



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE

Proyecto de Titulación Presentado Previa a la Obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Pilataxi Ayol Luis Wladimir

Sánchez Quishpe Carlos Guillermo

Tutor:

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2021



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Los postulantes, Luis Wladimir Pilataxi Ayol y Carlos Guillermo Sánchez Quishpe declaran ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGIA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.”**, siendo el Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. MSc., tutor del presente trabajo; se excluye expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de exclusiva autoría.

Latacunga, marzo 2021.

AUTORES

Luis Wladimir Pilataxi Ayol
C.C.: 171923519-2

Carlos Guillermo Sánchez
Quishpe
C.C.: 172337028-2



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.”**, de los señores Luis Wladimir Pilataxi Ayol y Carlos Guillermo Sánchez Quishpe, de la carrera de 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 Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2021.

TUTOR

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. MSc.
C.C.: 050307290-2



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

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 Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Luis Wladimir Pilataxi Ayol y Carlos Guillermo Sánchez Quishpe con el título de Proyecto de Investigación: “**DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

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

Latacunga, marzo 2020.

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Ing. Franklin Hernán Vásquez Teneda. MSc.
C.C.:171043449-7

Lector 2

Ing. Marco Aníbal León Segovia. MSc.
C.C.: 050230540-2

Lector 3

Ing. Jimmy Xavier Toaza Iza. MSc.
C.C.: 171762106-2



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Latacunga, marzo 2020

PhD. Secundino Marrero

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD

Facultad de Ciencia de Ingeniería Aplicadas

Universidad Técnica de Cotopaxi

Ciudad. -

Quien suscribe, en calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, CERTIFICO que los postulantes Luis Wladimir Pilataxi Ayol con C.C. 171923519-2 y Carlos Guillermo Sánchez Quishpe con C.C. 172337028-2, implementaron en las instalaciones de la institución el proyecto de propuesta tecnológica titulado: “DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.”. En la ejecución de dicho proyecto los Sres. demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad; así también generaron resultados que les serán de gran utilidad al área de electricidad.

Durante su trabajo los Sres. en mención se hicieron acreedores de nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y profesionalismo demostrado.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Atentamente;

Ing. Secundino Marrero Ramírez. PhD.
C.C.: 175710790-7

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por haberme dado la salud y vida, en primer lugar, quiero agradecer a mis padres Luis Pilataxi y Fabiola Ayol quienes fueron mis principales pilares y la fuerza para lograr esta meta propuesta gracias por su apoyo económico y moral en los momentos que más necesitaba, a mi hermano Favio que siempre estuvo ahí cuando había un tropiezo para darme ánimos y aliento para seguir gracias por brindarme su apoyo y consejos.

También quiero agradecer a mis amigos, amigas y a las personas cercanas que siempre aportaron con sus palabras de ánimo para continuar y por los momentos divertidos y tristes pasados en la universidad.

Por ultimo agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formar en sus aulas y ser un profesional.

WLADIMIR PILATAXI

AGRADECIMIENTO

A mis padres Inés y Guillermo por sus consejos e inagotable apoyo y sustento en todo momento de mi vida estudiantil.

A mis hermanas y familiares que nunca dejaron de creer en mí.

A mis amigos y compañeros de aula que hicieron que los momentos difíciles sean soportables.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por la formación académica recibida y por darme la oportunidad de cumplir uno de mis sueños más anhelados.

CARLOS SÁNCHEZ

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación se lo dedico a mi familia por ser quienes estuvieron siempre al pendiente de mi formación como una persona de bien y ahora como un profesional.

Dedicado especialmente a mis padres que son el pilar fundamental en mi vida, quienes con su paciencia, amor, esfuerzo y trabajo inculcaron en mí el ejemplo de esfuerzo, dedicación y valentía con lo cual he logrado cumplir un sueño anhelado y ser un profesional.

WLADIMIR PILATAXI

DEDICATORIA

Especialmente quiero dedicarle todo este esfuerzo a mi hijo Gael, tal vez en este momento no puedes entender mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que sepas que eres mi mayor orgullo y motivación para superarme, decirte que con perseverancia puedes llegar muy lejos.

CARLOS SÁNCHEZ

ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE	3
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO.....	4
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	4
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.5.1 Objeto de estudio	4
2.5.2 Campo de acción.....	4
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	5
2.6.1 Situación problemática	5
2.6.2 Problema	5
2.7. HIPÓTESIS	6
2.8. OBJETIVOS	6
2.8.1 General.....	6
2.8.2 Específicos	6
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
3.1. Antecedentes.....	9
3.2. Marco Contextual	11
3.2.1. Transferencia de Energía Eléctrica	11
3.2.2. Sistemas de Transferencia de Energía eléctrica	12
3.2.3. Tablero de Transferencia.....	12
3.2.4. Modos de Operación del Tablero de Transferencia	13
3.2.4.1. Modo Manual de Transferencia de Energía	14
3.2.4.1. Modo Automático de Transferencia de Energía	14
3.2.4.2. Características del Sistema de Transferencia Automático	15
3.2.4.2.1. Proteger la Carga de Niveles Altos y Bajos de Voltaje.....	15
3.2.4.2.2. Detectar la Inversión de Fase	15
3.2.4.2.3. Medir la Frecuencia.....	16
3.2.4.3. Ventajas del Sistema de Transferencia Automático.....	16
3.2.5. Equipos del Sistema de Transferencia Automático.....	16

3.2.5.1. Disyuntores Principal y transferencia	17
3.2.5.2. Controlador EAOM 210 FD.....	17
3.2.5.2.1. Comunicación de la Unidad con una PC.....	18
3.2.5.2.3. Selecciones de Salidas Configurables	19
3.2.5.3. Fuente de Alimentación de 24V	19
3.2.5.4. Portafusibles	20
3.2.5.5. Contactores Auxiliares	21
3.2.5.6. Borneras para Riel Din.....	21
3.2.5.7. Barras de Cobre	22
3.2.5.8. Generadores de Emergencia.....	22
3.2.5.8.1. Generador Síncrono.....	23
3.2.5.8.1. Grupo Electrónico Estacionario a Diésel	23
3.2.5.8.2. Grupo Electrónico a Gasolina	23
3.2.5.8.3. Paro de Emergencia.....	24
3.2.5.8.4. Luces Piloto.....	24
3.2.5.8.5. Supervisor de Voltaje Trifásico.....	25
3.2.6. Factor de Potencia	25
3.2.6.1. Potencia Activa	26
3.2.6.2. Potencia Aparente	26
3.2.6.3. Potencia Reactiva	26
3.2.6.4. Carga Inductiva	27
3.2.6.5. Carga Resistiva.....	27
3.2.6.6. Carga Capacitiva	28
3.2.6.7. Triángulo de Potencias	28
3.2.6.8. Medición en Circuitos de una Sola Fase	29
3.2.6.8.1. Medición de un Circuito Trifásico Simétrico y Equilibrado.....	29
3.2.6.9. Origen del Bajo Factor de Potencia.....	30
3.2.6.10. Corrección del Factor de Potencia	31
3.2.6.11. Ventajas de la Corrección del Factor de Potencia.....	32
3.2.6.11.1. Mejor Aprovechamiento de Transformadores y Generadores	32
3.2.6.11.2. Disminución en el Coste de Energía	32
3.2.7. Banco de Condensadores Automático.....	33
3.2.8. Equipos del Banco de Condensadores Automático.....	33
3.2.8.1. Controlador Siemens BR-6000	33
3.2.8.2. Condensadores Cilíndricos.....	34

3.2.8.4. Transformador de Corriente	36
4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	36
4.1. VARIABLES	36
4.1.1. Variable Independiente	36
4.1.2. Variable Dependiente	37
4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
4.2.1. Investigación Bibliográfica	37
4.2.2. Investigación Descriptiva	37
4.2.3. Investigación Experimental	38
4.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	38
4.3.1. Método Científico	38
4.3.2. Método Deductivo	38
4.3.3. Método Cuantitativo	39
4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	39
4.4.1. Investigar Fundamentos Teóricos Mediante Revisión Bibliográfica para Conocer los Sistemas de Tránsito y Corrección de Factor de Potencia	39
4.4.2. Inspeccionar los Módulos de Tránsito de Energía y Corrección de Factor de Potencia para Elaborar el Diagrama Unifilar	47
4.4.3. Calcular la Capacidad de los Condensadores a Utilizar en el Módulo de Corrección del Factor de Potencia	60
4.4.4. Elaborar Prácticas de Laboratorio que Involucren el Módulo de Tránsito Automática	69
5. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	73
5.1. Presupuesto	73
5.1.1. Gastos Directos	73
5.1.2. Gastos indirectos	74
5.1.3. Gastos Totales	74
5.2. Análisis de Impactos	75
5.2.1. Impacto Social	75
5.2.2. Impacto Tecnológico	75
5.2.3. Impacto Ambiental	75
5.2.4. Verificación de la Hipótesis	75
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
6.1. Conclusiones	76
6.2. Recomendaciones	76
7. BIBLIOGRAFÍA	77

8. ANEXOS.....	82
----------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.	7
Tabla 3. 1. Variaciones de voltaje permitidas con respecto al valor nominal CONELEC 004-01.	15
Tabla 4. 1. Dispositivos electrónicos utilizados en el control y monitorización del TTA y corrección del factor de potencia.....	42
Tabla 4. 2. Elementos eléctricos fundamentales para el sistema de transferencia automático y corrección de factor de potencia.....	43
Tabla 4. 3. Bornes del controlador EAOM-210FD utilizados.....	48
Tabla 4. 4. Terminales del módulo BR-6000.	53
Tabla 4. 5. Descripción del panel frontal del controlador EAOM-210FD.....	56
Tabla 4. 6. Página de niveles de voltaje y frecuencia de la red principal.....	57
Tabla 4. 7. Página de niveles de voltaje del generador.....	58
Tabla 4. 8. Página de niveles de frecuencia del generador.....	58
Tabla 4. 9. Descripción del panel frontal del controlador de potencia reactiva BR-6000.....	59
Tabla 4. 10. Menú de servicio del controlador BR-6000.	59
Tabla 4. 11. Datos técnicos de los motores.	60
Tabla 4. 12. Valores resumen de los cálculos realizados sobre la corrección del factor de potencia.....	67
Tabla 4. 13. Tabla de conductores THHN/THWN-2CT.	68
Tabla 4. 14. Parámetros programados en el controlador de transferencia de energía.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Diagrama de bloques de un proceso de transferencia de energía eléctrica.	11
Figura 3. 2. Tablero eléctrico con transferencia.	13
Figura 3. 3. Tablero de transferencia manual.	14
Figura 3. 4. Tablero de transferencia automático.	15
Figura 3. 5. Disyuntores principales del (TTA).....	17
Figura 3. 6. Unidad de conmutación y transferencia automática EAOM-210 FD.	17
Figura 3. 7. EAOM-210 FD / PCIK.	19

Figura 3. 8. Fuente a alimentación de 24V.....	20
Figura 3. 9. Bases portafusibles.....	20
Figura 3. 10. Contactor Siemens.	21
Figura 3. 11. Bornera de conexión para riel Din.	22
Figura 3. 12. Barras de cobre.....	22
Figura 3. 13. Generador Eléctrico a Diésel.	23
Figura 3. 14. Pulsador paro de emergencia.	24
Figura 3. 15. Luz indicadora.....	25
Figura 3. 16. Supervisor de voltaje trifásico RELETEK.....	25
Figura 3. 17. Diagrama fasorial de un circuito inductivo.....	27
Figura 3. 18. Desfase del voltaje vs corriente igual a cero, $F_p=1$	28
Figura 3. 19. Diagrama fasorial de un circuito capacitivo.....	28
Figura 3. 20. Triángulo de potencias.	29
Figura 3. 21. Medición del $\cos\phi$ en un circuito de una sola fase.....	29
Figura 3. 22. Diagrama eléctrico de conexión de equipos de medida.	30
Figura 3. 23. Intensidad de corriente vs factor de potencia.	31
Figura 3. 24. Conexión de condensadores para corregir el factor de potencia.....	31
Figura 3. 25. Controlador de potencia reactiva BR-6000.....	34
Figura 3. 26. Esquema básico de un condensador.....	35
Figura 3. 27. Transformador de corriente.....	36
Figura 4. 1. Diagrama de bloques del TTA, incorporado el módulo de corrección del factor de potencia.....	40
Figura 4. 2. Parámetros de voltaje, corriente y frecuencia en el módulo EAOM-210FD.	41
Figura 4. 3. Diagrama propuesto para verificación de los parámetros eléctricos.....	42
Figura 4. 4. Diagrama de conexión interna y circuito de control del disyuntor del motorizado SIEMENS 3VT9500.....	47
Figura 4. 5. Diagrama interno del controlador de transferencia automática EAOM-210FD.	48
Figura 4. 6. Diagrama de conexión de los contactores K1 y K2.	50
Figura 4. 7. Diagrama de transferencia automático de energía con el controlador EAOM-210FD.	51
Figura 4. 8. Diagrama eléctrico de conexión de los contactores.	52

Figura 4. 9. Diagrama eléctrico del Banco de corrección del factor de potencia con el controlador SIEMENS BR-6000.	54
Figura 4. 10. Panel frontal del controlador de transferencia automática EAOM-210FD.....	55
Figura 4. 11. Panel frontal del controlador de potencia reactiva BR-6000.	59
Figura 4. 12. Motores trifásicos SIEMENS de 0,75HP.....	60
Figura 4. 13. Triángulo de potencias.	62
Figura 4. 14. Triángulo de potencias una vez realizada la compensación reactiva.	63
Figura 4. 15. Triángulo de potencias una vez realizada la compensación a dos cargas similares.	65
Figura 4. 16. Triángulo de potencias una vez realizada la compensación de 3 cargas similares.	66
Figura 4. 17. Diagrama de implementaciones realizadas en el laboratorio de alto voltaje.	69
Figura 4. 18. Ventana para descargar los valores previos en el controlador.	70
Figura 4. 19. Interfaz del controlador EAOM-210FD, pantalla de valores de medida.	70
Figura 4. 20. Ventana de programación de los Breaker.	71
Figura 4. 21. Parámetros del nivel de la Red principal.....	71
Figura 4. 22. Parámetros del Generador o fuente auxiliar.....	72
Figura 4. 23. Ventana para cargar los datos al módulo controlador de transferencia automática.	72

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: " DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE."

Autores:

Luis Wladimir Pilataxi Ayol – Carlos Guillermo Sánchez Quishpe

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica está enfocada al diseño de un módulo que permite realizar prácticas demostrativas de transferencia de energía y corrección del factor de potencia de las cargas conectadas al mismo siendo ubicado en el laboratorio de alto voltaje en la universidad técnica de Cotopaxi, debido a la necesidad de complementar los conocimientos teóricos adquirido en el aula de clase con la práctica. Tal es el caso de los sistemas automáticos de transferencia de energía en el desarrollo de nuestra propuesta se utilizó el controlador EAOM-210FD, el cual permitirá realizar una transferencia segura mediante la verificación de los diferentes parámetros eléctricos necesarios, la transferencia de energía iniciará cuando el controlador en sus bornes principales deja de llegar voltaje sea de una sola fase o de las tres fases principales, de la misma manera la transferencia desde el generador hacia la red principal iniciara una vez se encuentre estable el voltaje registrado nuevamente en los bornes principales del controlador. El tiempo de la transferencia puede ser configurado según el tiempo de demora en la apertura de los disyuntores motorizados, las cargas eléctricas utilizadas son lámparas y motores SIEMENS que ocasionan que el factor de potencia disminuya por lo que es necesario la conexión del banco de condensadores el controlador BR-6000 está configurado para añadir una cantidad específica de potencia reactiva se lo puede realizar de forma manual y automática en dos pasos es decir se añadirán condensadores según sea el requerimiento de las cargas del tablero de transferencia automática.

Palabras clave: Transferencia, Factor de potencia, Disyuntores motorizados.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

TITLE: "DESIGN OF AN EXPERIMENTAL MODULE FOR AUTOMATIC POWER TRANSFER WITH POWER FACTOR CORRECTION FOR THE HIGH VOLTAGE LABORATORY".

Authors:

Luis Wladimir Pilataxi Ayol – Carlos Guillermo Sánchez Quishpe

ABSTRACT

This technological proposal is focused on the design of a module that allows demonstrative practices of energy transfer and power factor correction of the loads connected to it being located in the high voltage laboratory at the Cotopaxi Technical University, due to the need to complement the theoretical knowledge acquired in the classroom with practice. Such is the case of automatic energy transfer systems in the development of our proposal we used the EAOM-210FD controller, which will allow a safe transfer by verifying the different electrical parameters required, the energy transfer will start when the controller in its main terminals stops reaching voltage either a single phase or the three main phases, in the same way the transfer from the generator to the main network, it will start once the voltage is stable again recorded in the main terminals of the controller. The time of the transfer can be configured according to the time of delay in the opening of the motorized circuit breakers, the electrical loads used are lamps and SIEMENS motors that cause the power factor to decrease so it is necessary to connect the capacitor bank, the BR-6000 controller is configured to add a specific amount of reactive power, it can be done manually and automatically in two steps, that is, capacitors will be added according to the requirement of the loads of the automatic transfer board.

Keywords: Transfer, Power factor, Motorized circuit breakers.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la Unidad Académica de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **PILATAXI AYOL LUIS WLADIMIR** y **SÁNCHEZ QUISHPE CARLOS GUILLERMO**, cuyo título versa " **DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.**", lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo de 2020

Atentamente,

MSc. Diana Karina Taípe Vergara
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 1720080934

1803027935 Firmado
VICTOR digitalmente por
HUGO 1803027935
ROMERO VICTOR HUGO
GARCIA ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.09
09:21:12 -05'00'

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

"DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE."

Fecha de inicio: noviembre de 2020.

Fecha de finalización: marzo de 2021.

Lugar de ejecución: Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido,
Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y
Aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos
de Potencia

Proyecto de investigación vinculado: Automatización de procesos

Equipo de Trabajo:

Tutor del proyecto de investigación:

Nombre: Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. MSc.

Celular: 0984293945

Cédula de Ciudadanía: 050307290-2

Correo electrónico: carlos.pacheco@utc.edu.ec

Coordinador uno del proyecto de investigación:

Nombre: Luis Wladimir Pilataxi Ayol

Celular: 0987603204
Cédula de Ciudadanía: 171923519-2
Correo electrónico: luis.pilataxi2@utc.edu.ec
Dirección: Cantón Mejía, Provincia de Pichincha.

Coordinador dos del proyecto de investigación:

Nombre: Carlos Guillermo Sánchez Quishpe

Celular: 0985396428

Cédula de Ciudadanía: 172337028-2

Correo electrónico: carlos.sanchez2@utc.edu.ec

Dirección: Cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha.

Área de conocimiento:

- (Código: 07) Ingeniería, Industria y Construcción [1].

Subárea de conocimiento:

- (Código: 071) Industria y profesiones afines [1].

Subárea específica de conocimiento:

- (Código: 0713) Electricidad y energía [1].

Línea de investigación:

De acuerdo con lo establecido en las Políticas de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en base al diagnóstico situacional de la zona 3 y el plan estratégico de desarrollo institucional para la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, plantea la siguiente línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la carrera:

De acuerdo con lo establecido en la línea de investigación de la carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, del Grupo Control y sistemas inteligentes, la sublínea correspondiente es: Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial.

La propuesta tecnológica se adapta a las anteriores líneas y sublíneas de investigación, al ubicarse en las sub-temáticas relacionados al accionamiento eléctrico automatizado a través del diseño de un módulo experimental de transferencia automático de energía con corrección de factor de potencia para el laboratorio de alto voltaje.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA PARA EL LABORATORIO DE ALTO VOLTAJE.”

2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

a) Multipropósito

La presente propuesta tecnológica está destinada al beneficio de la Universidad Técnica de Cotopaxi misma que tiene como propósito generar conocimiento en la práctica a través del módulo experimental de transferencia automático, adicionalmente este módulo cuenta con un sistema de corrección de factor de potencia en donde los estudiantes podrán experimentar al hacer uso del mismo variando las cargas conectadas a prueba.

b) Desarrollo

El desarrollo de la propuesta tecnológica consiste en el diseño de un módulo experimental para la transferencia automática de energía que será destinado para el uso en el laboratorio de alto voltaje, el mismo utilizará la energía proporcionada por la red, al momento de realizar la transferencia entrará en funcionamiento la energía de la fuente auxiliar o grupo electrógeno, permitiendo así que las cargas conectadas al módulo experimental continúen su funcionamiento.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Ingeniería, Industria y Construcción

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un módulo experimental en el que se pueda analizar los parámetros eléctricos del suministro de energía y permita hacer la debida compensación para mantener los rangos estipulados como aceptables.

Los sistemas de transferencia automáticos de energía son fundamentales en la alimentación de energía ininterrumpida y de buena calidad ya que son capaces de detectar una breve disminución en los niveles de tensión que se presentan por la puesta en funcionamiento de máquinas eléctricas que tienen alto consumo de potencia como motores, lo cual ocasiona una reducción de la potencia que necesitan otros equipos como ordenadores para poder funcionar de manera adecuada y por lo que se ve necesario hacer una compensación.

Los sistemas de control de potencia reactiva están conformados por capacitores que se instalan en baja, media y alta tensión para corregir el factor de potencia con el fin de evitar penalizaciones por parte de la empresa suministradora de la energía eléctrica, además ayuda a mejorar el perfil de voltaje principalmente durante el arranque de motores o conexión de cargas de gran volumen.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio de esta propuesta tecnológica es el sistema de transferencia automático al igual que la compensación capacitiva para el entrenamiento de los estudiantes en el campo teórico-práctico.

2.5.2 Campo de acción

El modulo experimental consististe en un sistema automático de transferencia de energía que por medio de un interruptor de transferencia permitirá la conmutación entre la alimentación principal y la generación auxiliar de energía, además de ser necesario el banco de capacitores permitirá hacer la compensación para mantener los perfiles de tensión.

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1 Situación problemática

La Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz no cuenta con un tablero de transferencia automático de energía (TTA), para el entrenamiento de estudiantes en el laboratorio de alto voltaje en la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA), mismo que es de gran importancia para el desarrollo de prácticas que permitan profundizar el aprendizaje sobre las nuevas tecnologías que están en el ámbito industrial.

Con el avance del tiempo y la tecnología se hace necesario automatizar procesos que antes se realizaban manualmente tales como la transferencia de energía y la compensación de la misma al tener variaciones que pueden afectar un determinado sistema, por lo que se hace necesario la práctica y dominio en los estudiantes de las carreras técnicas, siendo así necesaria la utilización de módulos experimentales que ayuden a su correcto aprendizaje y desenvolvimiento en el campo laboral.

2.6.2 Problema

Dentro de la formación profesional en una carrera técnica es necesario complementar la teoría con la práctica; el problema que presenta la facultad es que carece de un módulo experimental en el que los estudiantes puedan hacer las simulaciones de transferencia de energía entre dos fuentes diferentes de suministro, tampoco existe un banco experimental para realizar compensación cuando se presentan variaciones en los perfiles de tensión. Detectado el problema se propone implementar un módulo experimental que permita a los estudiantes desarrollar las prácticas de manera didáctica en el laboratorio de alto voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.7. HIPÓTESIS

¿El diseño de un módulo experimental de transferencia automático de energía con corrección de factor de potencia permitirá realizar prácticas demostrativas en el laboratorio de alto voltaje?

2.8. OBJETIVOS

2.8.1 General

Diseñar e implementar un módulo experimental de transferencia automático de energía con corrección de factor de potencia para el laboratorio de alto voltaje.

2.8.2 Específicos

- Investigar fundamentos teóricos mediante revisión bibliográfica para conocer los sistemas de transferencia y corrección de factor de potencia.
- Inspeccionar los módulos de transferencia de energía y corrección de factor de potencia para elaborar el diagrama unifilar.
- Calcular la capacidad de los condensadores a utilizar en el módulo de corrección del factor de potencia.
- Elaborar prácticas de laboratorio que involucren el módulo de transferencia automática.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2. 1. Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	TÉCNICAS
<p>Objetivo 1: Investigar fundamentos teóricos mediante revisión bibliográfica para conocer los sistemas de transferencia y corrección de factor de potencia.</p>	<p>a.- Revisión del estado del arte sobre la propuesta tecnológica. b.- Describir los equipos necesarios para el buen funcionamiento del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentación teórica necesaria para el desarrollo de la propuesta tecnológica. • Diagrama de bloques y funcionamiento del TTA y CFP. • Tabla de descripción de elementos a utilizar. 	<p>Investigación Documental</p>
<p>Objetivo 2: Inspeccionar los módulos de transferencia de energía y corrección de factor de potencia para elaborar el diagrama unifilar.</p>	<p>a.- Reconocimiento de los módulos de transferencia automática y banco de condensadores. b.- Revisión de manuales de funcionamiento de los controladores TTA Y CFP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de control interno y externo de los armarios respectivamente en AutoCAD. • Parámetros de programación de los módulos controladores. 	<p>Investigación Documental Y de Campo</p>
<p>Objetivo 3: Calcular la capacidad de los condensadores a utilizar en el módulo de corrección del factor de potencia.</p>	<p>a.- Calculo de condensadores a utilizar en la corrección del factor de potencia en las cargas. b.- Adecuación de las instalaciones para el posterior desarrollo de prácticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados obtenidos del cálculo realizado. • Cambio de los condensadores en el módulo de corrección del factor de potencia. • Conexiones eléctricas e implementación del circuito. 	<p>Investigación Aplicada</p>

<p>Objetivo 4: Elaborar prácticas de laboratorio que involucren el módulo de transferencia automática.</p>	<p>a.- Instalación y programación de la interfaz del módulo EAOM-210FD mediante una Pc.</p> <p>b.- Simular cortes del suministro eléctrico para realizar la transferencia de energía con otros equipos.</p> <p>c.- Elaboración de la guía de prácticas de laboratorio a realizarse en el módulo de transferencia automática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Software EAOM-210FD versión 10. • Fotografías de medición y comparación de parámetros eléctricos entre el software EAOM-210FD y equipos conectados al módulo de transferencia. • Guía de prácticas de laboratorio. 	<p style="text-align: center;">Investigación Aplicada</p>
---	---	--	---

Elaborado por: Autores

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Antecedentes

Al hablar de transferencia de energía desde un sistema auxiliar hablamos de autoabastecimiento, sistemas de emergencia en donde se consideran dos o más sistemas de alimentación de energía eléctrica con la capacidad de seleccionar una u otra fuente, para su aplicación se requiere de equipos especiales como interruptores de transferencia, interruptores de potencia o interruptores eléctricos de potencia [1].

Al instalar un sistema de transferencia automática de energía se incrementará la confiabilidad de la instalación. El sistema de transferencia eléctrica de energía es un conjunto de elementos que da la posibilidad de alimentar la carga de dos o más fuentes diferentes, y permite la transferencia de energía a dichas fuentes distintas o diferentes [2].

La función de vital importancia en un tablero de transferencia de energía es que el mismo sea un sistema que implementado genere confianza al que lo adquirió y provea de energía ininterrumpidamente por medio de la utilización de sus distintos componentes.

Las transferencias entre dos fuentes diferentes de energía eléctrica se pueden configurar de tal manera que una sea la principal y la segunda este en espera de ser utilizada. En este caso se debe considerar que las dos fuentes tengan un origen diferente y que el punto de utilización se encuentre con el equipo de transferencia de energía [3].

Así un tablero de transferencia automática es una estructura de acero auto-soportable en cuyo interior alberga dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos que conforman los sistemas de supervisión, medición, comando y protección todos estos sistemas se integran para formar un solo sistema de transferencia que conmuta dos fuentes de alimentación diferentes en una sola barra de distribución de forma segura y automática [4].

Por lo tanto, se denomina tablero de transferencia automática a la estructura metálica que alberga un conjunto de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, que permiten la conmutación de fuentes de alimentación de energía hacia la carga, de manera que solo una fuente de alimentación ingresa de forma automática y autónoma en caso de falla de

red de alimentación principal [4].

Cuando hablamos de mantener altos estándares de calidad y la continuidad del servicio de energía eléctrica debemos tener en cuenta el factor de potencia con el que funcionan las instalaciones industriales siendo este el causante de penalizaciones y pérdidas económicas, para mejorarlo se utilizan condensadores que ayudan a compensar ese factor y elevarlo hasta el límite permitido.

Un banco de capacitores en paralelo proporciona la potencia reactiva a la máquina de inducción necesaria para la mantención de la autoexcitación, sin embargo siendo este banco fijo, el solo consigue mantener el nivel de tensión de la alimentación de la carga para un determinado rango de variación en la velocidad, teniendo en consecuencia, la necesidad de utilización de algún tipo de regulador de tensión que pueda mantener un nivel de suplemento en C.A. próximo de un valor tolerable para la carga [5].

Para aplicaciones industriales, estos bancos se suelen montar en una estructura de acero con un armario de conexiones completamente cerrado en el que se alojan las barras de trabajo interno y las conexiones externas, además de los fusibles para cada una de las unidades condensadoras [6].

Al conjunto o grupo de condensadores conectados en paralelo y al mismo tiempo controlados por circuitos electrónicos que los adicionan según la necesidad se lo conoce como banco de compensación.

Por corrección o compensación del factor de potencia se entiende a la reducción del consumo de energía reactiva desde la red de suministro eléctrico y su objetivo principal es evitar efectos perjudiciales para la red, para lo cual se utilizan condensadores que aportan energía reactiva que utilizan las cargas conectadas aguas abajo.

Las cargas industriales por su naturaleza eléctrica son reactivas a causa de la presencia principalmente de motores, transformadores, lámparas fluorescentes, etc. Al consumo de potencia activa (kW) se suma el consumo de una potencia reactiva (kVAr), las cuales en conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos [7].

Al tener un bajo factor de potencia se demanda una gran cantidad de energía, pero solo una pequeña parte se convierte en trabajo útil y el resto se pierde, en las grandes empresas llevar un bajo factor de potencia ocasiona multas ya que es considerado como un mal uso de la energía.

En el módulo entrenador se encuentran los elementos de comando necesarios para que el generador preste un óptimo servicio a la carga instalada. En general, con el modulo entrenador es posible controlar el funcionamiento del generador y la transferencia de energía [8].

La existencia de un módulo entrenador para transferencia y compensación de energía permite a los estudiantes de ingeniería complementar los conocimientos teóricos con la práctica y como resultado se logra tener un buen desenvolvimiento en el campo laboral.

3.2. Marco Contextual

3.2.1. Transferencia de Energía Eléctrica

Al hablar del tema de autoabastecimiento, sistemas de emergencia o de sistemas de alimentación de energía eléctrica, se consideran dos o más fuentes de alimentación y dispositivos con la capacidad de seleccionar una u otra fuente. Para su aplicación se requiere de equipos especiales como interruptores de transferencia, interruptores de potencia o interruptores electrónicos de potencia.

Los sistemas de transferencia brindan mayor confiabilidad de los sistemas de alimentación de energía eléctrica, debido a que la falla de cualquiera de ellos no causa la pérdida total de potencia en la carga [9], como se observa en la figura 3.1.

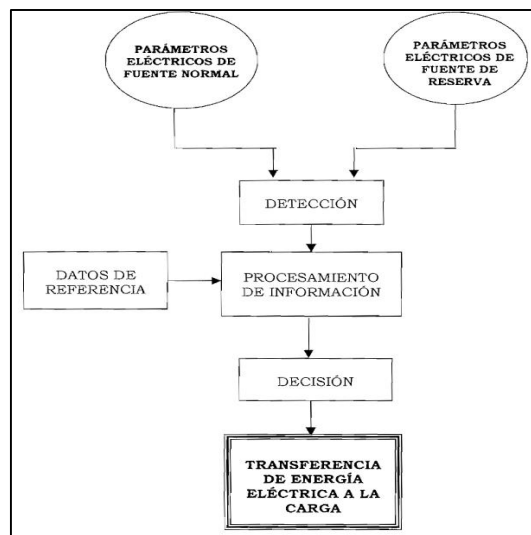


Figura 3. 1. Diagrama de bloques de un proceso de transferencia de energía eléctrica

Fuente: [2]

Generalmente todas estas etapas excepto la etapa de transferencia de energía eléctrica a la carga, se encuentran implementadas en elementos conocidos como monitores.

3.2.2. Sistemas de Transferencia de Energía eléctrica

Un sistema de transferencia automático de energía eléctrica es un conjunto de elementos que permiten alimentar una carga desde dos fuentes diferentes.

El equipo de transferencia incluyendo interruptores automáticos de transferencia y monitores, deben ser automático y manual, además deben estar identificado para uso en emergencia. El equipo de transferencia debe diseñarse para prevenir cualquier conexión inadvertida de las fuentes de alimentación normal y de emergencia al realizar cualquier manipulación del equipo de transferencia [10].

Un monitor es un agente que detecta cualquier cambio que se presente en los parámetros eléctricos y toma una decisión para suplir las deficiencias que esta variación genere e inicia alguna acción o secuencia de trabajo comúnmente predeterminados por programación; siempre la medida de este parámetro está relacionada a un punto de referencia [3].

Un monitor electrónico de características avanzadas, como lo es uno basado en microprocesadores, tendrá que ser diseñado y programado para detectar fallas que podrían ser originadas por las siguientes causas:

- Ausencia total de voltaje.
- Voltaje menor al mínimo valor de la tolerancia que la carga necesita para trabajar nominalmente.
- Voltaje mayor al máximo valor de la tolerancia que la carga necesita para trabajar nominalmente.
- Inversión de fase o cambio de secuencia.
- Pérdida de fase
- Frecuencia diferente de 60 Hz

3.2.3. Tablero de Transferencia

Un tablero de transferencia automática (TTA) como se muestra en la figura 3.2, es un sistema el cual cuenta con un procedimiento de generación auxiliar, también con señales visuales y de señalización, para así poder conocer el estado tanto de la red auxiliar como la principal proveniente del exterior y así mismo de todo el sistema en general [11].

Las transferencias se clasifican de acuerdo al tipo de carga según su configuración interna en función al tiempo de respuesta. Por otra parte, existen transferencias que tardan en suplir la energía, mientras se realiza el cambio de manera manual o automática entre los dos interruptores de protección [12].



Figura 3. 2. Tablero eléctrico con transferencia

Fuente: [6]

Cuando regresa la red eléctrica externa, el supervisor de voltaje censa la presencia de tensión y envía una señal indicando que la anomalía o falla de la red eléctrica externa está en condición estable de acuerdo al método que se seleccionó, luego toma un tiempo “t” este tiempo es para supervisar la red eléctrica externa ya que puede presentar una anomalía de las antes detalladas, el generador mientras tanto sigue operando con la carga eléctrica instalada, mientras la red eléctrica externa se estabilizada este proceso es para asegurar que la carga instalada siga en funcionamiento [7].

