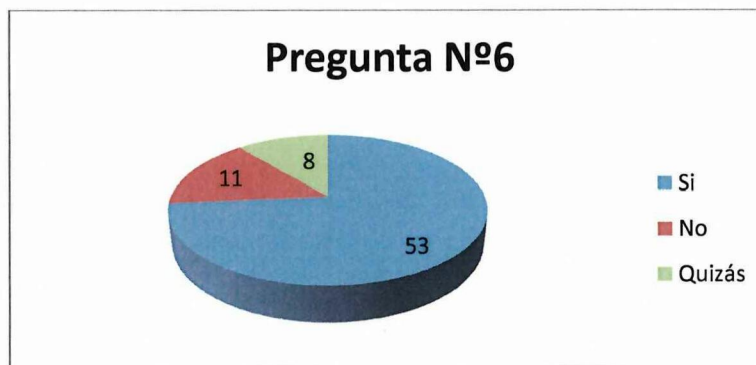
**Pregunta N°6.** ¿Con la implementación del módulo didáctico, cree usted que en la materia de Máquinas Eléctricas sea visto de manera simple, al momento de relacionar los aspectos teórico – práctico y sea comprensible para el estudiante?

**Tabla 2.8** Resultado de la Pregunta N°6.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	53	74
2	NO	11	15
3	QUIZÁS	8	11
<b>TOTAL</b>		<b>72</b>	<b>100</b>

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.6** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°6.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La Tabla 2.8 indica sobre la relación del aspecto teórico – práctico que recibiría el estudiante con la implementación del módulo didáctico en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas en la Universidad Técnica Cotopaxi. En la Figura 2.6, se observa que el 74% de los encuestados afirman que es importante tener un módulo didáctico para complementar los conocimientos adquiridos. La materia impartida teóricamente puede que no sea de relevancia para el estudiante, pero con la ayuda del módulo didáctico incrementaría el interés del estudiante.

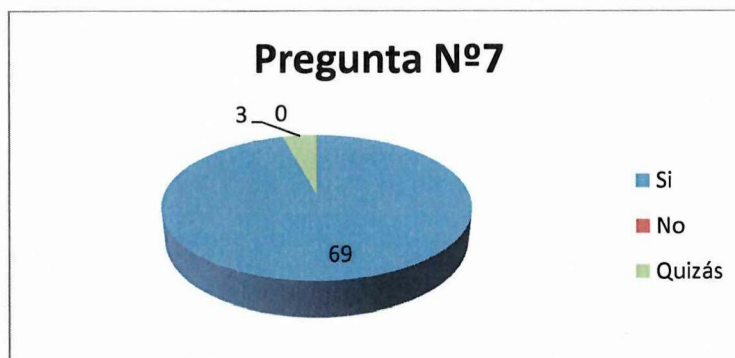
**Pregunta N°7.** ¿Considera que es importante aprender software de comunicación para implementaciones de los procesos eléctricos?

**Tabla 2.9** Resultado de la Pregunta N°7.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	69	96
2	NO	0	0
3	QUIZÁS	3	4
<b>TOTAL</b>		<b>72</b>	<b>100</b>

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.7** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°7.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La encuesta de la Tabla 2.9, indican sobre el conocimiento de software para implementaciones en los procesos eléctricos industriales. En la Figura 2.7, se observa que el 96% de los encuestados afirman que se debería dar software de comunicación los cuales ayudarán al estudiante con la automatización industrial de procesos eléctricos. Los lenguajes de comunicación mediante algún software ayudan a realizar procesos automáticos a fin de mejorarlos. Es vital aprender a manejar este tipo de software para no tener problemas al rato de familiarizarse con los procesos de producción.

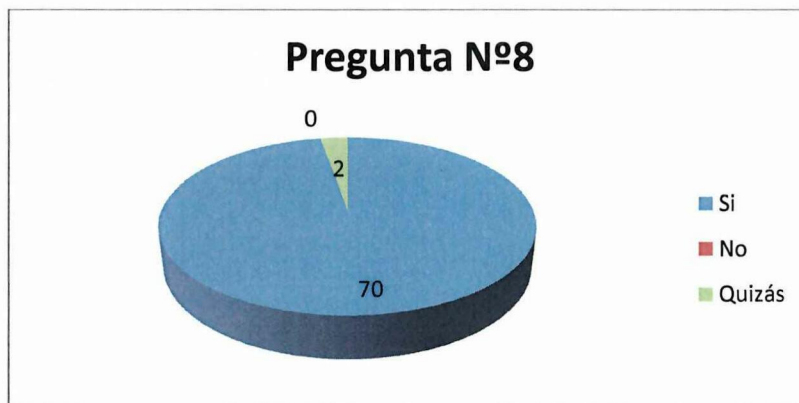
**Pregunta N°8.** ¿Piensa que es importante para el ámbito profesional, el desarrollo de las prácticas de laboratorio con el uso de equipos que posean características similares a las que se encuentran en el área industrial?

**Tabla 2.10** Resultado de la Pregunta N°8.

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	70	97
2	NO	0	0
3	QUIZÁS	2	3
<b>TOTAL</b>		72	100

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

**Figura 2.8** Representación Gráfica del Resultado de la Pregunta N°8.



Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

### **Análisis e Interpretación.**

La encuesta de la Tabla 2.10, indica la importancia en el desarrollo de prácticas en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas con temas los cuales proporcionen una relación común hacia el ámbito profesional. En la Figura 2.8, se observa que el 97% de los encuestados afirma que deberían recibir prácticas de laboratorio dirigido hacia el ámbito profesional. Sería de gran agrado encontrar módulos vistos en el Laboratorio y en la zona industrial.

## 2.3 Hipótesis

¿El sistema de control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante software WINCC ADVANCED, contribuirá en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el módulo didáctico implementado en el laboratorio de máquinas eléctricas en la Universidad Técnica de Cotopaxi del Ecuador?

### 2.3.1 Modelo Lógico

El control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante software wincc advanced como módulo didáctico para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, fortalecerá a los docentes de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica a complementar los conocimientos teórico-prácticos de los estudiantes en el área de la carrera.

Hipótesis nula ( $h_0$ ) = “El control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante software wincc advanced como módulo didáctico para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, **NO** ayudará a los docentes de Ingeniería en Electromecánica a complementar los conocimientos teóricos de los estudiantes en el área de la carrera”.

Hipótesis alternativa ( $h_a$ ) = “El control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante software wincc advanced como módulo didáctico para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, **SI** ayudará a los docentes de Ingeniería en Electromecánica a complementar los conocimientos teóricos de los estudiantes en el área de la carrera”.

### 2.3.2 Modelo Matemático.

- $h_0$  = Respuestas Observadas = Respuestas Esperadas.
- $h_a$  = Respuestas Observadas  $\neq$  Respuestas Esperadas.

Dónde:

- $h_0$ : Hipótesis nula.
- $h_a$ : Hipótesis alternativa.

La probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falso es del 5 %, eso quiere decir que se tiene un nivel de confianza del 95 %.

## 2.4 Argumentación.

### 2.4.1 Estadístico de prueba.

Para la verificación de la hipótesis se recurre a la utilización de la fórmula del Chi-cuadrado para identificación de resultados provenientes de la encuesta realizada anteriormente. Se escogen 4 preguntas y es mostrada en la Tabla 2.11, los datos de la encuesta observada.

**Tabla 2.11** Encuesta observada.

Items	Nº Pregunta	Sí (fo)	No (fo)	Quizás (fo)	Total
1	2	66	0	6	72
2	3	72	0	0	72
3	5	61	8	3	72
4	6	53	11	8	72
<b>TOTAL</b>		<b>252</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>288</b>

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

Se aplica la Fórmula de la frecuencia esperada utilizando la Ecuación 2.1.

$$f_e = \frac{t_f * t_c}{t_g}$$

Ec. (2.1)

Dónde:

- $f_e$ : frecuencia esperada.
- $t_f$ : total de filas.
- $t_c$ : total de columnas.
- $t_g$ : total general.

De las cuatro preguntas vistas en la Tabla 2.11 y la Ecuación 2.1 se calcula la frecuencia esperada y se detalla en la Tabla 2.12.

**Tabla 2.12** Frecuencia esperada.

Items	Nº Pregunta	Sí (fe)	No (fe)	Quizás (fe)	Total
1	2	63	5	4	72
2	3	63	5	4	72
3	5	63	5	4	72
4	6	63	5	4	72

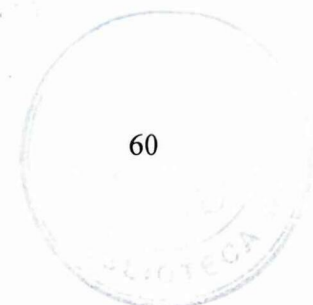
Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

#### **2.4.2 Resolución de la Fórmula Chi - cuadrado.**

Según (SPIEGEL, y otros, 2009) Expresan que: En la Ecuación 2.2, se indica la Fórmula de Chi – cuadrado y se muestran en la Tabla 2.13 la resolución de la Fórmula.

$$X^2 = \frac{\sum(f_e - f_o)^2}{f_e}$$

Ec. (2.2)



**Tabla 2.13** Cálculo del Chi - cuadrado.

Nº Pregunta	Alternativa	$f_e$	$f_o$	$(f_e - f_o)^2$	$X^2$
2	SI	63	66	9	0,142
	NO	5	0	25	5,000
	QUIZÁS	4	6	4	1,000
3	SI	63	72	81	1,285
	NO	5	0	25	5,000
	QUIZÁS	4	0	16	4,000
5	SI	63	61	4	0,063
	NO	5	8	9	1,800
	QUIZÁS	4	3	1	0,250
6	SI	63	53	100	1,886
	NO	5	11	36	7,200
	QUIZÁS	4	8	16	4,000
<b>Total</b>					<b>31,626</b>

Elaborado por: José Guishcaso, José Toapanta

## 2.5 Decisión.

Se calcula los grados de libertad mediante la Ecuación 2.3. (SPIEGEL, y otros, 2009)

$$gl = (nr - 1)(nc - 1) \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Dónde:

- $gl$ : grados de libertad.
- $nr = 4$ : número de filas.
- $nc = 3$ : número de columnas.

$$gl = (4 - 1)(3 - 1) = 6$$

Según (SPIEGEL, y otros, 2009) Manifiestan que: con un nivel de significación de 5 % y un grado de libertad de 6, se calcula  $X^2_p$  (*chi – cuadrado mediante tabla*), mediante el Anexo 3.

Donde:

$$X^2_p = 12.591$$

Como :  $X^2 > X^2_p$ , entonces  $31.626 > 12.591$

Se establece la regla de decisión, si  $X^2 > X^2_p$ , entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

En otras palabras, con esta información se asegura la implementación del control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante software wincc advanced como módulo didáctico para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el fin de ayudar a los docentes de Ingeniería en Electromecánica a complementar los conocimientos teóricos de los estudiantes en el área de la carrera. De manera que la hipótesis planteada es viable con la utilización de la Fórmula de Chi – Cuadrado.

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 PROPUESTA**

#### **3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

##### ***3.2.1 Tema:***

Control y Monitoreo de la Operación de Sincronismo de Generadores de Baja Potencia Mediante Software Wincc Advanced Como Módulo Didáctico para el laboratorio de Máquinas Eléctricas, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, periodo 2013-2014.

##### ***3.2.2 Presentación***

En el presente capítulo se plantea los objetivos, alcances e implementación técnica de la propuesta a fin de que cumplan con las necesidades requeridas para la elaboración de prácticas en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica Cotopaxi. Debido a esto, los estudiantes adquirirán conocimientos prácticos y podrán asociar conjuntamente con la teoría impartida en la Universidad, a fin de fortalecer el aprendizaje y poder desenvolverse en el sector industrial sin problema alguno.

Se realizará la descripción del módulo de pruebas de Sincronismo de Generadores de baja potencia accionados por motores trifásicos asíncronos los cuales junto a diferentes tipos de elementos eléctricos y electrónicos se logra captar diferentes

variables mediante la programación con los software TIA PORTAL V12 y WinCC Advanced a pequeña escala.

Al realizar prácticas demostrativas en módulos didácticos a escala de las aplicaciones que tiene la corriente eléctrica, forman experiencias fundamentales en el desarrollo pre-profesional de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### ***3.2.3 Justificación de la propuesta***

Hoy en día, la aplicación de sistemas eléctricos en el sector industrial se basa en una serie de automatismos de los diferentes procesos existentes. Cada día se procura optimizar los procesos de manera simple y efectiva, ya que mediante la comunicación HMI (interfaz hombre – máquina) se lleva a cabo funciones como control, monitoreo, supervisión, y adquisición de datos, lo que facilita la visualización del proceso productivo que ejercen diferentes máquinas y equipos.

La implementación del presente módulo didáctico en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica Cotopaxi, para realizar prácticas demostrativas, ayudará a la capacitación de los docentes y beneficiará en la formación de un Ingeniero Electromecánico, Eléctrico o Industrial hacia el ámbito profesional. Esto se debe a la utilización de herramientas basadas en software y permitirá un mejor desempeño en el área laboral, basándose en los módulos existentes en el laboratorio.

Es de vital importancia tener este módulo didáctico en el laboratorio de máquinas eléctricas, para lograr el funcionamiento y comportamiento de la sincronización de generadores. Dicho instrumento virtual, desarrollado en el entorno de programación TIA PORTAL V12, será capaz de controlar parámetros de ensayos como voltaje, frecuencia y secuencia, almacenar datos provenientes de una etapa de sincronismo, procesarlos y finalmente mostrar los resultados de los análisis en

la pantalla TOUCH para la mejor y más rápida comprensión de sus características el mismo que otorgará una guía técnica para la complementación de los conocimientos en la asignatura de Máquinas Eléctricas.

### **3.2.4 Objetivos**

#### **3.2.4.1 Objetivo General**

- Poner en marcha el módulo didáctico de control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia mediante software WinCC Advanced para desarrollar prácticas demostrativas en el Laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### **3.2.4.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar un manual de uso y mantenimiento del módulo de prácticas que permita su correcta y segura utilización.
- Desarrollar guías prácticas de laboratorio para el manejo y programación del tablero de automatización.
- Diseñar los circuitos de potencia y control que intervienen en la transferencia automática del sistema de sincronismo de generadores de baja potencia.
- Monitorear con el software WINCC Advanced la transferencia automática de los generadores.

### ***3.2.5 Alcance***

Con la implementación del módulo, cada estudiante deberá ejecutar de manera adecuada y segura la realización del sincronismo de generadores mediante los equipos utilizados; bajo estas condiciones será capaz de:

- Entender cada elemento que conforma el módulo implementado.
- Identificar y manipular los instrumentos de medición, elementos de fuerza y control utilizados en el módulo.
- Conocer los diferentes modos para llevar a cabo la sincronización de generadores.
- Conocer y llevar a cabo la sincronización de generadores en paralelo con tecnología de punta.
- Manipular la potencia activa y reactiva entregada o recibida por la red eléctrica.

### ***3.2.6 Desarrollo técnico de la propuesta***

Para producir el accionamiento del sincronismo de generadores de baja potencia se utilizó dos grupos motor-generator cuya potencia obtenida es 2400 (W) logrando obtener voltajes alternos trifásicos de 220 (V) usando dos generadores de dos polos y 3600 rpm.

Para inducir movimiento a los generadores utilizamos dos motores asíncronos tipo jaula de ardilla acoplados directamente al eje de los generadores mediante matrimonios diseñados específica y técnicamente para un enganche seguro

correctamente montados sobre una base metálica y empotrada a la plataforma metálica del módulo didáctico.

En esta plataforma metálica además se encuentra un panel posterior en el cual se encuentran ubicados los equipos de fuerza, control y medición digitales; PLC S7 1200 Medidor de energía SENTRON PAC 3200, Variadores de frecuencia MICROMASTER 440 3hp, Convertidor de voltaje SINAMIG G110 3hp, fuente SITOP 5A 220V, pantalla TOUCH para comandar y visualizar parámetros obtenidos de la operación de sincronismo entre otros elementos utilizados para dicha función.

La programación y comunicación HMI se la realizo mediante el software TIA PORTAL V12 el cual integra diferentes productos SIMATIC y permite aumentar la productividad y la eficiencia del proceso a través del que se elaboró la interfaz entre el PLC, los SENTRON PAC, la pantalla TOUCH y los variadores, la visualización del proceso demostrativo se la trabajó mediante WinCC Advanced el cual no es un programa independiente puesto que elabora su sistematización conjunto al TIA PORTAL V12.

