



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

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

**“ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN
GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN
DE UN PROTOTIPO”**

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

Autores:

Anaguano Salazar Algenis Gabriel

Mallitasig Pilatasig Bryan Omar

Tutor:

Ing. Proaño Maldonado Xavier
Alfonso Ms. C.

LATACUNGA – ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **ANAGUANO SALAZAR ALGENIS GABRIEL** y **MALLITASIG PILATASIG BRYAN OMAR**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación; “**ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO**”, siendo el **Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado MSc.**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de exclusiva responsabilidad.



.....
Anaguano Salazar Algenis Gabriel
C.I.: 150083017-7



.....
Mallitasig Pilatasig Bryan Omar
C.I.: 050435782-3

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el tema:

“ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO” de los señores **ANAGUANO SALAZAR ALGENIS GABRIEL** y **MALLITASIG PILATASIG BRYAN OMAR**, de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científicos-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, julio del 2019

TUTOR:



.....
Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado Msc.
C.I.: 050265642-4

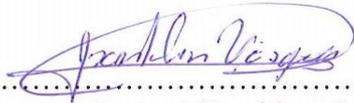
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) ; por cuanto, los postulantes: **ANAGUANO SALAZAR ALGENIS GABRIEL** y **MALLITASIG PILATASIG BRYAN OMAR**, con el título de Propuesta Tecnológica: “**ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO**”, 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, julio del 2019

Para constancia firman:



Lector 1(Presidente)
MSC. Franklin Vásquez
C.I.: 171043449-7



Lector 2
MSC. Gabriel Pesantez
C.I.: 030189388-9



Lector 3
MSC. Wilian Guamán
C.I.: 060357895-6

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de director de la carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la Universidad Técnica de Cotopaxi certifico que mediante el proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO”**, de los señores; **ANAGUANO SALAZAR ALGENIS GABRIEL** con C.I.: **150083017-7** y **MALLITASIG PILATASIG BRYAN OMAR** con C.I.: **050435782-3**, realizan la entrega de un módulo de que permite realizar transferencia de carga, visualización y adquisición de datos, para el laboratorio de la carrera trabajo que se implementó y se dejó en completo funcionamiento.

Es todo cuanto puedo certificar, pudiendo hacer uso del mismo dentro de las leyes de la Republica y normas Internacionales.

Latacunga, julio del 2019

Atentamente,



PhD. Secundino Marrero Ramirez

C.I.: 1757107907

Director de la carrera de Ingeniería Eléctrica



AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme mantenerme con salud, vida y fuerzas para culminar mis estudios.

A mis Padres Rosa Salazar y Víctor Anaguano, quienes son los pilares guías en mi formación académica que con sus consejos he aprendido lo importante que es sobresalir y no decaer.

A mi familia Anaguano, Salazar tíos, tías y primos que con su granito de arena me han ayudado psicológicamente y emocionalmente a seguir y no desanimarme en lo que me proponga, gracias Familia.

Agradezco a mi compañero Bryan Mallitasig por mantenernos firmes y no desmayar hasta culminar, a mis amigos y compañeros de la Universidad les agradezco por conformar parte de mi vida y de manera especial a Doris que en buenas y malas me has sabido apoyar.

Y finalmente agradezco a los ingenieros: Xavier Proaño y Marco León que con sus conocimientos nos aportaron para sacar adelante el proyecto de titulación.

Algenis Anaguano

DEDICATORIA

A mis Padres Rosa Salazar y Víctor Anaguano les dedico este mi tema de titulación por estar al pendiente de mí y no poderles defraudar en lo que me propuse.

Les dedico este un sacrificio más de mi vida a mis dos hermanitas Johanna y Emily que han sido mi inspiración para culminar mi carrera.

A mis primos Giovanni, Damaris y Javier por motivarme a seguir y no perder las esperanzas.

Y finalmente dedico a Lady mi amiga y compañera que desde el principio y hasta el final me apoyo en mis estudios.

Algenis Anaguano

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por ser mi guía espiritual en cada paso que doy, por brindarme la fuerza y el valor necesario para culminar con mis estudios universitarios.

A mis padres Segundo Juan Mallitasig y Nelly Mercedes Pilatasig quienes me brindaron sus sabios consejos y apoyo incondicional. A mis hermanos, Dennys Jonathan y Kevin Alexander los cuales siempre me motivaron con palabras de aliento.

Mi más sincero y especial agradecimiento a los ingenieros Xavier Proaño y Marco León, quienes nos brindaron sus conocimientos para desarrollar y culminar nuestro tema de titulación.

Y finalmente agradezco a mis familiares y amigos que estuvieron presentes en todo momento, en especial a Josselyn T., Algenis A. Edison N., Jonathan Ch., Edison T.

Bryan Mallitasig

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios por la salud y la vida.

A mis padres, Segundo Juan Mallitasig y Nelly Mercedes Pilatasig, por su esfuerzo y sacrificio ya que sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

A mis hermanos Dennys Jonathan y Kevin Alexander, por el apoyo y confianza depositada en mí.

Bryan Mallitasig

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INFORMACIÓN BÁSICA	1
2.	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1.	TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.2.	TIPO DE PROPUESTA ALCANCE	2
2.3.	ÁREA DEL CONOCIMIENTO	2
2.4.	SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5.	OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.5.1.	Objeto de estudio	3
2.5.2.	Campo de acción	3
2.6.	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA	3
2.6.1.	Situación problemática	3
2.6.2.	Problema.....	3
2.7.	HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA	3
2.8.	OBJETIVOS	3
2.8.1.	Objetivo general	3
2.8.2.	Objetivos específicos.....	4
2.9.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	5
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1.	Antecedentes	7
3.2.	Transferencia de carga.	8
3.3.	Generador síncrono.....	9
3.1.1.	Partes	9
3.1.2.	Funcionamiento	10
3.1.3.	Excitación del generador	10
3.4.	Barra infinita	10

3.5.	Sincronización	11
3.5.1.	Condiciones de sincronismo	12
3.5.2.	Técnicas de Sincronismo	13
3.5.3.	Métodos de sincronización	15
3.6.	Cargas eléctricas	16
3.6.1.	Carga lineal.....	16
3.6.2.	Cargas no lineales	16
3.6.3.	Tipos de cargas	16
3.7.	Potencias con respecto a las cargas R, L y C.....	19
3.7.1.	Potencia Activa (P).....	19
3.7.2.	Potencia Reactiva (Q).....	20
3.7.3.	Potencia Aparente (S).....	21
3.8.	Sistema trifásico.....	22
3.9.	Tipos de conexiones en un sistema trifásico.....	23
3.10.	Equipos y elementos utilizados en el prototipo.....	25
3.10.1.	Carga eléctrica resistiva	25
3.10.2.	Carga eléctrica inductiva	25
3.10.3.	Carga eléctrica capacitiva	26
3.10.4.	Multímetro Digital DMG 600.....	26
3.10.5.	Transformador de corriente (TC).....	29
3.10.6.	Fuentes de excitación DC modelo QW-MS305D.....	30
4.	METODOLOGÍA.....	31
4.1.	Tipos de investigación	31
4.1.1.	Investigación bibliográfica	31
4.1.2.	Investigación explicativa	32
4.2.	Métodos de investigación	32
4.2.1.	Método experimental.....	32

4.2.2.	Método observacional.....	32
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
5.1.	Diseño del módulo transferencia de carga	32
5.1.1.	Diseño del diagrama de mando y fuerza	32
5.1.2.	Diseño de las cargas eléctricas	33
5.1.3.	Diseño del control de excitación	44
5.1.4.	Delineamiento del módulo de trabajo.....	45
5.1.5.	Diseño del diagrama de conexión.....	47
5.2.	Diseño de la estructura.....	47
5.2.1.	Módulo de cargas eléctricas	47
5.2.2.	Sistema de medición.....	48
5.3.	Pruebas en el prototipo	50
5.3.1.	Transferencia de Carga Resistiva (R) entre la Barra Infinita y Generador	51
5.3.2.	Transferencia de Carga Inductiva (L) entre la Barra Infinita y Generador	53
5.3.3.	Transferencia de Carga Capacitiva (C) entre Barra Infinita y Generador.....	55
5.3.4.	Transferencia de Carga RL entre Barra Infinita y Generador	56
5.3.5.	Transferencia de Carga RC entre Barra Infinita y Generador.....	57
5.3.6.	Transferencia de Carga LC entre Barra Infinita y Generador	59
5.3.7.	Transferencia de Carga RLC entre Barra Infinita y Generador.....	60
5.3.8.	Transferencia de Carga Resistiva (R) entre Generador y Barra Infinita.	62
5.3.9.	Transferencia de Carga inductiva (L) entre Generador y Barra Infinita.	64
5.3.10.	Transferencia de Carga Capacitiva (C) entre Generador y Barra Infinita.	64
5.3.11.	Transferencia de Carga RL entre Generador y Barra Infinita.....	65
5.3.12.	Transferencia de Carga RC entre Generador y Barra Infinita	66
5.3.13.	Transferencia de Carga LC entre Generador y Barra Infinita.....	68
5.3.14.	Transferencia de Carga RLC entre Generador y Barra Infinita.....	68

5.3.15.	Transferencia de Carga Resistiva (R) conectada en Estrella, entre el Generador Síncrono y Barra Infinita	68
5.3.16.	Transferencia de Carga Inductiva (L) conectada en Estrella, entre Generador y Barra Infinita.....	70
5.3.17.	Transferencia de Carga Capacitiva (C) conectada en estrella entre Generador y Barra Infinita.....	72
5.3.18.	Transferencia de Carga RL conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita.....	73
5.3.19.	Transferencia de Carga RC conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita.....	75
5.3.20.	Transferencia de Carga LC conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita.....	76
5.3.21.	Transferencia de Carga RLC conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita.....	77
5.3.22.	Transferencia de Carga Inductiva entre la Barra Infinita y Generador.....	79
5.3.23.	Transferencia de Carga Capacitiva entre Barra Infinita y Generador.....	81
5.3.24.	Transferencia de Carga LC entre Barra Infinita y Generador.....	82
5.3.25.	Transferencia de Carga RLC entre Barra Infinita y Generador.....	83
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	85
6.1.	Presupuesto	85
6.1.1.	Gastos directos.....	85
6.1.2.	Gastos indirectos	88
6.2.	Análisis de impactos	88
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
7.1.	Conclusiones	88
7.2.	Recomendaciones	89
8.	REFERENCIAS	90
9.	ANEXOS	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Partes del Generador Síncrono.....	9
Figura 3.2. Barra Infinita.	10
Figura 3.3. Diagrama esquemático para la sincronización.....	11
Figura 3.4. Secuencia de fases.....	12
Figura 3.5. Sincronoscopio.....	13
Figura 3.6. Sincronización manual.....	14
Figura 3.7. Método de las lámparas apagadas.....	15
Figura 3.8. Método de lámparas rotantes o encendidas.	15
Figura 3.9. Representación de la corriente adelantando al voltaje.	17
Figura 3.10. Representación de la corriente retrasada al voltaje.....	18
Figura 3.11. Potencia activa en fase con el voltaje.....	20
Figura 3.12. Potencia reactiva en adelanto Q_c o retraso Q_l con respecto al voltaje.	21
Figura 3.13. Vector (S) de sumar la potencia activa y reactiva.....	22
Figura 3.14. Diagrama fasorial trifásico.....	22
Figura 3.15. Conexión delta.	23
Figura 3.16. Magnitud de corriente en conexión delta.....	24
Figura 3.17. Conexión estrella.....	24
Figura 3.18. Magnitud de corriente y voltajes en conexión estrella.....	25
Figura 3.19. Foco incandescente de 200W-220V	25
Figura 3.20. Balastos de 250W.....	26
Figura 3.21. Capacitores de 20 μ F.	26
Figura 3.22. Multímetro digital DMG600.....	27
Figura 3.23. Transformador de Corriente.....	30
Figura 3.24. Fuente de excitación.	30
Figura 5.1. Diagrama de Mando y Fuerza.....	33
Figura 5.2. Intensidades de corriente en un sistema trifásico en estrella.	33
Figura 5.3. Intensidades de corriente en un sistema trifásico en delta.	38
Figura 5.4. Corriente de excitación.	45
Figura 5.5. Delimitación del Módulo.	46
Figura 5.6. Carga Capacitiva.....	47

Figura 5.7. Multímetros Digitales DMG600.	48
Figura 5.8. Conexión eléctrica del DMG600.	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Actividades y tareas propuestas.....	5
Tabla 3.1. Características del DMG600.	27
Tabla 3.2. Características de los TC.	29
Tabla 3.3. Especificaciones técnicas de la Fuente de excitación.....	31
Tabla 5.1. % error de la carga resistiva - conexión estrella.....	50
Tabla 5.2. % error de la carga resistiva - conexión delta.....	50
Tabla 5.3. % error de la carga inductiva - conexión estrella.	51
Tabla 5.4. % error de la carga inductiva - conexión delta.	51
Tabla 5.5. % error de la carga capacitiva - conexión estrella.	51
Tabla 5.6. % error de la carga capacitiva - conexión delta.....	51
Tabla 5.7. Valores de P y Q del escenario 1 con carga resistiva obtenidas de los DMG600..	52
Tabla 5.8. Valores de P y Q del escenario 2 con carga resistiva obtenidas de los DMG600..	52
Tabla 5.9. Valores de P y Q del escenario 3 con carga resistiva obtenidas de los DMG600..	53
Tabla 5.10. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	53
Tabla 5.11. Valores de P y Q del escenario 2 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	54
Tabla 5.12. Valores de P y Q del escenario 3 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	54
Tabla 5.13. Valores de P y Q del escenario 1 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.	55
Tabla 5.14. Valores de P y Q del escenario 2 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.	56
Tabla 5.15. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RL obtenidas de los DMG600.	56
Tabla 5.16. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RL obtenidas de los DMG600.	57
Tabla 5.17. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RL obtenidas de los DMG600.	57
Tabla 5.18. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RC obtenidas de los DMG600.	58
Tabla 5.19. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RC obtenidas de los DMG600.	58
Tabla 5.20. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RC obtenidas de los DMG600.	59
Tabla 5.21. Valores de P y Q del escenario 1 con carga LC obtenidas de los DMG600.	60

Tabla 5.22. Valores de P y Q del escenario 2 con carga LC obtenidas de los DMG600.	60
Tabla 5.23. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	61
Tabla 5.24. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	61
Tabla 5.25. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	62
Tabla 5.26. Valores de P y Q del escenario 1 con carga R obtenidas de los DMG600.....	63
Tabla 5.27. Valores de P y Q del escenario 1 con carga R obtenidas de los DMG600.....	63
Tabla 5.28. Valores de P y Q del escenario 3 con carga R obtenidas de los DMG600.....	64
Tabla 5.29. Valores de P y Q del escenario 1 con carga C obtenidas de los DMG600.....	65
Tabla 5.30. Valores de P y Q del escenario 2 con carga C obtenidas de los DMG600.....	65
Tabla 5.31. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RC obtenidas de los DMG600.	66
Tabla 5.32. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RC obtenidas de los DMG600.	67
Tabla 5.33. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RC obtenidas de los DMG600.	67
Tabla 5.34. Valores de P y Q del escenario 1 con carga R obtenidas de los DMG600.....	69
Tabla 5.35. Valores de P y Q del escenario 2 con carga R obtenidas de los DMG600.....	69
Tabla 5.36. Valores de P y Q del escenario 3 con carga R obtenidas de los DMG600.....	70
Tabla 5.37. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	70
Tabla 5.38. Valores de P y Q del escenario 2 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	71
Tabla 5.39. Valores de P y Q del escenario 3 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	71
Tabla 5.40. Valores de P y Q del escenario 1 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.	72
Tabla 5.41. Valores de P y Q del escenario 2 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.	72
Tabla 5.42. Valores de P y Q del escenario 3 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.	73
Tabla 5.43. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RL obtenidas de los DMG600.	74
Tabla 5.44. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RL obtenidas de los DMG600.	74
Tabla 5.45. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RL obtenidas de los DMG600.	75
Tabla 5.46. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RC obtenidas de los DMG600.	75
Tabla 5.47. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RC obtenidas de los DMG600.	76
Tabla 5.48. Valores de P y Q del escenario 1 con carga LC obtenidas de los DMG600.	77

Tabla 5.49. Valores de P y Q del escenario 2 con carga LC obtenidas de los DMG600.	77
Tabla 5.50. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	78
Tabla 5.51. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	78
Tabla 5.52. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	79
Tabla 5.53. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	79
Tabla 5.54. Valores de P y Q del escenario 2 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	80
Tabla 5.55. Valores de P y Q del escenario 3 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.	80
Tabla 5.56. Valores de P y Q del escenario 1 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.	81
Tabla 5.57. Valores de P y Q del escenario 2 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.	81
Tabla 5.58. Valores de P y Q del escenario 1 con carga LC obtenidas de los DMG600.	82
Tabla 5.59. Valores de P y Q del escenario 2 con carga LC obtenidas de los DMG600.	83
Tabla 5.60. Valores de P y Q del escenario 3 con carga LC obtenidas de los DMG600.	83
Tabla 5.61. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	84
Tabla 5.62. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	84
Tabla 5.63. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RLC obtenidas de los DMG600.....	85
Tabla 6.1. Gastos Directos.....	85
Tabla 6.2. Gasto Indirectos.....	88

RESUMEN DEL PROYECTO

TEMA:

“ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO”.

Autores:

Anaguano Salazar Algenis Gabriel

Mallitasig Pilatasig Bryan Omar

En el presente proyecto se construyó un módulo, el cual permite realizar la sincronización y transferencia de carga entre un generador síncrono y barra infinita, mismo que se encuentra implementado en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, cuyo objetivo es analizar y visualizar el comportamiento del sistema ante diversas condiciones de operación.

Se validó el traspaso de carga mediante las configuraciones en estrella (Y) a 220V con parámetros eléctricos calculados y medidos, determinando que la carga resistiva con una impedancia de 105.83Ω consume una potencia activa de 457.2W, así mismo la carga inductiva de 0.17H con impedancia de 66.84Ω consume -723.9VAR y una carga capacitiva de $20\mu\text{F}$ con impedancia de $-j132.63\Omega$ aporta 365.76VAR de potencia total al sistema. En conexión delta (Δ) a 220V, la carga resistiva con una impedancia de 146.67Ω consume una potencia de 990.73W, de la misma forma los inductores con una impedancia de 64.71Ω consume potencia de -2240.58VAR, y finalmente los capacitores al mantener la misma impedancia únicamente cambian el aporte de 1097.43VAR total al sistema.

Finalmente se elaboró un manual de usuario y guías prácticas de laboratorio para que los estudiantes puedan desarrollar e interactuar con los elementos y equipos que constituyen al módulo de transferencia de carga.

Palabras clave: Transferencia de Carga, Sincronización, Carga Resistiva, Inductiva, Capacitiva, Conexión Y o Δ , Generador Síncrono, Barra Infinita.

THEME:

“TRANSFER ANALYSIS OF CHARGE BETWEEN AN INFINITE BUS AND A GENERATOR THROUGH THE USE OF A PROTOTYPE”

Authors:

Anaguano Salazar Algenis Gabriel

Mallitasig Pilatasig Bryan Omar

ABSTRACT

In the present project a module was built, that allows synchronization and charge transfer between a synchronous generator and an infinite bus, which is implemented in Engineering Electrical laboratory of Technical University of Cotopaxi whose objective is to analyze and visualize the system behavior before diverse conditions of operation. Charge transfer was validated by configurations in star (Y) to 220V according calculated and measured electrical parameters, determining that resistive charge with an impedance of 105.83Ω consumes an active power of 457.2W, likewise the inductive charge of 0.17H with an impedance of 66.84Ω it consumes -723.9VAR and a capacitive charge of $20\mu\text{F}$ with an impedance of $-j132.63\Omega$ provides 365.76VAR of total power to the system. In delta connection (Δ) to 220V, the resistive charge with an impedance of 146.67Ω consumes a power of 990.73W, in the same way the inductors with an impedance of 64.71Ω consume power of -2240.58VAR, and finally the capacitors when they maintain the same impedance only change the contribution of 1097.43VAR total system. Finally, a user manual and practical laboratory guides were developed so that students can develop and interact with the elements and equipment that are part of the charge transfer module.

Keywords: Load Transfer, Synchronization, Resistive Load, Inductive, Capacitive, Star or Delta Connection, Synchronous Generator, Infinite Bus.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente 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 **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **ANAGUANO SALAZAR ALGENIS GABRIEL** y **MALLITASIG PILATASIG BRYAN OMAR**, cuyo título versa “**ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO**”, 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 a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2019.

Atentamente,


.....
EDISON MARCELO PACHECO PRUNA
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por: Anaguano Salazar Algenis Gabriel
Mallitasig Pilatasig Bryan Omar

Tema aprobado:

“ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO”

Carrera: Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

Director de la propuesta Tecnológica: Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado MSc.

Equipo de trabajo:

Tutor: Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado Mg. C.:
Estudiantes: Algenis Gabriel Anaguano Salazar.
Bryan Omar Mallitasig Pilatasig

Lugar de ejecución:

El proyecto se desarrolla en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Felipe.

Tiempo de duración de la propuesta: Marzo 2019- Agosto 2019

Fecha de entrega: Julio 25 del 2019

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

Sub líneas de investigación:

Módulo de Transferencia de carga entre un generador y una barra infinita.

