



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“ANÁLISIS Y MONITOREO DE OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE LOS
GENERADORES DE BAJA POTENCIA”**

Proyecto de titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en
Sistemas Eléctricos de Potencia.

Autores:

Latacunga Pilatasig Juan Santiago

Tonato Toaingá Edison Ricardo

Tutor:

Ing. MSc. Carlos Iván Quinatoa Caiza

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo - 2022



DECLARACIÓN DE AUDITORIA

“Yo **LATACUNGA PILATASIG JUAN SANTIAGO** y **TONATO TOAINGA EDISON RICARDO**, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “**ANÁLISIS Y MONITOREO DE OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE LOS GENERADORES DE BAJA POTENCIA**”, siendo el **ING. MSC. CARLOS IVÁN QUINATO CAIZA**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga Pilatasig Juan Santiago

C.I. 1752876944

Tonato Toainga Edison Ricardo

C.I. 1725281701



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Análisis y monitoreo de operación de sincronismo de los generadores de baja potencia”, de Latacunga Pilatasig Juan Santiago y Tonato Toaingá Edison Ricardo de la carrera Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo, 2022

.....
Tutor de Titulación

Ing. Msc. Carlos Iván Quinatoa Caiza

C.I. 0503287864



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIYA; por cuanto, el o los postulantes: **Latacunga Pilatasig Juan Santiago y Tonato Toaingá Edison Ricardo**, con el título de Proyecto de titulación: “**Análisis y monitoreo de operación de sincronismo de los generadores de baja potencia**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, marzo, 2022

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
MSc. Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco
CC: 050307290-2

Lector 2
MSc. Ing. León Segovia Marco Aníbal
CC: 050230540-2

Lector 3
Ing. Cruz Panchi Luis Rolando
CC: 050259517-6



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente documento pongo a consideración que el Sr. **Latacunga Pilatasig Juan Santiago** y **Tonato Toainga Edison Ricardo**, portadores de las cédulas de ciudadanía, N ° 1752876944 y N ° 1725281701 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería Eléctrica realizaron el diseño e implementación de su propuesta tecnológica bajo el nombre de “ANÁLISIS Y MONITOREO DE OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE LOS GENERADORES DE BAJA POTENCIA”; trabajo que fue desarrollado de manera satisfactoria logrando obtener resultados positivos.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente documento en cuanto estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Atentamente:

Ing. Carlos Rodolfo Maldonado Chávez
C.I: 1803969748
ADMINISTRADOR LABORATORIOS “F. CIYA-UTC”

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a DIOS porque nunca me dejó solo, siempre me acompañó con su presencia en los momentos de felicidad y tristeza, me guió por el camino del bien para cumplir mis metas y ser una mejor persona en la vida con los demás.

Desde el fondo de mi corazón agradezco a mi padre José Latacunga, a mi segunda madre Lucinda Chasiquiza, y a mi abuelito Segundo Pilatasig, por estar conmigo cuando más los necesitaba, dándome ese apoyo y fuerzas para no rendirme hasta cumplir mi sueño de ser un gran profesional.

También a mis hermanos Alex, Lizbeth, Jhon y Jahir, con sus lindas palabras de aliento y cariño, me motivan día a día a seguir adelante. Finalmente, a toda mi familia gracias por sus consejos y oraciones.

A mis docentes quienes compartieron sus conocimientos, para ser un buen profesional y servir a la sociedad.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y formarme con la mejor educación y permitirme cumplir una meta.

Santiago Latacunga

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y la fortaleza para ser una persona respetuosa con principios y valores.

A mi familia en especial a mi madre y hermana que con su ejemplo, educación y consejos me motivan día a día para seguir adelante por el camino correcto.

A mis docentes universitarios por todo el conocimiento que me han transmitido en el aula. A mi tutor y la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas permitiéndome desarrollar mis conocimientos y habilidades.

Edison Tonato

DEDICATORIA

Dedico a Dios por darme fuerzas para cumplir con este proceso y guiarme para superar los obstáculos que se presentaron en mi vida.

Dedico el fruto de mi esfuerzo a mi padre, quien ha sabido guiarme de la mejor manera con sus consejos me enseñó a ser responsable, humilde y ante todo ser respetuoso con todos y luchar hasta cumplir mi sueño.

Dedico también a mi madre no tuve la oportunidad de conocerla, pero sé que desde el cielo siempre me ilumino y estuvo presente conmigo, para llegar a este logro.

Finalmente, este título va dedicado a mis amados abuelitos, José Islayo Latacunga y María Tránsito Pilatasig, que ya se fueron sin poder cumplir su sueño de verme como profesional, desde el cielo ellos estarán orgullosos de su nieto y desde donde están siempre me bendecirán con sus oraciones.

Santiago Latacunga

DEDICATORIA

Dedico en especial a mi madre Gladys Toainga un ejemplo a seguir en mi vida, quien me dio la vida y gracias a sus esfuerzos he llegado a esta etapa de poder culminar una meta más en mi vida profesional.

A mi hermana quien me apoyo incondicionalmente con sus consejos. A mi pareja quien me acompañó en mis desveladas de estudio velando por mi bienestar y en mi vida profesional.

Edison Tonato

ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.1.	EL PROBLEMA:	3
2.1.1.	Situación Problémica:.....	3
2.1.2.	Formulación del problema:	4
2.2.	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.2.1.	Objeto de estudio.....	4
2.2.2.	Campo de acción	4
2.3.	BENEFICIARIOS:	5
2.3.1.	Beneficiarios directos	5
2.3.2.	Beneficiarios indirectos	5
2.4.	JUSTIFICACIÓN:.....	5
2.5.	HIPÓTESIS	6
2.6.	OBJETIVOS:.....	6
2.6.1.	General:	6
2.6.2.	Específicos:	6
2.7.	SISTEMA DE TAREAS	6
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
3.1.	Antecedentes	8
3.2.	Máquina síncrona	9
3.2.1.	Característica en vacío del estator	10
3.2.2.	Generadores síncronos (GS).....	10
3.2.3.	Excitación del generador síncrono	11
3.3.	Operación del generador síncrono.....	11
3.3.1.	Funcionamiento de generador síncrono en red aislada	11

3.3.2.	Funcionamiento del generador síncrono acoplado a una red de barra infinita.....	12
3.3.3.	Sincronización del generador síncrono	13
3.4.	MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN	14
3.4.1.	Sincronización manual	14
3.4.2.	Sincronización mediante sincronoscopio	15
3.4.3.	Sincronización automática	16
3.5.	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE	17
3.5.1.	Estructura de un PLC	18
3.5.2.	Procesador	18
3.5.3.	Tareas principales.....	18
3.6.	Memoria	18
3.6.1.	Tipos de memoria.....	19
3.6.2.	Memoria del usuario.....	19
3.6.3.	Dispositivos de entrada	20
3.6.4.	Dispositivos de salida.....	21
3.6.5.	Funciones de un PLC	21
3.6.6.	Ventaja de los PLCs	22
3.7.	PLATAFORMA DE PROGRAMACIÓN TIA PORTAL V15	23
3.8.	MODBUS.....	23
3.9.	TCP/IP.....	24
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1.	Tipos de Investigación.....	25
4.1.1.	Investigación Bibliográfica	25
4.1.2.	Investigación Exploratorio	26
4.1.3.	Investigación explicativa.....	26
4.1.4.	Investigación Experimental.....	26
4.2.	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	26

4.2.1.	Medición.....	26
4.2.2.	Modelamiento.....	26
4.3.	INSTRUMENTOS	27
4.4.	EQUIPOS Y ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	27
4.4.1.	Diseño del módulo.....	27
	Medidas para la colocación de los equipos eléctricos y electrónicos.....	27
4.4.2.	Estructura para la implementación de los equipos	27
4.4.3.	Selección de los elementos para el montaje del módulo de sincronismo.....	28
4.5.	ELEMENTOS DEL MÓDULO DE SINCRONISMO	29
4.6.	Programación PLC en el TIA PORTAL V15	41
4.6.1.	Elementos de la pantalla TIA PORTAL.....	42
4.6.2.	Programa para verificar variables eléctricas realizadas en TIA PORTAL V15.....	43
4.6.3.	Comunicación Modbus.....	44
4.6.4.	Segmentos creados para recopilación de datos	45
4.7.	DIAGRAMA DE BLOQUES	47
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
5.1.	Diseño dimensional	49
5.2.	Métodos de operación del módulo de sincronismo 1	50
5.3.	Método manual de sincronización de un generador conectado a la red.....	50
5.3.1.	Pruebas en vacío de variables eléctricas de la red.....	50
5.3.2.	Resultados obtenidos en el sincronismo manual del generador	52
5.4.	Sincronismo de generador conectado a la red semiautomática.....	53
5.4.1.	Pruebas en vacío de variables eléctricas de la red y generador.....	53
5.4.2.	Resultados obtenidos en el sincronismo semiautomático	55
5.5.	Datos obtenidos al momento de conectar carga al generador	55
5.6.	ANÁLISIS DE IMPACTOS	56

5.6.1.	Impacto social.....	56
5.6.2.	Impacto tecnológico	56
5.6.3.	Impacto ambiental	57
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
6.1.	CONCLUSIONES.....	57
6.2.	RECOMENDACIONES	57
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
8.	ANEXOS.....	60
	ANEXO A. Circuito de sincronoscopio (AutoCAD).....	60
	ANEXO B. Conexión PLC (AutoCAD).....	61
	ANEXO C. Conexión secuencia mediante lámparas (AutoCAD).....	62
	ANEXO D. Conexión de PLC (AutoCAD).....	63
	ANEXO E. Diagrama de modulo sincronismo 1.....	64
	ANEXO F. Desmontaje de los equipos y corte de estructura del módulo antiguo.....	65
	ANEXO G. Construcción de la estructura metálica para colocar el motor-generator y los equipos eléctricos y electrónicos.....	65
	ANEXO H. Implementación y conexión de los equipos en el modulo.....	66
	ANEXO I. Módulo finalizado y prácticas realizadas.....	66
	ANEXO J. Manual de usuario módulo de sincronismo 1.....	67
	ANEXO K. Diseño del sistema de sincronización (AutoCAD).....	68
	ANEXO L. Introducción.....	69
	ANEXO M. Protocolo de seguridad 1.....	74
	ANEXO N. Práctica 1.....	75
	ANEXO O. Práctica 2.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelos de datos	25
Tabla 2 Materiales	28
Tabla 3. Datos de la placa del motor	29
Tabla 4. Características Swtich Scalance 5 puertos	31
Tabla 5. Características Fuente de Alimentación SITOP 200M	32
Tabla 6. Características Variador de velocidad	33
Tabla 7 Características PLC Simatic S7-1200	34
Tabla 8 Generador Asíncronos	34
Tabla 9. Características Sincronoscopio DKG-117.....	35
Tabla 10. Características Fuente DC	36
Tabla 11. Características Sentron Pac 3200	37
Tabla 12. Características Trasformador de corriente.....	38
Tabla 13. Características del contactor.....	39
Tabla 14 Características del selector	40
Tabla 15 dimensionamiento del módulo de sincronismo 1	49
Tabla 16 Datos de la red de tensión de fase	50
Tabla 17 Datos de la red de tensión de fase	51
Tabla 18 Datos de la red de Frecuencia.....	51
Tabla 19 Resultados cuando el módulo entra en sincronismo.....	52
Tabla 20 Datos obtenidos del módulo 1 de sincronismo (sin energizar).....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Máquina de polos salientes.	9
Figura 2. Característica par motor, velocidad, torque y el ángulo de la máquina síncrona.....	10
Figura 3. Un solo generador que alimenta una carga	12
Figura 4. Generador síncrono que opera en paralelo con un bus infinito.....	13
Figura 5. Diagrama de frecuencia contra potencia (o diagrama de casa) de un generador síncrono en paralelo con un bus infinito.....	13
Figura 6. Conexión de las tres lámparas.....	14
Figura 7. Esquema de la sincronización manual.	15
Figura 8. Muestra la conexión del sincronoscopio con el sistema que se pretende sincronizar	16
Figura 9. Sincronoscopio mostrando el momento justo para la sincronización de los sistemas (la aguja se encontraba girando en sentido horario)	16
Figura 10. Esquema de sincronización automática.	17
Figura 11. Controlador lógico programable.	18
Figura 12. Registro de tabla en la unidad de procesamiento	19
Figura 13. Entradas y salidas de un PLC.....	20
Figura 14. TIA PORTAL V15.....	23
Figura 15. Red Modbus RTU.	24
Figura 16. Módulo de sincronismo 1 con las mediciones	27
Figura 17. Módulo de montaje	28
Figura 18. Motor Síncronico	29
Figura 19. Swtich Scalance 5 puertos.....	31
Figura 20. Fuente de Alimentación SITOP 200M.....	32
Figura 21. VFD.....	32
Figura 22 PLC Simatic S7-1200.....	33
Figura 23 Generador Síncronico	34
Figura 24. Sincronoscopio.....	35
Figura 25. Breaker secundario.....	36
Figura 26. Control de excitación	36
Figura 27. Sentron Pac 3200	37
Figura 28. TC 30/5 A.....	38
Figura 29. Contactor	39

Figura 30. Breaker Principal.....	39
Figura 31. Relés de protección	40
Figura 32. Selector de posición	40
Figura 33. Materiales menores	41
Figura 34. Pantalla de inicio.....	42
Figura 35. Vista del proyecto a realizar.....	42
Figura 36 Interfaz TIA PORTAL V15	44
Figura 37 Comunicación MODBUS	44
Figura 38 Segmentos del programa	46
Figura 39. Flujograma para el funcionamiento del proyecto	47
Figura 40 Control y monitoreo manual de sincronización	53
Figura 41 Datos obtenidos por medio de la interfaz.....	55
Figura 42 Datos obtenidos del software TIA PORTALV15	56

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TÍTULO: “ANÁLISIS Y MONITOREO DE OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE LOS GENERADORES DE BAJA POTENCIA”

Autores: Latacunga Pilatasig Juan Santiago
Tonato Toaingá Edison Ricardo

RESUMEN

El generador síncrono es la principal fuente de energía eléctrica de los sistemas eléctricos de potencia, uno de los aspectos importantes es la operación de los generadores síncronos conectados al sistema de potencia con el fin de cubrir el balance de potencia activa y reactiva del sistema eléctrico. Por consiguiente, este proyecto se efectúa el análisis y monitoreo de las variables eléctricas del módulo de sincronización de los generadores de baja potencia. Se puede realizar la sincronización de forma manual y semiautomática, conectado a la red y entre generadores en paralelo, utilizando los SENTRON PAC 3200 conectado al lado de la red y lado del generador, también utilizando como herramienta principal el software TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), para programación de PLC Simatic S7-1200, lo cual permitió realizar el monitoreo de los datos de tensión, corriente, potencia, frecuencia y factor de potencia. Los resultados de las variables eléctricas se visualizan mediante el protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP, el módulo de sincronización y en la Interfaz de la PC en tiempo real.

Palabras clave: sincronización, manual, semiautomática, programación, análisis y monitoreo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “ANALYSIS AND MONITORING OF SYNCHRONISM OPERATION OF LOW POWER GENERATORS”

Authors: Latacunga Pilatasig Juan Santiago
Tonato Toaingá Edison Ricardo

ABSTRACT

The synchronous generator is the main source of electrical energy of electrical power systems, one of the most important aspects is the operation of the synchronous generators connected to the power system in order to cover the balance of active and reactive power of the electrical system. Therefore, this research study is carried out the analysis and monitoring of the electrical variables of the synchronization module of low power generators. Synchronization can be performed manually and semi-automatically, connected to the grid and between generators in parallel, using the SENTRON PAC 3200 connected to the grid side and generator side, also using the TIA Portal (Totally Integrated Automation) software as the main tool, for Simatic S7-1200 PLC programming, which allowed the monitoring of voltage, current, power, frequency and power factor data. The results of the electrical variables are displayed through the MODBUS TCP/IP communication protocol, the synchronization module, and on the PC Interface in real time.

Keywords: synchronization, manual, semi-automatic, programming, analysis, and monitoring.

AVAL DE TRADUCCION

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: “ANÁLISIS Y MONITOREO DE OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE LOS GENERADORES DE BAJA POTENCIA”

Fecha de inicio:

Octubre 2021

Fecha de finalización:

Febrero 2022

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi – Barrio Eloy Alfaro – Latacunga – Cotopaxi, Ecuador

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA).

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Proyecto de investigación vinculado: Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

Equipo de Trabajo:

Tutor:

- Ing. Msc. Carlos Iván Quinatoa Caiza

Estudiante/s:

- Latacunga Pilatasig Juan Santiago
- Tonato Toaingá Edison Ricardo

Grupo de investigación: Sistemas Eléctricos de Potencia

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sublínea de investigación de la Carrera:

Sublínea 1: Explotación y diseño de sistemas eléctricos de potencia.

Grupos Temáticos:

1. Planificación y operación de sistemas eléctricos de potencia.
2. Sistemas de transmisión y distribución de energía

2. INTRODUCCIÓN

A medida que la tecnología avanza los sistemas eléctricos evolucionan cada vez más eficiente y confiable con el fin de satisfacer distintas necesidades del ser humano.

El sistema automático de sincronización es el que se encarga de comparar los voltajes de un generador y también de la red eléctrica con el objetivo de transportar la máquina a condiciones de sincronismo, es decir igualar el sistema trifásico de voltajes del generador con la red para cerrar en ese instante de igualación el interruptor de potencia y así acoplar los sistemas en forma segura pues si el interruptor cierra con diferencia en los voltajes de los dos sistemas se presenta un cortocircuito, ya que muy seguramente causara daño en el generador [1].

Para la sincronización del módulo es necesario conocer todos los equipos que está conformado, para el modo de sincronización manual o semiautomático, para el análisis del sistema es necesario monitorear las variables eléctricas, tales como potencia activa y reactiva con el fin de establecer el modo del funcionamiento del módulo, además de frecuencia, magnitud y ángulos de voltaje del generador síncrono para realizar una correcta sincronización.

El presente proyecto tiene como finalidad realizar el proceso de sincronización, manual y semiautomática la cual se hace midiendo el voltaje, la frecuencia y el ángulo de las fases tanto del generador o generadores de esta manera para la sincronización semiautomática se hace con la comunicación y programación del Software TIA PORTAL V15 y el PLC, en los dos SENTRON PAC 3200 y la Interfaz MODBUS TCP/IP se visualizará las variables eléctricas.

También se desarrolló guías prácticas para la comunidad universitaria. Por último, se presenta los resultados, conclusiones y recomendaciones pertinentes surgidas en la misma.

2.1. EL PROBLEMA:

2.1.1. Situación Problémica:

La energía eléctrica es necesaria para el proceso de producción de las industrias por lo cual el suministro eléctrico debe ser confiable y de calidad para evitar cortes de energía, a su vez se debe evitar el paro de máquinas eléctricas y pérdida de producción ya que la misma se considera un problema eléctrico y a su vez económico, el control y monitoreo de sistemas de

sincronización de generadores son de vital importancia para las empresas al contar con una segunda fuente de energía para entrar en funcionamiento al momento de presentar un corte de suministro eléctrico y así evitar pérdidas económicas, no obstante cuando un operario es expuesto a este tipo de sistemas sin conocimiento alguno presenta problemas de operación y monitoreo, perjudicando la producción de una empresa o industria.

La conexión de un generador síncrono con la red eléctrica se debe realizar cumpliendo algunos requisitos específicos, para que este proceso se realice de manera adecuada. Si este tipo de conexión por alguna razón se realiza sin cumplir alguna de las condiciones como son: la igualdad de magnitudes y frecuencia de las tensiones, una diferencia pequeña de ángulos de fase, de tensión o una secuencia de fase correcta, el generador puede experimentar un transitorio que le cause daños eléctricos y mecánicos.

El sincronismo permite conectar una fuente de generación eléctrica con una red de distribución existente en paralelo. El mundo de la industria requiere de un suministro de energía eléctrica y a su vez tener una segunda fuente alternativa, la cual se obtiene de un grupo electrógeno. La energía del grupo electrógeno se inyecta en el sistema de distribución y se utiliza como un apoyo para mantener un consumo eléctrico estable [2].

La comunidad universitaria considera tal situación un problema al no contar con una guía práctica de sistema de sincronización de generadores, para observar variables eléctricas presentadas al momento de realizar el proceso de sincronismo.

2.1.2. Formulación del problema:

¿En qué medida favorece el monitoreo de las variables eléctricas del módulo de sincronización?

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de estudio

Módulo de sincronización

2.2.2. Campo de acción

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.02
Aplicaciones Eléctricas

2.3. BENEFICIARIOS:

2.3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos son la comunidad universitaria.

2.3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son la comunidad científica.

2.4. JUSTIFICACIÓN:

Con el desarrollo de la tecnología se permite diseñar equipos de adquisición de datos, procesamiento de señales y medición de variables en tiempo real. La sincronización en el generador es un tema de gran relevancia dentro de la industria donde el suministro de energía eléctrica es necesario para el funcionamiento de los diversos equipos, máquinas y herramientas.

Un aspecto de gran importancia en la operación de los generadores síncronos es su conexión con el sistema de potencia un proceso que se conoce como sincronización. Para evitar daños a los generadores y lograr una sincronización exitosa es necesario que la conexión de estas máquinas con el sistema ocurra cuando los valores de voltaje, frecuencia, secuencia de fase y ángulo de fase de la máquina se encuentren dentro de límites seguros de lo contrario se presentarían problemas que pueden llegar a ser catastróficos tanto para el generador que se conecta conocido coloquialmente como máquina entrante como para el sistema eléctrico.

La utilización de este tipo de sistemas permite una sincronización segura lo cual hace que el sistema eléctrico sea más versátil confiable y eficiente logrando aumentos considerables en la productividad de las empresas con el fin de que el operador realice la maniobra manual o semiautomática para realizar el sincronismo.

El presente trabajo permitirá emplear los conocimientos adquiridos para su respectivo análisis y monitorear el módulo de sincronismo de manera manual o semiautomática, que permita dar solución a la comunidad científica, mediante una guía de prácticas, ayudando a desarrollar nuevas habilidades entre futuros profesionales y familiarizar con el mundo de la industria.