### ***3.2.7 Selección de los elementos para el montaje del módulo de sincronismo***

**Tabla 3.1** Elementos utilizados para el montaje del módulo de pruebas

<b>MÓDULO DE SINCRONISMO DE GENERADORES</b>			
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNID</b>	<b>CANT</b>
<b>1</b>	PLC S7 1200-24 VDC	u	1
<b>2</b>	Switich Scalance 5 puertos	u	1
<b>3</b>	Fuente Sitop 5 Amp 220 Voltios	u	1
<b>4</b>	Variador Micromaster 440 3hp	u	2
<b>5</b>	Motor 4 polos siemens 3460rpm,2237W,60hz	u	2
<b>6</b>	Bop (Panel de Operación Básica)	u	4
<b>7</b>	Generadores Asíncronos 3600rpm,2400W,60hz	u	2

8	Motor de 1645rpm,1491W,60hz	u	1
9	Variador Sinamic G110 3 hp	u	1
10	Contactador 3 hp 220 voltios	u	2
11	Sentron Pac 3200	u	2
12	TC 60/5	u	4
13	Focos Led de 22 mm 220 voltios	u	2
14	Módulo de montaje	u	1
15	Pantalla TOUCH	u	1
16	Breakers	u	3
17	Relé de protección	u	2
18	Selector de posición	u	1
19	Condensadores 20 uf 300V	u	2
20	Materiales menores (canaleta, riel din, pernos, amarras, cable)	u	-

Fuente: Grupo de Investigación

### ***3.2.8 Descripción de los elementos y accesorios del módulo de pruebas.***

El banco de pruebas de Sincronismo de Generadores, está constituido por las siguientes partes, las imágenes se ven a continuación:

1. **Estructura** en acero, pintura electrostática con barredera para paso de cables (energía, voz, datos, etc), plafones en duraplac recubierto, extraíbles posteriormente para manipulación interna medidas (1.65m de altura y 1.06m de ancho), como se aprecia en la figura 3.1.

**Figura 3.1** Estructura del módulo de pruebas



Fuente: Grupo de Investigación

**2. Generadores síncronos** de 3600rpm, 2400W, 60Hz, 220V, resistencia de la bobina de campo del rotor  $2.7 \Omega$ , par de apriete del rotor de 115 a 135 kg-cm, capacidad normal del condensador del generador  $20\mu\text{F}$ , como se muestra en la figura 3.2.

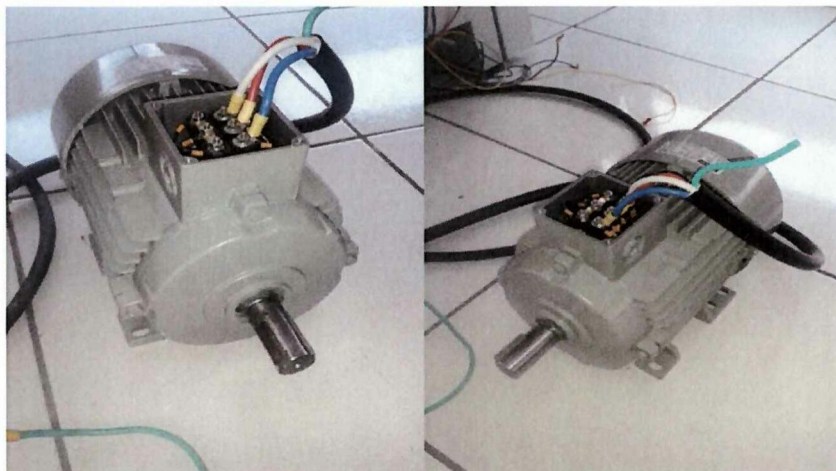
**Figura 3.2** Generadores Asíncronos



Fuente: Grupo de Investigación

**3. Motores asincrónicos trifásicos**, tipo jaula de ardilla de 2237 W, 3460 rpm, 60Hz, 220V, como se observa en la figura 3.3.

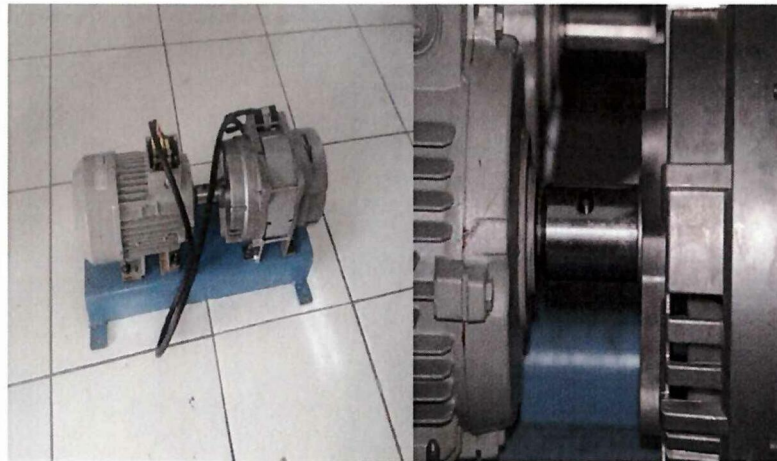
**Figura 3.3** Motores asincrónicos



Fuente: Grupo de Investigación

**4. Acoples Motores-Generadores** montados sobre un Skid metálico asegurados mediante un tornillo sin cabeza, como se indica en la figura 3.4.

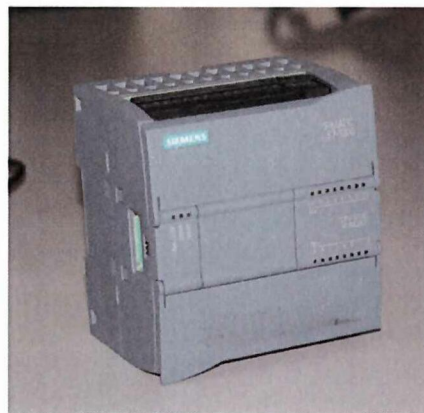
**Figura 3.4** Grupo Motor – Generador



Fuente: Grupo de Investigación

**5. PLC S7 1200**, 24 VDC, CPU 1212C, mostrado en la figura 3.5. Interfaz Profinet Integrada, está formada por una conexión RJ45 inmune a perturbaciones admite hasta 16 conexiones ETHERNET, dimensiones físicas (mm) 90\*100\*75, memoria de trabajo (25KB), memoria de carga (1MB), E/S digitales: 8 entradas, 6 salidas; Analógicas: 2 entradas, tamaño de la imagen de proceso 1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q). PROFINET 1 puerto de comunicación Ethernet.

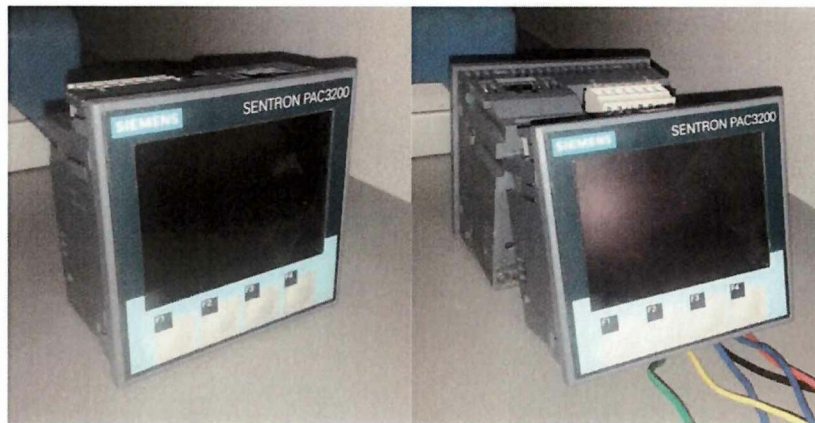
**Figura 3.5** PLC S7 1200



Fuente: Grupo de investigación

**6. Módulo de Medición de Energía Tcp/Ip.** Visto en la figura 3.6. El Sentron Pac 3200 es un multímetro tipo central de medida, puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, Su diseño de 96\*96 (mm) lo hace compacto, puede conectarse en baja tensión con una tensión nominal de hasta 690V (Max. 600V para UL), pueden medirse corrientes utilizando TC, Puede medir hasta 50 diferentes variables.

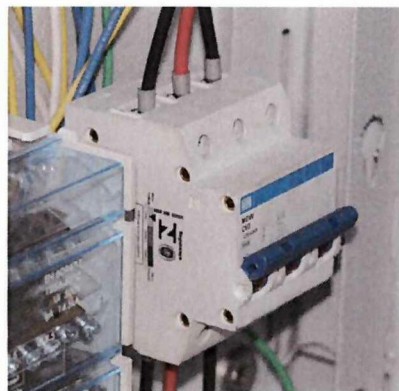
**Figura 3.6** Sentron Pac 3200



Fuente: Grupo de Investigación

**7. Breaker principal.** Percibido en la figura 3.7. Tensión máxima de operación  $U_e$  440Vca/250Vcc, tensión nominal de aislamiento  $U_i$  500Vca, frecuencia 50/60 Hz, Corrientes nominales  $I_n$  2 a 125<sup>a</sup>, temperaturas ambiente entre -25 a 45 °C, grado de protección IP 20.

**Figura 3.7** Breaker Principal



Fuente: Grupo de Investigación

**8. Fuente de poder Sitop 5 A, 220 Voltios, 24 VDC,** como se muestra en la figura 3.8. Entrada AC – DC monofásica y bifásica, tensión de alimentación 120 – 230 V, frecuencia 50/60 Hz, I entrada con la tensión de entrada 120 V/230V/500V – 2.2A/1.2A/0.6A/, salida 24 VDC, rango de Intensidad 0 – 5 A.

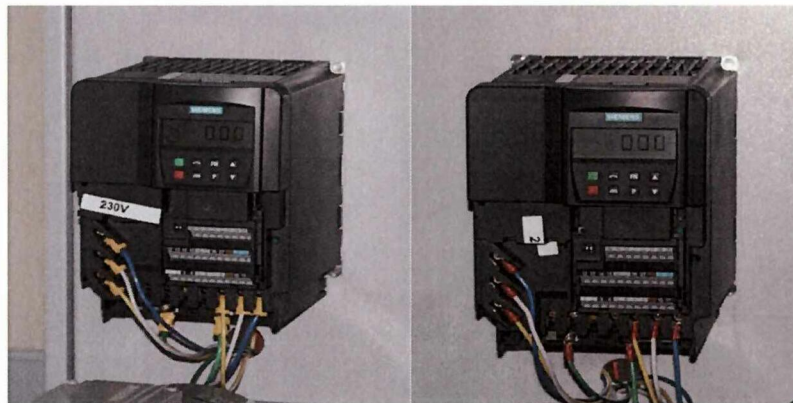
**Figura 3.8** Fuente de Alimentación SITOP



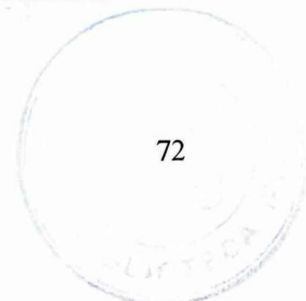
Fuente: Grupo de Investigación

**9. Variador Micromaster 440 3HP,** observado en la figura 3.9. Gracias a un chopper de frenado se tiene una gran precisión cubriendo un rango de entre 0.12 kW y 250kW, temperatura de empleo de 0.12 kW a 75 kW (CT): -10°C a +50 °C. Entradas: 6 entradas digitales, 2 entradas analógicas, 1 entrada PTC/KTY. Salidas: 2 salidas analógicas, 3 salidas por relé.

**Figura 3.9** Variador de Frecuencia



Fuente: Grupo de Investigación



**10. Variador Sinamic G110 3 hp**, presentado en la figura 3.10. Rango de tensión y potencia 1AC 200- 240 V,  $\pm 10\%$ , 0.12kW -3kW, condiciones de temperatura  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ , 3 entradas digitales; variante con entrada analógica; variante interfaz RS 485 (protocolo USS)/1 salida optoacoplada.

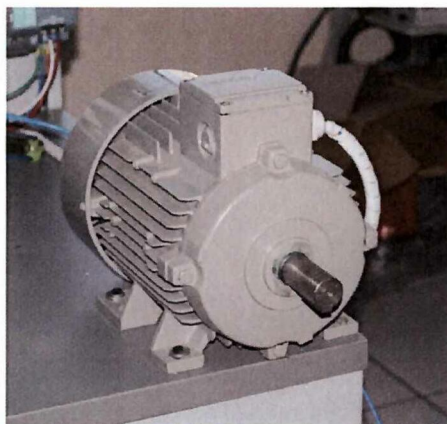
**Figura 3.10** Convertidores de Voltaje



Fuente: Grupo de Investigación

**11. Carga: Motor trifásico**, indicado en la figura 3.11. Tipo jaula de ardilla 4 Polos Siemens 1645 rpm 1491W 220 Voltios.

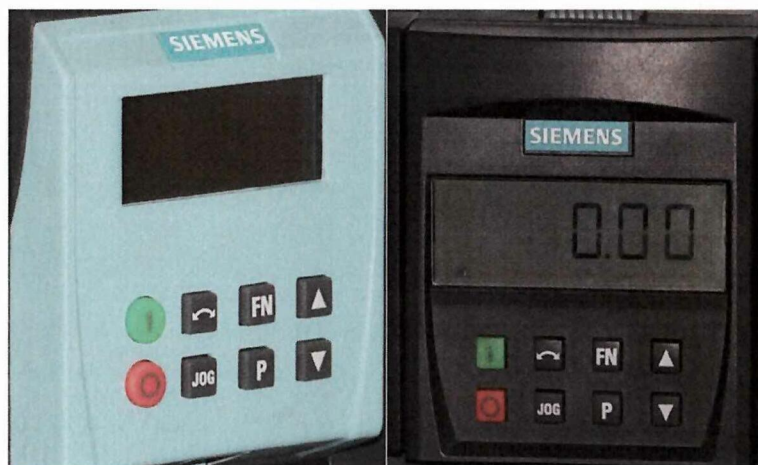
**Figura 3.11** Motor 220 V (Carga)



Fuente: Grupo de Investigación

**12. Panel de Operación Básica (BOP)**, apreciado en la figura 3.12. Pantallas de 4\*24 caracteres, multilenguaje, este panel podrá mostrar las siguientes mediciones principales: DC link volts, corriente del motor y generador, frecuencia de salida, tensión del motor y generador respectivamente entre otras variables medidas tanto en los BOP de los motores como en los BOP de los generadores.

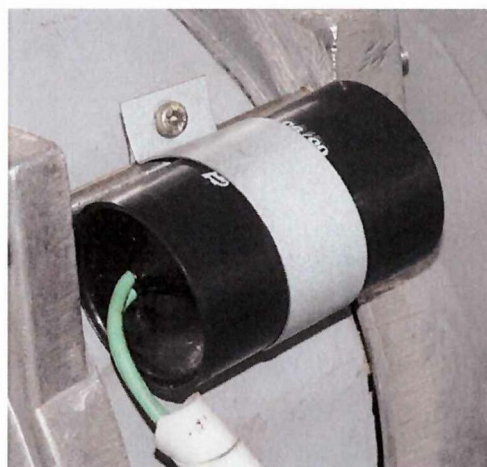
**Figura 3.12 BOP**



Fuente: Grupo de Investigación

**13. Capacitores 20  $\mu$ F**, observado en la figura 3.13. 250 VAC, Frecuencia  $\pm 10$  % 50/60 Hz se encargan de compensar las.

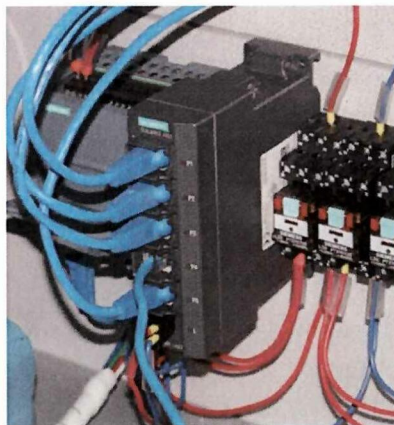
**Figura 3.13 Capacitores**



Fuente: Grupo de Investigación

**14. Switch Scalance**, como se muestra en la figura 3.14. Tiene 5 puertos (RJ45) a 10/100 Mbits/s, caja compacta, diagnostico de Led, entorno Simatic sin comando de señalización, grado de protección (IP30), conectores compatibles con Profinet IE FC RJ45 plug.

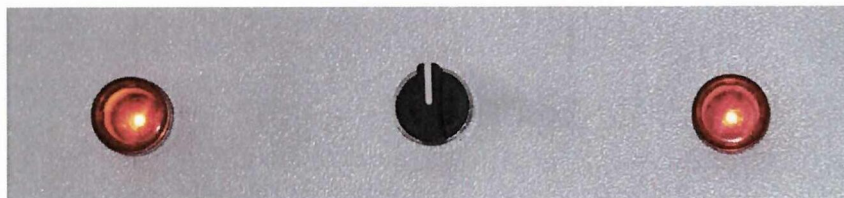
**Figura 3.14** Switch Scalance 5 puertos



Fuente: Grupo de Investigación

**15. Focos Led** de 22mm 220V, indicados en la figura 3.15. Temperatura ambiente:  $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa:  $\leq 98\%$ , normal factible cuando la frecuencia de vibración es 2-80 Hz con aceleración de 0.7 g, grado de contaminación 3, grupo de instalación es III, frecuencia de alimentación voltaje instantáneo: 2.5Kv/1 min resistencia de aislamiento:  $\geq 2\text{M}\Omega$ , fluctuación de voltaje permisible:  $\pm 20\%$ , vida de funcionamiento continuo:  $\geq 30000\text{h}$ , CTI $\geq 100$ , grados de protección IP65,IP67, frecuencia aplicada: 50-60Hz.