Los tiempos programables del control para transferencia automática de energía eléctrica son:

- t_1 = Tiempo de Ausencia de la Red Eléctrica Externa y Precalentamiento del grupo electrógeno (0 a 10 S)
- t_2 = Tiempo de Transferencia de Energía Eléctrica (0 a 15 S)
- t_3 = Retorno de la Red Eléctrica Externa (0 a 180 S).
- t_4 = Re transferencia de energía a la carga eléctrica instalada (0 a 1 S)
- t_5 = Enfriamiento del grupo electrógeno (0 a 360 S).

3.2.4. Modos de Operación del Tablero de Transferencia

Un requisito esencial de cualquier sistema de transferencia automática es la capacidad de tener diferentes modos de operación. En un modo de operación dado, el sistema de

transferencia responderá de una manera determinada a las condiciones cambiantes del sistema. Para un modo de funcionamiento diferente, el sistema de transferencia responderá de manera diferente [13].

Dos modos básicos de funcionamiento, que debe tener cualquier sistema de transferencia automática, son:

- Modo manual
- Modo automático

3.2.4.1. Modo Manual de Transferencia de Energía

En el modo manual, el sistema de transferencia automática no realiza ninguna operación automática, es decir, no responde a las condiciones cambiantes del sistema. Todas las operaciones del disyuntor deben realizarse manualmente como lo indica la figura 3.3. Por el contrario, en el modo de funcionamiento automático, todas las operaciones, con algunas excepciones de emergencia, son automáticas y el sistema responderá automáticamente a las condiciones cambiantes del sistema [13].

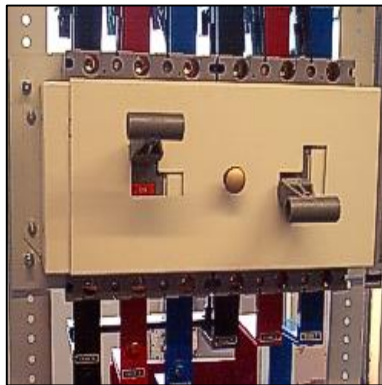


Figura 3. 3. Tablero de transferencia manual

Fuente: [6]

3.2.4.1. Modo Automático de Transferencia de Energía

En el modo automático como se observa en la figura 3.4, las operaciones para ciertos disyuntores (como los disyuntores principales y de conexión) son automáticas; sin embargo, se permite el disparo manual (o disparo del disyuntor debido a una falla) de los disyuntores controlados automáticamente [13].

Cuando el monitor detecta el retorno del fluido eléctrico en la fuente normal, verifica que los parámetros eléctricos de la red estén dentro de rangos adecuados, luego de lo cual se toma una nueva decisión; si los parámetros de la fuente normal están en condiciones

normales, se realiza la retransferencia del fluido de energía eléctrica de la fuente normal hacia la carga, apagando posteriormente el grupo electrógeno, después de un tiempo necesario para su enfriamiento; en caso contrario se mantiene el fluido eléctrico que entrega el grupo hasta que la fuente normal tenga los parámetros adecuados de funcionamiento [3].



Figura 3. 4. Tablero de transferencia automático

Fuente: [9]

3.2.4.2. Características del Sistema de Transferencia Automático

3.2.4.2.1. Proteger la Carga de Niveles Altos y Bajos de Voltaje

Las variaciones de tensión generalmente se originan por las fallas de un sistema eléctrico, energización de grandes bloques de carga. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones de operación del sistema, la falla puede ocasionar elevación de tensión (Swell), depresión de tensión (Sag) o una interrupción [10]. En la tabla 3.1, podemos observar los rangos permitidos según el CONELEC.

Tabla 3. 1. Variaciones de voltaje permitidas con respecto al valor nominal CONELEC 004-01

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	±7%	±5%
Medio Voltaje	±10%	±8%
Bajo voltaje Urbanas	±10%	±8%
Bajo Voltaje Rurales	±13%	±10%

Fuente:[11]

3.2.4.2.2. Detectar la Inversión de Fase

En el ámbito industrial es necesario mantener constante el orden de la secuencia de fases

con las cuales trabajarán las cargas en un proceso productivo, ya que estas cargas están conformadas por motores, los mismos que cambian su sentido de giro al existir una inversión de fases, lo que provocará problemas graves en producción [2].

La secuencia puede ser afectada por un error en la reconexión de la línea de distribución o en la cámara de transformación, después de cualquier reparación o mantenimiento realizado por la empresa eléctrica.

3.2.4.2.3. Medir la Frecuencia

Para medir la frecuencia se utilizará un detector de cruce por cero, el que se encuentra ubicado en la tarjeta acondicionadora de señales; este circuito generará un tren de pulsos, los que ingresarán directamente al microprocesador, y finalmente este se encargará de efectuar una rutina para establecer el valor de la frecuencia de la fuente activa en el display.

3.2.4.3. Ventajas del Sistema de Transferencia Automático

Los sistemas de transferencia automática ofrecen un conjunto de ventajas que permiten evaluar parámetros, procesar información y ejecutar tareas específicas que para cualquier sistema no automático implicarían grandes cantidades de tiempo, adquisición de equipos para detección relativamente caros y empleo de recurso humano especializado, más aún cuando la carga es crítica y necesite de un fluido eléctrico ininterrumpido las 24 horas, ya que en tal caso es necesario contar con grupos de personas vigilando constantemente posibles fallas en la fuente normal de energía eléctrica.

Una ventaja substancial de los sistemas de transferencia automática es su capacidad de rápida respuesta; el hecho de ser manejado por dispositivos electrónicos, logra que el sistema tenga una velocidad de respuesta mucho mayor que la del ser humano y considerablemente mayor que los equipos de control electromecánicos, siendo que además estos últimos son muy limitados por su capacidad física y falta de inteligencia.

3.2.5. Equipos del Sistema de Transferencia Automático

Un tablero de transferencia automática es un conjunto de dispositivos que tiene como finalidad realizar todas las operaciones necesarias tanto del grupo electrógeno como de las cargas para mantener alimentado un establecimiento ante la emergencia por falta de suministro proviene de la compañía eléctrica. El (TTA) es un gabinete el cual está compuesto por un conjunto de elementos necesarios para realizar la conmutación entre

grupo electrógeno y la carga.

3.2.5.1. Disyuntores Principal y transferencia

Son los encargados de conectar y desconectar la carga a cualquiera de las dos fuentes (normal o reserva), es necesario en este punto guardar todas las precauciones para evitar que las dos fuentes vayan a ser conmutadas a la vez, esto se logra mediante trabamientos mecánicos como se observa en la figura 3.5 [2].



Figura 3. 5. Disyuntores principales del (TTA)

Fuente: Autores

3.2.5.2. Controlador EAOM 210 FD

Arranque y parada automática del motor, apagado automático en condición de falla, totalmente programable, LED indicador de estado y avería, de fácil operación, tres entradas configurables por el usuario, dos salidas configurables por el usuario, tres fases de medición de corriente de carga [12], en la figura 3.6, podemos observar el panel frontal del controlador de transferencia.



Figura 3. 6. Unidad de conmutación y transferencia automática EAOM-210 FD

Fuente: Autores

Es una unidad de conmutación y transferencia automática para generadores diésel / gas, esta unidad permite la transferencia automática de una carga de la red al generador en caso de una falla en la red.

Tiene las siguientes características:

- Diseñado para funcionamiento desatendido.
- Es capaz de detectar fallas en cualquier fase de la red y arrancar y cambiar a un generador si la tensión de la red supera los límites preestablecidos.
- Es posible el control tanto automático como manual.
- El modo de prueba que permite que el generador funcione sin tomar la carga.

La unidad supervisa el funcionamiento del generador y advierte de cualquier fallo detectado, entre los aspectos más importantes que monitorea se tiene:

- Voltaje de red (L1-N, L2-N, L3-N)
- Voltaje de red (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- Frecuencia de la red (Hz)
- Voltios del generador (L1-N, L2-N, L3-N)
- Voltios del generador (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- Frecuencia del generador (Hz)
- Potencia aparente del generador (KVA)
- Potencia activa del generador (kW)
- Potencia reactiva del generador (kVAr)
- Factor de potencia del generador

En el modo automático, la unidad utiliza los siguientes parámetros para cambiar la carga entre la red eléctrica y el alternador.

3.2.5.2.1. Comunicación de la Unidad con una PC

La unidad es ampliamente programable a través del panel frontal, con protección de contraseña en dos niveles. Los parámetros operativos también se pueden monitorear y controlar desde una PC como se observa en la figura 3.7, puesto la unidad se comunica con la PC mediante EAOM-210 FD / PCIK. Con EAOM-210 FD V00 / SW, los parámetros de la unidad EAOM-210 FD y la información de estado se pueden acceder fácilmente a través de una PC. Se pueden ver los parámetros del operador y del técnico,

cabe mencionar que estos parámetros están protegidos por contraseña [12].

3.2.5.2.3. Selecciones de Salidas Configurables

Fallo de red. - Indica que el módulo ha detectado una falla en el suministro eléctrico de CA entrante. Esta salida se activará siempre que la tensión o la frecuencia de la red se salga de los límites, o si la entrada de fallo de la red auxiliar está activa (si se utiliza) y el temporizador de transitorios de la red ha expirado.

Red alta frecuencia. - Indica que el módulo ha detectado que la frecuencia de alimentación de la red de CA entrante ha superado el límite de frecuencia establecido.

Red baja frecuencia. - Indica que el módulo ha detectado que la frecuencia de alimentación de la red de CA entrante ha caído por debajo del ajuste de frecuencia.

Red baja tensión. - Indica que el módulo ha detectado que la tensión de alimentación de CA de entrada ha caído por debajo del ajuste del límite de tensión.

MEASUREMENT VALUES			
Mains Voltage L12 (Vac)	381	Generator pf	0.00
Mains Voltage L1N (Vac)	221	Generator KVA	0
Mains Voltage L23 (Vac)	379	Generator KW	0
Mains Voltage L2N (Vac)	219	Generator KVAh	0
Mains Voltage L31 (Vac)	381	Generator KWAh	0
Mains Voltage L3N (Vac)	219	Generator KVAh	0
Mains Frequency (Hz)	49.9	Next Maintenance Month	6
Generator Voltage L12 (Vac)	378	Next Maintenance Hour	5000
Generator Voltage L1N (Vac)	219	Working Time	0
Generator Voltage L23 (Vac)	379	Day, Month, Year	13.12.2006
Generator Voltage L2N (Vac)	219	Time (Hour:Minute)	19.43
Generator Voltage L31 (Vac)	381	Charge Generator Voltage (Vdc)	0.0
Generator Voltage L3N (Vac)	219	Battery Voltage (Vdc)	40.0
Generator Frequency (Hz)	49.9	Level	0
Load Current IL1 (A)	0	Pressure	70.8
Load Current IL2 (A)	0	Temperature	40
Load Current IL3 (A)	0		
Earth Current IEA (A)	71		

Figura 3. 7. EAOM-210 FD / PCIK

Fuente:[12]

3.2.5.3. Fuente de Alimentación de 24V

El principal objetivo de una fuente de alimentación como la indicada en la figura 3.8, es de proporcionar un valor de tensión adecuado para el funcionamiento de cualquier dispositivo. La fuente de alimentación se encarga de convertir la entrada de tensión alterna de la red en una tensión continua y consta de varias etapas que son: Transformación,

rectificación, filtrado y regulación [13].



Figura 3. 8. Fuente a alimentación de 24V

Fuente: Autores

3.2.5.4. Portafusibles

Las bases portafusibles como las de la figura 3.9, pueden utilizarse para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de las líneas eléctricas, para la protección y el mando de los motores, así como para la protección de las instalaciones eléctricas estos equipos pueden asegurar la desconexión, pero no son adecuados para aislamiento, por lo que no pueden ser utilizados como interruptor seccionador [14].

La gama está disponible en dos versiones: con o sin indicador del estado del fusible. Si el fusible instalado en la base se funde, el estado del fallo queda visible mediante el indicador situado en la parte frontal del portafusible.



Figura 3. 9. Bases portafusibles

Fuente: Autores

3.2.5.5. Contactores Auxiliares

El contactor es un dispositivo electromagnético, que puede ser controlado a distancia para cerrar o abrir circuitos de potencia. Una de las principales aplicaciones del contactor como el indicado en la figura 3.10, es utilizado para realizar el control de los circuitos de alimentación de todo tipo de motores eléctricos, pero se utiliza para alimentar otros tipos de receptores, como sistemas de resistencias, líneas de luminarias, etc. En el mercado existen contactores con diferentes formas y tamaños, cuyo uso depende del tipo de circuito a controlar y la ubicación del mismo, pero debes saber que la conexión de todos los contactores es prácticamente la misma [15].



Figura 3. 10. Contactor Siemens

Fuente: [15]

3.2.5.6. Borneras para Riel Din

Los bornes de conexión se han convertido últimamente en elementos fundamentales en todo tipo de instalaciones eléctricas. El uso del borne como se observa en la figura 3.11, es de tipo componible como elemento para interconexión de circuitos ha sido adoptado universalmente y ha simplificado el diseño, instalación y mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos [16].

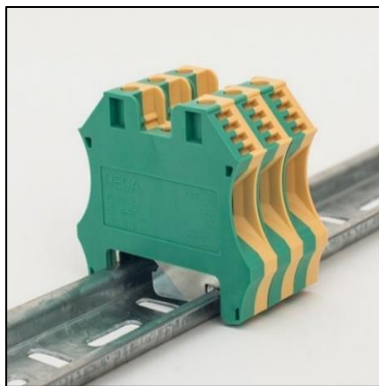


Figura 3. 11. Bornera de conexión para riel Din

Fuente: [16]

3.2.5.7. Barras de Cobre

Las Barras de Cobre como se observa en la figura 3.12, se usan en los Cuadros Eléctricos, para Distribuciones de Potencia y cuando exigencias de procesamiento o plegado de las barras de cobre no permiten usar unos puntos de conexión, derivación y fijación predefinidos. Las Barras de Cobre trefiladas son óptimos conductores eléctricos y se consideran válidas para su ductilidad, fuerza y resistencia.

Además de los Cuadros Eléctricos, se utilizan en otros equipos eléctricos para la distribución y la transmisión de electricidad, la producción de Barras blindadas, Conductos Eléctricos y líneas de suministro eléctrico de las plantas de la industria eléctrica [17].

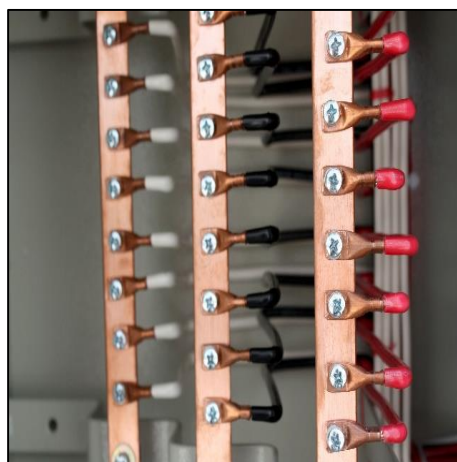


Figura 3. 12. Barras de cobre

Fuente: [9]

3.2.5.8. Generadores de Emergencia

Los grupos electrógenos se diferencian del generador eléctrico que al estar formado por

un motor independiente hace funcionar a un generador de electricidad obteniendo mayor capacidad de energía que sirve para la implementación del proyecto [18].

3.2.5.8.1. Generador Síncrono

Es una máquina eléctrica rotativa que convierte energía mecánica en eléctrica o viceversa. Se utiliza para generar la mayor parte de la energía que es consumida por los usuarios de la red eléctrica. Los generadores síncronos se pueden clasificar según el tipo de rotor, es decir, rotor de polos salientes o rotor de polos lisos. La primera clasificación tiene su principal uso en centrales donde se trabaja con bajas velocidades, ejemplo de ello pueden ser las centrales hidroeléctricas.

Por otro lado, el rotor de polos lisos se utiliza cuando hay velocidades altas, puesto que no producen grandes concentraciones de masa en los polos, evitando así las fuerzas centrífugas exageradas [19].

3.2.5.8.1. Grupo Electrónico Estacionario a Diésel

Estos son equipos de emergencia más usados en lugares donde la potencia debe ser continua, como se muestra en la figura 3.13, el mismo puede ir en un rango que va desde los 5 KW hasta 2,5 MW. Estos motores poseen un control de velocidad, por lo general son equipos estacionarios, que deben ser instalados en lugares adecuados a fin de evitar el ruido y las vibraciones que demandan estas máquinas [18].



Figura 3. 13. Generador Eléctrico a Diésel

Fuente: [20]

3.2.5.8.2. Grupo Electrónico a Gasolina

son aparatos de baja potencia, portátiles para trasladar en aplicaciones específicas y que no requieran gran demanda, su rango llega hasta los 10kw. Son más utilizados porque

alimentan una determinada instalación y por sus prestaciones económicas ya sea para una casa, oficinas, entre otros [18].

3.2.5.8.3. Paro de Emergencia

Son dispositivos que tienen como función esencial de interrumpir en caso de que exista peligro el funcionamiento de la maquina lo más rápido posible. Se instalará en las maquinas previéndose para este fin dos posibilidades:

- Un interruptor accionado manual o eléctricamente, situado en la línea de alimentación de la máquina.
- Un auxiliar de mando dispuesto en el circuito auxiliar de modo que, al ser accionado, todos los circuitos que pueden originar peligro queden desconectados.

El paro de emergencia indicado en la figura 3.14, debe cumplir las siguientes características:

- Ser visible y fácilmente accesible
- Ser capaz de cortar la corriente máxima del motor de mayor potencia
- Podrá ser accionado manualmente y será enclavable en la posición de abierto



Figura 3. 14. Pulsador paro de emergencia

Fuente:[21]

3.2.5.8.4. Luces Piloto

Son instaladas con el propósito de indicar si algún tablero o línea se encuentra energizada o bien simplemente para indicar algún proceso [22]. La luz de color verde como se muestra en la figura 3.15, nos indica que están energizados los circuitos eléctricos ya sea:

- Arranque de uno o varios motores para preparar funciones auxiliares.

- Proceder a la marcha de unidades de máquina.

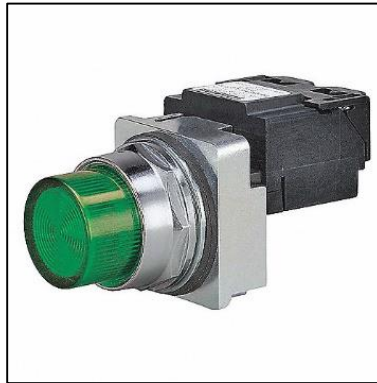


Figura 3. 15. Luz indicadora

Fuente:[22]

3.2.5.8.5. Supervisor de Voltaje Trifásico

El supervisor de voltaje indicado en la figura 3.16, sirve para la supervisión y protección de motores y cargas trifásicas, contra daños producidos por alteraciones en el suministro de energía eléctrica. Adicionalmente puede ser utilizado como dispositivo para control de estaciones de transferencia, además sirve como herramienta de diagnóstico y reporte de fallas en tableros arrancadores y de control.



Figura 3. 16. Supervisor de voltaje trifásico RELETEK

Fuente:[23]

3.2.6. Factor de Potencia

En los sistemas de distribución de energía rurales, el FP generalmente cae a medida que aumenta la demanda. Con un aumento en la carga y una disminución en el Facto de Potencia, pueden surgir los siguientes problemas: fluctuación de voltaje; el aumento de las pérdidas del sistema; Multas por Factor de Potencia a los clientes por uso elevado de

potencia reactiva; la reducción de la capacidad del sistema [24].

Factor de Potencia se define como la relación entre la potencia real (W) y la potencia tal (VA). Para mejorar el Factor de Potencia del sistema, los condensadores y los sistemas de almacenamiento de baterías también pueden ofrecer corrección de caída de voltaje con la corriente principal del condensador. La gran cantidad de corriente VAR inductiva requiere que las instalaciones de energía a granel se lleven al sistema de distribución, lo que genera pérdidas en las instalaciones a granel e introduce costos innecesarios [25].

Su representación son las siglas FP, es un valor adimensional y solo puede tomar valores entre 0 y 1. Cuando el factor de potencia está cercano a la unidad, se dice que su componente reactivo es muy bajo, caso contrario a cuando está cercano a ser nulo allí se tiene una gran componente reactiva, lo que hace que se tengan mayores pérdidas [26].

3.2.6.1. Potencia Activa

Es conocida también como potencia real, media o verdadera, esta se la emplea como potencia útil, es representada con la letra P y es medida en vatios (W).

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos\varphi \quad (3. 1)$$

En donde:

P: Potencia activa en Watt (W)

V_L : Voltaje de línea a línea en voltios (V)

I_L : Corriente de línea en amperios (A)

$\cos\varphi$: Factor de Potencia del sistema

3.2.6.2. Potencia Aparente

Esta es la suma geométrica de la potencia activa con la potencia reactiva o la potencia total consumida por la carga, es representada con la letra S y media en Voltamperios (VA).

$$S = \sqrt{3} * V_L * I_L \quad (3. 2)$$

En donde:

S: Potencia Aparente en Voltamperios (VA)

3.2.6.3. Potencia Reactiva

Esta es la que genera campos magnéticos y eléctricos en las maquinas o transformadores, motores, etc. Esta no produce trabajo útil por lo que su valor medio es nulo, además genera pérdidas en los equipos que trabajan con esta potencia. Está representada por la letra Q

referida en Voltamperios reactivos (VAr) [27].

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \text{sen}\varphi \quad (3.3)$$

En donde:

P : Potencia Reactiva en Voltamperios Reactivos (Var)

$\text{sen}\varphi$: Angulo del factor de Potencia del sistema

3.2.6.4. Carga Inductiva

Las cargas inductivas son encontradas en cualquier lugar donde haya bobinados involucrados, por ejemplo, en la figura 3.17 se observa un diagrama fasorial de la carga inductiva, en los equipos del tipo electromecánicos como los motores, balastos, transformadores, entre otros; además de consumir potencia activa, requieren potencia reactiva para su propio funcionamiento, por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1.0. Considerándose por lo tanto que las cargas inductivas, sean el origen del bajo factor de potencia. En un circuito puramente inductivo la corriente no está en fase con la tensión ya que va atrasada 90° con respecto a la tensión [28].

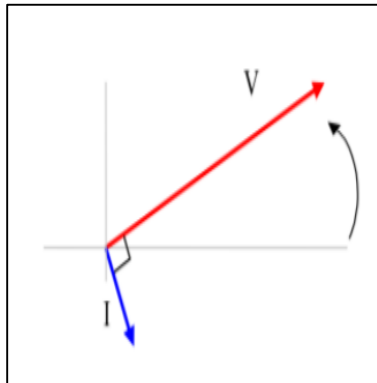


Figura 3. 17. Diagrama fasorial de un circuito inductivo

Fuente:[28]

3.2.6.5. Carga Resistiva

Este es el tipo de carga que el paso de la corriente genera calor y no desplazamiento o movimiento, un claro ejemplo son las lámparas incandescentes o las resistencias de carbón, estas tienen un factor de potencia unitario como en indicado en la figura 3.18, esto quiere decir que el desfase que existe entre la corriente y el voltaje es igual a cero [27].

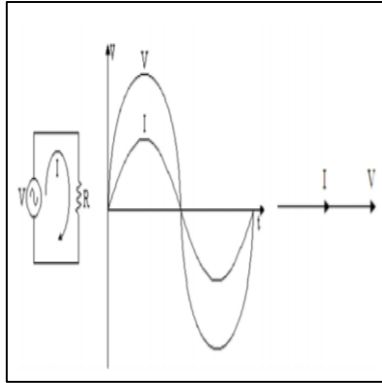


Figura 3. 18. Desfase del voltaje vs corriente igual a cero, $F_p=1$

Fuente:[27]

3.2.6.6. Carga Capacitiva

Las cargas capacitivas se presentan en los capacitores y se caracterizan porque la corriente se halla adelantada respecto de la tensión 90° . En la figura 3.14, se presenta el diagrama fasorial correspondiente a las cargas capacitivas. Las cargas de tipo capacitivo son: Bancos de capacitores y Motores síncronos.

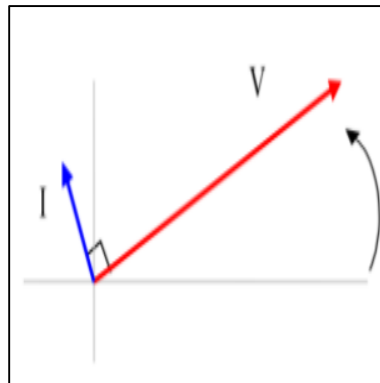


Figura 3. 19. Diagrama fasorial de un circuito capacitivo

Fuente:[28]

3.2.6.7. Triángulo de Potencias

Llamamos triángulo de potencias al indicado en la figura 3.20, ya que este nos explica los desfases de la potencia Aparente (S), potencia Activa (P) y la potencia Reactiva (Q), donde la potencia aparente se la encuentra con el teorema de Pitágoras aplicado a un triángulo [29].

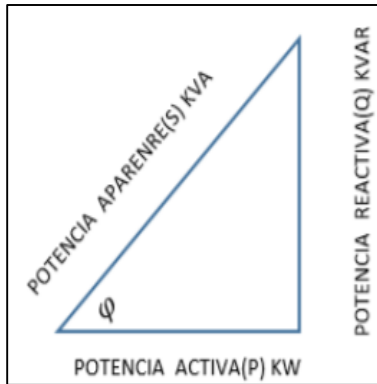


Figura 3. 20. Triángulo de potencias

Fuente:[28]

3.2.6.8. Medición en Circuitos de una Sola Fase

El método más simple es medir la potencia (usando un Watímetro) y la corriente y el voltaje. En la figura 3.21, se puede observar la forma de conexión de estos elementos de medición.

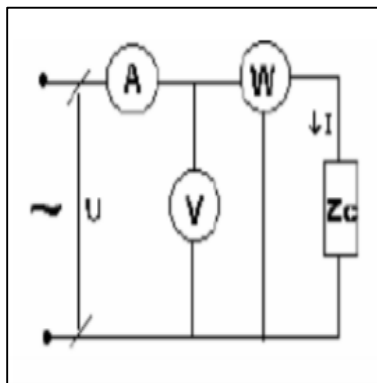


Figura 3. 21. Medición del $\cos\phi$ en un circuito de una sola fase

Fuente: [28]

Entonces tenemos $\cos\phi$ es igual a:

$$\cos\phi = \frac{P}{V \cdot I} = \frac{P}{S} \quad (3.4)$$

3.2.6.8.1. Medición de un Circuito Trifásico Simétrico y Equilibrado.

Cuando el sistema es simétrico y equilibrado, el desfase entre la tensión y corriente es el mismo para cada fase, por lo cual el factor de potencia trifásico coincidirá con el factor de potencia en cada una de las fases. Este valor se determina con un vatímetro, un voltímetro y un amperímetro conectados de la forma que la indica la figura 3.22, medirán la potencia

de una fase, la tensión de una fase y la corriente de la fase respectiva.

Utilizando un amperímetro, un voltímetro y un vatímetro:

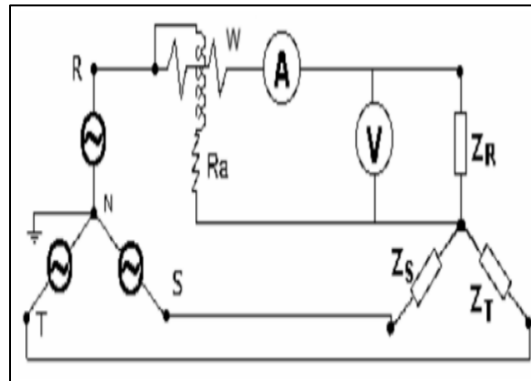


Figura 3. 22.Diagrama eléctrico de conexión de equipos de medida

Fuente: [28]

3.2.6.9. Origen del Bajo Factor de Potencia

El origen principal del bajo factor de potencia es a la carga de los motores de inducción así también a los generadores o cualquier tipo de equipo que trabaje con inductancia, estos tienen un bajo factor de potencia, es decir que la corriente está desfasada con respecto al voltaje.

Se haya muchas de las que causan el bajo factor de potencia:

- Motores de Inducción
- Lámparas fluorescentes
- Motores
- Transformadores

En las industrias o instalaciones eléctricas se requiere potencia reactiva, si el factor de potencia es 1 es decir que toda la energía que requiere los equipos fue transformada en trabajo, pero a medida que el ángulo teta (θ) incrementa el factor de potencia disminuye, así como nos muestra la figura 3.23, esto nos dice que los equipos van a necesitar más consumo de energía para generar un trabajo útil. Esto nos lleva a un mayor consumo de energía eléctrica, aumenta las perdidas por calentamiento, ineficiencia de los equipos, calentamiento de los cables [27].

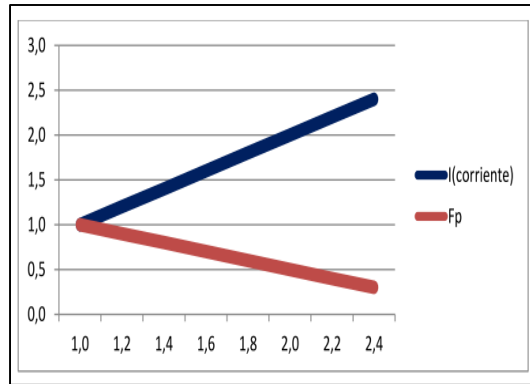


Figura 3. 23. Intensidad de corriente vs factor de potencia

Fuente:[13]

3.2.6.10. Corrección del Factor de Potencia

Normalmente las industrias o empresas las cargas que consumen son reactivas (kW) pero así mismo esta va ligada con la potencia reactiva (kVAr) que la unión de las 2 generan el trabajo de los diferentes equipos. La potencia reactiva no genera trabajo en las maquinarias o equipos, pero es fundamental para generar flujo electromagnético y dar a trabajar a los diferentes aparatos, en el momento que estos aparatos o equipos van incrementado y su necesidad de potencia reactiva incrementa se produce un descenso del factor de potencia [27]. Como lo mencionamos anteriormente la corrección del factor de potencia lo logramos conectando banco de condensadores automáticos conectados como en la figura 3.24, esto nos va a ayudar con el factor de potencia y a mejorar el rendimiento de las maquinas o equipos.

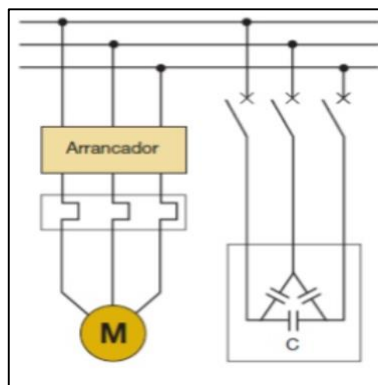


Figura 3. 24. Conexión de condensadores para corregir el factor de potencia

Fuente:[30]

Los condensadores de potencia conectados en paralelo con la carga, absorben una corriente reactiva de tipo capacitivo que está desfasada 90° en adelante respecto a la

tensión. Esta corriente se halla en oposición de fase con respecto a la corriente reactiva de tipo inductivo de la carga, produciendo su superposición una disminución de la corriente y potencia reactiva total de la instalación.

Es posible que la inyección de potencia activa y reactiva está correlacionada con la mejora en los perfiles de tensión del sistema; no obstante, está no es una relación lineal o proporcional, debido a que este problema pertenece al conjunto de los problemas no lineales y no convexos y pueden existir múltiples combinaciones en las inyecciones de potencia reactiva con comportamientos muy similares en términos de perfil [31].

Conociendo la potencia activa (kW) y el factor de potencia ($\cos\phi_1$) de una instalación, es por tanto muy sencillo determinar la potencia reactiva (kvar) de condensadores necesaria para aumentar el factor de potencia a un nuevo valor ($\cos\phi_2$). De la figura 3.23, se deduce la relación:

$$Q_c = P * (tg\phi_1 - tg\phi_2) \quad (3. 5)$$

3.2.6.11. Ventajas de la Corrección del Factor de Potencia

3.2.6.11.1. Mejor Aprovechamiento de Transformadores y Generadores

Los transformadores son dimensionados en función de la potencia que deben transformar. Esta potencia se mide en kVA (potencia aparente). Estando la potencia activa y la potencia aparente ligadas por la expresión $P = S * \cos\phi$, es claro que, si un transformador alimenta una carga con factor de potencia igual a la unidad, toda su potencia aparente podrá ser aprovechada como potencia activa, mientras que, si el factor de potencia es bajo, la máxima potencia activa que la máquina podrá entregar será sólo de una fracción de su potencia aparente [31].

3.2.6.11.2. Disminución en el Coste de Energía

Como se ha indicado antes, la intensidad que registra el contador (intensidad activa) es inferior a la intensidad total que realmente circula por la instalación y que es la realmente generada y transportada por la compañía suministradora, la cual debe dimensionar sus generadores y transformadores no en función de la potencia facturable, sino de la potencia aparente, siempre superior a la anterior. Este es el motivo por el que las compañías aplican un recargo a los abonados que presentan un bajo factor de potencia.

3.2.7. Banco de Condensadores Automático

Los bancos de condensadores se utilizan normalmente para aumentar el voltaje y controlar la potencia reactiva dentro de las subestaciones, lo que mejora la eficiencia de la transmisión de energía. La clasificación y el tipo de condensadores utilizados en dichos bancos dependen de los requisitos del sistema [25].

Cada banco está construido con un cierto número de capacitores trifásicos colocados en el mismo gabinete (contenedor). Los capacitores pueden ser arreglados en grupos en paralelo y conmutados con contactores [32].

El número de capacitores autónomos está usualmente referido como pasos.

El número de pasos son usualmente cinco o seis.

La conmutación de los contactores y sus capacitores individuales es controlada por un regulador.

La potencia reactiva requerida (capacitiva) no es completamente constante durante las 24 horas del día.

3.2.8. Equipos del Banco de Condensadores Automático

Los elementos que van a ser descritos a continuación son los necesarios para el buen funcionamiento del Banco de Condensadores Automático mismo que adicionara la cantidad necesaria para una buena corrección del Factor de Potencia.

3.2.8.1. Controlador Siemens BR-6000

El controlador del factor de potencia BR6000 indicado en la figura 3.25, es un equipo de control moderno con diseño innovador con una amplia variedad de funciones. Presenta una interface con el usuario a través de menús con texto para máxima facilidad de operación. Símbolos indicativos y leyendas alfanuméricas en el idioma del país de uso (ocho idiomas) combinan la facilidad de manejo con una conveniente presentación de los resultados. Muestra variados parámetros de la red, almacena sus diferentes valores y una opción de rutina de prueba hace fácil analizar errores y monitorear el sistema [33].