Tipo de propuesta tecnológica:

La presente propuesta tecnológica tiene la finalidad de diseñar e implementar un prototipo que permita la visualización y medición del comportamiento del sistema ante la Transferencia de Carga entre un Generador Síncrono y Barra Infinita, para esto se desarrolla diversas prácticas que faciliten el entendimiento y manejo de los equipo a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica pertenecientes a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Análisis de la Transferencia de Carga entre un Generador y Barra Infinita, mediante la utilización de un prototipo.

2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

Este proyecto tiene alcance interdisciplinario ya que está relacionado con algunas asignaturas como: centrales de generación, sistemas eléctricos de potencia y maquinas eléctricas, que constan en la malla de formación académica de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Las mismas que permitirán el diseño e implementación de un prototipo de transferencia de carga eléctrica entre un generador síncrono y barra infinita, aplicando los conocimientos adquiridos en las aulas de clase.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Ingeniería, industria y construcción.

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En un Sistema Eléctrico de Potencia, existe la interconexión entre generadores, los mismos que realizan una transferencia de carga entre cada uno de ellos, por dicho motivo es de suma importancia estudiar los principales elementos y condiciones que permitan realizar esta operación.

El presente proyecto de titulación consiste en el diseño e implementación de un prototipo de transferencia de cargas eléctricas, que permita analizar el comportamiento de las potencias de ambos lados cuando un generador está conectado a una barra infinita y opere en diversas condiciones.

Dicho modulo cuenta con un sistema de visualización de parámetros eléctricos tanto para el generador, las cargas eléctricas de tipo resistivo, inductivo y capacitivo y la Barra Infinita que permite la toma y tabulación de datos para el estudio de la potencia activa, reactiva y aparente en función de la variación de carga inyectada en tiempo real.

Este proyecto además cuenta con un manual y guías técnicas de prácticas que facilitaran la manipulación y operación del prototipo, para el entendimiento de la transferencia de carga entre un generador síncrono y barra infinita, por parte de los estudiantes de la carrera.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Transferencia de carga entre un generador sincrónico y una barra infinita.

2.5.2. Campo de acción

Análisis de la potencia resultante del módulo de transferencia de carga.

2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática

Todo Sistema Eléctrico de Potencia representa un sistema de interconexión entre generadores, los mismos que realizan un despacho de carga. Cada generador está conectado a un sistema de potencia conocido como barra infinita y por seguridad los generadores se sincronizan a esta antes de transferir potencia a la carga.

En función de la necesidad de poder visualizar el procedimiento de la transferencia de carga, entre un generador síncrono y una barra infinita, se requiere diseñar y construir un prototipo que permita analizar este procedimiento y verificar el comportamiento de las potencias en función de la barra infinita ante la inyección o discriminación de los diferentes tipos de carga: resistiva, inductiva y capacitiva.

2.6.2. Problema

No contar con un prototipo que permita realizar transferencia de carga eléctrica entre un generador síncrono y barra infinita, para visualizar el estado del sistema cuando este opere en diversos escenarios.

2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

El módulo de cargas eléctricas y el sistema de medición, permitirá la visualización y el análisis del traspaso de carga entre el generador síncrono y barra infinita.

2.8. OBJETIVOS

2.8.1. Objetivo general

- ✓ Relacionar el comportamiento de un generador conectado a una barra infinita mediante la implementación de un módulo de medición y cargas eléctricas, para determinar la transferencia de potencia frente a las variaciones de carga resistiva, inductiva y capacitiva.

2.8.2. Objetivos específicos

- ✓ Revisar el estado del arte de los diferentes componentes principales que constituyen el modulo mediante la investigación en diversos documentos bibliográficos que faciliten el diseño y construcción del módulo.
- ✓ Diseñar e implementar el prototipo a utilizarse para poder detectar las variables que definan el comportamiento del sistema frente a las variaciones y transferencia de cargas.
- ✓ Realizar las pruebas correspondientes que permita demostrar el comportamiento de las potencias que entrega y consume tanto el generador como la barra infinita, al momento de la transferencia ante los escenarios de incremento o decremento de carga.

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

Tabla 2.1. Actividades y tareas propuestas.

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
<p>1. Revisar el estado del arte de los diferentes componentes principales que constituyen el modulo mediante la investigación en diversos documentos bibliográficos que faciliten el diseño y construcción del módulo.</p>	<p>Investigar la documentación necesaria que servirá para la construcción del prototipo de medición y visualización del traspaso de carga en el lado del generador y de la barra infinita.</p>	<p>Determinación de los diferentes elementos principales que permitirá la construcción del módulo mencionado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Indagación en las diferentes fuentes bibliográficas, libros, revistas, informes, etc.
<p>2. Diseñar e implementar el prototipo a utilizarse para poder detectar las variables que definan el comportamiento del sistema frente a las variaciones y transferencia de cargas.</p>	<p>Dimensionamiento de cargas resistiva, inductiva y capacitiva, selección de multímetros digitales a implementarse.</p> <p>Diseño del plano de conexión del módulo de medición y de cargas.</p>	<p>Cargas eléctricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Carga resistiva de $457.2W$ en estrella y $990.73W$ en delta. -Carga inductiva de $-723.9VAR$ en estrella y $-2240.58VAR$ en delta. -Carga capacitiva de $365.76VAR$ en estrella y $1097.43VAR$ en delta. <p>Planos de conexión de:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cargas eléctricas. -Multímetros digitales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Todas las cargas eléctricas estan dimensionadas para la capacidad del generador síncrono de $5kW$, conectadas estas en estrella y alimentadas a $220VAC$. - Realización de los diagramas de conexión en AUTOCAD, tanto de los equipos de medición y de las cargas eléctricas.

<p>3. Realizar las pruebas correspondientes que permita demostrar el comportamiento de las potencias que entrega y consume tanto el generador como la barra infinita, al momento de la transferencia ante los escenarios de incremento o decremento de carga.</p>	<p>Elaboración de los diferentes casos de estudio tanto para el generador como para la barra infinita.</p>	<p>Registro y tabulación de datos que permitan el análisis de transferencia de carga, y visualización del comportamiento de las Potencias en el generador como en la barra infinito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estructuración de manual de uso y hojas guías para la realización de las prácticas de laboratorio que contengan esquemas de conexión para garantizar la correcta y segura utilización de los módulos.
---	--	--	---

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

En la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana de la Ciudad de Quito se realizó el “Estudio sobre conexión en Paralelo de Generadores utilizando relés de Sincronización” donde la sincronización de generadores tiene como finalidad que ingresen en paralelo a un SEP, para ello es necesario conocer los parámetros eléctricos fundamentales que intervienen en este proceso, lo que facilitara la implementación de este tipo de maniobras, además de conocer las mejores alternativas que tenemos para realizar este proceso, para que se realice de una manera eficiente y segura, existen equipos electrónicos que permitieron realizar la sincronización de generadores de forma automática, este es el caso de los relés de sincronización y protección que permitieron realizar la sincronización y en algunos casos proteger de fallas eléctricas al generador [6].

En la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil de la facultada de Ingeniería, Carrera Ingeniería Eléctrica, se realizaron el “Diseño e implementación de un banco de pruebas para maquinas síncronas, didáctico para el laboratorio de motores de generadores enfocado a la enseñanza practica de las maquinas síncronas”, en la cual la Universidad no dispone de este módulo ya que el impacto que sufrirá será el de completar la teoría con la parte práctica en el que laboratorio consta de máquinas síncronas, dinamómetro autotransformadores, etc., pero esto no es suficiente para que los estudiantes tengan una idea más clara, es por eso que se realizó el diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico permitiendo se concentren todos los equipos e instrumentos necesarios para facilitar las conexiones al estudiante al momento de efectuar la práctica [4].

De igual manera en la mencionada institución sede Guayaquil, se desarrolló un tema que lleva por nombre “Diseño y construcción de un módulo didáctico para realizar operación, control, supervisión de un generador eléctrico, que realice transferencia de carga en modo manual y automático” es un proyecto el cual controla un sistema eléctrico de respaldo, siempre que ocurra un corte del servicio de la energía eléctrica entregado por la red pública al usuario, la finalidad del módulo tiene el de ejecutar el control de operación, supervisión y transferencia de carga trifásica de la red al generador eléctrico. El objetivo en sí del tablero consiste en realizar el arranque del motor AC de 3HP, entregar voltaje de excitación al generador de 3HP, monitorear desde el control DSE7320 todos los parámetros de operación del generador eléctrico y de la red pública [2].

En la Escuela Politécnica Nacional, en la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en la ciudad de Esmeraldas se realizó el “Diseño e implementación del sistema de control para los tableros de sincronismo eléctrico y tablero de transferencia automática del sistema de distribución de baja tensión del hospital estándar de 200 camas Esmeraldas”, este proyecto se basó en el diseño e implementación de control para los tableros de sincronismo eléctrico y transferencia automática del sistema de distribución del Hospital estándar de 200 camas Esmeraldas, con el fin de suministrar de energía eléctrica normal y sin interrupciones, sobretodo en equipos que se encuentran en áreas críticas y esenciales, se realizó las pruebas e instalación del tablero para realizar la conexión de las señales externas de control hacia los tableros, para luego dar paso al arranque y comisionado del sistema [3].

En la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana se realizó un “Estudio eléctrico para transferencias automáticas en alimentadores primarios de medio voltaje de CNEL EP unidad de negocio El Oro, estudio de caso al alimentador más crítico ante falla”, con el cual este proyecto busco mejorar las condiciones actuales de operación del alimentador de medio voltaje perteneciente a CNEL EP Unidad de Negocios El Oro, algunos circuitos interconectados presentan características que hacen posible la maniobra de transferir carga [1].

En la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional se realizó el “Análisis de la distribución de carga y estudios eléctricos de los alimentadores de la nueva subestación el Rosal de Emelnorte S.A” lo que permitió en este análisis la distribución de las cargas de los alimentadores de la subestación Tulcán, partiendo desde las mediciones de demanda obtenidas de los alimentadores para que con los resultados obtenidos analizar y determinar los alimentadores que van a ser considerados para la transferencia de carga a los nuevos alimentadores de la subestación El Rosal [5].

3.2. Transferencia de carga.

Según del estudio de [7], es un proceso importante el realizar la transferencia de carga en el campo de la electricidad, puesto que controla la conexión y desconexión del generador síncrono con la barra infinita. La transferencia depende también de cómo este el estado de la red para poder cumplir esta condición de transferir energía desde una fuente.

El control de transferencia de carga puede ser de forma automática a través de relés que son más precisos y de forma manual por medio de pulsadores, este último caso dependerá del operario para realizar la transferencia, debido a que existen diferentes condiciones del sistema para poder entrar en sincronismo [7].

3.3. Generador síncrono

Los generadores síncronos o también llamados alternadores son comúnmente máquinas que están compuestas de diferentes elementos como se demuestra en la **Figura 3.1**, los generadores convierten la potencia mecánica en potencia eléctrica de corriente alterna [6]. Son máquinas eléctricas que pueden entregar un voltaje en sus terminales dependiendo de su velocidad y pueden trabajar como generador y motor, cuando trabaja como motor la velocidad de rotación va a depender de la frecuencia de alimentación de corriente alterna y cuando trabaja como generador la frecuencia de su eje puede ser dada por una fuente de energía mecánica primaria [2, p. 25].

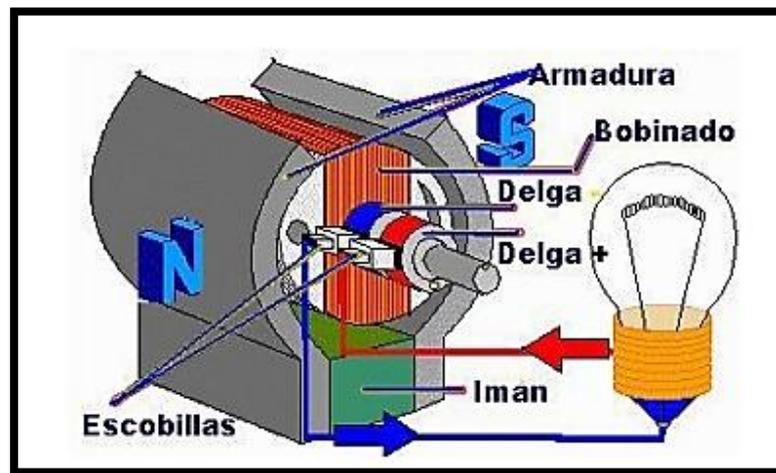


Figura 3.1. Partes del Generador Síncrono.

Fuente: [6].

3.1.1. Partes

Las partes fundamentales de una máquina sincrónica son:

El Estator

Según [2] nos describe que es una parte estática de la máquina que está compuesta por la carcasa y un núcleo de láminas ferromagnéticas que alojan al devanado de alambre que conforman las bobinas y distribuida de forma trifásica.

El Rotor

El rotor es la parte rotativa de maquina síncrona que debido a esta construcción pueden ser de polos salientes o polos lisos, sobre los devanados del rotor se aplica una corriente DC ya que producen el campo magnético, comúnmente se utilizan rotores con anillos rozantes y escobillas o a su vez se crean acoplamientos al mismo eje del rotor con devanados de armadura inducidas [2].

3.1.2. Funcionamiento

El funcionamiento de la maquina síncrona se da por una espira de alambre que se encuentra girando dentro de un campo magnético uniforme, el movimiento relativo dado a la espira inducirá una tensión eléctrica en los terminales de la misma [2, p. 28].

3.1.3. Excitación del generador

Un generador síncrono necesita de este sistema de control de excitación, en donde la corriente de excitación es la que permitirá ajustar la tensión alterna a los valores deseados, en sí no solo debe proporcionar corriente continua al inductor de la máquina, sino que también debe regular dicha corriente. [8]

La principal función de un sistema de excitación es el control del voltaje, el cual permite la estabilidad de los sistemas de potencia ante perturbaciones de las variaciones de cargas, los nuevos sistemas de excitación son capaces de acoplarse con elementos de supervisión, protección y control para así tener un desempeño eficaz asegurando que los generadores síncronos no sobrepasen sus límites de capacidad [9].

3.4. Barra infinita

Los generadores son usados muy raras veces para alimentar cargas individuales, en si son comúnmente conectados a un sistema de potencia conocido como barra infinita, es un sistema de potencia idóneo tan grande que no varía el voltaje, ni la frecuencia, donde la potencia activa o reactiva son inmutable a su magnitud [10].

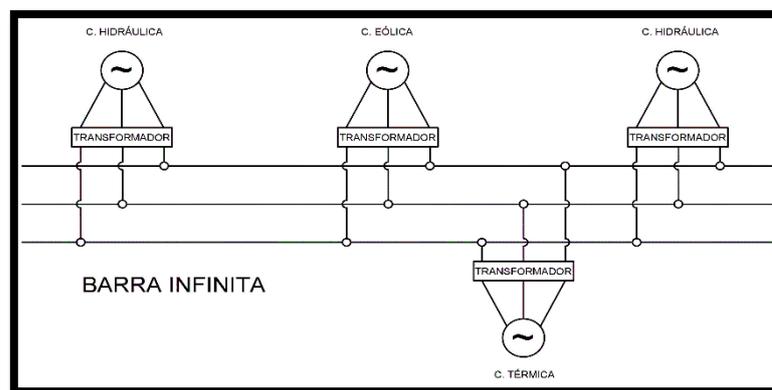


Figura 3.2. Barra Infinita.

Fuente: Autores.

Un generador se acopla a una barra infinita como se puede visualizar en la **Figura 3.2** cuando la potencia del generador es muy pequeña a diferencia de varios generadores de la red, esto nos conlleva a que si ajustamos los reguladores del generador no van a modificar las características

de la red. Los valores de la tensión y la frecuencia no se modifican, aunque se haga ajuste en el generador. La barra infinita tiene que ser eficiente y capaz de absorber o suministrar la potencia tanto activa como reactiva que el generador quiera enviarle o demandarle [10].

3.5. Sincronización

En la actualidad se utilizan aparatos electrónicos con un eficiente monitoreo, que permiten la medición de la tensión, corriente y frecuencia en sus tres fases, de modo que estas diferencias al ser similares entre el generador y la barra infinita se pueda realizar la sincronización [6, pp. 20-22].

La sincronización es secuencial, es decir que nunca se sincronizan dos generadores a la vez, el primer generador entra directamente a la barra puesto que el sincronoscopio lo habilita para tal efecto, los generadores posteriores se van sincronizando sucesivamente uno tras otro a la barra común, el procedimiento para todos los generadores es el mismo, cada uno de ellos entra con la expectativa de sincronizar siendo el sincronoscopio quien los habilita para conectar a la barra infinita [11].

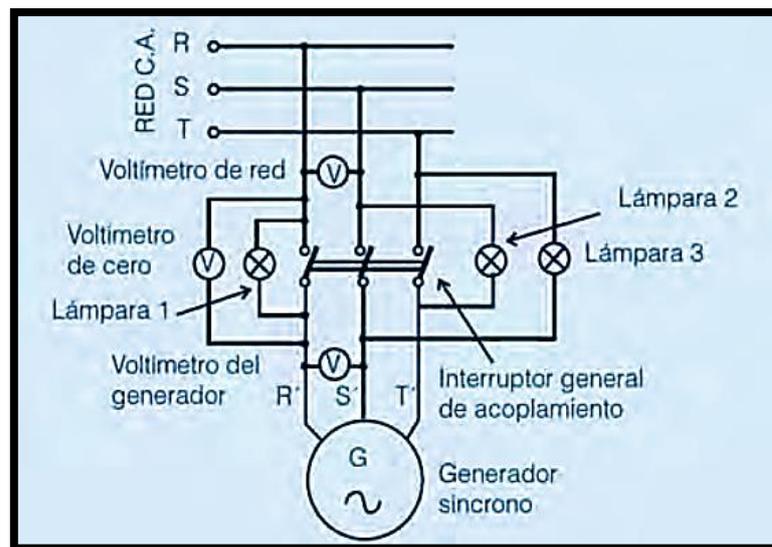


Figura 3.3. Diagrama esquemático para la sincronización.

Fuente: [14].

En la **Figura 3.3** se observa el acoplamiento de un generador síncrono a la red utilizando el método de las bombillas, en donde el voltímetro del generador tiene que coincidir con el de la red y para ello se ajusta el voltaje del generador variando la corriente de excitación [14].

La sincronización de los generadores significa poner en paralelo dos fuentes generador y barra infinita. Cuando un generador se pone en paralelo con otro generador o con un sistema grande

(bus infinito), se tienen en cuenta factores como tensión entre bornes, frecuencia y desfaseamiento entre las tensiones de los generadores [13].

3.5.1. Condiciones de sincronismo

Existen cuatro condiciones primordiales para la operación en paralelo de generadores:

Secuencia de fases

Cuando se habla de secuencia de fases se hace referencia al sentido de giro de los polos de la máquina con respecto al arrollamiento del inducido. Dando así sólo dos tipos de movimiento, en sentido horario o en sentido anti horario y de acuerdo a esto se tiene una secuencia de fases negativa o positiva respectivamente, como se puede apreciar en la **Figura 3.4**. El orden de las fases debe ser el mismo para todos los generadores, sea este positivo o negativo, y puede comprobarse con la ayuda de un secuencímetro [13, p. 40].

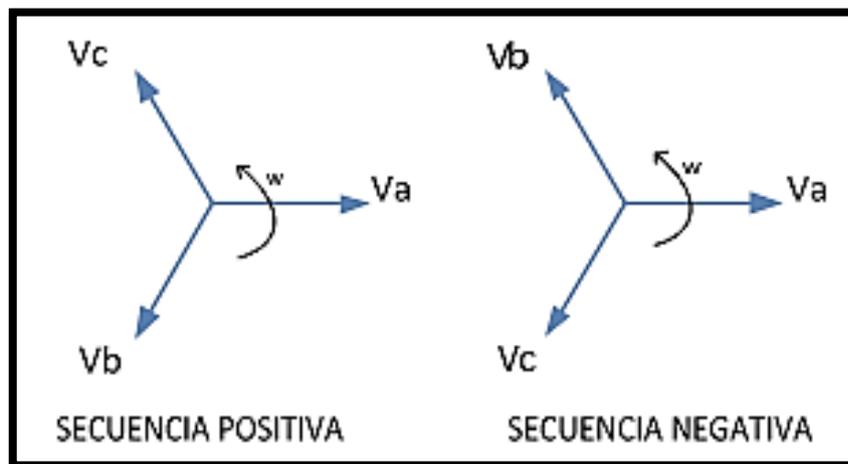


Figura 3.4. Secuencia de fases.

Fuente: [15]

Igualdad de frecuencia

La frecuencia es la medida eléctrica de la velocidad mecánica del motor al generador, para acoplarse el generador con la barra infinita debe tener un valor común entre los dos, caso contrario de haber una desigualdad de frecuencia puede provocar corrientes circulantes entre el generador y la barra.

Concordancia de fases

La concordancia de fases determina una igualdad de voltaje en un periodo positivo como negativo, esta concordancia debe ser iguales en las tres fases y se la puede visualizar mediante un equipo llamado sincronoscopio la cual contiene una aguja giratoria indicando el momento que puede llevarse a cabo la operación.

Igualdad de voltaje

El voltaje debe ser igual entre la barra y el generador, esta se la puede ir regulando a través de un sistema de control de excitación para que el generador tenga el mismo voltaje que la barra infinita, caso contrario no se podrá entrar en sincronismo, “podría producir un flujo de corriente alto que puede dañar los generadores” [15, p. 25].