2.5. HIPÓTESIS

Con la automatización del módulo en sincronización, permitirá monitorear y visualizar las variables eléctricas reflejadas entre el generador síncrono y la barra infinita.

2.6. OBJETIVOS:

2.6.1. General:

Implementar un sistema de adquisición de datos mediante un controlador lógico programable (PLC), para el respectivo análisis y monitoreo de operación de sincronismo en un generador de baja potencia.

2.6.2. Específicos:

- Realizar la revisión del estado del arte de un sistema de análisis y monitoreo de operación de sincronismo del generador de baja potencia.
- Implementar el sistema de análisis y monitoreo de operación de sincronismo del generador de baja potencia mediante la programación de un PLC.
- Analizar las variables eléctricas para generar guías prácticas del manejo y control del módulo de sincronismo.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADOS ESPERADOS	TÉCNICAS MEDIOS E INSTRUMENTOS
Realizar la revisión del estado del arte de un sistema de análisis y monitoreo de operación de	Recolección de información necesaria que servirá para el estudio mediante fuentes	Información concreta y determinación de los diferentes	<ul style="list-style-type: none">• Investigación en las diferentes fuentes bibliográficas, libros, artículos,

<p>sincronismo del generador de baja potencia.</p>	<p>bibliográficas y artículos científicos.</p>	<p>elementos principales que permitirá la construcción del módulo mencionado.</p>	<p>revistas, informes, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión del manual de instalación y control de cada equipo.
<p>Implementar el sistema de análisis y monitoreo de operación de sincronismo del generador de baja potencia mediante la programación de un PLC.</p>	<p>Diseño de la programación para el funcionamiento de las variables. Comunicación del SENTRO PAC con el TIA PORTAL V15.</p>	<p>Visualizar datos obtenidos mediante la sincronización a través del TIA PORTAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • TIA PORTAL V15. • PLC
<p>Analizar las variables eléctricas para generar guías prácticas del manejo y control del módulo de sincronismo.</p>	<p>Pruebas de sincronismo conectado a la red y aislada. Revisión de las variables eléctricas para la obtención de datos. Desarrollo del manual de uso y hojas guías para la realización de las prácticas de laboratorio que contengan esquemas de conexión.</p>	<p>Verificación de datos obtenidos por el SENTRO PAC y comparar con los datos del software TIA PORTAL. Fortalecer el perfil profesional del estudiante para garantizar la correcta y segura utilización de los elementos de sincronismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • AutoCAD • Guías prácticas • Software TIA PORTAL

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Antecedentes

En la Universidad Técnica de Cotopaxi los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas se encontró un tema de tesis, “Repotenciación del Módulo de Control Y monitoreo Para la Operación de Sincronismo de los Generadores de Baja Potencia Como Modulo Didáctico Para el Laboratorio de Maquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi”. En la cual el proyecto exigió la aplicación combinada de una variedad de materias estudiadas durante la carrera para reconstruir un módulo de sincronismo, el módulo proporciona al estudiante un ambiente similar al encontrado en la industria ecuatoriana pues basa su funcionamiento en un relé de sincronización (Sincronoscopio), PLC, VFDs y demás equipos usados en el medio laboral [3].

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la misma manera se realizó la tesis sobre, “Diseño y Construcción de un Tablero de Transferencia y Sincronización de Generadores de Emergencia con PLC y Pantalla Táctil” En donde el sistema de control cumple la función de ordenar la activación de los generadores de emergencia y su correcta sincronización y transferencia a la barra común con la conexión para alimentar la carga y la protección del generador. El SENTRO PAC actúa según las ordenes enviadas por el PLC [4].

En la Universidad del Valle -Santiago de Cali Colombia desarrollo la tesis de implementación de una red modbus/tcp, para obtener el grado de título de ingeniero electrónico. El objetivo principal del proyecto de tesis consistió en desarrollar e implementar una red de instrumentación y control industrial con conectividad TCP/IP, capaz de ser supervisada y controlada remotamente a través del protocolo Modbus/TCP. Las conclusiones más importantes del trabajo fueron en la red implementada se integraron los protocolos Modbus/TCP, MODBUS y ASCII y los enlaces Ethernet, RS-232 y RS-485, demostrándose que sistemas de control de procesos ya instalados pueden ser supervisados y controlados desde una red TCP/IP (como Internet o la Intranet local) utilizando el estándar Modbus/TCP [5].

3.2. Máquina síncrona

La máquina síncrona es versátil, es tanto un motor como un generador y a su estructura del sistema de excitación, las máquinas sincrónicas se dividen en máquina de polos salientes y la máquina de rotor cilíndrico [6].

También depende fundamentalmente de las velocidades que opera generalmente las máquinas de bajo número de polos se caracterizan por su alta velocidad y estas son las máquinas de rotor cilíndrico, ocurriendo lo contrario con las máquinas con elevado número de polos con bajas velocidades, este es el caso de las máquinas de polos salientes [4].

Para trabajar con uno de los dos diferentes tipos de rotores un rotor cilíndrico y un rotor de polos salientes. El rotor cilíndrico se usa principalmente como generador mientras la mayoría de motores síncronos son polos salientes.

El principio de una máquina giratoria es la que consta de una parte llamada estator y una parte móvil llamada rotor, que forma el circuito magnético de la máquina. En el estator está ubicado la armadura y tiene corriente alterna (AC) trifásica (3ϕ) balanceada sinusoidal [4].

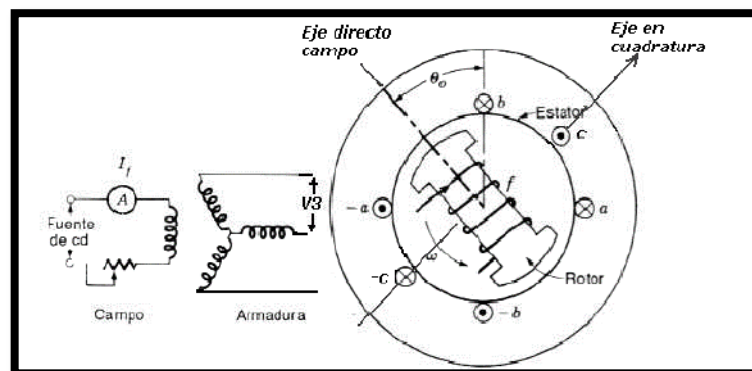


Figura 1. Máquina de polos salientes [4].

El campo es el flujo de la máquina síncrona generado por corriente directa para la excitación, se nombra como campo, y está ubicado en el rotor.

En la figura 1, se muestra una máquina síncrona trifásica, un par de polos salientes, junto con los devanados de campo y armadura.

3.2.1. Característica en vacío del estator

El estator al igual que el rotor está conectado a una fuente de potencia. Ya que el rotor está conectado a una fuente de potencia de DC y solo cuenta con una velocidad a la que existe el par motor uniforme. Es:

$$N = \frac{60f}{P} \quad (1)$$

Donde:

n = Velocidad síncrona

f = Frecuencia

P = Número de par de polos

Esta es la rapidez síncrona de la máquina y está definida a su velocidad síncrona. Su particularidad par motor es rápida a una vertical como se muestra en la figura 2.

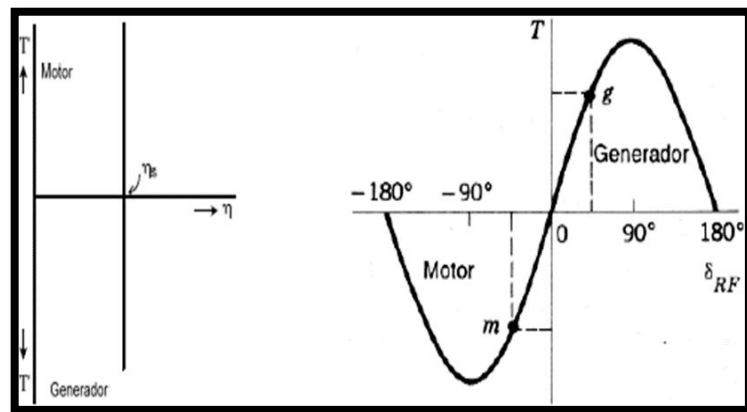


Figura 2. Característica par motor, velocidad, torque y el ángulo de la máquina síncrona [4].

3.2.2. Generadores síncronos (GS)

En general los generadores síncronos se utilizan para alimentar redes pequeñas de usuarios, o sea en la mayoría de casos funcionan aislados a la red, aunque también se pueden interconectar. Por esta razón se debe tener claro el proceso de sincronización de un generador síncrono con la red [4].

El generador síncrono arranca primero en vacío, el ajuste es a través del potenciómetro que gobierna la velocidad del motor DC que proporciona la potencia mecánica.

El generador se sincroniza con la red ajustando antes ya se, en la máquina y en la red, las tensiones eficaces, las frecuencias, los ángulos de desfases y el sentido de rotación o secuencia de fases.

Los GS tienen la desventaja de que necesitan un circuito adicional que le brinde la excitación al generador para que pueda realizar el arranque con más cantidad y complejidad del equipo.

3.2.3. Excitación del generador síncrono

La excitación de un generador síncrono radica en hacer circular una corriente continua por el circuito de campo. En muchas ocasiones la potencia manipulada para la excitación del generador representa entre el 0,5% al 1% de la potencia útil del mismo [4].

3.3. Operación del generador síncrono

Un generador síncrono puede trabajar de 3 formas distintas dependiendo de cómo se ajuste; acoplamiento del generador síncrono a una red de barra infinita, generador síncrono en red aislada, acoplado a un generador con potencia semejante en paralelo [7].

3.3.1. Funcionamiento de generador síncrono en red aislada

Cuando el generador síncrono se encuentra operando en una red aislada el variador de velocidad es la que acciona al motor que impulsa al generador y da paso al ajuste de la frecuencia, mientras que al regular la corriente del inductor se puede hallar el valor eficaz de potencia suministrada. Las potencias, activa (P), reactiva (Q) y el factor de potencia varían en función de la carga eléctrica conectada al alternador. La forma de funcionamiento de un generador síncrono en red aislada depende mucho de las características de exterior y de regulación [7].

Trabajar con un generador en red aislada presenta ciertas características:

- La frecuencia (f) y la tensión (V) no se pueden regular, varían según la red
- La red puede facilitar o consumir toda la potencia activa (P) y toda la reactiva (Q) que se desee.

- La potencia activa (P) se controla mediante el regulador del motor.
- La potencia reactiva (Q) y el factor de potencia ($\cos \Phi$) se controla con la corriente de excitación (I_e).

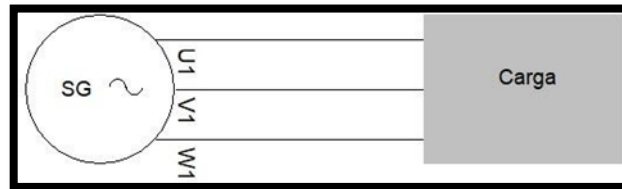


Figura 3. Un solo generador que alimenta una carga [7].

3.3.2. Funcionamiento del generador síncrono acoplado a una red de barra infinita

El bus o la red eléctrica infinita tiene un rendimiento demasiado alto para compararlo con el rendimiento de la máquina síncrona combinada, por lo que los cambios en el control del motor de accionamiento del generador no cambian la red. En el momento del acoplamiento a una red eléctrica infinita los valores instantáneos de la tensión del generador y de la red deben ser iguales [7].

Para que el generador síncrono pueda acoplarse a una red de bus infinito se debe cumplir lo siguiente:

- Igualdad de valores eficaces
- Igualdad de frecuencias
- Igualdad de ángulos de fase
- Igualdad en la secuencia de fases

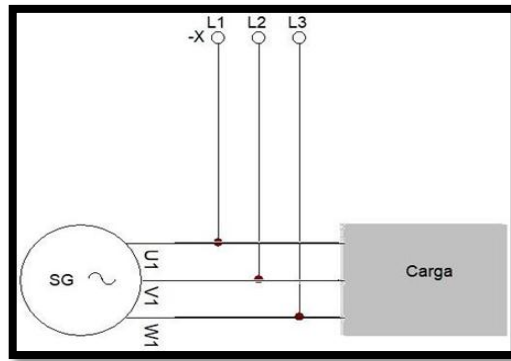


Figura 4. Generador síncrono que opera en paralelo con un bus infinito [7].

Al conectar un generador síncrono en paralelo con un sistema de gran potencia, las terminales de salida están conectadas entre sí con la frecuencia y voltaje de salida tienen que ser iguales.

Las características de frecuencia/potencia real y de potencia reactiva/voltaje de un generador operando ya conectado a una red de barra infinita se muestran en una gráfica espalda con espalda, con un eje vertical, gráfica llamada diagrama de casa y se visualiza en la figura 8.

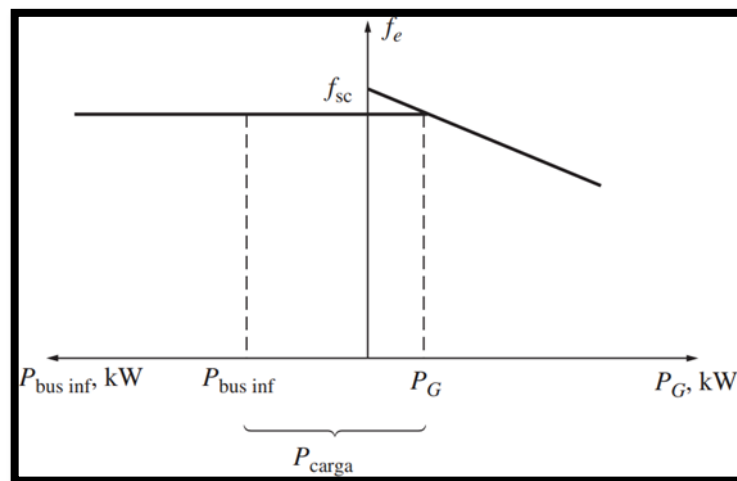


Figura 5. Diagrama de frecuencia contra potencia (o diagrama de casa) de un generador síncrono en paralelo con un bus infinito [7].

3.3.3. Sincronización del generador síncrono

Las características proporcionadas para la sincronización del generador síncrono permiten que múltiples generadores suministren más potencia a una sola carga o red. Cuanto mayor sea la capacidad del generador conectado se incrementa la confiabilidad del sistema, en un sistema aumentado de carga se agregan generadores con el fin de satisfacer la demanda [7].

La frecuencia en el sistema tiene que ser igual con la finalidad de que no se produzcan transitorios de potencia, que provocan desgaste y la disminución de la vida útil de los generadores. Para manipular la frecuencia se altera la velocidad de la maquina motriz y se verifica por medio del frecuencímetro.

La secuencia de fases del sistema está puesta por la aparición de los picos de cada una de las fases de los generadores mediante el sistema de generación. La comprobación del funcionamiento de las secuencias de fase se las realiza por medio del método de las tres lámparas.

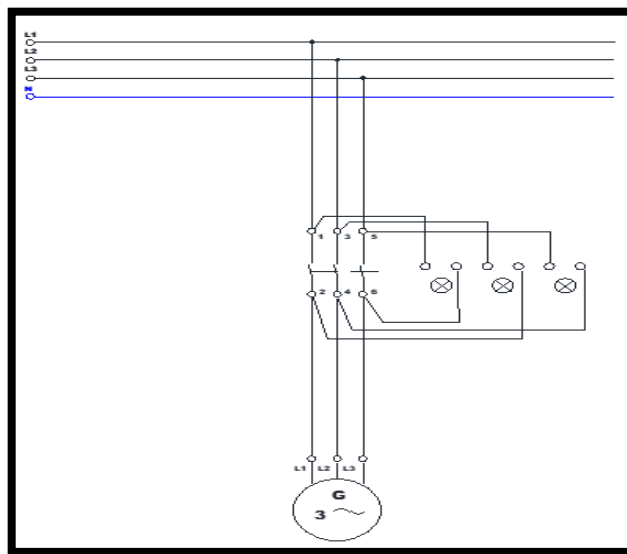


Figura 6. Conexión de las tres lámparas.

3.4. MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN

3.4.1. Sincronización manual

La sincronización de manera manual es aquella que se da por los operarios de la planta de generación. Estos operadores, son responsables de controlar que los niveles de voltaje, ángulo de fase, secuencia de fase y frecuencia estén dentro de los valores permitidos, y que la máquina entrante tenga una frecuencia ligeramente superior a la frecuencia del sistema. Así la máquina entrante proporciona potencia eléctrica al sistema después de entrar en sincronización. El responsable de realizar la sincronización es un ser humano [8].

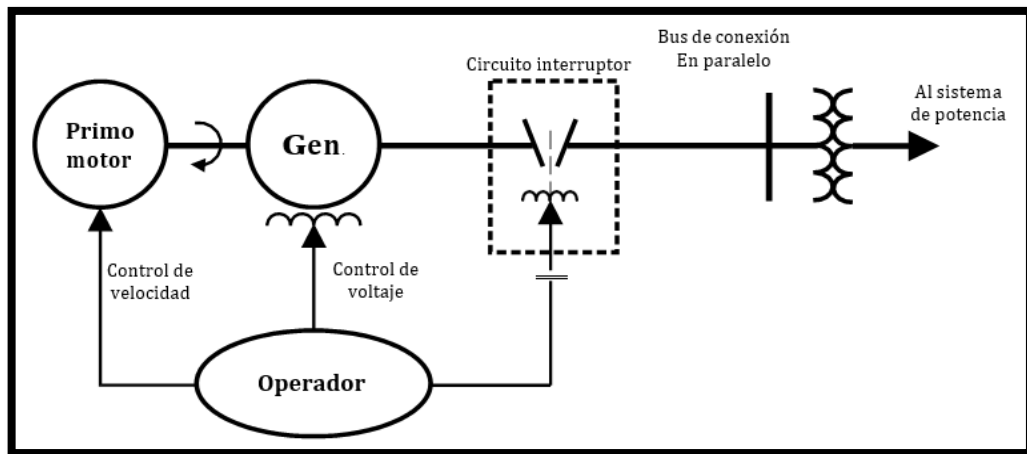


Figura 7. Esquema de la sincronización manual [8].

3.4.2. Sincronización mediante sincronoscopio

Un sincronoscopio es un dispositivo que contiene una mano giratoria para indicar el momento adecuado para realizar la sincronización. Si el puntero gira en sentido contrario a las agujas del reloj, se dice que la máquina entrante gira más lentamente que el sistema con el que se está sincronizando. Esta es una situación desfavorable para la sincronización. Cuando las manecillas giran en el sentido de las agujas del reloj, la máquina que se aproxima funciona más rápido que la velocidad del sistema. Esta es una buena situación para la sincronización ya que la unidad opuesta está alimentada y acoplada al sistema [8].

Por lo tanto, las manecillas del sincronoscopio deben girar en el sentido de las agujas del reloj a una velocidad muy baja. Para asegurar un buen tiempo, el cronómetro debe cerrarse una vez con las manecillas en posición vertical. También si la diferencia de frecuencia del sistema es muy grande, la aguja no girará y sólo oscilará en una posición arbitraria. Esto se puede controlar ya sea incrementando o disminuyendo la velocidad del primo motor de la máquina entrante.

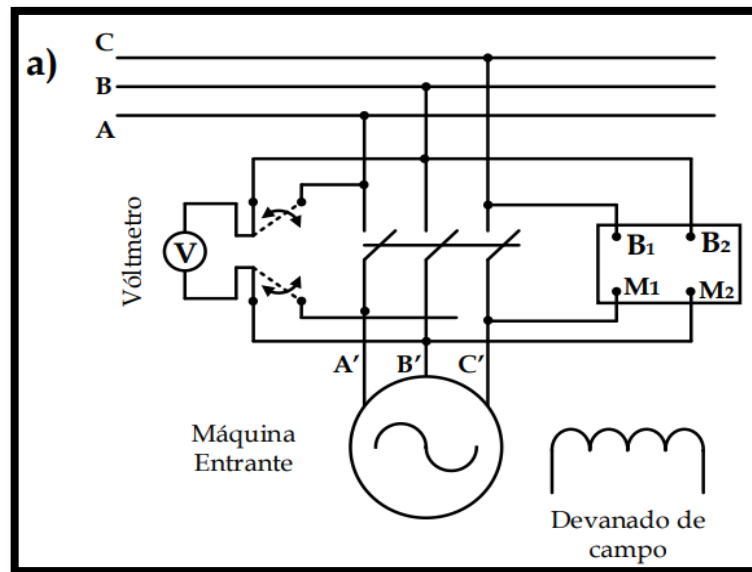


Figura 8. Muestra la conexión del sincronoscopio con el sistema que se pretende sincronizar [8].

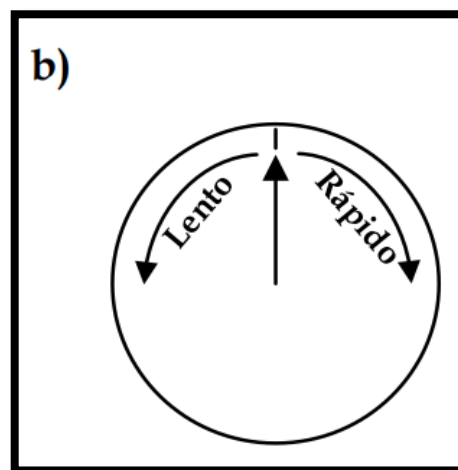


Figura 9. Sincronoscopio mostrando el momento justo para la sincronización de los sistemas (la aguja se encontraba girando en sentido horario) [8].

3.4.3. Sincronización automática

La sincronización automática se realiza mediante un controlador electrónico. El dispositivo es responsable de detectar y modificar los valores de voltaje, frecuencia, ángulo de fase y secuencia de fase para garantizar que los valores estén dentro de los límites aceptables en tiempo de ejecución. Todo esto sucede sin intervención humana durante las decisiones de tiempo, a menos que haya errores y el tiempo no pueda resolver el problema.