Figura 3. 25. Controlador de potencia reactiva BR-6000

Fuente: Autores

Los controladores para corrección del factor de potencia (PFC) son de gran importancia en el sistema PFC ya que miden el factor de potencia real y conectan o desconectan las etapas del condensador para lograr un valor sesgado específico (\cos).

El regulador se suministra de serie para una tensión de servicio de 220 VAC (+-15%), una tensión de medida de 30...525 VAC (L-N) o (L-L), 50/60 Hz y una corriente de medida de 5 a 1 A (programable).

3.2.8.2. Condensadores Cilíndricos

El condensador es un elemento eléctrico el cual cumple la función de almacenar energía y su mayor aprovechamiento es en la mejora del factor de potencia, según su aplicación y construcción podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- Condensadores de MICA, utilizados como condensadores de alta frecuencia y telecomunicaciones
- Condensadores CERAMICOS, se usan en aplicaciones de telecomunicación cuando la ausencia de espacio sea considerable
- Condensadores ELECTRONICOS, son utilizados principalmente para tensiones continuas.
- Condensadores VARIABLES, son aquellos que permiten modificar capacidad en función de las necesidades.

En la figura 3.27 se indica las partes que constituyen un condensador.

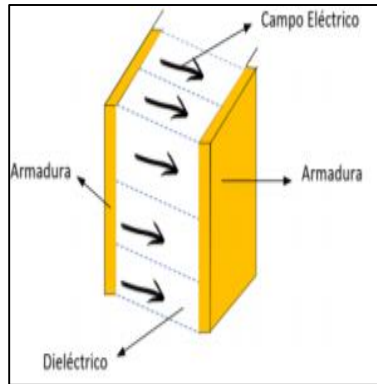


Figura 3. 26. Esquema básico de un condensador

Fuente: [34]

En los últimos años ha existido una evolución en distintas tecnologías, los condensadores no son la excepción debido a esto se tiene condensadores de última generación que son de tipo en seco, los cuales para mejorar sus propiedades eléctricas son sometidos a un tratamiento especial.

Los condensadores o capacitores en seco son elementos que no muestran peligro de contaminación por eventuales derrames de la sustancia impregnada. En función de la geometría los condensadores pueden variar su armadura metálica que puede tener distintas formas como [34]:

- Capacitores planos
- Capacitores cilíndricos
- Capacitores esféricos

Como se puede representar en la siguiente figura 14 las clasificaciones de condensadores en función geométrica.

En vista de la capacidad del condensador de suministrar y acumular energía se lo utiliza como un componente básico para construir baterías de rectificación del factor de potencia para el voltaje en todos sus niveles. En concreto los condensadores de corrección del factor de potencia que se utilizan pueden ser del tipo de autogeneración que se encuentran constituidos por una película de propileno metalizado. En este tipo de condensador, se suele regenerar por medio de descargas la parte dieléctrica dañada, y la película de propileno que se ve afectada por el calor se volatiliza debido al efecto térmico de este modo se puede restablecer la parte dañada [30].

3.2.8.4. Transformador de Corriente

Un transformador de corriente como el de la figura 3.27, es aquel en el cual el devanado primario se encuentra en serie con el circuito al cual se quiere medir la corriente. En el devanado secundario se conecta en serie los instrumentos. Normalmente estos dispositivos tienen muy baja impedancia que prácticamente mantienen el TC en condiciones de cortocircuito en el secundario. Para que un transformador cumpla su función de indicar exactamente el valor de la corriente circulante en el primario, se debe si es posible el valor de la carga, por lo cual se trata de reducir al mínimo la corriente magnetizante [4].



Figura 3. 27. Transformador de corriente

Fuente:[35]

4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente proyecto se desarrolló una investigación de carácter descriptivo, la cual se llevó a cabo en el laboratorio de alto voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi donde se realizó la documentación necesaria. De acuerdo con la metodología, por tratarse de la práctica de estudio en el proceso de automatización de un módulo experimental de transferencia de energía automático con corrección del factor de potencia.

4.1. VARIABLES

Dentro de nuestra propuesta tecnológica cabe mencionar que existe un número considerable de variables a tratar; pero solo se tomara la variable el módulo de transferencia automático con corrección del factor de potencia para la ejecución del proyecto.

4.1.1. Variable Independiente

Laboratorio de Alto Voltaje: ya que este lugar está destinado para la ejecución de prácticas

que ayudan a profundizar conocimiento adquiridos en el aula de clase en donde será de gran importancia para la implementación de nuestra propuesta tecnológica.

4.1.2. Variable Dependiente

Modulo experimental de transferencia automático de energía con corrección del factor de potencia: será utilizado para realizar prácticas de transferencia de energía eléctrica mediante la utilización del grupo motor generador como sistema de respaldo, de la misma manera se realizará la compensación del factor de potencia automáticamente de las cargas que pueden ser asociadas.

4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

4.2.1. Investigación Bibliográfica

Según el autor Santa Paella y Feliberto Martins en su libro “Metodología de la Investigación Cuantitativa” define el diseño bibliográfico, se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda del material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables. Cuando se opta por este tipo de estudio, el investigador utiliza documentos, los recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes, se encuentra en [36].

Se procede a utilizar esta modalidad ya que en el proyecto se obtendrá información de fuentes secundarias páginas web, libros en línea, paper de investigación, tesis las cuales nos permitirán ampliar, profundizar los conocimientos y contrastar diferentes teorías o criterios de distintos autores.

4.2.2. Investigación Descriptiva

Según Mario Tamayo y Tamayo, en su libro “Proceso de Investigación Científica”, aporta que la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupos de personas, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente, se encuentra en [37]. En el proyecto mediante esta modalidad permitirá definir las variables a utilizar, en nuestro caso será el diseño del módulo experimental de transferencia de energía automático con corrección del factor de potencia, el cual nos permitirá realizar prácticas de laboratorio con diferentes equipos eléctricos y así determinar su utilidad para la continuidad del servicio de energía eléctrica.

4.2.3. Investigación Experimental

Según Debold B; Van Dalen y William Meyer en su libro “Estrategia de la investigación experimental”, hace énfasis en que la investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular, se encuentra en [38].

Con el funcionamiento del módulo experimental se realizará la transferencia de energía hacia el grupo motor-generator permitiendo así la continuidad del servicio de energía eléctrica y el funcionamiento correcto de las cargas.

4.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.3.1. Método Científico

Según Beatriz García en su informe “Una mirada al método científico”, argumenta que el método científico implica el diseño de técnicas de ensayo y verificación aceptadas por la comunidad científica como válidas. Si bien en investigación científica o tecnológica se entiende al método científico como el desarrollo de ciertas etapas a seguir para el ordenamiento de las ideas, el método no es único, ni rígido, disponible en [39].

Con la aplicación de este método en el desarrollo de nuestro tema de tesis permitirá implementar un conjunto de pasos ordenados para la obtención de un nuevo conocimiento el cual permitirá llegar a obtener un resultado determinado o planteado.

4.3.2. Método Deductivo

Por su parte Byron Prieto hace referencia a que el método deductivo que en términos de sus raíces lingüísticas significa conducir o extraer, está basado en el razonamiento, al igual que el inductivo. Sin embargo, su aplicación es totalmente diferente, ya que en este caso la deducción intrínseca del ser humano permite pasar de principios generales a hechos particulares. Lo anterior se traduce esencialmente en el análisis de los principios generales de un tema específico: una vez comprobado y verificado que determinado principio es válido, se procede a aplicarlo a contextos particulares, se encuentra en [40].

En la propuesta tecnológica se ha planteado el diseño de un módulo experimental de transferencia de energía automático con corrección de factor de potencia, el cual permitirá ejecutar prácticas y relacionarlo con diferentes cargas que pueden ser conectadas.

4.3.3. Método Cuantitativo

Según Ñaupas Humberto en su libro “Metodología de la Investigación Cuantitativa, Cualitativa y Redacción”, donde habla del enfoque cuantitativo que se caracteriza por utilizar métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, por otro lado, utiliza la recolección de datos y el análisis de los mismos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente [41].

Mediante el método cuantitativo se usará la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica, para establecer patrones de comportamiento y probar teoría acorde a nuestro tema de transferencia automática y corrección del factor de potencia en las cargas.

4.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

4.4.1. Investigar Fundamentos Teóricos Mediante Revisión Bibliográfica para Conocer los Sistemas de Tránsito y Corrección de Factor de Potencia

a.- Revisión del Estado del Arte Sobre la Propuesta Tecnológica

Para el diseño del módulo experimental de transferencia automática de energía con corrección de factor de potencia para el laboratorio de alto voltaje, es importante adquirir el conocimiento requerido para el desarrollo del tema por lo que se hizo necesario la búsqueda de información acorde a nuestro tema para así determinar cuál será el proceso que debe seguir el módulo de transferencia para su funcionamiento, por lo que es importante también conocer las variables de control que los módulos tanto el de transferencia como el de corrección del factor de potencia deben hacer uso para controlar y monitorizar el sistema y accionar de manera correcta ante cualquier eventualidad.

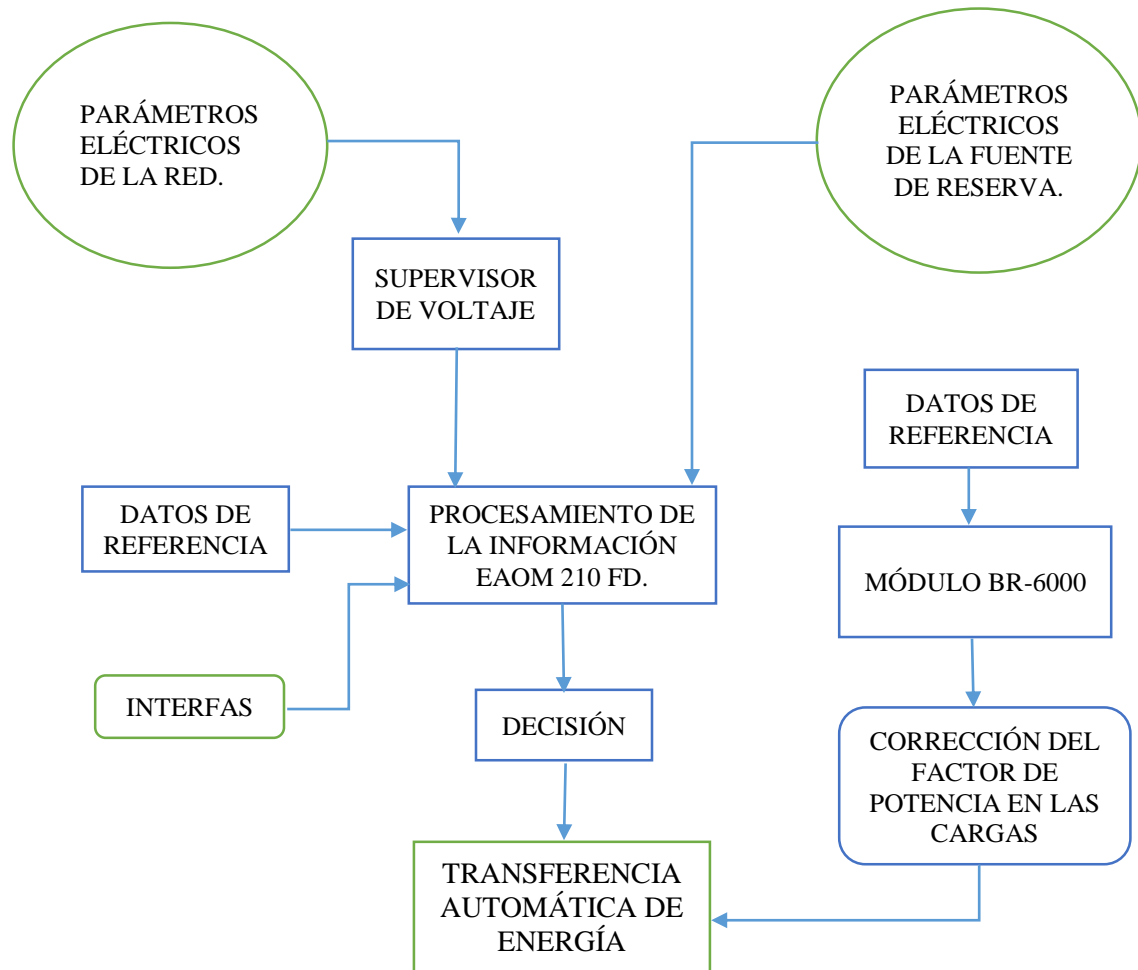


Figura 4. 1. Diagrama de bloques del TTA, incorporado el módulo de corrección del factor de potencia

Fuente: Autores

Como se puede observar en el diagrama de bloques los controladores reciben datos de referencia de forma separada, ya que los módulos controladores se encuentran en dos lugares diferentes y cada uno tendrá que tomar una decisión independiente.

La figura 4.1 representa el proceso que debe seguir el modulo, en la primera parte se observan las dos fuentes de alimentación que utiliza el módulo experimental los parámetros que en cada una de ellas se hacen necesarios, siendo estos el voltaje y frecuencia en el caso de que se encontrara conectada una o varias cargas también se registrara un valor de corriente y potencia.



Figura 4. 2. Parámetros de voltaje, corriente y frecuencia en el módulo EAOM-210FD

Fuente: Autores

A la salida de este primer apartado nos encontramos con el supervisor de voltaje, este elemento es utilizado para proteger y detectar fallas en el suministro de energía ya sea por pérdida de fase, bajo voltaje en el sistema o por fase invertida. Este elemento estará conectado de manera directa con el controlador EAOM-210FD indicado en la figura 4.2, para que al momento de que ocurriese algún inconveniente el mismo pueda tomar una decisión acertada.

Al momento que la red principal se quedase sin energía el controlador accionará su sistema para dar inicio a la transferencia de energía en donde después de censar que todos los parámetros estén correctos en el generador dará paso a la transferencia de energía en donde nos encontramos con el sistema de corrección del factor de potencia mismo que está conectado de forma directa a la barra de transferencia en donde después de recibir todos los parámetros necesarios realizara la adición de potencia reactiva en el sistema para mejorar el factor de potencia a uno fijado previamente por quien lo esté comandando en ese momento. En la figura 4.3, se describe el diagrama eléctrico que será utilizado para las diferentes variables eléctricas.

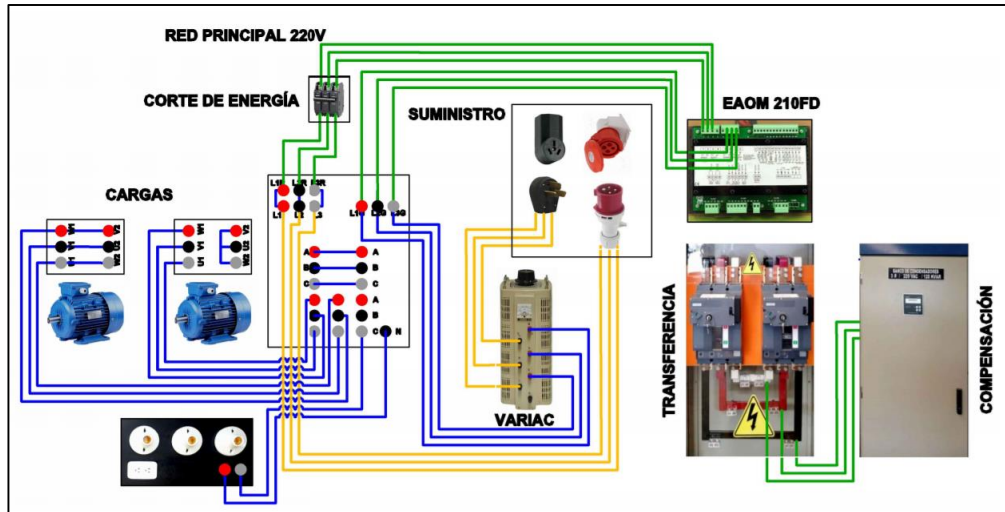


Figura 4. 3. Diagrama propuesto para verificación de los parámetros eléctricos


Fuente: Autores

b.- Describir los Equipos Necesarios para el Buen Funcionamiento del Sistema

Los elementos que se utilizaron para la implementación de la propuesta tecnológica, mismo que son de gran importancia para el buen funcionamiento y accionar del módulo experimental, a través de la tabla 4.1 y 4.2 se detallara cada uno con una breve explicación de su funcionamiento y aplicación en el desarrollo de nuestro proyecto.



Tabla 4. 1. Dispositivos electrónicos utilizados en el control y monitorización del TTA y corrección del factor de potencia





DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL			
COMPONENTE	TIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Controlador de transferencia automática y grupo electrógeno EMCO	EAOM -210FD	Permite activar y desactivar los disyuntores en la barra principal y transferencia de forma manual y automática mediante la programación de sus variables internas, adicionalmente la visualización de los valores de frecuencia, voltaje y corriente.	





<p>Controlador de factor de potencia SIEMENS</p>	<p>BR-6000</p>	<p>Permite corregir por pasos el factor de potencia a un valor deseado de forma automática, mediante la programación de sus variables internas tales como capacidad de los condensadores, tiempo de conexión, desconexión y descarga.</p>	
--	----------------	---	---

Fuente: Autores

Tabla 4. 2. Elementos eléctricos fundamentales para el sistema de transferencia automático y corrección de factor de potencia

<p>ELEMENTOS ELÉCTRICOS</p>			
<p>COMPONENTE</p>	<p>TIPO</p>	<p>DESCRIPCIÓN</p>	<p>IMAGEN</p>
<p>Brakers SIEMENS con motorizado</p>	<p>3VT4</p>	<p>Es un interruptor automático que corta el paso de la corriente eléctrica cuando se cumplen determinadas condiciones. En nuestro proyecto se utilizaran 2 mismo que conmutaran indistintamente mediante la señal de cierre y apertura enviada por el controlador de transferencia automática.</p>	
<p>Fuente de alimentación</p>	<p>24V</p>	<p>Proporciona un nivel de voltaje adecuado al controlador de transferencia automático, a la ves simula la batería del grupo electrógeno.</p>	

Bases Portafusibles	1A	Las bases son montadas en el riel Din donde albergaran al fusible utilizado para la protección de las líneas que se conectaran al controlador EAOM-210FD.	
Fusible de Cristal	1A	Son fusibles de tubo de cristal que soportan una corriente de 0,5 A y un voltaje nominal de 250 V ayudan a proteger el circuito.	
Contactores	220V	El contactor es un dispositivo electromagnético, que puede ser controlado a distancia para cerrar o abrir circuitos, será de gran ayuda para realizar la llave eléctrica, así como también la utilización de sus contactos para el control de la conmutación y energización de los motores de los interruptores.	
Borneras	N/A	El uso del borne como elemento para interconexión de circuitos.	

Riel Din	N/A	Permite el montaje de elementos eléctricos, también funciona como un cable de tierra general o tierra física.	
Barras de cobre	N/A	Las Barras de Cobre trefiladas son óptimos conductores eléctricos y se utilizarán para la entrada de voltaje en la red, generador y barras donde se derivarán las cargas.	
Luces piloto	220V	La luz piloto LED nos permite en el módulo de transferencia ver cuál de sus dos fuentes de energía está siendo utilizada.	
Paro de emergencia	N/A	Al pulsar el circuito se abre y deja de funcionar sirve como medida de seguridad en el TTA en la parada de emergencia del mecanismo.	

Transformador de corriente Camsco	30/5	La conexión de este instrumento de medida es importante en nuestro proyecto ya que nos brindara una medida exacta del valor de corriente que circula en cada una de las líneas del TTA, así como también en el banco de corrección del factor de potencia para los respectivos cálculos.	
Condensadores	8 uF	Con la aplicación de condensadores se tiene la posibilidad de utilizar toda la potencia eléctrica entregada por el sistema para producir trabajo, reduciendo pérdidas y haciendo más eficiente el proceso productivo.	
Supervisor de voltaje trifásico	RS-MV3IP	El supervisor de voltaje sirve para la supervisión y protección de motores y cargas trifásicas, contra daños producidos por alteraciones en el suministro de energía eléctrica.	
Breaker	1 polo 32A	Dispositivo de protección y que se puede activar automáticamente, así como manualmente. Se lo utilizara como simulador de corte de energía de la red y protección del TTA.	

Fuente: Autores

4.4.2. Inspeccionar los Módulos de Transferencia de Energía y Corrección de Factor de Potencia para Elaborar el Diagrama Unifilar

a.- Reconocimiento de los Módulos de Trasterencia Automática y Banco de Condensadores

Realizada la revisión del material bibliográfico, para entender el principio de funcionamiento de nuestra propuesta tecnológica y los materiales que intervendrán en el buen funcionamiento de la misma, es necesario desarrollar el diagrama eléctrico que nos servirá para el montaje del circuito de mando y fuerza, tanto del módulo de transferencia de energía y el módulo de corrección del factor de potencia.

Para proceder a la realización de los diagramas eléctricos respectivos se hizo necesario la inspección minuciosa de los materiales a utilizar mismos que se encontraban en el laboratorio años atrás y para la realización de nuestro circuito deben estar en óptimas condiciones, para poder comprobar las condiciones en las que se encontraban los diferentes elementos fue necesario energizarlos y probarlos uno a uno hasta concluir con todos los elementos con los que contaban cada uno de los ya mencionados módulos, cabe destacar que gracias a estas pruebas realizadas logramos comprender el funcionamiento de los disyuntores con motorizados 3VT4, siendo de gran importancia ya que estos realizaran la trasferencia de energía de forma automática.

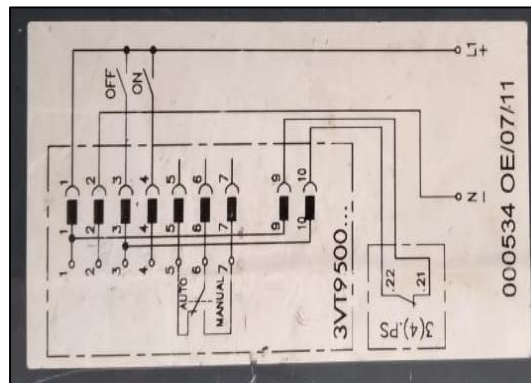


Figura 4. 4. Diagrama de conexión interna y circuito de control del disyuntor del motorizado SIEMENS 3VT9500

Fuente: Autores

El correcto funcionamiento de los disparadores no depende de la intensidad en el circuito principal. La función del disparador la lleva a cabo un microprocesador que procesa una señal muestreada del circuito de alimentación y la recalcula para obtener un valor efectivo.

Entonces como se puede observar en la figura 4.4, el mando motorizado estará configurado de la siguiente manera los bornes 1 y 2 servirán para la alimentación del motor 220V, cabe recalcar que se debe tener en cuenta que el borne 1 servirá para hacer las combinaciones configuradas de la siguiente manera: (1 - 4) cierre y (1 - 3) apertura del disyuntor, señales que serán enviadas desde el controlador EAOM-210FD, algo más que debemos tener en cuenta es que los motores de los dos disyuntores utilizados deben estar energizados todo el tiempo ya sea en su defecto por la red y en caso de ya realizada la transferencia por el grupo electrógeno u otra fuente de energía.

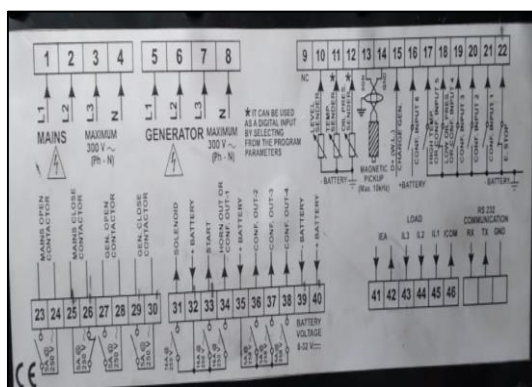


Figura 4. 5. Diagrama interno del controlador de transferencia automática EAOM-210FD

Fuente: Autores

Como se puede apreciar en el diagrama de terminales de entrada y salidas del controlador descrito en la figura 4.5, cada una de estas tendrá una función asignada en nuestro proyecto, cabe aclarar que las entradas analógicas y las configurables fueron deshabilitadas puesto que estas son utilizadas para enviar acciones y recibir estados del generador a combustión tales como, nivel de combustible, falla en el arranque y parada, falla de voltaje, baja velocidad y baja presión del aceite, que en este caso no va a ser utilizado. Entonces después de energizar el controlador y saber cómo es su funcionamiento en la siguiente tabla 4.3, daremos a denotar cada una de las salidas y entradas utilizadas en el desarrollo de nuestra propuesta.

Tabla 4. 3. Bornes del controlador EAOM-210FD utilizados

TERMINAL	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1-2-3	Red Eléctrica	Terminales utilizados para el ingreso de las tres fases de la red principal de energía.
4-8	Neutro	Terminales para el neutro de cada sistema.
5-6-7	Generador	Terminales utilizados para el ingreso de las tres

		fases del grupo electrógeno o red auxiliar.
23-24	Contactador de red abre	Terminales del relé utilizado para el envío de la señal de apertura del disyuntor de la red principal.
25-26	Contactador de red cierra	Terminales del relé utilizado para el envío de la señal de cierre del disyuntor de la red principal.
27-28	Contactador del generador abre	Terminales del relé utilizado para el envío de la señal de apertura del disyuntor del grupo electrógeno o red auxiliar.
29-30	Contactador del generador cierra	Terminales del relé utilizado para el envío de la señal de cierre del disyuntor del grupo electrógeno o red auxiliar.
39	Borne negativo de la batería	Terminales para el borne negativo de la fuente de alimentación de 24V.
40	Borne positivo de la batería	Terminales para el borne positivo de la fuente de alimentación de 24V.
43-44-45-46	Terminal para TC's	Terminales para la conexión de transformadores de corriente.
RX-TX-GND	Comunicación	Terminal de enlace entre el módulo EAOM-210-FD y un computador.

Fuente: Autores

A demás del módulo y los disyuntores tenemos 2 contactores utilizados para este sistema, son auxiliares mismos que nos permiten realizar la lógica de apertura y cierre del paso de electricidad mediante la utilización de sus contactos NC y NO, son de gran importancia ya que son los encargados de mantener a los motores de los disyuntores principal y de transferencia con energía todo el tiempo, con la finalidad de que los mismos puedan accionar ante una orden del controlador principal, los contactores denominados K1 Y K2 respectivamente estarán conectados entre sí y a cada una de sus fuentes de alimentación como se puede describir en el siguiente diagrama.

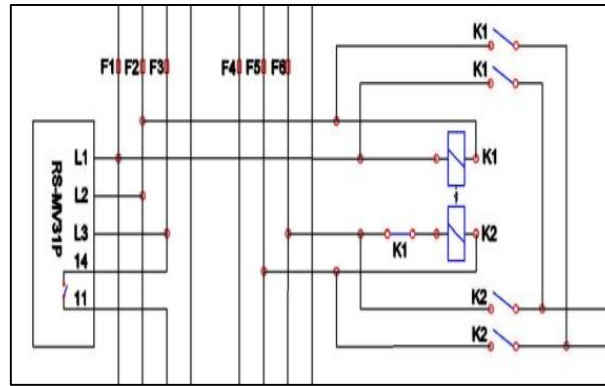


Figura 4. 6. Diagrama de conexión de los contactores K1 y K2

Fuente: Autores

Como se puede observar en la figura 4.6, es de vital importancia la protección del controlador ya que este es el cerebro de nuestro proyecto de implementación se entiende que es un equipo electrónico por ende el mismo es sensible a variaciones de voltaje bruscas con el fin de evitar su daño, por lo tanto, se ubicaron fusibles de 1A en cada una de las líneas de entrada de voltaje al módulo, después de haber dado la explicación de funcionamiento de los componentes del tablero de transferencia de energía automático, el diagrama eléctrico a ser realizado en el armario dispuesto para el montaje del mismo nos queda de la forma mostrada en la figura 4.7, también se lo puede apreciar a detalle en el anexo 1.

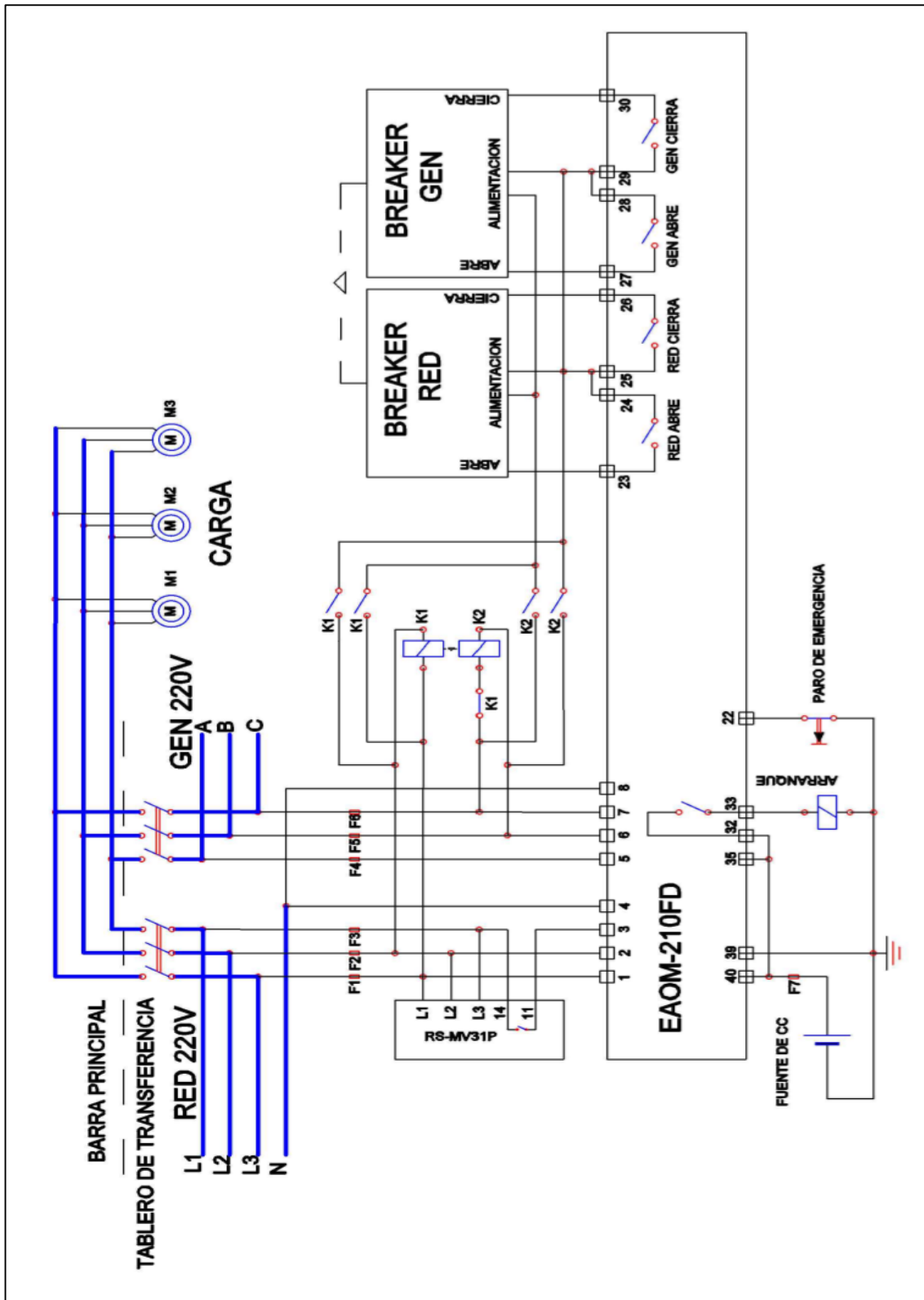


Figura 4. 7. Diagrama de transferencia automático de energía con el controlador EAOM-210FD

Fuente: Autores

A continuación, siguiendo con el reconocimiento y descripción de los elementos utilizados tenemos al módulo de corrección del factor de potencia, al inicio las barras del módulo se conectan directamente a las barras de carga en el TTA, adicionalmente se conecta a la barra R (fase 1) del TTA un transformador de corriente dado que el controlador de SIEMENS BR-6000 necesita la medida exacta de corriente para tomar una decisión acertada y poder realizar la corrección del factor de potencia en las cargas asociadas.

Acotando que este sistema esta echo para funcionar por pasos es decir se añadirá por proporciones los condensadores necesarios para una buena corrección del factor de potencia, teniendo en cuenta que las cargas utilizadas por nuestro módulo experimental serán sumamente bajas se utilizara un solo condensador, en donde tenemos que programar la capacidad, resistencia de descarga y tiempo de descarga todo esto para que pueda realizar una nueva adición del condensador de forma segura.

El controlador de CFP es de gran importancia ya que mide el factor de potencia real y conectan o desconectan de manera automática valores establecidos del condensador para lograr un valor deseado o especifico de factor de potencia. Por lo que en sus terminales de entrada de voltaje están colocados fusibles para protegerlo ante cualquier variación abrupta que pueda dañar el equipo. A continuación, en la figura 4.8, tenemos el diagrama el cual indica la conexión eléctrica que tienen los contactores K1, K2, K3, K4, K5 y K6 que en caso de ser requeridos pueden ser conectados.

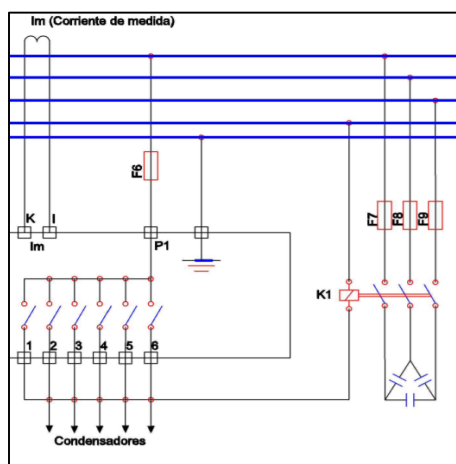


Figura 4. 8. Diagrama eléctrico de conexión de los contactores

Fuente: Autores

Para que se haga comprensible el diagrama eléctrico competo del módulo de corrección del factor de potencia en donde se puede apreciar la forma de conectar el controlador BR-

6000 y cada una de las terminales y los diferentes equipos que necesita para funcionar, siendo necesaria la descripción dada a continuación en la Tabla 4.4.