3.5.2. Técnicas de Sincronismo

Existen diversos instrumentos para ser utilizados en la sincronización de generadores y dependen de la potencia de las maquinas a ser acopladas en sí, para grupos de emergencia se utilizan lámparas para el proceso de sincronización y por lo general el proceso es manual [15].

Sincronoscopio

“Un sincronoscopio es un instrumento de medida que permite visualizar el desfase existente entre dos sistemas. Los sincronoscopios están desarrollados con una aguja giratoria, la cual indica si la maquina a conectarse va lenta o rápida” [15, pp. 28-29].

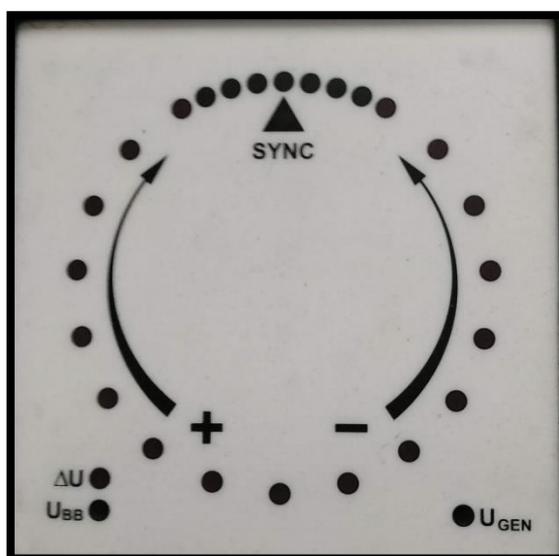


Figura 3.5. Sincronoscopio.

Fuente: Autores

A su vez la sincronización se la puede realizar mediante los siguientes tipos:

Tipo manual

Este tipo es el proceso de sincronización de forma manual, se lo efectúa cuando se necesite ingresar otro generador, el proceso debe ser realizado por el operador desde el encendido del generador, regulación de velocidad y frecuencia a los parámetros del generador ya ingresado, visualización del indicador de sincronización y entrada a la barra común en el momento

indicado siempre a criterio del operador, en la **Figura 3.6** se tiene un módulo que permite hacer este tipo de proceso. [16, p. 18].

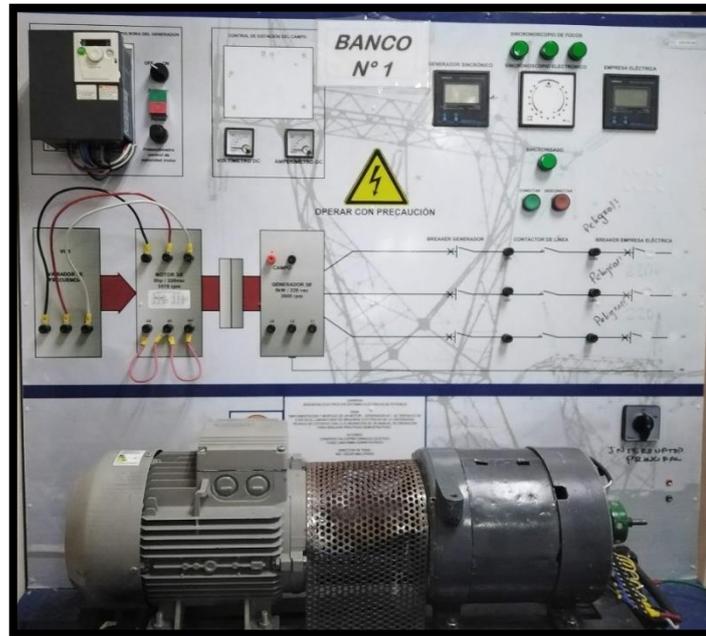


Figura 3.6. Sincronización manual.

Fuente: Autores.

Tipo semiautomático

Este tipo es mucho más confiable que el tipo manual, ya que en el momento que el operador encienda el segundo generador asumiendo que el primer generador está encendido y con carga, se limita a observar algún dispositivo electrónico o display que es el que realiza las comparaciones de los parámetros de frecuencia y voltaje ajustados por el operador. Luego de comprobar la similitud de estos valores en magnitud y desfase, indica mediante señal luminosa o acústica que es el momento de ingresar el generador pendiente [16, p. 19].

Tipo automático

Este tipo de sincronización es seguro ya que es el proceso más completo que los demás, en donde un dispositivo actúa en posición de auto en el cual el sistema envía una señal de arranque del segundo generador y lo incorpora a la barra común repartiendo la carga entre ellos, en donde su potencia tanto activa como reactiva y su factor de potencia sea igual entre ambos generadores, es así como se puede hacer en n generadores [16].

3.5.3. Métodos de sincronización

Método de las lámparas de fase apagadas

El método de las lámparas determina un diferencial de potencial y nos indican cuando el generador puede entrar en sincronismo, se muestra la conexión en la **Figura 3.7**.

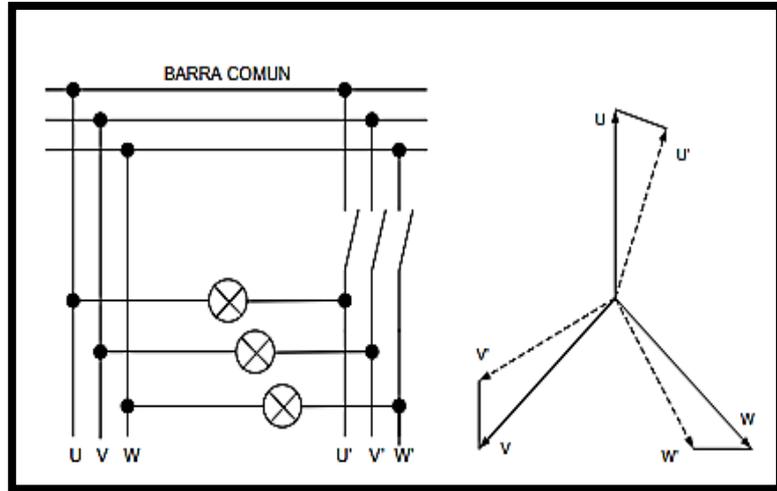


Figura 3.7. Método de las lámparas apagadas.

Fuente: [16]

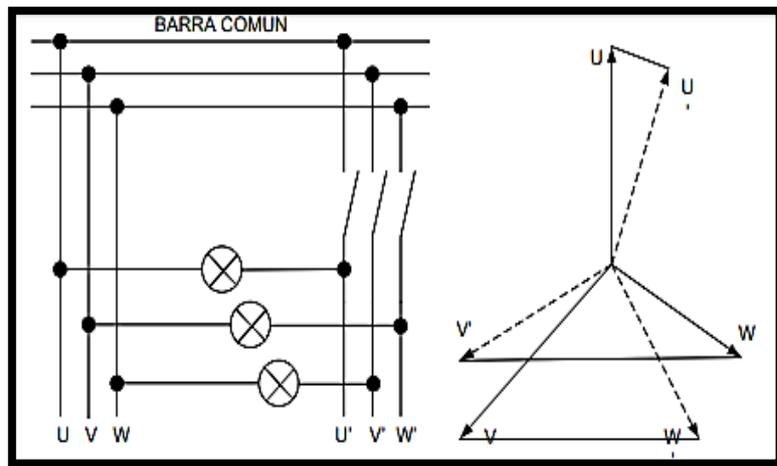


Figura 3.8. Método de lámparas rotantes o encendidas.

Fuente: [16]

Método de las luces rotantes o encendidas

Las lámparas deben estar apagadas entre UU' ya que estas se encuentran conectadas como se indica en la **Figura 3.8** y los dos restantes están encendidas, lo que significa que estas en sincronía caso contrario estas se empezaran a encender alternativamente en un sentido [16].

3.6. Cargas eléctricas

Una carga es un elemento que consume energía eléctrica y están divididas en:

3.6.1. Carga lineal

“Una carga es de tipo lineal cuando la tensión aplicada a sus extremos y la corriente que pasan por ella están estrechamente relacionadas”[17, p. 28].

Las cargas lineales resistivas pueden ser:

- Hornos eléctricos.
- Lámparas incandescentes.

Mientras tanto que las Cargas lineales inductivas son:

- Motores eléctricos.
- Transformadores.

Entre las Cargas lineales capacitivas están:

- Condensadores para corrección de factor de potencia.

3.6.2. Cargas no lineales

Las cargas no lineales tienen una relación tensión/corriente y no es constante, a su bien si estas cargas son conectadas a una red de corriente alterna absorben corrientes que no son senoidales [17]. A continuación, se detallan algunas cargas no lineales:

- Equipos electrónicos que trabajan con corriente continua, como ordenadores, impresora, autómatas programables, etc.
- Instalaciones de iluminación con lámparas de descarga.
- Transformadores, reactancias con núcleos de hierro, etc.

3.6.3. Tipos de cargas

Cargas Resistivas (R)

Son aquellas que convierten la energía eléctrica en calorífica, es decir una resistencia que depende de la tensión y de la corriente, a su bien siendo una carga resistiva con una fuente DC donde la corriente y el voltaje están en fase, lo que significa que las dos formas de ondas llegan al pico positivo, por cero y pico negativo [20]. Para un circuito que está en fase se puede expresar:

(3.1)

$$V = IR$$

Donde:

V : Voltaje (V)

I : Corriente (A)

R : Resistencia (Ω)

Carga resistiva e inductiva

En este tipo de cargas la corriente atrasa a la tensión y el factor de potencia es menor a 1 atrasado, si la carga inductiva es más alta se baja el factor de potencia y para corregir este factor es necesario adicionar capacitores al circuito para mejor el factor de potencia a 1 [21].

Cargas Capacitivas (C)

El capacitor tiene la función de acumular cargas eléctricas, un capacitor o condensador, se asemeja mucho a una batería, pues al igual que ésta su función principal es almacenar energía eléctrica, pero de forma diferente. Aquí se diferencia que la corriente adelanta al voltaje en una fracción de periodo de $T/4$ como se puede observar en la **Figura 3.9** y por ende el factor de potencia es alta mayor que 1 en adelante [22].

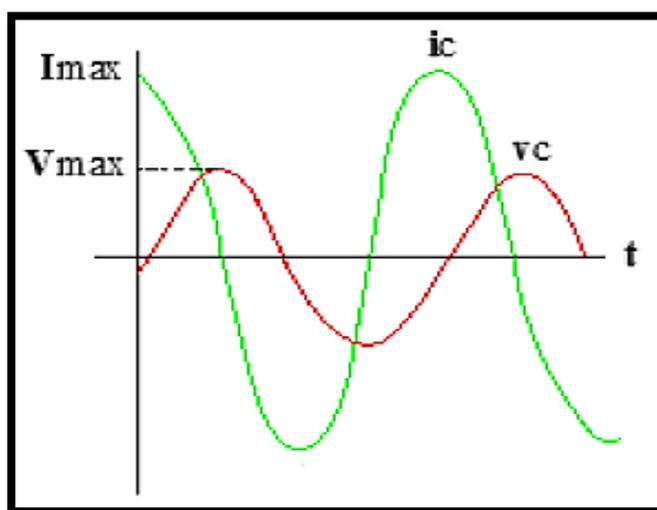


Figura 3.9. Representación de la corriente adelantando al voltaje.

Fuente: [24]

La reacción del inducido ya sea en generadores síncronos de polos salientes y de rotor cilíndrico, provocan una variación de la fuerza magnetomotriz resultante, hacen variar a la

magnitud del flujo en el entrehierro y en consecuencia el valor de la fuerza electromotriz que se obtiene en el inducido [23]. Cuando una carga es puramente capacitiva se puede expresar:

(3.2)

$$XC = \frac{V}{I}$$

(3.3)

$$XC = \frac{1}{2\pi f C}$$

Donde:

V : Voltaje (V)

I : Corriente (A)

XC : Reactancia capacitiva (Ω)

f : Frecuencia (Hz)

Cargas Inductivas (L)

Los inductores son elementos pasivos como las resistencias y capacitores, pero, que tienen la característica de almacenamiento de energía en forma de campo magnético. La forma más simple de inductor es una bobina de alambre que tiene tendencia a mantener su campo magnético una vez establecido, la corriente está retrasada respecto al voltaje, como se puede apreciar en la **Figura 3.10**.

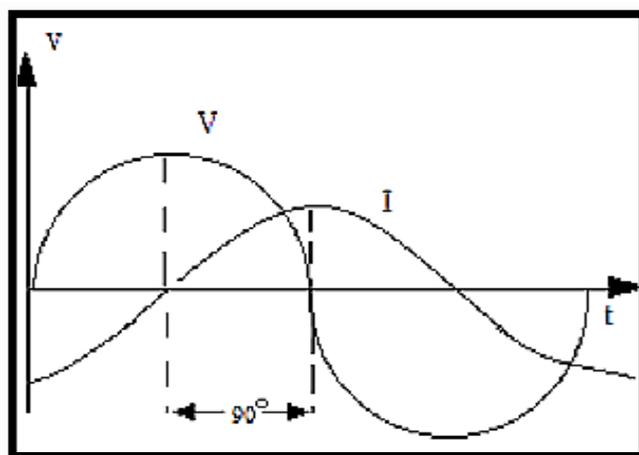


Figura 3.10. Representación de la corriente retrasada al voltaje.

Fuente: [24]

Y se puede expresar de la siguiente manera:

(3.4)

$$XL = \frac{V}{I}$$

(3.5)

$$XL = 2 \pi f L$$

Donde:

XL : Reactancia inductiva (Ω)

V : Voltaje (V)

I : Corriente (A)

f : Frecuencia (Hz)

3.7. Potencias con respecto a las cargas R, L y C

3.7.1. Potencia Activa (P)

En función a la investigación de [21], la potencia activa en un circuito es el que realmente consume, en caso de una demanda eléctrica existente puede ser determinada por esta potencia de acuerdo con su expresión a la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

(3.6)

$$P = I * V * \cos\varphi = I * Z * I * \cos\varphi = I^2 * Z * \cos\varphi = I^2 * R$$

Donde:

P : Potencia activa (W)

V : Voltaje (V)

I : Corriente (A)

Z : Impedancia (Ω)

$\cos\varphi$: Coseno del ángulo

R : Resistencia (Ω)

En un sistema trifásico:

(3.7)

$$P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

P : Potencia activa (W)

I : Corriente (A)

V : Voltaje (V)

R : Resistencia (Ω)

La potencia activa originado por componentes resistivos, es un vector a cero grados como se indica en la **Figura 3.11**.

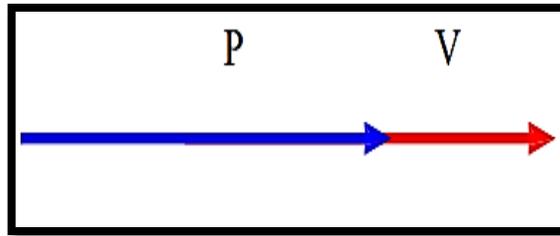


Figura 3.11. Potencia activa en fase con el voltaje.

Fuente: [21]

3.7.2. Potencia Reactiva (Q)

La potencia reactiva no tiene el carácter o la finalidad de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos que generan campos magnéticos y campos eléctricos. La origina la componente de la corriente que está a 90° con respecto a la tensión, en adelante o en atraso, como se puede ver en la **Figura 3.12**. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil y se designa con la letra Q [21, pp. 14-15].

(3.8)

$$Q = I * V * \text{sen}\varphi = I * Z * I \text{sen}\varphi = I^2 * Z \text{sen}\varphi = S * \text{sen}\varphi$$

Donde:

Q : Potencia reactiva (VAR)

V : Voltaje (V)

I : Corriente (A)

Z : Impedancia (Ω)

$\text{sen}\varphi$: Seno del ángulo

S : Potencia aparente (VA)

En un sistema trifásico:

(3.9)

$$Q = 3 V_f * I_f * \text{sen}\varphi$$

Donde:

Q : Potencia reactiva (VAR)

V_f : Voltaje por fase (V)

I_f : Corriente por fase (A)

$\text{sen}\phi$: Valor de factor de potencia Seno del ángulo

Su unidad es el VAR, lo que determina que esta potencia puede darse por elementos reactivos que pueden ser inductivo Q_L y capacitivos Q_C , como se indica en la **Figura 3.12**.

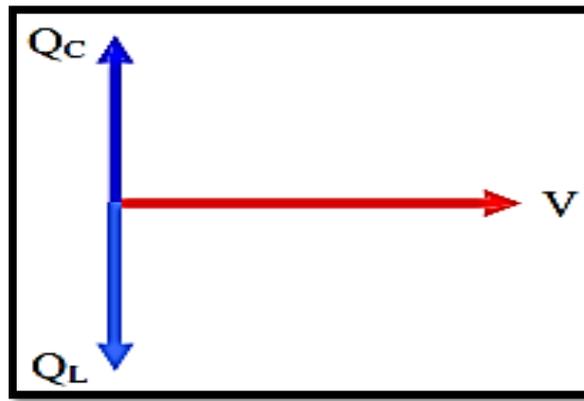


Figura 3.12. Potencia reactiva en adelante Q_C o retraso Q_L con respecto al voltaje.

Fuente:[21]

3.7.3. Potencia Aparente (S)

La potencia aparente es la sumatoria de las dos potencia activa y reactiva, proporcionando un diagrama fasorial que se observa en la **Figura 3.13**, en donde la potencia no es realmente útil salvo que el factor de potencia es la unidad, ya que la potencia activa es igual a la potencia aparente [21].

(3.10)

$$S = I * V = I * Z * I = I^2 * Z$$

Donde:

S : Potencia aparente (VA)

V : Voltaje (V)

I : Corriente (A)

Z : Impedancia (Ω)

En un sistema trifásico:

(3.11)

$$S = V_f * I_f$$

Donde:

V_f : Voltaje por fase (V)

I_f : Corriente por fase (A)

S : Potencia aparente (VA)

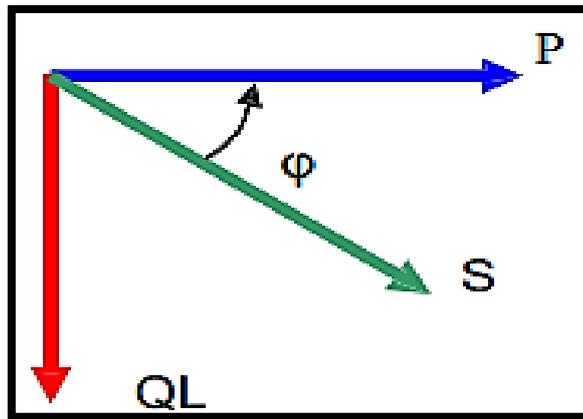


Figura 3.13. Vector (S) de sumar la potencia activa y reactiva.

Fuente: [21].

3.8. Sistema trifásico

En la **Figura 3.14** se representa un sistema trifásico donde el voltaje se representa de forma fasorial por fase, pero desfasadas 120° entre sí [23].

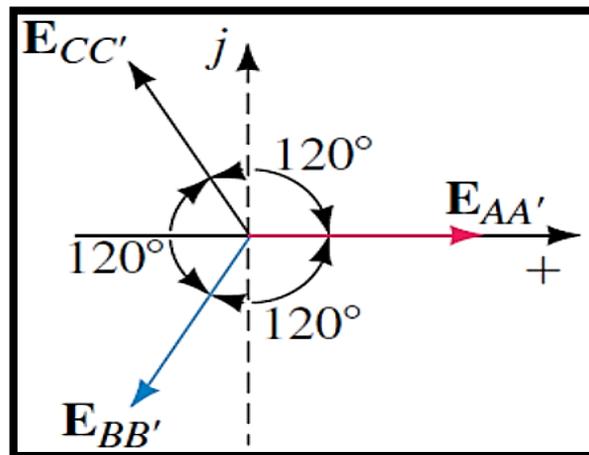


Figura 3.14. Diagrama fasorial trifásico.

Fuente: [23].

3.9. Tipos de conexiones en un sistema trifásico.

En un sistema trifásico se puede realizar dos conexiones en delta o estrella ya sea en la fuente o en la carga.

Conexión Delta.

En este tipo de conexiones se representa de una forma geométrica en triángulo y sin conexión a neutro, debido que se realiza uniendo el final de una bobina con el principio de la otra hasta cerrar la conexión. Para energizar la conexión se lo hace desde las puntas del triángulo las cuales son L1-L2-L3, como se ilustra en la **Figura 3.15** conexión delta [23].

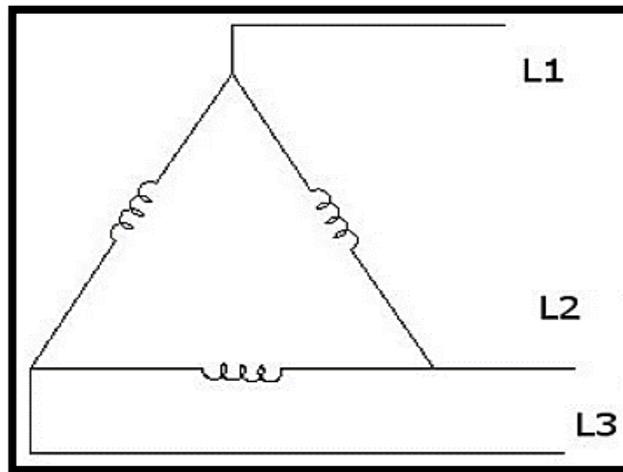


Figura 3.15. Conexión delta.