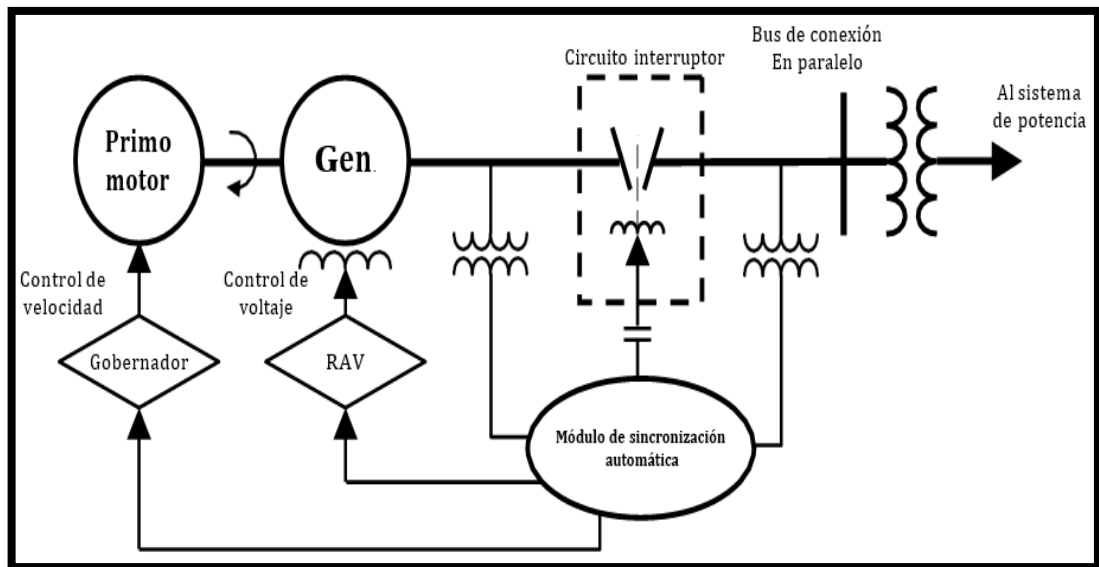


Figura 10. Esquema de sincronización automática [8].

3.5. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Los PLCs son dispositivos de alta fiabilidad y contribuyen en una serie de ventajas y magnitud para los usos. Una de ellas es el poder de comunicarse con múltiples dispositivos a través de sus módulos de entrada para almacenar la información recibida de los sensores, inmediatamente entra en proceso dicha información y hacer un control sobre los actuadores, a través de los módulos de salida, variando los parámetros necesarios mediante un panel de operador [9].

Estos controladores son los más utilizados en diferentes ambientes industriales donde la decisión y la acción tienen que ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real. Los PLC son utilizados donde se requieran como controles lógicos tanto secuenciales o las dos a la misma vez [10].



Figura 11. Controlador lógico programable [10].

3.5.1. Estructura de un PLC

Un PLC tiene una estructura básica que está compuesta por:

- La CPU
- Las interfaces de entradas
- Las interfaces de salidas

3.5.2. Procesador

Es el responsable del funcionamiento del programa desarrollado por el usuario, es el cerebro del PLC.

3.5.3. Tareas principales

- Ejecutar el programa elaborado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre los dispositivos de programación y la memoria, entre el microprocesador y los bornes de entrada y salida.
- Ejecutar los programas de auto-diagnósticos.

Para poder desarrollar todas estas tareas, el procesador necesita un programa escrito por el fabricante, llamado sistema operativo.

Este programa no es de fácil acceso para el usuario y se encuentra grabado en una memoria que no va perder la información ante la ausencia de alimentación, es decir, en una memoria no volátil.

3.6. Memoria

Las memorias tienen la capacidad de almacenar y retirar la información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas [10].

También el sistema operativo como el programa de aplicación las cuales son las tablas o registros de entradas o salidas y los registros de variables o bits internos son asociados a distintos tipos de memoria [10]. La capacidad de almacenamiento de una memoria sabe cuantificarse en bits, bytes (grupo de 8 bits), o Word (grupo de 16 bits).

3.6.1. Tipos de memoria

La memoria de datos o también llamada tabla de registros, se utiliza para grabar datos necesarios los fines de la ejecución del programa, como para almacenar datos durante su ejecución o retenerlos luego de haber terminado la aplicación. Este tipo de memorias contiene la información sobre el estado presente de los dispositivos de entrada y salida [10].

Si ocurre algún cambio en los dispositivos de entrada o salida, ese cambio será registrado inmediatamente en esta memoria. Esta memoria es capaz de guardar información originada en el microprocesador incluyendo: tiempos, unidades de conteo y relés internos.

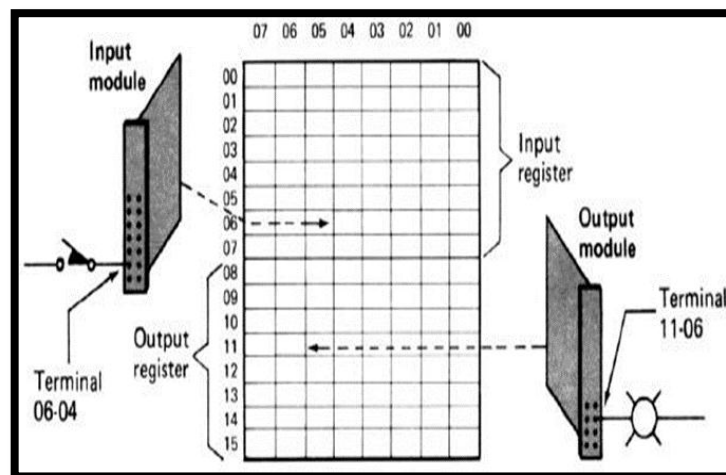


Figura 12. Registro de tabla en la unidad de procesamiento [10].

3.6.2. Memoria del usuario

El programa construido por el usuario tiene que permanecer estable durante el funcionamiento del equipo, además debe ser fácil de leer, escribir o borrar. Por tal razón se usa para su

almacenamiento, memorias tipo RAM o EEPROM. A estas memorias se las llama memoria del usuario o memoria de programa [10].

En el caso de usar memorias tipo RAM es necesario también el uso de pilas, ya que este tipo de memoria se borra con la ausencia de alimentación. En el caso de usar memorias EEPROM la información no se pierde al quitar la alimentación.



Figura 13. Entradas y salidas de un PLC [10].

3.6.3. Dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC.

Cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, entre otras.

Entre estos dispositivos podemos encontrar:

- Sensores inductivos magnéticos
- Sensores ópticos
- Pulsadores
- Termocuplas
- Termo resistencias
- Encoders.

3.6.4. Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno.

Entre los dispositivos típicos de salida podemos hallar:

- Contactores de motor
- Electroválvulas
- Indicadores luminosos o simples relés.

Generalmente los dispositivos de entrada, salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente. En este caso las señales que ingresan y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Ésta es la tarea de las interfaces módulos de entrada o salida.

3.6.5. Funciones de un PLC

Dentro de las funciones básicas podemos encontrar las siguientes:

Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionamientos y pre-accionamientos.

Dialogo hombre-máquina: Mantener un dialogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. en unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

Sistemas de supervisión: También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

Entradas- Salidas distribuidas: Los módulos de entrada-salida no tienen por qué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

Buses de campo: Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

3.6.6. Ventaja de los PLCs

Entre las ventajas de utilizar PLCs dentro de un proceso están:

- Reducción de costos
- Reducción de tiempo en mantenimiento
- Reducción de tiempos muertos
- Seguridad en el proceso
- Control más preciso
- Aprovechar dimensiones y espacios.
- Flexibilidad.
- Confiabilidad
- Sustitución de sistemas mecánicos, lógica cableada
- Reducción de cables/ conexiones
- Mayores prestaciones en programación
- Mayor adaptación a los cambios
- Mayor comodidad
- Mayor inmunidad a las señales de ruido

Detección rápida de fallas Cabe mencionar que, cada tipo de PLC puede adaptarse a las necesidades según la aplicación, por lo que existen diferentes gamas de PLCs.

3.7. PLATAFORMA DE PROGRAMACIÓN TIA PORTAL V15

Automatización totalmente integrada (TIA, Totally Integrated Automation), es un software de ingeniería que permite crear proyectos, reduciendo el número de los flujos de trabajo redundantes, su utilidad es la de integrar las distintas aplicaciones realizadas en un mismo interfaz. Un enfoque de automatización típico requiere lo siguiente: Un controlador asistido por programa que realiza un seguimiento de la operación y un panel de control que gestiona y visualiza el proceso [11].



Figura 14. TIA PORTAL V15 [11].

3.8. MODBUS

La historia del protocolo MODBUS va ligada a la historia de los PLCs. El PLC apareció con el propósito de excluir el enorme costo que significaba el mantenimiento de un sistema de control electromecánico (basado en relés) a finales de los años 60s. La posibilidad de comunicarse entre equipos apareció por el año 1973 [12].

Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus se implementa sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación y respuesta simple [13].

El Modbus es flexible, pero al mismo tiempo la aplicación es muy fácil. No solo los dispositivos inteligentes tanto microcontroladores, autómatas programables, ya que son capaces de comunicarse con Modbus, también muchos sensores inteligentes que están equipados con una interfaz Modbus a enviar sus datos a los sistemas de acogida [14].

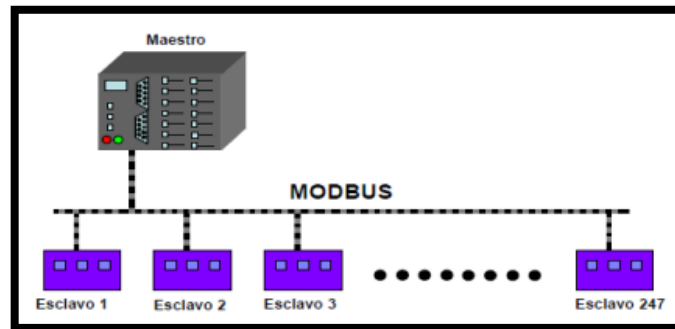


Figura 15. Red Modbus RTU [12].

3.9. TCP/IP

El protocolo de control de transmisión es un protocolo de comunicación (en inglés Transmission Control Protocol o TCP), diseñado que permite a equipos industriales tales como PLCs, PCs, drivers para motores y otros tipos de dispositivos electrónicos físicos de entrada/salida, comunicarse sobre una red Ethernet. Fue incrustado por Schneider Automation como una variante de la familia de protocolos MODBUS, ampliamente usada para la supervisión y el control de equipo de automatización [12].

MODBUS TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial de uso debido a su simplicidad, bajo coste, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto [15].

Ventajas:

- Permite el monitoreo del flujo de datos, con lo cual se evitan colisiones en la red.
- Permite multiplicar los datos, es decir, dar una secuencia cuando proviene información de varias aplicaciones.
- Alta fiabilidad.
- Adecuado para aplicaciones y empresas grandes y medianas.
- Compatible con múltiples tecnologías.
- Permite iniciar y terminar la comunicación amablemente.

Inconvenientes:

- Complejo para configurar
- No distingue entre servicios, interfaces, lo cual afecta el diseño de nuevas tecnologías.

Interpretación de números de referencias.

MODBUS basa su modelo de datos en una serie de tablas que tienen características distintivas.

Tabla 1. Modelos de datos

Entrada discreta	Bit único, proporcionado por un sistema de E/S, solo lectura
Salida discreta	Bit único, alterable por un programa de aplicación, lectura-escritura.
Registros de entrada	Cantidad de 16 bits, proporcionada por un sistema de E/S, solo lectura
Registros de salida	Cantidad de 16 bits, modificable por un programa de aplicación, lectura-escritura.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En la propuesta tecnológica se presenta el procedimiento que se realizó para la construcción de un módulo de sincronismo 1, en la comunidad universitaria donde se emplea los tipos de investigación y técnicas de investigación.

4.1. Tipos de Investigación**4.1.1. Investigación Bibliográfica**

La investigación se realizó mediante la búsqueda bibliográfica ya sea en libros, artículos científicos, páginas webs, revistas y repositorios de la comunidad universitaria nacional e internacional, de esta manera se obtuvo información de diferentes fuentes bibliográficas para realizar el proyecto.

4.1.2. Investigación Exploratorio

Mediante este método se realizó la visita en la comunidad universitaria, lugar de ejecución del módulo de sincronismo 1, de la misma manera constatar el espacio donde se ubicará los diferentes equipos como el motor, generador trifásico, variador de frecuencia, PLC y componentes electrónicos-eléctricos.

4.1.3. Investigación explicativa

En la presente propuesta tecnológica se realizó este tipo de investigación con el fin de explicar el proceso de sincronismo de un generador al realizar transferencia de carga entre generador y barra infinita, cuando este se encuentre conectado manualmente o automáticamente a diversas condiciones de operación, poniendo en práctica todos los conocimientos.

4.1.4. Investigación Experimental

Este método de investigación es el que controla deliberadamente las variables para delimitar relaciones entre ellas, con el fin de realizar transferencia entre carga y generador y barra infinita, puesto que a través del módulo podemos realizar la sincronización de generador en la parte de control y potencia.

4.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Las técnicas aplicadas para este tipo de proyecto son:

4.2.1. Medición

La medición y levantamiento de datos técnicos como niveles, voltaje, potencia en la comunidad universitaria se lo realizó con la adquisición de datos en el lugar de implementación del proyecto, se utilizó herramientas adecuadas como multímetros, flexómetros, manómetros, y pinza amperimétrica los cuales determinaron, las medidas realizadas proveen información para el posterior modelamiento y ejecución de control y potencia.

4.2.2. Modelamiento

Esta técnica se utilizará en la construcción del módulo de sincronización, en la cual veremos el diseño y el software a utilizar es el TIA PORTAL V15 para la programación en el PLC y la



Figura 17. Módulo de montaje

4.4.3. Selección de los elementos para el montaje del módulo de sincronismo

Tabla 2 Materiales

MÓDULO DE SINCRONISMO DE LOS GENERADORES DE BAJA POTENCIA			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT
1	PLC S7 1200-24 VDC	u	1
2	Switich Scalance 5 puertos	u	1
3	Fuente Sitop 5 Amp 220 V	u	1
4	Variador de velocidad (VFD)	u	1
5	Motor trifásico de 5 Hp/220 V y 350 rpm	u	1
6	Generador síncrono de 5Kw/220V y 3600rpm	u	1
7	Sincronoscopio de focos	u	1
8	Breaker Monofásico 220V	u	1
9	Control de excitación	u	1
10	Sentron Pac 3200	u	2
11	TC 30/5	u	6
12	Contactora	u	1
13	Módulo de montaje	u	1
14	Breakers	u	6
15	Relé de protección	u	2
16	Selector de posición	u	3
17	Materiales menores (canaleta, riel din, pernos, amarras, cable)	u	-

4.5.ELEMENTOS DEL MÓDULO DE SINCRONISMO

4.5.1. Motor trifásico de 5 Hp

Los motores síncronos son un tipo de motor de corriente alterna en el que la rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación; el período de rotación es exactamente igual a un número entero de ciclos de CA.

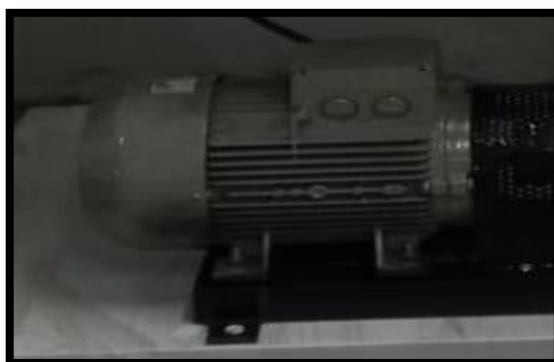


Figura 18. Motor Sincrónico

Tabla 3. Datos de la placa del motor

Descripción	Valor
Tensión de alimentación	220YY V / 440 Y V
Intensidad	14.0 / 7.0 A
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0.82
RPM	3508
Potencia	5.0 HP

Formulas eléctricas básicas para calcular motores síncronos trifásicos:

Potencia:

$$P = V * I * \text{Cos}\varphi * \sqrt{3}$$

Intensidad:

$$I = \frac{P}{V * \text{Cos}\varphi * \sqrt{3}}$$

Tensión:

$$V = \frac{P}{I * \text{Cos}\varphi * \sqrt{3}}$$

También tenemos potencias de un motor

Potencia activa:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{Cos}\varphi = (W)$$

Potencia reactiva:

$$Q = \sqrt{3} * V * I * \text{sen}\varphi = (VAR)$$

Potencia aparente:

$$S = \sqrt{3} * V * I = (VA)$$

Calculamos la potencia con los datos de la placa del motor para una conexión YY (estrella-estrella) de 220 V.

$$P = V * I * \text{Cos}\varphi * \sqrt{3}$$

$$P = 220 * 14,0 * \text{Cos}(0,82) * \sqrt{3}$$

$$P = 3079,69 W$$

Para calcular la corriente de línea en este caso se utiliza la potencia activa ya calculada con los datos de la placa.

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{Cos}\varphi}$$

$$I_L = \frac{3079,69}{\sqrt{3} * (220) * \text{cos}(0,82)}$$

$$I_L = 8,08$$

4.5.2. Swtich Scalance 5 puertos

Para construir pequeñas topologías en estrella y en línea; diagnóstico LED, IP20, AC/DC 24V alimentación, con 5 puertos de par trenzado 10/100 Mbits/s con conectores hembra RJ45 [17].



Figura 19. Swtich Scalance 5 puertos

Tabla 4. Características Swtich Scalance 5 puertos

Descripción	Valor
Puertos RJ45	5
Montaje	Carril DIN
Tensión Máxima de Alimentación	28.8V dc

4.5.3. Fuente Sitop 5 Amp 220 Voltios

Las fuentes de alimentación SITOP son mundialmente reconocidas por su alta fiabilidad y por su capacidad de afrontar condiciones críticas de la red.



Figura 20. Fuente de Alimentación SITOP 200M

Tabla 5. Características Fuente de Alimentación SITOP 200M

Descripción	Valor
tensión de alimentación	120 – 230 V
Frecuencia	50/60 Hz
I entrada con la tensión de entrada	120230V/500V – 2.2A/1.2A/0.6A/

4.5.4. Variador de velocidad (VFD)



Figura 21. VFD

Tabla 6. Características Variador de velocidad

Descripción	Valor
Comunicación	CANopen Daisy Chain, DeviceNet, ProfibusDP Ethernet/Modbus y Fipio/Modbus pasarela
Interface	Auto-tuning para un comportamiento óptimo
Modelo ATV12HU15M2 Ideal para regulación de motores. Controlador par de arranque. Inversor de giro. Protege el motor. Controla temperatura, intensidad.	

Este variador de frecuencia es de 300VA, a 220VAC y está programado para operar al motor entre 3580 y 3900 rpm, es decir a 59,5 Hz y 62 Hz, dependiendo de la regulación que se le aplique al potenciómetro del mismo

4.5.5. PLC S7 1200

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones [16].

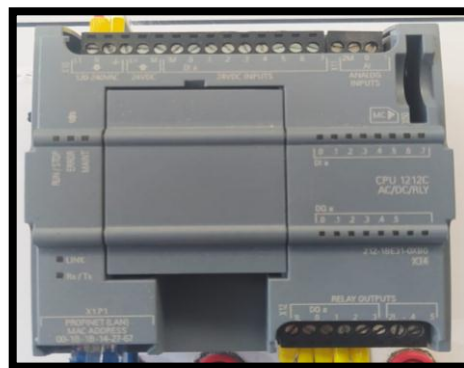


Figura 22 PLC Simatic S7-1200

Tabla 7 Características PLC Simatic S7-1200

Descripción	Valor
Tension de alimentación	120 V AC - 230 V AC
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	264 V
Memoria de usuario	50 kbyte
Consumo (valor nominal)	80 mA @ 120 VAC 40 mA @ 240 VAC
Alimentación de sensores 24 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V

4.5.6. Generador síncrono

El generador síncrono es un convertidor de energía electromecánico constituido de una parte móvil (rotor o inductor) y una parte fija (estator o inducido) las cuales están separadas por un entre hierro.



Figura 23 Generador Síncronico

Tabla 8 Generador Asíncronos

Descripción	Valor
Tensión	220 V AC
Frecuencia	60 Hz
Potencia	5 kW
rpm	3600

4.5.7. Sincronoscopio

Sincronoscopio Electrónico con contacto de sincronización y regulación de umbrales.



Figura 24. Sincronoscopio

Se escogió este tipo de sincronoscopio debido a que soporta un voltaje de 300V AC en la entrada del generador y en la entrada de la línea eléctrica, se consideró también la frecuencia de operación que es de 50/60 Hz en la línea y una frecuencia de 0 a 100 Hz del generador.

Tabla 9. Características Sincronoscopio DKG-117

Descripción	Valor
Tensión del generador	300 V-AC máx. (Ph - N)
Frecuencia del generador	0-100 Hz.
Tensión de barra	300 V-AC máx. (Ph - N)
Entradas digitales	0 - 30 V-DC. Internamente conectado a la batería positiva a través de resistencia de 4700 ohmios

4.5.8. Breaker Monofásico 220V

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^a, temperaturas ambientes entre -25 a 45 °C, grado de protección IP 20.



Figura 25. Breaker secundario

4.5.9. Control de excitación



Figura 26. Control de excitación

Tabla 10. Características del control de excitación

Descripción	Valor
Velocidad de salida	10 A: 0 ~ 30 V, 0 ~ 10 A/5 A: 0 ~ 30 V, 0 ~ 5 A
visualización: Pantalla LED de 3 ajustable	sí, conector: U.S estándar
Dimensiones	10.15 x 4.96 "x 6.18)/(25,8 x 12,6 x 15,7) cm (L x W x H)
alimentación	50 kbyte
Consumo (valor nominal)	0 – 30 V/0 – 5 A – reguladas ajustable

Esta fuente de alimentación tiene, como finalidad proveer de Corriente Directa (0~30V, 0~5A) a los devanados del inductor e induciendo así un campo magnético, necesario para el proceso de generación de corriente Alterna, el mismo que está diseñado con 4 potenciómetros, que ofrecen alta precisión y estabilidad en el ajuste.

4.5.10. Sentron Pac 3200

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 [18].