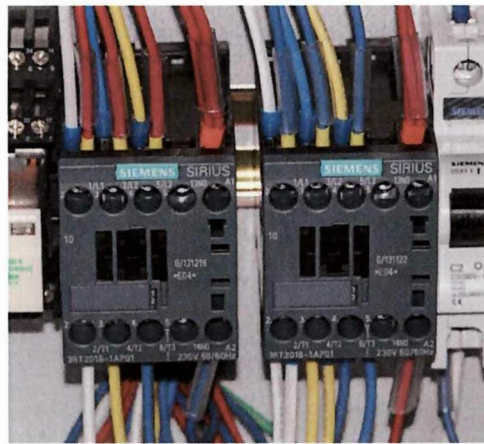
**Figura 3.15** Focos Led



Fuente: Grupo de Investigación

16. **Contactador 3 hp 220 voltios**, apreciado en la figura 3.16. Tensión nominal: 50/60 Hz hasta 690V, Corrientes nominales de 9-25 A, Temperatura ambiente - 5°C...+40°C, Condición de montaje: La inclinación entre plano de montaje y el plano vertical no debe superar  $\pm 5^\circ$ .

**Figura 3.16** Contactador 3 hp



Fuente: Grupo de Investigación

17. **Transformadores de Corriente 60/5 A**, como se aprecia en la figura 3.17. Tensión de aislamiento: 3KV c.a., frecuencia 50/60Hz, Tensión más elevada para el material 0.72KV c.a., clase térmica A 105°C, factor de seguridad  $\leq 5$ .

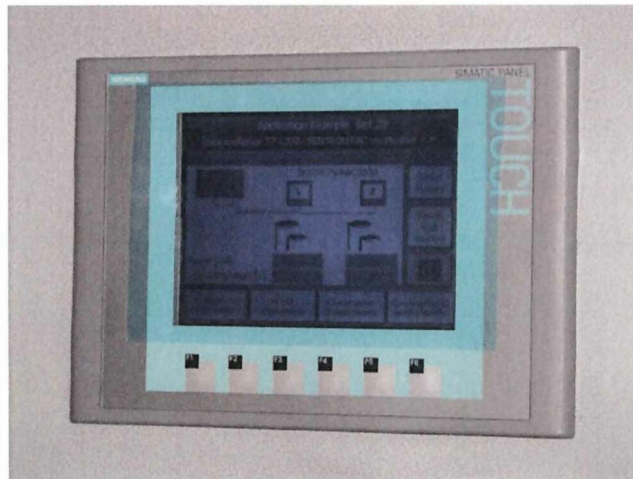
**Figura 3.17** TC 60/5 A



Fuente: Grupo de Investigación

**18. Pantalla Simatic Panel Touch**, visto en la figura 3.18. 6" Touch + teclas STN Liquid Crystal Display(LCD), 4 niveles de gris, 320\*240, pantalla táctil y teclas táctiles, 1MB interno, Softwares compatibles: WinnCC Basic V10.5, WinCC Basic V11, WinCC flex. Compact o superior.

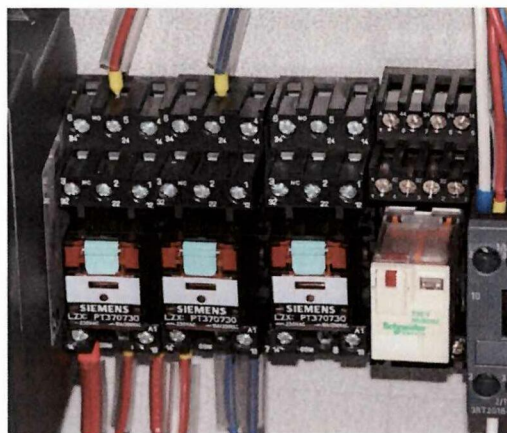
**Figura 3.18** Panel Touch



Fuente: Grupo de Investigación

**19. Relé de protección 230VAC**, indicado en la figura3.19. Rango de corriente de 0.28.....50A, tensión nominal 690V, tensión soportada a los impulsos 600V, frecuencia nominal de 0-400 Hz, temperatura de operación -25°C a + 60 °C.

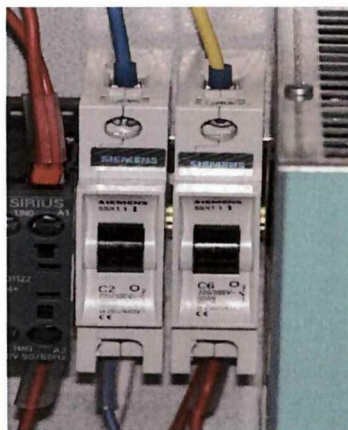
**Figura 3.19** Relés de protección



Fuente: Grupo de Investigación

**20. Breaker Monofásico 220V**, como se muestra en la figura 3.20. Tensión máxima de operación  $U_e$  440Vca/250Vcc, tensión nominal de aislamiento  $U_i$  500Vca, frecuencia 50/60 Hz, Corrientes nominales  $I_n$  2 a 125<sup>a</sup>, temperaturas ambiente entre -25 a 45 °C, grado de protección IP 20.

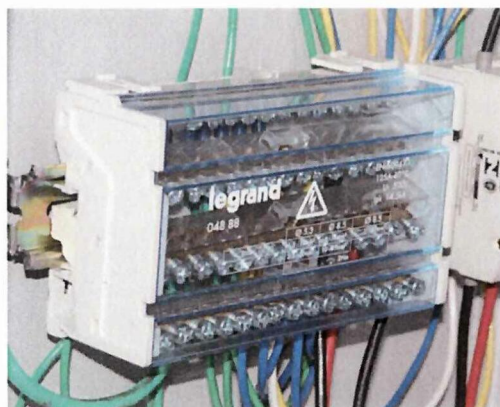
**Figura 3.20** Breaker secundario



Fuente: Grupo de Investigación

**21. Caja para bornes en línea de plástico y aluminio**, observado en la figura 3.21. Legrand serie 048 88, Corriente 125A, temperatura ambiente hasta 40°C, tensión  $U_i$  500V,  $I_{pk}$  14.5kA

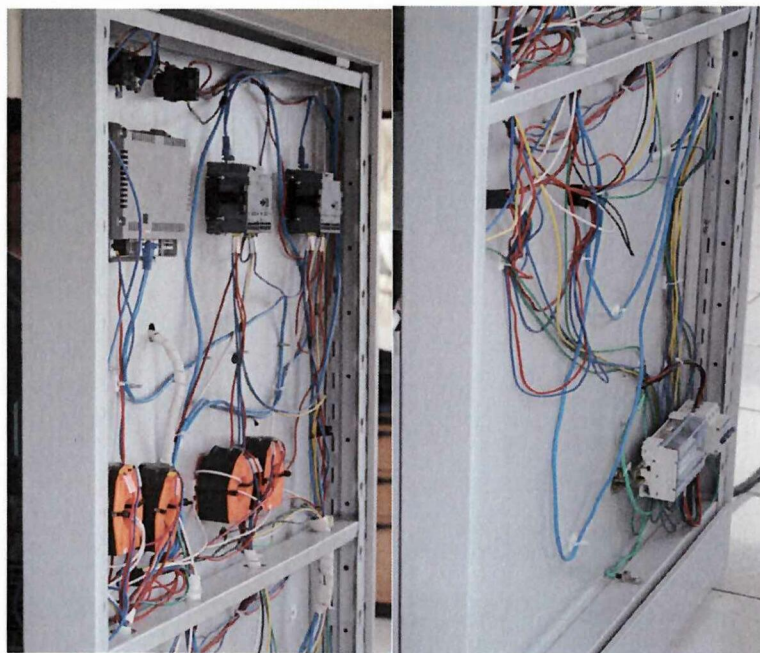
**Figura 3.21** Bornera



Fuente: Grupo de Investigación

**22. Materiales menores (canaleta, amarras, cable),** los cuales se aprecian en la figura 3.22. Carga de corriente máxima soportada por los conductores: Cable flexible #14 carga máxima en amperajes 32A, Cable flexible #16 carga máxima en amperajes 22A, Cable flexible #18 carga máxima en amperajes 16A.

**Figura 3.22** Cableado Estructural



Fuente: Grupo de Investigación

### ***3.2.9 Descripción del diseño del módulo didáctico de Sincronismo de Generadores de baja potencia***

El presente prototipo de sincronismo de generadores de baja potencia está diseñado con tecnología y equipos de última generación con el propósito de que si llegarán a tener algún inconveniente técnico sea de fácil mantenimiento, brindando confiabilidad y seguridad en la operación, debido a que se trata de un módulo didáctico elaborado para prácticas demostrativas.

La estructura metálica sirve como base para el montaje de los grupos Motor1-Generador1 y Motor2-Generador2, con sus respectivos acoples los cuales aseguran una correcta alineación al momento que se encuentren girando a una misma velocidad. En la parte frontal se encuentran los elementos de fuerza, control y monitoreo.

El equipo encargado de accionar al generador como fuente primaria es el motor de inducción tipo jaula de ardilla de 2237 [W], y cuyas características nominales son: Voltaje 220 [V] trifásico, 3460 rpm a 60hz.

Para que la máquina impulsora logre llegar a las 3200 o 3460 rpm, se aplicó como accionamiento de los motores; variadores de frecuencia (Micromaster 440 3hp), los cuales poseen entradas analógicas y mediante los cuales se puede incrementar o disminuir de un modo manual la frecuencia según sea necesario.

Los variadores de frecuencia se conectan a una bornera de conexión consecutivamente conectada en serie a un breaker trifásico que se alimenta de la empresa eléctrica distribuidora el cual comanda su funcionamiento de arranque y parada.

Los Generadores síncronos utilizados son máquinas de dos polos. De esta manera se instalaron medidores de energía (Sentron Pac 3200) para detectar la potencia entregada por los generadores luego de la ubicación de los Transformadores de corriente para que la lectura de signos sea la siguiente:

### **Medidor de Energía**

Potencia Activa Positiva [W] = Potencia Entregada por el Generador

Potencia Activa Negativa [W] = Potencia Consumida por el Generador

Potencia Reactiva Positiva [VAR] = El Generador entrega reactivos (Como Capacitor)



Potencia Reactiva Negativa [-VAR] = El Generador consume reactivos (Como Inductor)

Para obtener la tensión trifásica requerida para la carga se utilizó un variador de voltaje (Sinamic G110 3hp) el cual recibe dos entradas analógicas desde los generadores pasando por los transformadores de corriente que son de vital importancia para medir la corriente, aumentarla o disminuirla (a menudo, esto último) y transmitir corriente a los controladores del sistema protector relés y contactores.

Para iniciar con el proceso de sincronización contamos con los focos Led que mediante la interfaz del software TIA PORTAL V12 con los elementos de control y medida detectan las condiciones de sincronismo de generadores o falla del mismo visualizando el respectivo proceso en la pantalla TOUCH enlazada mediante el software WinCC Advanced.

Todo el módulo de pruebas es energizado a través de un enchufe industrial tipo IEC trifásico conectado a un cable tetrapolar tipo sucre 4×10 AWG el cual llega hasta el sistema eléctrico principal del laboratorio de máquinas eléctricas.

### ***3.2.10 Programación del Módulo de Sincronismo de Generadores de Baja Potencia mediante el software TIA PORTAL V12 y WinCC Advanced***

Para realizar la programación y comunicación entre el PLC SIMATIC S7-1200, los medidores de energía Sentron Pac 3200 y la pantalla Simatic TOUCH se lo manejó con el software TIA PORTAL V12 mediante una interfaz Ethernet Profinet.

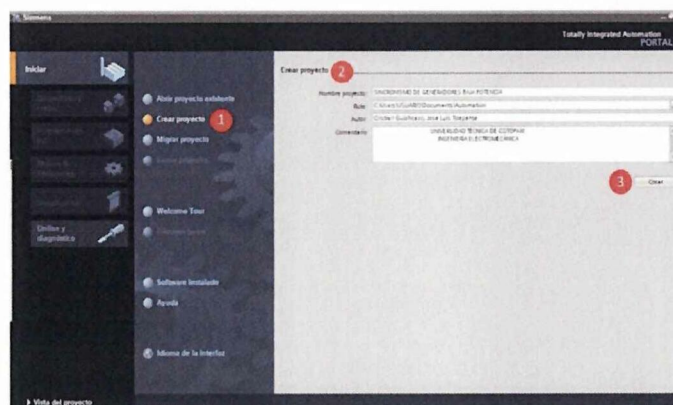
En el ingreso de consignas, visualización de magnitudes y operación del sistema en mando local se consideró utilizar un panel táctil KTP600 Touch, porque permite la interfaz hombre máquina (HMI); para realizar un manejo, visualización, y supervisión apropiados del proceso. Esta pantalla de tipo táctil con teclas de libre configuración y comunicación estándar vía Modbus es ideal para aplicaciones con el PLC S7-1200.

El STEP 7 es el componente de software para programación y configuración del TIA Portal . El TIA Portal, además de STEP 7, también contiene WinCC para el diseño y la ejecución de la visualización del proceso en runtime, con ayuda en pantalla para WinCC y STEP 7.

### 3.2.10.1 Creación del proyecto. Con los pasos realizados adecuadamente.

1. Se abre el programa TIA PORTAL V12, donde se selecciona crear proyecto, a este proyecto se le detalla tanto el nombre, y la ruta donde va a ser guardado el archivo, el autor o los autores que realizan el proyecto y un comentario referente al proyecto. Y por último se selecciona en la opción crear. Como se muestra en la figura 3.23.

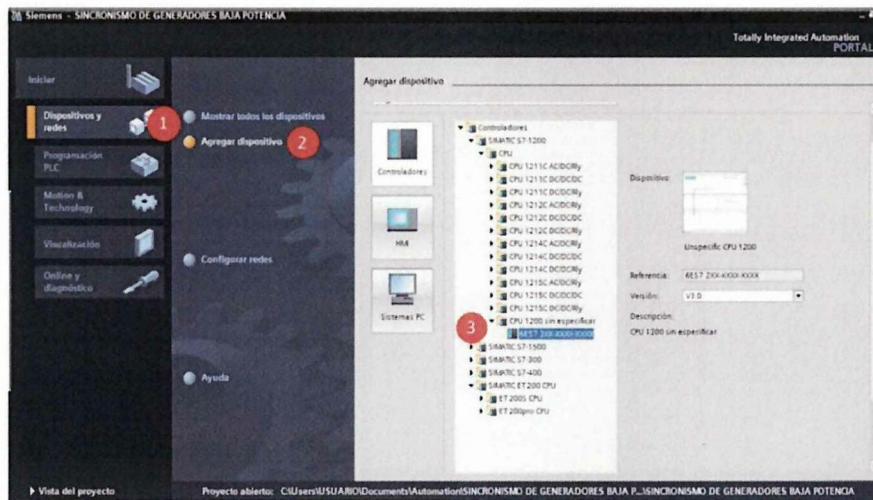
**Figura 3.23** Creación de un proyecto



Fuente: TIA PORTAL V12

2. Insertar un nuevo S7-1200. Creado el proyecto se debe configurar un dispositivo, luego se debe agregar dispositivo, se selecciona en la CPU S7-1200 sin especificar, se le agrega el dispositivo, y por último se despliega una ventana. Como se muestra en la figura 3.24.

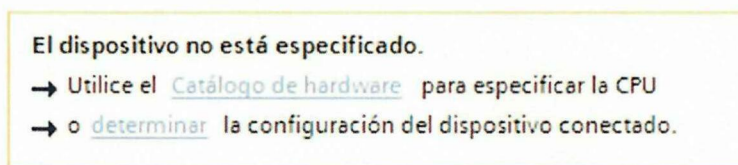
**Figura 3.24** Agregar un dispositivo S7-1200



Fuente: TIA PORTAL V12

3. En la ventana que se muestra a continuación se le da en determinar la configuración del dispositivo al que va a ser utilizado en el proyecto, este reconoce los diferentes equipos y módulos que conforman parte del programa a ser editado según la programación del proceso indicado. Como se muestra en la figura 3.25.

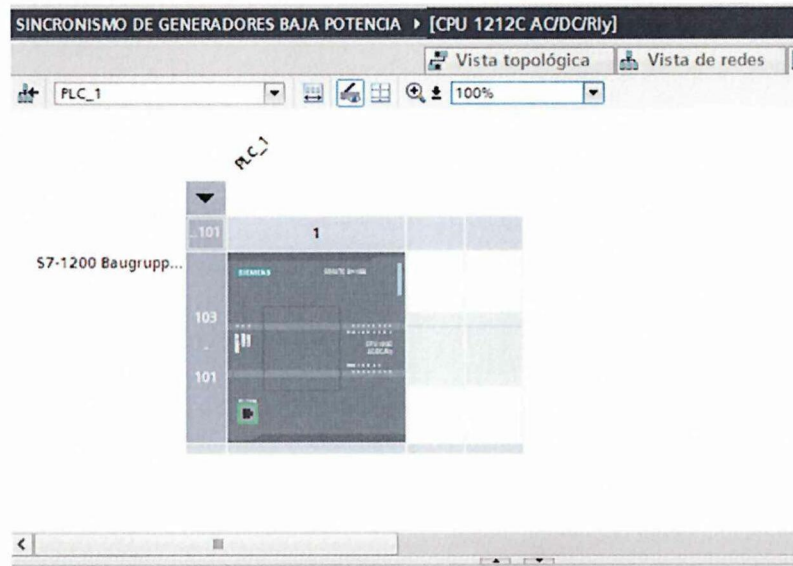
**Figura 3.25** Determinación del dispositivo



Fuente: TIA PORTAL V12

4. Finalizado el reconocimiento del dispositivo agregado, despliega de la ventana del software los equipos que se encuentran conectados, en nuestro caso se encuentran un CPU S7-1200. Como se muestra en la figura 3.26.