Fuente: [23].

Una conexión en delta el voltaje de línea es igual al de fase ($V_L = V_F$), la corriente de fase son distintas con la corriente de línea la cual resulta de multiplicación de la corriente de fase por raíz de tres ($I_L = I_F\sqrt{3}$). En la figura se ilustra la magnitud de corriente y fasorialmente la corriente de fase está adelante a 30° de la corriente de línea [23].

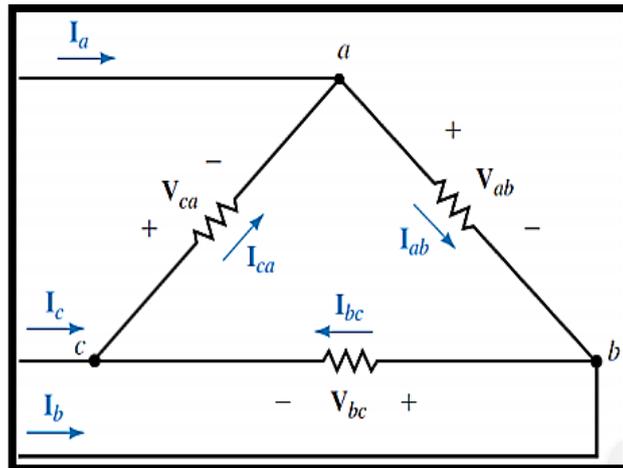


Figura 3.16. Magnitud de corriente en conexión delta.

Fuente: [23].

Conexión Estrella.

La conexión que se ilustra en la **Figura 3.17** es muy usada en la mayoría de motores jaula de ardilla, donde su conexión viene dada por tres terminales y es por donde se energiza, los bobinados se unen en un punto en común que normalmente se denomina neutro y se conecta a tierra, esta conexión es muy parecida a una estrella (Y) [24].

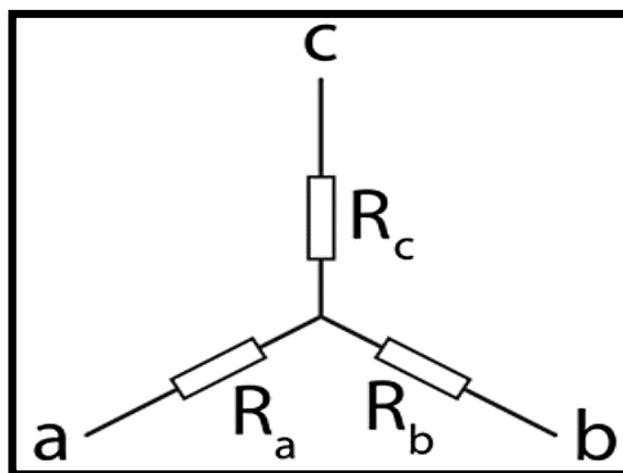


Figura 3.17. Conexión estrella.

Fuente: [23].

La conexión en estrella las corrientes son iguales ($I_L = I_F$), en cambio los voltajes de fase y línea son distintos, el voltaje de línea es igual al voltaje de fase dividido para raíz de tres ($V_L = \frac{V_F}{\sqrt{3}}$), en la **Figura 3.18** se ilustra la magnitud de corrientes y voltajes, que fasorialmente el voltaje de fase atrasan a 30° a los voltajes de línea [23].

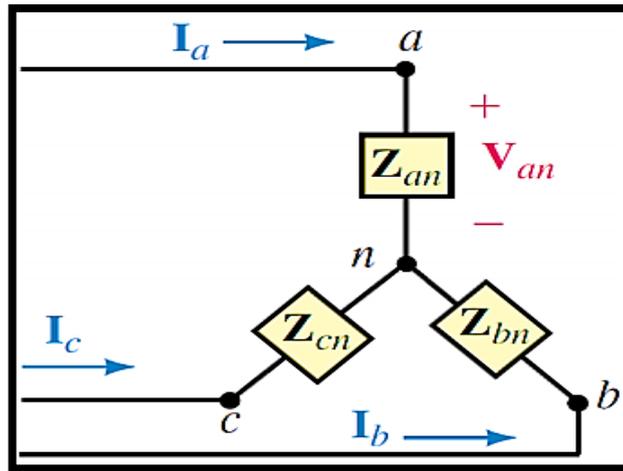


Figura 3.18. Magnitud de corriente y voltajes en conexión estrella.

Fuente: [23].

3.10. Equipos y elementos utilizados en el prototipo

3.10.1. Carga eléctrica resistiva

La carga resistiva está constituida por 6 focos incandescentes de 200W a 220V, aisladas en sus respectivas boquillas, como se indica en la **Figura 3.19** equilibrada para cada línea.



Figura 3.19. Foco incandescente de 200W-220V

Fuente: Autores.

3.10.2. Carga eléctrica inductiva

La carga inductiva está constituida con 3 balastos para lámparas de sodio de 250W a 220V/AC, como se ilustra en la **Figura 3.20**, internamente el balastro consta de una bobina es por eso que se ha optado por utilizar este elemento.



Figura 3.20. Balastros de 250W.

Fuente: Autores

3.10.3. Carga eléctrica capacitiva

En cambio para la carga capacitiva se utilizó 3 capacitores de 20 μF NGM MOTOR RUN, conectado uno en cada fase como se indica en la **Figura 3.21**. Un capacitor es un elemento eléctrico que se compone de dos placas separadas por un dieléctrico, en donde salen electrones desde la placa 1 y se junta en la placa 2, dando una gran cantidad de electrones llamado carga.



Figura 3.21. Capacitores de 20 μF .

Fuente: Autores.

3.10.4. Multímetro Digital DMG 600

Estos multímetros digitales se compone de una pantalla grafica LCD donde se visualiza los parámetros eléctricos con suma precisión para un control total de la red de distribución de energía, y están diseñados para ofrecer máxima facilidad de uso con una gran variedad de funciones avanzadas [26].



Figura 3.22. Multímetro digital DMG600.

Fuente: Catálogo DMG

Las características principales de estos multímetros son el amplio rango de alimentación, la gran precisión en la medida de los valores, la posibilidad de expansión y la interfaz gráfica interactiva que facilita su uso [26], que se ve detallado en la **Tabla 3.1.**

Tabla 3.1. Características del DMG600.

ALIMENTACIÓN	
Tensión Nominal	100-400 V ~
Límites de funcionamiento	90-484 V ~
Frecuencia	45-66 Hz
Consumo/disipación de potencia	2W – 5 VA
Tiempo de inmunidad a micro-cortes	≥ 20 ms
Fusible recomendado	F1A (Rápido)
ENTRADA VOLTIMÉTRICA	
Tensión nominal Ue máx.	600 V CA L-L (346 V CA L-N)
Rango de medida	50 a 720 V L-L (415 V CA L-N)
Gama de frecuencias	45 a 65 Hz
Tipo de medida	Verdadero valor eficaz (TRMS)
Impedancia de entrada de medida	L-N - L-L > 8M Ω
Modo de conexión	Línea monofásica, bifásica, trifásica con o sin neutro y sistema trifásico equilibrado
Fusibles recomendados	F1A (rápido)

ENTRADAS AMPERIMÉTRICAS	
Corriente nominal I_e	1 A ~o 5 A ~
Rango de medida	Escala 5 A: 0,025 - 6 A~ Escala 1 A: 0,025 - 1,2 A~
Tipo de entrada	Shunt alimentado mediante transformador de corriente externo (baja tensión) de 5 A máx.
Tipo de medida	Verdadero valor eficaz (TRMS)
Intensidad límite térmica permanente	+20% I_e
Intensidad límite térmica de corta duración	50 A durante 1 segundo
Consumo (por fase)	$\leq 0,6$ VA
PRECISIÓN DE MEDIDA	
Condiciones de medida	+23°C $\pm 2^\circ$ C
Tensión (fase - neutro)	$\pm 0,5\%$ (50 a 480 V~) $\pm 0,5$ dígitos
Tensión (fase - fase)	$\pm 0,5\%$ (80 a 830 V~) $\pm 0,5$ dígitos
Corriente (TC /5)	$\pm 0,5\%$ (0,1 a 1,2 I_n) $\pm 0,5$ dígitos
Energía activa	Clase 1 (IEC/EN 62053-21)
Energía reactiva	Clase 2 (IEC/EN 62053-23)
CARCASA	
Tipo	Empotrable
Material	Policarbonato
Grado de protección frontal	IP54 frontal –IP 20 terminales
Peso	300g

Los principales parámetros eléctricos que permite visualizar los multímetros digitales son los siguientes:

- Tensión (tensiones de fase, fase-fase y de sistema)
- Corriente de fase (corriente de neutro calculada)
- Potencia (potencias activas, reactivas y aparentes de fase y totales)
- F.P. (factor de potencia de cada fase y total)
- Frecuencia de la tensión medida

3.10.5. Transformador de corriente (TC)

Es un dispositivo convertidor que fue diseñado para producir una corriente diferente en el devanado secundario la cual es proporcional a la corriente que se está midiendo en sus devanados primarios, estos transformadores reducen corrientes de altos voltajes a corrientes de valor muy bajo.

Además de proporcionar una manera conveniente de monitorear de forma segura el flujo de corriente eléctrica actual en una línea de transmisión de CA utilizando un amperímetro común. El principio de operación de un transformador de corriente no es diferente del de un transformador normal [26].

Tabla 3.2. Características de los TC.

PARÁMETROS DE LOS TC's	
Corriente del primario	100 A
Corriente del secundario	5 A
Frecuencia	50/60 Hz
Clase	0.5
CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO	
Frecuencia de funcionamiento	40 ~60 Hz
Resistencia sobrecargas	1,2 In
Corriente dinámica	2,5 Ith en 1 seg
Grado de protección	IP 30
Humedad relativa, sin condensación	90%
Aislamiento(Tipo seco)	Clase E
Temperatura de empleo	-25....+ 50 °C
Temperatura de almacenaje	-40....+ 80 °C

Fuente: [26].

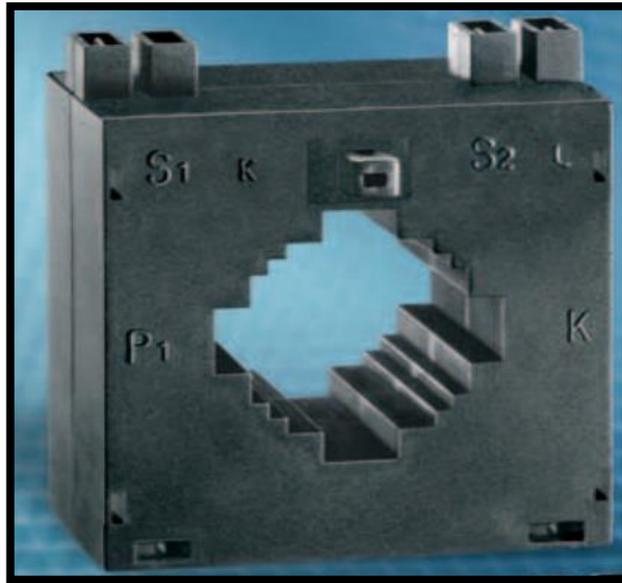


Figura 3.23. Transformador de Corriente.

Fuente: [26]

3.10.6. Fuentes de excitación DC modelo QW-MS305D

La fuente de alimentación tiene como finalidad proveer de Corriente Directa (DC) a los devanados del inductor e induciendo así un campo magnético, necesario para el proceso de generación de corriente Alterna, esta fuente de alimentación presenta una alta resistencia que es duradera en uso, así como también funciona bien en estabilidad y confiabilidad, el mismo que está diseñado con un potenciómetro que ofrece alta precisión y estabilidad en el ajuste [27].

Las especificaciones técnicas de la Fuente de excitación se dan a conocer en la **Tabla 3.3**, que se muestran a continuación.



Figura 3.24. Fuente de excitación.

Fuente: [27]

Tabla 3.3. Especificaciones técnicas de la Fuente de excitación.

CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE VOLTAJE	
Modelo	QW-MS305D
Salida de frecuencia	0 ~30 V, 0 ~ 5 A DC
Dimensiones	(10,15x4,96x6,18)''/(25,8x12,6x15,7)cm
Peso	65,05 oz/1844 g
Monitor	3 Pantallas LED
Ajuste	Si
Enchufe	Estándar de la UE
CONDICIONES PARA LA OPERACIÓN DE LA FRECUENCIA	
Voltaje de entrada	220V ± 10% 47 ~63 Hz
Las condiciones de trabajo	-10 °C ~40 °C
Condiciones de almacenaje	-20 °C ~80 °C
Humedad relativa de trabajo	< 80 %
Humedad relativa de almacenamiento	< 80 %

Fuente: [27]

4. METODOLOGÍA

4.1. Tipos de investigación

En el proceso educativo existen diferentes tipos de investigación, los cuales exigen al involucrado a seguir pasos estratégicos para obtener conocimientos previos del trabajo a ejecutar, los mismos que ayudan a encaminar todas las actividades con la finalidad de alcanzar el objetivo planteado en la propuesta tecnológica.

Los tipos de investigación que se utilizarán en el presente trabajo a desarrollarse serán los siguientes:

4.1.1. Investigación bibliográfica

En lo que respecta a este tipo de investigación está enfocada a la recopilación de información teórica de diferentes medios bibliográficos, este medio se utilizó para consolidar la propuesta tecnológica ya que el contenido teórico será de mucha ayuda para conocer con exactitud la información que necesitamos para la implementación de cada elemento a utilizar en la construcción del prototipo de transferencia de carga.

4.1.2. Investigación explicativa

En la presente propuesta tecnológica se aplicó este tipo de investigación con el fin de explicar el estado en que se encuentra el sistema al realizar transferencia de carga entre generador y barra infinita o viceversa, cuando este sea sometido a diversas condiciones de operación, poniendo en práctica los conocimientos asimilados durante los ciclos académicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.2. Métodos de investigación

Los métodos de investigación son pasos que ayudarán a recopilar suficiente información y esta misma información se ordenara y analizara para llegar a cumplir los objetivos planeados en la propuesta tecnológica. Los métodos que se usaran son los siguientes:

4.2.1. Método experimental

Este método se lo emplea con el fin de realizar transferencia de carga entre generador y barra infinita, en diversas condiciones de operación y comprobar su valides, a través de la ejecución de diversas prácticas de laboratorio.

4.2.2. Método observacional

El presente método se utilizó para analizar y verificar la transferencia de carga, mediante la visualización y toma de datos en tiempo real.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Diseño del módulo transferencia de carga

Con respecto al diseño del módulo “transferencia de carga” se enfocó en la reutilización del módulo “motor - generador AC-AC trifásico de 5 kW”, para el cual se implementó elementos y equipos que permitirán el funcionamiento de ambos módulos de trabajo. Además de enfocarse en la forma de operación manual, segura y didáctica.

5.1.1. Diseño del diagrama de mando y fuerza

Los diagramas presentados en la **Figura 5.1** permiten entender el funcionamiento del módulo “motor – generados AC-AC trifásico de 5kW”.

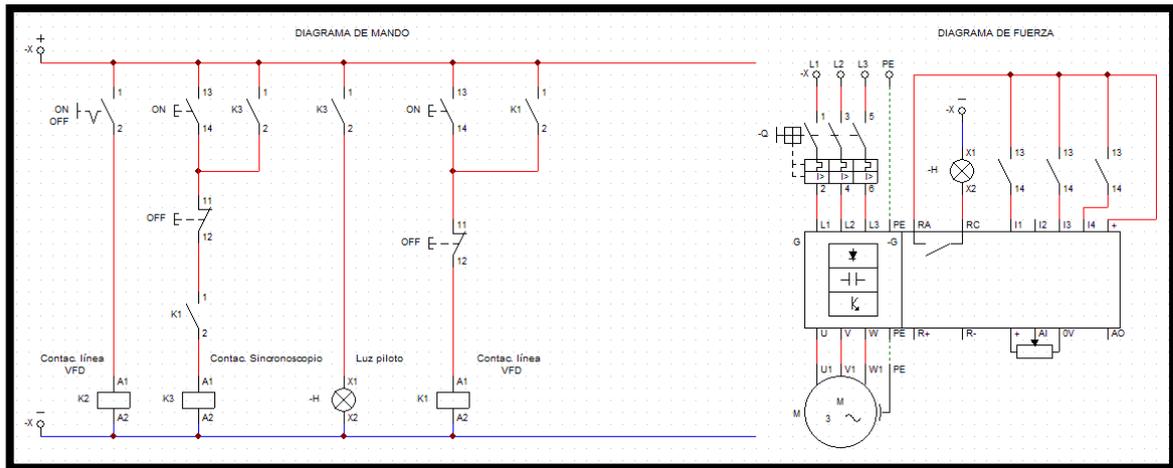


Figura 5.1. Diagrama de Mando y Fuerza.

Fuente: Autores.

5.1.2. Diseño de las cargas eléctricas

Las cargas eléctricas fueron dimensionadas de acuerdo a la potencia nominal del generador síncrono y habilitadas para conexión estrella o triángulo.

ESTRELLA

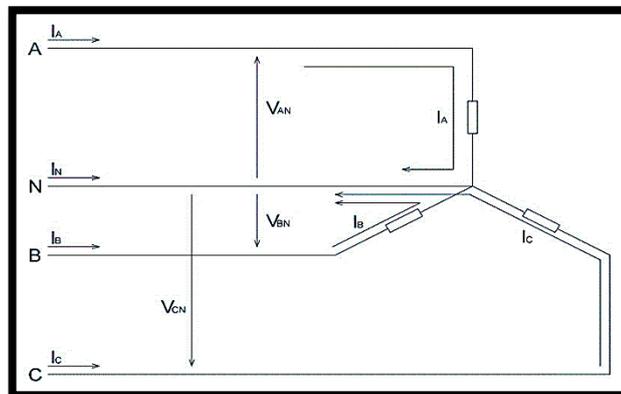


Figura 5.2. Intensidades de corriente en un sistema trifásico en estrella.

Fuente: Autores.

En un sistema de cargas equilibradas en estrella con Secuencia ABC, se conoce que los voltajes entre líneas son:

$$V_{AB} = V_L \angle 120^\circ = 220 \angle 120^\circ$$

$$V_{BC} = V_L \angle 0^\circ = 220 \angle 0^\circ$$

$$V_{CA} = V_L \angle 240^\circ = 220 \angle 240^\circ$$

Y los voltajes de fase son:

$$V_{AN} = (V_L/\sqrt{3})\angle 90^\circ = 127\angle 90^\circ$$

$$V_{BN} = (V_L/\sqrt{3})\angle -30^\circ = 127\angle -30^\circ$$

$$V_{CN} = (V_L/\sqrt{3})\angle -150^\circ = 127\angle -150^\circ$$

CARGA RESISTIVA

Se conoce que en un sistema en conexión estrella:

$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{220V}{\sqrt{3}} = 127V$$

$$I_L = I_F = 1.2A$$

Para el cálculo de cada impedancia en el sistema se tomó el dato de 1.2A del consumo de cada línea, entonces:

$$Z = \frac{V_F}{I_F} = \frac{127V}{1.2A} = 105.83\Omega$$

Calculo de corrientes

Entonces para hallar las intensidades de corriente que circulan por las impedancias se procede a utilizar el método de mallas.

Malla 1

$$105.83\Omega * I_A - 127\angle 90^\circ = 0$$

$$105.83\Omega * I_A = 127\angle 90^\circ$$

$$I_A = \frac{127\angle 90^\circ}{105.83\Omega}$$

$$I_A = 1.20\angle 90^\circ A$$

Malla 2

$$105.83\Omega * I_B - 127\angle -30^\circ = 0$$

$$105.83\Omega * I_B = 127\angle -30^\circ$$

$$I_B = \frac{127\angle -30^\circ}{105.83\Omega}$$

$$I_B = 1.20\angle -30^\circ A$$

Malla 3

$$105.83\Omega * I_C - 127\angle -150^\circ = 0$$

$$105.83\Omega * I_C = 127\angle -150^\circ$$

$$I_C = \frac{127\angle -150^\circ}{105.83\Omega}$$

$$I_C = 1.20\angle -150^\circ A$$

Calculo de potencias

$$P = 3 * V_F * I_F * \cos \theta = 3 * 127V * 1.20A * \cos 0 = 457.2W$$

$$Q = 3 * V_F * I_F * \sin 0 = 3 * 127V * 1.20A * \sin 0 = 0VAR$$

CARGA INDUCTIVA

Se conoce que en un sistema en conexión estrella:

$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{220V}{\sqrt{3}} = 127V$$

$$I_L = I_F = 1.9A$$

Para el cálculo de cada impedancia en el sistema se tomó el dato de 1.9A del consumo de cada línea, entonces:

$$Z = \frac{V_F}{I_F} = \frac{127V}{1.9A} = 66.84\Omega$$

Se conoce también que

$$Z = R + j(XL - XC) = jXL = j66.84\Omega = 66.84\angle 90^\circ\Omega$$

$$jXL = 2 * \pi * f * L$$

$$L = \frac{jXL}{2 * \pi * f} = \frac{66.83\Omega}{2 * \pi * 60Hz} = j0.17H$$

Calculo de corrientes

Entonces para hallar las intensidades de corriente que circulan por las impedancias se procede a utilizar el método de mallas.