Tabla 4. 4. Terminales del módulo BR-6000

TERMINAL	NOMBRE	DESCRPCIÓN
L-N	Voltaje de suministro	Línea de alimentación del módulo corrector del factor de potencia.
L2-L3	Medidor de voltaje	Tensión de medición obtenida desde las líneas 2 y 3 de la carga.
k-1	Medidor de corriente	Bornes para conexión del TC ubicado en la línea 1 de la barra de cargas.
P1	Pulso para K1	Pulso de energización de la bobina del contactor K1.
a-b	Relé de alarma	Alarma por falla en el sistema.
K1-K2	Contactor del condensador	Contactor para conectar y desconectar el condensador.

Fuente: Autores

Como ya se mencionaba anteriormente para la realización de nuestro proyecto no va ser necesaria la compensación reactiva en grandes cantidades, por lo que el banco de condensadores existente tuvo que ser desconectado para ser reubicado en una diferente posición, por lo que ya no será necesaria la conexión de más condensadores debido a que las cargas que pueden ser conectadas en el módulo son relativamente bajas y en caso de utilizar todo el banco de condensadores causaríamos una sobrecompensación en el módulo de corrección del factor de potencia.

En la figura 4.9, se encuentra el diagrama eléctrico de conexiones del controlador SIEMENS BR-6000, y cada uno de los elementos que necesita para poder funcionar de manera correcta permitiéndonos así realizar una corrección del factor de potencia de forma manual o automática una vez programado todos los parámetros que necesita, también se lo puede encontrar de forma detallada en el anexo 2.

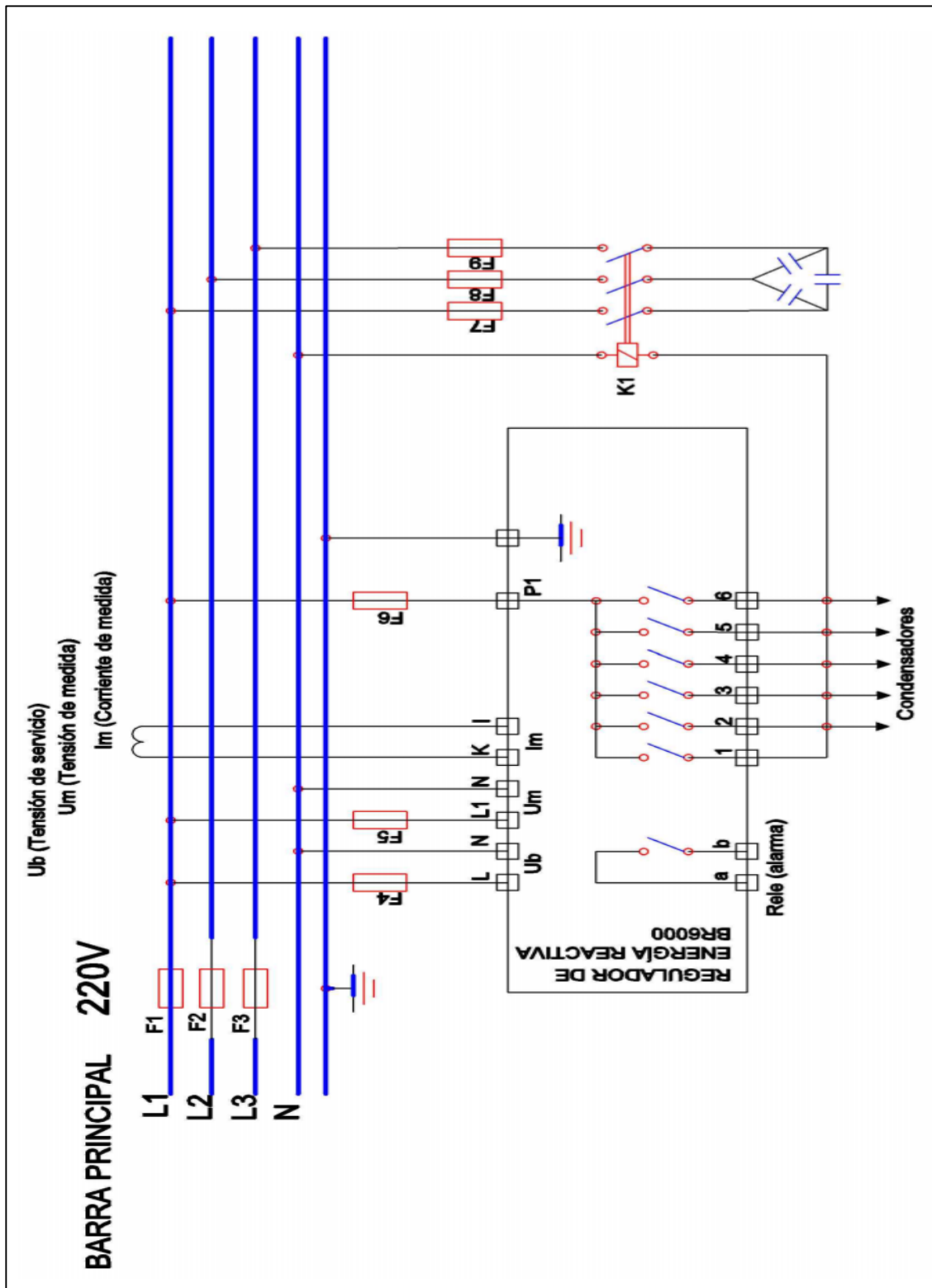


Figura 4. 9. Diagrama eléctrico del Banco de corrección del factor de potencia con el controlador SIEMENS BR-6000

Fuente: Autores

b.- Revisión de Manuales de Funcionamiento de los Controladores de TTA Y CFP.

En el siguiente apartado se dará a conocer los parámetros y valores que pueden ser programados en los dos controladores utilizados en la implementación del módulo experimental de transferencia de energía automático con corrección de factor de potencia para el laboratorio de alto voltaje.

Controlador de transferencia automática de energía EAOM 210-FD

En la figura 4.10, podemos observar el panel frontal del controlador del TTA el cual está dividido en 39 apartados descritos distintos como lo son leds indicadores, botones para realizar acciones, pantallas de muestra de datos (voltaje línea-línea, voltaje de fase, corriente en las líneas, potencia, frecuencia, entre otros), botones de selección de acciones, alarma, reseteo y test, en la tabla 4.5, se dará a conocer a detalle cada uno de los apartados ya mencionados así como también el accionar de cada uno, ya que es de gran importancia comprender su función para realizar la posterior programación del controlador.

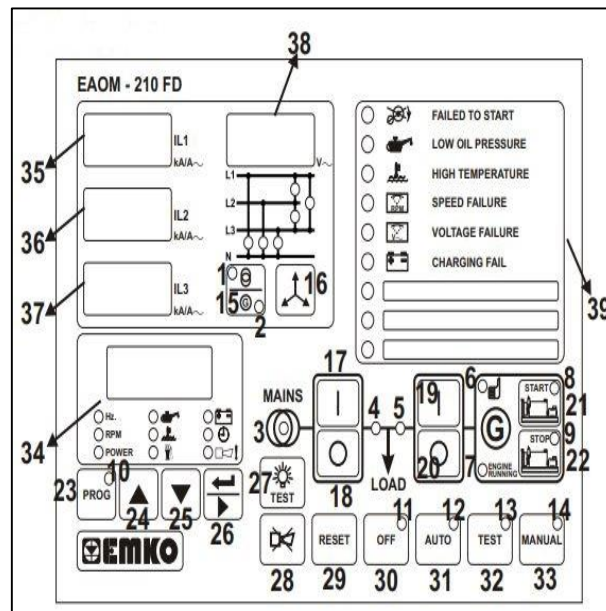


Figura 4. 10. Panel frontal del controlador de transferencia automática EAOM-210FD

Fuente: [12]

Tabla 4. 5. Descripción del panel frontal del controlador EAOM-210FD

DESCRIPCIÓN DEL PANEL FRONTAL DEL MÓDULO EAOM 210 FD	
ÍTEM	COMENTARIO
1	El led en rojo indica presencia de voltaje en la red.
2	El led en rojo indica presencia de voltaje en el generador.
3	El led en verde indica que tanto el voltaje y frecuencia están dentro de los límites y pueden hacerse cargo de la carga.
4	El led en verde indica que la carga esta alimentada por la red.
5	El led en verde indica que la carga esta alimentada por el generador.
6	El led verde indica que el voltaje en los bornes del generador está dentro de los límites y puede tomar la carga.
7	El led verde indica que el generador ha arrancado y esta funcionando.
8	En modo MAN, AUTO y TEST, el led en verde indica que el generador está en funcionamiento.
9	En modo MAN, AUTO y TEST, el led en rojo indica que el generador se ha detenido.
10	El led en rojo se ilumina únicamente cuando el EAOM-210 FD se ha puesto en modo de programación.
11	El led en rojo indica que la unidad está en modo APAGADO.
12	El led en rojo indica que la unidad se encuentra en modo AUTO.
13	El led en rojo indica que la unidad se encuentra en modo TEST.
14	El led en rojo indica que la unidad se encuentra en modo MANUAL.
15	Al pulsar este boton se muestra el voltaje de la red o generador.
16	Al pulsar este botón se muestran los voltajes de fase y de línea en la pantalla digital.
17	Al pulsar este botón se cierra el contactor de la red (se habilita solo si la unidad está en modo MANUAL).
18	Al pulsar este botón se abre el contactor de la red (se habilita solo si la unidad está en modo MANUAL).
19	Al pulsar este botón se cierra el contactor del generador (se habilita solo si la unidad está en modo MANUAL).
20	Al pulsar este botan se abre el contactor del generador (se habilita solo si la unidad esta en modo MANUAL).
21	Deshabilitado.
22	Deshabilitado.
23	Al pulsar este botón la unidad entra en modo PROGRAMACION y el LED (10) se enciende.
24	Al pulsar este botón se muestran los valores de kVAh, kWh Y kVArh. Si la unidad se encuentra en modo programación, hace la función de incrementar un valor.
25	Si la unidad se encuentra en modo programación, hace la función de disminuir un valor.
26	Al pulsar este botón se rotan las pantallas de medición en condiciones

	normales de funcionamiento. En modo programación se rotan los parámetros de programación.
27	Al pulsar este botón se iluminan todos los indicadores LED y segmentos de la pantalla.
28	Deshabilitado.
29	Al pulsar este botón se reiniciara el controlador luego de que se haya detectado alguna falla.
30	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad a modo OFF.
31	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad al modo AUTO.
32	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad al modo TEST.
33	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad al modo MANUAL.
34	Pantalla multifunción (Muestra las mediciones eléctricas durante el funcionamiento normal y dentro de los parámetros programados)
35	Esta pantalla muestra la corriente de la carga de la LINEA 1
36	Esta pantalla muestra la corriente de la carga de la LINEA 2
37	Esta pantalla muestra la corriente de la carga de la LINEA 3
38	Esta pantalla muestra el voltaje de la red o del generador.
39	Indicadores de falla (Deshabilitado).

Fuente: Autores

Después de observar la tabla 4.5, vamos a proceder a mencionar el apartado de programación, aquí es donde se pueden modificar los valores de voltaje, frecuencia tanto de la red principal como del grupo electrógeno o red auxiliar. En la tabla 4.6, se dará a breve rasgo los parámetros que pueden ser cambiados.

Tabla 4. 6. Página de niveles de voltaje y frecuencia de la red principal

(mA1) PÁGINA DE NIVELES DE LA RED				
mA1	Red bajo tensión	VAC	60 – 600	320
mA2	Red bajo retorno de tensión	VAC	60 – 600	340
mA3	Sobre tensión de red	VAC	60 – 600	440
mA4	Retorno de voltaje de red	VAC	60 – 600	420
mA5	Red en frecuencia	Hz	20.0 – 75.0	45.0
mA6	Red bajo retorno de frecuencia	Hz	20.0 – 75.0	48.0
mA7	Red sobre frecuencia	Hz	20.0 – 75.0	55.0
mA8	Red sobre retorno de frecuencia	Hz	20.0 – 75.0	52.0

Fuente:[12]

En la tabla 4.6, se encuentra la página de niveles de voltaje y frecuencia de la red principal en donde se pueden ingresar valores en función de la red donde esté instalado el equipo,

así como los intervalos mínimos y máximos que pueden ser ingresados. La unidad utiliza estos parámetros para decidir cuándo encender el “LED de encendido de red”. En el modo automático, la unidad de control del TTA utiliza estos parámetros para cambiar la carga entre la red eléctrica principal y el grupo electrógeno o red auxiliar. A continuación, la tabla 4.7 de parámetros programables del generador.

Tabla 4. 7. Página de niveles de voltaje del generador

(GnU) PÁGINA DE NIVELES DE VOLTAJE DEL GENERADOR				
GnU1	Generador bajo voltaje	VAC	60 – 600	320
GnU2	Generador bajo voltaje pre-alarma	VAC	60 – 600	340
GnU3	Voltaje de carga del generador	VAC	60 – 600	345
GnU4	Generador de sobretensión pre-alarma	VAC	60 – 600	420
GnU5	Generador sobre voltaje pre-alarma retorno	VAC	60 – 600	400
GnU6	Apagado por sobre voltaje del generador	VAC	60 – 600	440

Fuente: [12]

La unidad utiliza los parámetros de la tabla 4.7, para decidir cuándo mostrar los mensajes de error de voltaje y falla de voltaje. Además, la unidad utiliza el parámetro Voltaje de carga del generador para decidir cuándo tomar la carga.

Tabla 4. 8. Página de niveles de frecuencia del generador

(GnF) PÁGINA DE NIVELES DE FRECUENCIA DEL GENERADOR				
GnF1	Generador bajo frecuencia	Hz	30.0 – 75.0	43.0
GnF2	Generator under frequency pre-alarm	Hz	30.0 – 75.0	45.0
GnF3	Frecuencia de carga del generador	Hz	30.0 – 75.0	46.0
GnF4	Pre-alarma de sobre frecuencia	Hz	30.0 – 75.0	55.0
GnF5	Generador sobre retorno de pre-alarma frecuencia	Hz	30.0 – 75.0	54.0
GnF6	Apagado por exceso de frecuencia	Hz	30.0 – 75.0	58.0

Fuente:[12]

La unidad utiliza los parámetros de la tabla 4.8, para decidir cuándo mostrar los mensajes de error de frecuencia y falla de velocidad. Además, la unidad utiliza el parámetro de frecuencia de carga del generador para decidir cuándo tomar la carga.

Regulador de Potencia Reactiva SIEMENS BR-6000

En el regulador de potencia reactiva indicado en la figura 4.11, nos encontramos con un reducido número de botones en total consta de 4, en donde se puede navegar por el menú e ir ingresando los datos de manera manual con la ayuda de las flechas de navegación.







Figura 4. 11. Panel frontal del controlador de potencia reactiva BR-6000

Fuente: Autores

En la tabla 4.9, se encuentran las funciones que realizan cada uno de los botones existentes en el controlador.

Tabla 4. 9. Descripción del panel frontal del controlador de potencia reactiva BR-6000

DESCRIPCIÓN DEL PANEL FRONTAL DEL MÓDULO BR6000	
BOTÓN	COMENTARIO
	Permite elegir el modo de funcionamiento sea: <ul style="list-style-type: none"> • Automático • Programación • Servicio
	El botón ENTER/OK permite la Confirmación y memorización de valores.
	Este botón permite aumentar el parámetro seleccionado.
	Este botón permite disminuir el parámetro seleccionado.

Fuente: [33]

Los parámetros que se pueden observar en el display del controlador son los descritos en la tabla 4.10:

Tabla 4. 10. Menú de servicio del controlador BR-6000

ÍTEM	INDICACIÓN
1	TENSIÓN min./ máxima en V
2	ENERGÍA REACTIVA máx. en kVAr
3	ENERGÍA ACTIVA máx. en kW
4	ENERGÍA APARENTE máx. en kVA
5	TEMPERATURA máxima en °C / °F

6	THD-V / THD-I máximo en %
7	RESET VALORES MÁXIMOS
8	NÚMERO DE CONEXIONES

Fuente:[33]

4.4.3. Calcular la Capacidad de los Condensadores a Utilizar en el Módulo de Corrección del Factor de Potencia

a.- Calculo de Condensadores a Utilizar en la Corrección del Factor de Potencia en las Cargas

Para la corrección del factor de potencia es necesario conocer las potencias presentes en el sistema trifásico a continuación, se procederá a realizar el cálculo teniendo en cuenta que las cargas a utilizarse en el TTA, estos son 3 motores trifásicos SIEMENS de 0,75HP utilizados para prácticas de laboratorio, además de lámparas led e incandescente como las que se observan en la figura 4.12.



Figura 4. 12. Motores trifásicos SIEMENS de 0,75HP y banco de lámparas

Fuente: Autores

En la tabla 4.11 se dan a conocer los datos obtenidos de la placa de los motores siendo estos necesarios para el cálculo de potencias (activa, aparente y reactiva) y posteriormente del factor de potencia.

Tabla 4. 11. Datos técnicos de los motores y lámparas

Frecuencia	60 Hz	Cos.φ	0,79	Velocidad	1650 rpm
η	64%	Potencia	0,75 HP	Peso	6 Kg
Lamps. Incandescentes	150W	60W	-----	Lamp. LED	9W

Fuente: Autores

Para realizar el primer cálculo se utilizó solamente un motor y el banco de lámparas, dándonos como resultado lo siguiente:

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0,79) = 37,81^\circ$$

$$P_{out} = W \times HP = 745,6998 \times 0,75 = 559,275W$$

Es necesario realizar la transformación de unidades para así poder calcular la potencia de entrada a la máquina y de manera siguiente la potencia del banco de lámparas.

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{559,275W}{0,64} = 873,87W$$

$$P_{in} = P = 873,87W$$

$$P_{lamp} = P_{inc} + P_{inc} + P_{LED}$$

$$P_{lamp} = 150 + 60 + 9 = 219W$$

La potencia aparente y reactiva del motor la calcularemos de la siguiente manera:

$$S_i = \frac{P}{\cos(\theta_1)} = \frac{873,87W}{\cos(37,81^\circ)} = 1106,09VA$$

$$Q_i = P \times \tan(\theta_1) = 873,87 \times \tan(37,81^\circ) = 678,087VAr$$

Ahora calcularemos la potencia activa y reactiva de la lámpara led que presenta un factor de potencia de 0.5:

$$S_{LED} = \frac{P}{\cos(\theta_1)} = \frac{9W}{0,5} = 18VA$$

$$Q_{LED} = P \times \tan(\theta_1) = 18 \times \tan(60^\circ) = 31,1769VAr$$

$$S_{inc} = \frac{P}{\cos(\theta_1)} = \frac{60W + 150W}{1} = 210VA$$

$$Q_{inc} = P \times \tan(\theta_1) = 210 \times \tan(1) = 0VAr$$

Con los cálculos respectivos las potencias activa, reactiva y aparente será:

$$P_T = 873,87 + 219 = 1092,87W$$

$$S_T = 1106,09VA + 18VA + 210VA = 1334,09VA$$

$$Q_T = 678,087VAr + 31,1769VAr = 709,264VAr$$

Con las potencias ya calculadas procedemos a calcular el factor de potencia actual;

$$f_{p1} = \frac{P_T}{S_T} = \frac{1092,87}{1334,09} = 0,81$$

En la figura 4.13, se observa el triángulo de potencias una vez determinado cada una de sus componentes.

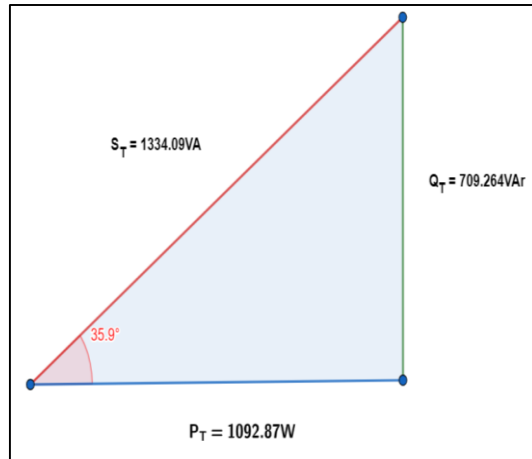


Figura 4. 13. Triángulo de potencias

Fuente: Autores

A continuación, se procederá a realizar la corrección del factor de potencia de la carga teniendo en cuenta que el factor de potencia a alcanzar es 0,98 entonces:

$$f_{p2} = 0,98$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0,98) = 11,47^\circ$$

Una vez obtenido el ángulo del nuevo factor de potencia calculamos la potencia reactiva necesaria en el banco de condensadores.

$$Q_C = P \times (\tan(\theta_1) - \tan(\theta_2))$$

$$Q_C = 1092,87 \times (\tan(35,9^\circ) - \tan(11,47^\circ)) = 569,355VAr$$

Dándonos como resultado la Q_f y S_f :

$$Q_f = Q_i - Q_C$$

$$Q_f = 709,264VAr - 569,355VAr = 139,909VAr$$

$$S_f = \frac{P}{\cos(\theta_2)} = \frac{1092,87W}{\cos(11,47^\circ)} = 1115,17VA$$

Después de realizados los cálculos podemos observar la figura 4.14, el triángulo de potencias los cambios suscitados en los valores de potencia activa, reactiva y el ángulo final.

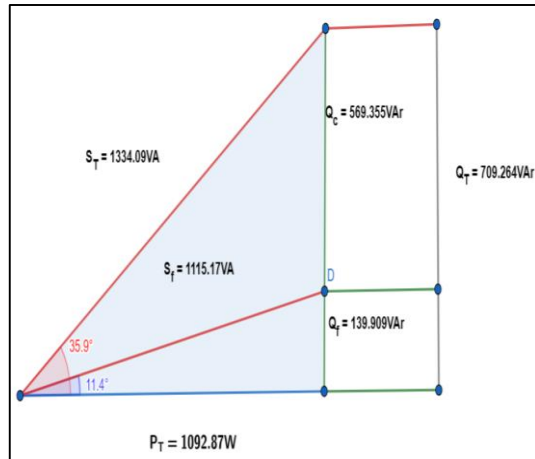


Figura 4. 14. Triángulo de potencias una vez realizada la compensación reactiva

Fuente: Autores

Continuando con los cálculos una vez obtenido el valor de Q_C , ahora calculamos el valor de los condensadores a utilizar en la configuración en delta.

$$Q_C = 569,355VAr$$

$$Q_{ind} = \frac{569,355VAr}{3} = 189,785VAr$$

La intensidad del condensador será la siguiente:

$$I_C = \frac{189,785VAr}{220V} = 0,86A$$

la reactancia capacitiva será:

$$X_C = \frac{220V}{0,86A} = 255,814\Omega$$

Como punto final obtenemos el valor del condensador requerido para armar la configuración en delta.

$$C = \frac{1}{2\pi \times f \times X_C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 255,814} = 10,36\mu F$$

Conocidos los valores de P , S_T , Q_T y f_{p1} , ahora se procederá a calcular la compensación de potencia reactiva necesaria para mejorar el factor de potencia a 0,98 cuando hay 2 motores con las mismas características y el banco de lámparas.

$$f_{p2} = 0,98$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(0,98) = 11,47^\circ$$

$$P = 2 \times 873,87W = 1747,74W$$

$$S_i = 2 \times 1106,09VA = 2212,18VA$$

$$Q_i = 2 \times 678,087VAr = 1356,174VAr$$

$$P_{lamp} = 150 + 60 + 9 = 219W$$

$$S_{LED} = 18VA$$

$$Q_{LED} = 31,1769VAr$$

$$S_{inc} = 210VA$$

$$Q_{inc} = 0VAr$$

$$P_T = 1747,74 + 219 = 1966,74W$$

$$S_T = 2212,18VA + 18VA + 210VA = 2440,18VA$$

$$Q_T = 1356,174VAr + 31,1769VAr = 1387,35VAr$$

$$f_{p2} = \frac{P_T}{S_T} = \frac{1966,74}{2440,18} = 0,80$$

Calculamos la potencia reactiva necesaria en el sistema;

$$Q_{C1} = 1966,74 \times (\tan(36,86^\circ) - \tan(11,47^\circ)) = 1075,46VAr$$

Dándonos como resultado la Q_f y S_f :

$$Q_{f1} = 1387,35VAr - 1075,46VAr = 311,89VAr$$

$$S_{f1} = \frac{P_T}{\cos(\theta_2)} = \frac{1966,74W}{\cos(11,47^\circ)} = 2006,88VA$$

Ahora calcularemos el valor de los condensadores a ser utilizados en configuración delta.

$$Q_{C1} = 1075,46VAr$$

$$Q_{ind1} = \frac{1075,46VAr}{3} = 358,487VAr$$

La intensidad del condensador será la siguiente:

$$I_{C1} = \frac{358,487VAr}{220V} = 1,62A$$

Y la reactancia capacitiva será:

$$X_{C1} = \frac{220V}{1,62A} = 135,802\Omega$$

Como punto final obtenemos el valor del condensador requerido para armar la configuración en delta.

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 135,802} = 19,53\mu F$$

En la figura 4.15, el triángulo de potencias nos quedaría de la siguiente forma:

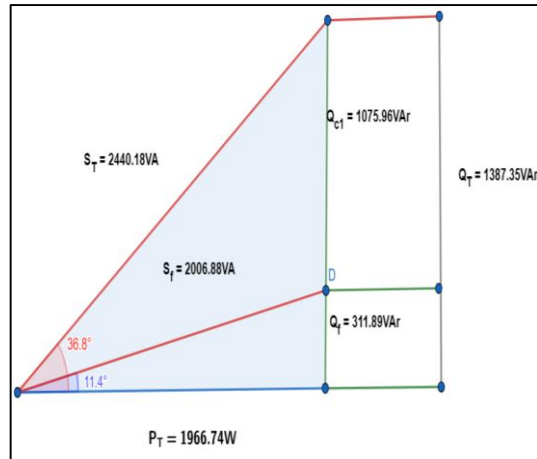


Figura 4. 15. Triángulo de potencias una vez realizada la compensación a dos cargas similares

Fuente: Autores

Ahora calcularemos el valor necesario del banco de condensadores para compensar el sistema si se conectan 3 motores similares más el banco de lámparas.

$$P_i = 3 \times 873,87W = 2621,61W$$

$$S_i = 3 \times 1106,09VA = 3318,27VA$$

$$Q_i = 3 \times 678,087VAr = 2034,261VAr$$

$$P_{lamp} = 150 + 60 + 9 = 219W$$

$$S_{LED} = 18VA$$

$$Q_{LED} = 31,1769VAr$$

$$S_{inc} = 210VA$$

$$Q_{inc} = 0VAr$$

$$P_T = 2621,61W + 219W = 2840,61W$$

$$S_T = 3318,27VA + 18VA + 210VA = 3546,27VA$$

$$Q_T = 2034,261VAr + 31,1769VAr = 2065,44VAr$$

$$f_{p3} = \frac{P_T}{S_T} = \frac{2840,61}{3546,27} = 0,80$$

$$Q_{C2} = 2840,61 \times (\tan(36,86^\circ) - \tan(11,47^\circ)) = 1553,31VAr$$

Dándonos como resultado la Q_f y S_f :

$$Q_{f2} = 2065,44VAr - 1553,31VAr = 512,13VAr$$

$$S_{f2} = \frac{P_T}{\cos(\theta_2)} = \frac{2840,61W}{\cos(11,47^\circ)} = 2898,58VA$$

Ahora calcularemos el valor de los condensadores a ser utilizados en configuración delta.

$$Q_{C2} = 1553,31VAr$$

$$Q_{ind1} = \frac{1553,31VAr}{3} = 517,77VAr$$

La intensidad del condensador será la siguiente:

$$I_{C1} = \frac{517,77VAr}{220V} = 2,35A$$

Y la reactancia capacitiva será:

$$X_{C1} = \frac{220V}{2,35A} = 93,61\Omega$$

Como punto final obtenemos el valor del condensador requerido para armar la configuración en delta.

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 93,61} = 28,33\mu F$$

Entonces ya realizada la compensación reactiva para mejor el factor de potencia de tres cargas similares el triángulo de potencias nos queda como el indicado en la figura 4.16.

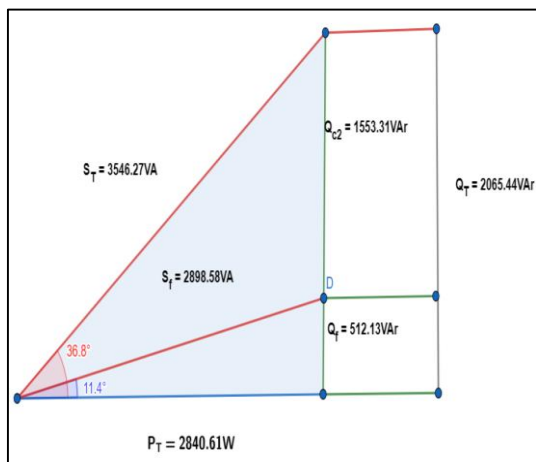


Figura 4. 16. Triángulo de potencias una vez realizada la compensación de 3 cargas similares

Fuente: Autores

A continuación, se procederá a realizar la tabla 4.12. con la finalidad de indicar un resumen sobre los valores obtenidos en los diferentes cálculos realizados para la obtención de los condensadores a ser utilizados en configuración delta.

Tabla 4. 12. Valores resumen de los cálculos realizados para la corrección del factor de potencia

0.81	Factor de potencia f_{p1}		
	1 Motor y luminarias		
P (W)	1092,87	Factor mejorado a 0.98	1092,87
Q(VAr)	709,09		140
S(VA)	1334,09		1115,17
Q_c (VAr)	x		569
Q_1 (VAr)	x		190
I_c (A)	x		0,86
X_c (Ω)	x		256
C(μF)	x		10,36
0.80	Factor de potencia f_{p2}		
	2 Motores y luminarias		
P (W)	1966,74	Factor mejorado a 0.98	1966,74
Q(VAr)	1387,35		311,89
S(VA)	2440,18		2006,88
Q_c (VAr)	x		1075,96
Q_1 (VAr)	x		358
I_c (A)	x		1,62
X_c (Ω)	x		136
C(μF)	x		19,53
0.80	Factor de potencia f_{p3}		
	3 Motores y luminarias		
P (W)	2840,61	Factor mejorado a 0.98	2840,61
Q(VAr)	2065,44		512,13
S(VA)	3546,27		2898,58
Q_c (VAr)	x		1553,31
Q_1 (VAr)	x		517,77
I_c (A)	x		2,35
X_c (Ω)	x		93,61
C(μF)	x		28,33

Fuente: Autores

Por último, se procederá a realizar el cálculo del conductor a utilizar en las conexiones necesarias para el funcionamiento de los módulos.

Como tenemos que la máxima carga que se va a conectar al módulo es de 2840.61 W a un factor de potencia 0,98 y el voltaje de línea de 220V

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_L \times f_p}$$

$$I = \frac{2840,61}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,98} = 7,60 A$$

Ahora como la corriente de arranque de los motores es de 5 a 8 veces la nominal procedemos a sobredimensionar el conductor con el factor de corrección de 1.25.

$$I = 1,25 \times 7,60 = 9,5 A$$

Con este resultado procedemos a realizar la búsqueda en las tablas de conductores, en donde se puede observar en la tabla 4.13, extraída de la empresa general cable que nuestro calculo entraría en el calibre 14 capaz de soportar hasta 35 Amperios, pero en la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-Instalaciones Eléctricas) recomienda utilizar el conductor numero 12 el cual en la tabla del fabricante nos indica que es capaz de soportar hasta 40 Amperios[42].

Tabla 4. 13. Tabla de conductores THHN/THWN-2CT

Calibre	N° hilos	Espesor de aislamiento		Espesor chaqueta de nailon		Diámetro exterior		Masa total		Capacidad de corriente	
		mm	mils	mm	mils	mm	in	kg/km	lb/kft	A*	A**
14	1	0,38	15	0,1	4	2,69	0,106	23,3	15,6	25	35
12	1	0,38	15	0,1	4	3,11	0,123	35,1	23,6	30	40
10	1	0,51	20	0,1	4	3,91	0,154	55,9	37,5	40	55
14	7	0,38	15	0,1	4	2,9	0,114	24,7	16,6	25	35
12	7	0,38	15	0,1	4	3,38	0,133	37,2	25	30	40
10	7	0,51	20	0,1	4	4,26	0,168	59,2	39,8	40	55

Fuente: [42]

b.- Adecuación de las Instalaciones para el Posterior Desarrollo de Prácticas.

A continuación, en este apartado se va a dar una breve explicación de los materiales utilizados para la adecuación de las instalaciones, fue necesario ubicar los dos armarios (TTA y CFP) juntos, así como también la implementación de dos cajas la primera destinada a ser el simulador de corte y regreso de energía hacia los bornes de la red, la segunda caja permite la interconexión del TTA y CFP entre sí y con las cargas

quedándonos como resultado el diagrama indicado en la figura 4.17. Para la realización del cableado se necesitó la instalación de tubería conduit, cabe recalcar que la interconexión entre armarios y diferentes configuraciones para las practicas correspondientes se debe hacer en la caja mediante la utilización de Jack tipo banana.

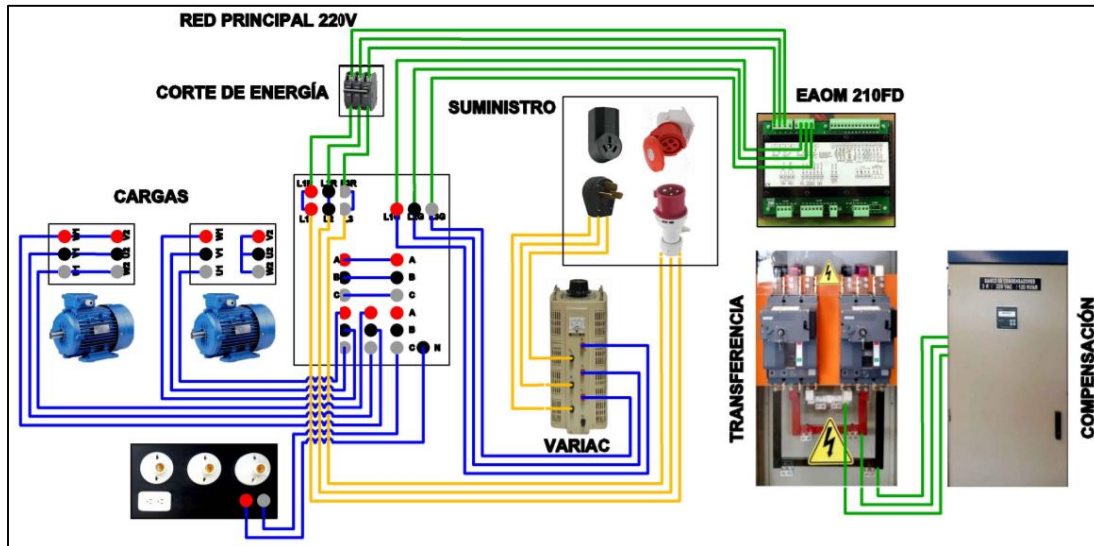


Figura 4. 17. Diagrama de implementaciones realizadas en el laboratorio de alto voltaje

Fuente: Autores

4.4.4. Elaborar Prácticas de Laboratorio que Involucren el Módulo de Transferencia Automática

a.- Instalación y Programación de la Interfaz del Módulo EAOM-210FD Mediante una Pc

En la figura 4.19 se puede observar la interfaz del módulo controlador de transferencia automática, aquí se puede observar los valores que están siendo medidos en tiempo real, son valores que provienen desde las barras de red principal y grupo electrógeno o red auxiliar. Los valores que pueden observarse son la frecuencia, corriente de las cargas en cada línea, voltaje línea a neutro, voltaje línea a línea. Una vez ingresado a la interfaz debemos descargar los datos que están previamente programados en el controlador con el fin de evitar una alarma por falta de datos la descarga de los datos se realiza como en la figura 4.18.