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 (ComoCapacitor)

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



Figura 27. Sentron Pac 3200

Tabla 11. Características Sentron Pac 3200

Descripción	Valor
Tension de alimentación	L-N: 3 ... 400 V AC (+ 20 %), máx. 347 L-L: 3 ... 690 V AC (+ 20 %), máx. 600
corriente	5 A AC (+ 20 %, máx. 300 V)
Precisión de medida	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión: ± 0,3 % • Corriente: ± 0,2 % • Potencia: ± 0,5 % • Frecuencia: ± 0,05 % • Factor de potencia: ± 0,5 %
Tensión de alimentación	95 ... 240 V AC (50 / 60 Hz) ó 110 ... 340 V DC PAC3200-2: 22 65 V DC

4.5.11. Transformadores de Corriente 30/5 A (TC)

Tensión más elevada para el material 0.72kV c.a., clase térmica A 105°C, factor de seguridad ≤ 5 .



Figura 28. TC 30/5 A

Tabla 12. Características Transformador de corriente

Descripción	Valor
Frecuencia	50/60 Hz
Tensión	0.6/3 kV

Después de haber realizado el cálculo para este proyecto serían los TC de 10 A, pero los TC que se ocuparían en el módulo son los de 30/5 A, por la razón de que en el anterior módulo ya existen y se va reutilizar el mismo.

4.5.12. Contactador

Elemento de apertura o cierre importante en un circuito de fuerza, 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 29. Contactor

Tabla 13. Características del contactor

Descripción	Valor
Frecuencia	50/60 Hz
Tensión	hasta 690V
Corrientes nominales	9-25

4.5.13. Breakers principal

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^a, temperaturas ambientes entre -25 a 45 °C, grado de protección IP 20.



Figura 30. Breaker Principal

4.5.14. Relé de protección 230VAC

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 31. Relés de protección

4.5.15. Selector de posición

En los selectores de dos posiciones, se cambian de posición girando la palanca o la llave en el sentido de las manecillas del reloj 45°.



Figura 32. Selector de posición

Tabla 14 Características del selector

Posición	Contactos	
	1-2	3-4
0	X	-
1	-	X

4.5.16. Materiales menores (canaleta, riel din, pernos, amarras, cable)

Los materiales a utilizar en el tablero tales como: tornillos, pernos, cables, borneras etc.

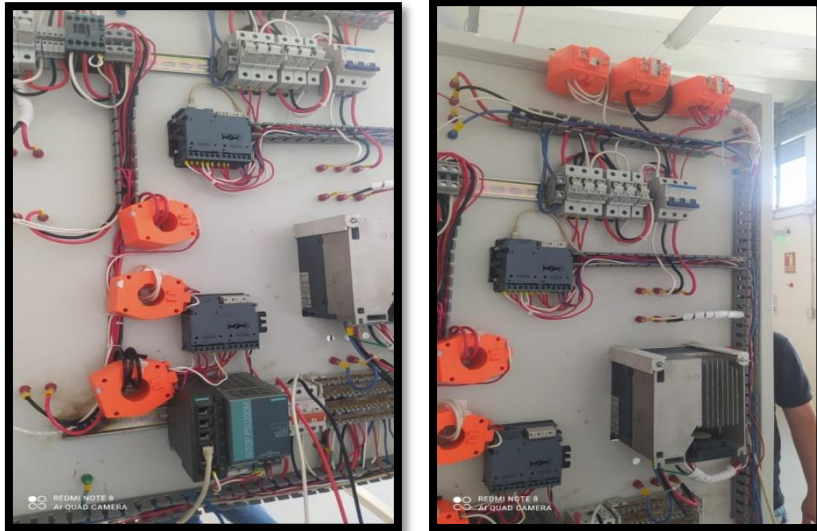


Figura 33. Materiales menores

4.6. Programación PLC en el TIA PORTAL V15

TIA PORTAL V15 es un software de ingeniería que permite elaborar códigos de control del PLC y cumple la función de vincular redes entre equipos o módulos de control en la cual se puede configurar la programación de los principales elementos utilizados a la hora de realizar la automatización.

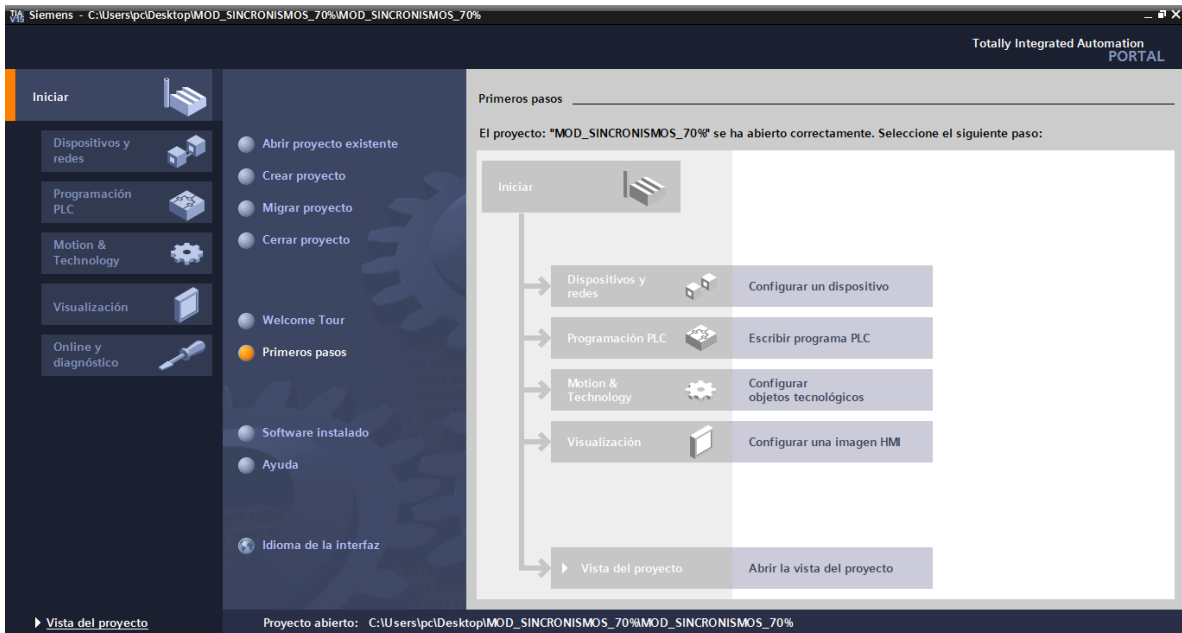


Figura 34. Pantalla de inicio.

4.6.1. Elementos de la pantalla TIA PORTAL

En la pantalla se visualiza todos los componentes para realizar un proyecto donde se encuentran editores disponibles que ayudan para crear y editar los respectivos componentes dentro del proyecto.

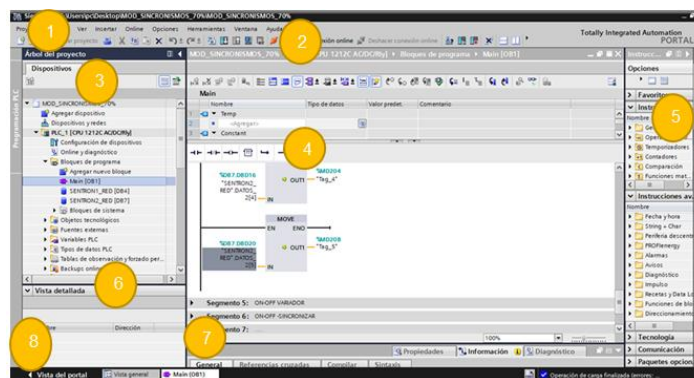


Figura 35. Vista del proyecto a realizar.

1. Barra de menús: Se encuentran todos los comandos necesarios para trabajar con el software.
2. Barra de herramientas: Contiene botones que ofrecen acceso directo a todos los comandos más frecuentes y es más accesible a los comandos que desde los menús.

3. **Árbol del proyecto:** En esta parte es posible acceder a todos los componentes y datos del proyecto que se va realizar. Por ejemplo:
 - Agregar componentes
 - Editar componentes existentes
 - Consultar y modificar las propiedades de los componentes ya existentes sin ningún inconveniente.
4. **Área de trabajo:** Se visualizan los objetos que se abren para editarlos.
5. **Task Cards:** Son las que están disponibles en función del objeto editado o en los seleccionados y se encuentran en una barra en el borde derecho de la pantalla. También se pueden expandir y contraer en todo momento.
6. **Vista detallada:** Se visualizan determinados contenidos del objeto seleccionado entre las cuales están listas de textos o variables.
7. **Ventana de inspección:** Esta la información adicional sobre el objeto seleccionado o sobre las acciones realizadas.
8. **Cambiar a la vista del portal:** Pulsar “vista del portal” te permite cambiar a la vista del portal.

4.6.2. Programa para verificar variables eléctricas realizadas en TIA PORTAL V15

Para poder reflejar valores se procede a trabajar en el software TIA PORTAL V15, que nos permite tener una conexión más rápida y eficiente al momento de trabajar con equipos de marca siemens, iniciamos agregando nuevo bloque.

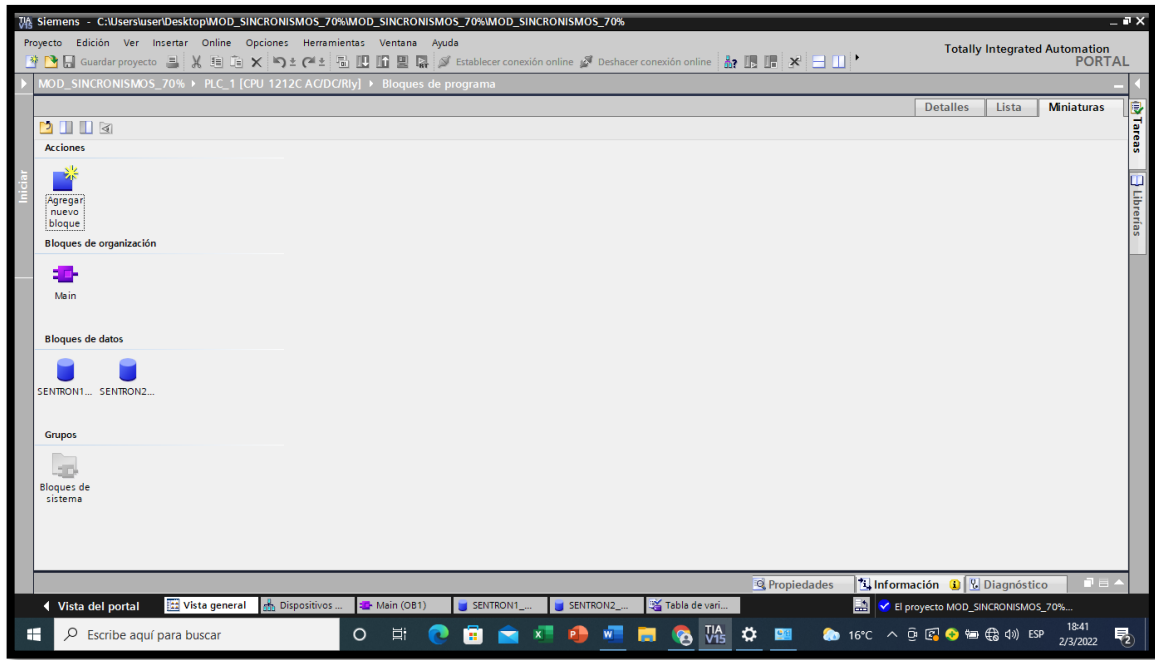


Figura 36 Interfaz TIA PORTAL V15

4.6.3. Comunicación Modbus

Procedemos a realizar una comunicación MODBUS TCP/IP entre el PLC y una PC, de tal manera que se pueda obtener la supervisión y el control de los equipos en un entorno Internet utilizando protocolos de PLC y su conexión Ethernet.

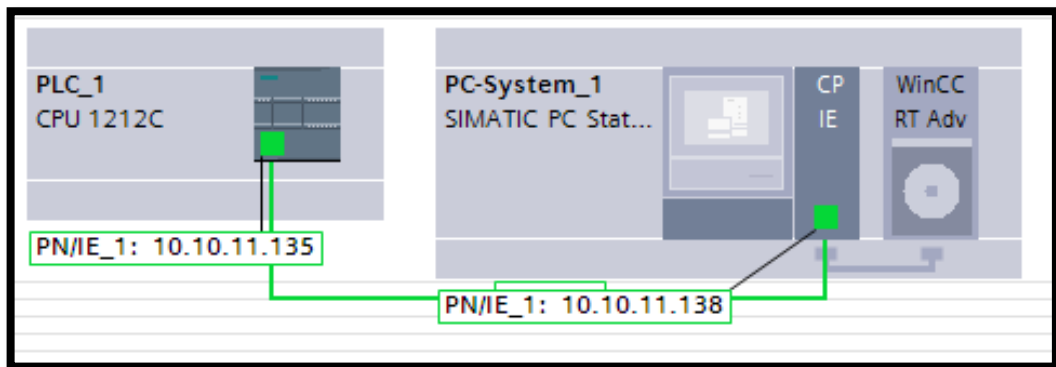


Figura 37 Comunicación MODBUS

4.6.4. Segmentos creados para recopilación de datos

Después de realizar la conexión modbus se procede a crear segmentos, para lo cual se ha realizado la creación de 10 segmentos en el cual se detalla de la siguiente manera:**Figura 38**
Segmentos del programa

Segmento 1: se obtiene la comunicación SENTRON PAC_ GENERADOR.

Segmento 2: procede a recopilar los datos que se obtiene de la comunicación SENTRON PAC_ GENERADOR, para poder proceder a verificar mediante una interfaz gráfica.

Segmento 3: procede a realizar una comunicación de SENTRON PAC_RED ELECTRICA.

Segmento 4: procede a recopilar los datos que se obtiene de la comunicación SENTRON PAC_RED ELECTRICA, para poder proceder a verificar mediante una interfaz gráfica.

Segmento 5: ON-OFF VARIADOR está encargado de verificar el arranque del motor y regular su velocidad para entregar energía mecánica hacia el generador.

Segmento 6: COMPARACION PARA SINCRONIZAR este segmento se encarga de recopilar los datos obtenidos por los sentron pac, de esta manera se realiza su comparación de variables eléctricas para dar paso a la sincronización del generador.

Segmento 7: RANGO DE FRECENCIA, para realizar este segmento se procede a obtener la frecuencia de la barra infinita y la frecuencia reflejada por el generador, una vez obtenido estos parámetros, procedemos a colocar una restricción de $\pm 0,5$ % de error para realizar el sincronismo.

Segmento 8 ,9 y 10: RANGO DE VOLTAJE, para realizar este segmento se procede a obtener la tensión de la barra infinita (tensión de línea y de fase) y la tensión reflejada por el generador (tensión de línea y de fase), una vez obtenido estos parámetros, procedemos a colocar una restricción de $\pm 0,5$ % de error para realizar el sincronismo.

▶	Segmento 1: SENTRON_PAC_GENERADOR
▶	Segmento 2: DATOS_SENTRO_GENERADOR
▶	Segmento 3: SENTRON_PAC_2-RED ELECTRICA
▶	Segmento 4: DATOS_SENTRO_RED ELECTRICA
▶	Segmento 5: ON-OFF VARIADOR
▶	Segmento 6: COMPARACION PARA SINCRONIZAR
▶	Segmento 7: RANGO DE FRECUENCIA
▶	Segmento 8: RANGO DE VOLTAJES VL1L2
▶	Segmento 9: RANGO DE VOLTAJES VL2L3
▶	Segmento 10: RANGO DE VOLTAJES VL2L1

Figura 38 Segmentos del programa

4.7. DIAGRAMA DE BLOQUES

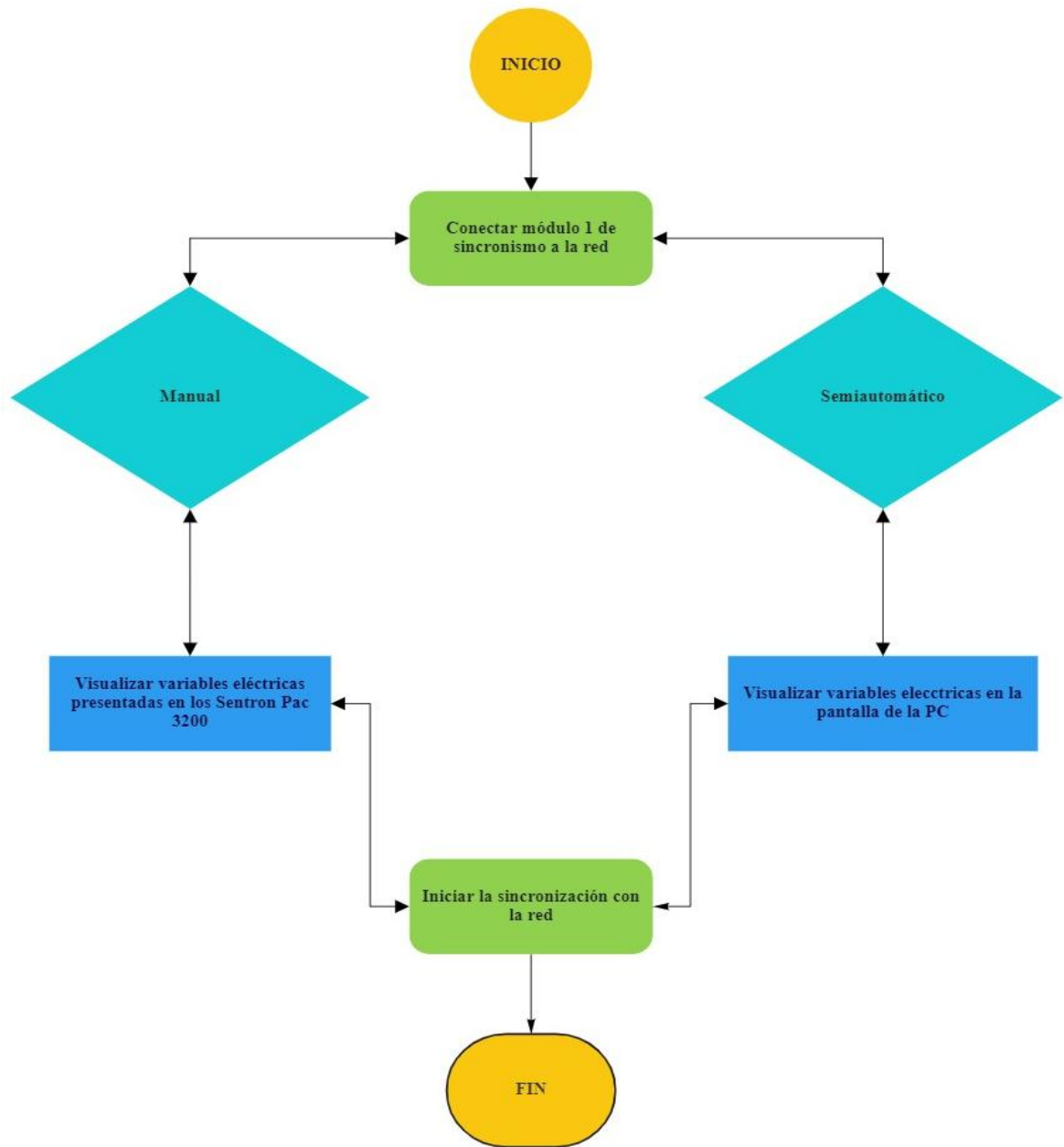


Figura 39. Flujograma para el funcionamiento del proyecto

El diagrama de bloques realizado para el proyecto “ANÁLISIS Y MONITOREO DE OPERACIÓN DE SINCRONISMO DE LOS GENERADORES DE BAJA POTENCIA”, indica la secuencia de su funcionamiento para el correcto desarrollo del mismo.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente modulo está diseñado para el control y monitoreo de operación de sincronismo del generador de baja potencia, construido con tecnología actualmente utilizada en industrias, su estructura metálica sirve como base para el montaje de motor y generador de 5 hp, con su respectivo acople para asegurar una correcta alineación al momento de formar energía mecánica a energía eléctrica. En su parte Frontal está distribuida de manera didáctica para que los estudiantes identifiquen los elementos de fuerza, control y monitoreo.

El módulo cuenta con una alimentación trifásica misma que 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, para su accionamiento, el equipo encargo en accionar el generador tiene como fuente primaria un motor que proporciona energía mecánica hacia el generador que trasforma esta energía convirtiéndola en energía eléctrica, los cuales poseen entradas analógicas y mediante los cuales se puede incrementar o disminuir de un modo manual la frecuencia según sea necesario.

El variador de frecuencia está conectado internamente hacia el motor la misma que se alimenta por la red de energía eléctrica (ELEPCO) el cual de manera automática o manual comanda su funcionamiento de arranque y paro.

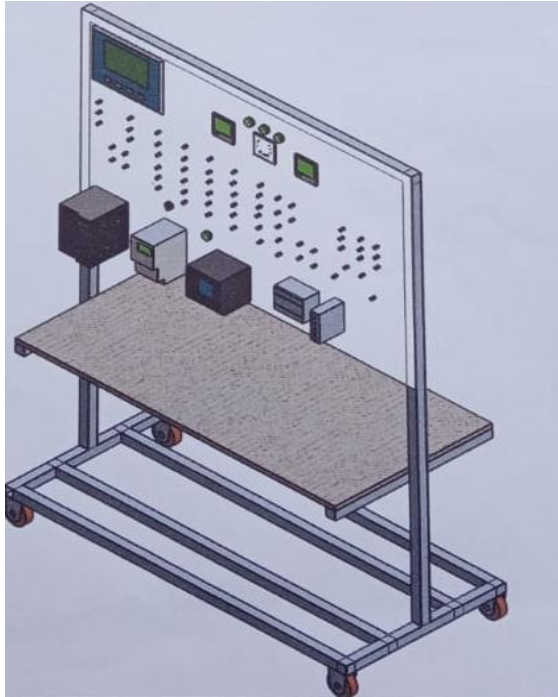
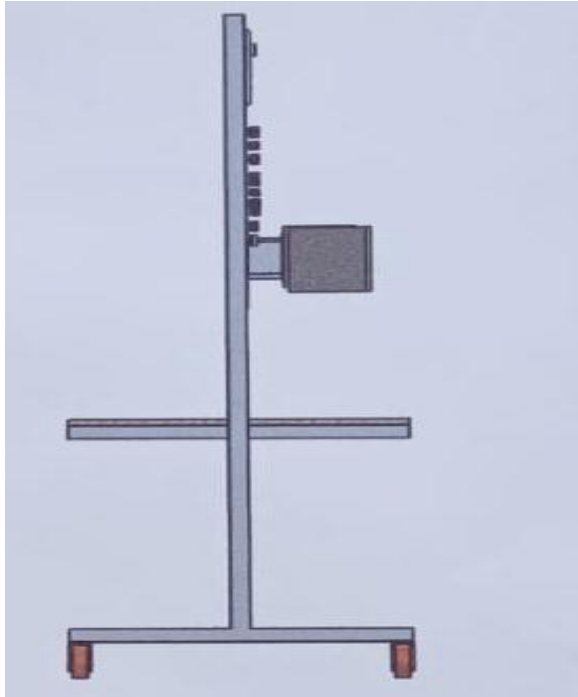
Los Sentron Pac están encargados en medir variables eléctricas tales como frecuencia, tensión, corriente, etc. Reflejado tanto de la red para el primer Sentron Pac como el segundo sentón pack que mide variables del generador. Para obtener dos datos de corriente se procede a colocar 3 TC en la parte posterior del módulo, estos TC son de 30/5 A.