Malla 1

$$66.84\angle 90^\circ \Omega * I_A - 127\angle 90^\circ = 0$$

$$66.84\angle 90^\circ \Omega * I_A = 127\angle 90^\circ$$

$$I_A = \frac{127\angle 90^\circ}{66.84\angle 90^\circ \Omega}$$

$$I_A = 1.9\angle 0^\circ A$$

Malla 2

$$66.84\angle 90^\circ \Omega * I_B - 127\angle -30^\circ = 0$$

$$66.84\angle 90^\circ \Omega * I_B = 127\angle -30^\circ$$

$$I_B = \frac{127\angle -30^\circ}{66.84\angle 90^\circ \Omega}$$

$$I_B = 1.9\angle -120^\circ A$$

Malla 3

$$66.84\angle 90^\circ \Omega * I_C - 127\angle -150^\circ = 0$$

$$66.84\angle 90^\circ \Omega * I_C = 127\angle -150^\circ$$

$$I_C = \frac{127\angle -150^\circ}{66.84\angle 90^\circ \Omega}$$

$$I_C = 1.9\angle 120^\circ A$$

Calculo de potencias

$$P = 3 * V_F * I_F * \cos \theta = 3 * 127V * 1.9A * \cos(-90) = 0W$$

$$Q = 3 * V_F * I_F * \sin \theta = 3 * 127V * 1.9A * \sin(-90) = -723.9VAR$$

CARGA CAPACITIVA

Se conoce que en un sistema en conexión estrella:

$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{220V}{\sqrt{3}} = 127V$$

$$I_L = I_F$$

Para el cálculo de cada impedancia en el sistema se sabe que el capacitor es de $20\mu\text{F}$, entonces:

$$XC = \frac{1}{2 * \pi * f * c} = \frac{1}{2 * \pi * 60\text{Hz} * 20\mu\text{F}} = 132.63\Omega$$

Se conoce también que

$$Z = R + j(XL - XC) = -jXC = -j132.63\Omega = 132.63\angle -90^\circ\Omega$$

Calculo de corrientes

Entonces para hallar las intensidades de corriente que circulan por las impedancias se procede a utilizar el método de mallas.

Malla 1

$$132.63\angle -90^\circ\Omega * I_A - 127\angle 90^\circ = 0$$

$$132.63\angle -90^\circ\Omega * I_A = 127\angle 90^\circ$$

$$I_A = \frac{127\angle 90^\circ}{132.63\angle -90^\circ\Omega}$$

$$I_A = -0.96\angle 0^\circ\text{A}$$

Malla 2

$$132.63\angle -90^\circ\Omega * I_B - 127\angle -30^\circ = 0$$

$$132.63\angle -90^\circ\Omega * I_B = 127\angle -30^\circ$$

$$I_B = \frac{127\angle -30^\circ}{132.63\angle -90^\circ\Omega}$$

$$I_B = 0.96\angle 60^\circ\text{A}$$

Malla 3

$$132.63\angle -90^\circ\Omega * I_C - 127\angle -150^\circ = 0$$

$$132.63\angle -90^\circ\Omega * I_C = 127\angle -150^\circ$$

$$I_C = \frac{127\angle -150^\circ}{132.63\angle -90^\circ\Omega}$$

$$I_C = 0.96 \angle -60^\circ A$$

Calculo de potencias

$$P = 3 * V_F * I_F * \cos \theta = 3 * 127V * 0.96A * \cos(90) = 0W$$

$$Q = 3 * V_F * I_F * \sin \theta = 3 * 127V * 0.96A * \sin(90) = 365.76VAR$$

DELTA

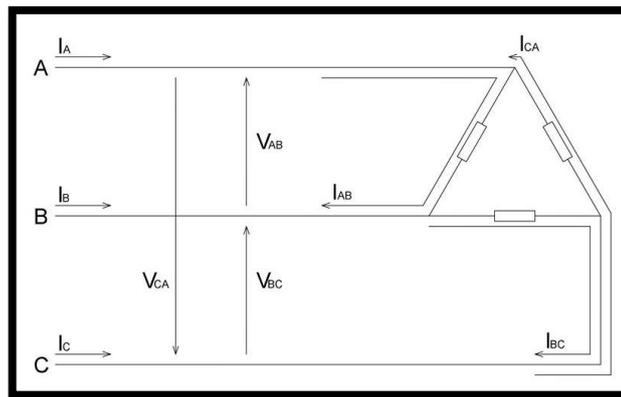


Figura 5.3. Intensidades de corriente en un sistema trifásico en delta.

Fuente: Autores.

En un sistema de cargas equilibradas en delta con Secuencia ABC, se conoce que los voltajes entre líneas son:

$$V_{AB} = V_L \angle 120^\circ = 220 \angle 120^\circ$$

$$V_{BC} = V_L \angle 0^\circ = 220 \angle 0^\circ$$

$$V_{CA} = V_L \angle 240^\circ = 220 \angle 240^\circ$$

Y los voltajes de fase son:

$$V_{AN} = (V_L / \sqrt{3}) \angle 90^\circ = 127 \angle 90^\circ$$

$$V_{BN} = (V_L / \sqrt{3}) \angle -30^\circ = 127 \angle -30^\circ$$

$$V_{CN} = (V_L / \sqrt{3}) \angle -150^\circ = 127 \angle -150^\circ$$

CARGA RESISTIVA

Se conoce que en un sistema en conexión delta:

$$V_F = V_L = 220V$$

$$I_L = \sqrt{3} * I_F = \sqrt{3} * 1.5A = 2.6A$$

Para el cálculo de cada impedancia en el sistema se tomó el dato de 1.5A del consumo de cada línea, entonces:

$$Z = \frac{V_F}{I_F} = \frac{220V}{1.5A} = 146.67\Omega$$

Calculo de corrientes

Entonces para hallar las intensidades de corriente que circulan por las impedancias se procede a utilizar el método de mallas.

Malla 1

$$146.67\Omega * I_1 - 220\angle 120^\circ = 0$$

$$146.67\Omega * I_1 = 220\angle 120^\circ$$

$$I_1 = \frac{220\angle 120^\circ}{146.67\Omega}$$

$$I_1 = 1.50\angle 120^\circ A$$

Malla 2

$$146.67\Omega * I_2 - 220\angle 0^\circ = 0$$

$$146.67\Omega * I_2 = 220\angle 0^\circ$$

$$I_2 = \frac{220\angle 0^\circ}{146.67\Omega}$$

$$I_2 = 1.50\angle 0^\circ A$$

Malla 3

$$146.67\Omega * I_3 - 220\angle 240^\circ = 0$$

$$146.67\Omega * I_3 = 220\angle 240^\circ$$

$$I_3 = \frac{220\angle 240^\circ}{146.67\Omega}$$

$$I_3 = 1.50\angle -120^\circ A$$

Por tanto,

$$I_A = I_1 - I_2 = I_1 = 1.50\angle 120^\circ A - 1.50\angle 0^\circ A = 2.60\angle 150^\circ A$$

$$I_B = I_2 - I_1 = 1.50\angle 0^\circ A - 1.50\angle 120^\circ A = 2.60\angle -30^\circ A$$

$$I_C = I_3 - I_2 = 1.50\angle -120^\circ A - 1.50\angle 0^\circ A = 2.60\angle -150^\circ A$$

Calculo de potencias

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta = \sqrt{3} * 220V * 2.60A * \cos 0 = 990.73W$$

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sin 0 = \sqrt{3} * 220V * 2.60A * \sin 0 = 0VAR$$

CARGA INDUCTIVA

Se conoce que en un sistema en conexión delta:

$$V_F = V_L = 220V$$

$$I_L = \sqrt{3} * I_F = \sqrt{3} * 3.4A = 5.88A$$

Para el cálculo de cada impedancia en el sistema se tomó el dato de 3.4A del consumo de cada línea, entonces:

$$Z = \frac{V_F}{I_F} = \frac{220V}{3.4A} = 64.71\Omega$$

Se conoce también que

$$Z = R + j(XL - XC) = jXL = j64.71\Omega = 64.71\angle 90^\circ\Omega$$

$$jXL = 2 * \pi * f * L$$

$$L = \frac{jXL}{2 * \pi * f} = \frac{64.71\Omega}{2 * \pi * 60Hz} = j0.17H$$

Calculo de corrientes

Entonces para hallar las intensidades de corriente que circulan por las impedancias se procede a utilizar el método de mallas.

Malla 1

$$64.71\angle 90^\circ\Omega * I_1 - 220\angle 120^\circ = 0$$

$$64.71\angle 90^\circ \Omega * I_1 = 220\angle 120^\circ$$

$$I_1 = \frac{220\angle 120^\circ}{64.71\angle 90^\circ \Omega}$$

$$I_1 = 3.40\angle 30^\circ A$$

Malla 2

$$64.71\angle 90^\circ \Omega * I_2 - 220\angle 0^\circ = 0$$

$$64.71\angle 90^\circ \Omega * I_2 = 220\angle 0^\circ$$

$$I_2 = \frac{220\angle 0^\circ}{64.71\angle 90^\circ \Omega}$$

$$I_2 = 3.40\angle -90^\circ A$$

Malla 3

$$64.71\angle 90^\circ \Omega * I_3 - 220\angle 240^\circ = 0$$

$$64.71\angle 90^\circ \Omega * I_3 = 220\angle 240^\circ$$

$$I_3 = \frac{220\angle 240^\circ}{64.71\angle 90^\circ \Omega}$$

$$I_3 = 3.40\angle 150^\circ A$$

Por tanto,

$$I_A = I_1 - I_2 = 3.40\angle 30^\circ A - 3.40\angle -90^\circ A = 5.88\angle 60^\circ A$$

$$I_B = I_2 - I_1 = 3.40\angle -90^\circ A - 3.40\angle 30^\circ A = 5.88\angle -120^\circ A$$

$$I_C = I_3 - I_2 = 3.40\angle 150^\circ A - 3.40\angle -90^\circ A = 5.88\angle 120^\circ A$$

Calculo de potencias

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta = \sqrt{3} * 220V * 5.88A * \cos(-90) = 0W$$

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sin \theta = \sqrt{3} * 220V * 5.88A * \sin(-90) = -2240.58VAR$$

CARGA CAPACITIVA

Se conoce que en un sistema en conexión estrella:

$$V_F = V_L = 220V$$

$$I_L = \sqrt{3} * I_F$$

Para el cálculo de cada impedancia en el sistema se tomó el dato de 20μF del consumo de cada capacitor conectada en delta, entonces: Para el cálculo de cada impedancia en el sistema se sabe que el capacitor es de 20μF, entonces:

$$XC = \frac{1}{2 * \pi * f * C} = \frac{1}{2 * \pi * 60Hz * 20\mu F} = 132.63\Omega$$

Se conoce también que

$$Z = R + j(XL - XC) = -jXC = -j132.63\Omega = 132.63\angle - 90^\circ\Omega$$

Calculo de corrientes

Entonces para hallar las intensidades de corriente que circulan por las impedancias se procede a utilizar el método de mallas.

Malla 1

$$132.63\angle - 90^\circ\Omega * I_1 - 220\angle 120^\circ = 0$$

$$132.63\angle - 90^\circ\Omega * I_1 = 220\angle 120^\circ$$

$$I_1 = \frac{220\angle 120^\circ}{132.63\angle - 90^\circ\Omega}$$

$$I_1 = 1.66\angle - 150^\circ A$$

Malla 2

$$132.63\angle - 90^\circ\Omega * I_2 - 220\angle 0^\circ = 0$$

$$132.63\angle - 90^\circ\Omega * I_2 = 220\angle 0^\circ$$

$$I_2 = \frac{220\angle 0^\circ}{132.63\angle - 90^\circ\Omega}$$

$$I_2 = 1.66\angle 90^\circ A$$

Malla 3

$$132.63\angle - 90^\circ\Omega * I_3 - 220\angle 240^\circ = 0$$

$$132.63\angle - 90^\circ\Omega * I_3 = 220\angle 240^\circ$$

$$I_3 = \frac{220 \angle 240^\circ}{132.63 \angle -90^\circ \Omega}$$

$$I_3 = 1.66 \angle -30^\circ A$$

Por tanto,

$$I_A = I_1 - I_2 = I_1 = 1.66 \angle -150^\circ A - 1.66 \angle 90^\circ A = 2.88 \angle -120^\circ A$$

$$I_B = I_2 - I_1 = 1.66 \angle 90^\circ A - 1.66 \angle -150^\circ A = 2.88 \angle 60^\circ A$$

$$I_C = I_3 - I_2 = 1.66 \angle -30^\circ A - 1.66 \angle 90^\circ A = 2.88 \angle -60^\circ A$$

Calculo de potencias

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta = \sqrt{3} * 220V * 2.88A * \cos(90) = 0W$$

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sin \theta = \sqrt{3} * 220V * 2.88A * \sin(90) = 1097.43VAR$$

Con los datos obtenidos de potencia activa y reactiva en estrella:

Resistencia:

$$P = 3 * V_F * I_F * \cos \theta = 3 * 127V * 1.20A * \cos 0 = 457.2W$$

$$Q = 3 * V_F * I_F * \sin \theta = 3 * 127V * 1.20A * \sin 0 = 0VAR$$

Inductancia:

$$P = 3 * V_F * I_F * \cos \theta = 3 * 127V * 1.9A * \cos(-90) = 0W$$

$$Q = 3 * V_F * I_F * \sin \theta = 3 * 127V * 1.9A * \sin(-90) = -723.9VAR$$

Capacitancia:

$$P = 3 * V_F * I_F * \cos \theta = 3 * 127V * 0.96A * \cos(90) = 0W$$

$$Q = 3 * V_F * I_F * \sin \theta = 3 * 127V * 0.96A * \sin(90) = 365.76VAR$$

Potencia aparente

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{457.2^2 + (-723.9 + 365.76)^2} = 580.77VA$$

Se obtiene una potencia aparente total de 580.77VA, es decir que nuestro generador síncrono va a suplir tranquilamente a la carga.

Con los datos obtenidos de potencia activa y reactiva en delta:

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta = \sqrt{3} * 220V * 2.60A * \cos 0 = 990.73W$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{990.73^2 + (-2240.58 + 1097.43)^2} = 1512.73VA$$

Se obtiene una potencia aparente total de 1512.73VA, es decir que nuestro generador síncrono va a suplir tranquilamente a la carga.

Con los datos obtenidos de potencia activa y reactiva en delta:

Resistencia:

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta = \sqrt{3} * 220V * 2.60A * \cos 0 = 990.73W$$

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sin 0 = \sqrt{3} * 220V * 2.60A * \sin 0 = 0VAR$$

Inductancia:

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta = \sqrt{3} * 220V * 5.88A * \cos(-90) = 0W$$

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sin \theta = \sqrt{3} * 220V * 5.88A * \sin(-90) = -2240.58VAR$$

Capacitancia:

$$P = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos \theta = \sqrt{3} * 220V * 2.88A * \cos(90) = 0W$$

$$Q = \sqrt{3} * V_L * I_L * \sin \theta = \sqrt{3} * 220V * 2.88A * \sin(90) = 1097.43VAR$$

Potencia aparente

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{990.73^2 + (-2240.58 + 1097.43)^2} = 1512.73VA$$

Se obtiene una potencia aparente total de 1512.73VA, es decir que nuestro generador síncrono va a suplir tranquilamente a la carga.

5.1.3. Diseño del control de excitación

Para el control de excitación se hizo el uso del equipo de la **Figura 3.24**, que no es más que una fuente de voltaje DC, la cual nos entrega voltaje hasta 32VDC y corriente de excitación de 0.50A, se debe recalcar que la corriente de excitación es la que permitirá ajustar el voltaje alterno a los valores deseados, en este caso no se ajustara la corriente de excitación, más bien se manipulara el voltaje directo para obtener una corriente de excitación según la **Figura 5.4**.

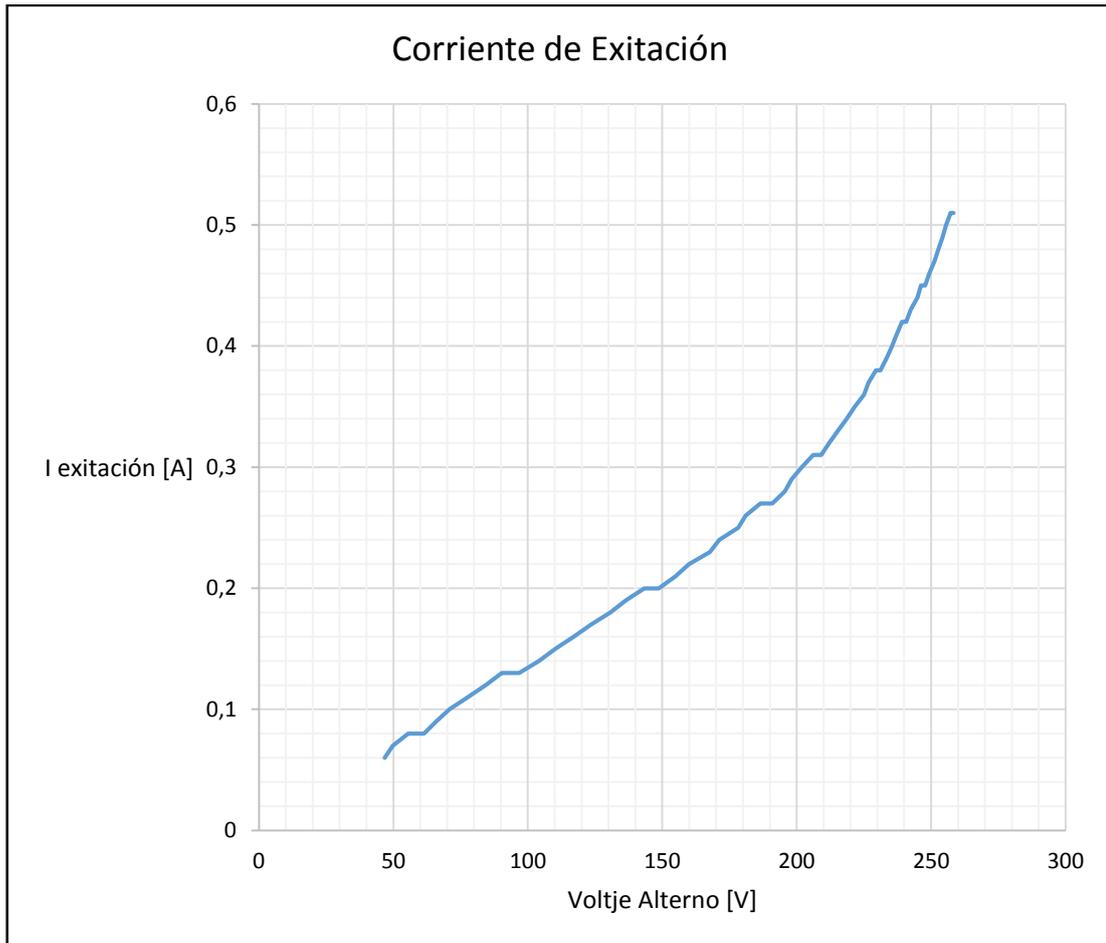


Figura 5.4. Corriente de excitación.

Fuente: Autores.

5.1.4. Delineamiento del módulo de trabajo

En la implementación de los elementos y equipos en el módulo de trabajo, se tomó en cuenta las dimensiones de cada uno de ellos para realizar las perforaciones y ubicación de los mismos, como se indica en **Figura 5.5**, el módulo abarca de tres pantallas LOVATO en la parte superior donde el operario visualizara los diferentes parámetros eléctricos que las pantallas emiten como son corrientes, voltajes, potencias, frecuencia, entre otros parámetros eléctricos. En la parte intermedia se delimita de un diagrama multifilar de conexión de los equipos y elementos conectados, para transferir Carga desde el Generador o desde la Barra Infinita.

El módulo costa de un Control de excitación del campo como se ilustra en la, **Figura 3.24** siendo una fuente que provee corriente directa al rotor del generador para que pueda generar un voltaje AC. En la parte inferior se visualiza cuatro interruptores, uno siendo el principal para el encendido del módulo y los otros tres de las cargas Resistiva, Inductiva y Capacitiva, estas se podrán accionar para diversas pruebas conectadas en DELTA o ESTRELLA que el estudiante o docente lo realicen conjuntamente con las guías que se encuentran anexadas. Para lo cual

existe borneras donde se puede realizar esta conexión, como también existen borneras de ingreso para cargas externas y para la alimentación de cargas esta última se alimentara desde el generador o la barra infinita.

Y finalmente la conexión a tierra que es muy fundamental en el módulo para diversas descargas de corrientes parasitas que existan en el sistema, dándonos valores erróneos que afectan en la toma de resultados de diferentes pruebas.