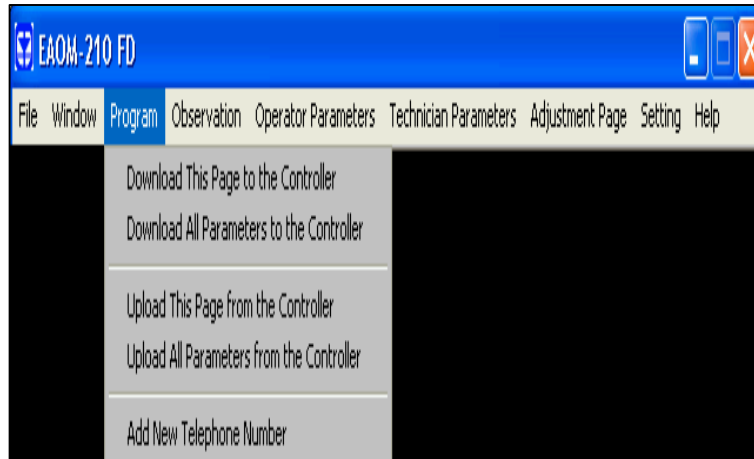


Figura 4. 18. Ventana para descargar los valores previos en el controlador

Fuente: Autores

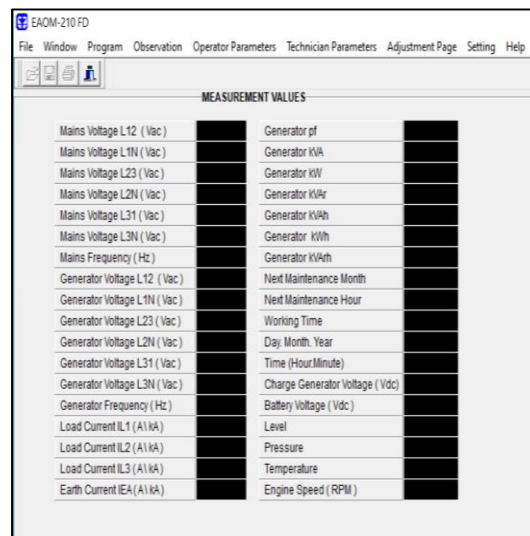


Figura 4. 19. Interfaz del controlador EAOM-210FD, pantalla indicadora de los valores de medida

Fuente: Autores

Para poder realizar la programación de los parámetros de red y generador es necesario entrar en la función de parámetros del técnico, algo más que acotar es que el idioma del controlador está en inglés. En la figura 4.20, se puede observar el apartado de Breaker en esta ventana nos permite realizar la configuración lógica de apertura y cierre de los disyuntores principal y de transferencia, así como también el tiempo que demora en conmutar el sistema de transferencia automático.

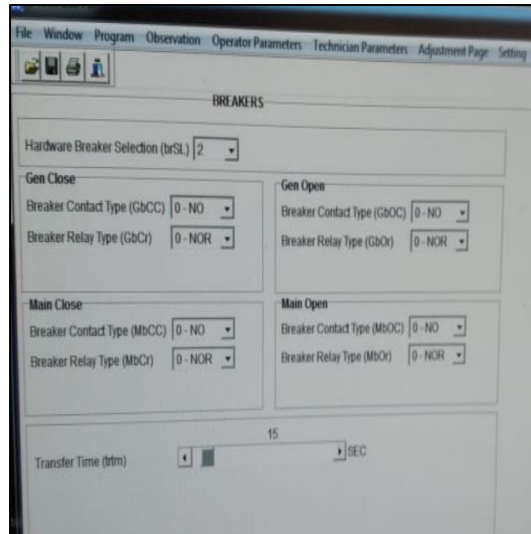


Figura 4. 20. Ventana de programación de tiempo de apertura y cierre de los disyuntores

Fuente: Autores

Continuando con la programación de parámetros en la misma pestaña de parámetros del técnico accedemos a programar en las diferentes opciones Niveles de la Red, Niveles del Generador, Niveles de Frecuencia del generador, para esto es necesario mover la barra que en cada uno de estos apartados existe para ubicar en un valor específico. Como lo indica las figuras 4.21 y 4.22.

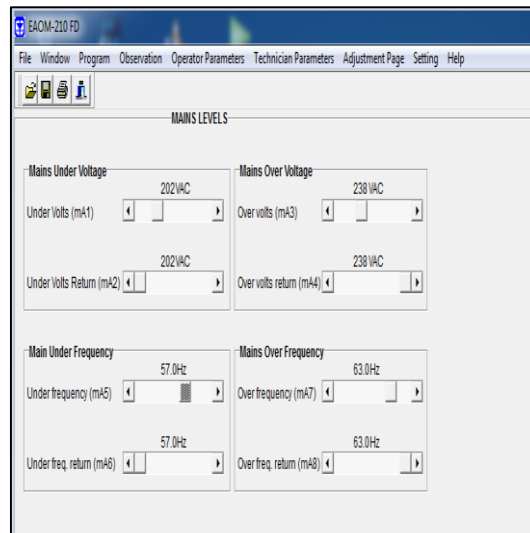


Figura 4. 21. Parámetros del nivel de la Red principal

Fuente: Autores

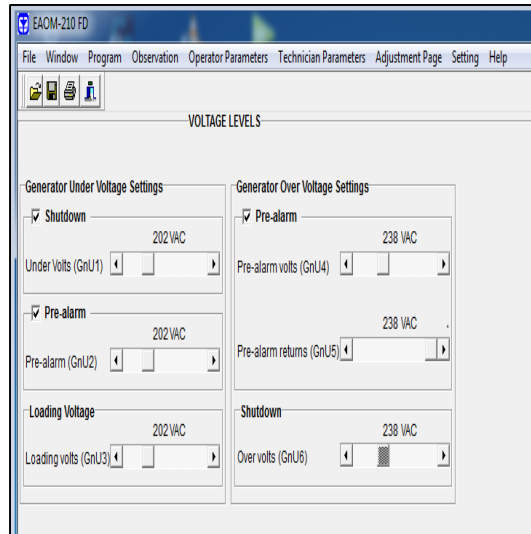


Figura 4. 22. Parámetros del Generador o fuente auxiliar

Fuente: Autores

Los valores a ser programados deben ser fijados mediante el voltaje y frecuencia que se maneje en el lugar a ser instalado el controlador caso contrario no serán reconocidos y saltara una alarma, una vez programado los valores de red principal y grupo electrógeno o red auxiliar procedemos a cargar los datos en el módulo mediante la siguiente función vista en la figura 4.23.

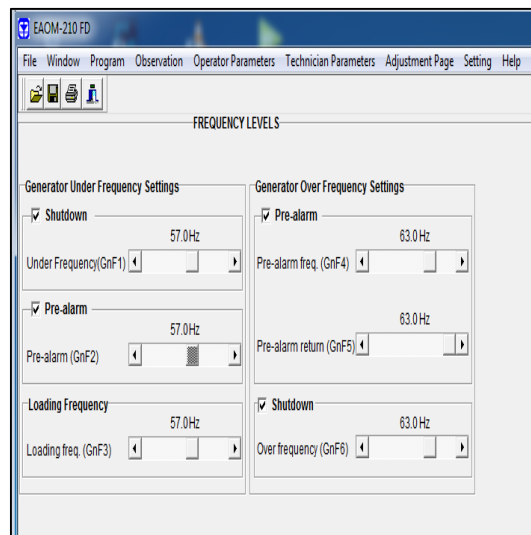


Figura 4. 23. Ventana para cargar los datos al módulo controlador de trasferencia automática.

Fuente: Autores

En la tabla 4.14, se resumen los valores que fueron programados en el controlador para hacer las diferentes practicas propuestas.

Tabla 4. 14. Parámetros programados en el controlador de transferencia de energía

PARÁMETROS PROGRAMADOS EN EL MÓDULO EAOM-210FD	
Voltaje L-L nominal	220 V
Sobre voltaje L-L	238 V
Bajo voltaje L-L	202 V
Frecuencia nominal	60 Hz
Sobre frecuencia	63 Hz
Baja frecuencia	57 Hz
Tiempo de transferencia	15 s

Fuente: Autores

Las guías de prácticas de laboratorio destinadas a ser realizadas en el módulo experimental y la programación en forma detallada se encuentran en la parte anexos.

5. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

5.1. Presupuesto

En el siguiente apartado vamos a detallar los costos de inversión ya sea en materiales, elementos eléctricos y gastos indirectos que se realizaron para la realización del módulo experimental de transferencia automático de energía con corrección del factor de potencia. Aclarando que los rubros detallados en la tabla 5.1, son aquellos que aunó habían sido adquiridos por parte de la universidad.

5.1.1. Gastos Directos

Tabla 5. 1. Gastos directos

DETALLE	CANTIDAD	V. Uni	V. Total
Supervisor de Voltaje Trifásico RS-MV31P	1	20,6	20,6
Taco F8 C/Tornillo/Pato 10x1 1/2 setx5	3	0,38	1,14
Conector metal tubo conduit 1/2P	7	0,33	2,31
Amarracable 4´x2, 5mm	2	0,72	1,44
Tornillo punta broca 1/2x8 cabeza redonda	2	0,75	1,5
Bornera para cable H32	1	1,25	1,25
Bornera para cable H15	3	0,82	2,46
Caja térmica SQD 4 espacios PT	1	16,24	16,24
Caja de paso pintada 30x30	1	12,62	12,62
Toma legrand trifásico rojo semiempotrable	1	15,63	15,63
Enchufe legrand trifásico rojo 32A	1	10,68	10,68
Breaker SQD 1 polo 32A	3	6,22	18,66

Jack banana pequeño blanco	10	0,12	1,2
Jack banana pequeño rojo	10	0,12	1,2
Jack banana pequeño negro	10	0,12	1,2
Plug banana rojo	30	0,15	4,5
Terminal tipo U azul	100	0,06	6
Conector metal tubo conduit 3/4P	6	0,57	3,42
Unión EMT P/TUBO conduit 3/4P volteck	2	1,32	2,64
Cable flexible TW-K 16	20	0,37	7,4
Cable flexible TW-K 18	20	0,24	4,8
Cable flexible THHN 10	2	0,76	1,52
Cable flexible THHN 12	70	0,39	27,3
Tubo conduit EMT metal 3/4	1	4,82	4,82
Abrazadera metálica EMT 1PLG	4	0,12	0,48
Taype electri fantape	3	0,46	1,38
Condensadores	6	3,10	18,60
Enchufe pata de gallina	1	7,40	7,40
Software EAOM-210FD-version10	1	15	15
Cable concéntrico 3x12	3	1,70	5,10
Jack Banana Mediano	30	0,32	9,60
Luminarias	3	1	3
Organizador de cable blanco 19mm 3/4	1	4,07	4,07
impuesto al valor agregado total	1	15,69	15,69
TOTAL			250,85

Fuente: Autores

5.1.2. Gastos indirectos

Tabla 5. 2. Gastos indirectos

DETALLE	CANTIDAD	V. Uni	V. Total
Pasajes	30	8	240
Alimentación	30	2	60
TOTAL			300

Fuente: Autores

5.1.3. Gastos Totales

Tabla 5. 3. Gastos totales de la propuesta tecnológica

DETALLE	CANTIDAD
Gastos directos	250,85
Gastos indirectos	300
TOTAL	550,85

Fuente: Autores

5.2. Análisis de Impactos

Se procede a detallar los impactos a tomarse en cuenta en la propuesta tecnológica.

5.2.1. Impacto Social

Al mencionar el impacto social en la propuesta tecnológica, hablamos de los beneficios que esta puede traer a la sociedad o a su vez a la comunidad de estudiantes y docentes encargados del laboratorio de alto voltaje, y así contribuir al desarrollo en el proceso de aprendizaje y automatización en la carrera de ingeniería eléctrica.

5.2.2. Impacto Tecnológico

Mediante la propuesta tecnológica se pretende aprovechar el avance de la tecnología en los sistemas de automatización, aplicando equipos tecnológicos que facilitan el control de las diferentes fuentes de energía conectadas a una misma carga, permitiendo aprovecharla de una manera efectiva ininterrumpidamente.

5.2.3. Impacto Ambiental

La implementación de la propuesta tecnológica dejará un impacto de tipo ambiental favorable, puesto que la corrección del factor de potencia mejora la calidad de energía, esto ayuda al ahorro de la misma y a controlar las emisiones contaminantes de gases de efecto invernadero que posiblemente se den en la generación de la misma.

5.2.4. Verificación de la Hipótesis

La hipótesis planteada fue: El diseño de un módulo experimental de transferencia automática de energía con corrección de factor de potencia permitirá realizar prácticas demostrativas en el laboratorio de alto voltaje.

Con el diseño de un módulo experimental de transferencia automática de energía con corrección del factor de potencia se puede realizar prácticas demostrativas de transferencia entre dos fuentes de suministro eléctrico ya sea el grupo electrógeno o cualquier fuente auxiliar de energía, adicionalmente se puede dar continuidad al funcionamiento y corregir el factor de potencia de las cargas conectadas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Un sistema automático de transferencia de energía permite dar continuidad al funcionamiento de las cargas conectadas a la barra del mismo en el momento que se corta el suministro de energía en la red principal mediante el controlador EAOM-210FD mismo que realizara la conmutación entre las dos fuentes de energía a los 15 segundos previamente programados.
- La implementación del módulo didáctico permite la visualización de las variables eléctricas en dos apartados diferentes red y generador además de la realización de diferentes prácticas y la incorporación de la corrección del factor de potencia.
- La corrección del factor de potencia lo controla el modulo SIEMENS BR-6000, el cual añadirá por pasos el grupo de condensadores necesario para alcanzar un factor de potencia fijado de 0.98, los pasos máximos a añadir son 2 y cada uno tendrá una potencia reactiva de 776.65VAr.
- Para la programación de las diferentes variables (frecuencia, voltaje y corriente) monitorizadas por el controlador de transferencia automática se utiliza la interfaz EAOM-210-V10 en el apartado de parámetros del técnico.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda que para realizar la programación del módulo EAOM-210FD, en el apartado de Breakers se debe tener en cuenta el tiempo mínimo de 15 segundos para realizar la transferencia.
- Para iniciar el funcionamiento del módulo se recomienda conectar en primera instancia la de red principal de energía y posteriormente la fuente que servirá como generador.
- Se recomienda bajar los Breakers de simulación de corte de energía una vez realizada la transferencia por bajo o sobre voltaje para calibrar el valor de voltaje en el rango nominal para evitar daños en los equipos.
- En el modo manual del módulo de condensadores se recomienda esperar un tiempo estimado de 20 segundos para volver a añadir los condensadores una vez desconectados para permitir su correcta descarga.
- Se recomienda trabajar con todo el equipo de seguridad necesario al momento de

manipular los Jack bananas con el fin de evitar una descarga.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] QUINTUÑA CAIZA EDWIN ROBERTO; VILLACÍS GALARZA WILLIAM RICARDO, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE GENERADORES DE EMERGENCIA Y MONITOREO CON SISTEMA SCADA,” Riobamba, 2012. Accessed: Dec. 23, 2020. [Online]. Available: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/2984/1/25T00190.pdf>.
- [2] H. W. Albuja and J. A. Ballagan, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA A 220V/60Hz.,” Escuela Politecnica Nacional, 2001.
- [3] J. V. Ochoa and P. J. Salazar, “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MÓDULO ENTRENADOR PARA TRANSFERENCIA DE ENERGIA ELÉCTRICA,” Guayaquil, 2012.
- [4] A. R. Revelo, “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO (TTA) CON MONITOREO SCADA A UNA RED AISLADA DE ENTRENAMIENTO EN CIELE,” 2019.
- [5] K. Kesehatan, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TRANSFERENCIA DE 50A – 208V CON FINES EDUCATIVOS, CON MÓDULO DE TRANSFERENCIA ATL DE LOVATO.,” *Αγαη*, vol. 8, no. 5, p. 55, 2019.
- [6] “Velásquez Ingenieros Asociados S.A.S.” <https://www.velasquez.com.co/> (accessed Dec. 28, 2020).
- [7] C. R. Rivera and J. J. Espinoza, ““Diseño de un sistema de transferencia de energía eléctrica para el respaldo por fallo de la energía comercial,”” Managua, Mar. 2017. Accessed: Jan. 08, 2021. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/250143151.pdf>.
- [8] E. Csanyi, “Sistemas de transferencia automática de potencia crítica: diseño y aplicación,” 2015. <https://electrical-engineering-portal.com/automatic-transfer-system-explained-in-details-part-1?fbclid=IwAR2moek8HIId5n1iswMYonwD1idkTXaEiSIzv2D5m7KyCkx2BZct>

- kMt6itI (accessed Dec. 23, 2020).
- [9] M. Cosmos, “Tableros Armarios – Electro Metálica Cosmos,” 2016. <http://electrometalicacosmos.com/index.php/tableros-armarios/> (accessed Dec. 28, 2020).
- [10] O. S. Castañeda, “ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA ACERCA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO DE LA ZONA URBANA DE MILAGRO DEL ÁREA DE CONCESIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA MILAGRO USANDO LA REGULACIÓN DEL CONELEC No. – 004/01,” ESCUELA POLITECNICA DE LITORAL, Guayaquil, 2009.
- [11] CONELEC, “CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN,” 2001. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Regulacion-No.-CONELEC-004-01.pdf> (accessed Jan. 09, 2021).
- [12] EMKO, “EAOM-210 FD.OEM AUTOMATIC TRANSFER & SWITCHING UNIT FOR DIESEL/GAS GENERATORS User Manual,” 2019. Accessed: Dec. 28, 2020. [Online]. Available: www.emkoelektronik.com.tr.
- [13] B. M. Kalesar and J. B. Noshahr, “Capacitor bank behaviour of cement factory in presence of supra-harmonics resulted from switching full-power frequency converter of generator,” *CIREC - Open Access Proc. J.*, vol. 2017, no. 1, pp. 535–538, 2017, doi: 10.1049/oap-cired.2017.0047.
- [14] L. Electric, “Bases portafusibles y fusibles.” Accessed: Dec. 28, 2020. [Online]. Available: https://www.lovatoelectric.com/download/pd67e01_11.pdf.
- [15] E. Vilches, “El contactor Ventajas,” pp. 1–22, 2013, [Online]. Available: [file:///C:/Users/Acer/Downloads/elementos-electromecanicos \(2\).pdf](file:///C:/Users/Acer/Downloads/elementos-electromecanicos%20(2).pdf).
- [16] ZOLODA, “Catálogo General de Bornes,” Argentina, 2018. Accessed: Dec. 28, 2020. [Online]. Available: http://www.electrodos.com.ar/UserFiles/mediaManager/1/afa1323eed545d07289567570022e02b66b295c2_eb3d6a99e6e5ea3f7576014125fae59c474417c0.pdf.
- [17] R. Forma, “Catálogo técnico Ri4Power.”
- [18] J. A. Oña, “DESARROLLO DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA EMPRESA IMPORT

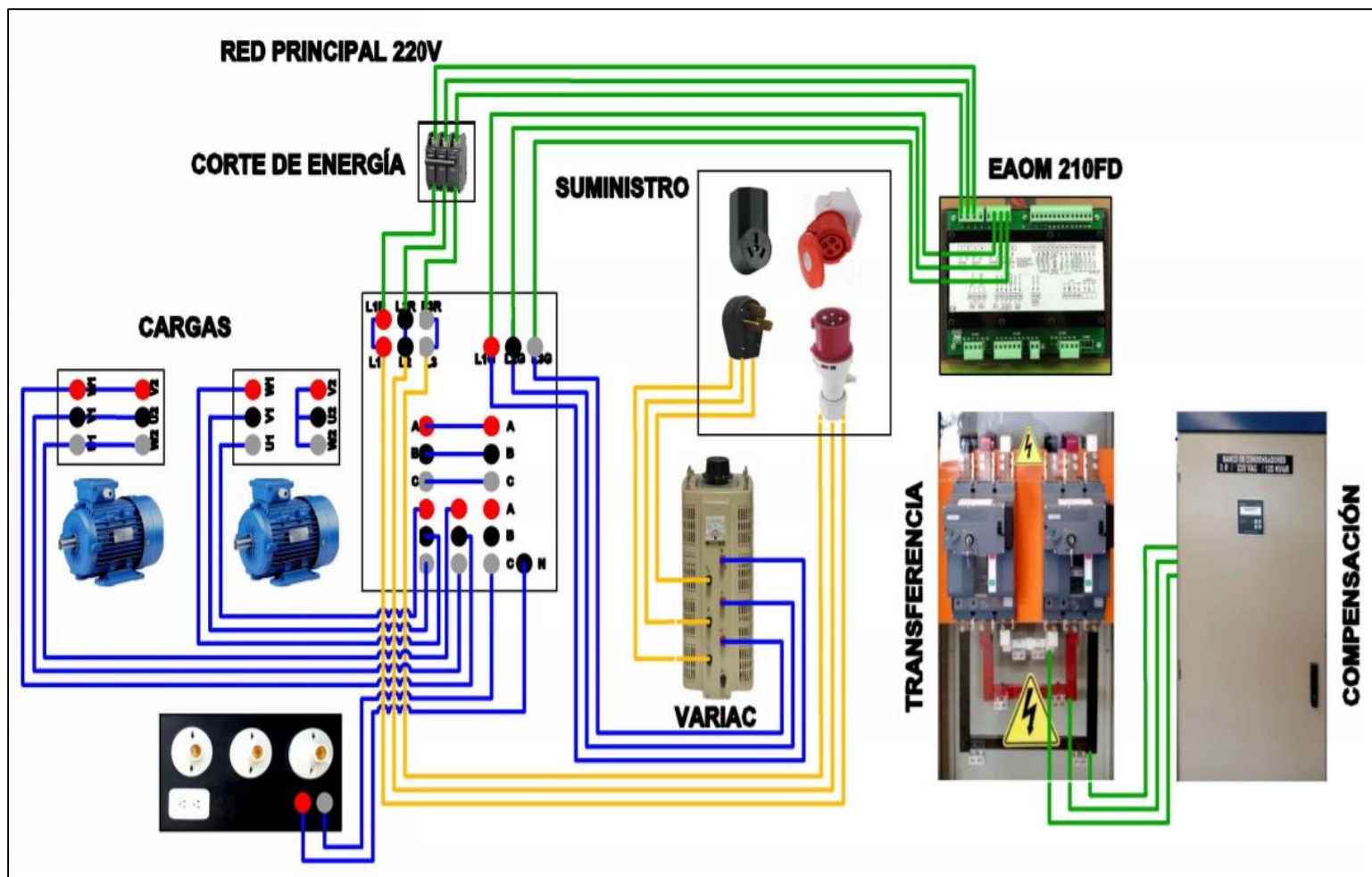
- MUSIC,” UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL, Quito, 2018.
- [19] J. Cortés and L. Orejuela, “Estimación de los parámetros del generador síncrono del módulo TNA a partir de oscilogramas eléctricos,” Bogota, 2020. Accessed: Feb. 02, 2021. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica.
- [20] “Generador Trifásico 7,2kva Abierto. Generador Diesel.” <https://www.ventageneradores.net/otros-generadores-electricos/generador-trifasico-72kva-abierto-generador-diesel> (accessed Jan. 08, 2021).
- [21] EMAS, “DirectIndustry - El marketplace B2B de la industria,” 2020. <https://www.directindustry.es/request/form.html?token=1R3RagWDvGZ884BGdPmpkVDH1bQA5xfyIuiDr78dF9nt9v5yCW03ZUsxsI3g7Z63k193hR7L6vJUgzWTcYHxM7rIO1d8AY8D4t39dNp2PhPUomxZjQIlzi3iPK55C4o7Mf3AFR8yEHKF697xUSltYmG5vU62ESURBvYOTYFMiCypIcTHlvnZIs2nPV6IG45IO2FaUdbmW> (accessed Dec. 29, 2020).
- [22] BEKAM, “Luces Piloto,” 2017. http://bekam.cl/wp-content/uploads/2017/08/Luces_Piloto_final.pdf (accessed Dec. 29, 2020).
- [23] G. Alarcón, “Informe de práctica profesional,” p. 38, 2020.
- [24] F. Islam, A. Lallu, K. Mamun, K. Prakash, and N. Roy, “Power quality improvement of distribution network using BESS and capacitor bank,” *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, vol. 8, no. Xx, pp. 1–8, 2020, doi: 10.35833/MPCE.2019.000304.
- [25] P. Lertwanitrot and A. Ngaopitakkul, “Discriminating between Capacitor Bank Faults and External Faults for an Unbalanced Current Protection Relay Using DWT,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 180022–180044, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3026744.
- [26] J. M. Higuera, “ELABORACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS USADOS PARA LA CONFORMACIÓN DE UN BANCO DE CONDENSADORES AUTOMÁTICO PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA LA EMPRESA DISPROEL S.A,” Bogotá, 2019.
- [27] P. R. Velásquez, “ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA LA MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA EN

- UNA INDUSTRIA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS,” Guayaquil, 2016.
- [28] E. E. Ruiz and J. L. Teodoro, “ESTUDIO DE LA REDISTRIBUCION DE LAS CARGAS ELECTRICAS DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.,” Nuevo Chimbote, 2016.
- [29] W. Theodore, *Maquinas Electricas Y Sistemas De Potencia*. 2007.
- [30] D. Zhou, H. Wang, H. Wang, and F. Blaabjerg, “Reliability analysis of grid-interfaced filter capacitors,” *Chinese J. Electr. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 21–28, 2019, doi: 10.23919/cjee.2018.8471286.
- [31] I. Capacitors S.A., “CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA,” 2019.
- [32] O. Danilo, M. Giraldo, C. Alberto, R. Vanegas, and L. F. Grisales, “Localización y Dimensionamiento Óptimo de Generadores Distribuidos y Bancos de Condensadores en Sistemas de Distribución,” *Sci. Tech.*, vol. 23, no. 3, pp. 308–314, 2018, doi: 10.22517/23447214.16691.
- [33] EPCOS, “Regulador de Energía Reactiva BR 6000,” 2018. Accessed: Dec. 28, 2020. [Online]. Available: <https://www.mgi.com.uy/images/pdf/epcos/BR6000.pdf>.
- [34] E. A. Rosero, “CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN MICRO-REDES ELÉCTRICAS ANTE EL PELIGRO DE RESONANCIA POR ALTA PENETRACIÓN DE CARGAS NO LINEALES.,” Quito, 2020.
- [35] E. Ras, *Transformadores de potencia, de medida y de protección - Enric Ras i Oliva - Google Libros*, Séptima Ed. Barcelona: Vanguard Grafic S.A., 1994.
- [36] S. P. Stracuzzi and F. M. Pestana, *Metodología de la investigación cuantitativa*, Tercera. Caracas: FEDUPEL, 2012.
- [37] M. Tamayo, *EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*, Cuarta. España: LIMUSA S.A., 2002.
- [38] D. B. V. Dalen, and W. Meyer, *ESTRATEGIA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL*. 2006.
- [39] B. García, “UNA MIRADA AL METODO CIENTIFICO,” Buenos Aires, 2020. Accessed: Feb. 04, 2021. [Online]. Available: https://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/extras/hojitas_conocimiento/2020/Garcia_Beatriz_Metodo_Cientifico_CIENCIA_40_319-320.pdf.

- [40] B. J. Prieto Castellanos, “El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales,” *Cuad. Contab.*, vol. 18, no. 46, Oct. 2018, doi: 10.11144/javeriana.cc18-46.umdi.
- [41] H. Ñaupas *et al.*, *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá, 2018.
- [42] General Cable, “Catálogo de Productos,” May 2019. https://cdn.generalcable.com/assets/documents/PCB_Cat-Prods_2016_WEB.pdf (accessed Feb. 15, 2021).

8. ANEXOS

ANEXO 1.- DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIONES DE LOS DIFERENTES DISPOSITIVOS CON EL TABLERO DE TRANSFERENCIA Y CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA



ANEXO 2.- TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA Y CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA INSTALADOS



ANEXO 3.- PANTALLA DEL CONTROLADOR EAOM-210 FD Y BR-6000 EN FUNCIONAMIENTO



En las figuras a continuación se puede observar el factor de potencia antiguo y el factor de potencia después de añadir 2 pasos de condensadores.



ANEXO 4.- FICHA TÉCNICA DE LA LUMINARIA LED DE 9W

LED TOLEDO BULBO

IP20 EP27

Características

- Bombilla LED en formato bulbo para iluminación doméstica, su tecnología y diseño proporciona una mejor iluminación interior.
- Ahorra hasta el 90% de energía comparado con bombillas incandescentes.
- Cuerpo con acabado opalizado.
- Tecnología de chip LED SMD.
- Tipo de distribución: Directo Simétrico.