Para realizar la sincronización del módulo con la red se procede utilizar un Sincronoscopio DKG 117 el cual obtiene los datos de la red como del generador para ser accionado, así entrando en sincronismo con la red de esta manera se realiza una práctica manual a su vez el módulo está diseñado para conectar cargas tales como: resistivas, inductivas y capacitivas hacia el generador. Para la parte automática está conformada con un PLC el cual controla de manera automática los elementos del módulo, la cual permite obtener comunicación con los Sentón Pac para realizar la sincronización automática.

5.1. Diseño dimensional

En el diseño dimensional se encuentra detallado el análisis de la estructura donde se colocará elementos y materiales para realizar el módulo de sincronismo 1.

Tabla 15 Dimensionamiento del módulo de sincronismo 1

Materiales	Descripción
Lamina de acero 2 x 2 m	2,5 mm
Tubo cuadrado 2cm x 6m	2cm x 6m
Tubo cuadrado 1	2 pulgadas
Pintura	Código de pintura GT-456
	

5.2. Métodos de operación del módulo de sincronismo 1

De acuerdo con el diseño establecido para el módulo de sincronismo 1 propuesto en el proyecto, el cual cuenta con dos modos de operación manual y semiautomática.

- Método manual
- Método semiautomático

5.3. Método manual de sincronización de un generador conectado a la red.

La sincronización en un generador es vital en una industria ya que en la actualidad el corte de suministro eléctrico genera pérdidas económicas, el sincronismo permite conectar una fuente de generación eléctrica con una red. En la presente práctica se puede verificar las variables eléctricas tales como frecuencia, tensión y corriente en tiempo real, mediante el control y monitoreo de sincronismo de generación.

5.3.1. Pruebas en vacío de variables eléctricas de la red

Los datos de tensión de línea que se refleja en la **Tabla 16** Datos de la red de tensión de fase se obtuvo mediante la medición de variables eléctricas obtenidas de la red por medio de un instrumento de medida (multímetro, pinza amperimétrica).

Tabla 16 Datos de la red de tensión de fase

Parámetros de tensión de línea de la red		
DESCRIPCIÓN	DATOS	NOMENCLATURA
Voltaje de la línea 1 con neutro (VL1N)	124,34	V
Voltaje de la línea 2 con neutro (VL2N)	125,28	V
Voltaje de la línea 2 con neutro (VL3N)	124,34	V

Los datos de tensión de fase que se refleja en la siguiente Tabla 17 se obtuvo mediante la medición de variables eléctricas obtenidas de la red por medio de un instrumento de medida (multímetro, pinza amperimétrica). **Tabla 17**

Tabla 17 Datos de la red de tensión de fase

Parámetros de tensión de fase de la red		
DESCRIPCIÓN	DATOS	NOMENCLATURA
Voltaje de fase 1 (VL1L2)	216,176	V
Voltaje de fase 2 (VL2L3)	216,183	V
Voltaje de fase 3 (VL3L1)	215,36	V

Los datos de frecuencia que se refleja en la siguiente Tabla 18 se obtuvieron mediante la medición de variables eléctricas obtenidas de la red por medio de un instrumento de medida.

Tabla 18 Datos de la red de Frecuencia

Parámetros de frecuencia de la red		
DESCRIPCIÓN	DATOS	NOMENCLATURA
Frecuencia línea 1 (I1)	60	Hz
Frecuencia línea 2 (I2)	60	Hz

Frecuencia línea 3 (I3)	60	Hz
-------------------------	----	----

5.3.2. Resultados obtenidos en el sincronismo manual del generador

Al momento de realiza la práctica de sincronismo manual se refleja los siguientes datos, los mismo que se obtuvieron reflejados del Sentron Pac conectado a la red y el Sentron Pac conectado al generador.

Tabla 19 Resultados cuando el módulo entra en sincronismo

RESULTADOS CUANDO EL MODULO ENTRA EN SINCRONISMO					
BARRA INFINITA			GENERADOR		
Descripción	Datos	Nomenclatura	Descripción	Datos	Nomenclatura
VL1N	123,7	V	VL1N	123,08	V
VL2N	124,95	V	VL2N	125,60	V
VL3N	123,93	V	VL3N	123,30	V
VL1L2	215,39	V	VL1L2	215,26	V
VL2L3	214,34	V	VL2L3	215,26	V
VL3L1	214,51	V	VL3L1	213,37	V
I1	2,7	A	I1	1,67	A
I2	5,79	A	I2	1,56	A
I3	3,97	A	I3	2,27	A

F	59,99	Hz	F	59,991	Hz
----------	-------	-----------	----------	--------	-----------

Datos obtenidos del control y monitoreo de sincronismo de generador trifásico conectado a la red.

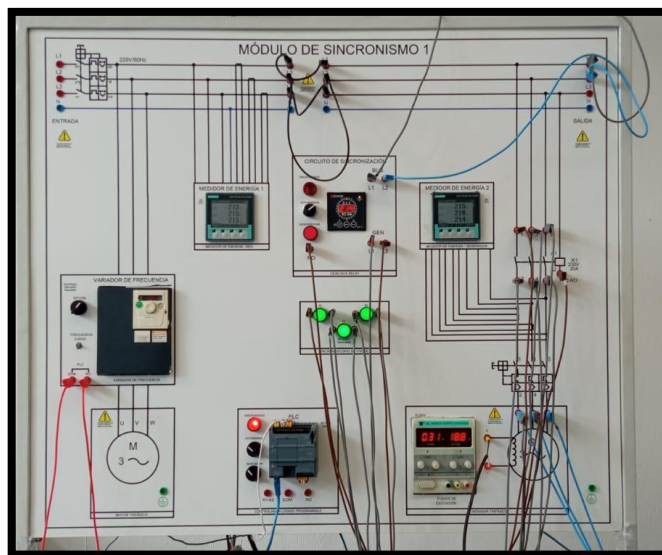


Figura 40 Control y monitoreo manual de sincronización

5.4. Sincronismo de generador conectado a la red semiautomática

La sincronización de un generador de manera semiautomática es de vital importancia en una industria, su principal propósito es de mantener siempre energizado a la industria ante un posible corte de suministro eléctrico, evitando grandes pérdidas económicas por el paro de maquinarias.

5.4.1. Pruebas en vacío de variables eléctricas de la red y generador

Para realizar el sincronismo de manera semiautomática de un generador conectado a la red procedemos a realizar sus respectivas mediciones.

En la siguiente tabla se presenta las mediciones de frecuencia, tensión, y corriente obtenidas de la red eléctrica (ELEPCO).

Tabla 20 Datos obtenidos del módulo 1 de sincronismo (sin energizar)

DATOS CONEXIÓN EN VACÍO					
RED			GENERADOR		
Descripción	Datos	Nomenclatura	Descripción	Datos	Nomenclatura
VL1N	124,34	V	VL1N	0	V
VL2N	125,28	V	VL2N	0	V
VL3N	124,34	V	VL3N	0	V
VL1L2	216,17	V	VL1L2	0	V
VL2L3	216,18	V	VL2L3	0	V
VL3L1	215,36	V	VL3L1	0	V
I1	0	A	I1	0	A
I2	0	A	I2	0	A
I3	0	A	I3	0	A
F	60,1	Hz	F	0	Hz

5.4.2. Resultados obtenidos en el sincronismo semiautomático

A continuación, se presenta **Figura 41** Datos obtenidos por medio de la datos obtenidos en el sincronismo de generador semiautomático mediante PLC:

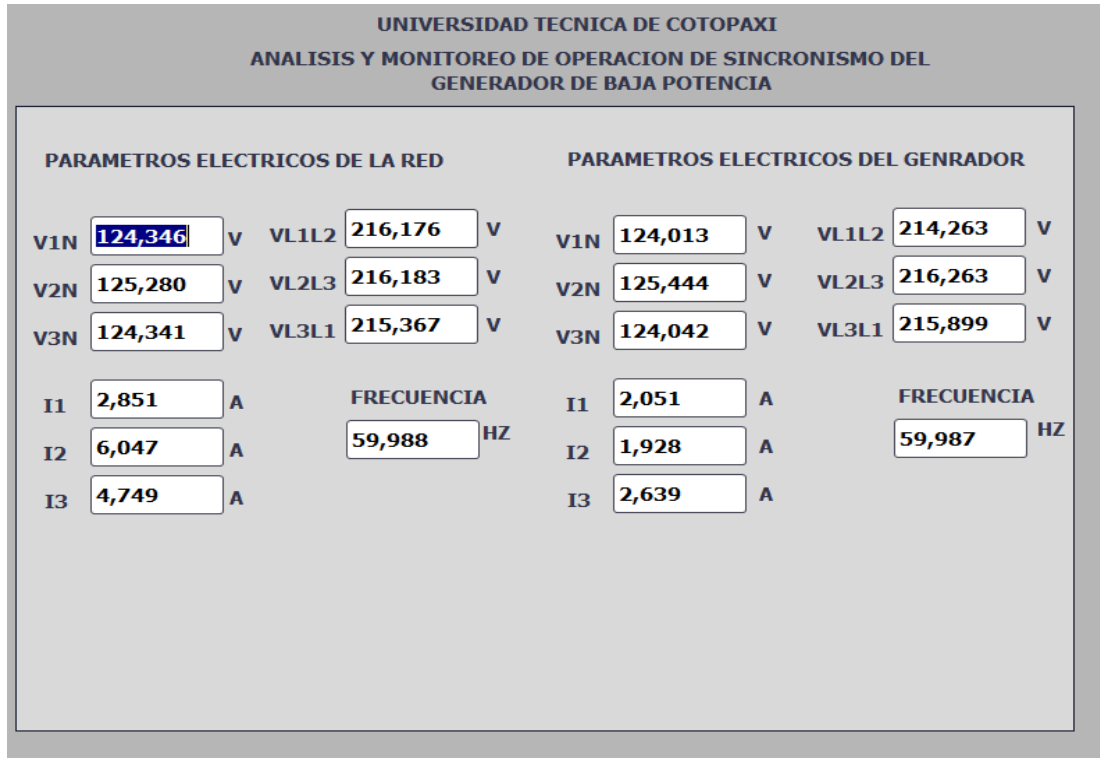


Figura 41 Datos obtenidos por medio de la interfaz

5.5. Datos obtenidos al momento de conectar carga al generador

Para finalizar procedemos a reflejar datos de potencia al adjuntar el módulo de cargas del laboratorio para poder observar variables eléctricas conectadas al generador, en la siguiente **Figura 42** Datos obtenidos del software TIA PORTALV15 se observa los siguientes datos en tiempo real.

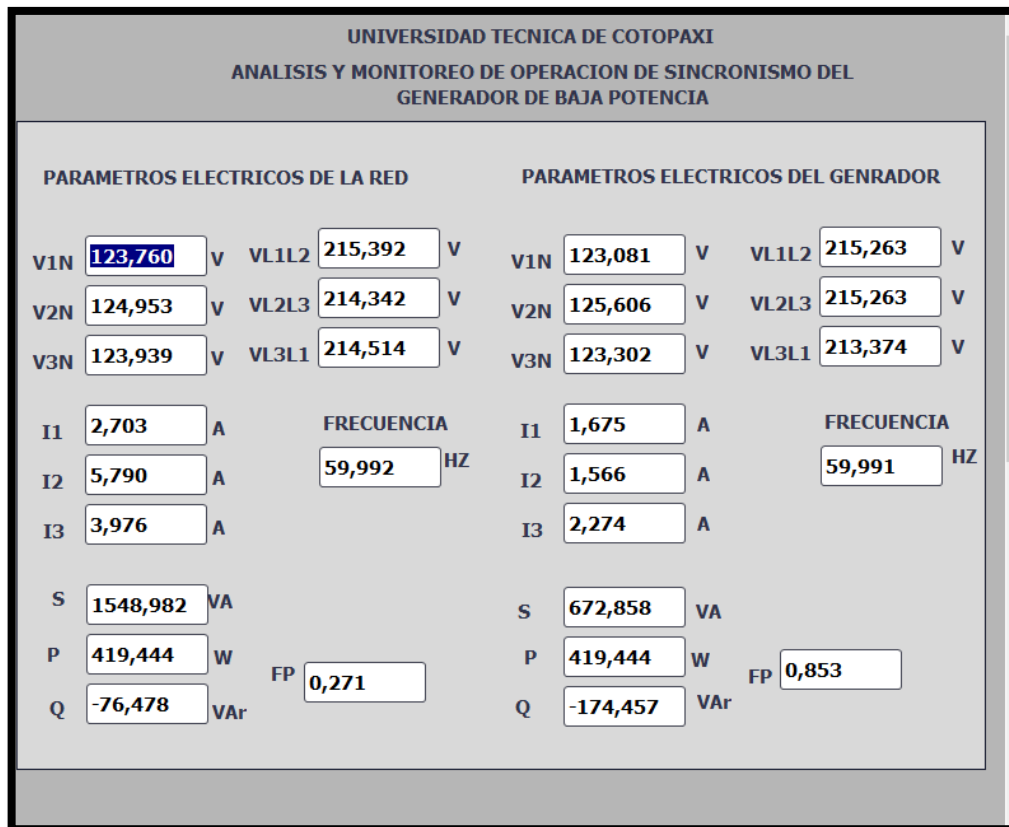


Figura 42 Datos obtenidos del software TIA PORTALV15

5.6. ANÁLISIS DE IMPACTOS

En este punto se detalla el análisis del módulo e impactos que genera en la presente propuesta tecnológica.

5.6.1. Impacto social

En el impacto social se refiere a toda la comunidad universitaria, para el desarrollo de estudios de tales como: variables eléctricas entre otras.

5.6.2. Impacto tecnológico

En la propuesta tecnológica se aprovechó diferentes maneras de sincronismo, de manera manual y semiautomática, lo cual se realizó mediante una adquisición de datos y una comunicación Modbus de tal manera verificar y monitorear las variables eléctricas.

5.6.3. Impacto ambiental

La presente propuesta tecnológica no afecta en medioambiente ya que el módulo de sincronismo 1 no genera ningún tipo de gases con contaminación alguna.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se deduce que es de suma importancia que el generador que se pretenda conectar con la red tiene que cumplir un proceso estricto, por consiguiente, una sincronización fuera de estos límites puede ocasionar daños eléctricos y mecánicos al generador también la puede misma causar disturbios en la red eléctrica y ocasionar que el sistema tenga que ser fuera de servicio.
- El módulo de sincronismo 1, esta dimensionado para operar de manera manual y semiautomática, para el monitoreo se utilizó el protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP, después de calibrar los parámetros, tarda para entrar en sincronización 28 segundos, ya en sincronización se visualiza los datos de la corriente y otras variables.
- Una vez sincronizado a la red obtuvimos los valores de corriente, los cuales se compararon con los valores obtenidos en los Sentron Pac, a través de los TC en lo cual nos arrojó un error de 0,3% debido a la escala de los TC.

6.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable modificar el diseño del sistema para que el módulo funcione al 100% automáticamente modificando la fuente de voltaje variable con un circuito de control que pueda ser manipulado mediante la interfaz gráfica.
- Para lograr una sincronización exitosa, se debe considera los requisitos de sincronización que los voltajes de fase y la frecuencia sean iguales, también tener muy en cuenta que tengan la misma secuencia de fase para evitar daños mecánicos en el generador debido a la mala sincronización.
- Se recomienda utilizar sensores de corriente de mayor precisión (efecto hall) para la adquisición de los datos y así evitar un rango de error alto en la lectura de parámetros eléctricos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. P. Carlos Guerrero, “Diseño del Sistema de Control Para un Sincronizador Automático, Integrado a la Red Eléctrica de Smurfit Kappa Colombia,” 2018.
- [2] V. Jorge, “Sistemas de sincronismo: lo que necesitan las industrias.” 2017, [Online]. Available: <https://www.revistaei.cl/columnas/sistemas-de-sincronismo-lo-que-necesitan-las-industrias/#>.
- [3] C. S. Segovia, “Repotenciación del módulo de control y monitoreo para la operación de sincronismo de los generadores de baja potencia como módulo didáctico para el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, vol. 1, p. 101, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.
- [4] R. Ramírez, Hugo. Sánchez, “Diseño y Construcción de un Tablero de transferencia y Sincronización de Geeradores de Emergencia de PLC y Pantalla Táctil,” p. 85, 2012.
- [5] F. F. S. Juarez, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL MULTICAPA MODBUS TCP – RS485 WIRELESS QUE PERMITA ENLAZAR ESTACIONES REMOTAS,” pp. 1–110, 2011.
- [6] Q. Caiza and E. Roberto, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE GENERADORES DE EMERGENCIA Y MONITOREO CON SISTEMA SCADA,” 2012.
- [7] I. Quinde, C. Isabel, I. Barzola, and I. Jhonny, “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO MOTOR-GENERADOR ELÉCTRICO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA,” 2019.
- [8] M. S. Daniela, “Diseño e Implementación de un Sincronizador Automático Para los Generadores de una Micro Red de Laboratorio,” 2017.
- [9] A. B. Zaamy, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN DE CONTROL DE PROCESO INDUSTRIAL SOBRE PANTALLA HMI,” 2021.
- [10] J. Gallegos and E. Delgado, “Diseño e implementación de una red industrial modbus para el control de actuadores trifásicos en el laboratorio de fabricación flexible,” p. 198, 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3633/1/UPS-GT000348.pdf>.
- [11] G. M. Huanacuni, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE EMBOTELLADO DE YOGURT EN LA PLANTA LECHERA TACNA,” *Artic. Financ. Distress*, pp. 1–123, 2021, [Online].

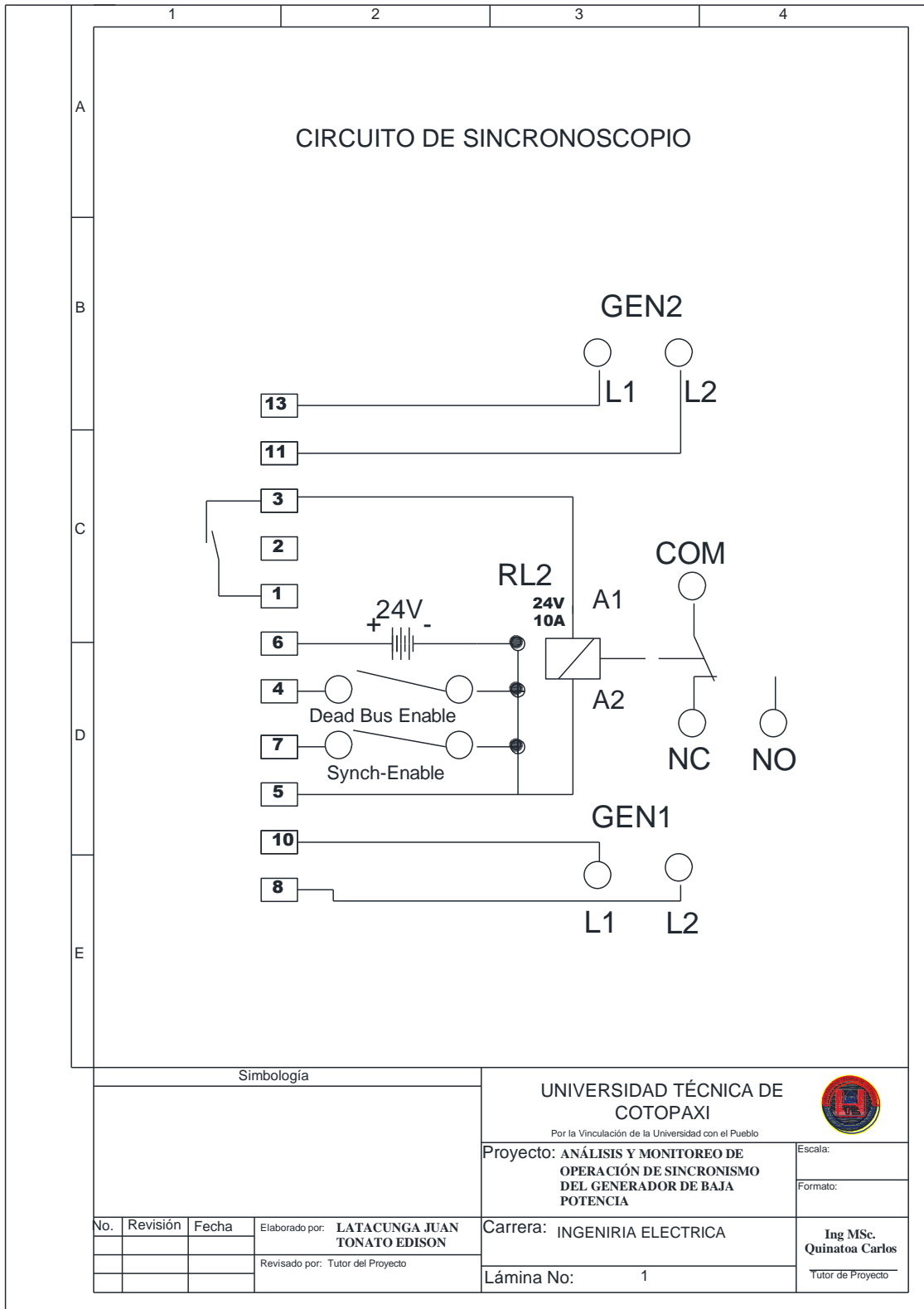
- Available: <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>.
- [12] Á. T. O. Amado, “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE REDES INDUSTRIALES UTILIZANDO EL PROTOCOLO MODBUS PARA LA TRANSFERENCIA DE DATOS DE CONTROL DE UN VFD ENTRE DOS PLCS,” 2021.
- [13] B. Martínez Cerro, “Control de PLCs Siemens S7-1200 mediante el protocolo MODBUS a través del programa LABVIEW para realización de prácticas de comunicación industrial,” p. 19, 2011.
- [14] F. DE Mecánica, P. por, and J. Diego Cruz Freire Darwin Vinicio Chimbo Chimbo, “Escuela Superior Politécnica De Chimborazo,” 2015.
- [15] M. F. Carrion and C. R. Romero, “Desarrollo de software HMI Scada e implementación sobre un módulo didáctico autónomo para ventas de la empresa ECUAINSETEC CÍA. LTDA.,” p. 153, 2012, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3546>.
- [16] Siemens, “Safety Integrated for Optimum Process Safety.” [Online]. Available: https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/process-safety.html?gclid=EAIaIQobChMIx-L1iq3i9QIVVODICh0vUQ-nEAAYASAAEgIMpPD_BwE.
- [17] Calimport, “Scalance XBOO5, Switch Industrial 5, Puertos RJ45.” [Online]. Available: <https://calimport.cl/productos/1/6/1756-scalance-xb005-switch-industrial-5-puertos-rj45>.
- [18] Distrelec, “7KM2112-0BA00-3AA0 - Power Meter Sentron Pac3200, Siemens.” <https://www.distrelec.de/en/power-meter-sentron-pac3200-siemens-7km2112-0ba00-3aa0/p/17696049>.