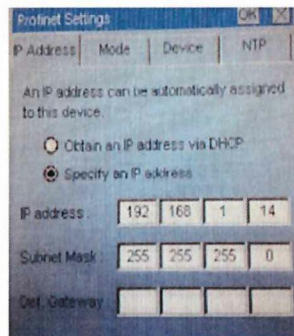
**Figura 3.26** Dispositivos conectados



Fuente: TIA PORTAL V12

5. Insertar una HMI KTP 600 Basic mono PN. Antes de poder configurar un HMI se procede a configurar la pantalla para eso abrir el CONTROL PANEL, en la opción de PROFINET, del panel de control, aquí se le asigna una dirección IP, un nombre dispositivo y se calibra la pantalla táctil. Como se muestra en la figura 3.27.

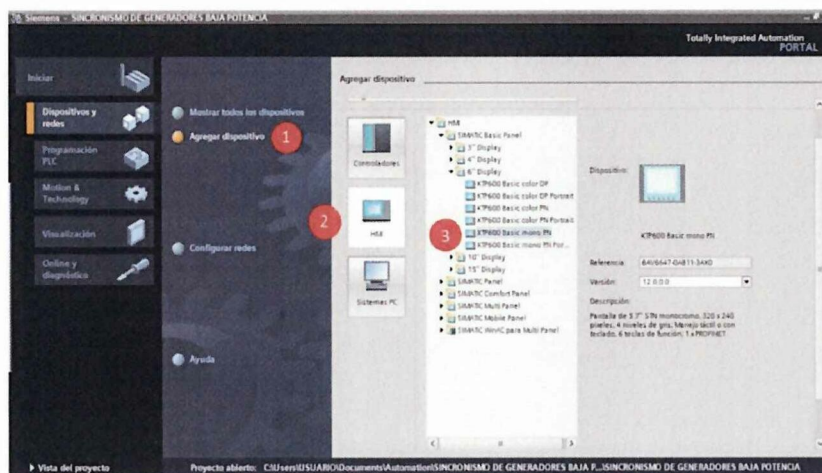
**Figura 3.27** Nombre, dirección IP y calibración de la pantalla



Fuente: Grupo de Investigación

- Una vez asignado una dirección IP de la pantalla táctil (IP:192.168.10.200) y en el mismo proyecto creado anteriormente, en el árbol del proyecto que se encuentra desplegado le damos clic en la opción agregar dispositivo, en la pantalla del TIA PORTAL seleccionamos la pantalla KTP 600 Basic mono PN y por último le damos en agregar al proyecto que va a ser utilizado en la comunicación . Como se muestra en la figura 3.28.

**Figura 3.28** Agregar un dispositivo HMI



Fuente: TIA PORTAL V12

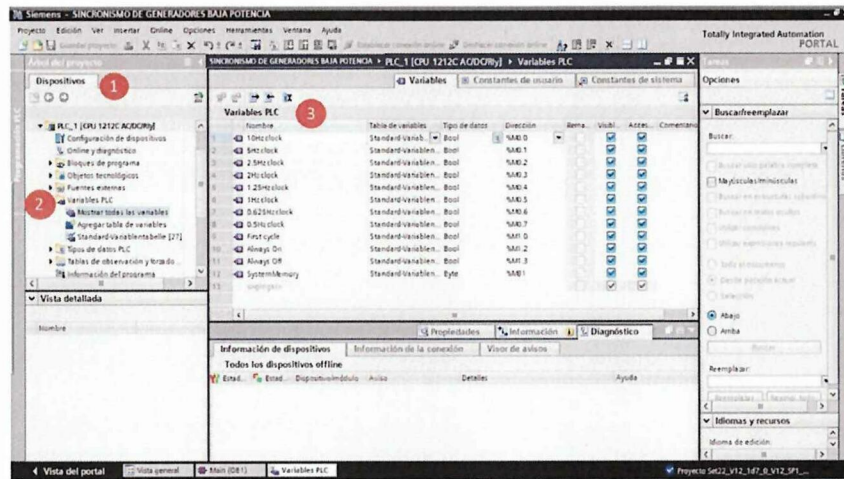
### 3.2.10.2 Interfaz de conexión del PLCS7-1200 con el TIA PORTAL V12.

Cuando se logra establecer la configuración con los pasos anteriores en el árbol de proyecto se declara las variables que debe tener la programación, como son las entradas, salidas, memorias, bloques de comunicación entre otras variables para su correcta programación y comunicación Ethernet.

De esta manera se logran las variables de programación, en la opción que se desglosa como Bloques de programa, se abre la pestaña y se inserta un nuevo bloque con el nombre de [OB1] en donde se encuentra la parte principal de la programación del sincronismo de generadores en sí.

Por último se agrega bloques de función y bloques de datos, dentro de estos estarán la programación de condiciones y además la comunicación de datos a utilizarse para la desplegada comunicación. Como se muestra en la figura 3.29.

**Figura 3.29** Declaración de las variables de programación

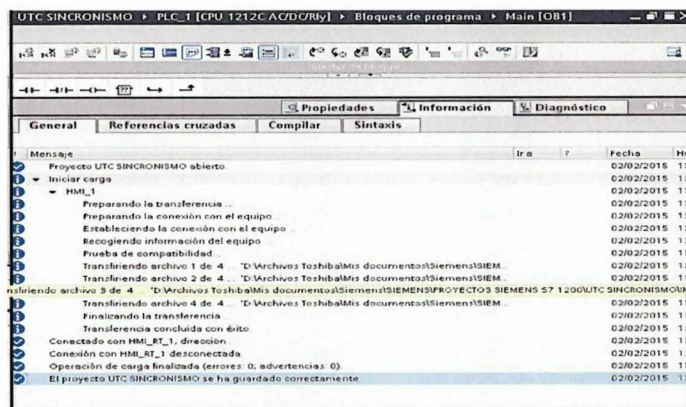


Fuente: Grupo de Investigación

### 3.2.10.3 Segmentos de programación del PLC S7-1200. A continuación se muestran los diferentes segmentos de configuración

Como se muestran en las siguientes figuras:

**Figura 3.30** Bloques de Programa



Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.31** Variables PLC

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema.	Visibl.	Acces.	Comentario
Armaque_gen_1	Tabla de variables	Bool	MAD.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Armaque_gen_2	Tabla de variables	Bool	MAD.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Generador_1	Tabla de variables	Bool	MQ0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Generador_2	Tabla de variables	Bool	MQ0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_3Hz	Tabla de variables	SByte	MAD100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_2.5Hz	Tabla de variables	Bool	MAD00.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_2Hz	Tabla de variables	Bool	MAD00.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_1.25Hz	Tabla de variables	Bool	MAD00.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_1Hz	Tabla de variables	Bool	MAD00.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_0.625Hz	Tabla de variables	Bool	MAD00.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_0.5Hz	Tabla de variables	Bool	MAD00.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Contacto_1	Tabla de variables	Bool	MAD.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Carga_1	Tabla de variables	Bool	MQ0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sincronismo_1	Tabla de variables	Bool	MQ0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Contacto_2	Tabla de variables	Bool	MAD.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Carga_2	Tabla de variables	Bool	MQ0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sincronismo_2	Tabla de variables	Bool	MQ0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sincronismo	Tabla de variables	Bool	MAD.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

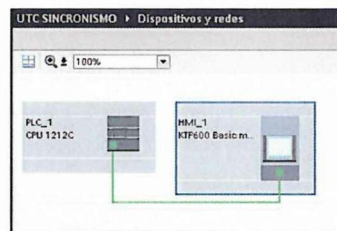
Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.32** Tabla de variables estándar del PLC

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema.	Visibl.	Acces.	Comentario
Armaque_gen_1	Bool	MAD.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Armaque_gen_2	Bool	MAD.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Generador_1	Bool	MQ0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Generador_2	Bool	MQ0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_3Hz	SByte	MAD100		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_2.5Hz	Bool	MAD00.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_2Hz	Bool	MAD00.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_1.25Hz	Bool	MAD00.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_1Hz	Bool	MAD00.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_0.625Hz	Bool	MAD00.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Clock_0.5Hz	Bool	MAD00.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Contacto_1	Bool	MAD.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Carga_1	Bool	MQ0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sincronismo_1	Bool	MQ0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Contacto_2	Bool	MAD.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Carga_2	Bool	MQ0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sincronismo_2	Bool	MQ0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sincronismo	Bool	MAD.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

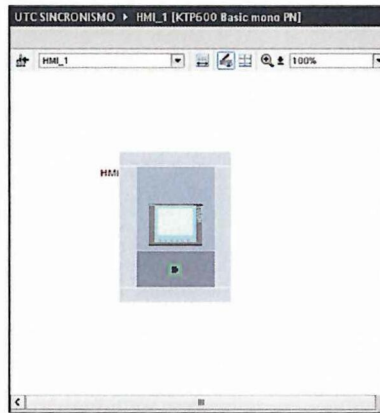
Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.33** Dispositivos y redes conectados



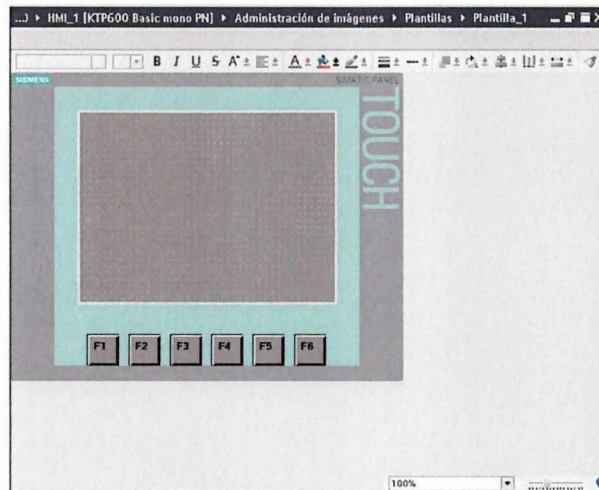
Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.34** Configuración de la pantalla KTP 600 Mono



Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.35** Funcionamiento Sincronismo



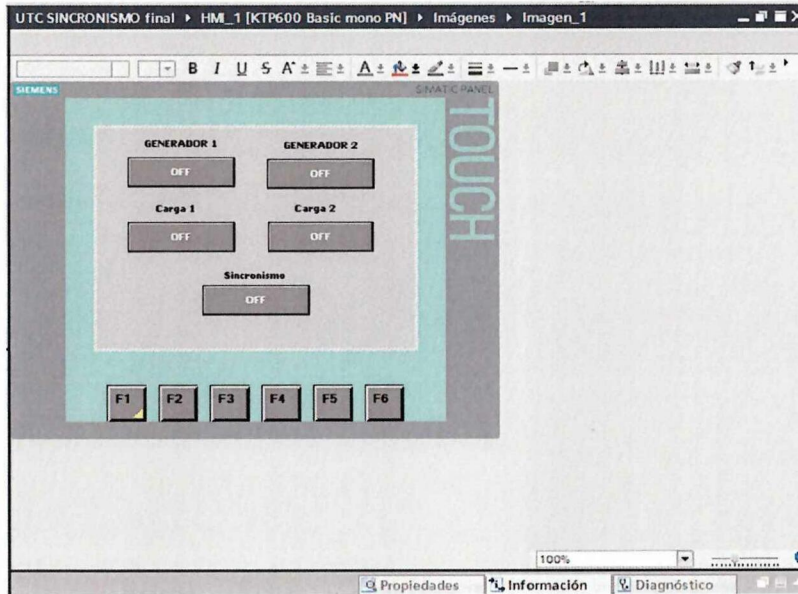
Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.36** Imagen Raiz KTP 600



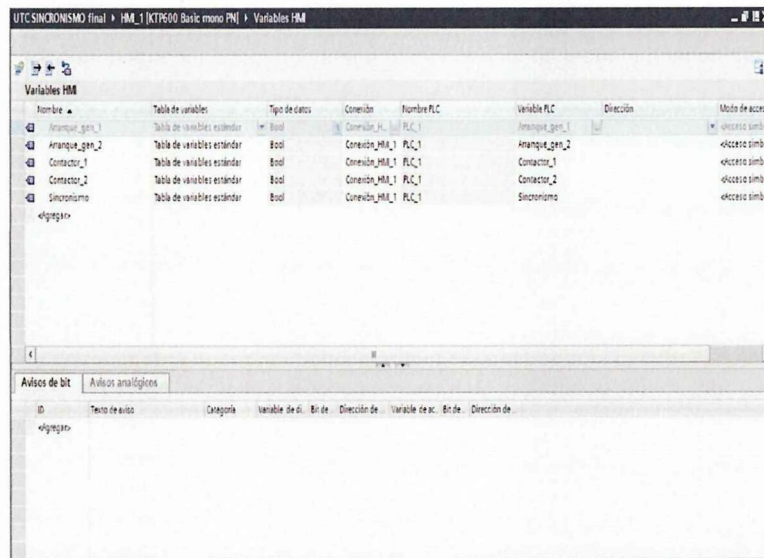
Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.37** Plantilla de la pantalla KTP 600 Mono



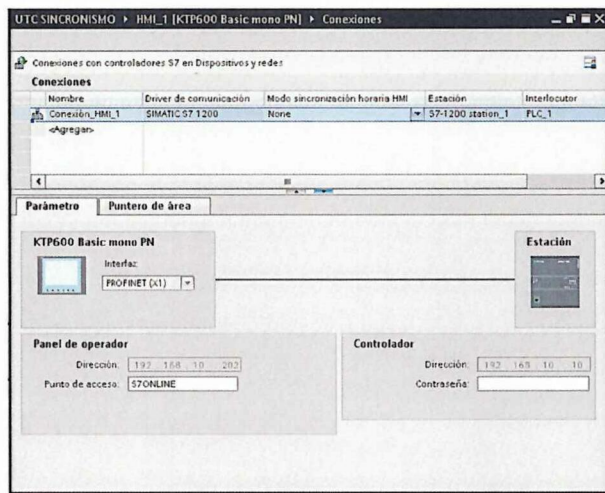
Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.38** Variables HMI



Fuente: Grupo de Investigación

**Figura 3.39** Conexiones



Fuente: Grupo de Investigación

### 3.3 Descripción del funcionamiento principal del Módulo de Sincronismo de Generadores de Baja Potencia

Para dar paso al funcionamiento del módulo de sincronismo en primer lugar se conecta el enchufe IEC trifásico, luego hay que subir el breaker trifásico ubicado en la parte posterior baja de la estructura del prototipo con lo cual quedara constancia de que el circuito se encuentra energizado.

Los variadores de frecuencia Micromaster 440 serán los encargados de accionar el funcionamiento del grupo motor-generator 1 y del grupo motor-generator 2 respectivamente logrando obtener una velocidad de 3460 rpm con una rampa de 10 segundos. Esta velocidad corresponde a una frecuencia generada de 59.5 [Hz].

El variador de frecuencia está programado para operar al motor entre 3200 y 3460 rpm, osea entre 57.5 [Hz] y 60 [Hz] dependiendo de la regulación que se le aplique a los variadores de frecuencia.

El voltaje de generación depende directamente del voltaje que se le aplique al rotor del motor, y también corresponde a la velocidad de giro del grupo.

Luego de que son accionados los Generador bifásicos está tensión es recibida por el convertidor de Voltaje Sinamig G110 pero no sin antes haber pasado por los transformadores de corriente que tiene implementada cada línea que sale de los generadores los cuales ayudaran a medir la corriente, aumentarla o disminuirla (a menudo, esto último) y transmitir corriente a los controladores del sistema protector. De esta manera del Convertidor de Voltaje se obtendrán tres fases las cuales sirven para cumplir con las mediciones necesarias en el carga.

El Convertidor envían las señales análogas hacia los medidores de energía Sentron Pac 3200 mediante los cuales se muestran las señales digitales de las variables en la pantalla de este multímetro digital.

Los contactores conjuntamente conectados con el PLC S7 1200, los focos Led y la carga es decir el motor de 1491W de potencia son los encargados de recibir la red trifásica proveniente de la conversión de los Variadores de Voltaje.

Una vez alcanzada la velocidad sincrónica en los grupos motor Generador, y regulando el Voltaje y Frecuencia en los Variadores procedemos a comprobar el funcionamiento de los focos Led los cuales serán los encaragados de indicar mediante el encendido o apagado de los mismos la **SECUENCIA** correcta o incorrecta de los grupos.