Watt	Ø (mm)	H (mm)
9W	60	110
12W / 15W	60	120

Sylvania

240°

CÓDIGO	POTENCIA (W)	TENSIÓN DE OPERACIÓN (V)	FLUJO LUMINOSO (lm)	FACTOR DE POTENCIA	EFICACIA (lm/W)	TEMPERATURA DE COLOR (K)	IRC	ÁNGULO (°)	VIDA ÚTIL (h)
P29362	9	120	800	0.5	89	6500	80	240	10000
P27620	9	100-240	750	0.5	83	3000	80	240	15000

ANEXO 5.- PROGRAMACIÓN INGRESADA EN EL CONTROLADOR EAOM-210FD

TECHNICIAN PARAMETERS

MAINS LEVELS (mA)
Mains Under Voltage (mA1)=202
Mains Under Voltage Return (mA2)=202
Mains Over Voltage (mA3)=238
Mains Over Voltage Return (mA4)=238
Mains Under Frequency (mA5)=57.0
Mains Under Frequency Return (mA6)=57.0
Mains Over Frequency (mA7)=63.0
Mains Over Frequency Return (mA8)=63.0

GENERATOR VOLTAGE LEVELS (GnU)

Generator Under Voltage (GnU1)=202
Generator Under Voltage Pre-Alarm (GnU2)=202
Generator Loading Voltage (GnU3)=202
Generator Over Voltage Pre-Alarm (GnU4)=238
Generator Over Voltage Pre-Alarm Return (GnU5)=238
Generator Over Voltage Shutdown (GnU6)=238

GENERATOR FREQUENCY LEVELS (GnF)

Generator Under Frequency (GnF1)=57.0
Generator Under Frequency Pre-Alarm (GnF2)=57.0
Generator Loading Frequency (GnF3)=57.0
Generator Over Frequency Pre-Alarm (GnF4)=63.0
Generator Over Frequency Pre-Alarm Return (GnF5)=63.0
Generator Over Frequency Shutdown (GnF6)=63.0

GENERATOR CURRENT / POWER LEVELS (Gno)

Over Current (Gno1)=9999
Short Circuit (Gno2)=9999
Earth Fault (Gno3)=100
Minimum Active Power (Gno4)=50

GENERATOR CURRENT / POWER ACTIONS (Gnt)

A / KA Selection (Gnt0)=0
CT Primary (Gnt1)=500
CT Primary (earth fault) (Gnt2)=500
Over Current Actions (Gnt3)=0
Over Current Alarm Time (Gnt4)=0
Short Circuit Actions (Gnt5)=0
Short Circuit Alarm Time (Gnt6)=0
Earth Fault Actions (Gnt7)=0
Earth Fault Alarm Time (Gnt8)=0
Reverse Power Actions (Gnt9)=0
Reverse Power Alarm Time (Gn10)=0

Total Energy Clear (Gn11)=0
Active Energy Clear (Gn12)=0

GENERATOR SPEED SETTINGS (GnS)

Generator Under Speed (GnS1)=500
Generator Under Speed Pre-alarm (GnS2)=500
Generator Under Speed Pre-alarm return (GnS3)=500
Generator Over Speed Pre-alarm (GnS4)=500
Generator Over Speed Pre-alarm Return (GnS5)=500
Generator Over Speed Shutdown (GnS6)=500

MISCELLANEOUS (Gen)

Generator Frequency (Gen1)=1
Pickup && Flywheel (Gen2)=0
AC System (Gen3)=1
Fast Loading Feature (Gen4)=0
All Warnings are Latched (Gen5)=0
Mains Failure Detection (Gen6)=1
Look Mains Failure for Mains Cont. (Gen7)=0
Engine Fuel Selection (Gen8)=1
Stop/Fuel Selection (Gen9)=1
Stop Solenoid Time (Ge10)=20
Ignition Delay (Ge11)=5
Gas Valve Delay (Ge12)=5
Min Ignition Delay (Ge13)=200
Nominal Alternator Frequency (Ge14)=50.0
Nominal Speed (Ge15)=1500

ENGINE STARTING OPTIONS (EnSt)

Audible Alarm Prior to Starting (EnS1)=0
Number of start attempts (EnS2)=3
Cranking time (EnS3)=5
Crank rest time (EnS4)=10
Multiple Start Engage Attempts (EnS5)=0
Engage Attempt Time (EnS6)=1.0
Engage Attempt Rest Time (EnS7)=1.0
Pickup Sensor Fail Delay (EnS8)=1.0

ENGINE CRANK DISCONNECT (EnC)

On Generator Frequency (EnC1)=30.0
On Magnetic Pickup (EnC2)=500
On Generator Voltage (EnC3)=300
On Charge Alt. Voltage (EnC4)=6.0
On oil pressure (EnC5)=1.0

ENGINE PLANT BATTERY (EnbA)

Battery Undervolts warning (Enb1)=10.0

Batt undervolts warning return (Enb2)=10.5
Battery Undervolts volts delay (Enb3)=1.0
Battery Overvolts Warning (Enb4)=30.0
Batt Overvolts Warning Return (Enb5)=29.5
Battery Overvolts Volts Delay (Enb6)=1.0
Charge Alternator Warning (Enb7)=6.0

ENGINE MAINTENANCE ALARM (Enm)

Running hours interval (Enm1)=0
Maintenance date interval (Enm2)=0
Force engine shutdown when maintenance is due (Enm3)=0
Engine Running Hour (LSB) (Enm4)=2
Engine Running Hour (Enm5)=0

ANALOGUE INPUTS (Ain)

Oil Pressure Input Type (Ain1)=0
Oil Pressure Pre-alarm (Ain2)=1.2
Oil Pressure Pre-alarm Return (Ain3)=1.4
Oil Pressure Shutdown (Ain4)=1.0
Temperature Input Type (Ain5)=0
Temperature Pre-alarm (Ain6)=90
Temperature Pre-alarm Return (Ain7)=88
Temperature Shutdown (Ain8)=95
Level Pre-alarm (Ain9)=0
Level Pre-alarm Return (Ai10)=110
Level Shutdown (Ai11)=0

ANALOGUE SENDER LINEARISATIONS (ALin)

Oil Pressure Sender 0 (Prr0)=16
Oil Pressure Sender 1 (Prr1)=82
Oil Pressure Sender 2 (Prr2)=116
Oil Pressure Sender 3 (Prr3)=151
Oil Pressure Sender 4 (Prr4)=184
Oil Pressure 0 (PrU0)=0.0
Oil Pressure 1 (PrU1)=28.4
Oil Pressure 2 (PrU2)=42.6
Oil Pressure 3 (PrU3)=56.7
Oil Pressure 4 (PrU4)=70.8
Temperature Sender 0 (tpr0)=650
Temperature Sender 1 (tpr1)=134
Temperature Sender 2 (tpr2)=51
Temperature Sender 3 (tpr3)=44
Temperature Sender 4 (tpr4)=38
Temperature 0 (tpU0)=40
Temperature 1 (tpU1)=60
Temperature 2 (tpU2)=90
Temperature 3 (tpU3)=95

Temperature 4 (tpU4)=100
Level Sender 0 (Ler0)=240
Level Sender 1 (Ler1)=190
Level Sender 2 (Ler2)=140
Level Sender 3 (Ler3)=90
Level Sender 4 (Ler4)=40
Level 0 (LeU0)=0
Level 1 (LeU1)=25
Level 2 (LeU2)=50
Level 3 (LeU3)=75
Level 4 (LeU4)=100

DIGITAL CONFIGURABLE INPUT (1) (in1)

User Conf or Select from list (in11)=0
Polarity (in12)=0
Indication (in13)=0
Activation (in14)=0
Select from list (in15)=2
Input Time Delay (in16)=5

DIGITAL CONFIGURABLE INPUT (2) (in2)

User Conf or Select from list (in21)=0
Polarity (in22)=0
Indication (in23)=0
Activation (in24)=0
Select from list (in25)=3
Input Time Delay (in26)=5

DIGITAL CONFIGURABLE INPUT (3) (in3)

User Conf or Select from list (in31)=0
Polarity (in32)=0
Indication (in33)=0
Activation (in34)=0
Select from list (in35)=4
Input Time Delay (in36)=5

DIGITAL CONFIGURABLE INPUT (4) (in4)

User Conf or Select from list (in41)=0
Polarity (in42)=0
Indication (in43)=0
Activation (in44)=0
Select from list (in45)=5
Input Time Delay (in46)=5

DIGITAL CONFIGURABLE INPUT (5) (in5)

User Conf or Select from list (in51)=0
Polarity (in52)=0

Indication (in53)=0
 Activation (in54)=0
 Select from list (in55)=6
 Input Time Delay (in56)=5

 DIGITAL CONFIGURABLE INPUT (6) (in6)
 User Conf or Select from list (in61)=0
 Polarity (in62)=0
 Indication (in63)=0
 Activation (in64)=0
 Select from list (in65)=7
 Input Time Delay (in66)=5

 CONFIGURABLE OUTPUT (out1)
 Configurable Output 1 Polarity (ou11)=0
 Configurable Output 1 Configuration (ou12)=1

 CONFIGURABLE OUTPUT (out2)
 Configurable Output 2 Polarity (ou21)=0
 Configurable Output 2 Configuration (ou22)=9

 CONFIGURABLE OUTPUT (out3)
 Configurable Output 3 Polarity (ou31)=0
 Configurable Output 3 Configuration (ou32)=24

 CONFIGURABLE OUTPUT (out4)
 Configurable Output 4 Polarity (ou41)=0
 Configurable Output 4 Configuration (ou42)=47

 START TIMERS (ti1)
 Mains transient delay (ti11)=0
 Remote Start Delay (ti12)=4
 Remote Stop Delay (ti13)=2
 Pre-heat (ti14)=3
 Pre-heat Bypass (ti15)=0
 Safety on Delay (ti16)=8
 Horn Duration (ti17)=60
 Charge Excitation Time (ti18)=15
 Electric Cooling Fan Time (ti19)=180
 Mains Fail Delay (ti1A)=2.0

 LOAD/STOPPING TIMERS (ti2)
 Warmup timer (ti21)=5
 Return delay (ti22)=5
 Cooling timer (ti23)=60
 Gen. freq. error control time (ti24)=1.0
 Gen. volt. error control time (ti25)=1.0

Fail to stop time (ti26)=30

COMMUNICATION (Com)

Slave address (Co1)=1

Baud Rate (Co2)=3

Parity (Co3)=0

Stop bit (Co4)=0

BREAKERS (brEA)

Hardware Breaker Selection (brSL)=2

Gen Close Breaker Contact Type (GbCC)=0

Gen Close Breaker Relay Type (GbCr)=0

Gen Close Timer (GbCt)=5

Gen Open Breaker Contact Type (GbOC)=0

Gen Open Breaker Relay Type (GbOr)=0

Gen Open Timer (GbOt)=5

Main Close Breaker Contact Type (MbCC)=0

Main Close Breaker Relay Type (MbCr)=0

Main Close Timer (MbCt)=5

Main Open Breaker Contact Type (MbOC)=0

Main Open Breaker Relay Type (MbOr)=0

Main Open Timer (MbOt)=5

Close Pulse Time (brCP)=0.5

Open Pulse Time (brOP)=0.5

Transfer Time (trtm)=15

Working Calendar && Exercise

Working calendar working time on Monday (C1 P)=1440

Working calendar work Start time on Monday (C1HM)=0.0

Working calendar working time on Tuesday (C2 P)=1440

Working calendar work Start time on Tuesday (C2HM)=0.0

Working calendar working time on Wednesday (C3 P)=1440

Working calendar work Start time on Wednesday (C3HM)=0.0

Working calendar working time on Thursday (C4 P)=1440

Working calendar work Start time on Thursday (C4HM)=0.0

Working calendar working time on Friday (C5 P)=1440

Working calendar work Start time on Friday (C5HM)=0.0

Working calendar working time on Saturday (C6 P)=1440

Working calendar work Start time on Saturday (C6HM)=0.0

Working calendar working time on Sunday (C7 P)=1440

Working calendar work Start time on Sunday (C7HM)=0.0

Generator exercise working time on related day (EH P)=0

Generator exercise working day of week (EHud)=1

Generator exercise work Start time (EHHM)=0.0

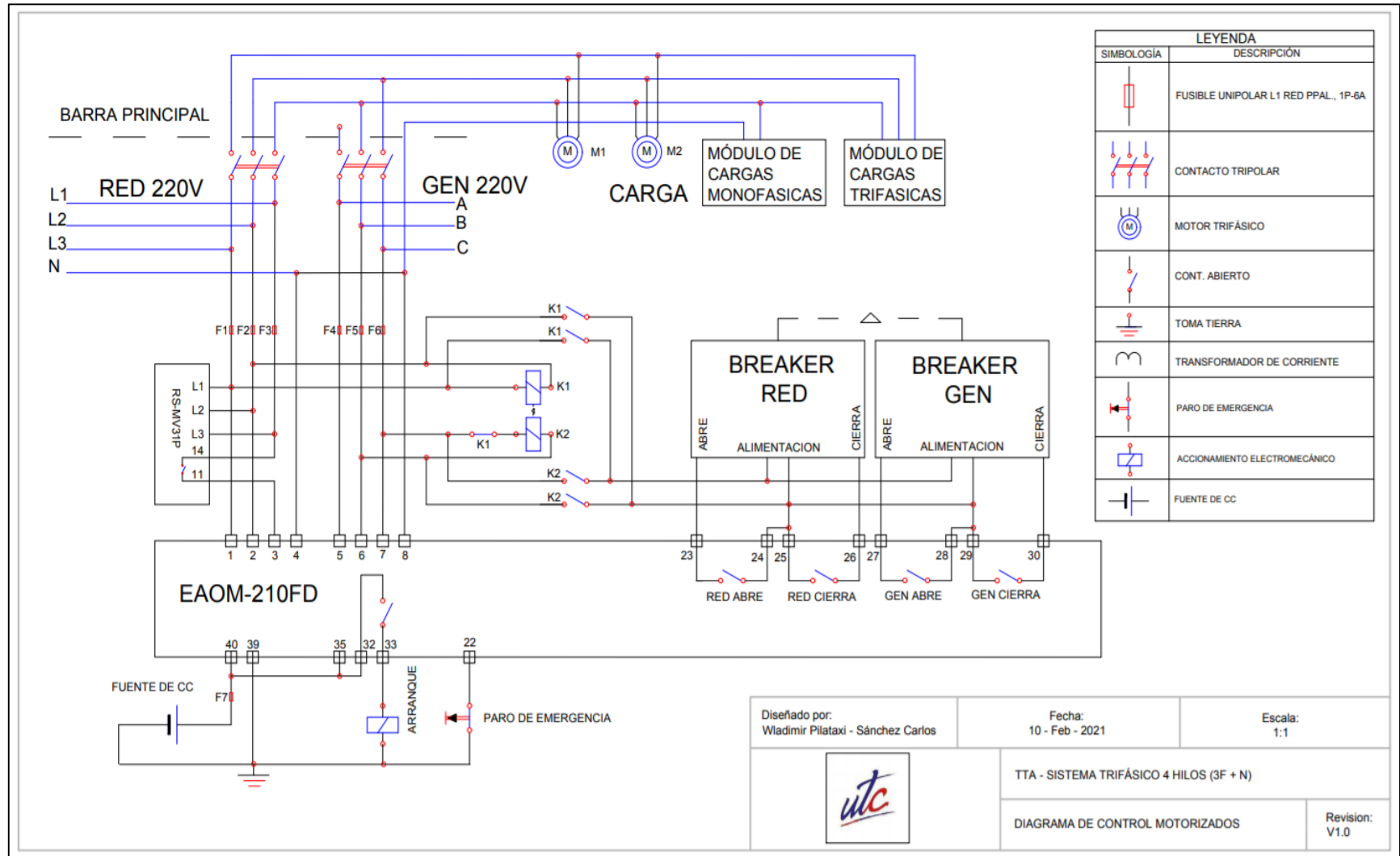
DATE (DTE)

Year (YEAr)=2021

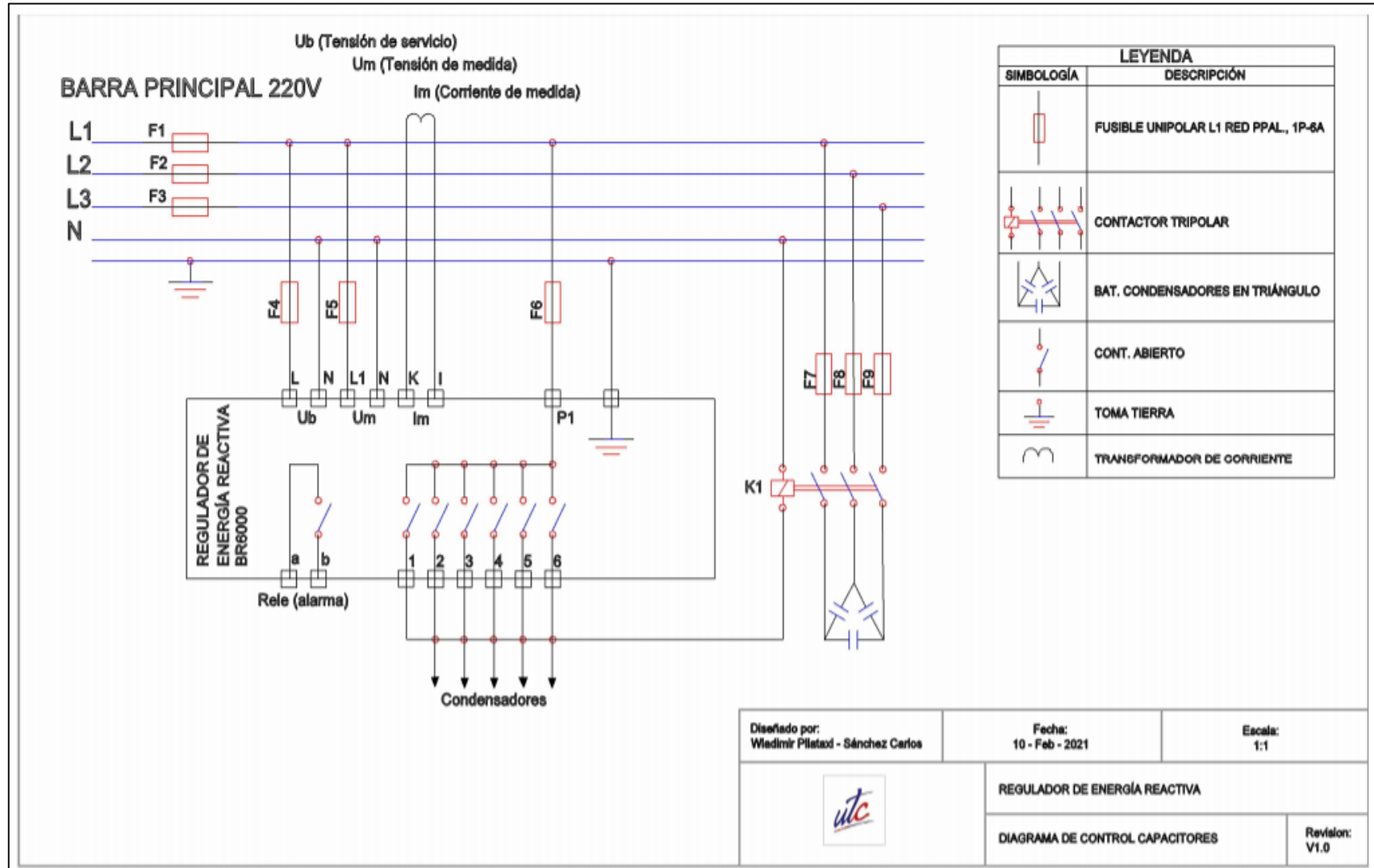
Month (mon)=2
DATE (DATE)=11
Day (DAY)=24
Hour (Hour)=17
Min (min)=44
Sec (SEC)=6

PASSWORD (PAS)
Operator password (oPPS)=0
Technician password (tCPS)=0

ANEXO 6.- DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL TTA



ANEXO 7.- DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CFP



**GUÍA DE
RECONOCIMIENTO Y
FUNCIONAMIENTO DEL
TTA Y CFP**

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Técnica de Cotopaxi ante el desarrollo tecnológico de la carrera de ingeniería eléctrica ha venido complementado la infraestructura y equipamiento tecnológico para el proceso de aprendizaje de sus estudiantes. La presente propuesta tecnológica lleva como objeto de estudio el sistema de transferencia automático al igual que la compensación capacitiva, la cual permitirá que los estudiantes realicen prácticas que fortalezcan sus conocimientos y permitan complementar la teoría con la práctica, el módulo experimental involucra los siguientes gabinetes:

- PANEL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON CONTROLADOR EAOM 210FD
- REGULADOR DE ENERGIA REACTIVA CON CONTROLADOR BR6000

Se vio necesario involucrar al laboratorio de alto voltaje un módulo en el que los estudiantes de la carrera puedan experimentar y generar conocimiento a través de la realización de varias prácticas que se detallan en la propuesta tecnológica, entre las más importantes se tiene a la transferencia manual y automática de energía, además de la compensación capacitiva de las cargas que se conectaran a la barra principal del gabinete de transferencia de energía.


2. SEGURIDAD


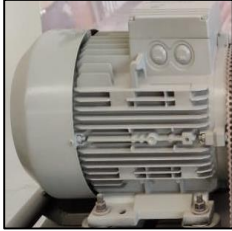
2.1.Las Cinco Reglas de Oro

- Desconectar la parte de la instalación en la que se va a trabajar aislándola de todas las posibles fuentes de tensión.
- Prevenir cualquier posible realimentación, preferiblemente por bloqueo del mecanismo de maniobra.
- Verificar la ausencia de tensión en todos los elementos activos de la zona de trabajo.
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión. En instalaciones de baja tensión sólo será obligatorio si por inducción u otras razones, pueden ponerse accidentalmente en tensión.
- Proteger la zona de trabajo frente a los elementos próximos en tensión y establecer una señalización de seguridad para delimitarla

2.2.Reconocimiento de los Equipos para las Prácticas.

2.2.1. Reconocimiento del módulo experimental de transferencia automático de energía con corrección de factor de potencia


DISPOSITIVOS DEL MÓDULO EXPERIMENTAL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA CON CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA	
Conector trifásico de alimentación del tablero de transferencia (red 220V)	
Enchufe Pata De Gallina Conector Trifásico-macho If 15a 250v (Alimentación del grupo auxiliar, generador sincrónico 10 kW)	
Panel frontal de control del módulo de transferencia automática EAOM 210FD	
Panel frontal de control del módulo de compensación capacitiva BR6000	
Tablero de conexiones trifásicas con bornes de alimentación para red, generador y banco de capacitores	
Caja térmica trifásica para simular el corte del suministro de la red eléctrica	

Red auxiliar	
Carga Inductiva (Motores trifásicos ½ Hp)	

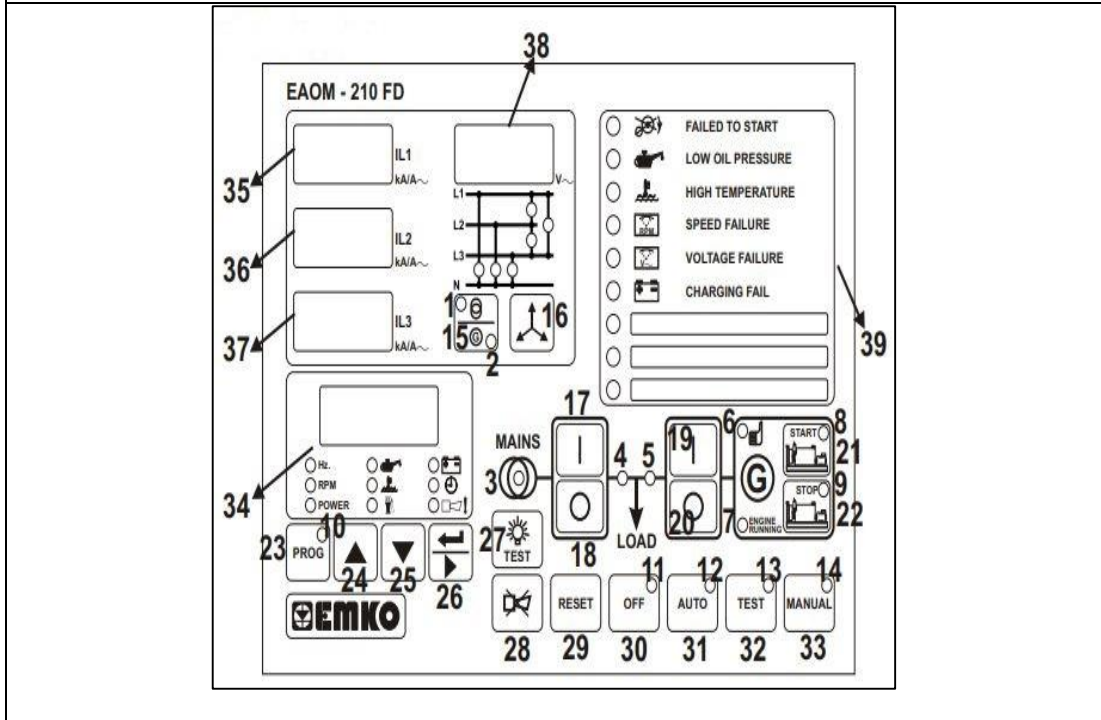
2.2.2. Reconocimiento del tablero de transferencia automática

COMPONENTES COMPLEMENTARIOS DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA		
		
Módulo EAOM 210FD	Esta unidad permite la transferencia automática de una carga de la red al generador en caso de una falla en la red.	
Luces piloto	Verde: Este elemento indica la presencia de electricidad en la red o en el generador.	

<p>Paro de emergencia</p>	<p>Interrumpe la energía en caso de peligro, se activa con una sola maniobra de una persona.</p>	
<p>Fusibles</p>	<p>Tipo gF: De fusión rápida, protege contra sobrecargas y cortocircuitos. Topo gT: De fusión lenta, protege contra sobrecargas sostenidas y cortocircuitos. Tipo aD: Fusible de acompañamiento de disyuntor. Tipo gI: Fusible de uso general.</p>	
<p>Borneras para Riel Din</p>	<p>Facilitan la unión eléctrica y mecánica entre dos conductores eléctricos.</p>	
<p>Contactores</p>	<p>Es un dispositivo electromecánico que activa y desactiva circuitos de potencia como motores.</p>	
<p>Fuente de corriente directa</p>	<p>Convierte la corriente alterna de la red, en tensiones continuas para alimentar circuitos electrónicos.</p>	
<p>Interruptor de transferencia motorizado</p>	<p>Permite el paso de corriente al ser activado mediante el controlador del motor interno o de forma manual usando la maneta.</p>	

<p>Barra de carga del tablero de transferencia</p>	<p>Es la columna vertebral de todo conjunto de distribución, se utilizan para la distribución de potencia, garantizando la alimentación.</p>	
--	--	---

DESCRIPCIÓN DEL PANEL FRONTAL DEL MÓDULO EAOM 210 FD






NÚMERO	COMENTARIO
1	El led en rojo indica presencia de voltaje en la red.
2	El led en rojo indica presencia de voltaje en el generador.
3	El led en verde indica que tanto el voltaje y frecuencia están dentro de los límites y pueden hacerse cargo de la carga.
4	El led en verde indica que la carga está alimentada por la red.
5	El led en verde indica que la carga está alimentada por el generador.
6	El led verde indica que el voltaje en los bornes del generador está dentro de los límites y puede tomar la carga.
7	El led verde indica que el generador ha arrancado y está funcionando.
8	En modo MAN, AUTO y TEST, el led en verde indica que el generador está en funcionamiento.
9	En modo MAN, AUTO y TEST, el led en rojo indica que el generador se ha detenido.
10	El led en rojo se ilumina únicamente cuando el EAOM-210 FD se ha puesto en modo de programación.

11	El led en rojo indica que la unidad está en modo APAGADO.
12	El led en rojo indica que la unidad se encuentra en modo AUTO.
13	El led en rojo indica que la unidad se encuentra en modo TEST.
14	El led en rojo indica que la unidad se encuentra en modo MANUAL.
15	Al pulsar este botón se muestra el voltaje de la red o generador.
16	Al pulsar este botón se muestran los voltajes de fase y de línea en la pantalla digital.
17	Al pulsar este botón se cierra el contactor de la red (se habilita solo si la unidad está en modo MANUAL).
18	Al pulsar este botón se abre el contactor de la red (se habilita solo si la unidad está en modo MANUAL).
19	Al pulsar este botón se cierra el contactor del generador (se habilita solo si la unidad está en modo MANUAL).
20	Al pulsar este botón se abre el contactor del generador (se habilita solo si la unidad está en modo MANUAL).
21	Deshabilitado.
22	Deshabilitado.
23	Al pulsar este botón la unidad entra en modo PROGRAMACION y el LED (10) se enciende.
24	Al pulsar este botón se muestran los valores de kVAh, kWh Y kVArh. Si la unidad se encuentra en modo programación, hace la función de incrementar un valor.
25	Si la unidad se encuentra en modo programación, hace la función de disminuir un valor.
26	Al pulsar este botón se rotan las pantallas de medición en condiciones normales de funcionamiento. En modo programación se rotan los parámetros de programación.
27	Al pulsar este botón se iluminan todos los indicadores LED y segmentos de la pantalla.
28	Deshabilitado.
29	Al pulsar este botón se reiniciara el controlador luego de que se haya detectado alguna falla.
30	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad a modo OFF.
31	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad al modo AUTO.
32	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad al modo TEST.
33	Al pulsar este botón se cambia el modo de funcionamiento de la unidad al modo MANUAL.
34	Pantalla multifunción (Muestra las mediciones eléctricas durante el funcionamiento normal y dentro de los parámetros programados)
35	Esta pantalla muestra la corriente de la carga de la LINEA 2
36	Esta pantalla muestra la corriente de la carga de la LINEA 2

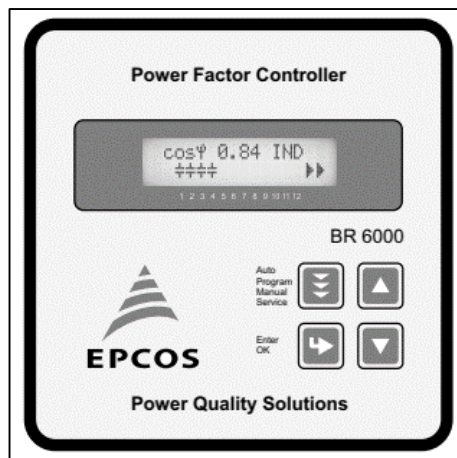
37	Esta pantalla muestra la corriente de la carga de la LINEA 3
38	Esta pantalla muestra el voltaje de la red o del generador.
39	Indicadores de falla (Deshabilitado).





2.2.3. Reconocimiento del Armario del Banco de Condensadores

COMPONENTES COMPLEMENTARIOS DEL BANCO DE CONDENSADORES		
		
Controlador BR6000	Esta unidad mide el factor de potencia real y conectan o desconectan las etapas del condensador para llegar a un valor específico.	
Disyuntor	Protege a las personas y dispositivos que estén conectados al circuito, cortando el paso de corriente eléctrica cuando se presentan ciertas condiciones de falla.	
	Tipo gF: De fusión rápida, protege contra sobrecargas y cortocircuitos. Topo gT: De fusión lenta, protege contra	.

Fusibles	sobrecargas sostenidas y cortocircuitos. Tipo aD: Fusible de acompañamiento de disyuntor. Tipo gI: Fusible de uso general.	
Borneras para Riel Din	Facilitan la unión eléctrica y mecánica entre dos conductores eléctricos.	
Contactores	Es un dispositivo electromecánico que activa y desactiva circuitos de potencia como motores.	
Disyuntor	Protege a las personas y dispositivos que estén conectados al circuito, cortando el paso de corriente eléctrica cuando se presentan ciertas condiciones de falla.	

DESCRIPCIÓN DEL PANEL FRONTAL DEL MÓDULO BR6000

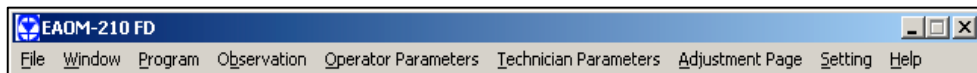


BOTÓN	COMENTARIO
	Permite elegir el modo de funcionamiento sea: <ul style="list-style-type: none"> • Automático • Programación • Modo manual • Servicio • Modo experto
	El botón ENTER/OK permite la Confirmación y memorización de valores.
	Este botón permite aumentar el parámetro seleccionado.
	Este botón permite disminuir el parámetro seleccionado.

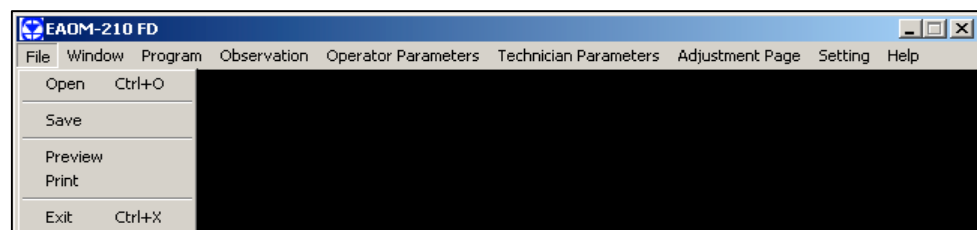
2.2.4. Descripción del Software

Este software permite visualizar los parámetros del operador y del técnico que se encuentran registrados en el módulo EAOM 210FD, así como la información de estado se pueden acceder desde una PC ya que tiene comunicación mediante el puerto RS 232.

Menú principal

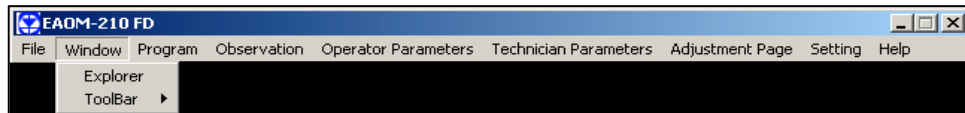


Menú Archivo



- ✓ **Open:** Carga los archivos de configuración registrados en la PC.
- ✓ **Save:** Guarda los parámetros que se tienen registrados en el software.
- ✓ **Preview:** Da una vista previa de los registros de los eventos.
- ✓ **Print:** Imprimir los parámetros registrados en el software.
- ✓ **Exit:** Salir del EAOM 210FD V10

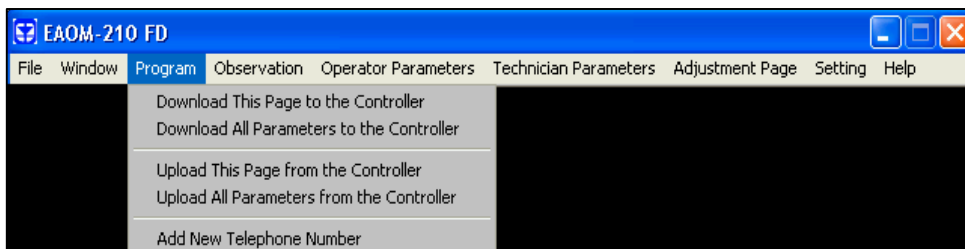
Menú ventana



- ✓ **Explorer:** Permite acceder a las secciones Observación, parámetros del operador y del técnico.
- ✓ **ToolBar:** Activar o desactivar barra de herramientas.

Menú programa

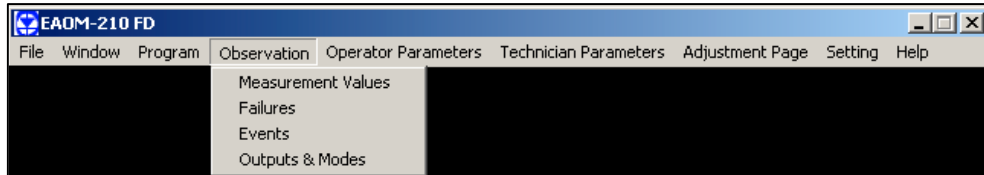
Este menú está activo si la sección de parámetros del operador o técnico está abierta.



- ✓ **Download This Page to the Controller:** Mientras se muestra la ventana de parámetros del técnico, si el usuario hace clic en “Download This Page to the Controller”, se cargarán desde la PC al módulo solo los parámetros de la página relacionada.
- ✓ **Download All Parameters to the Controller:** Mientras se muestre la ventana de parámetros del técnico, si el usuario hace clic en “Download All Parameters to the Controller”, se cargarán desde la PC al módulo todos los parámetros del técnico.
- ✓ **Upload This Page from the Controller:** Mientras se muestra la ventana de parámetros del técnico, si el usuario hace clic en “Upload This Page from the Controller”, se cargan desde el dispositivo a la PC solo los parámetros de la página relacionada.
- ✓ **Upload All Parameters from the Controller:** Mientras se muestra la ventana de parámetros del técnico, si el usuario hace clic en “Upload All Parameters from the Controller”, se cargarán desde el dispositivo a la PC todos los parámetros del técnico.
- ✓ **Add New Phone Number:** El usuario puede guardar el número de teléfono que se utiliza para conectarse con el modem.

Menú de observación

Tiene cuatro submenús: valores de medición, fallas, eventos y salida y modos.



- ✓ **Measurement Values:** Al abrir esta ventana se puede visualizar todos parámetros y valores que está detectando el módulo EAOM 210 FD en tiempo real.

The screenshot shows the 'MEASUREMENT VALUES' window with a table of real-time data. The table is divided into two columns of parameters and their values.

Mains Voltage L12 (Vac)	381	Generator pf	0.00
Mains Voltage L1N (Vac)	221	Generator KVA	0
Mains Voltage L23 (Vac)	379	Generator KW	0
Mains Voltage L2N (Vac)	219	Generator KVAh	0
Mains Voltage L31 (Vac)	381	Generator KWh	0
Mains Voltage L3N (Vac)	219	Generator KVAh	0
Mains Frequency (Hz)	49.9	Next Maintenance Month	6
Generator Voltage L12 (Vac)	378	Next Maintenance Hour	5000
Generator Voltage L1N (Vac)	219	Working Time	0
Generator Voltage L23 (Vac)	379	Day, Month, Year	13.12.2006
Generator Voltage L2N (Vac)	219	Time (Hour Minute)	19.43
Generator Voltage L31 (Vac)	381	Charge Generator Voltage (Vdc)	0.0
Generator Voltage L3N (Vac)	219	Battery Voltage (Vdc)	40.0
Generator Frequency (Hz)	49.9	Level	0
Load Current IL1 (A)	0	Pressure	70.8
Load Current IL2 (A)	0	Temperature	40
Load Current IL3 (A)	0		
Earth Current IEA (A)	71		

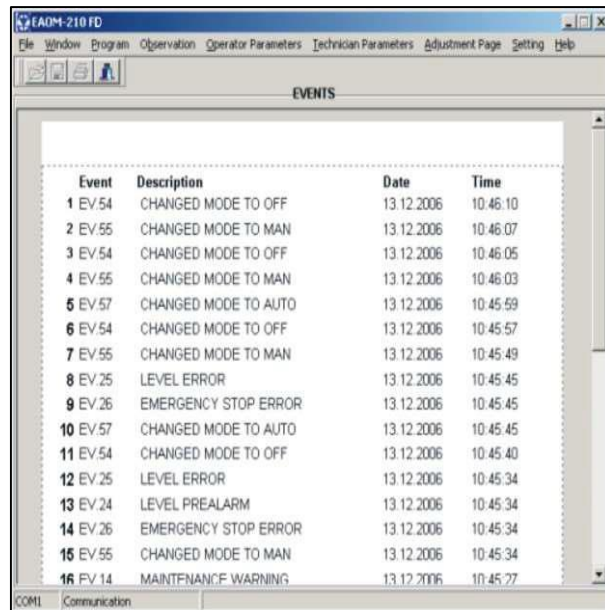
COM: Communication

- ✓ **Failures:** En esta ventana se puede observar las fallas que se pueden estar presentando.