8. ANEXOS

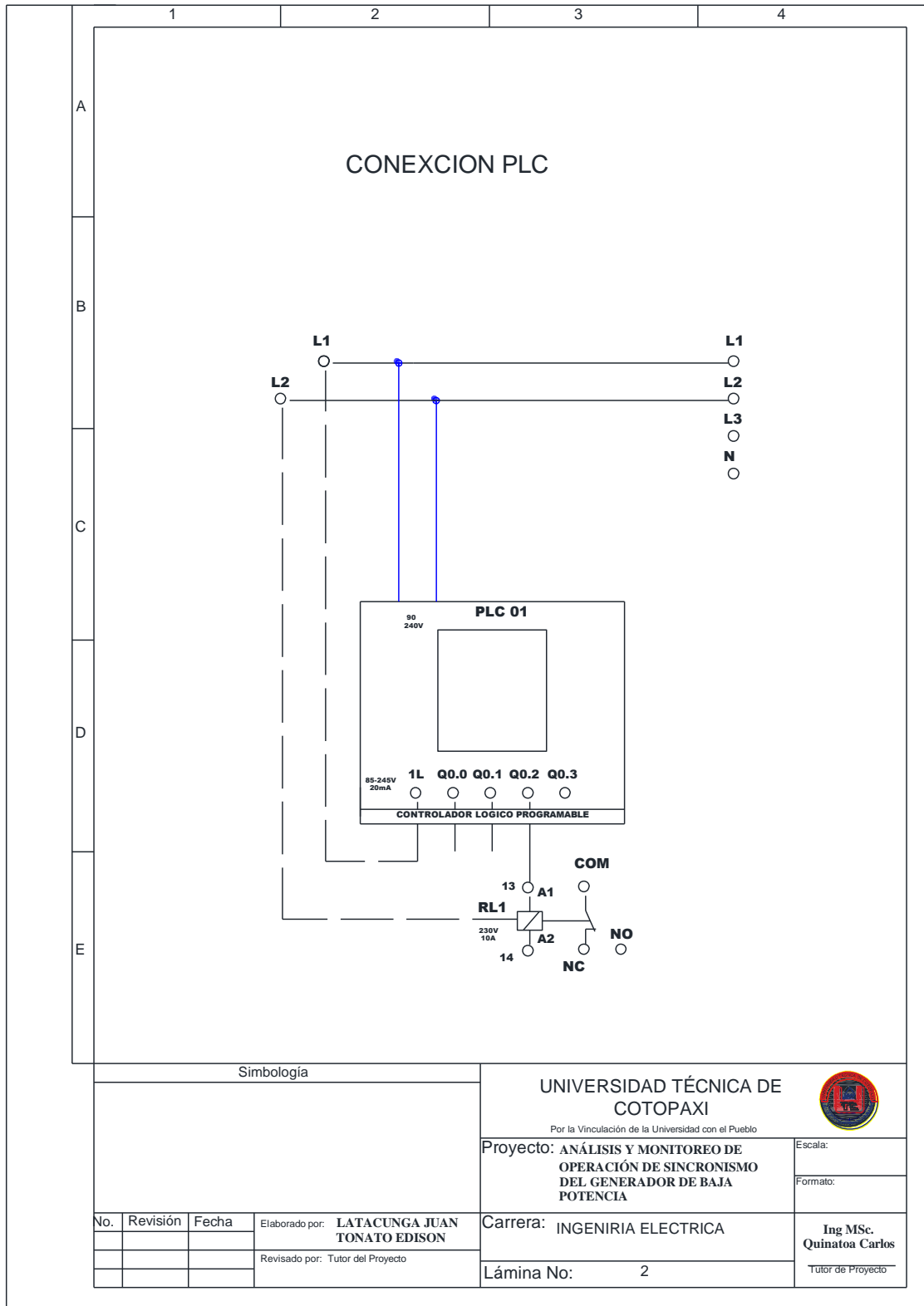
INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Circuito de sincronoscopio (AutoCAD).....	60
ANEXO B. Conexión PLC (AutoCAD).....	61
ANEXO C. Conexión secuencia mediante lámparas (AutoCAD).....	62
ANEXO D. Conexión de PLC (AutoCAD).....	63
ANEXO E. Diagrama de modulo sincronismo 1.....	64
ANEXO F. Desmontaje de los equipos y corte de estructura del módulo antiguo.....	65
ANEXO G. Construcción de la estructura metálica para colocar el motor-generator y los equipos eléctricos y electrónicos.....	65
ANEXO H. Implementación y conexión de los equipos en el módulo.....	66
ANEXO I. Módulo finalizado y prácticas realizadas.....	66
ANEXO J. Manual de usuario módulo de sincronismo 1.....	67
ANEXO K. Diseño del sistema de sincronización (AutoCAD).....	68
ANEXO L. Introducción.....	69
ANEXO M. Protocolo de seguridad 1.....	74
ANEXO N. Práctica 1.....	75
ANEXO O. Práctica 2.....	87

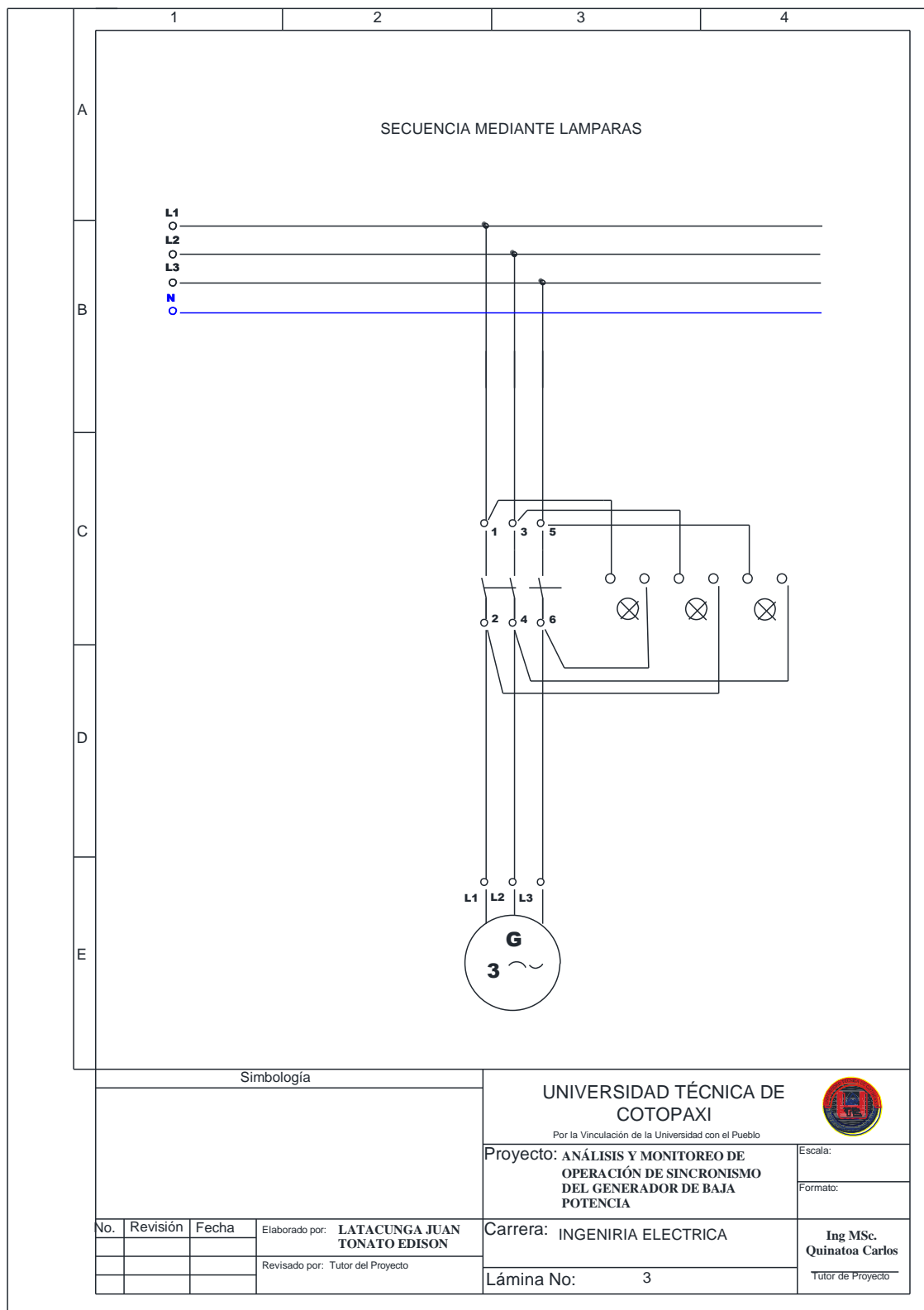
A. Circuito de sincronoscopio (AutoCAD)



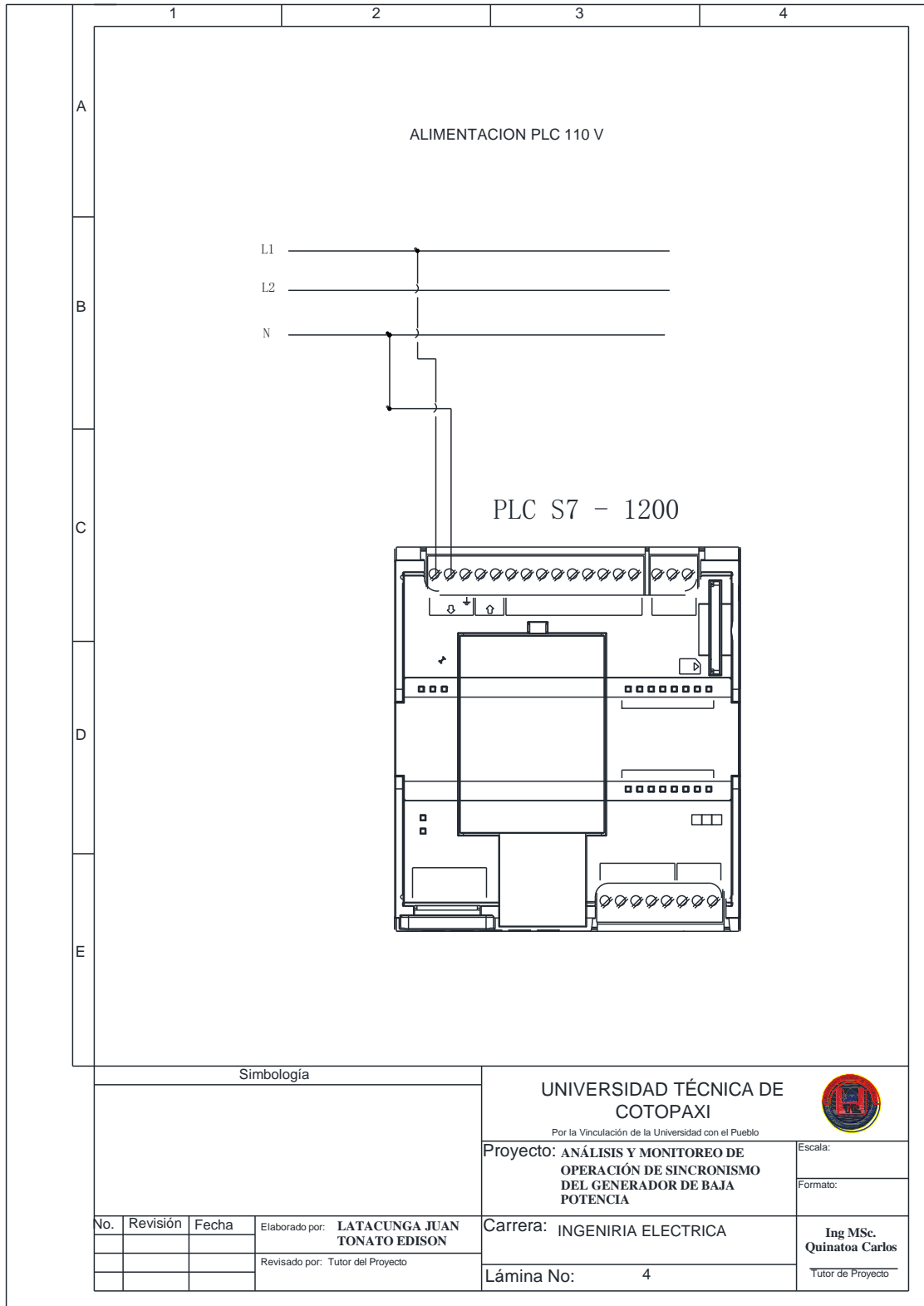
B. Conexión PLC (AutoCAD)



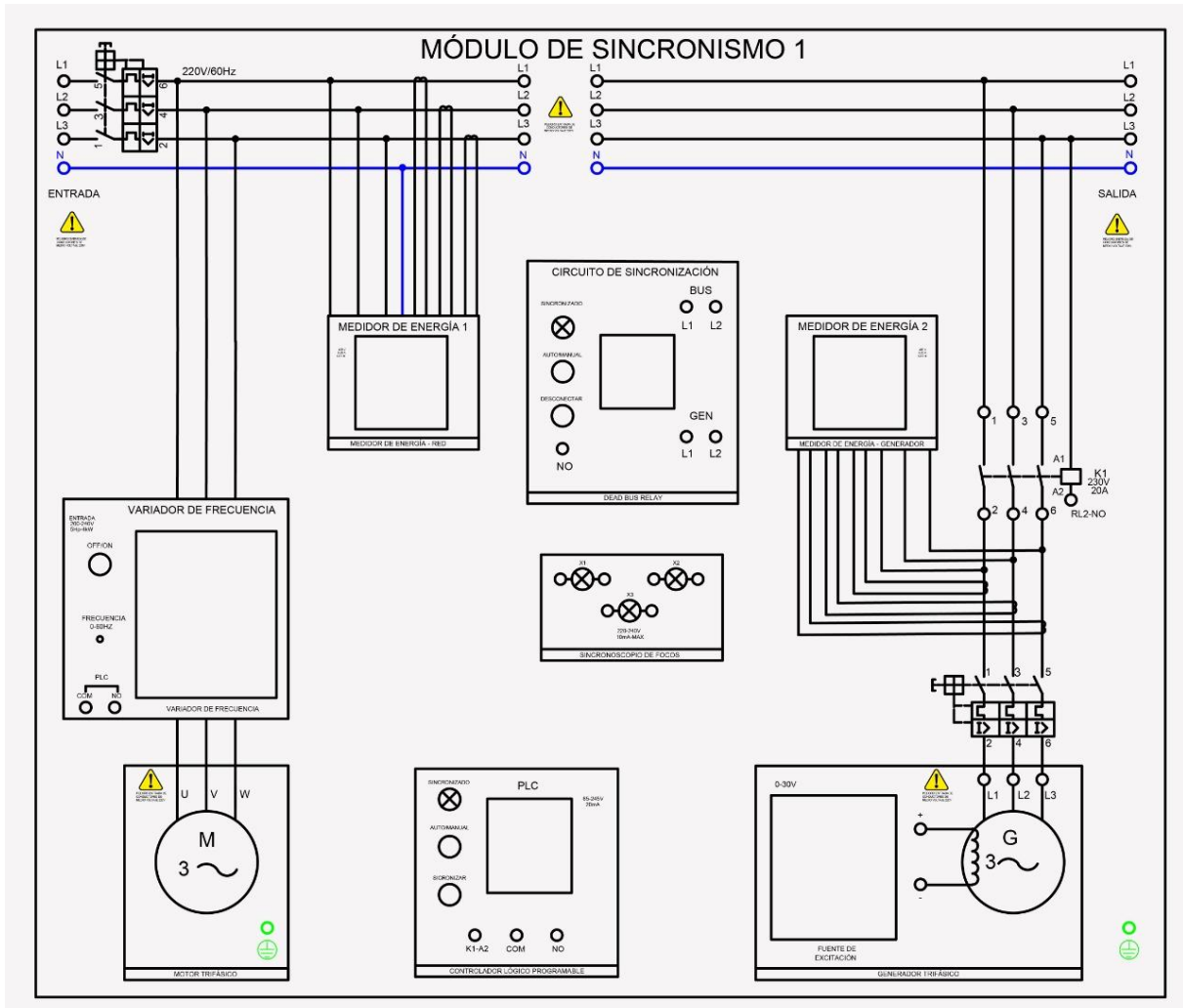
C. Conexión secuencia mediante lamparas (AutoCAD)



D. Conexión de PLC (AutoCAD)



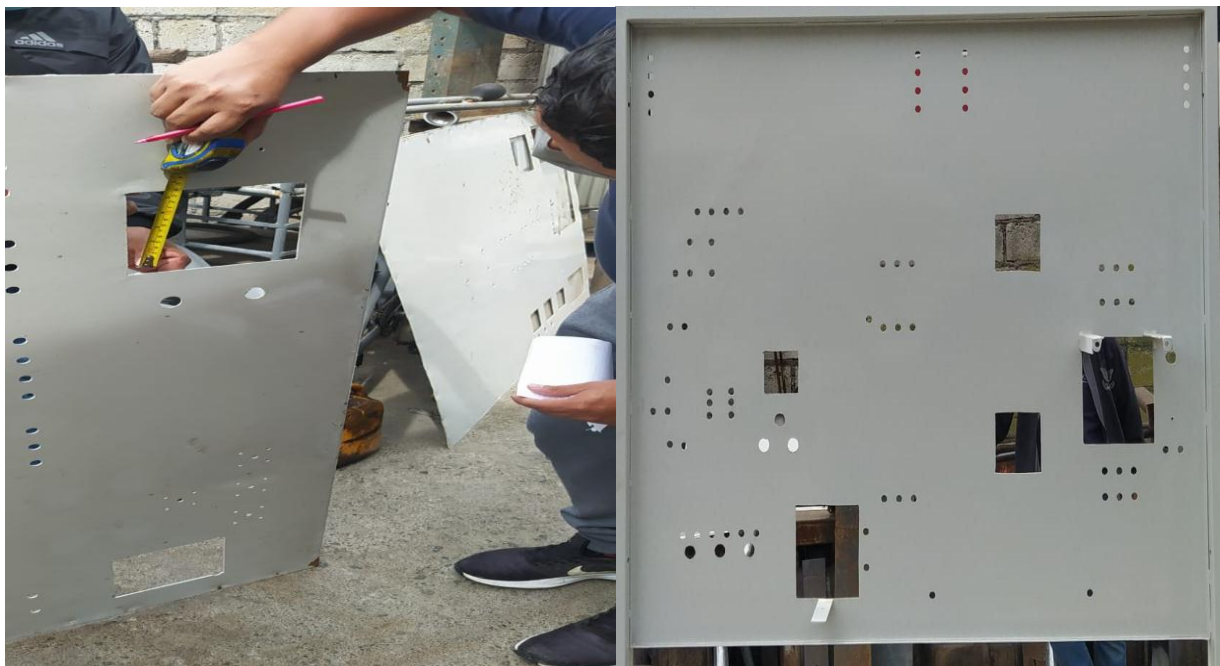
E. Diagrama de modulo sincronismo 1



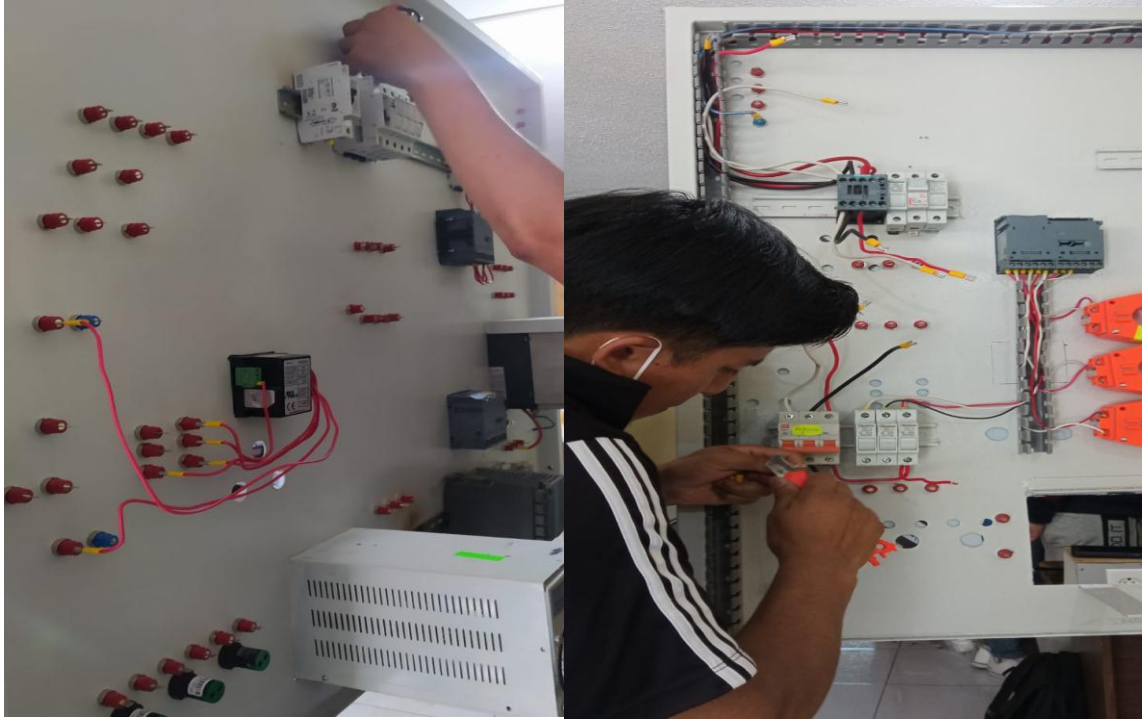
F. Desmontaje de los equipos y corte de estructura del módulo antiguo