Hay que tomar en cuenta que cada Foco Led está conectado a una entrada de cada Sentron Pac del cual se obtiene la medición necesaria para poder visualizar si se cumplen las condiciones de sincronismo.

Una vez establecidas las condiciones de sincronismo como son: **VOLTAJE, SECUENCIA Y FRECUENCIA DE FASE** las cuales serán similares entre los grupos Motor-Generador pasamos a comprobar su funcionamiento.

Al momento del funcionamiento del módulo. En caso de que los dos Focos Led se encuentren apagados esto quiere decir que los grupos M-G se encuentran en sincronismo y su funcionamiento es el adecuado.

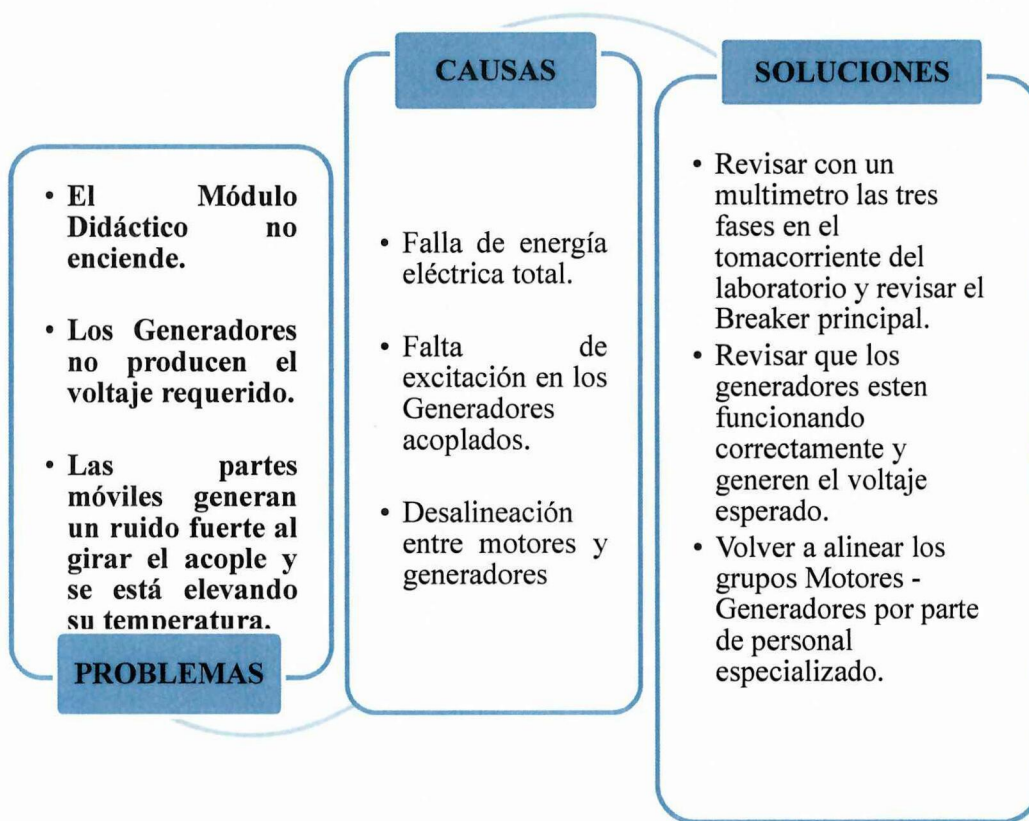
Si llega a encenderse uno de los dos Focos Led esto nos da como resultado que una fase se encuentra con inconvenientes, De la misma manera si dos Focos Led se encuentran encendidos al momento del funcionamiento entonces no existe sincronismo porque dos de las tres fases tienen problemas por lo que habrá que revisar que se cumplan con las condiciones de sincronismo, para que no se encuentren en una etapa de falla y se cumpla con los requerimientos técnicos necesarios para la operación.

En las diferentes pantallas de los medidores digitales de parámetros con los que cuenta el módulo de pruebas, se puede visualizar todas las variables eléctricas que caracterizan el sistema de la operación de sincronismo de generadores.

De todo esto se realizó la respectiva automatización con el objetivo de simplificar el proceso y facilitarlos mediante la automatización con los Softwares TIA PORTAL V12 y WinnCC Advanced este último integrado en la pantalla PANEL TOUCH KTP 600 Monocromática desde la cual se controla toda la operación de Sincronismo de Generadores.

El Sincronismo de Generadores de baja potencia se lo podrá comandar de un modo **AUTOMÁTICO** y familiarizarse con los demás equipos de manera **MANUAL**.

**Figura 3.40** Solución de problemas de Módulo Didáctico.



Fuente: Grupo de Investigación

### 3.4 CONCLUSIONES

- Se determinó que el método más eficaz para controlar la velocidad de un motor eléctrico trifásico, se lo realiza por medio de un variador de frecuencia Micromaster 440 3HP.
- Se conoció que el Motor de 4 polos siemens 3HP, da la posibilidad de variar su velocidad cambiando la frecuencia de alimentación.
- Se controla la variación de frecuencia en la carga con el variador SINAMIC G110, a través de su uso se incrementa o disminuye la velocidad, además de los diferentes tipos de control que dispone en su programación, para el accionamiento del Motor de 1645rpm, 60Hz, 2 HP.
- Se realizó la programación del sincronismo mediante el software TIA PORTAL V12 y la visualización del proceso mediante WinCC Advanced, para el control de los variadores, de forma automática para el arranque de los grupos M-G, mostrando la lectura de medidas eléctricas en la pantallas de los Sentron Pac.
- Se elaboró guías prácticas de laboratorio para que el estudiante de las Carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica dispongan de un apoyo técnico al momento de realizar prácticas demostrativas.

### 3.5 RECOMENDACIONES

- Manipular el equipo por personal familiarizado con la puesta en servicio y operación del prototipo de sincronismo de generadores, para asegurar el funcionamiento correcto del módulo didáctico.
- Tomar en cuenta que la conexión de los cables de red, de mando o control deberán estar acoplados de forma correcta, a fin de evitar que interferencias de tipo inductivo y capacitivo afecten al correcto funcionamiento de los elementos de control y monitoreo.
- Verificar que tanto los convertidores como los variadores se encuentren debidamente aterrizados, porque de no ser así se puede comprometer el funcionamiento del módulo, como también exponer a que en los equipos mencionados puedan producirse altas tensiones, peligrosas para las personas que se encuentren operando el prototipo.
- Antes de realizar o cambiar conexiones en el módulo, se debe desconectar la fuente de alimentación del equipo.
- Para iniciar con la manipulación del módulo de sincronismo se recomienda leer detenidamente el manual de usuario, en el cual se determinan los riesgos y precauciones a considerar durante su manipulación, para evitar en lo posible daños y perjuicios a los equipos que conforman el módulo como también evitar lesiones en quienes manipulen el prototipo.
- Se recomienda implementar a futuro un Sentron Pac 3200 conectado en la carga para medir las variables que obtenidas, luego de una etapa de sincronismo, como también se podrán realizar múltiples ajustes al prototipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

ABAD, Jackeline y GREFA, Verónica. 2008. *Diseño e Implementación de un tablero para la transferencia automática de energía y sincronización de generadores de emergencia para el Centro Comercial El Condado*. Quito : Tesis, 2008.

ALARCÓN, Ana y JIRÓN, Miguel. 2007. *Implementación de un Sistema de Control mediante PLC para un Horno de una Fábrica de Acero*. Quito : Tesis, 2007.

CHAPMAN, Stephen. 2007. *Máquinas Eléctricas*. México : McGraw Hill, 2007.

FITZGERALD, Arthur. 2004. *Máquinas Eléctricas*. México : McGraw Hill, 2004.

FLORES, Hector Mauricio. 2009. *Diseño y Construcción de un Tablero Didáctico para el Laboratorio de Maquinarias enfocado a la enseñanza de Prácticas con motores, específicamente para el control del proceso de Sincronización de Generadores y utilizando la herramienta de LabView*. Guayaquil : s.n., 2009.

FRAILE MORA, Jesús. 2003. *Máquinas Eléctricas*. Madrid : McGraw Hill, 2003.

SIEMENS. 2008. *Manual de Usuario WinCC flexible 2008 Compact / Stantard / Advanced*. 2008. 6AV6691 - 1AB01 - 3AE0.

SPIEGEL, Murray y STEPHENS, Larry. 2009. *Estadística*. México : Mc Graw Hill, 2009. 4ta Edición.

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

OVERBLOG. 2011. Definición sencilla de la Automatización eléctrica y sus efectos. [En línea] 16 de Agosto de 2011. [Citado el: 05 de Junio de 2014.] <http://isbelg.over-blog.com/article-definicion-sencilla-automatizacion-electrica-efectos-86799569.html>.

SEVILLANO, Fernando. 2010. Sistemas de Regulación y Control Automáticos . *VARIADORES DE FRECUENCIA*. [En línea] 2010. [http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores\\_de\\_frecuencia.pdf](http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf).

SIEMENS. 2008. Manual de Usuario. [En línea] 2008. <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>.

UTE, Red Rige. 2003. Sistema de Generación Eléctrica para Aerogeneradores. [En línea] 2003. [Citado el: 10 de Junio de 2014.] [http://www.ute.com.uy/empresa/entorno/energias\\_renovables/eolica/actividad\\_2002/eolica\\_generadores.pdf](http://www.ute.com.uy/empresa/entorno/energias_renovables/eolica/actividad_2002/eolica_generadores.pdf).

## **LITOGRAFÍA**

ÁLVAREZ. 2012. Máquinas Síncronas. [En línea] Septiembre de 2012. [http://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/electrotecnica\\_y\\_maquinas\\_electricas/apuntes/9\\_maquina\\_sincronica.pdf](http://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/electrotecnica_y_maquinas_electricas/apuntes/9_maquina_sincronica.pdf).

CARPIO BECERRA, Boris. 2012. Monografías. *Motor Asíncrono*. [En línea] 17 de Febrero de 2012. <http://www.monografias.com/trabajos91/motor-asincrono/motor-asincrono.shtml>.

ENRÍQUEZ, HARPER. 2014. Máquina Asíncrona Informe. [En línea] 16 de Noviembre de 2014. <http://www-app.etsit.upm.es/departamentos/teat/ asignaturas/lab- ingel/motor%20asincrono%20trifasico.pdf>.

LALOUX, Damián. 2001. Principios Generales de las Máquinas Eléctricas. [En línea] 2 de Abril de 2001. <http://www.iit.upcomillas.es/~dlaloux/fte/pwrpt/prgenmaq/index.htm>.

MASTERHACKS. 2013. Manual Básico de Programación LabView. [En línea] 26 de Febrero de 2013. [Citado el: 05 de Junio de 2014.] <http://www.masterhacks.net/manuales/wp-content/uploads/2013/02/MANUAL-B% C3%81SICO-DE-PROGRAMACI% C3%93N-EN-LABVIEW-POR- MASTERHACKS.pdf>.

MESÍAS, Marco. 2013. Electrosector. [En línea] 2013. [Citado el: 02 de Junio de 2014.] <http://www.electrosector.com/wp-content/ftp/descargas/operacion.pdf>.

PACHECO, Agosto. Integratech. *Tutorial IEEE de Protección de Generadores Síncronos*. [En línea] [Citado el: 10 de Junio de 2014.] <http://www.integratech.com.ar/Tutorial%20IEEE%20Proteccion%20Generadores%20Espa% F1ol.pdf>.

PÉREZ, Marco Damián. 2008. Máquinas Eléctricas Modernas. [En línea] 2008. [Citado el: 02 de Junio de 2014.] <http://www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/2008/Marcos%20Perez%20-%20M% C3%A1quinas%20El% C3%A9ctricas%20Modernas.pdf?#zoom=81&statusbar=0&navpanes=0&messages=0>.


SARANGO CHAMBA, José. 2011. Máquinas Eléctricas II. *Generadores Síncronos en Paralelo*. [En línea] 23 de Diciembre de 2011. [Citado el: 10 de

Junio de 2014.] <http://www.monografias.com/trabajos89/generadores-sincronos-paralelo/generadores-sincronos-paralelo.shtml>.


SWITZERLAND, ABB. 2010. Sistemas de excitación estáticos, reguladores de tensión y equipos de sincronización. *Equipo autónomo de estabilización de sistemas de potencia*. [En línea] 2010. [Citado el: 10 de Junio de 2014.] [http://www05.abb.com/global/scot/scot232.nsf/veritydisplay/803fc760c0a8a5a1c125774a0047eb8d/\\$file/3bht490395\\_s01\\_-\\_o.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot232.nsf/veritydisplay/803fc760c0a8a5a1c125774a0047eb8d/$file/3bht490395_s01_-_o.pdf).

WIKIPEDIA, W. 2011. Pantalla Táctil. [En línea] 10 de Diciembre de 2011. [http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla\\_t%C3%A1ctil](http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_t%C3%A1ctil).

WOODWARD. 2014. Woodward Provides Generator Control & Engine Management Package. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Junio de 2014.] <http://www.woodward.com/egcp2.aspx>.

<b>Anexo A</b>	<b>Tema:</b> Modelo del Formato de la Entrevista	<b>1/1</b>
<div data-bbox="256 443 405 591" style="float: left; margin-right: 20px;">  </div> <div data-bbox="443 443 1206 613" style="text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>  <b>UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS</b>  <b>ESPECIALIZACIÓN: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>  <b>ENTREVISTA</b></p> </div> <p data-bbox="268 631 1228 757">La entrevista va dirigida a los coordinadores y docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi con el propósito de adquirir la información que ayude al desarrollo del trabajo investigativo.</p> <p data-bbox="268 824 421 855"><b>OBJETIVO:</b></p> <p data-bbox="268 869 1228 1039">Determinar la necesidad de la implementación de un módulo didáctico para el laboratorio de máquinas eléctricas, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para la realización de prácticas demostrativas de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.</p> <p data-bbox="660 1061 836 1093" style="text-align: center;"><b>PREGUNTAS</b></p> <ol data-bbox="316 1111 1228 1680" style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Es necesario implementar este tipo de módulos en el laboratorio de máquinas eléctricas?</li> <li>2. ¿Servirá este módulo didáctico para incrementar el interés del estudiante y orientarlo hacia la Automatización Industrial?</li> <li>3. ¿Este módulo didáctico servirá como una herramienta principal para la realización de prácticas a futuro?</li> <li>4. ¿Este tipo de módulos didáctico beneficiará en la formación académica Teórico-práctico de los estudiantes de las carreras Eléctrica y Electromecánica?</li> </ol>		

<b>Anexo B</b>	<b>Tema:</b> Modelo del Formato de la Encuesta.	<b>1/2</b>
----------------	---	------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**ESPECIALIZACIÓN: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**ENCUESTA**

La encuesta está dirigida a los alumnos de séptimos y octavos ciclos de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica con la finalidad de adquirir información que ayude al desarrollo del proyecto.

**OBJETIVO:**

- Obtener información de la realización de prácticas demostrativas de control y monitoreo de la operación de sincronismo de generadores de baja potencia.

**INSTRUCCIONES:**

- ✓ No escriba su nombre.
- ✓ Lea detenidamente cada pregunta.
- ✓ Marque con una (X) la respuesta que a su criterio crea conveniente.

**PREGUNTAS**

1. ¿Considera que es importante la automatización industrial en procesos eléctricos?

SI                       NO                       QUIZÁS

2. ¿Cree que es necesario realizar prácticas demostrativas en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas sobre la operación de sincronismo de Generadores en Paralelo?