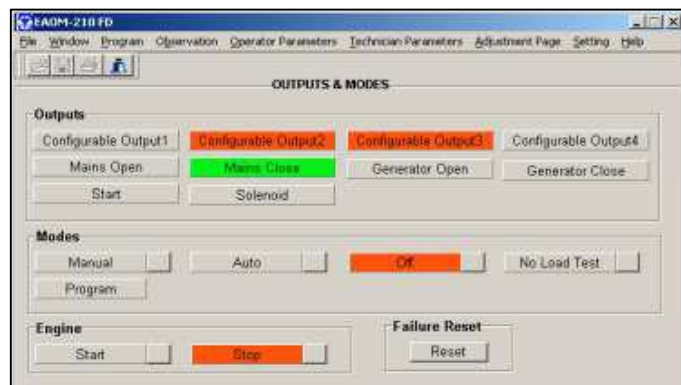
The screenshot shows the 'FAILURES' window with a grid of status indicators for various system components and alarms.

FAILURES				
Error				
Spare 4 (SP4.E)	Over Speed (OSP.E)	Earth Fault (EF.Er)	Battery High (BH.Er)	Short Circuit (SC.Er)
Spare 5 (SP5.E)	Under Speed (USP.E)	Fuel Level (LVL.E)	Maintenance (M.Er)	Generator Stop (BP.E)
Spare 6 (SP6.E)	Speed Loss (SPE.L)	Battery Low (BL.Er)	Over Current (OC.Er)	Reverse Power (RP.Er)
Pre-Alarm		Warning	Electrical Trip	Emergency Stop
Generator Temp. (TP.PA)	Reverse Power (RP.ur)	Reverse Power (RP.tr)	Emergency Stop	Multiple Engage Fail
Generator Over Voltage (GOV.P)	Earth Fault (EF.ur)	Earth Fault (EF.tr)	Failed To Start	Failed To Start
Generator Under Voltage (GUV.P)	Over Current (OC.ur)	Short Circuit (SC.tr)	Low Oil Pressure	Low Oil Pressure
Generator Under Frequency (GUF.P)	Short Circuit (SC.ur)	Over Current (OC.tr)	High Temperature	High Temperature
Generator Over Frequency (DOF.P)			Speed Failure	Speed Failure
Oil Pressure (PI5.P)	Alarm		Voltage Failure	Voltage Failure
Over Speed (OSP.P)	Mains Breaker Not Opened (MB.OA)		Charging Fail	Charging Fail
Under Speed (USP.P)	Mains Breaker Not Closed (MB.OA)		Spare 1	Spare 1
Fuel Level (LVL.P)	Generator Breaker Not Opened (GB.OA)		Spare 2	Spare 2
	Generator Breaker Not Closed (GB.OA)		Spare 3	Spare 3

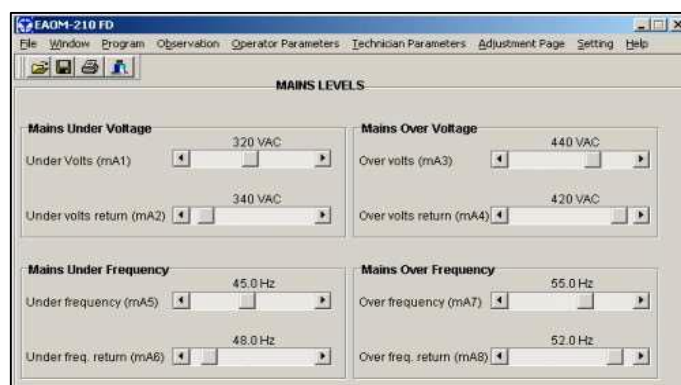
- ✓ **Events:** En esta ventana se puede observar los últimos 32 registros de eventos:



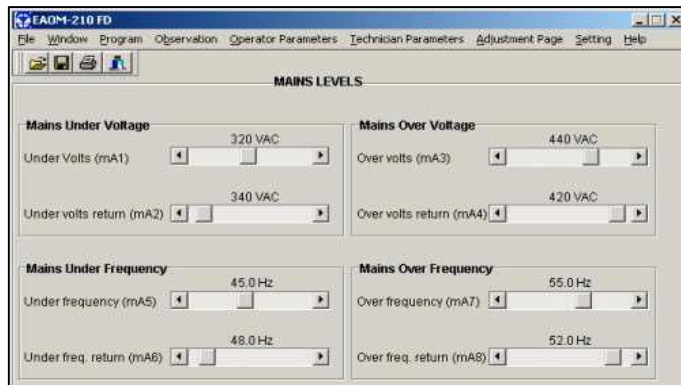
- ✓ **Outputs & Modes:** En esta ventana se muestran las salidas configurables además de los modos de funcionamiento sea manual, auto, programación, etc.



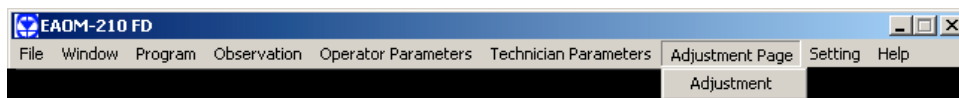
- ✓ **Operator Parameters Menu:** Permite visualizar y modificar los parámetros del operador como los niveles de red.



- ✓ **Technician Parameters Menu:** En este menú se pueden observar y modificar todos los parámetros de baja y sobre voltaje, así como parámetros de baja y sobre frecuencia.

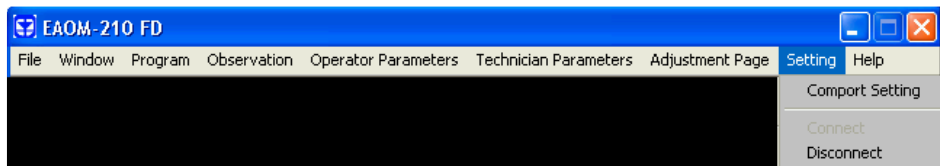


- ✓ **Adjustment Page (Calibration) Menu:** Tiene un submenú en este menú: Ajuste.

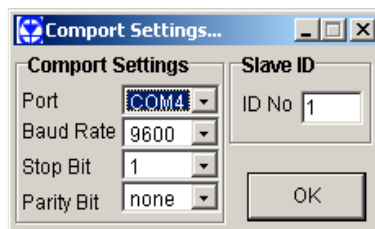


- ✓ **Adjustment:** Se supervisa la contraseña del técnico. Introduzca la contraseña del técnico y haga clic en el botón Aceptar. Si la contraseña es correcta, se verá la sección AJUSTE.

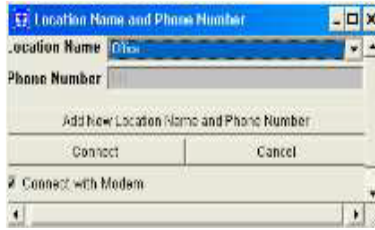
Menú de configuración



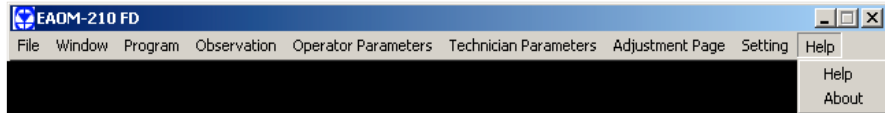
- ✓ **Comport Setting:** Al hacer clic en esta ventana se monitorea la ventana Comport Settings, y luego cambie los parámetros Comport Settings, Slave ID y haga clic en el botón OK.



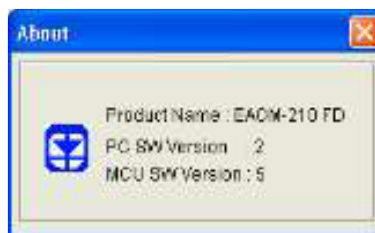
- ✓ **Connect:** De acuerdo con el estado de verificación "Conectar con módem", la conexión se puede establecer a través del puerto RS-232 o módem. Si la configuración del comportamiento se realiza correctamente, cuando se presiona el botón "Conectar", se establece la conexión.
- ✓ **Disconnect:** Si la conexión se establece por módem o puerto RS-232, la conexión se puede cortar con esta selección.



Menú de ayuda



- ✓ **Help:** Permite al usuario obtener información sobre el uso del programa y los menús del programa.



About: Haga clic en "Acerca de" en el menú Ayuda. Luego, se monitorea la ventana Acerca de.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

2.3. PRÁCTICAS

2.3.1. Practica N° 1

2.3.1.1. Tema: Energizar el módulo de transferencia automática, energizar el regulador trifásico de voltaje calibración y verificación de parámetros eléctricos.

2.3.1.2. Objetivo: Comprobar los valores de tensión y frecuencia tanto de la red principal como auxiliar se cumplan según las normas vigentes aplicadas a nivel de distribución en el Ecuador.

2.3.1.3. Equipos y materiales:

- ✓ Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA
- ✓ Red auxiliar
- ✓ Tablero de conexiones eléctricas
- ✓ Cables de conexión
- ✓ Voltímetro

2.3.1.4. Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro durante la ejecución de la práctica.
- ✓ Verificar que las tomas de energía y conectores tanto monofásicos como trifásicos que se van a utilizar en la práctica, estén en buen estado.
- ✓ Revisar que los cables de conexión tengan sus respectivos aislantes y que estén en buen estado.
- ✓ Cerciorarse de la inexistencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de los EPP.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

2.3.1.5. Información de los equipos:

- **Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA.** - Es una unidad de conmutación y transferencia automática para generadores diésel / gas, esta unidad permite la transferencia automática de una carga de la red al generador en caso de una falla en la red.

Entre los aspectos más importantes que monitorea se tiene:

- ✓ Voltaje de red (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje de red (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia de la red (Hz)

- ✓ Voltaje del generador (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje del generador (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia del generador (Hz)
- ✓ Potencia aparente del generador (KVA)
- ✓ Potencia activa del generador (kW)
- ✓ Potencia reactiva del generador (kVAr)
- ✓ Factor de potencia del generador
- **Regulador trifásico de voltaje.** - Los reguladores de voltaje (Variac) permiten ajustar el voltaje desde 0 voltios hasta el voltaje máximo para el que han sido diseñados.
- ✓ Se utilizan en aplicaciones tales como:
 - ✓ Laboratorio Equipos de control
 - ✓ Equipo de iluminación
 - ✓ Controles de temperatura
 - ✓ Control de velocidad del Motor
 - ✓ Control de otros transformadores.

Este tipo de regulador de voltaje consta de una perilla giratoria manual que permite controlar el voltaje de salida, variando suavemente entre giros ya que el cepillo tiene una resistencia relativamente alta (en comparación con un contacto metálico) y el voltaje de salida real está en función del área relativa del cepillo que tiene contacto con los devanados adyacentes.

2.3.1.6. Introducción

La calibración y verificación de parámetros eléctricos se realiza tanto en la red de alimentación trifásica principal como en la red auxiliar. Esto consiste en observar el nivel de voltaje de la red que está registrando el módulo de transferencia y la calibración del nivel de voltaje en el regulador de voltaje, para que estén dentro de los valores establecidos en las normas vigentes en el Ecuador.

2.3.1.7. Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar sobre los niveles de tensión y frecuencia establecidos como aceptables a nivel de distribución en el Ecuador.
- 2) Investigar sobre los reguladores de voltaje trifásico.

2.3.1.8. Diagrama y/o circuitos.

Figura 1. Diagrama del módulo de transferencia automática y regulador trifásico de voltaje energizado para realizar la calibración y verificación de parámetros eléctricos.

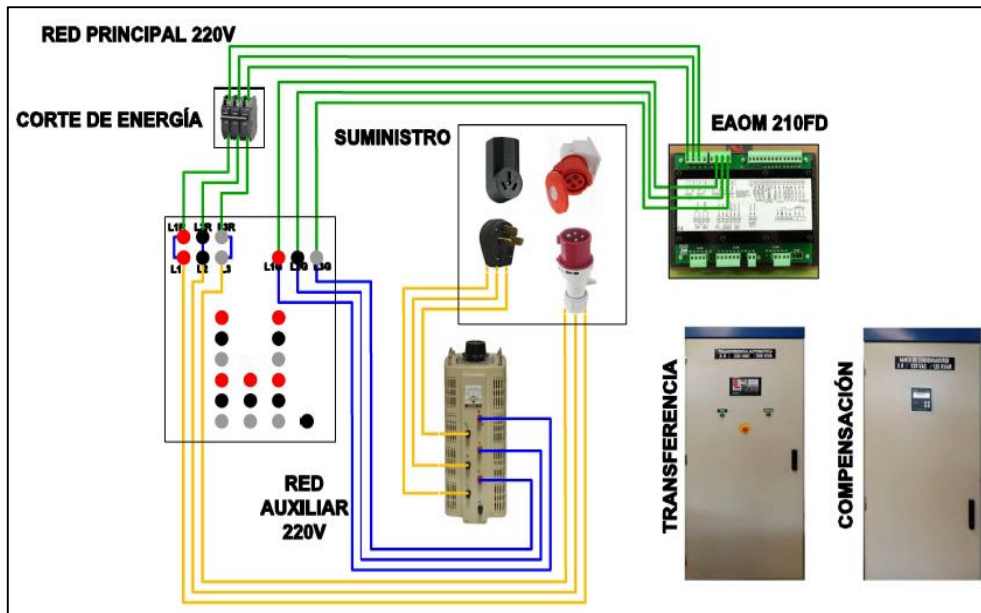
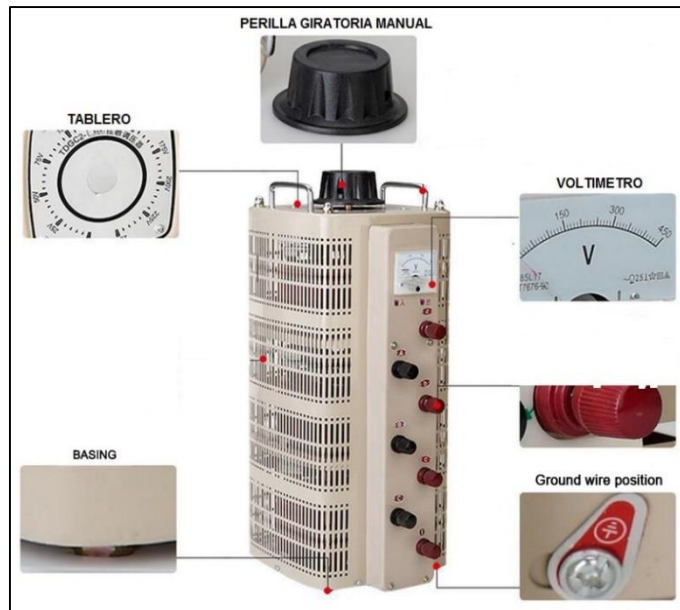


Figura 2. Panel frontal de control del módulo de transferencia automática EAOM-210FD.



Figura 3. Regulador trifásico de voltaje.



2.3.1.9. Tabla de los niveles de tensión y frecuencia aceptables a nivel de distribución en el Ecuador.

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	$\pm 7,0 \%$	$\pm 5,0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
Bajo Voltaje. Urbanas	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
Bajo Voltaje. Rurales	$\pm 13,0 \%$	$\pm 10,0 \%$

2.3.1.10. Especificaciones y advertencias:

- ✓ Antes de energizar los diferentes módulos se debe verificar la tensión en las tomas de energía monofásica y trifásica además de la verificación del buen estado de los conectores de cada módulo.
- ✓ Para medir la tensión de la red se deberá activar los tres breakers de la caja térmica que unen con el tablero de conexiones eléctricas.
- ✓ Asegurarse que antes de encender el generador sincrónico, el variador de frecuencia se encuentre apagado.
- ✓ No realizar ninguna conexión sin antes haber revisado los diagramas que se muestran en la guía práctica.
- ✓ No realizar ningún tipo de conexión con los breakers activados.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, desactivar el paro de emergencia del módulo de transferencia y seguidamente los breakers.

2.3.1.11. Procedimiento:

- 1) Comprobar que existe voltaje en las tomas de energía trifásicos y que tanto el conector trifásico del banco dos (motor generador 10 kW), conector trifásico del tablero de transferencia, así como la fuente de alimentación de CC se encuentran en buen estado.
- 2) Verificar que los tres breakers de la caja térmica están desactivados antes de manipular el tablero de conexiones eléctricas.
- 3) Siguiendo el “Diagrama del módulo de transferencia automática energizado y puesta en marcha del banco número dos (motor generador), para la calibración y verificación de parámetros eléctricos”, proceder a realizar las conexiones respectivas con los cables banana.
- 4) Encender el banco número dos (motor generador) y seguidamente calibrar la frecuencia del generador a 60Hz, 208V mediante el variador de frecuencia que se encuentra en el mismo banco.
- 5) Activar los tres breakers de la caja térmica que se han destinado para realizar las maniobras de corte de suministro de energía en la red.
- 6) Para poder visualizar los parámetros eléctricos en el panel frontal de control del módulo de transferencia automática EAOM 210FD, seguir los siguientes pasos:
 - ✓ Dirigirse a la pantalla multifunción en la que muestra las mediciones eléctricas durante el funcionamiento normal y dentro de los parámetros programados, registrar los parámetros que se muestran en pantalla.
 - ✓ Como se muestra en la “Descripción del panel frontal del módulo EAOM 210 FD”, identificar el área número 1, si el led está en rojo indica que hay presencia de voltaje en la red, si no lo está, pulsar el botón del área 15, este botón muestra el voltaje de la red o generador.
 - ✓ Una vez se encienda el led del área 1, se debe pulsar el botón del área 16 para visualizar los voltajes de fase y de línea en la pantalla digital, registre valores de voltaje de la red.
 - ✓ Para registrar el voltaje de fase y de línea que está suministrando el generador síncrono del banco número dos (motor generador), se deberá pulsar nuevamente el botón del área 15.

- 7) Una vez calibrados y registrados los valores de voltaje y frecuencia del banco número dos (motor generador) y registrados los valores de voltaje de fase y de línea tanto para la red como para el generador, se deberá ingresar los valores que en la siguiente tabla:

Tabla 2. Frecuencia y voltaje de línea registrados por el módulo de transferencia automática EAOM 210fd.

Niveles de voltaje de red primaria:			
Red bajo voltaje	Vac	Red sobre voltaje	Vca
L1		L1	
L2		L2	
L3		L3	
Niveles de frecuencia de red:			
Red bajo frecuencia (Hz)		Red sobre frecuencia (Hz)	
Niveles de voltaje de la res secundaria:			
Generador bajo voltaje	Vac	Generador sobre voltaje	Vca
A		A	
B		B	
C		C	
Niveles de frecuencia del generador:			
Red bajo frecuencia (Hz)		Red sobre frecuencia (Hz)	

Tabla 3. Tabla de verificación de niveles de voltaje y frecuencia registrados por el módulo EAOM-210FD con los niveles de voltaje aceptables a nivel de distribución en el Ecuador.

- 8) Desactivar el variador de frecuencia y apagar el banco número dos (motor generador), desactivar los breakers de la caja térmica que alimenta al módulo, desconectar las conexiones realizadas.

2.3.1.12. Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores registrados en las tablas 2 y tabla 3, que obtuvo con la medición del MÓDULO EAOM 210FD.
- 2) Hacer un análisis comparativo de los valores registrados con los niveles de voltaje y frecuencia tolerables a nivel de distribución en Ecuador de acuerdo con las normas vigentes aplicables.

2.3.1.13. Conclusiones de la práctica.

2.3.1.14. Recomendaciones de la práctica.

2.3.2. Practica N° 2

2.3.2.1. Tema: Simulación de pérdida de energía en las tres fases de la red, toma de carga por parte de la red auxiliar, retorno de energía de la red y toma de carga por parte de la misma.

2.3.2.2. Objetivo: Realizar la transferencia de energía entre la red y el generador de manera automática y bajo carga, así como la re-transferencia entre el generador y la red para mantener el suministro constante en las cargas.

2.3.2.3. Equipos y materiales:

- ✓ Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA
- ✓ Red auxiliar
- ✓ Cargas (Motores de inducción 3Ø / 0,75 Hp)
- ✓ Tablero de conexiones eléctricas
- ✓ Cables de conexión

2.3.2.4. Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro durante la ejecución de la práctica.
- ✓ Verificar que las tomas de energía y conectores tanto monofásicos como trifásicos que se van a utilizar en la práctica, estén en buen estado.
- ✓ Revisar que los cables de conexión tengan sus respectivos aislantes y que estén en buen estado.
- ✓ Cerciorarse de la inexistencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de los EPP.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

2.3.2.5. Información de los equipos:

- **Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA.** - Es una unidad de conmutación y transferencia automática para generadores diésel / gas, esta unidad permite la transferencia automática de una carga de la red al generador en caso de una falla en la red.

Entre los aspectos más importantes que monitorea se tiene:

- ✓ Voltaje de red (L1-N, L2-N, L3-N)

- ✓ Voltaje de red (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia de la red (Hz)
- ✓ Voltaje del generador (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje del generador (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia del generador (Hz)
- ✓ Potencia aparente del generador (KVA)
- ✓ Potencia activa del generador (kW)
- ✓ Potencia reactiva del generador (kVAr)
- ✓ Factor de potencia del generador
- **Regulador trifásico de voltaje.** - Los reguladores de voltaje (Variac) permiten ajustar el voltaje desde 0 voltios hasta el voltaje máximo para el que han sido diseñados.

Se utilizan en aplicaciones tales como:

- ✓ Laboratorio Equipos de control
- ✓ Equipo de iluminación
- ✓ Controles de temperatura
- ✓ Control de velocidad del Motor
- ✓ Control de otros transformadores.

Este tipo de regulador de voltaje consta de una perilla giratoria manual que permite controlar el voltaje de salida, variando suavemente entre giros ya que el cepillo tiene una resistencia relativamente alta (en comparación con un contacto metálico) y el voltaje de salida real está en función del área relativa del cepillo que tiene contacto con los devanados adyacentes.

2.3.2.6. Introducción

La transferencia entre dos fuentes diferentes de suministro de energía se realiza a través de la red y un generador auxiliar. Esto consiste en preparar al generador para que este sea capaz de coger la carga cuando exista pérdida de energía tanto en una como en tres fases de la red, de igual manera al detectar el retorno de energía de la red, esta sea capaz de tomar la carga para mantener el suministro constante en las cargas.

2.3.2.7. Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar sobre la transferencia de energía entre dos fuentes diferentes, tanto de forma manual como automática.

2) Revisar los diagramas de conexiones en delta y estrella para los motores trifásicos.

2.3.2.8. *Diagrama y/o circuitos.*

Figura 1. Diagrama de transferencia de energía de manera automática y bajo carga entre red - generador y viceversa.

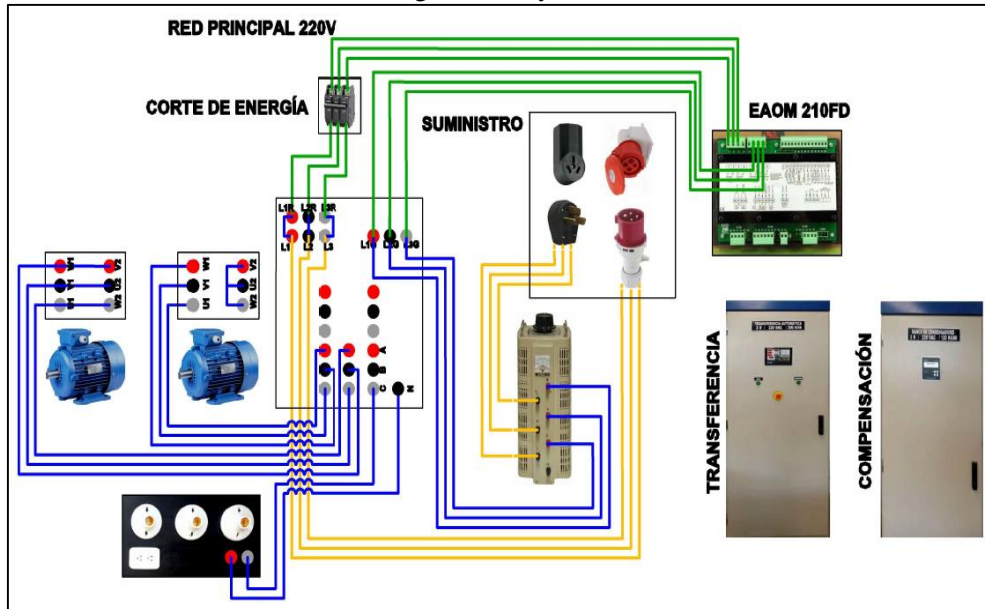
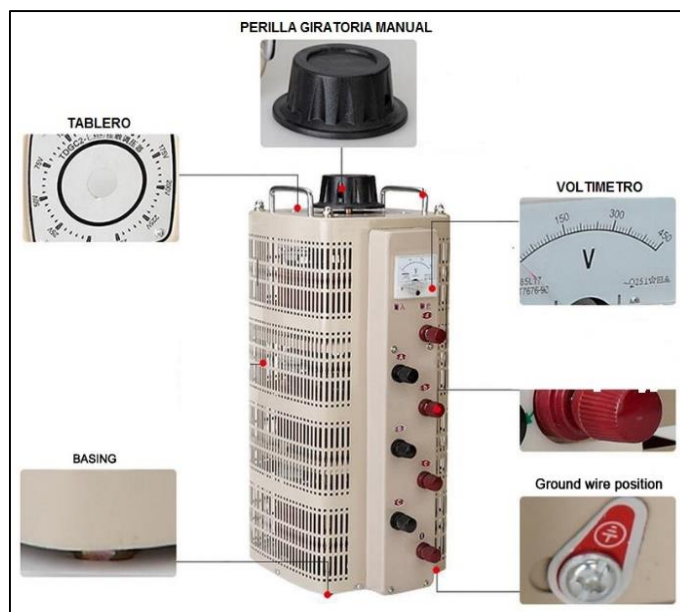


Figura 2. Panel frontal de control del módulo de transferencia automática EAOM 210FD.



Figura 3. Regulador de voltaje trifásico.



2.3.2.9. Especificaciones y advertencias:

- ✓ Antes de energizar los diferentes módulos se debe verificar la tensión en las tomas de energía monofásica y trifásica además de la verificación del buen estado de los conectores de cada módulo.
- ✓ Para energizar la red se deberá activar los tres breakers de la caja térmica que unen con el tablero de conexiones eléctricas.
- ✓ No realizar ninguna conexión sin antes haber revisado los diagramas que se muestran en la guía práctica.
- ✓ No realizar ningún tipo de conexión con los breakers activados.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, desactivar el paro de emergencia del módulo de transferencia y seguidamente los breakers.

2.3.2.10. Procedimiento:

- 1) Comprobar que existe voltaje en las tomas de energía trifásicos y que tanto el regulador trifásico de voltaje, conector trifásico del tablero de transferencia, así como la fuente de alimentación de CC se encuentran en buen estado.
- 2) Verificar que los tres breakers de la caja térmica están desactivados antes de manipular el tablero de conexiones eléctricas.
- 3) Siguiendo el “Diagrama de transferencia de energía de manera automática y bajo carga entre red - generador y viceversa”, realizar las conexiones respectivas con los cables banana de la siguiente manera:
 - ✓ Hacer un puente entre los conectores (L1-L1R), (L2-L2R) y (L3-L3R) para alimentar el lado de la red, de igual manera para alimentar el lado del generador

hacer un puente entre los conectores (A-L1G), (B-L2G) y (C-L3G), por ultimo sea en delta o en estrella conectar las cargas (Motores de inducción 3Ø / 0,75 Hp) de acuerdo al diagrama.

- 4) Conectar el regulador de voltaje y ayudándonos de la perilla manual, fijar el voltaje en 220V.
- 5) Activar los breakers de la caja térmica que se han destinado para realizar las maniobras de corte y reconexión de suministro de energía en la red.
- 6) Para realizar la transferencia de energía entre la red y el generador de manera automática y bajo carga debe asegurarse que en el panel frontal de control del módulo de transferencia automática EAOM 210FD y de acuerdo a la “Descripción del panel frontal del módulo EAOM 210 FD”, identificar el área número 31, si el led está en rojo indica que el módulo de funcionamiento de la unidad se encuentra en modo AUTO, si no lo está, pulsar el botón hasta que se encienda el led de color rojo.
- 7) Una vez identificado que la unidad de transferencia se encuentra en modo AUTO, deberá seguir los siguientes pasos para realizar la transferencia entre la red y el generador:
 - ✓ Desactivar los breakers destinados para realizar el corte del suministro de energía, si los parámetros eléctricos de la red auxiliar son aceptables, instantáneamente observará como el interruptor motorizado de la red empieza a desactivarse en su primera etapa y al pasar a la segunda etapa el interruptor motorizado del generador salta (cierra el circuito) y se hace cargo de la carga.
 - ✓ Para simular la reconexión y que el módulo realice la transferencia entre el generador y la red se deberá activar los breakers que para el paso anterior se desactivaron, si los parámetros eléctricos de la red son aceptables, instantáneamente observara como el interruptor motorizado del generador empieza a desactivarse en su primera etapa y al pasar a la segunda etapa el interruptor motorizado de la red salta (cierra el circuito), haciendo la reconexión de la red y nuevamente haciéndose cargo de la carga.
- 8) Desconectar el regulador de voltaje, desactivar los breakers de la caja térmica que alimenta al módulo y desconectar las conexiones realizadas.

2.3.2.11. Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores registrados en las tablas 2 y tabla 3, que obtuvo con la medición del MÓDULO EAOM 210FD.
- 2) Hacer un análisis comparativo de los valores registrados con los niveles de voltaje y frecuencia tolerables a nivel de distribución en Ecuador de acuerdo con las normas vigentes aplicables.

2.3.2.12. Conclusiones de la práctica.

2.3.2.13. Recomendaciones de la práctica.

2.3.3. Practica N° 3

2.3.3.1. Tema: Toma de carga por parte de la red y conexión del banco de corrección de factor de potencia.

2.3.3.2. Objetivo: Realizar la conexión del banco de capacitores mediante el módulo BR6000 para elevar el factor de potencia de la carga inductiva conectada a la barra principal del tablero de transferencia.

2.3.3.3. Equipos y materiales:

- ✓ Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA
- ✓ Banco de condensadores 3Ø / 220 VAC / 120 KVAR
- ✓ Red auxiliar
- ✓ Cargas (Motores de inducción 3Ø / 0,75 Hp)
- ✓ Tablero de conexiones eléctricas
- ✓ Cables de conexión

2.3.3.4. Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro durante la ejecución de la práctica.
- ✓ Verificar que las tomas de energía y conectores tanto monofásicos como trifásicos que se van a utilizar en la práctica, estén en buen estado.
- ✓ Revisar que los cables de conexión tengan sus respectivos aislantes y que estén en buen estado.
- ✓ Cerciorarse de la inexistencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de los EPP.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

2.3.3.5. Información de los equipos:

- **Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA.** - Es una unidad de conmutación y transferencia automática para generadores diésel / gas, esta unidad permite la transferencia automática de una carga de la red al generador en caso de una falla en la red.

Entre los aspectos más importantes que monitorea se tiene:

- ✓ Voltaje de red (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje de red (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia de la red (Hz)
- ✓ Voltaje del generador (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje del generador (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia del generador (Hz)
- ✓ Potencia aparente del generador (KVA)
- ✓ Potencia activa del generador (kW)
- ✓ Potencia reactiva del generador (kVAr)
- ✓ Factor de potencia del generador
- **Banco de condensadores 3Ø / 220 VAC / 120 KVAR.** - Los controladores para corrección del factor de potencia (PFC) son de gran importancia en el sistema PFC ya que miden el factor de potencia real y conectan o desconectan las etapas del condensador para lograr un valor sésado específico (cos).

Entre las funciones principales se tiene la visualización de numerosos parámetros del sistema tales como:

- ✓ Voltaje del sistema (V AC)
- ✓ Potencia reactiva (kVAr)
- ✓ Potencia activa (kW)
- ✓ frecuencia
- ✓ THD-V, THD-I *
- ✓ Armónicos individuales hasta el 19
- ✓ Monitorización de corrientes de condensadores individuales
- ✓ Potencia aparente (kVA)
- ✓ Corriente aparente (A)
- ✓ Temperatura (° C)
- ✓ Factor de potencia en tiempo real

- ✓ Factor de potencia de destino
- ✓ Valor kVAr al factor de potencia objetivo
- **Regulador trifásico de voltaje.** - Los reguladores de voltaje (Variac) permiten ajustar el voltaje desde 0 voltios hasta el voltaje máximo para el que han sido diseñados.

Se utilizan en aplicaciones tales como:

- ✓ Laboratorio Equipos de control
- ✓ Equipo de iluminación
- ✓ Controles de temperatura
- ✓ Control de velocidad del Motor
- ✓ Control de otros transformadores.

Este tipo de regulador de voltaje consta de una perilla giratoria manual que permite controlar el voltaje de salida, variando suavemente entre giros ya que el cepillo tiene una resistencia relativamente alta (en comparación con un contacto metálico) y el voltaje de salida real está en función del área relativa del cepillo que tiene contacto con los devanados adyacentes.

2.3.3.6.Introducción

Las cargas inductivas que se conectan en la red, tales como motores, transformadores entre otros, originan un bajo factor de potencia puesto que el consumo de corriente de estos equipos se desfasa con relación al voltaje, provocando un bajo factor de potencia, esto aplicado en una industria es motivo de penalizaciones, por este motivo se hace la compensación de energía, la cual consiste en conectar un grupo de capacitores en paralelo con la red con el fin de llevar el factor de potencia lo más cercano a 1.

2.3.3.7.Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar cómo se calcula el factor de potencia de una carga inductiva.
- 2) Investigar para que sirve y cómo se conecta un banco de capacitores.

2.3.3.8. Diagrama y/o circuitos.

Figura 1. Diagrama de toma de carga por parte de la red y conexión del banco de corrección de factor de potencia.