G. Construcción de la estructura metálica para colocar el motor-generator y los equipos eléctricos y electrónicos



H. Implementación y conexión de los equipos en el módulo



I. Módulo finalizado y prácticas realizadas



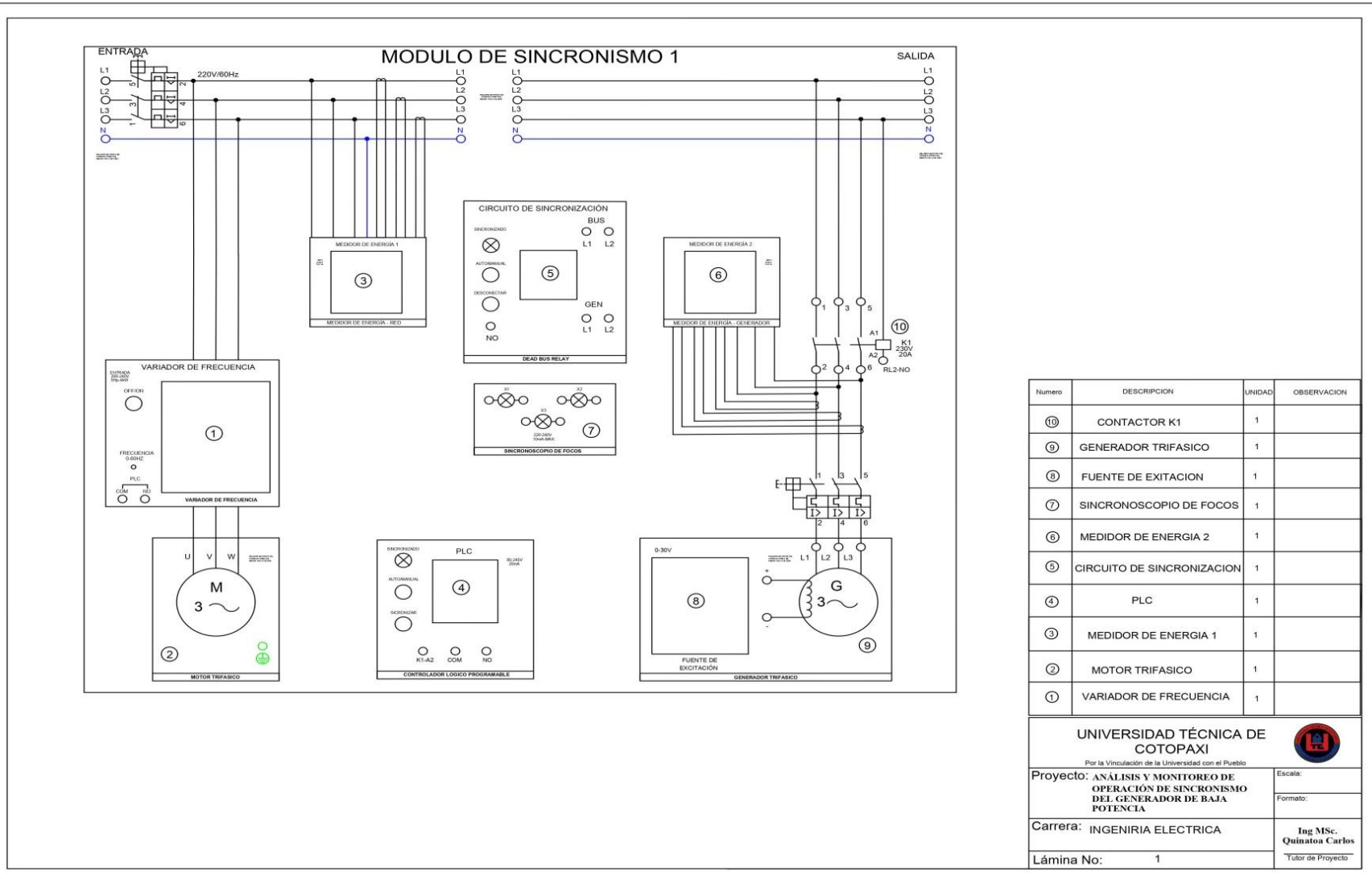


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
Y APLICADAS**

**MANUAL DE
USUARIO
MÓDULO DE
SINCRONISMO 1**

K. Diseño del sistema de sincronización





Numero	DESCRIPCION	UNIDAD	OBSERVACION
10	CONTACTOR K1	1	
9	GENERADOR TRIFASICO	1	
8	FUENTE DE EXITACION	1	
7	SINCRONOSCOPIO DE FOCOS	1	
6	MEDIDOR DE ENERGIA 2	1	
5	CIRCUITO DE SINCRONIZACION	1	
4	PLC	1	
3	MEDIDOR DE ENERGIA 1	1	
2	MOTOR TRIFASICO	1	
1	VARIADOR DE FRECUENCIA	1	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
 Por la Vinculación de la Universidad con el Pueblo

Proyecto: ANÁLISIS Y MONITOREO DE OPERACIÓN DE SINCRONISMO DEL GENERADOR DE BAJA POTENCIA
Carrera: INGENIERIA ELECTRICA
Lámina No: 1

Escala:
 Formato:
Ing MSc. Quinatoa Carlos
 Tutor de Proyecto



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
	UTC-MT-CIYA-IELM-LAB-GELAB-01-REG-03	

L. INTRODUCCIÓN

Para la sincronización del módulo es necesario conocer todos los equipos que está conformado, para el modo de sincronización manual o semiautomático, para el análisis del sistema es necesario monitorear las variables eléctricas, tales como potencia activa y reactiva con el fin de establecer el modo del funcionamiento del módulo, además de frecuencia, magnitud y ángulos de voltaje del generador síncrono para realizar una correcta sincronización.

El presente proyecto tiene como finalidad realizar el proceso de sincronización, manual y semiautomática la cual se hace midiendo el voltaje, la frecuencia y el ángulo de las fases tanto del generador o generadores.

Para la sincronización semiautomática se hace con la comunicación y programación del Software TIA PORTAL V15 y el PLC, en los dos SENTRON PAC 3200 y la Interfaz MODBUS TCP/IP se visualizará las variables eléctricas.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
	GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	
	UTC-MT-CIYA-IELM-LAB-GELAB-01-REG-03	

M. Protocolo de seguridad

LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELÉCTRICA	IELM 306	MAQUINA ELÉCTRICAS

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
00	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	“PROTOCOLO DE SEGURIDAD Y PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LA PRÁCTICA”	2

1	OBJETIVO
	<p>Analizar el protocolo de seguridad y poner en práctica para evitar riesgos eléctricos al momento de realizar la practica en el laboratorio.</p> <p>Los objetivos de la práctica son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar elementos de protección personal • Correcta manipulación de equipos en el laboratorio

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. INTRODUCCIÓN

Al momento de realizar prácticas en el laboratorio de máquinas eléctricas se deben de tomar en cuenta diferentes normas y reglas de laboratorio, para precautelar la seguridad personal.

Para lo cual se plantea este protocolo de seguridad en donde se hará referencia a las precauciones y distancias de seguridad que se deben tomar para preservar la integridad de los futuros profesionales de la comunidad universitaria.

EQUIPOS PARA PROTECCIÓN PERSONAL

El equipo de protección personal a utilizar para realizar las siguientes prácticas deberá cumplir los parámetros a especificar a continuación.

Protección de la cabeza

La comunidad científica de la universidad deberá ingresar al laboratorio utilizando un casco, La función principal de un casco protector es evitar golpes o impactos.



Figura 1. Casco de protección

Protección facial y ocular

Máscara para evitar un arco de cortocircuito, destrucción de la vista.



Figura 2. Protección facial

Protección de manos

El calzado está diseñado para ser resistencia al cuerpo del usuario ante una posible descarga eléctrica.



Figura 4. Botas dieléctricas

Mandil

Protección contra impurezas hacia el cuerpo o vestimenta



Figura 5. Mandil eléctrico

DISTANCIAS DE SEGURIDAD

El para evitar una descarga eléctrica con un elemento o maquina debemos tomar en cuenta la siguiente tabla a continuación.

Tabla 1 distancias de seguridad

Niveles de tensión	Distancias mínimas
De 0 a 50 Volt	Ninguna
Más de 50 V hasta 1 kV	0,80 m.
Más de 1 kV hasta 33 kV	0,80 m (1)
Más de 33 kV hasta 66 kV	0,90 m (2)
Más de 66 kV hasta 132 kV	1,50 m (2)
Más de 132 kV hasta 150 kV	1,65 m (2)
Más de 150 kV hasta 220 kV	2,10 m (2)
Más de 220 kV hasta 330 kV	2,90 m (2)
Más de 330 kV hasta 500 kV	3,60 m (2)

Normativas

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

GUIA DE PRÁCTICA PARA LABORATORIO

MÓDULO DE SINCRONISMO 1

N. Práctica 1

LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELÉCTRICA	IELM 306	MAQUINA ELÉCTRICAS

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	“SINCRONISMO MANUAL DE UN GENERADOR TRIFÁSICO CONECTADO A LA RED”	2

1	OBJETIVO
	<p>El tema de análisis consiste en el control y monitoreo de manera manual la sincronización de un generador trifásico conectado hacia la red para identificar sus variables eléctricas por medio de los sentron Pac.</p> <p>Los objetivos de la práctica son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar técnicas y métodos de procedimientos de seguridad que se debe cumplir en el sincronismo • Describir el proceso de arranque y parada del generador. • Identificar variables eléctricas tales como: tensión potencia y corriente eléctrica.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La sincronización de un generador es vital en una industria ya que en la actualidad el corte de suministro eléctrico genera pérdidas económicas, el sincronismo permite conectar una fuente de generación eléctrica con una red. En la presente practica se puede verificar las variables eléctricas en tiempo real en el sincronismo de un generador, mediante el control y monitoreo de sincronismo de generación se pretende mejorar el perfil profesional de la comunidad científica de la universidad.

ADVERTENCIAS

- Identificación de elementos y equipos desconectados.
- Comprobar la presencia de tensión.
- Realizar la práctica bajo supervisión.

INSTRUCCIONES:

- Analizar detenidamente el diagrama de conexión para realizar la practica 1.
- Comprobar que los cables de conexión estén en buen estado.
- Presentar multímetro y herramientas para cualquier tipo de falla presente en el módulo.

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Equipos:

- Módulo de sincronismo 1

Materiales:

- Guía practica
- Herramientas (destornilladores, pinza, cinta aislante, etc.)
- Instrumentos de medida (multímetro, pinza amperimetrica, Sincronoscopio)

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los estudiantes y docentes deben asistir a la charla de inducción de seguridad en la primera práctica por una sola vez, la misma que será facilitada por el laboratorista y deberán firmar un registro de

inducción.

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
- No corra dentro del laboratorio
- Absténgase de usar el teléfono celular
- Tomar precaución de la señalética

2.4 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

1. Identificar que el módulo de sincronismo 1 que este sin ningún tipo de conexión, fuera de sincronismo y desconectar su interruptor principal que se encuentra en la parte posterior del módulo.

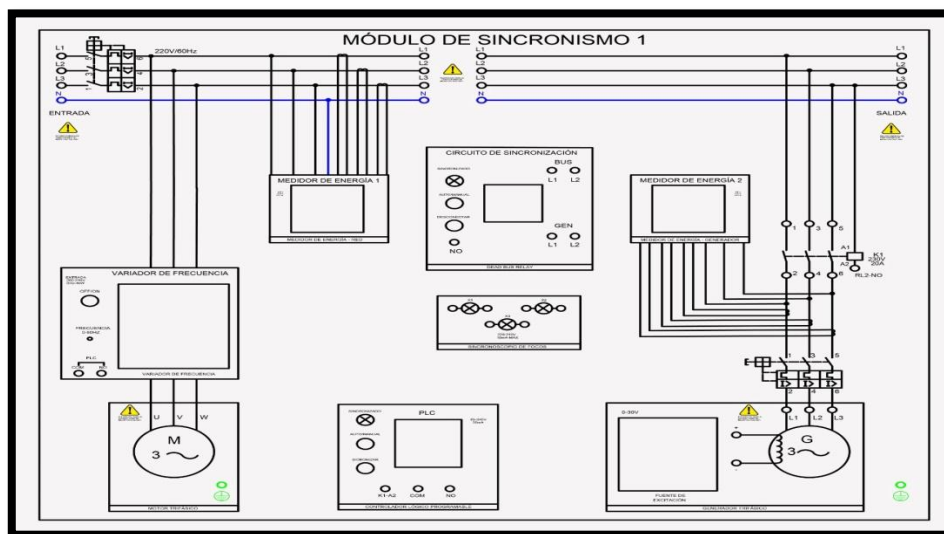


Figura 1 Modulo sin conexión

2. Alimentar del módulo 1 conectado directamente hacia la red.



Figura 2 Energización del modulo

3. Conectar con conexiones banana las líneas

- L1 a L1
- L2 a L2
- L3 a L3
- N a N

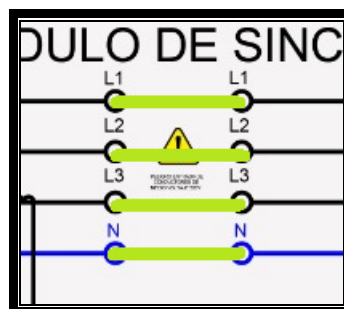


Figura 3 Conexión banana

4. En el variador de frecuencia realizar la conexión conectar de COM a NO.



Figura 4 Conexión COM – NO

5. Conectar el sincronizador o (DEAD BUS RELAY)
 - De la parte superior BUS conectar:
 - De L1 BUS conectar hacia L1 de la red.
 - De L2 BUS conectar hacia L2 de la red.
 - De la parte inferior GEN conectar:
 - De L1 GEN conectar hacia L1 del generador.
 - De L2 GEN conectar hacia L2 del generador

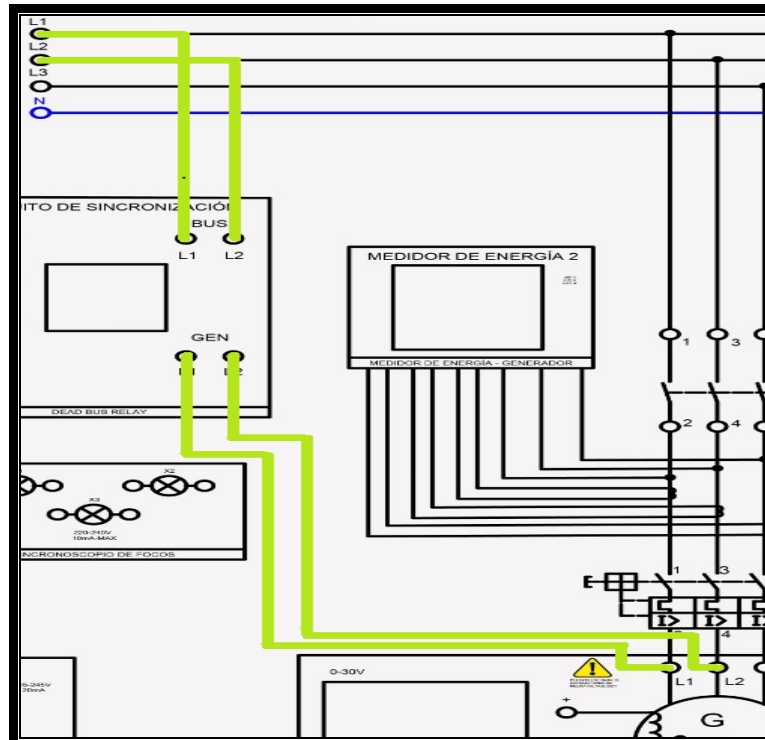


Figura 5 Conexión DEAD BUS RELAY - Generator

- De la parte inferior del DEAD BUS RELAY
 - realizar la conexión desde NO hacia RL2-NO del Contactor K1

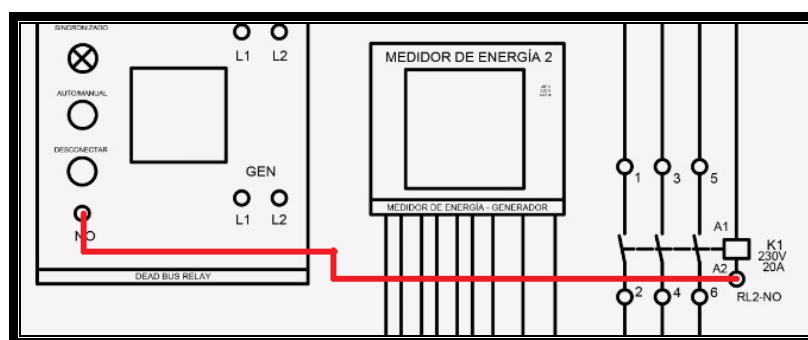


Figura 6 Conexión DEAD BUS RELAY – Contactor K1

6. Una vez conectado los demás circuitos se realiza la conexión de secuencia mediante lámparas apagadas
 - ✓ Conexión de X1
 - Se realiza la conexión desde X1 hacia los terminales 1 y 6 de K1

(CONTACTOR)

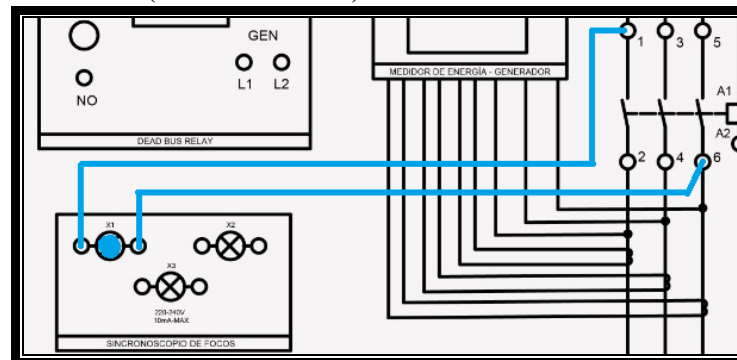


Figura 7 Conexión de luz piloto X1

✓ Conexión de X2

- Se realiza la conexión desde X2 hacia los terminales 3 y 2 de K1 (CONTACTOR)

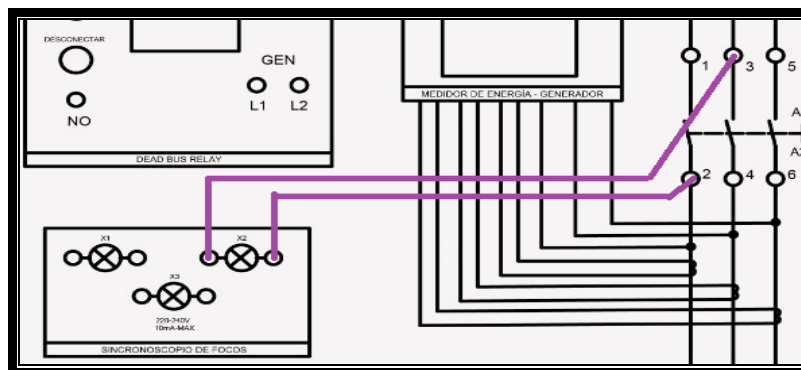


Figura 8 Conexión de luz piloto X2

✓ Conexión de X3

- Se realiza la conexión desde X3 hacia los terminales 5 y 4 de K1 (CONTACTOR)

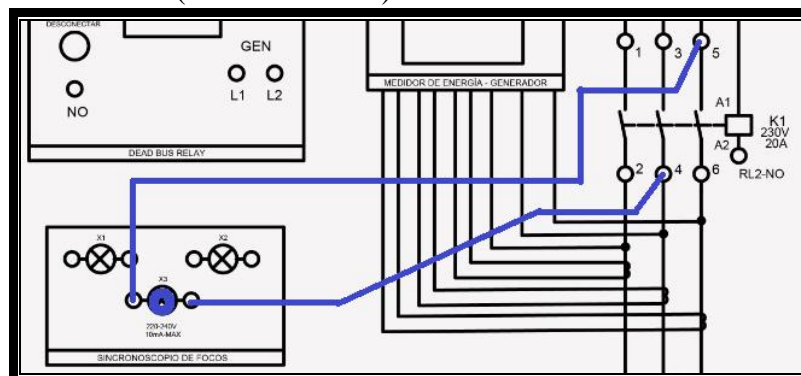


Figura 9 Conexión de luz piloto X3

7. Conexión modulo sincronismo 1

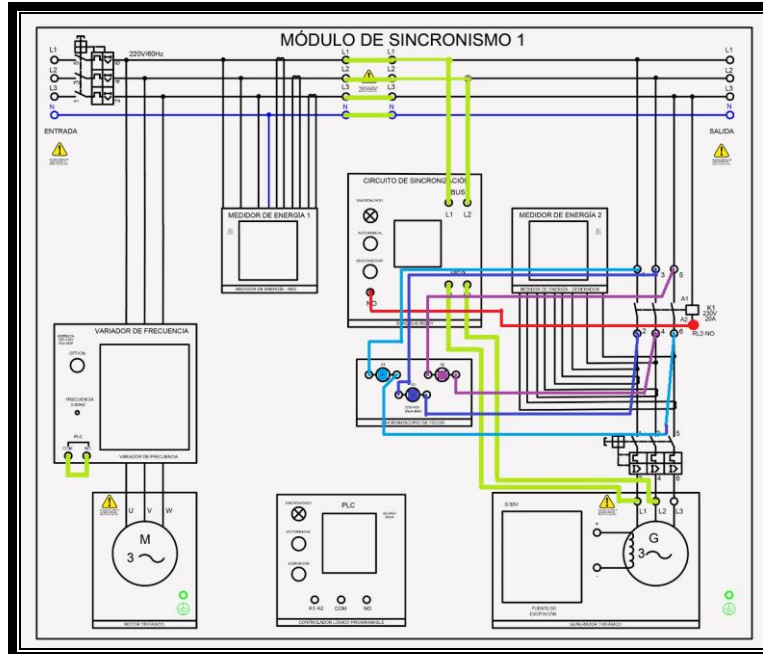


Figura 10 Conexión COMPLETA DEL MODULO

Una vez realizada la conexión se procede a verificar la toma de datos tales como: tensión, corriente, y frecuencia obtenidos de la red y procedemos a igualar con los datos del generador.