SI                       NO                       QUIZÁS

Anexo B	Tema: Modelo del Formato de la Encuesta.	2/2
<p>1. ¿Está de acuerdo que se implemente este módulo en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas?</p>		
<p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> QUIZÁS <input type="checkbox"/></p>		
<p>2. ¿Cree que con el uso de equipos de medición de alta tecnología se obtendrán datos precisos y exactos en las prácticas de Laboratorio?</p>		
<p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> QUIZÁS <input type="checkbox"/></p>		
<p>3. ¿Cree que con el uso de una guía o manual del módulo permitirá un desarrollo óptimo en las prácticas de Laboratorio?</p>		
<p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> QUIZÁS <input type="checkbox"/></p>		
<p>4. ¿Con la implementación del módulo didáctico, cree usted que en la materia de Máquinas Eléctricas sea visto de manera simple, al momento de relacionar los aspectos teórico – práctico y sea comprensible para el estudiante?</p>		
<p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> QUIZÁS <input type="checkbox"/></p>		
<p>5. ¿Considera que es importante aprender software de comunicación para implementaciones de los procesos eléctricos?</p>		
<p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> QUIZÁS <input type="checkbox"/></p>		
<p>6. ¿Piensa que es importante para el ámbito profesional, el desarrollo de las prácticas de laboratorio con el uso de equipos que posean características similares a las que se encuentran en el área industrial?</p>		
<p>SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> QUIZÁS <input type="checkbox"/></p>		

Anexo C	Tema: Distribución Chi – cuadrado.	1/1
---------	------------------------------------	-----

<i>Gr.Lib.</i>	$\chi^2_{0,9}$	$\chi^2_{0,95}$	$\chi^2_{0,975}$	$\chi^2_{0,99}$	$\chi^2_{0,995}$
1	2.705543	3.841459	5.023886	6.634897	7.879439
2	4.605170	5.991465	7.377759	9.210340	10.596635
3	6.251389	7.814728	9.348404	11.344867	12.838156
4	7.779440	9.487729	11.143287	13.276704	14.860259
5	9.236357	11.070498	12.832502	15.086272	16.749602
<b>6</b>	10.644641	<b>12.591587</b>	14.449375	16.811894	18.547584
7	12.017037	14.067140	16.012764	18.475307	20.277740
8	13.361566	15.507313	17.534546	20.090235	21.954955
9	14.683657	16.918978	19.022768	21.665994	23.589351
10	15.987179	18.307038	20.483177	23.209251	25.188180
11	17.275009	19.675138	21.920049	24.724970	26.756849
12	18.549348	21.026070	23.336664	26.216967	28.299519
13	19.811929	22.362032	24.735605	27.688250	29.819471
14	21.064144	23.684791	26.118948	29.141238	31.319350
15	22.307130	24.995790	27.488393	30.577914	32.801321

MAGNITUDES Y UNIDADES ELÉCTRICAS - SUS SÍMBOLOS Y RELACIONES				
MAGNITUD			UNIDAD	
Denominación	Símbolo	Denominación	Abreviatura	Relaciones
Fuerza electromotriz	E	Volt	V	1 V = 1000 mV = 0,001 kV
Tensión (diferencia de potencial)	U	Kilovolt	kV	1 kV = 1000 V
Intensidad de corriente	I	Millivolt	mV	1 mV = 0,001 V = 1/1000 V
		Ampere	A	1 A = 1000 mA
		Milliampere	mA	1 mA = 0,001 A = 1/1000 A
Resistencia	R	Ohm	$\Omega$	1 $\Omega$ = 1/1.000.000 M $\Omega$
		Megohm	M $\Omega$	1 M $\Omega$ = 1.000.000 $\Omega$
Resistividad	$\rho$	Ohm x mm <sup>2</sup> /m		$\rho$ para cobre: 0,0175 para aluminio: 0,029
Conductividad	$\gamma = 1/\rho$	m/Ohm x mm <sup>2</sup>		$\gamma$ para cobre: 57 para aluminio: 34
Capacidad	C	Farad	F	1 F = 1.000.000 $\mu$ F
		Microfarad	$\mu$ F	1 $\mu$ F = 0,000.001 F = 1/1.000.000 F
Inductancia	L	Henry	H	
		Millihenry	mH	1 mH = 0,001 H = 1/1000 H
Impedancia	Z	Ohm	$\Omega$	
Reactancia	X	Ohm	$\Omega$	
Frecuencia	f	Hertz (ciclos por segundo)	Hz	1 Hz = 1 c/s
Cantidad de electricidad	Q	Coulomb	C	1 C = 1 A seg.
		Ampere - hora		1 Ah = 3600 A seg. = 3600 C
Potencia activa	P	Watt	W	
		kilowatt	kW	1 kW = 1.000 W
		Megawatt	MW	1 MW = 1.000 kW
Potencia reactiva	Pr	Volt - Ampere reactivo	VAr	
Potencia aparente	Pa	Volt - Ampere	VA	
		Kilovolt - Ampere	kVA	1 kVA = 1.000 VA
Energía eléctrica	W	Kilowatt - hora	kWh	1 kWh = 1.000 Wh

MAGNITUD	SÍMBOLO	UNIDAD	SÍMBOLO UNIDAD
Carga	q	culombio	C
Campo eléctrico	E	voltio por metro	V/m
Tensión	v	voltio	V
Corriente	i	amperio	A
Energía	w	julio	J
Potencia	p	vatio	W
Tiempo	t	segundo	s
Frecuencia	f	hercio	Hz
Pulsación o frecuencia angular	$\omega$	radián por segundo	rad/s
Angulo de fase	$\phi$	radián o grado	rad o °
Resistencia	R	ohmio	$\Omega$
Impedancia	Z	ohmio	$\Omega$
Conductancia	G	siemens	$\Omega^{-1}$ o S
Admitancia	Y	siemens	$\Omega^{-1}$ o S
Capacidad	C	faradio	F
Inductancia	L	henrio	H
Flujo magnético	$\phi$	weber	Wb
Inducción magnética	B	tesla	T

**TABLA POTENCIAS NOMINALES MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN**  
 3000/1500 rpm. [Cos.φ 0,8]

KW	HP	220 V.	380 V.	660 V.
		I [A]	I [A]	I [A]
0,18	0,25	0,6	0,3	0,2
0,37	0,5	1,2	0,7	0,4
0,55	0,75	1,8	1	0,6
0,74	1	2,4	1,4	0,8
1,1	1,5	3,6	2,1	1,2
1,5	2	4,8	2,8	1,6
2,2	3	7,3	4,2	2,4
2,9	4	9,7	5,6	3,2
4	5,5	13,3	7,7	4,4
5,5	7,5	18,1	10,5	6
7,4	10	24,2	14	8,1
11	15	36,3	21	12,1
13,6	18,5	44,7	25,9	14,9
14,7	20	48,3	28	16,1
18,4	25	60,4	35	20,1
22,1	30	72,5	42	24,2
25	34	82,2	47,6	27,4
29,4	40	96,7	56	32,2
44,2	60	145	84	48,3
55,2	75	181,3	105	60,4
73,6	100	241,7	139,9	80,6
92	125	302,2	174,9	100,7
110,4	150	362,6	209,9	120,9
128,8	175	423	244,9	141
161,9	220	531,8	307,9	177,3
220,8	300	725,2	419,8	241,7

Ejecución del devanado (V)	Tensión de la red (V)	Devanado en	% Potencia nominal de placa	Tipo de arranque permitido
220-260Δ/440Y <sup>1)</sup> Tamaños 71-160	220	Δ	80	Directo/Y-Δ
	260	Δ	100	Directo/Y-Δ
	380	Δ	100	Directo
	440	Δ	100	Directo
208 - 220 YY/ 440 Y Tamaños 71-112	208	YY	90	Directo
	220	YY	100	Directo
	440	Y	100	Directo
208-220 ΔΔ / 440 Δ Tamaños 132-280	208	ΔΔ	90	Directo/Y-Δ
	220	ΔΔ	100	Directo/Y-Δ
	380	YY		Directo
	440	Δ	100	Directo/Y-Δ

Los motores que se arranquen en estrella-triángulo, la conexión de servicio será en triángulo.

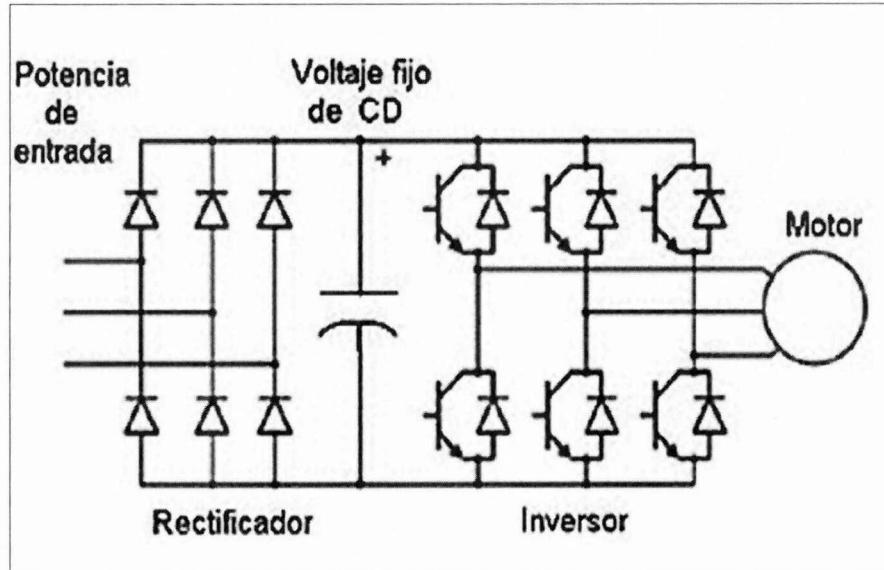
1) Esta ejecución está siendo descontinuada debido a que cada vez son más escasas las redes a 260 V en el país. Se suministra bajo pedido.

Valores eficaces (rms)	Descripción	Valor instantáneo	Mín.	Máx.	Valor medio de todas las fases	Valor medio del periodo de demanda	Valor total	Unidad
Tensión fase-neutro	$U_{L1-N} / U_{L2-N} / U_{L3-N}$	✓	✓	✓	✓ <sup>1)</sup>			[V, kV]
Tensión entre fases (compuesta)	$U_{L1-L2} / U_{L2-L3} / U_{L3-L1}$	✓	✓	✓	✓ <sup>1)</sup>			[V, kV]
Corriente	$I_{L1} / I_{L2} / I_{L3}$	✓	✓	✓	✓ <sup>1)</sup>			[A, kA]
Potencia aparente de cada fase	$S_{L1} / S_{L2} / S_{L3}$	✓	✓	✓				[VA, kVA, MVA, GVA]
Potencia activa de cada fase, importada/exportada	$\pm P_{L1} / \pm P_{L2} / \pm P_{L3}$	✓	✓	✓				[W, kW, MW, GW]
Potencia reactiva de cada fase, positiva/negativa	$\pm Q_{L1} / \pm Q_{L2} / \pm Q_{L3}$	✓	✓	✓				[var, kvar, Mvar, Gvar]
Potencia aparente total	$S_{total}$	✓	✓	✓				[VA, kVA, MVA, GVA]
Potencia activa total, importada/exportada	$\pm P_{total}$	✓	✓	✓		✓ <sup>2)</sup>		[W, kW, MW, GW]
Potencia reactiva total, positiva/negativa	$\pm Q_{total}$	✓	✓	✓		✓ <sup>2)</sup>		[var, kvar, Mvar, Gvar]
Factor de potencia	$ PF_{L1}  /  PF_{L2}  /  PF_{L3} $	✓	✓	✓				[%]
Factor de potencia total	$PF_{total}$	✓	✓	✓		✓		[%]
Frecuencia de red	$f$	✓	✓	✓				[Hz]
THD en tensión	$THD-U_{L1} / THD-U_{L2} / THD-U_{L3}$	✓		✓				[%]
THD en corriente	$THD-I_{L1} / THD-I_{L2} / THD-I_{L3}$	✓		✓				[%]

Valores eficaces (rms)	Descripción	Valor instantáneo	Mín.	Máx.	Valor medio de todas las fases	Valor medio del periodo de demanda	Valor total	Unidad
Energía activa, importada <sup>3)</sup> / exportada	$\pm W_{L1..3}$						✓	[Wh, kWh, MWh, GWh]
Energía reactiva, positiva <sup>4)</sup> / negativa	$\pm W_{QL1..3}$						✓	[varh, kvarh, Mvarh, Gvarh]
Energía aparente	$\pm W_{SL1..3}$						✓	[VAh, kVAh, MVAh, GVAh]
Contador universal								<sup>5)</sup>
Contador de horas de funcionamiento	Bh (tiempo de funcionamiento del consumidor)						✓	[h]
Desbalance de tensión	Desbal.U						✓	[%]
Desbalance de corriente	Desbal.I						✓	[%]

Calibre AWG - MCM	Sección Real (mm <sup>2</sup> )	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460

Tamaño del cable, corte de área seccional mm <sup>2</sup>	Corriente Máxima [A]	Potencia generada [W]		
		12 V	24 V	220 V
1.0	10	20	240	2200
1.5	15	80	360	3300
2.5	20	240	480	4400
4.0	30	360	720	6600
6.0	35	420	840	7700
10.0	50	600	1200	11000
16.0	70	840	1680	15400
25.0	90	1080	2160	19800

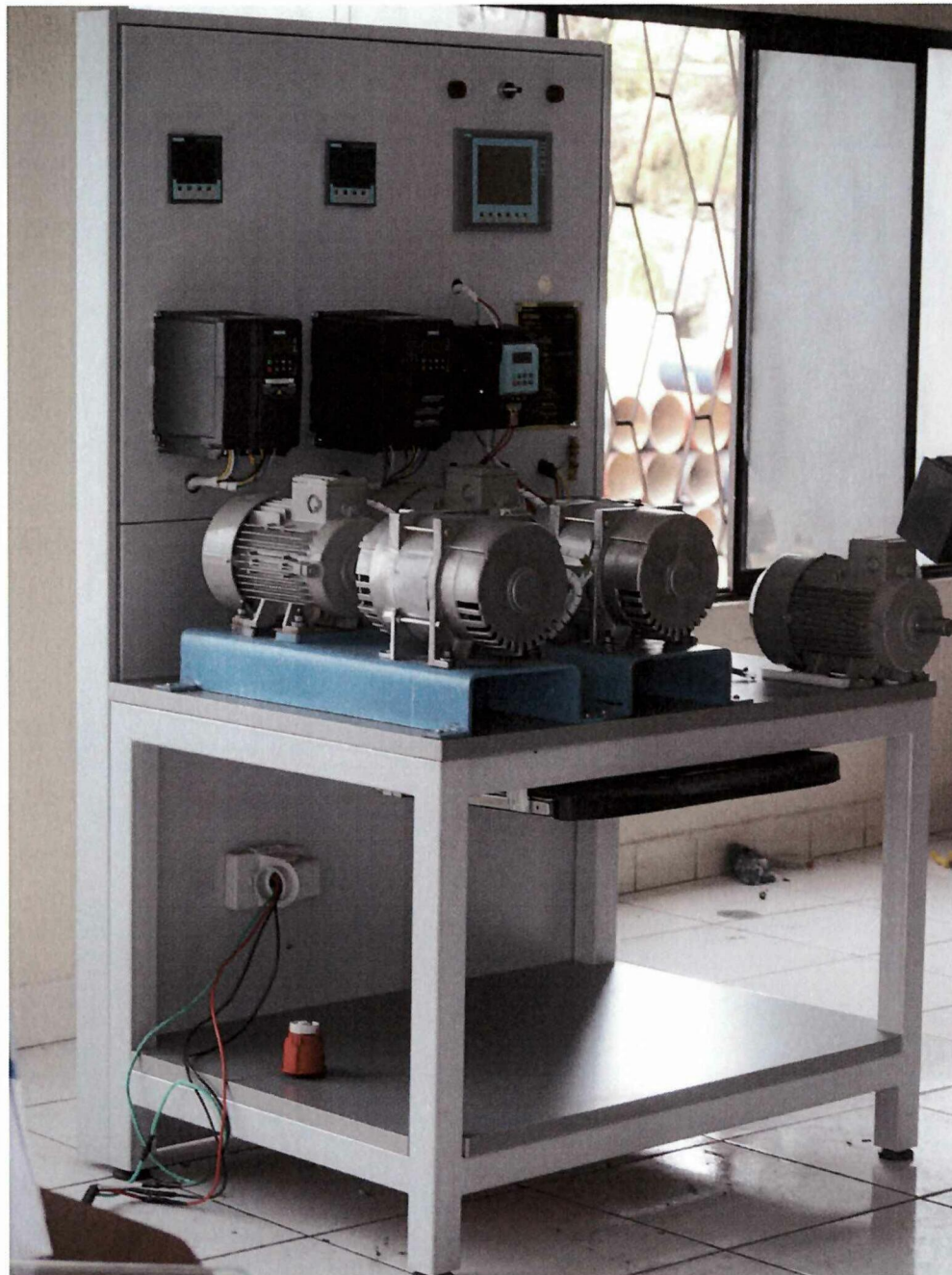


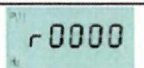









TIPO DE MOTOR	CARACTERISTICAS DE VELOCIDAD	ELEMENTO CONTROLADOR
CORRIENTE DIRECTA EXCITACION INDEPENDIENTE	Amplia Regulación de Velocidad	a) Resistencia en serie. b) Resistencia en derivación y en serie con el inducido. c) Resistencias en derivación con el inducido y el campo.
CORRIENTE DIRECTA EXCITACION EN DERIVACION	Velocidad constante	a) Resistencia en serie con el inducido. b) Resistencia en serie con la excitación. c) Resistencia en serie y en paralelo con el inducido.
CORRIENTE DIRECTA EXCITACION CONPUESTA	Regulación del orden de n 25%.	a) Resistencia en serie con el inducido. b) Resistencia en serie con el campo en derivación.