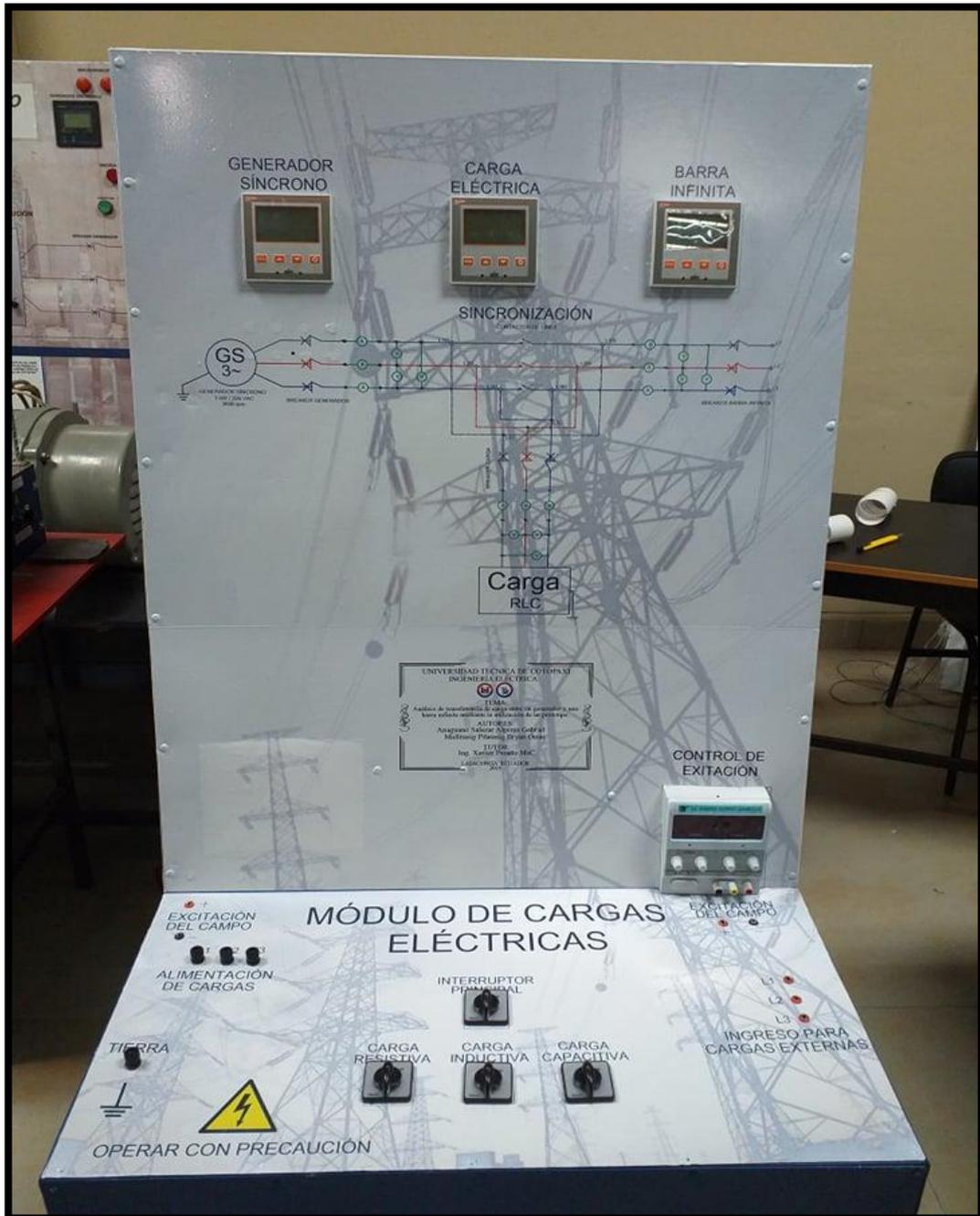


Figura 5.5. Delimitación del Módulo.

Fuentes: Autores.

5.1.5. Diseño del diagrama de conexión

El diagrama de conexión de los equipos y elementos, permite comprender de manera la ubicación del sistema de medición y de cargas eléctricas.

5.2. Diseño de la estructura

La elaboración de la estructura se realizó de metal y cuenta con ruedas de goma con bloqueo para fijar al piso el modulo. Esta cuenta varias secciones en donde se fijará el sistema de medición, las cargas eléctricas, el control de excitación, las borneras de conexión, los transformadores de corriente y el cableado pertinente.

5.2.1. Módulo de cargas eléctricas

El módulo de cargas eléctricas está equipado con cargas de tipo resistivo, inductivo y capacitivo, alimentadas con 220V. Hay que destacar que estas fueron dimensionadas dentro del rango de potencia nominal del generador de 5kW.

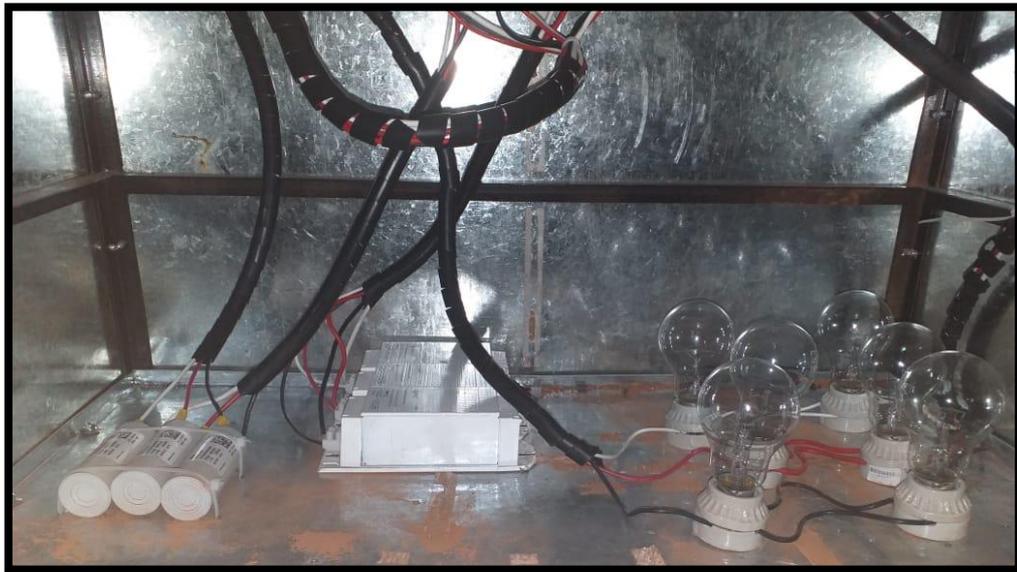


Figura 5.6. Carga Capacitiva.

Fuente: Autores.

En la construcción de la carga eléctrica resistiva se realizó mediante la conexión de dos focos en paralelo de 200W por cada fase, implementadas en unas boquillas de porcelana, con respecto a la construcción de la carga inductiva se utilizó 3 balastos con una inductancia de 0.17H cada uno, en cuanto a la elaboración de la carga capacitiva se utilizó 3 capacitores de $20\mu\text{F}$ cada uno, habilitadas para conexiones Y o Δ , alimentados a un voltaje de 220V a 60Hz, en la **Figura 5.6** se muestra los elementos mencionados.

5.2.2. Sistema de medición

Los multímetros digitales DMG600 están diseñados para ofrecer una gran variedad de mediciones, tiene una pantalla LCD retroiluminada y 4 teclas de desplazamiento como se ilustra en **Figura 5.7** para navegar en sus funciones y configuraciones.



Figura 5.7. Multímetros Digitales DMG600.

Fuente: Autores.

Funciones de las teclas frontales

- Tecla **MENÚ**: permite entrar o salir de los distintos menús de visualización y configuración.
- Teclas **▲** y **▼**: permiten desplazarse por las páginas de video, seleccionar las opciones disponibles en pantalla y modificar la configuración (aumentar/reducir).
- Tecla **⌚**: permite desplazarse por las subpáginas, confirmar la selección realizada y cambiar de un modo de visualización a otro.

Visualización de las medidas

Las teclas **▲** y **▼** permiten navegar una a una las páginas de visualización de medidas. La página actual se identifica mediante la unidad de medida que aparece en la parte superior de la pantalla. La visualización de las medidas dependerá de la programación y la conexión del multímetro digital, entre las principales está:

- ✓ Voltaje entre fases.
- ✓ Voltaje de fase.
- ✓ Corriente de fase y neutro.
- ✓ Potencia activa.

- ✓ Potencia reactiva.
- ✓ Potencia aparente.
- ✓ Factor de potencia
- ✓ Frecuencia

La tecla \cup permite acceder a las subpáginas de cada página, con el fin de mostrar valores máximos y mínimos registrados correspondientes a la medida seleccionada, a continuación se detalla el significado de cada uno de estos iconos que se mostrara en la parte inferior derecha:

- ✓ **IN:** Valor instantáneo.
- ✓ **HI:** Valor instantáneo máximo.
- ✓ **LO:** Valor instantáneo mínimo.
- ✓ **AV:** Valor integrado.
- ✓ **MD:** Valor máximo integrado.

Conexión de los DMG600

El esquema de conexión eléctrica se realizó como se indica en la **Figura 5.8.**

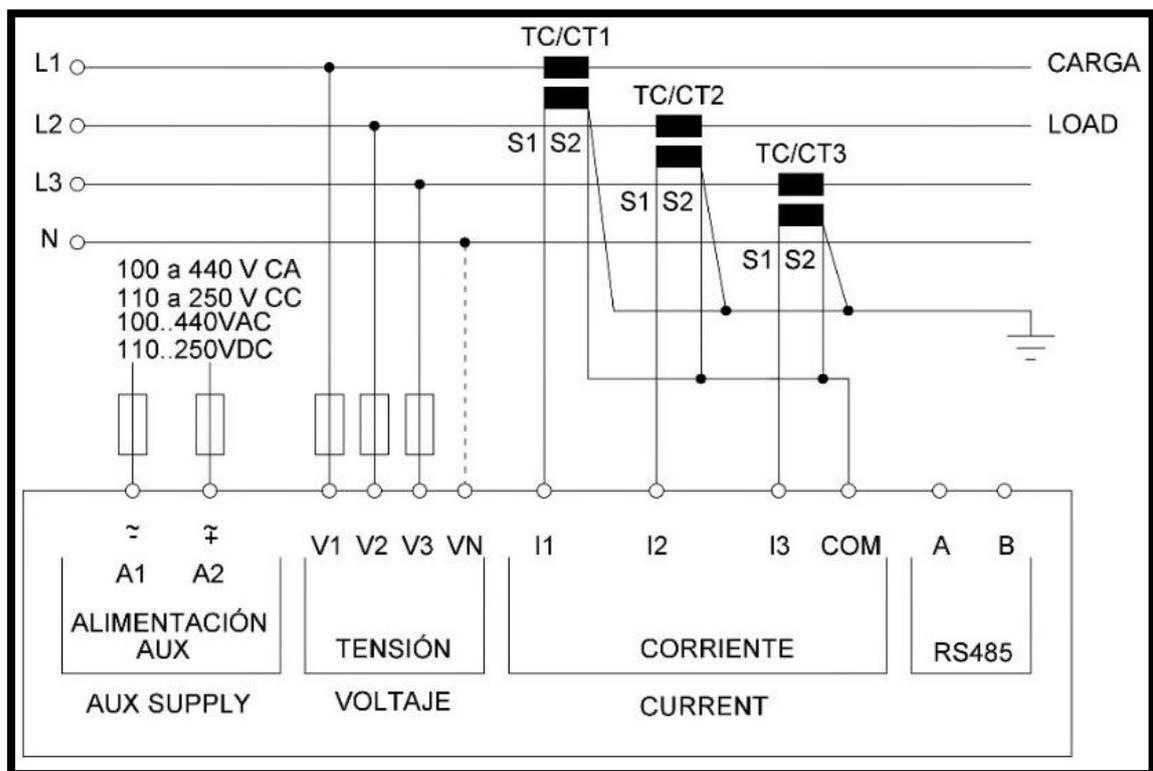


Figura 5.8. Conexión eléctrica del DMG600.

Fuente: Autores.

Transformadores de corriente

Los TC que se utilizaron se indican en la **Figura 3.23** y tienen las siguientes características:

- ✓ Tipo: Ventana
- ✓ Marca: Dixsen
- ✓ Corriente del primario: 100A
- ✓ Corriente del secundario: 5A
- ✓ Clase: 0.5
- ✓ Frecuencia: 50/60Hz
- ✓ Voltaje: 600V

5.3. Pruebas en el prototipo

Para calcular el error de los medidores digitales DMG600 marca LOVATO se hizo una comparación entre las corrientes y potencias obtenidas mediante el cálculo de sistemas trifásicos equilibrados por el método de mallas y se aplicó la siguiente fórmula:

(5.1)

$$\%e = \frac{\text{Valor calculado} - \text{Valor medido}}{\text{Valor calculado}} * 100$$

En la **Tabla 5.1** se observa el porcentaje de error que existe entre los medidores digitales y los cálculos realizados de la carga resistiva en conexión estrella.

Tabla 5.1. % error de la carga resistiva - conexión estrella.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	VALOR CALCULADO	VALOR MEDIDO	% ERROR
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	457.2	433.6	5.16

En la **Tabla 5.2** se observa el porcentaje de error que existe entre los medidores digitales y los cálculos realizados de la carga resistiva en conexión delta.

Tabla 5.2. % error de la carga resistiva - conexión delta.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	VALOR CALCULADO	VALOR MEDIDO	% ERROR
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	990.73	1004	1.34

En la **Tabla 5.3** se observa el porcentaje de error que existe entre los medidores digitales y los cálculos realizados de la carga inductiva en conexión estrella.

Tabla 5.3. % error de la carga inductiva - conexión estrella.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	VALOR CALCULADO	VALOR MEDIDO	% ERROR
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
POTENCIA REACTIVA [VAR]	723.90	687.4	5.04

En la **Tabla 5.4** se observa el porcentaje de error que existe entre los medidores digitales y los cálculos realizados de la carga inductiva en conexión delta.

Tabla 5.4. % error de la carga inductiva - conexión delta.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	VALOR CALCULADO	VALOR MEDIDO	% ERROR
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
POTENCIA REACTIVA [VAR]	2240.58	2243	0.11

En la **Tabla 5.5** se observa el porcentaje de error que existe entre los medidores digitales y los cálculos realizados de la carga capacitiva en conexión estrella.

Tabla 5.5. % error de la carga capacitiva - conexión estrella.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	VALOR CALCULADO	VALOR MEDIDO	% ERROR
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
POTENCIA REACTIVA [VAR]	365.76	360.8	1.36

En la **Tabla 5.6** se observa el porcentaje de error que existe entre los medidores digitales y los cálculos realizados de la carga capacitiva en conexión delta.

Tabla 5.6. % error de la carga capacitiva - conexión delta.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	VALOR CALCULADO	VALOR MEDIDO	% ERROR
	TOTAL	TOTAL	TOTAL
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1097.43	1096	0.13

5.3.1. Transferencia de Carga Resistiva (R) entre la Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con Carga Resistiva conectada en DELTA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la carga resistiva continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 19.1V/DC y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 217.24V en el Generador igualado con el de la Barra Infinita. A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Barra Infinita y Generador entregan potencia activa a la Carga Eléctrica.

Una vez sincronizado con un voltaje de excitación en la fuente de control de 28VDC se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.7**

Tabla 5.7. Valores de P y Q del escenario 1 con carga resistiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	291.6	198.6	263	753.8	-317.2	-333.8	-335.8	-987	38.4	144.8	77.4	259.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	875	892	854	2622	15.2	7.2	14.2	37.2	-885	-906	-885	-2676

En la **Tabla 5.7** se determinó que el Generador y la Barra Infinita aportan potencia activa a la Carga Eléctrica y el Generador consume reactivos por parte de la Carga Eléctrica y Barra Infinita. Una carga resistiva consume potencia reactiva y no reactivos por ser una carga que no es netamente pura existe un valor de reactivos muy bajos.

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y la fuente de control de excitación a 32VDC obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.8**.

Tabla 5.8. Valores de P y Q del escenario 2 con carga resistiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	538	457	514	1511	-316.6	-332.6	-335.4	-984.6	-203.4	-112.6	-178.8	-495.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1016	1031	982	3030	16.2	5.2	15.2	36.8	-1026	-1058	-1016	-3101

El generador en el segundo escenario aporta con potencia activa, la Barra Infinita y Carga Eléctrica consumen potencia activa, la Barra infinita está consumiendo todos los reactivos del Generador y de la Carga Eléctrica. Los valores de la Carga Eléctrica entre la **Tabla 5.7** y la **Tabla 5.8** no varían sus potencias activas y reactivas en el sistema de transferencia.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con un voltaje de excitación del generador a 32VDC y VDF a 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.9** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.9. Valores de P y Q del escenario 3 con carga resistiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	500	392	462	1355	0	0	0	0	-495	-387	-466	-1348
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1065	1087	1037	3189	0	0	0	0	-1059	-1087	-1054	-3201

Al desconectar la carga resistiva del sistema, el Generador entrega una cantidad de potencia activa mayor al de la Barra Infinita y la Barra infinita consume reactivos del Generador.

Para que su potencia de Generación sea mayor al de la Barra Infinita se recomienda operar el VFD para acelerar la velocidad del motor y por ende el Generador aportara con más Potencia Activa.

5.3.2. Transferencia de Carga Inductiva (L) entre la Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con Carga Inductiva conectada en DELTA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la carga inductiva continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 17.4VDCy 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 218.9VAC en el Generador igualado con el de la Barra Infinita. A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia reactiva a la Carga Eléctrica.

Una vez realizado la sincronización y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.10**. Para que los reactivos del generador pasen hacer consumidos por la carga, se manipulo el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 28VDC.

Tabla 5.10. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	60	-26.2	0	40.2	-87.8	-86	-70.6	-244.8	21.4	114.4	70.6	205.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	904	930	880	2715	-734	-750	-743	-2228	1098	1154	1035	3289

En función a la **Tabla 5.10** podemos considerar que el Generador está aportando potencia activa y reactiva, en la Carga Eléctrica tanto la potencia activa y reactiva está consumiendo, y en la Barra Infinita genera potencia activa y reactiva. Analizando con los valores obtenidos, determinamos que el Generador aporta potencia activa a la Carga Eléctrica conjuntamente con la Barra Infinita. Con respecto a reactivos visualizamos que el Generador y la Barra Infinita aportan a la Carga Eléctrica

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y la excitación del generador a 28VDC, obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.11**.

Tabla 5.11. Valores de P y Q del escenario 2 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	280.2	186	254.6	721	-88.4	-87.6	-70.8	-247	-197	-98.6	-180.8	-476.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	992	-1019	959	932	-736	-754	-751	-2243	1210	1281	1171	3664

En la **Tabla 5.11** se visualiza que el Generador aporta potencia activa a la Carga Eléctrica y a la Barra Infinita. Lo reactivos también pasan a ser consumidos por parte de la Carga Eléctrica generada por la barra infinita y el generador. En la **Tabla 5.10** escenario 1 y la **Tabla 5.11** del escenario 2, comparamos que las potencias activas y reactivas varían una mínima cantidad en su valor obtenidos.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con la desconexión de la carga, la excitación del generador a 28VDC y VFD de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en los DMG600.

Tabla 5.12. Valores de P y Q del escenario 3 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	293.4	192.4	252.4	739	0	0	0	0	-289	-187	-253.8	-730.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	973	-986.2	935.6	922.2	0	0	0	0	-972	0	-954	-1088

Al desconectar la carga inductiva, se determina que el Generador queda aportando hacia la Barra Infinita lo mismo sucede con los reactivos.

5.3.3. Transferencia de Carga Capacitiva (C) entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con Carga Capacitiva conectado en DELTA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga Capacitiva continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 21VDC y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 221.1VAC en el Generador igualado con el de la Barra Infinita. A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y carga entrega potencia activa y reactiva a la Barra Infinita.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y la excitación del generador a 28VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.13**.

Tabla 5.13. Valores de P y Q del escenario 1 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	311.4	215.6	277.8	804.4	20.6	17	15	52.6	-316.6	-218.6	-290	-825.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	-1117	-1165	-1060	-3341	353	375	366	1096	-1114	269	-1092	-1937

Conforme a los datos obtenidos se considera que el Generador está aportando potencia activa y consumiendo reactivos, la Carga Eléctrica aporta reactivos y potencia activa y la Barra Infinita consume potencia activa y reactiva por parte del Generador y la Carga Eléctrica. Dando así que la carga capacitiva no consume, sino que lo genera conjuntamente con el generador y existe una potencia activa muy baja.

Escenario 2. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Fijando el voltaje de excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en los obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.14. Valores de P y Q del escenario 2 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	519	425	487	1433	0	0	0	0	-514	-419	-488	-1423
POTENCIA REACTIVA [VAR]	0	0	1095	1632	0	0	0	0	-1147	1162	-1118	-1103

Al ser desconectado la carga capacitiva se visualiza que el Generador con el de la **Tabla 5.13** del primer escenario y la tabla **Tabla 5.14** del segundo escenario aumento en potencia activa y disminuyo reactivos.

5.3.4. Transferencia de Carga RL entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con RL conectado en DELTA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga RL continuamente se fijó un voltaje en la fuente de excitación de 21.4VDC y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 221.3V en el Generador igualado con el de la Barra Infinita. A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia activa a la Carga Eléctrica.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y un voltaje de 32VDC en la fuente de excitación se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.15**.

Tabla 5.15. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RL obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	448	352	419	1220	-414	-430	-412	-1258	-25.2	80	0	54
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1014	1027	984	3026	-723	-744	-738	-2205	1198	1240	1152	3592

Las potencias activas y reactivas del Generador están aportando, en la Carga Eléctrica las dos potencias están consumiendo y de la Barra Infinita la potencia activa y reactiva están aportando. Los reactivos de la Carga Eléctrica están consumiendo por parte del Generador y la Barra Infinita.