- Para igualar la frecuencia del generador procedemos a utilizar el variador de frecuencia.
- para igualar la tensión del generador se procede a inyectar tensión dc con la fuente de excitación.
- Finalmente, una vez igualadas sus variables se procede a enclavar el Contactador K1.

Al momento de realiza la práctica de sincronismo manual se refleja los siguientes datos, los mismo que se obtuvieron reflejados del sentron Pac conectado a la red y el sentron Pac conectado al generador.

RESULTADOS CUANDO EL MODULO ENTRA EN SINCRONISMO					
BARRA INFINITA			GENERADOR		
Descripción	Datos	Nomenclatura	Descripción	Datos	Nomenclatura
VL1N	123,7	V	VL1N	123,08	V

VL2N	124,95	V	VL2N	125,60	V
VL3N	123,93	V	VL3N	123,30	V
VL1L2	215,39	V	VL1L2	215,26	V
VL2L3	214,34	V	VL2L3	215,26	V
VL3L1	214,51	V	VL3L1	213,37	V
I1	2,7	A	I1	1,67	A
I2	5,79	A	I2	1,56	A
I3	3,97	A	I3	2,27	A
F	59,99	Hz	F	59,991	Hz

2.5 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para la sincronización de generador conectado hacia la red se sigue los siguientes pasos:

- 1 Revisar el sistema de análisis y monitoreo de operación de sincronismo de distintas fuentes bibliográficas.
- 2 Medir variables de tensión corriente y frecuencia de la red.
- 3 Conexión entre plub bananas de un punto determinado hacia otro.
- 4 Verificar mediante el Sincronoscopio la respectiva sincronización.
- 5 Tomar las lecturas de los sentron pac3200
- 6 Observar variación de frecuencia y tensión del generador
- 7 sincronizar con la red para verificar variables eléctricas.

2.6 BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

DESARROLLO

1	<p>PARTE NUMÉRICA</p> <p>Valores de tensión corriente frecuencia y potencia del módulo de sincronismo de generador.</p>
----------	--

Variables a modificar antes de la sincronizacion			
Valores sentron pac de la red		Valores sentron pac del generador	
Tension		Tension	
Corriente		Corriente	
Potencia		Potencia	
Frecuencia		Frecuencia	

2	<p>A continuación, en función de la guía de practica tomar los datos de las variables eléctricas al momento de la sincronización.</p>
----------	---

Datos ya en sincronismo			
Valores sentron pac de la red		Valores sentron pac del generador	
Tension		Tension	
Corriente		Corriente	
Potencia		Potencia	
Frecuencia		Frecuencia	

3

PARTE GRÁFICA

Colocar las fotografías de la sincronización de generador conectado a la red.

4

PARTE ANÁLITICA

Describa con sus palabras que sucedió con cada una de las pruebas.

5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

(Describa e interprete los resultados obtenidos)

Describa con sus palabras las tensiones, corrientes, frecuencia y potencia

6

CONCLUSIONES

Escriba por lo menos 3 conclusiones

-
-
-

7

BIBLIOGRAFÍA

Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado

O. Práctica 2

LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ELABORADO POR: Docente	REVISADO POR: Laboratorista	APROBADO POR: Director de carrera
Fecha:	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELÉCTRICA	IELM 306	MAQUINA ELÉCTRICAS

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Maquinas Eléctricas	DURACIÓN (HORAS)
02	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	“SINCRONISMO AUTOMATICO DE UN GENERADOR TRIFÁSICO CONECTADO A LA RED MEDIANTE UN PLC”	2

1	OBJETIVO
	<p>El tema de análisis consiste en el control y monitoreo de manera automática la sincronización de un generador trifásico conectado hacia la red mediante un controlador lógico programable, para identificar sus variables eléctricas y reflejar en una plc utilizando el software TIA PORTAL V15.</p> <p>Los objetivos de la práctica son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar técnicas y métodos de procedimientos de seguridad que se debe cumplir en el sincronismo automático. • Conocer sobre los elementos de protección personal a utilizar. • Identificar variables eléctricas tales como: tensión frecuencia y corriente eléctrica.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La sincronización de un generador es vital en una industria ya que en la actualidad el corte de suministro eléctrico genera pérdidas económicas, el sincronismo permite conectar una fuente de generación eléctrica con una red. En la presente practica se puede verificar las variables eléctricas en tiempo real en el sincronismo de un generador, mediante el control y monitoreo de sincronismo de generación se pretende mejorar el perfil profesional de la comunidad científica de la universidad.

ADVERTENCIAS

- Identificación de elementos y equipos desconectados.
- Comprobar la presencia de tensión.
- Realizar la práctica bajo supervisión.

INSTRUCCIONES:

- Analizar detenidamente el diagrama de conexión para realizar la practica 2.
- Comprobar que los cables de conexión estén en buen estado.
- Presentar multímetro y herramientas para cualquier tipo de falla presente en el módulo.

2.4.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Equipos:

- Módulo de sincronismo 1

Materiales:

- Guía práctica 2
- Herramientas (destornilladores, pinza, cinta aislante, etc.)
- Instrumentos de medida (multímetro, pinza amperimetrica, Sincronoscopio)
- Cable de Ethernet

2.5.MEDIDAS DE SEGURIDAD

Los estudiantes y docentes deben asistir a la charla de inducción de seguridad en la primera práctica por una sola vez, la misma que será facilitada por el laboratorista y deberán firmar un registro de inducción.

EPP: Mandil, gafas claras, guantes.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD:

- Lea y comprenda la presente guía de laboratorio
- Lea y comprenda el manual de seguridad y operación de la máquina de ensayos universales
- No corra dentro del laboratorio
- Absténgase de usar el teléfono celular
- Tomar precaución de la señalética

2.7 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

1. Identificar que el modulo este sin ningún tipo de conexión y fuera de sincronismo.

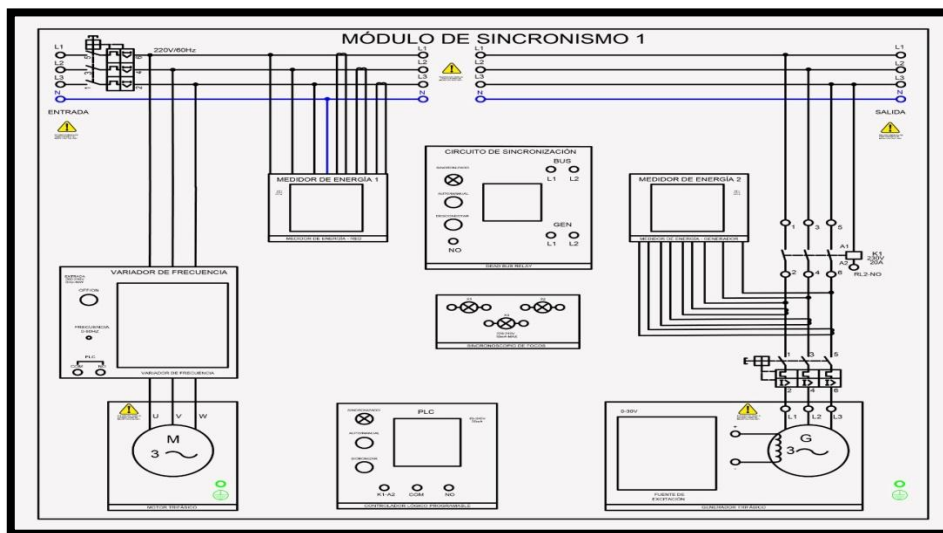


Figura 1 Módulo de sincronismo 1

2. Alimentar del módulo 1 conectado directamente hacia la red

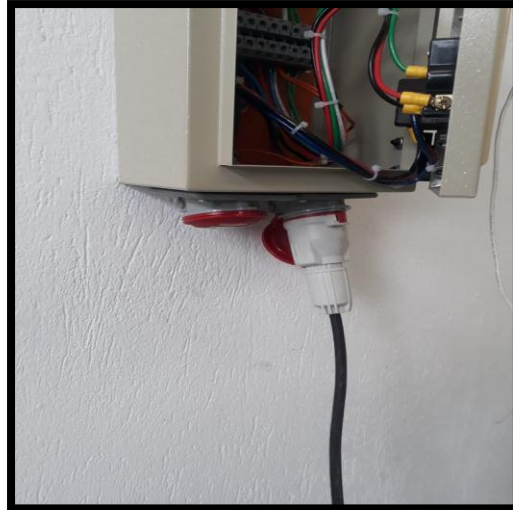


Figura 2 Energizar el modulo

3. Puentear con conexiones banana las líneas

- L1 a L1
- L2 a L2
- L3 a L3
- N a N

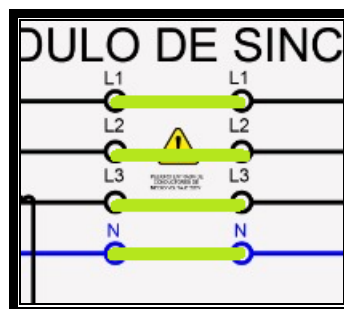


Figura 3 Conexión banana

4. En el variador de frecuencia realizar la conexión desde los plub COM a NO de la parte inferior hacia el PLC.

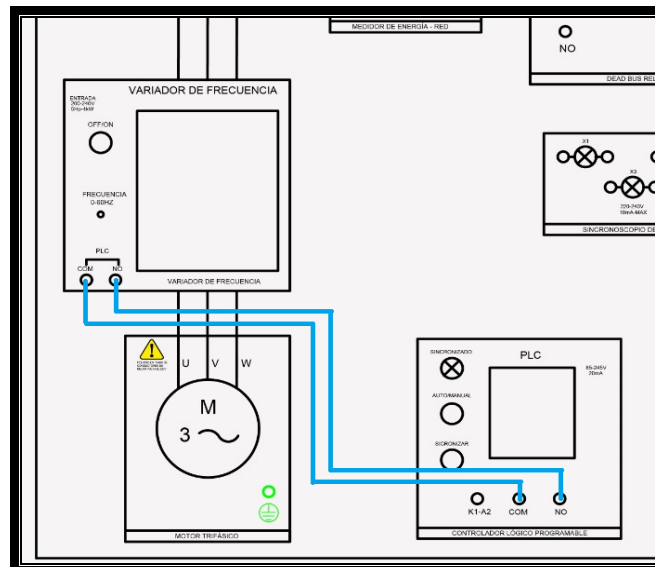


Figura 4 Conexión COM – NO del variador al PLC

5. Conectar desde la parte inferior del PLC hacia el Contactor K1

- De la parte inferior del PLC conectar:
 - De K1-A2 conectar hacia RL2-NO del Contactor K1.

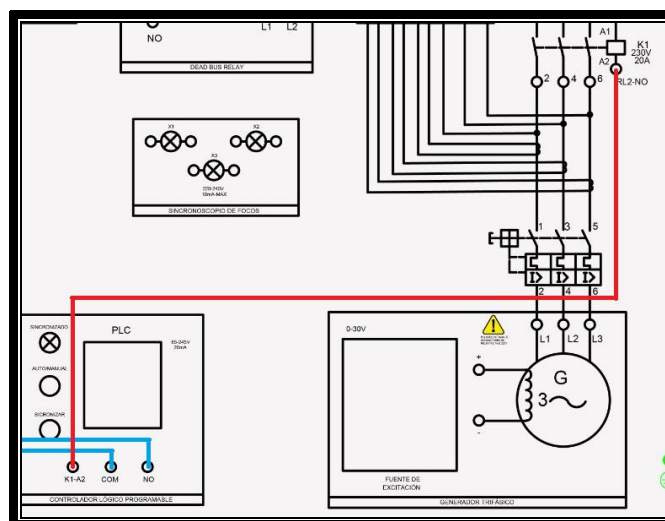


Figura 5 Conexión K1-A2 conectar hacia RL2-NO del Contactor K1.

6. Para la verificación de datos se procede a conectar del PLC con cable Ethernet a una PC que tenga el programa de verificación de datos.

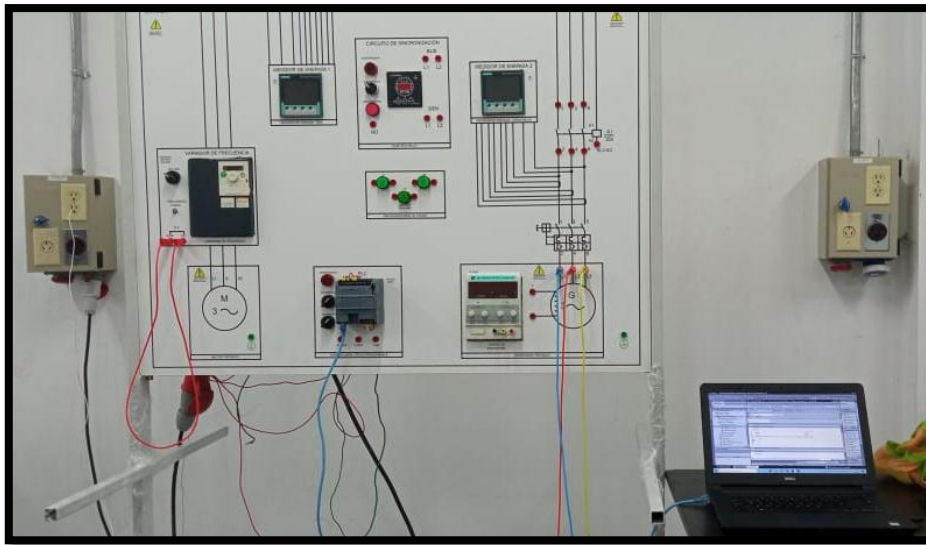


Figura 6 Utilizar PC número 6 del laboratorio de máquinas eléctricas, el pc cuenta con el programa para verificar sus variables eléctricas.

1. La conexión debe quedar de tal manera q se pone de ejemplo modulo sincronismo 1 (PRACTICA 2).

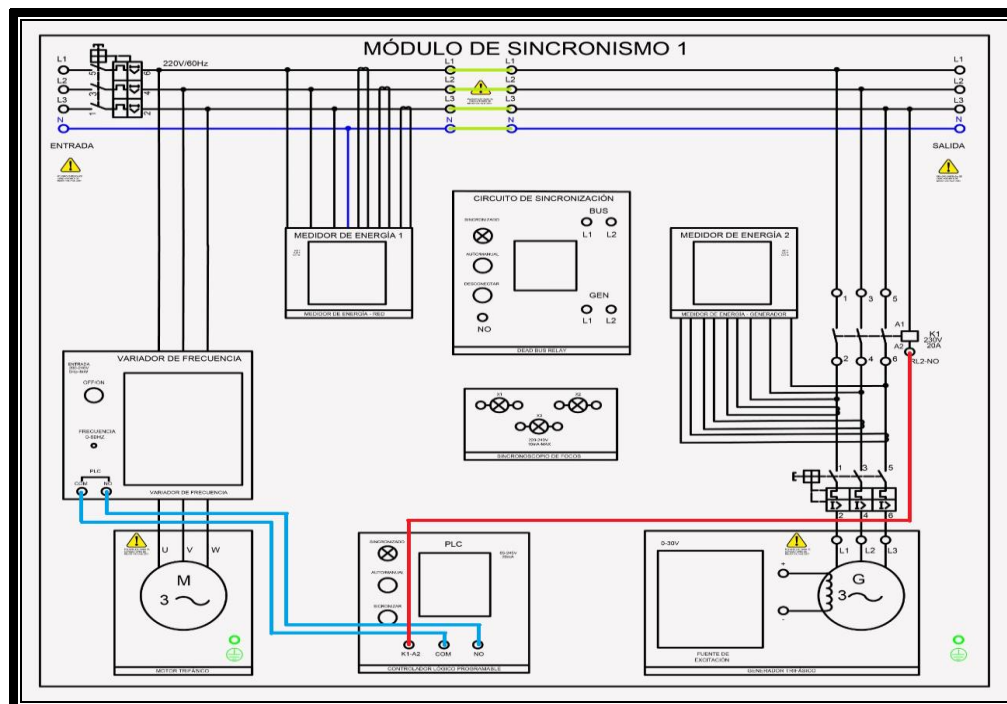


Figura 7 Conexión final

Para finalizar procedemos a reflejar datos de potencia al adjuntar el módulo de cargas del laboratorio para poder observar variables eléctricas conectadas al generador, en la siguiente figura se observa los siguientes datos en tiempo real.

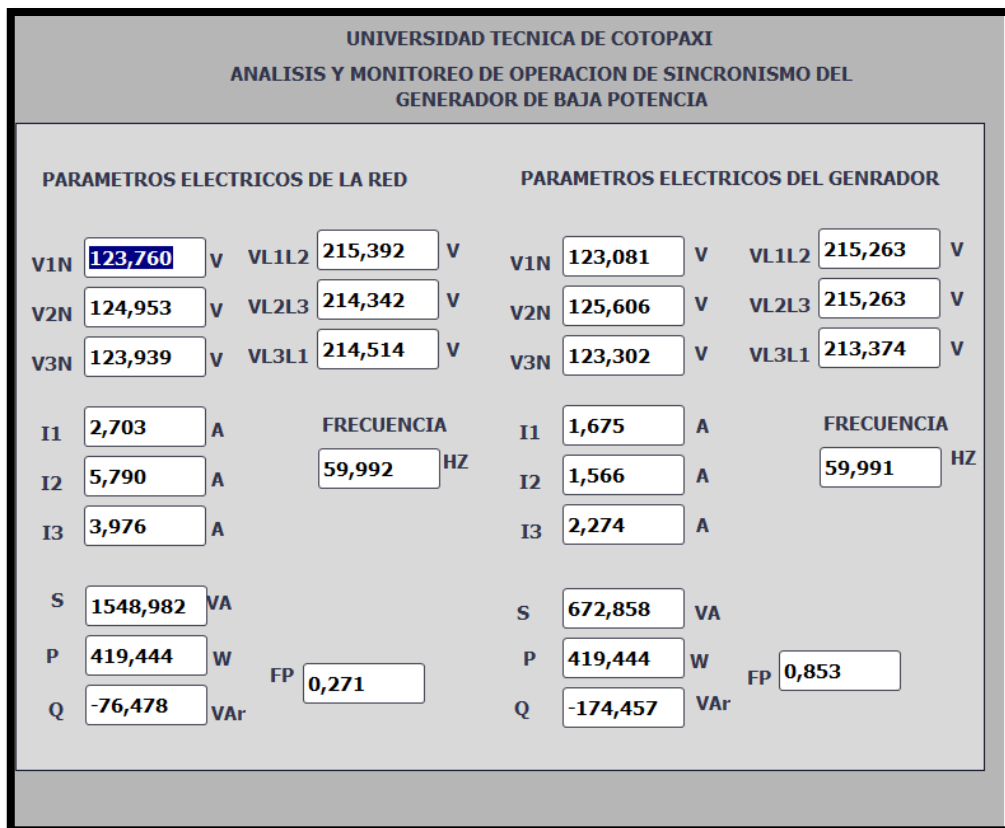


Figura 8 Verificación de variables en la pantalla de la PC

METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para la sincronización de generador conectado hacia la red se sigue los siguientes pasos:

- 1 Revisar el sistema de análisis y monitoreo automático mediante un PLC de operación de sincronismo de distintas fuentes bibliográficas.
- 2 Medir variables de tensión corriente y frecuencia de la red.
- 3 Conexión entre plub bananas de un punto determinado hacia otro.
- 4 Verificar mediante el Sincronoscopio la respectiva sincronización.
- 5 Tomar las lecturas de los sentron pac3200.
- 6 Observar variación de frecuencia y tensión del generador.
- 7 Sincronizar con la red para verificar variables eléctricas.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

DESARROLLO

1	<p>PARTE NUMÉRICA</p> <p>Valores de tensión corriente frecuencia y potencia del módulo de sincronismo de generador.</p>
----------	--

Variables a modificar antes de la sincronización			
Valores sentron pac de la red		Valores sentron pac del generador	
Tension		Tension	
Corriente		Corriente	
Potencia		Potencia	
Frecuencia		Frecuencia	

2	<p>A continuación, en función de la guía de practica tomar los datos de las variables eléctricas al momento de la sincronización.</p>
----------	---

Datos ya en sincronismo			
Valores sentron pac de la red		Valores sentron pac del generador	
Tension		Tension	
Corriente		Corriente	
Potencia		Potencia	
Frecuencia		Frecuencia	

3	<p>PARTE GRÁFICA</p> <p>Colocar las fotografías de la sincronización de generador conectado a la red.</p>
----------	--

4	PARTE ANÁLITICA Describe con sus palabras que sucedió con cada una de las probetas
----------	--

5	ANÁLISIS DE RESULTADOS (Describe e interprete los resultados obtenidos) Describe con sus palabras las tensiones, corrientes, frecuencia y potencia
----------	---

6	CONCLUSIONES Escriba por lo menos 3 conclusiones
----------	--

-

- -----
- -----

7	BIBLIOGRAFÍA Poner la bibliografía utilizada utilizando un formato estandarizado
---	--