Características	Datos técnicos			
Tensión de red y márgenes de frecuencia	200 V a 240 V ( $\pm 10\%$ ) 1AC		120 W a 3.0 Kw	
Frecuencia de red	47 a 63 Hz			
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz			
Cos phi	$\geq 0,95$			
Grado de rendimiento del convertidor	90% a 94% $\geq 95\%$ para equipos $< 750$ W para equipos $\geq 750$ W			
Capacidad de sobrecarga	Sobrecorriente = 1,5 x corriente de salida nominal (o sea 150 % sobrecarga) durante 60 s, después 0,85 x corriente de salida nominal durante 240 s, tiempo de ciclo 300 segundos			
Tensiones de salida para el usuario	24 V en bornes 6 y 7 (50 Ma sin regular); 10 V en bornes 8 y 10 (5 Ma)			
Corriente de precarga	Menor que la corriente de entrada nominal			
Métodos de control	Características: Lineal V/f; cuadrática V/f; multipunto V/f (parametrizable)			
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar); 2 kHz a 16 kHz (en pasos de 2 kHz)			
Frecuencias fijas	3, parametrizable			
Inhibición de frecuencia	1, parametrizable			
Resolución de consigna	0,01 Hz digital, 0,01 Hz en serie, 10 bit analógica (potenciómetro motorizado 0,1 Hz)			
Entradas digitales	3, parametrizable, sin separación galvánica; PNP, compatible con SIMATIC, low $< 5$ , high $> 10$ V, tensión de entrada máxima 30 V			
Entrada analógica (variante analógica)	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital)			
Salida digital	1, salida de optoacoplador con separación galvánica (DC 24 V, 50 Ma carga óhmica), tipo de transistor NPN			
Interfase en serie (variante USS)	RS485, para operación con protocolo USS			
Longitud cables motor	Máx. 25 m (apantallado)	máx. 50 m (no apantallado)		
Compatibilidad electromagnética	Todos los equipos con filtro EMC integrado para sistemas de accionamientos en instalaciones de la categoría C2 (distribución restringida). Valor límite según EN55011, clase A, grupo 1. Además todos los equipos con filtro integrado y cables apantallados, con una longitud máxima de 5 m cumplen con el valor límite EN55011, clase B.			
Frenado	Frenado combinado (solo en versión de firmware 1.1), frenado por DC.			
Grado de protección	IP20			
Temperatura en servicio	$-10$ °C a $+40$ °C (hasta $+50$ °C con reducción de potencia)			
Temper. Almacenamien.	$-40$ °C a $+70$ °C			
Humedad	95 % (no se permiten condensaciones)			
Altitud	Hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin reducir la potencia			
Funciones de protección del convertidor	• Subtensión • Cortocircuito	• Sobretensión • Prot.bascul. motor	• Protección térmica I2t • Sobretemperatura convertidor • Sobretemperatura motor	
Conformidad de normas	UL, CuL, CE, e-tick			
Marcados CE	Según normas de baja tensión CE 73/23/EWG			
Dimensiones y pesos (sin opciones)	Tamaño constructivo (FS)	Altura x anchura x profundidad mm (pulgadas)	Peso aprox. Kg (lbs)	
			Sin filtro	Con filtro
	A hasta 370W A 550 & 750W	150 x 90 x 116 (5,9 x 3,5 x 4,6) 150 x 90 x 131 (5,9 x 3,5 x 5,2)	0,7 (1,5) 0,8 (1,8)	0,8 (1,7) 0,9 (2,0)

Tensión de entrada	1 AC 200 V - 240 V, ± 10 %					
Gamas de potencia	120 W - 750 W					
Tamaño constructivo	A	A	A	A	A	
Potencia nominal del motor [Kw] [hp]	0,12 016	0,25 033	0,37 05	0,55 075	0,75 10	
Referencia Sin filtro	6SL3211-					
Análogica	0AB11-2UA0*	0AB12-5UA0*	0AB13-7UA0*	0AB15-5UA0*	0AB17-5UA0*	
USS	0AB11-2UB0*	0AB12-5UB0*	0AB13-7UB0*	0AB15-5UB0*	0AB17-5UB0*	
Flat Plate, analógica	0KB11-2UA0*	0KB12-5UA0*	0KB13-7UA0*	0KB15-5UA0*	0KB17-5UA0*	
Flat Plate, USS	0KB11-2UB0*	0KB12-5UB0*	0KB13-7UB0*	0KB15-5UB0*	0KB17-5UB0*	
Con filtro EMC integrado	Análogica	0AB11-2BA0*	0AB12-5BA0*	0AB13-7BA0*	0AB15-5BA0*	0AB17-5BA0*
USS	0AB11-2BB0*	0AB12-5BB0*	0AB13-7BB0*	0AB15-5BB0*	0AB17-5BB0*	
Flat Plate, analógica	0KB11-2BA0*	0KB12-5BA0*	0KB13-7BA0*	0KB15-5BA0*	0KB17-5BA0*	
Flat Plate, USS	0KB11-2BB0*	0KB12-5BB0*	0KB13-7BB0*	0KB15-5BB0*	0KB17-5BB0*	
Corriente de salida I <sub>2</sub> [A]	0,9	1,7	2,3	3,2	3,9 (40°C)	
Corriente de entrada I <sub>3</sub> [A]	2,3	4,5	6,2	7,7	10,0	
Fusibles recomendados [A]	10,0 3NA3803 n	10,0 3NA3803	10,0 3NA3803	10,0 3NA3803	16,0 3NA3805	
Secciones para cables de entrada (red) [mm <sup>2</sup> ] [AWG]	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 2,5 14 - 12	
Secciones para cables de salida (motor) [mm <sup>2</sup> ] [AWG]	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	

Característica	Especificación
Tensión de red en servicio	200 a 240 V $\pm$ 10% 1AC 200 a 240 V $\pm$ 10% 3AC 380 a 480 V $\pm$ 10% 3AC
Márgenes de potencia	200 a 240 V $\pm$ 10% 1AC0,12kW – 3,0 kW 200 a 240 V $\pm$ 10% 3AC0,12kW – 5,5 kW 380 a 480 V $\pm$ 10% 3AC0,37kW – 11,0 kW
Dimensiones (sin placa de prensaestopas)	FSA [anch*alt*prof] mm (pulgadas)
	73 (2,87)    173 (6,81)    149 (5,87)
	FSB [anch*alt*prof] mm (pulgadas)
	149 (5,87)    202 (7,96)    172 (6,77)
	FSC [anch*alt*prof] mm (pulgadas)
	185 (7,28)    245 (9,65)    195 (7,68)
Grado de protección	IP20
Margen de temperatura	-10°C a +50°C
Temperatura almacenamiento	-40°C a +70°C
Humedad	95% humedad relativa; sin condensación
Altitud de operación	hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin necesidad de reducción de potencia
Método de control	V/f lineal; V/f cuadrática; Flux Current Control (FCC)
Capacidad de sobrecarga	1,5 * corriente nominal de salida durante 60 s (cada 300 s)
Compatibilidad electromagnética	Filtros EMC opcionales según EN55011, clase A o B, también hay disponibles filtros clase A internos
Características de protección	Mínima tensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, prevención de desenganche, rotor bloqueado, sobretensión en motor, sobretensión en convertidor
Frecuencia de entrada	47 a 63 Hz
Resolución de consigna	0,01Hz digital, 0,01 Hz serie, 10 bits analógica
Frecuencia de pulsación	2kHz a 16kHz (en pasos de 2kHz)
Entradas digitales	3 entradas programables aisladas, conmutables entre activa con high/activa con low (PNP/NPN)
Frecuencias fijas	7 programables
Frecuencias inhibibles	4 programables
Salidas de relé	1 programable 30V DC / 5A (carga resistiva), 250V AC 2A (carga resistiva)
Entrada analógica	1 (0/2 a 10V) usada para consigna o señal de realimentación regulador PI
Salida analógica	1 (0/4 a 20mA) programable
Interface serie	RS-232 y RS-485
Diseño/fabricación	de acuerdo a ISO 9001
Normas	UL, cUL, CE, C-tick
Marcado CE	de acuerdo con las directivas europeas "Baja tensión" 73/23/CEE y "Compatibilidad electromagnética" 89/336/CEE
Factor de potencia	$\geq$ 0,7
Rendimiento del convertidor	96 a 97 %
Corriente al conectar	Inferior a la corriente nominal de entrada
Frenado	Frenado por inyección de c.c., frenado combinado



Panel/botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitar este botón, ajustar P0700 o P0719 de la siguiente forma: BOP: P0700 = 1 ó P0719 = 10 ... 16 AOP: P0700 = 4 ó P0719 = 40 ... 48 en interface BOP P0700 = 5 ó P0719 = 50 ... 58 en interface COM
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo → véase botón "Marcha". OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (por inercia). Esta función está siempre habilitada.
	Invertir sentido de giro	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado; → véase botón "Marcha".
	Jog motor	Pulsando este botón en estado "listo" el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Funciones	Este botón sirve para visualizar información adicional. Pulsando y manteniendo este botón apretado 2 segundos durante la marcha, desde cualquier parámetro, muestra lo siguiente: 1. Tensión del circuito intermedio (indicado mediante d. unidades en V). 2. Corriente de salida (A) 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. Tensión de salida (indicada mediante o. unidades en V). 5. El valor que se seleccione en P0005 (si P0005 está ajustado para mostrar cualquiera de los valores de arriba (1 - 4) éste no se muestra de nuevo). Pulsando de nuevo circula la sucesión anterior. <b>Función de salto</b> Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000, lo que permite modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo al punto inicial <b>Anular</b> Cuando aparecen mensajes de alarma y error, se pueden anular, pulsando el botón Fn.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón aumenta el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón disminuye el valor visualizado.
	Menú AOP	Llamada del menú en el AOP (solo si se dispone de AOP).

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**Manual de Uso del Módulo de Sincronismo de Generadores de Baja Potencia**

**INGENIERIA ELECTROMECANICA**  
**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

Autores:  
Guishcaso Cristian  
Toapanta José L.

<b>Anexo M</b>	<b>Tema:</b> Manual de Uso del Módulo Didáctico	<b>2/7</b>
----------------	---	------------

## SEGURIDAD

### *Mensajes de seguridad*

Los mensajes de seguridad se indican en el presente manual precedidos del símbolo de aviso:



Mensajes indicados con la palabra “PELIGRO”: La no observancia de los mensajes de seguridad acompañados del término “PELIGRO” pueden derivar en una situación de peligro inminente o potencial que, si no se evita, puede ocasionar lesiones moderadas o graves o incluso la muerte del operador y/o las personas que se encuentren en las inmediaciones de la máquina.

Mensajes indicados con la palabra “IMPORTANTE”: La no observancia de los mensajes de seguridad acompañados del término “IMPORTANTE” pueden suponer un mal uso de la máquina y causar daños en la misma.

### *Cumplimiento de las Normas de Seguridad*

Es imprescindible para un funcionamiento seguro del módulo leer detenidamente y cumplir todas las indicaciones de seguridad recogidas en el presente manual.

El módulo incorpora rótulos de seguridad que deben mantenerse en perfecto estado, con el fin de permitir el cumplimiento de sus indicaciones al operador. En caso de deterioro deben ser sustituidos.

Las normas de seguridad de obligado cumplimiento aquí expuestas deben entenderse como una lista indicativa y no exhaustiva, dado que no es posible indicar todas las situaciones peligrosas que se pueden dar.

*Medidas preventivas durante la utilización*



**PROHIBIDO**

Queda prohibido el manejo del módulo didáctico a personal no autorizado



**PELIGRO**

Mantenga las manos lejos de todas las partes móviles mientras el módulo esté en operación

**MEDIDAS PREVENTIVAS DURANTE EL MANTENIMIENTO****PELIGRO**

No realizar ninguna operación de mantenimiento sin desenergizar previamente la máquina de la red eléctrica

**MANTENIMIENTO DEL MÓDULO DE PRÁCTICAS**

El objetivo de darle un buen mantenimiento a este módulo, es lograr que no presente fallas ni paro al momento de realizar las prácticas demostrativas.

El tipo de mantenimiento que se tomó en cuenta para este módulo didáctico para prácticas demostrativas fue principalmente el Preventivo, para conservar el prototipo lo más apegada posible a las condiciones y especificaciones del diseño.

Solo se permite el manejo y mantenimiento de la máquina a personal formado, calificado y autorizado.

Es imprescindible leer adecuada y detenidamente las instrucciones recogidas en el presente manual antes de iniciar la operación del módulo didáctico. Cualquier duda que pudiera surgir relativa a su manejo debe ser inmediatamente planteada al docente encargado.

Anexo M	Tema: Manual de Uso del Módulo Didáctico	5/7
<p>Existen áreas críticas en la realización del mantenimiento, y para este mecanismo se complementaron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inspección</li> <li>✓ Limpieza</li> <li>✓ Ajustes</li> </ul> <p><b>Inspección:</b> se recomienda una inspección semestralmente de todo el equipo para encontrar piezas dañadas, fallas leves o imperfecciones en el equipo. La máquina debe ser monitoreada durante su operación para identificar anomalías durante las prácticas y estas sean corregidas. Durante las prácticas, si se identifica que no se está realizando la operación correctamente, es señal de que se requiere hacer ajustes o reparaciones o en caso extremo recurrir a un chequeo general y detallado del módulo. Durante la inspección si se encuentran partes rotas, estas deben ser reemplazadas o reparadas antes de hacer que el problema se agrave y afecte a los otros equipos y sea causa de un paro.</p> <p><b>Limpieza:</b> se tiene que mantener todos los componentes de los sistemas completamente limpios y libres de polvo, grasa o algunos residuos, ya que estos pueden hacer que las conexiones de los sistemas se desajuste o dañe, y por consiguiente generar averías de los equipos que conforman el modulo.</p> <p><b>Ajustes:</b> es indispensable analizar todos los tornillos de la estructura que pudieran llegar a aflojarse debido a las vibraciones, de ser necesario realizar un ajuste riguroso.</p>		

Anexo M	Tema: Manual de Uso del Módulo Didáctico	6/7
<p data-bbox="252 456 580 488"><b><i>Limitaciones de operación</i></b></p> <p data-bbox="252 544 1251 622">Se tendrá en cuenta sucesos o eventos que por experiencia sabemos que producen fallas en el sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="300 678 1251 813">✓ No se pueden energizar los motores con cualquier carga eléctrica, estas cargas han sido delineadas en función de la capacidad y tolerancia de los motores utilizados en el banco de pruebas.</li> <li data-bbox="300 835 1251 1025">✓ No se puede poner en sincronismo los dos módulos sin antes comprobar que la secuencia de fase entre las fuentes sean similares, por lo cual se podrá confirmar si los focos Led se encuentran apagados como condición positiva de operación.</li> <li data-bbox="300 1048 1251 1182">✓ No se puede trabajar con condiciones superiores a las establecidas a los motores asíncronos pues corre el riesgo de causar sobretensiones peligrosas en los equipos instalados en el Módulo Didáctico.</li> </ul> <p data-bbox="616 1323 979 1355" style="text-align: center;"><b>Modo de Operación Manual</b></p> <p data-bbox="252 1406 1251 1485">Orden sugerida en operación normal para llevar en marcha las prácticas de laboratorio estipuladas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="300 1547 1251 1626">1. El encargado del Módulo antes de operar a posición ON el Breaker principal trifásico del tablero deberá confirmar: <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="389 1682 1190 1713">✓ Todos los elementos montados en el módulo en posición OFF.</li> </ul> </li> <li data-bbox="300 1771 1251 1850">2. Una vez establecida estas condiciones, operar el Breaker principal trifásico en posición ON.</li> <li data-bbox="300 1872 1182 1904">3. Confirmar que las pantallas de los medidores y equipos se encuentren</li> </ol>		

Anexo M	Tema: Manual de Uso del Módulo Didáctico	7/7
<p>encendidas y mostrando datos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Subir los Breaker monofásicos a la posición ON para activar los demás elementos.</li> <li>5. Manipular los variadores de frecuencia P700 opción 1(ver anexo L) forma manual, hasta llegar a condiciones establecidas para la correcta operación.</li> <li>6. Observar en las pantallas de los SENTRON PAC los voltajes, Corrientes y frecuencia, etc.</li> <li>7. Establecido los parámetros anteriores, observamos el sincronismo de los generadores mediante el cumplimiento de las condiciones antes expuestas.</li> <li>8. Los Focos Led deben estar apagados esto significa que el sincronismo se puede efectuar en perfectas condiciones.</li> <li>9. Luego de concluida la Práctica Demostrativa se debe seguir los siguientes pasos: <ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Desactivar los Breaker monofásicos.</li> <li>✚ Presionar el Botón STOP de los Variadores de Frecuencia y esperar que se detengan los dos módulos.</li> <li>✚ Operar a posición OFF el Break principal trifásico.</li> <li>✚ Desconectar el Enchufe IEC trifásico.</li> </ul> </li> </ol>		

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS**



**INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**Guías Prácticas del Módulo de Pruebas de  
Sincronismo de Generadores de Baja Potencia**