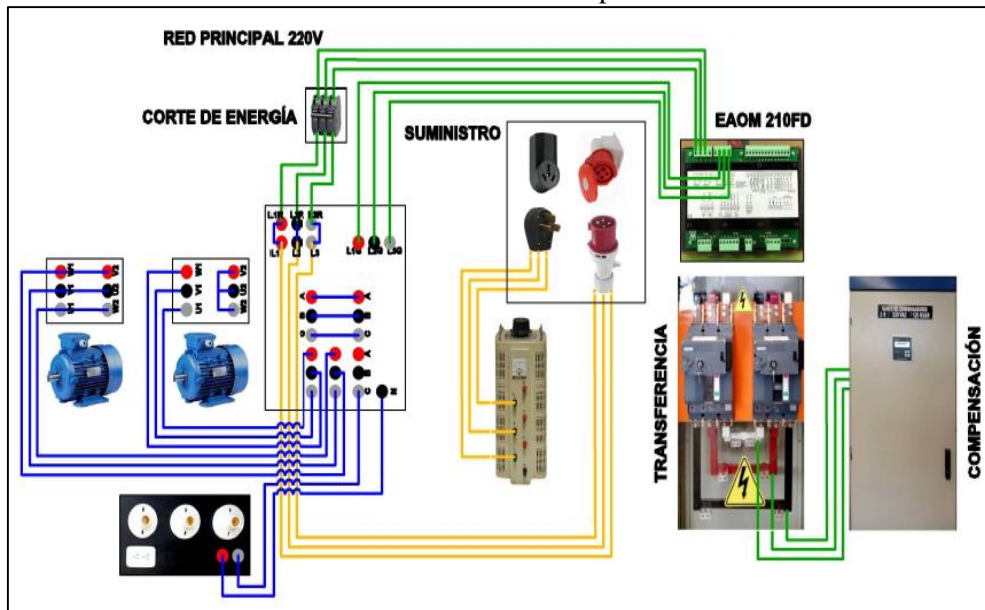
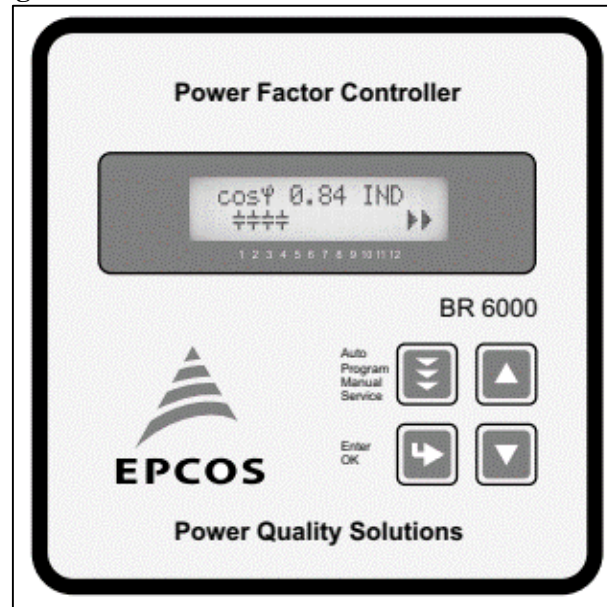


Figura 2. Panel frontal de control del módulo BR6000.



2.3.3.9. Especificaciones y advertencias:

- ✓ Antes de energizar los diferentes módulos se debe verificar la tensión en las tomas de energía monofásica y trifásica además de la verificación del buen estado de los conectores de cada módulo.
- ✓ No realizar ninguna conexión sin antes haber revisado los diagramas que se muestran en la guía práctica.
- ✓ No realizar ningún tipo de conexión con los breakers activados.

- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, desactivar el paro de emergencia del módulo de transferencia y seguidamente los breakers.

2.3.3.10. Procedimiento:

- 1) Comprobar que existe voltaje en las tomas de energía trifásicos y que el conector trifásico del tablero de transferencia, así como la fuente de alimentación de CC se encuentran en buen estado.
- 2) Verificar que los tres breakers de la caja térmica están desactivados antes de manipular el tablero de conexiones eléctricas.
- 3) Siguiendo el “Diagrama de toma de carga por parte de la red y conexión del banco de corrección de factor de potencia”, realizar las conexiones respectivas con los cables banana de la siguiente manera:
 - ✓ Hacer un puente entre los conectores (L1-L1R), (L2-L2R) y (L3-L3R) para alimentar el lado de la red.
 - ✓ Sea en delta o en estrella conectar las cargas (Motores de inducción $3\emptyset / 0,75$ Hp) de acuerdo al diagrama.
- 4) Activar los tres breakers de la caja térmica que se han destinado para realizar las maniobras de corte y reconexión de suministro de energía en la red.
- 5) Identificar que la unidad de compensación se encuentra en modo AUTO.
 - ✓ Para visualizar el factor de potencia que está censando el controlador BR6000, dirigirse a la pantalla multifunción en la que se muestra la medición del factor de potencia en tiempo real durante el funcionamiento de las cargas inductivas, registre el valor del factor de potencia.
 - ✓ Para elevar el factor de potencia se debe hacer un puente entre los conectores de la red y la compensación siguiendo los colores para no intercambiar las fases.
 - ✓ Por ultimo para visualizar el nuevo factor de potencia, dirigirse nuevamente a la pantalla multifunción en la que se muestra la medición del factor de potencia en tiempo real durante el funcionamiento de las cargas inductivas actualizado, registre el nuevo valor del factor de potencia.

Tabla 1. Factor de potencia registrado por el módulo br600 antes y después de realizar la compensación.

fp Antes de la compensación	Fp Después de la compensación

- 6) Desactivar los breakers de la caja térmica que alimenta al módulo, desconectar las conexiones realizadas.

2.3.3.11. Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores registrados en la tabla 1, que obtuvo con el registro del factor de potencia antes de realizar la compensación y el valor que registro después de que el MÓDULO BR6000 realice la compensación automática.
- 2) Hacer un análisis comparativo de los valores registrados antes y después de realizar la compensación, además de comprobar si el factor de potencia que registro antes de realizar la compensación, cumple con el factor de potencia mínimo aceptado en el Ecuador de acuerdo con las normas vigentes aplicables.

2.3.3.12. Conclusiones de la práctica.

2.3.3.13. Recomendaciones de la práctica.

2.3.4. Practica N° 4

2.3.4.1. Tema: Simulación de transferencia automática por falla de bajo y sobre voltaje y fallas de baja y sobre frecuencia bajo carga.

2.3.4.2. Objetivo: Realizar la transferencia de energía entre la red auxiliar y red principal considerando fallas de sobre y bajo voltaje y fallas de sobre y baja frecuencia con la carga conectada.

2.3.4.3. Equipos y materiales:

- ✓ Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA
- ✓ Red auxiliar
- ✓ Cargas (Motores de inducción 3Ø / 0,75 Hp)
- ✓ Tablero de conexiones eléctricas
- ✓ Cables de conexión número uno y dos

2.3.4.4. Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro durante la ejecución de la práctica.
- ✓ Verificar que las tomas de energía y conectores tanto monofásicos como trifásicos que se van a utilizar en la práctica, estén en buen estado.

- ✓ Revisar que los cables de conexión tengan sus respectivos aislantes y que estén en buen estado.
- ✓ Cerciorarse de la inexistencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de los EPP.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

2.3.4.5. Información de los equipos:

- **Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA.** - Es una unidad de conmutación y transferencia automática para generadores diésel / gas, esta unidad permite la transferencia automática de una carga de la red al generador en caso de una falla en la red.

Entre los aspectos más importantes que monitorea se tiene:

- ✓ Voltaje de red (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje de red (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia de la red (Hz)
- ✓ Voltaje del generador (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje del generador (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia del generador (Hz)
- ✓ Potencia aparente del generador (KVA)
- ✓ Potencia activa del generador (kW)
- ✓ Potencia reactiva del generador (kVAr)
- ✓ Factor de potencia del generador
- **Regulador trifásico de voltaje.** - Los reguladores de voltaje (Variac) permiten ajustar el voltaje desde 0 voltios hasta el voltaje máximo para el que han sido diseñados.

Se utilizan en aplicaciones tales como:

- ✓ Laboratorio Equipos de control
- ✓ Equipo de iluminación
- ✓ Controles de temperatura
- ✓ Control de velocidad del Motor
- ✓ Control de otros transformadores.

Este tipo de regulador de voltaje consta de una perilla giratoria manual que permite controlar el voltaje de salida, variando suavemente entre giros ya que el cepillo tiene

una resistencia relativamente alta (en comparación con un contacto metálico) y el voltaje de salida real está en función del área relativa del cepillo que tiene contacto con los devanados adyacentes.

2.3.4.6. Introducción

Las variaciones de voltaje que se presentan en las líneas eléctricas provocan daños parciales o totales en máquinas y equipos, con bajo voltaje las maquinas siguen encendidas y en funcionamiento pero operando con un voltaje y potencia menor al requerido, en sobre voltaje se presentan valores de tensión constantes por encima del voltaje ideal predeterminado para una línea eléctrica, por este motivo en lugares en donde existe mucha caída de tensión se ve necesaria la intervención de otras fuentes alternativas para lograr que las máquinas y equipos operen a un nivel adecuado de tensión.

2.3.4.7. Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar sobre los niveles de tensión y frecuencia establecidos como aceptables a nivel de distribución en el Ecuador.
- 2) Investigar sobre los reguladores trifásicos de tensión.

2.3.4.8. Diagrama y/o circuitos.

Figura 1. Diagrama de transferencia automática por falla de bajo y sobre voltaje y fallas de baja y sobre frecuencia bajo carga.

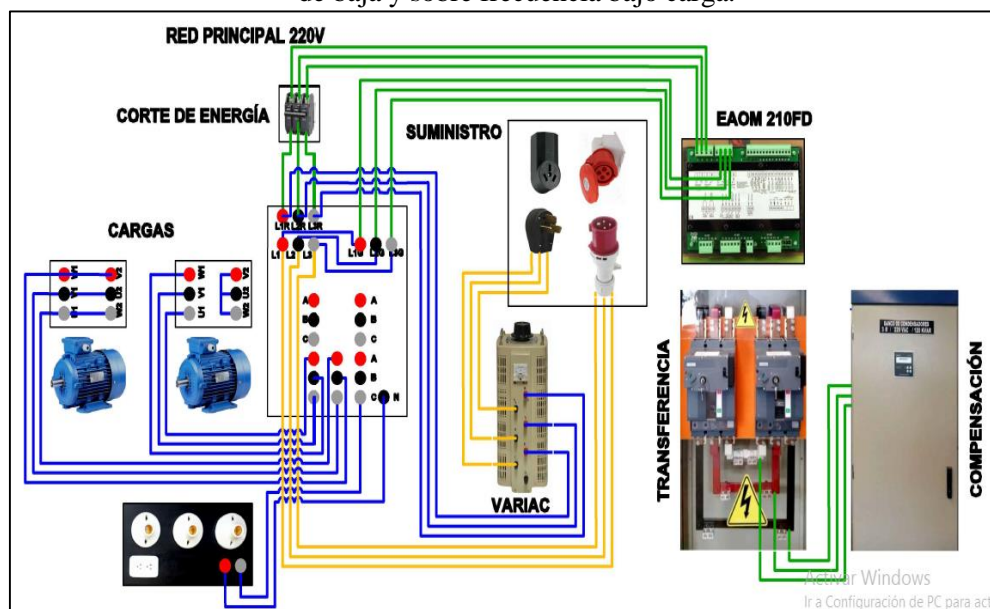
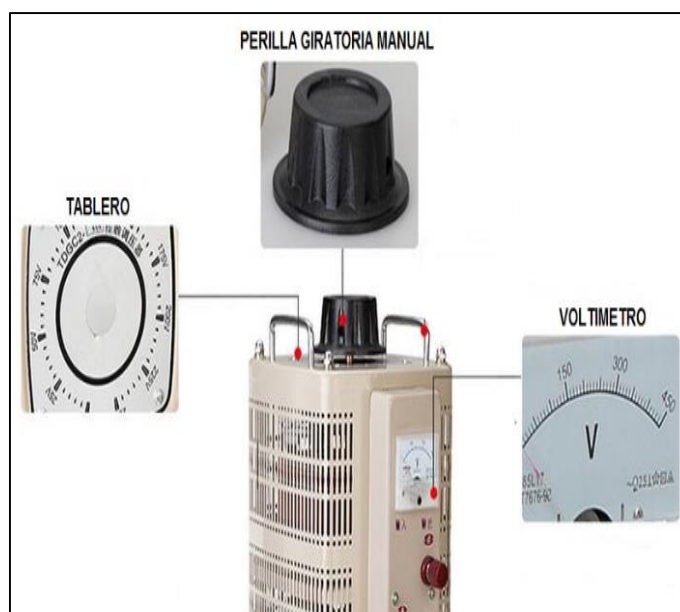


Figura 2. Control de voltaje del regulador trifásico.



2.3.4.9. Tabla de los niveles de tensión y frecuencia aceptables a nivel de distribución en el Ecuador.

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

2.3.4.10. Especificaciones y advertencias

- ✓ Antes de energizar los diferentes módulos se debe verificar la tensión en las tomas de energía monofásica y trifásica además de la verificación del buen estado de los conectores de cada módulo.
- ✓ No realizar ninguna conexión sin antes haber revisado los diagramas que se muestran en la guía práctica.
- ✓ No realizar ningún tipo de conexión con los breakers activados.
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, desactivar el paro de emergencia del módulo de transferencia y seguidamente los breakers.

2.3.4.11. Procedimiento:

- 1) Comprobar que existe voltaje en las tomas de energía trifásicos y que el conector trifásico del tablero de transferencia, así como la fuente de alimentación de CC y el regulador trifásico de voltaje se encuentran en buen estado.
- 2) Verificar que los tres breakers de la caja térmica están desactivados antes de manipular el tablero de conexiones eléctricas.

- 3) Siguiendo el “Diagrama de transferencia automática por falla de bajo y sobre voltaje y fallas de baja y sobre frecuencia bajo carga.”, realizar las conexiones respectivas con los cables banana de la siguiente manera:
 - ✓ Como se muestra en el diagrama de la alimentación trifásica del tablero de conexiones número dos, se debe alimentar el regulador trifásico de voltaje y de las salidas de este regulador se debe conectar a los conectores A, B y C del tablero de conexiones número uno respectivamente.
 - ✓ Con la perilla giratoria y fijándose en el tablero del regulador de voltaje, calibrar en 220V.
 - ✓ Hacer un puente entre los conectores (A-L1R), (B-L2R) y (C-L3R) para alimentar el lado que el módulo reconoce como red principal, se realiza esta conexión para poder simular la caída de tensión en las líneas, a través del regulador trifásico de voltaje.
 - ✓ Hacer un puente entre los conectores (L1-L1G), (L2-L2G) y (L3-L3G) para alimentar el lado que el módulo reconoce como red auxiliar, se hace estas conexiones ya que la unidad al detectar caída de tensión va a realizar la transferencia con la red que está cumpliendo con los parámetros aceptables y es capaz de hacerse cargo de la carga.
 - ✓ Sea en delta o en estrella conectar las cargas (Motores de inducción 3Ø / 0,75 Hp) de acuerdo al diagrama.
- 4) Activar los tres breakers de la caja térmica que en esta práctica se han destinado para dar paso a la energía en el lado de la red secundaria.
- 5) Identificar que la unidad de compensación se encuentra en modo AUTO.
- 6) Ligeramente hacer girar la perilla del regulador hasta fijar el voltaje de salida en 202V y observar si el módulo de transferencia ha detectado esta disminución (caída de voltaje) y si ha realizado alguna maniobra por parte del mismo.
- 7) Ligeramente hacer girar la perilla del regulador hasta fijar el voltaje de salida en 228V y observar si el módulo de transferencia ha detectado esta disminución (caída de voltaje) y si ha realizado alguna maniobra por parte del mismo.

Tabla 1. Frecuencia y voltaje de línea registrados por el módulo de transferencia automática EAOM 210FD.

Niveles de voltaje de red primaria:			
Red bajo voltaje	Vac	Red sobre voltaje	Vca
L1		L1	
L2		L2	
L3		L3	
Niveles de frecuencia de red:			
Red bajo frecuencia (Hz)		Red sobre frecuencia (Hz)	
Niveles de voltaje de la res secundaria:			
Generador bajo voltaje	Vac	Generador sobre voltaje	Vca
A		A	
B		B	
C		C	
Niveles de frecuencia del generador:			
Red bajo frecuencia (Hz)		Red sobre frecuencia (Hz)	

- 8) Desactivar los breakers de la caja térmica que alimenta al módulo, Ligeramente hacer girar la perilla del regulador hasta fijar el voltaje de salida en 0V, desconectar las conexiones realizadas.

2.3.4.12. Informe.

- 1) Presentación de los datos y valores registrados en la tabla 1, que obtuvo con el registro de la variación del voltaje detectados por el MÓDULO EAOM 210FD.
- 2) Hacer un análisis comparativo de los valores registrados antes y después de simular la caída de tensión, además de comprobar si los porcentajes tanto en bajo como en sobre voltaje, cumplen con los niveles de voltaje aceptado a nivel de distribución en el Ecuador de acuerdo con las normas vigentes aplicables.

2.3.4.13. Conclusiones de la práctica.

2.3.4.14. Recomendaciones de la práctica.

2.3.5. Practica N° 5

- 2.3.5.1.Tema:** Modificación de los parámetros de bajo y sobre voltaje y parámetros de baja y sobre frecuencia a través del Software EAOM-210 FD, para realizar la toma de carga por parte de la red auxiliar.

2.3.5.2. Objetivo: Modificar el bajo y sobre voltaje, así como la baja y sobre frecuencia de la red principal en el software EAOM-210 FD para que el modulo pueda hacer la transferencia debido a falla de voltaje en la red principal con la carga conectada.

2.3.5.3. Equipos y materiales:

- ✓ Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA
- ✓ Red auxiliar (Regulador de voltaje trifásico)
- ✓ PC con software EAOM-210 FD instalado
- ✓ Conexión de cable entre el terminal RS-232 del módulo y la PC
- ✓ Cargas (Motores de inducción 3Ø / 0,75 Hp)
- ✓ Tablero de conexiones eléctricas
- ✓ Cables de conexión

2.3.5.4. Requisitos de seguridad:

- ✓ Aplicar las cinco reglas de oro durante la ejecución de la práctica.
- ✓ Verificar que las tomas de energía y conectores tanto monofásicos como trifásicos que se van a utilizar en la práctica, estén en buen estado.
- ✓ Revisar que los cables de conexión tengan sus respectivos aislantes y que estén en buen estado.
- ✓ Cerciorarse de la inexistencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica.
- ✓ Utilización de los EPP.
- ✓ Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

2.3.5.5. Información de los equipos:

- **Tablero de transferencia automática 3Ø / 220 VAC / 300 KVA.** - Es una unidad de conmutación y transferencia automática para generadores diésel / gas, esta unidad permite la transferencia automática de una carga de la red al generador en caso de una falla en la red.

Entre los aspectos más importantes que monitorea se tiene:

- ✓ Voltaje de red (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje de red (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia de la red (Hz)
- ✓ Voltaje del generador (L1-N, L2-N, L3-N)
- ✓ Voltaje del generador (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
- ✓ Frecuencia del generador (Hz)

- ✓ Potencia aparente del generador (KVA)
- ✓ Potencia activa del generador (kW)
- ✓ Potencia reactiva del generador (kVAr)
- ✓ Factor de potencia del generador
- **Regulador trifásico de voltaje.** - Los reguladores de voltaje (Variac) permiten ajustar el voltaje desde 0 voltios hasta el voltaje máximo para el que han sido diseñados.

Se utilizan en aplicaciones tales como:

- ✓ Laboratorio Equipos de control
- ✓ Equipo de iluminación
- ✓ Controles de temperatura
- ✓ Control de velocidad del Motor
- ✓ Control de otros transformadores.

Este tipo de regulador de voltaje consta de una perilla giratoria manual que permite controlar el voltaje de salida, variando suavemente entre giros ya que el cepillo tiene una resistencia relativamente alta (en comparación con un contacto metálico) y el voltaje de salida real está en función del área relativa del cepillo que tiene contacto con los devanados adyacentes.

2.3.5.6.Introducción

Las variaciones de voltaje que se presentan en las líneas eléctricas provocan daños parciales o totales en máquinas y equipos, con bajo voltaje las maquinas siguen encendidas y en funcionamiento pero operando con un voltaje y potencia menor al requerido, en sobre voltaje se presentan valores de tensión constantes por encima del voltaje ideal predeterminado para una línea eléctrica, por este motivo en lugares en donde existe mucha caída de tensión se ve necesaria la intervención de otras fuentes alternativas para lograr que las máquinas y equipos operen a un nivel adecuado de tensión.

2.3.5.7.Trabajo preparatorio:

- 1) Investigar sobre los niveles de tensión y frecuencia establecidos como aceptables en baja tensión en el Ecuador de acuerdo a las normas vigentes
- 2) Investigar el datasheet del módulo EAOM-210 FD, en cuanto a la interfaz y modificación de parámetros del técnico.

2.3.5.8. Diagrama y/o Circuitos.

Figura 1. Diagrama de transferencia de energía de manera automática y bajo carga entre red principal y red auxiliar.

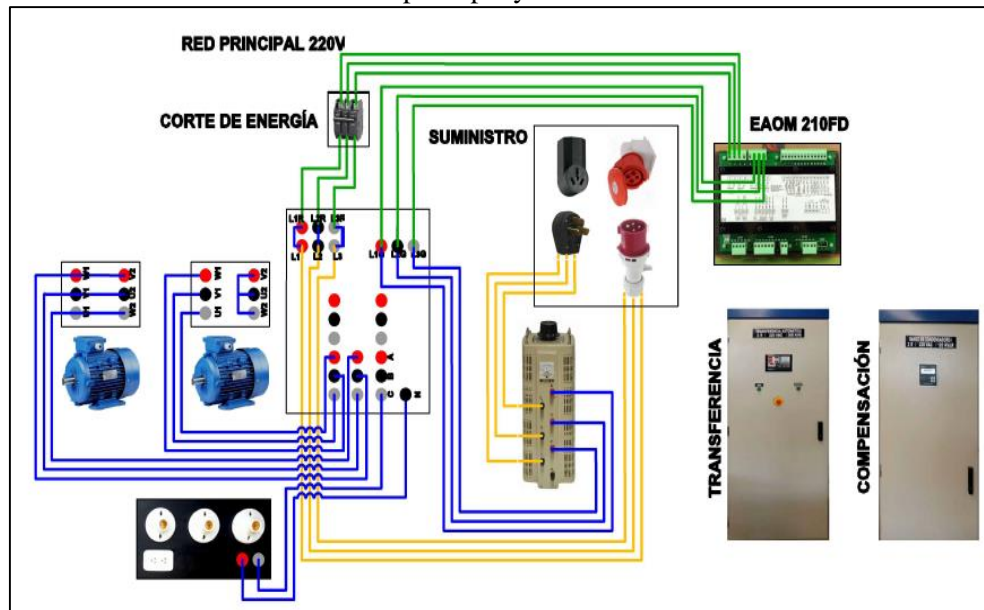
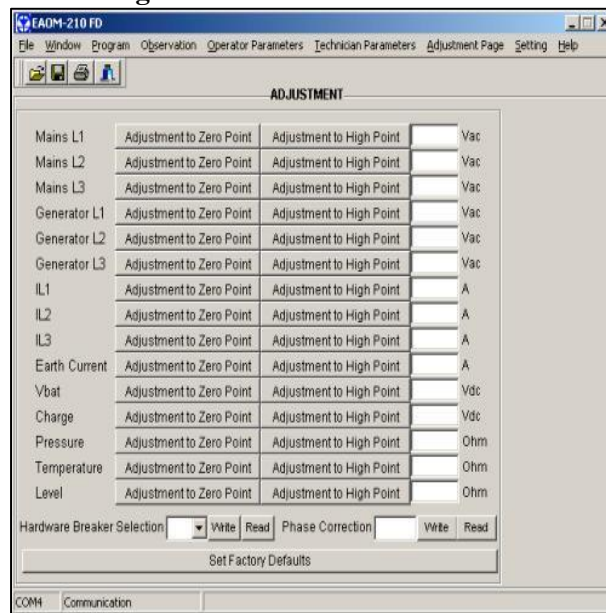


Figura 2. Software EAOM-210FD



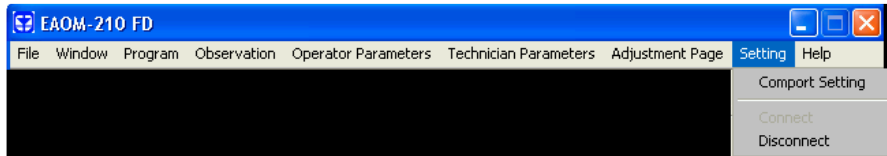
2.3.5.9. Especificaciones y advertencias:

- ✓ Antes de energizar los diferentes módulos se debe verificar la tensión en las tomas de energía monofásica y trifásica además de la verificación del buen estado de los conectores de cada módulo.
- ✓ No realizar ninguna conexión sin antes haber revisado los diagramas que se muestran en la guía práctica.
- ✓ No realizar ningún tipo de conexión con los breakers activados.

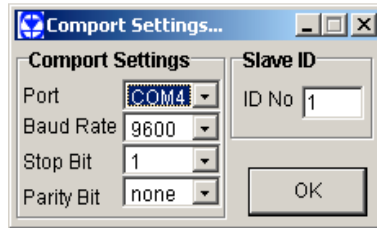
- ✓ En caso de emergencia o que se desee parar la prueba, desactivar el paro de emergencia del módulo de transferencia y seguidamente los breakers.

2.3.5.10. Procedimiento:

- 1) Comprobar que existe voltaje en las tomas de energía trifásicos y que tanto el conector trifásico del tablero de transferencia, así como la fuente de alimentación de CC y el regulador trifásico de voltaje se encuentran en buen estado.
- 2) Verificar que los tres breakers de la caja térmica están desactivados antes de manipular el tablero de conexiones eléctricas.
- 3) Siguiendo el “Diagrama de transferencia de energía de manera automática y bajo carga entre red - generador y viceversa”, realizar las conexiones respectivas con los cables banana de la siguiente manera:
 - ✓ Hacer un puente entre los conectores (L1-L1R), (L2-L2R) y (L3-L3R) para alimentar el lado de la red, de igual manera para alimentar el lado del generador hacer un puente entre los conectores (A-L1G), (B-L2G) y (C-L3G), por ultimo sea en delta o en estrella conectar las cargas (Motores de inducción $3\emptyset / 0,75$ Hp) de acuerdo al diagrama.
- 4) Conectar el regulador trifásico de voltaje y seguidamente calibrar el voltaje a 220V haciendo girar la perilla manual.
- 5) Activar los breakers de la caja térmica que se han destinado para realizar las maniobras de corte y reconexión de suministro de energía en la red.
- 6) Para realizar la transferencia de energía entre la red y el generador de manera automática y bajo carga debe asegurarse que en el panel frontal de control del módulo de transferencia automática EAOM 210FD y de acuerdo a la “Descripción del panel frontal del módulo EAOM 210 FD”, identificar el área número 31, si el led está en rojo indica que el módulo de funcionamiento de la unidad se encuentra en modo AUTO, si no lo está, pulsar el botón hasta que se encienda el led de color rojo.
- 7) Una vez identificado que la unidad de transferencia se encuentra en modo AUTO, deberá seguir los siguientes pasos dentro del Software EAOM-210 FD.
 - ✓ Al ejecutar el programa y dirigirse al menú de configuración, se va a mostrar una ventana en la que se determinara como se va a establecer la conexión.



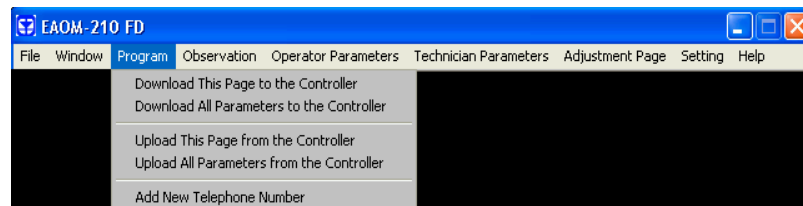
En el menú de configuración en la ventana “Comport Setting” se debe elegir el puerto COM al que se encuentra conectado el adaptador USB y dar clic en OK.



Si la configuración del comportamiento se realiza correctamente, cuando se presiona el botón "Conectar", se establece la conexión.



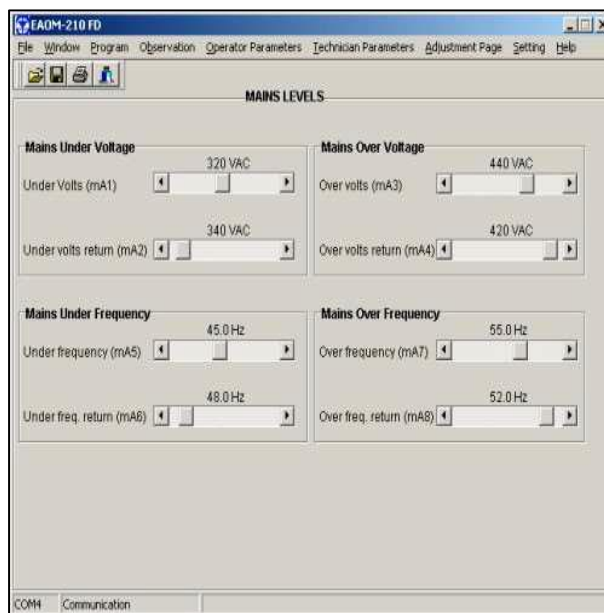
- ✓ Una vez establecida la conexión es importante dirigirse a “Technician Parameters Menu” para poder visualizar y modificar todos los parámetros de baja y sobre voltaje, así como parámetros de baja y sobre frecuencia.
- ✓ Lo siguiente que deberá hacer es dirigirse al menú programa y seleccionar la opción “Upload All Parameters from the Controller” para cargar desde el dispositivo a la PC todos los parámetros del técnico.



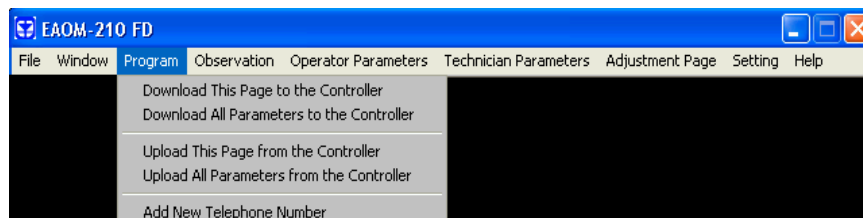
- ✓ Lo siguiente es dirigirse al menú archivo y guardar los parámetros que se tienen registrados en el software.
- ✓ El paso siguiente es dirigirse a la ventana “Operator Parameters Menu:” e ingresar los valores de las siguientes tablas:

En la ventana de los datos de nivel de red se deberá ingresar los valores de la siguiente tabla:

NIVELES DE RED	
RED DE BAJO VOLTAJE	RED DE SOBRE VOLTAJE
RED DE BAJA FRECUENCIA	RED DE SOBRE FRECUENCIA

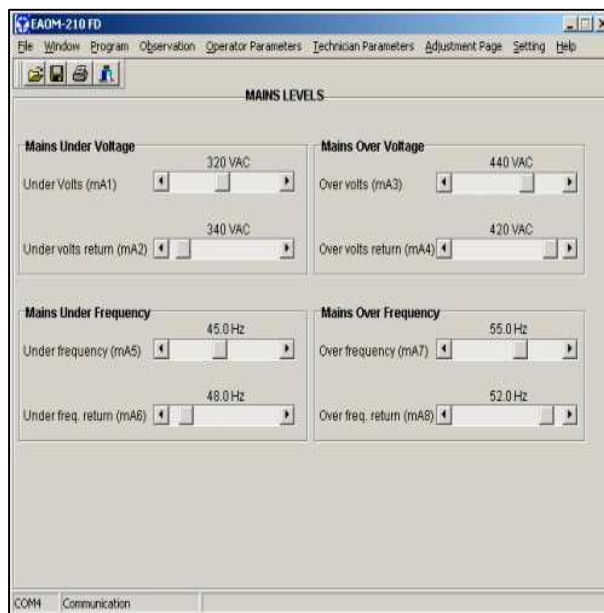


- ✓ Después de modificar los valores de bajo y sobre voltaje y parámetros de baja y sobre frecuencia de la red en los parámetros del técnico del módulo EAOM-210 FD se deberá dirigir al menú programa y en esta sección se deberá escoger la opción “Download This Page to the Controller” para cargar desde la PC al módulo solo los parámetros de la página relacionada.

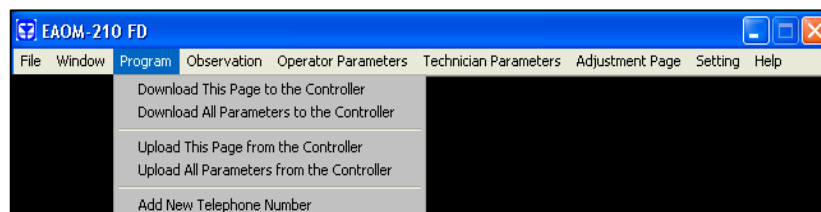


- ✓ En la ventana de los datos de nivel del generador se deberá ingresar los valores de la siguiente tabla:

NIVELES DEL GENERADOR	
RED DE BAJO VOLTAJE	RED DE SOBRE VOLTAJE
RED DE BAJA FRECUENCIA	RED DE SOBRE FRECUENCIA



- ✓ Después de modificar los valores de bajo y sobre voltaje y parámetros de baja y sobre frecuencia del generador en los parámetros del técnico del módulo EAOM-210 FD se deberá dirigir al menú programa y en esta sección se deberá escoger la opción “Download This Page to the Controller” para cargar desde la PC al módulo solo los parámetros de la página relacionada.



- ✓ Nuevamente dirigirse al menú programa y en esta sección se deberá escoger la opción “Download This Page to the Controller” para cargar desde la PC al módulo solo los parámetros de la página relacionada.

- ✓ Por último dirigirse al menú archivo y guardar los parámetros que se modificaron en el software.
- 8) Desactivar los breakers de la caja térmica que alimenta al módulo, desconectar las conexiones realizadas.

2.3.5.11. Informe.

- 1) Presentación de los parámetros que se tienen registrados en el software antes de cambiar los parámetros de voltaje y frecuencia.
- 2) Presentación de los parámetros que se tienen registrados en el software después de cambiar los parámetros de voltaje y frecuencia.

2.3.5.12. Conclusiones de la práctica.

2.3.5.13. Recomendaciones de la práctica.