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.3Hz, obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.16**

Tabla 5.16. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RL obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	638	547	619	1804	-411	-426	-408	-1246	-2174	-1166	-2038	-5382
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1125	1128	1086	3339	-722	-741	-738	-2202	1340	1362	1292	3996

En el segundo escenario conforme a la **Tabla 5.16** podemos analizar que el Generador paso aportar potencia activa a la Carga Eléctrica y a la Barra Infinita. Los reactivos consumen la Carga Eléctrica por parte del Generador y la Barra Infinita.

Por ser una carga RL es más notorio la presencia de potencia activa y reactiva, comparando con la **Tabla 5.15** del primer escenario y la **Tabla 5.16** del segundo escenario las Cargas Eléctricas no varían excesivamente.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Fijando el voltaje de la excitación del generador a 32VDC y un VDF de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.17** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.17. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RL obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	362.2	267.4	338.4	968.4	0	0	0	0	-358	-261.2	-340.2	-959.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1034	-1057	1002	978	0	0	0	0	-1035	-570	-1024	-2627

En la desconexión de la carga RL el Generador queda entregando a la Barra Infinita, lo mismo sucede con los reactivos, en la L2 del Generador se visualiza que existe reactivos.

5.3.5. Transferencia de Carga RC entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con RC conectado en DELTA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga RC continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación

de 21.8VDC y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 221.1VAC en el Generador igualado con el de la Barra Infinita.

A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia activa a la Carga Eléctrica.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.18**

Tabla 5.18. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	332	233.2	294.8	860	-305.8	-330.8	-331.8	-968.2	0	113.2	45.8	161.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1003	1023	972	2999	387	390	397	1175	-1130	-1137	-1138	-3406

De acuerdo con la **Tabla 5.18** se determinó que el Generador está aportando potencia activa y reactiva, la Carga Eléctrica consume potencia activa y genera reactivos y la Barra Infinita aporta potencia activa y consume reactivos. Analizando los valores obtenidos se estableció que el Generador y la Barra Infinita aportan potencia activa a la Carga Eléctrica. Los reactivos conjuntamente con el Generador y la Carga Eléctrica aportan a la Barra Infinita.

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.3Hz, obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.19**

Tabla 5.19. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	635	541	598	1775	-310.8	-333	-333.4	-977.2	-290.2	-188.4	-252.8	-731.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	-1213	-1228	804	-1637	384	398	394	1177	-1275	-1292	-1262	-3830

En el escenario 2 se visualiza que el Generador pasa a entregar potencia activa a la Carga Eléctrica y la Barra Infinita. Los reactivos en la Barra Infinita y en el Generador están consumiendo por parte de la Carga Eléctrica. La Carga Eléctrica de la **Tabla 5.18** del escenario

1 y la **Tabla 5.19** del escenario 2 se determinaron que si hay una variación de potencia activa y reactiva.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Desconectando la carga RC con un voltaje de excitación del generador a 32VDC y un VFD de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.20** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.20. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	664	544	598	1806	0	0	0	0	-656	-538	-599	-1794
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1107	-1140	1072	1039	0	0	0	0	0	1148	0	0

Al desconectar la carga RC del sistema se estableció que el Generador está aportando potencia activa y no consume reactivos, como también la potencia activa del Generador subió con respecto al valor del Generador de la **Tabla 5.19** del segundo escenario.

5.3.6. Transferencia de Carga LC entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con LC conectado en DELTA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga LC continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 22VDC y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 221.6V en el Generador igualado con el de la Barra Infinita.

A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.21**

Tabla 5.21. Valores de P y Q del escenario 1 con carga LC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	316.8	217.2	278.2	812.2	-82	-84	-64.8	-230.4	-235.6	-138.2	-216.2	-590
POTENCIA REACTIVA [VAR]	949	973	931	2855	-403	-400	-406	-1209	962	1022	935	2920

En una carga LC podemos enfocarnos más en los reactivos debido a que L consume y C lo genera, y va existir un valor mínimo de potencia activa ya que no son cargas netamente puras. Conforme a los valores obtenidos en la **Tabla 5.21** se determinó que el Generador aportando al sistema, la Carga Eléctrica está consumiendo y la Barra Infinita se encuentra consumiendo potencia activa y generando reactivos a la carga.

Escenario 2. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Desconectando la carga LC con un voltaje de excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.22** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.22. Valores de P y Q del escenario 2 con carga LC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	210.6	107.2	171.8	489.8	0	0	0	0	-204.8	-99.6	-168.8	-473.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	945	971	929	2845	0	0	0	0	-946	-978	-944	-2868

Al desconectar una carga LC visualizamos que el Generador aporta potencia activa hacia la Barra Infinita y los reactivos del Generador consumen la Barra Infinita.

5.3.7. Transferencia de Carga RLC entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con RLC entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga RLC continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 23VDC y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 224.7VAC en el Generador igualado con el de la Barra Infinita.

A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Carga Eléctrica entrega potencia activa a la Barra Infinita

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.23**

Tabla 5.23. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	243.4	179.6	153	576.6	-400	-417	-412	-1230	167.2	247.8	259.8	674.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	961	529	937	2427	-376	-390	-383	-1150	985	1036	952	2974

Una carga RLC es una combinación entre una carga resistiva que consume potencia activa, una carga inductiva que consume reactivos y una carga capacitiva que genera reactivos, la combinación de las tres podemos contar un consumo de potencia activa y un consumo menor de reactivos en la Carga Eléctrica. Acorde a la **Tabla 5.23** se determinó que el Generador aporta al sistema, la Carga Eléctrica consume reactivos y potencia activa. En el sistema el Generador y la Barra Infinita aportan a la Carga Eléctrica y los reactivos están consumiendo la Carga Eléctrica por parte del Generador y la Barra Infinita.

Escenario 2. Generador entrega su potencia activa máxima a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz, obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.24**

Tabla 5.24. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	528	454	490	1473	-402	-419	-406	-1228	-113.4	-30.2	-79.6	-223
POTENCIA REACTIVA [VAR]	249	0	1032	862	-369	-377	-379	-1126	1122	1173	1077	3373

En la **Tabla 5.24** el Generador pasa aportar a la Carga y Barra Infinita a una mayor potencia y los reactivos pasan a ser consumidos por la Carga Eléctrica No existe mucha variación de potencias activa y reactiva entre las **Tabla 5.23** de primer escenario y **Tabla 5.24** del segundo escenario

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Desconectando la carga RLC con un voltaje de excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.25** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.25. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	462	338	418	1220	0	0	0	0	-458	-334	-420	-1213
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1031	0	1003	2114	0	0	0	0	-1032	-1070	-1018	-3122

Al desconectar carga RLC al sistema, el Generador aporta potencia activa y reactiva, la **Tabla 5.24** del segundo escenario se visualiza que la potencia activa es mayor con la de la **Tabla 5.25** del tercer escenario y los reactivos disminuyeron debido a un consumo de potencia activa en Carga Eléctrica.

5.3.8. Transferencia de Carga Resistiva (R) entre Generador y Barra Infinita.

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectadas en DELTA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 23VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 222.4VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600). Posteriormente se acciono el interruptor de carga resistiva, donde se observa que disminuyó el voltaje del Generador Síncrono a 207VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 25.5VDC y se proceder a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia activa a la Carga Eléctrica.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.1Hz conjuntamente con la fuente de control de excitación a 32VDC obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.26**.

Tabla 5.26. Valores de P y Q del escenario 1 con carga R obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	321.6	217.8	287	826.6	-322	-340	342	-1004	19.4	136.8	57.8	214.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1080	0	1032	2363	23.6	10.6	19	52.6	-1095	1106	-1060	-1048

En este escenario se visualiza el comportamiento del generador que entrega potencia activa, en la carga eléctrica consume potencia activa y genera reactivos y en la barra infinita consume potencia reactiva y aporta activa a la carga.

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.3Hz y un voltaje de excitación 32VDC obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.27**

Tabla 5.27. Valores de P y Q del escenario 1 con carga R obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	705	593	660	1959	-324	-343	-344	-1011	-363.2	-241.6	-317	-920.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	-1263	-1271	-273	-2806	22.8	14	20.2	57	1276	1288	1223	3788

En este escenario el generador aporta potencia activa y consume reactivos, en la carga eléctrica consume potencia activa y aporta reactivos y en la barra infinita consume potencia activa y genera reactivos. En el sistema el generador aporta potencia activa a la carga eléctrica y a la barra infinita y con los reactivos se determinó que el generador queda consumiendo por parte de la barra infinita y la carga eléctrica.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con la calibración de la excitación del generador a 32VDC, con 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.28** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.28. Valores de P y Q del escenario 3 con carga R obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	324.4	211.4	282.2	818.2	0	0	0	0	-320.2	-205.8	-281	-807.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1042	-1062	1001	980	0	0	0	0	-1040	0	-1014	-2627

Como resultado se obtiene la comprobación de la transferencia de carga resistiva entre el Generador Síncrono y Barra infinita, por medio de relacionar las potencias activas totales tomados de los DMG600 y manipulación de las variables de frecuencia y excitación del grupo generador.

5.3.9. Transferencia de Carga inductiva (L) entre Generador y Barra Infinita.

En este análisis se alimentó desde los bornes del generador al módulo de cargas eléctricas conectado en DELTA y se calibro la excitación del generador a 21.3VDC y 60.1 Hz el potenciómetro del VFD, lo que permitió observar en los DMG600 la igualdad de 222.5VAC entre el Generador y Barra Infinita.

Posteriormente se acciono el interruptor de carga inductiva, donde se pudo notar que disminuyo el voltaje en el Generador a 112.3VAC, ahora con la ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 32DC y se procede a sincronizar. El voltaje de generación subió hasta 163.2VCA y voltaje en la Barra Infinita 223.2VAC, no son iguales y no se puede sincronizar

5.3.10. Transferencia de Carga Capacitiva (C) entre Generador y Barra Infinita.

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectado en DELTA desde los bornes del generador y se regulo la excitación del generador a 21VDC y 60.1Hz el potenciómetro del VFD, lo que permite visualizar la igualdad de 221.8VAC entre el Generador y Barra Infinita en los DMG600.

Posteriormente se acciono el interruptor de carga inductiva, donde se observa que incremento el voltaje del Generador a 277.7VAC, con ayuda del control de excitación se reduce el voltaje a 8.2VDC, y proceder a sincronizar.

Escenario 1. El Generador y la Carga Eléctrica están entregando potencia activa a la Barra Infinita.

Se calibra la excitación del generador a 28VDC, donde los reactivos pasan a la barra y la carga sigue generando, con un VDF 60.2Hz

Tabla 5.29. Valores de P y Q del escenario 1 con carga C obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	202.2	191.4	183	576.8	28.4	18.6	15.4	62.6	-213.2	-195.8	-197.4	-606.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	989	978	981	2949	359	373	381	1113	-1089	-1095	-1104	-3289

Conjuntamente con la **Tabla 5.29** visualizamos que variando el potenciómetro a 60.2Hz el generador conjuntamente con la carga eléctrica pasa a entregar potencia activa a la barra infinita, y variando la fuente de excitación a 28VDC los reactivos pasaron a entregar a la barra infinita. Con una carga capacitiva se puede notar que genera reactivos y un mínimo valor de potencia activa, generando a la barra infinita conjuntamente con el generador.

Escenario 2. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Mediante la manipulación de la excitación del generador a 28VDC y el potenciómetro del VFD a 60.1Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.30** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.30. Valores de P y Q del escenario 2 con carga C obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	136.6	130.6	119.8	387.4	0	0	0	0	-134.8	-126	-120	-381.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	0	930	936	1218	0	0	0	0	-963.8	-965.4	979.2	-950

De acuerdo a la **Tabla 5.30** la carga capacitiva no consume, genera reactivos y potencia activa por parte del generador a la barra infinita, se demuestra que al desconectar carga el generador queda aportando al sistema.

5.3.11. Transferencia de Carga RL entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectado en DELTA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 21.6VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió

visualizar la igualdad de 222.4VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600).

Posteriormente se acciono el interruptor de carga RL, en donde se observa que disminuyo el voltaje del Generador Síncrono a 108.5VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 32VDC y se procede a sincronizar. La fuente de control de excitación tiene su límite de voltaje que es de 32VDC dando un voltaje en el generador a 156.7VAC y el de la barra infinita es de 222.4VAC, dando así que los dos voltajes no son iguales a pesar que se igualo la frecuencia, secuencia de fases y no se puede sincronizar debido a que los voltajes no son iguales.

5.3.12. Transferencia de Carga RC entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectadas en DELTA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 23VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 222.6VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600). Posteriormente se acciono el interruptor de carga RC, en donde se observa que aumento el voltaje del Generador Síncrono a 264.8VAC, con ayuda del control de excitación se disminuye el voltaje a 13.5VDC y se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia activa a la Carga Eléctrica.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 28VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.31**

Tabla 5.31. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	336	222.4	291.2	850.4	-303	-330.2	-328.8	-962.2	0	124.2	48.6	172.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1054	-905	1006	1156	386	392	1169	1169	-1153	-1183	-	-3485

En la **Tabla 5.31** podemos constatar que el Generador entrega potencia activa y reactiva, mientras que en la Carga Eléctrica consume potencia activa y está generando reactivos, en la Barra Infinita está aportando potencia activa y consume reactivos. Podemos analizar que la Carga Eléctrica está consumiendo potencia activa por parte del Generador y de la Barra Infinita

y conforme con los reactivos se puede visualizar que tanto el Generador y la Carga Eléctrica están entregando reactivos a la Barra Infinita.

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y un voltaje de excitación 32VDC obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.32**

Tabla 5.32. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	569	456	529	1555	-305.6	-333.2	-327.2	-966.2	-232	-110.8	-193.6	-536.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	-1166	-1176	1103	-1239	387	390	397	1175	-1237	-1251	-1215	-3704

De acuerdo con la **Tabla 5.32** se analizó que el Generador aporta potencia activa c, en la Carga Eléctrica consume potencia activa y genera reactivos, y en la Barra Infinita consume potencia activa y reactiva.

Conforme al análisis anterior de los datos obtenidos se puede visualizar que el Generador aporta su potencia activa a la Carga Eléctrica y a la Barra Infinita o viceversa la Carga Eléctrica y la Barra Infinita consumen de la Carga Eléctrica lo mismo el Generador. En la Carga Eléctrica se puede visualizar que existe un mínimo desbalance de potencia activa y reactiva con la del primer escenario **Tabla 5.31** y la **Tabla 5.32** del segundo escenario.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con la graduación de la excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.33** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.33. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	441	330	405	1177	0	0	0	0	-439	-331	-408	-1179
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1074	-1096	1018	997	0	0	0	0	-1075	1118	-1034	-991

Se visualiza en la **Tabla 5.33** que al momento de quitar la carga RC la potencia activa en el Generador aumenta y consume reactivos, y en la Barra Infinita pasa a consumir siendo un valor semejante de potencia activa entre Generador y Barra.

5.3.13. Transferencia de Carga LC entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectadas en DELTA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 21.1VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 219.1VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600).

Posteriormente se acciono el interruptor de carga LC, en donde se observa que disminuyó el voltaje del Generador Síncrono a 154.3VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 32VDC y se procede a sincronizar. Con la fuente de excitación al máximo nos da un voltaje en el generador de 216.2VAC menor al de la barra infinita que es de 219.1VAC, igualada frecuencia y secuencia de fases entre generado y barra infinita pero el voltaje no es igual y no se puede sincronizar.

5.3.14. Transferencia de Carga RLC entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectados en DELTA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 21.7VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 221.1VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600).

Posteriormente se acciono el interruptor de carga RLC, en donde se observa que disminuyó el voltaje del Generador Síncrono a 140.1VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 32VDC y se procede a sincronizar. Con la fuente de excitación a 32VDC, se visualiza un voltaje de generación de 205VAC comparando con el de la barra infinita que es de 221.1VAC, no son iguales y no se puede sincronizar, esto se ve afectado debido a la fuente de control de excitación que no se permite entregar más voltaje DC para excitar al generador.

5.3.15. Transferencia de Carga Resistiva (R) conectada en Estrella, entre el Generador Síncrono y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectado en ESTRELLA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a

23.3VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 223.8VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600). Posteriormente se acciono el interruptor de carga resistiva, donde se observa que disminuyó el voltaje del Generador Síncrono a 217.2VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 23.9VDC y se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia activa a la Carga Eléctrica.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores en la **Tabla 5.34** de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.34. Valores de P y Q del escenario 1 con carga R obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	204.6	103.8	163.4	472	-135.2	-150.2	-148	-433.6	-44	66.8	0	20.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	918	944	906	2768	9	6.8	4	20.2	-918	-950	-919	-2788

En este escenario se puede verificar que al manipular el potenciómetro del VDF, se logra aportar potencia activa entre el generador y la barra infinita a la carga, de igual forma al controlar la excitación de campo del generador se observa el envío de potencia reactiva a la barra infinita.

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

A continuación se calibro el potenciómetro del VFD a 60.1Hz, obteniendo como resultado los siguientes valores de la **Tabla 5.35** tomados de los DMG600.

Tabla 5.35. Valores de P y Q del escenario 2 con carga R obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	394	296	361	1052	-135.8	-150	-147.6	-433.4	-245.2	-137.4	-212	-595.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1054	83	1018	2156	8.4	9.8	6.8	25.2	-1058	-1082	-1033	-3174

De igual manera al variar el VDF a 60.1Hz es notable el traspaso de carga, pasando a suministrar la potencia activa el generador a la carga y barra infinita.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con la calibración de la excitación del generador a 32VDC, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.36** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.36. Valores de P y Q del escenario 3 con carga R obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	74.6	-21.8	40	92.8	0	0	0	0	-71	28.2	-37	-79.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	932	953	916	2802	0	0	0	0	-933	-960	-929	-2824

Como resultado se obtiene la comprobación de la transferencia de carga resistiva entre el Generador Síncrono y Barra infinita con conexión estrella, por medio de relacionar las potencias activas totales tomados de los DMG600 y manipulación de las variables de frecuencia y excitación del grupo generador. Además de observar en los dos primeros escenarios que los reactivos de la carga son mínimos debido a que es una carga resistiva.

5.3.16. Transferencia de Carga Inductiva (L) conectada en Estrella, entre Generador y Barra Infinita

En este análisis se alimentó desde los bornes del generador al módulo de cargas eléctricas y se calibro la excitación del generador a 21.2VDC (0.33A) y 60.1Hz el potenciómetro del VFD, lo que permitió observar en los DMG600 la igualdad de 219VAC entre el Generador y Barra Infinita. Posteriormente se acciono el interruptor de carga inductiva, donde se pudo notar que disminuyo el voltaje en el Generador a 170.3VAC, ahora con la ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 29.9VDC (0.47A) y se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Una vez realizado la sincronización, se toman los valores en la **Tabla 5.37** de potencia activa y reactiva obtenidos de lo DMG600.

Tabla 5.37. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	148.6	136.8	125	410.6	-29.6	-28.2	-27.4	-85.4	-125.2	-114	-104.6	-344
POTENCIA REACTIVA [VAR]	918	910	922	2751	-222.6	-225.8	-239	-687.4	952	948	978	2879

En este escenario se puede visualizar el aporte del generador de potencia activa hacia la carga y la barra infinita, sin la manipulación del VFD y de la excitación del generador. Además de poder observar que por ser una carga inductiva posee poco consumo de potencia activa y mayor consumo de potencia reactiva.

Escenario 2. Generador y Barra Infinita entregan potencia reactiva a la Carga Eléctrica.

Posteriormente se manipula la excitación del generador a 32VDC y el potenciómetro del VFD a 60.2Hz, donde se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los multímetros digitales, como se observa en la **Tabla 5.38**

Tabla 5.38. Valores de P y Q del escenario 2 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	273	278.2	366.8	918	-27.8	-30.6	-27.4	-86	-246.4	-247.8	-341.6	-836
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1030	-1075	1020	976	-232.4	-241	-232.4	-706	1071	1156	1087	3315

El análisis para este escenario se enfoca en la potencia reactiva ya que se puede observar que mediante la manipulación de las variables que se pueden modificar en el generador se puede aportar desde las dos fuentes de voltaje.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Mediante la manipulación de la excitación del generador a 32VDC y el potenciómetro del VFD a 60.1Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.39** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.39. Valores de P y Q del escenario 3 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	250.4	228.8	217.8	697	0	0	0	0	-246.6	-223.8	-217.6	-689.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	942	933	942	2818	0	0	0	0	-968	-967	-986	-2922

En la **Tabla 5.37**, **Tabla 5.38** y **Tabla 5.39** pertenecientes a los tres escenarios de este análisis, se puede observar el comportamiento de la carga inductiva, la cual consume una mínima potencia activa comparada con el consumo de potencia reactiva, que es alta en los dos primeros.

5.3.17. Transferencia de Carga Capacitiva (C) conectada en estrella entre Generador y Barra Infinita.

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectadas en ESTRELLA desde los bornes del generador y se regulo la excitación del generador a 21.6VDC (0.33A) y 60.1Hz el potenciómetro del VFD, lo que permite visualizar la igualdad de 219VAC entre el Generador y Barra Infinita en los DMG600. Posteriormente se acciono el interruptor de carga inductiva, donde se observa que incremento el voltaje del Generador a 240.3VAC, con ayuda del control de excitación se reduce el voltaje a 17.1VDC (0.6A), y proceder a sincronizar.

Escenario 1. Barra Infinita y Capacitor entregan potencia activa y reactiva al Generador.