**Autores:**  
Guishcaso Cristian  
Toapanta José L.

Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	2/15
<p><b>1. Tema:</b> Operación del Grupo Motor-Generador 1</p> <p><b>2. Objetivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar la práctica de la puesta en marcha del grupo de generación 1 para conocer sus parámetros eléctricos.</li> <li>➤ Realizar el arranque y parada del grupo mediante el uso del Variador de frecuencia Micromaster 440.</li> </ul> <p><b>3. Equipos a utilizar:</b></p> <p>3.1 Variador de frecuencia Micromaster 440</p> <p>3.2 Grupo Motor-Generador</p> <p>3.3 Convertidor de Voltaje Sinamig G110</p> <p>3.4 Medidor de energía Sentron Pac</p> <p><b>4. Conceptos Básicos</b></p> <p>a) El variador de frecuencia es un dispositivo o conjunto de dispositivos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la frecuencia o velocidad de una máquina por concepto básico de que si se incrementa la frecuencia también lo hará la velocidad y de la misma manera si se aplica lo contrario. Esto se lo aplica mayormente en los motores trifásicos.</p> <p>b) El BOP (Panel de Operación Básica) es un complemento del variador de frecuencia en sí, en donde se pueden modificar señales de control y consignas de velocidad, apretando simplemente el botón que corresponda a la acción requerida.</p> <p>c) El Grupo Motor Generador actuará dependiendo a la frecuencia o velocidad de maniobra que se le inserte al variador de frecuencia.</p>		

Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	1/15
<p>d) Cuando el ajuste de fábrica de los convertidores no es el adecuado para la aplicación a realizarse, se puede modificar el ajuste y adaptar el convertidor.</p> <p>e) El SENTRON PAC3200 dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de energía activa y reactiva, un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio. Gracias a su diseño compacto representa un sustituto ideal para los instrumentos analógicos convencionales, cuenta con un amplio rango de tensión medida, el SENTRON PAC3200 puede conectarse en tensiones bajas de 690V, como en conexiones directas de hasta 500V, y para tensiones superiores se debe usar transformadores de tensión y para medir corriente sus propios transformadores de corriente que vienen en varias medidas Ej. 50/1 A., 60/5 A.</p> <p>f) El Sentron PAC 3200 puede obtener más de 50 magnitudes medidas con valores máximos y mínimos, con un margen de error del 05% del valor medido, por lo que lo hace importante su utilización en el sector industrial.</p> <p><b>5.- Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar la respectiva conexión del conector IEC Tetrapolar para lograr la energización del módulo de pruebas.</li> <li>➤ Poner en marcha al motor mediante el variador de frecuencia poniendo la orden ON, P700 opción 1(ver anexo L) por medio de su respectivo botón del BOP entonces el motor se acelera a través de una rampa de aceleración hasta alcanzar la frecuencia deseada.</li> <li>➤ Ponga la orden de REV por medio de su respectivo botón ubicado en el BOP, entonces el variador obliga al motor a desacelerar a través de una rampa de desaceleración hasta regresar de nuevo a la frecuencia de 0 Hz.</li> </ul>		

Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	2/15
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entonces al quitar la orden de ON y consecutivamente dar orden de OFF presionando el botón que logra este mando el variador desacelera al motor hasta lograr que este llegue a la velocidad 0 y por tanto el medidor de energía Sentron Pac 3200 deja de mostrar las variables obtenidas de la generación obtenida por el grupo Motor Generador.</li> <li>➤ Si se quiere variar la frecuencia de manera manual habrá que ingresar al parámetro que comanda este valor lo cual se lo realizara de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Presionar el botón con la letra P que se encuentra en el Panel de Operación Básica.</li> <li>b) Luego buscar el parámetro que está como P1080 mediante el cual se logra variar la frecuencia hasta encontrar la indicada para el correcto funcionamiento del módulo.</li> <li>c) Una vez encontrado el parámetro presionar en la opción P de manera que ingresará a dos opciones, elegir la segunda.</li> <li>d) En la segunda opción se encuentra la frecuencia sobre la cual se puede realizar la respectiva edición con los botones de desplazamiento hasta alcanzar la frecuencia deseada.</li> </ul> </li> <li>➤ En el medidor de energía Sentron Pac 3200 se podrá visualizar las variables obtenidas de una etapa de generación.</li> </ul>		
<p><b>6.- Elaboración de un Informe</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Presentar y dar a conocer cada uno de los circuitos que se ha implementado para elaborar la práctica.</li> <li>➤ Visualizar y registrar los datos obtenidos de una etapa de generación.</li> </ul>		

Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	3/15
<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="300 421 1259 510">➤ Presentar los datos de las máquinas a controlar mediante el Variador de Frecuencia.</li><li data-bbox="300 521 1259 667">➤ Expresar todos los parámetros de la máquina sincrónica obtenidos en esta práctica tomando como base el Voltaje y la Potencia Nominal de la máquina.</li></ul> <p data-bbox="252 730 469 763"><b>7.- Conclusiones</b></p> <p data-bbox="252 835 528 869"><b>8.- Recomendaciones</b></p> <p data-bbox="252 938 453 972"><b>9.- Bibliografía</b></p>		

<b>Anexo N</b>	<b>Tema:</b> Guía Práctica del módulo de pruebas.	<b>4/15</b>
<p><b>1.- Tema:</b> Puesta en servicio rápida usando el Micromaster 440</p> <p><b>2.- Objetivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conocer el uso del Micromaster 440 y sus diferentes parámetros para la puesta en servicio.</li> <li>➤ Ingresar los datos de la placa del motor para su parametrizado, seleccionando la fuente de comandos del panel básico de operaciones (BOP).</li> </ul> <p><b>3.- Equipos a utilizar:</b></p> <p>3.1 Variador de frecuencia Micromaster 440</p> <p>3.2 Grupo Motor-Generador</p> <p>3.3 Convertidor de Voltaje Sinamig G110</p> <p>3.4 Medidor de energía Sentron Pac</p> <p>3.5 Pantalla TOUCH KTP 600 Mono</p> <p><b>4.- Conceptos Básicos</b></p> <p>a) El variador de frecuencia es un dispositivo o conjunto de dispositivos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la frecuencia o velocidad de una máquina por concepto básico de que si se incrementa la frecuencia también lo hará la velocidad y de la misma manera si se aplica lo contrario. Esto se lo aplica mayormente en los motores trifásicos.</p>		

Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	5/15
<p><b>b)</b> El BOP (Panel de Operación Básica) es un complemento del variador de frecuencia en sí, en este punto donde ya hay familiarización con los botones del panel y conocemos la función de cada uno se pueden modificar señales de control y consignas de velocidad al variador para desarrollar una puesta en servicio rápida.</p> <p><b>c)</b> El SENTRON PAC3200 proporciona información transparente. Este aparato puede ser usado en cualquier lugar donde se distribuya energía eléctrica. SENTRON PAC3200 memoriza parámetros como tensión, corriente, potencia, valores de energía, frecuencia, factor de potencia. El aparato suministra los datos fundamentales que le darán una descripción exacta de donde se consume corriente y como fluye la energía en su sistema eléctrico.</p> <p><b>d)</b> Un Grupo Motor-Generador consta de un motor eléctrico y un generador conectado mecánicamente de manera que el motor hace girar al generador. El motor suministra así la energía mecánica que el generador transforma en energía eléctrica. Tanto el motor como el generador suelen estar montados sobre la misma base y pueden moverse e instalarse como una sola unidad.</p> <p><b>e)</b> También se tiene fácilmente acceso a los parámetros del SINAMIC G110. La puesta en servicio rápida es una forma óptima para adaptar el SINAMIC G110 a un motor determinado.</p> <p><b>f)</b> Pantalla TOUCH KTP 600 Mono es una pantalla táctil gráfica de alto contraste, con teclas de función táctiles, funcionalidad básica de red y comunicación homogénea. Sirven para todo tipo de aplicaciones con manejo y visualización local de máquinas e instalaciones compactadas en procesos eléctricos.</p>		

Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	6/15
<p><b>5.- Procedimiento</b></p> <p>Coloque los cables de conexión para alimentar el módulo previa a la conexión de los motores, acceda a la pantalla TOUCH KTP 600 e ingrese a la posibilidad de control por medio de la señal ON/OFF y esta orden se lo asigna en la pantalla correspondiente a la puesta en servicio.</p> <p>En la pantalla ingrese a los parámetros que se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pulsar la tecla F1 de las de funciones de la pantalla para que aparezca el diseño de ON/OFF de los Motores – generadores.</li> </ul> <div data-bbox="523 999 932 1205" style="text-align: center;"> <p>The image shows a control panel with four buttons arranged in a 2x2 grid. The top row contains two buttons labeled 'GENERADOR 1' and 'GENERADOR 2', both with 'OFF' text. The bottom row contains two buttons labeled 'Carga 1' and 'Carga 2', also both with 'OFF' text.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Presionar OFF del Generador1 se colocara en estado ON para activar el Grupo Motor-Generador de manera automática.</li> <li>➤ Observar en la pantalla de los BOP que poseen cada variador la frecuencia aplicada y los parámetros de los motores.</li> <li>➤ Presionar OFF de la Carga 1 para activar automáticamente el funcionamiento del motor utilizado carga.</li> <li>➤ Al momento de activar los equipos tomar en cuenta que los parámetros sean los deseados o establecidos para el funcionamiento.</li> </ul> <p><b>6.- Elaboración del Informe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Observar los datos obtenidos de medición de energía desde el Sentron Pac 3200 para comprobar que sean las mismas.</li> <li>➤ Realizar un análisis minucioso de cada práctica a realizar para ponerle en aplicación.</li> </ul>		

Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	7/15
<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="296 427 1246 517">➤ Presentar un informe de funcionamiento de la práctica realizada con sus diferentes parámetros.</li><li data-bbox="296 528 703 562">➤ Analice y comente el proceso.</li></ul> <p data-bbox="248 636 459 669"><b>7.- Conclusiones</b></p> <p data-bbox="248 741 520 775"><b>8.- Recomendaciones</b></p> <p data-bbox="248 846 443 880"><b>9.- Bibliografía</b></p>		

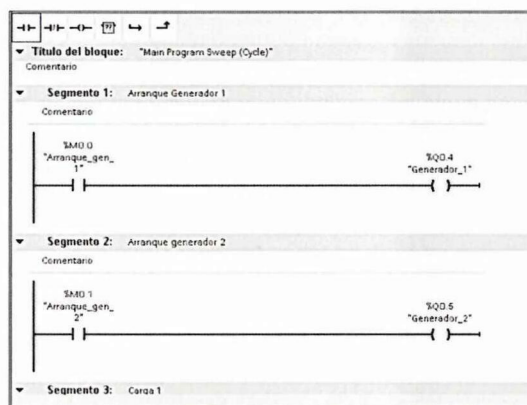
Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	8/15
<p><b>1. Tema:</b> Sincronismo de Generadores de baja potencia mediante Software WinCC Advanced.</p> <p><b>2. Objetivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lograr una etapa de sincronismo de generadores mediante la programación con el software WinCC Advanced para obtener sus parámetros eléctricos.</li> <li>➤ Visualizar variables de generación obtenidas de las salidas analógicas de los generadores luego de la puesta en marcha con los motores asíncronos.</li> </ul> <p><b>3. Equipos a utilizar:</b></p> <p>3.1 Variadores de frecuencia Micromaster 440</p> <p>3.2 Grupos Motor-Generador 1 y Motor-Generador 2</p> <p>3.3 Convertidor de Voltaje Sinamig G110</p> <p>3.4 Medidor de energía Sentron Pac</p> <p>3.5 Pantalla Touch KTP 600 Mono</p> <p>3.6 Relés de protección</p> <p>3.7 Contactores</p> <p><b>4. Conceptos Básicos</b></p> <p>a) El variador de frecuencia es un dispositivo o conjunto de dispositivos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la frecuencia o velocidad de una máquina por concepto básico de que si se incrementa la frecuencia también lo hará la velocidad y de la misma manera si se aplica lo contrario. Esto se lo aplica mayormente en los motores trifásicos.</p>		

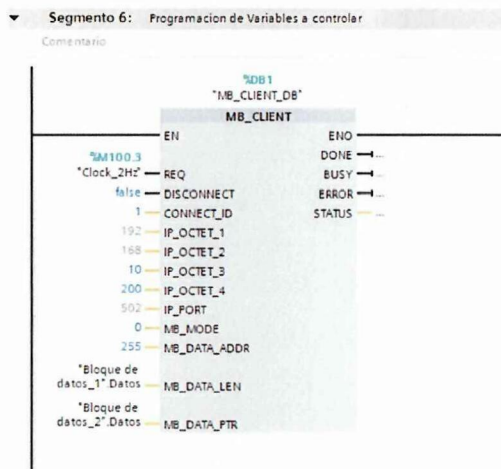
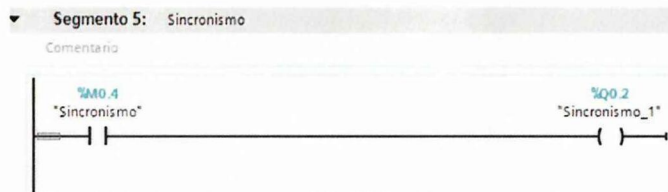
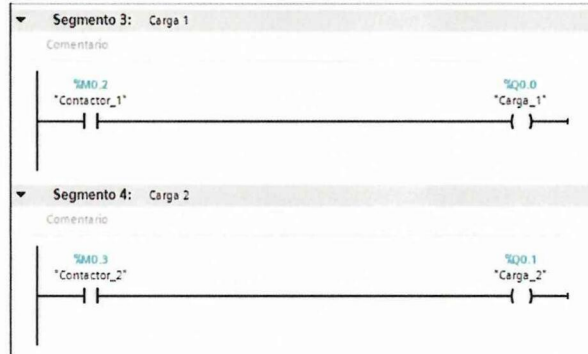
Anexo N	Tema: Guía Práctica del módulo de pruebas.	9/15
<p><b>b)</b> El BOP (Panel de Operación Básica) es un complemento del variador de frecuencia en sí, en donde se pueden modificar señales de control y consignas de velocidad, apretando simplemente el botón que corresponda a la acción requerida.</p> <p><b>c)</b> El Grupo Motor Generador actuará dependiendo a la frecuencia o velocidad de maniobra que se le inserte al variador de frecuencia.</p> <p><b>e)</b> El SENTRON PAC3200 dispone de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de energía activa y reactiva, un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio. Gracias a su diseño compacto representa un sustituto ideal para los instrumentos analógicos convencionales, cuenta con un amplio rango de tensión medida, el SENTRON PAC3200 puede conectarse en tensiones bajas de 690V, como en conexiones directas de hasta 500V, y para tensiones superiores se debe usar transformadores de tensión y para medir corriente sus propios transformadores de corriente que vienen en varias medidas Ej. 50/1 A., 60/5 A.</p> <p><b>f)</b> El Sentron PAC 3200 puede obtener más de 50 magnitudes medidas con valores máximos y mínimos, con un margen de error del 05% del valor medido, por lo que lo hace importante su utilización en el sector industrial.</p> <p><b>g)</b> El Convertidor de voltaje es el elemento encargado de recibir dos Líneas procedentes del generador y obtener tres Líneas que salientes que se obtienen de dicho proceso en el convertidor para realizar la medición en los medidores de energía Sentron Pac.</p> <p><b>h)</b> La pantalla táctil KTP 600 Monocromática será la encargada de mostrar la visualización del proceso a realizarse de manera que se pueda apreciar de mejor manera y sea de gran ayuda para el desarrollo de los estudiantes.</p>		

Anexo N	Tema: Prácticas del módulo de pruebas.	10/15
<p>i) Los relés de protección son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.</li> <li>➤ La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.</li> <li>➤ Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.</li> </ul> <p>j) El contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.</p> <p><b>5.- Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar la respectiva conexión del conector IEC Tetrapolar para lograr la energización del módulo de pruebas.</li> </ul>		

<b>Anexo N</b>	<b>Tema:</b> Guía Práctica del módulo de pruebas.	<b>11/15</b>
----------------	---	--------------

- Ingresar a la pantalla Touch en la opción F1 luego se tiene una pantalla con el respectivo proceso que determinara el sincronismo de generadores.
- Poner en marcha al motor mediante la opción poniendo la orden ON por medio de la respectiva programación que se visualiza en la pantalla con el nombre de GENERADOR 1 entonces el motor se acelera a través de una rampa de aceleración hasta alcanzar la frecuencia deseada.
- Se repite el proceso de la misma manera para dar el funcionamiento al grupo Motor – Generador 2.
- Se visualiza parámetros de sincronismo en la pantalla Touch como también se tiene datos de generación de cada grupo en el medidor de energía Sentron Pac respectivamente.
- Segmentos de programación y diagrama de mando.





### 6.- Elaboración de un Informe

- Elaborar el informe de análisis y resultados de la manera más objetiva posible para obtener un trabajo de calidad.

Anexo N	Tema: Prácticas del módulo de pruebas.	13/15
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Presentar y dar a conocer cada uno de los circuitos que se ha implementado para elaborar la práctica.</li> <li>➤ Visualizar y registrar los datos obtenidos de la etapa de sincronismo de generadores de baja potencia.</li> <li>➤ Presentar los datos técnicos de las placas de los motores trifásicos a emplear en la práctica.</li> <li>➤ Registrar los parámetros de la máquina sincrónica obtenidos en esta práctica tomando como base el Voltaje y la Potencia Nominal de cada máquina.</li> </ul> <p><b>7.- Conclusiones</b></p> <p><b>8.- Recomendaciones</b></p> <p><b>9.- Bibliografía</b></p>		