Una vez realizado la sincronización, se manipula la excitación del generador a 17.5VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.40**

Tabla 5.40. Valores de P y Q del escenario 1 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	-146.6	-122.4	-55.8	-325	9.2	9.8	4.8	24.2	147	131.6	57	335.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	-1040	-1112	-1025	-3177	118.6	125.8	123.6	368	1051	1142	1069	3263

Escenario 2. El Generador y la Carga Eléctrica están entregando potencia activa a la Barra Infinita.

Posteriormente se calibra la excitación del generador a 32VDC (0.5A), con 60.2Hz en el VFD.

Tabla 5.41. Valores de P y Q del escenario 2 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	251	227.6	218	696.8	10	7	6.6	23.6	-253.4	-226	-221.2	-700.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	926	919	929	2775	114	122.2	124.6	360.8	-980	-979	-996	-2956

En este escenario se puede determinar a través de los datos registrados que el generador y la carga capacitiva entregan tanta potencia activa y reactiva a la barra infinita, siendo la de mayo valor la potencia reactiva.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Capacitiva del sistema.

Mediante la manipulación de la excitación del generador a 32VDC y el potenciómetro del VFD a 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.42** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.42. Valores de P y Q del escenario 3 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	151.6	136.2	121	409	0	0	0	0	-146.6	-128.4	-117.8	-393
POTENCIA REACTIVA [VAR]	899	896	908	2704	0	0	0	0	-920	-924	-944	-2789

En este escenario la carga capacitiva se desconectó y el generador síncrono quedo aportando potencia activa y reactiva a la barra infinita.

5.3.18. Transferencia de Carga RL conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectados en ESTRELLA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 22.7VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 222.9VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600). Posteriormente se acciono el interruptor de carga RL, en donde se observa disminuyo el voltaje del Generador Síncrono a 172.3VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 32VDC y se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia activa a la Carga RL.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.43**

Tabla 5.43. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RL obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	159.8	58.4	123.4	341.6	-166.2	-175.8	-173.2	-515.4	9.8	120.2	52.2	182.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	939.8	-960	919.4	899.2	-216.8	-222.2	-230.4	-669.6	939	976	915	2831

En **Tabla 5.43** se visualiza que el Generador aporta potencia activa y reactiva, en la Carga Eléctrica consume potencia activa también reactiva y en el Barra Infinita están aportando potencia activa y reactiva. Se puede analizar conforme a los valores obtenidos del Generador, Carga Eléctrica y Barra Infinita, el Generador y la Barra Infinita aportan con potencia activa y reactiva a la Carga Eléctrica.

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y un voltaje de excitación de 26.7VDC obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.44**

Tabla 5.44. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RL obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	403	297	364	1065	-166.2	-175.6	-173.4	-515.4	-233.6	-119	-192	-545
POTENCIA REACTIVA [VAR]	969	0	946	2907	-216.2	-221.6	-230.4	-668.4	971	1011	948	2931

En la **Tabla 5.44** del segundo escenario se visualiza que existe un aporte de potencia activa y reactiva por parte del Generador, en la Carga Eléctrica existe un consumo de las dos potencias y en la Barra Infinita consumo de Potencia activa y aporte de reactivos. Analizando con los valores determinamos que el Generador aporta a la Carga Eléctrica y la Barra Infinita en potencia activa. Lo que es reactivos el Generador y la Barra Infinita aportan a la Carga Eléctrica.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con la graduación de la excitación del generador a 32VDC y un VFD de 60.2Hz se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.45** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.45. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RL obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	443	341	404	1190	0	0	0	0	-439	-336	-403	-1179
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1062	-1086	1030	1007	0	0	0	0	-1064	1094	-1045	-1015

Al proceder a desconectar la carga RL el generador empieza aportar hacia la Barra Infinita y comienza a consumir reactivos. Haciendo una comparación entre la **Tabla 5.44** del segundo escenario y la **Tabla 5.45** del tercer escenario se analiza que desconectando la carga la potencia activa y reactiva del generador disminuyo debido a que L existe reactivos y R por no ser netamente puro genera un valor mínimo.

5.3.19. Transferencia de Carga RC conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectado en ESTRELLA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 21.8VDC y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 219.8VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600). Posteriormente se acciono el interruptor de carga RC, en donde se observa que aumento el voltaje del Generador Síncrono a 235.5VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 18.4VDC y se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y a la Barra Infinita.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.46**

Tabla 5.46. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	413	307	372	1094	-123.6	-140.8	-137	-401.6	-272	-156.2	-233	-661.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	997	1020	965	2982	123.8	132	128	383.8	-1022	-1045	-1011	-3079

En la **Tabla 5.46** podemos constatar que el Generador entrega potencia activa y reactiva, mientras que en la Carga Eléctrica consume potencia activa y está generando reactivos, en la Barra Infinita está consumiendo potencia activa y reactivos.

Podemos analizar que la Carga Eléctrica está consumiendo potencia activa por parte del Generador y conforme con los reactivos se puede visualizar que tanto el Generador y la Carga Eléctrica están entregando reactivos a la Barra Infinita.

Escenario 2. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con la graduación de la excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.1Hz se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.47** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.47. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	392	285	346	1023	0	0	0	0	-391	-283	-349	-1024
POTENCIA REACTIVA [VAR]	985	-853	956	1087	0	0	0	0	-982	0	-968	-1712

Se visualiza en la **Tabla 5.47** que al momento de quitar la carga RC la potencia activa en el Generador aumenta al igual que reactivos y en la Barra Infinita pasa a consumir siendo un valor semejante de potencia activa entre Generador y Barra.

5.3.20. Transferencia de Carga LC conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a 22VDC (33A) y 60.1Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 220VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600).

Posteriormente se acciono el interruptor de carga LC, en donde se observa que disminuyó el voltaje del Generador Síncrono a 199VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 26.2VDC y se procede a sincronizar. Primer escenario no se cumple debido a que el potenciómetro del VFD se operó a su posición mínima para que la Barra Infinita y el Generador aporte a la Carga, debido a la manipulación del potenciómetro el Generador empezó a motorizarse.

Escenario 1. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y fijando un voltaje de excitación de 32VDC obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.48**

Tabla 5.48. Valores de P y Q del escenario 1 con carga LC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	248.4	226.6	218.4	693.8	-21.2	-	-23.6	-64.4	-	-199	-	-611.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	929	924	933	2787	-	-107	-	-335.2	-989	1062	-1010	-0937

Conforme a la **Tabla 5.48** se analiza que el Generador está entregando Potencia Activa y Reactiva a la Carga Eléctrica y a la Barra Infinita, la Potencia Activa en la Carga Eléctrica el consumo es mínimo y los valores de los reactivos son altos.

La línea (L1) del Generador consume reactivos mientras que el de la Barra Infinita (L2) está entregando reactivos esto debido a los bobinados del generador.

Escenario 2. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Operando un voltaje de la excitación del generador a 32VDC y un VFD 60.1Hz se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.49** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.49. Valores de P y Q del escenario 2 con carga LC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	219.6	199	192.6	611.6	0	0	0	0	-216.2	-193.4	-191.6	-601.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	899	898	908	2706	0	0	0	0	-924	-930	-950	-2805

De acuerdo con la **Tabla 5.48** y la **Tabla 5.49**, se observa que la potencia activa del generador aumento y en la barra infinita disminuyo esto debido a que se hizo la desconexión de la carga LC.

5.3.21. Transferencia de Carga RLC conectadas en estrella, entre Generador y Barra Infinita

Para este análisis se realizó la alimentación del módulo de cargas eléctricas conectado en ESTRELLA desde los bornes del generador y se calibro la fuente de control de excitación a

21.7VDC y 60Hz el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió visualizar la igualdad de 219.1VAC entre el Generador Síncrono y Barra Infinita en los multímetros digitales LOVATO (DMG600).

Posteriormente se acciono el interruptor de carga RLC, en donde se observa que disminuyó el voltaje del Generador Síncrono a 188VAC, con ayuda del control de excitación se incrementa el voltaje a 27.1 VDC y se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y el voltaje del control de excitación a 32VDC obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.50**

Tabla 5.50. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	356.8	251.4	319.6	928.2	-155.8	-166.2	-165.2	-487.4	-105.4	5.2	-63.2	-163.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	953	977	928	2858	-99	-98.8	-109	-306.8	956	993	0	1586

Se verifica que con un VFD de 60.2Hz la Carga Eléctrica consume del Generador, el reactivo consume la carga por parte del Generador y la Barra Infinita.

Escenario 2. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Fijando el voltaje de excitación del generador a 32VDC y un VFD A 60.1Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.51** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.51. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	455	352	420	1228	0	0	0	0	-450	-348	-418	-1217
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1041	-1064	1005	983	0	0	0	0	-1045	-79	-1023	-2147

Como resultado se obtiene que al desconectar la carga RLC el Generador queda aportando potencia activa y reactiva hacia la Barra Infinita, teniendo casi una similitud de potencia activa.

5.3.22. Transferencia de Carga Inductiva entre la Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con Carga Inductiva conectada en ESTRELLA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la carga inductiva continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 17.4V y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 210,8V en el Generador igualado con el de la Barra Infinita. A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y Barra Infinita entregan potencia reactiva a la Carga Eléctrica.

Una vez realizado la sincronización y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.52**

Tabla 5.52. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	64.8	65	159	288.8	-24	-27.4	-24	-76	-44.4	-37.2	-137.8	-219.4
POTENCIA REACTIVA [VAR]	-908	-1005	-918	-2832	-210.2	-221.2	-211	-642.4	991	1120	1038	3150

Para que los reactivos del generador pasen hacer consumidos por la carga, se manipulo el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 27.2VDC, se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.53**

Tabla 5.53. Valores de P y Q del escenario 1 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	72.4	69.6	169	311.2	-24.6	-27.4	-24.8	-77.2	-49.6	-42.2	-144.4	-236.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	849	905	856	2611	-210.4	-221.2	-211	-642.8	861	955	907	2723

En función a la **Tabla 5.53** podemos considerar que el Generador está aportando potencia activa y reactiva, en la Carga Eléctrica tanto la potencia activa y reactiva están consumiendo, y en la Barra Infinita consume potencia activa y entrega reactivo. Analizando con los valores obtenidos, determinamos que el Generador aporta potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra

Infinita. Con respecto a reactivos visualizamos que el Generador y la Barra Infinita aportan a la Carga Eléctrica

Escenario 2. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 32VDC, obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.54**

Tabla 5.54. Valores de P y Q del escenario 2 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	139.2	142.2	248.6	530	-25	-27.8	-24.4	-77.4	-115.8	-114.8	-225.4	-456.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	850	882	849	2583	-211.8	-222.6	-212	-646.6	-818.8	893.8	-858.2	-783.4

En la **Tabla 5.54** se visualiza que el Generador aporta potencia activa a la Carga Eléctrica y a la Barra Infinita. Lo reactivos también pasan a ser consumidos por parte de la Carga Eléctrica y la Barra Infinita. En la **Tabla 5.53** escenario 1 y la **Tabla 5.54** del escenario 2, comparamos que las potencias activas y reactivas varían una mínima cantidad en sus valor obtenidos.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Con la desconexión de la carga, la excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en los DMG600.

Tabla 5.55. Valores de P y Q del escenario 3 con carga inductiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	149.6	150.4	262.2	562.4	0	0	0	0	-147.4	-145.2	-264.6	-557.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	907	955	919	2782	0	0	0	0	-941	-996	-990	-2929

Al ser desconectados la carga inductiva, se determina que el Generador queda aportando hacia la Barra Infinita lo mismo sucede con los reactivos. Al comparar con la **Tabla 5.53** del escenario 1, la potencia activa y reactiva del Generador disminuyeron debido al no ser una carga L netamente pura existirá potencia activa y si reactivos.

5.3.23. Transferencia de Carga Capacitiva entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con Carga Capacitiva conectado en ESTRELLA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga Capacitiva continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 18V y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 211.5V en el Generador igualado con el de la Barra Infinita. A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador y carga entrega potencia activa y reactiva a la Barra Infinita.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.2Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.56**

Tabla 5.56. Valores de P y Q del escenario 1 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	194.8	197.6	295.6	688	5.8	9.8	6.8	22.6	-194.8	-198.6	-300.6	-694.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	887	926	894	2708	108.4	114.6	113.2	336.6	-959	-987	-992	-2939

Conforme a los datos obtenidos se considera que el Generador está aportando potencia activa y reactiva, la Carga Eléctrica aporta conjuntamente con el Generador y la Barra Infinita consume potencia activa y reactiva por parte del Generador y la Carga Eléctrica. Dando así que la carga capacitiva no consume, sino que lo genera conjuntamente con el generador y existe una potencia activa muy baja.

Escenario 2. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Fijando el voltaje de excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en los obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.57. Valores de P y Q del escenario 2 con carga capacitiva obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	269.2	268	370	907.6	0	0	0	0	-267.4	-263.8	-373.6	-905
POTENCIA REACTIVA [VAR]	918	963	922	2804	0	0	0	0	-947	-998	-982	-2928

Al ser desconectado la carga C se visualiza que el Generador con el de la **Tabla 5.56** del primer escenario y la **Tabla 5.57** del segundo escenario aumento en potencia activa y reactiva.

5.3.24. Transferencia de Carga LC entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con LC entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga LC continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 19.1V y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que permitió tener un voltaje de 213.9V en el Generador igualado con el de la Barra Infinita. A continuación, se procede a sincronizar.

Escenario 1. Generador entrega potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita.

Una vez realizado la sincronización, se manipula el potenciómetro del VFD a 60.1Hz y la excitación del generador a 32VDC y se toman los valores de potencia activa y reactiva obtenidos de los DMG600, como se observa en la **Tabla 5.58**.

Tabla 5.58. Valores de P y Q del escenario 1 con carga LC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	129.6	137	236	502.8	-20.6	-24	-21.8	-66.4	-112.4	-112.6	-214.8	-440.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	864	901	861	2627	-105.2	-113.2	-103.8	-322.4	-858	-915	-885	-2658

En una carga LC podemos enfocarnos más en los reactivos debido a que L consume y C lo genera, y va existir un valor mínimo de potencia activa ya que no son cargas netamente puras. Conforme a los valores obtenidos en la **Tabla 5.58** se determinó que el Generador aportando al sistema, la Carga Eléctrica está consumiendo y la Barra Infinita se encuentra consumiendo. Analizamos que el Generador está aportando a la Carga Eléctrica y a la Barra Infinita, lo mismo sucede con los reactivos.

Escenario 2. Generador entrega su potencia activa máxima a la Carga Eléctrica y Barra Infinita. Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz, obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.59**

Tabla 5.59. Valores de P y Q del escenario 2 con carga LC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	407	411	507	1326	-22	-24.8	-20.6	-67.8	-384	-387	-493	-1264
POTENCIA REACTIVA [VAR]	984	1036	990	3011	-106	-113.8	-104.4	-324.4	-1001	1072	1040	1110

En este escenario el Generador pasa a entregar su máxima potencia activa a la Carga Eléctrica y Barra Infinita, la Carga Eléctrica y la Barra Infinita consumirán reactivos por parte del Generador. Las potencias activas y reactivas de la Carga Eléctrica en la **Tabla 5.58** del primer escenario y la **Tabla 5.59** del segundo escenario, existe una mínima variación de consumo.

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Desconectando la carga LC con un voltaje de excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.60** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.60. Valores de P y Q del escenario 3 con carga LC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	962	0	965	2936	0	0	0	0	-999	-1058	-1033	-3091
POTENCIA REACTIVA [VAR]	421	419	526	1367	0	0	0	0	-415	-412	-529	-1357

Al desconectar una carga LC visualizamos que el Generador aporta potencia activa hacia la Barra Infinita y los reactivos del Generador consumen la Barra Infinita. La **Tabla 5.59** del segundo escenario, se puede visualizar que la potencia activa del Generador es menor que el de la **Tabla 5.60** del tercer escenario lo contrario sucede con los reactivos debido a lo que se explicó en el primer escenario.

5.3.25. Transferencia de Carga RLC entre Barra Infinita y Generador

Para el análisis de transferencia con RLC conectado en ESTRELLA entre la Barra Infinita y el Generador, se realizó la alimentación desde los bornes de la Barra Infinita y se acciono el interruptor de la Carga RLC continuamente se fijó un voltaje en la fuente de control de excitación de 19.2V y 60.1Hz en el potenciómetro del variador de frecuencia (VFD), lo que

permitted to have a voltage of 213.3V in the Generator equal to that of the Infinite Bus. As a continuation, it is proceeded to synchronize.

Escenario 1. Generador y Carga Eléctrica entrega potencia activa a la Barra Infinita

Once the synchronization is completed, the potentiometer of the VFD is set to 60.2Hz and the excitation of the generator is set to 32VDC and the values of active and reactive power obtained from the DMG600, as observed in **Tabla 5.61**

Tabla 5.61. Valores de P y Q del escenario 1 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	250.8	252.6	363.6	867.2	-294.4	300.0	-297.6	-892	48.8	59	-62.4	45.6
POTENCIA REACTIVA [VAR]	919	967	923	2809	-95.4	-100	-92.2	-287.8	-929	-994	-964	-2888

A RLC load is a combination between a resistive load that consumes active power, an inductive load that consumes reactive power and a capacitive load that generates reactive power, the combination of the three we can count on a consumption of active power and a consumption of reactive power in the Electrical Load.

According to **Tabla 5.61** it was determined that the Generator provides to the system, the Electrical Load and Infinite Bus consumes reactive power and provides active power. In the system the Generator and the Infinite Bus provide to the Electrical Load and the reactive power is being consumed by the Electrical Load and the Infinite Bus of the Generator.

Escenario 2. Generador entrega su potencia activa máxima a la Carga Eléctrica y Barra Infinita. Seguidamente se calibro el potenciómetro del VFD a 60.2Hz, obteniendo como resultados los siguientes valores tomados de los DMG600 como se observa en la **Tabla 5.62**

Tabla 5.62. Valores de P y Q del escenario 2 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	443	436	556	1436	-290.8	-303	-301.2	-895.2	-144.4	-125.4	-261	-531.2
POTENCIA REACTIVA [VAR]	1012	0	1023	2285	-94.6	-97.8	-94	-286.8	1037	1116	-1080	1072

In **Tabla 5.62** the Generator passes to provide to the Load and Infinite Bus a higher power and the reactive power passes to be consumed by the Electrical Load, there is not much variation of

potencias activa y reactiva entre las **Tabla 5.61** de primer escenario y **Tabla 5.62** del segundo escenario

Escenario 3. Desconexión de la Carga Eléctrica del sistema.

Desconectando la carga RLC con un voltaje de excitación del generador a 32VDC y VFD de 60.2Hz, se toma los valores de potencia activa y reactiva que se muestra en la **Tabla 5.63** obtenidos de los DMG600.

Tabla 5.63. Valores de P y Q del escenario 3 con carga RLC obtenidas de los DMG600.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]	243	249.2	352.6	845	0	0	0	0	-241	-243.4	-351.2	-835.8
POTENCIA REACTIVA [VAR]	931	0	938	2096	0	0	0	0	-958	-1014	-989	-2963

Al desconectar carga RLC al sistema, el Generador aporta potencia activa y reactiva, la **Tabla 5.62** del segundo escenario se visualiza que la potencia activa es mayor con la de la **Tabla 5.63** del tercer escenario y los reactivos disminuyeron debido a un consumo de potencia activa en Carga Eléctrica.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

Una vez terminado el prototipo de Transferencia de carga, se detalla los diferentes gastos utilizados en el módulo.

6.1. Presupuesto

6.1.1. Gastos directos

Los gastos directos están relacionados con los materiales, elementos y equipos que se ocupó en la construcción del prototipo de transferencia de carga que se muestra en la **Tabla 6.1**

Tabla 6.1. Gastos Directos.

PRESUPUESTO			
DESCRIPCION	CANTIDAD	P.UNITARIO	PRECIO TOTAL
Multímetro digital DMG600-DMG610 Lovato	3	300	900
Interruptores Camsco 2P 16A	4	10	40

Fuente de excitación	1	110	110
Bloque de distribución 125 A 4 líneas	1	11.25	11.25
Bloque de distribución 125 A 2 líneas	1	5.93	5.93
Bornera de distribución P/RIEL 4 líneas	1	24.74	24.74
Focos Sylvania a 200W	6	1.98	11.88
Boquillas C/ROSCA E-27	6	0.29	2
Focos incandescentes 150W	3	2.64	7.92
Boquillas de cerámica E-12	3	0.61	1.83
Transformadores de 220v-110v	3	12	36
Capacitores NGM MOTOR RUN 20.0 uF	3	35.06	105.18
Balastro 70W	3	15.89	48.06
Conductor THHN #12 flexible color negro, rojo, blanco y verde	20m	0.49	9.80
Conductor THHN #14 flexible color	15m	0.28	4.2

rojo, blanco, negro, y verde			
Conductor THHN #16 flexible color verde	15m	0.26	3.90
Terminal tipo ojo azul 2-5 para conductor #12	45	0.06	2.70
Terminales tipo punta B30 para conductor #12	35	0.06	2.10
Terminal B18 para conductor #12	27	0.06	1.62
Plug banana plástico	86	0.15	12.90
Jack banana plástico	41	0.15	6.15
Breaker de riel SH203L 3 polos 32 ^a C32	1	54.90	54.90
Estructura metálica	1	80	80
Ladrillo	1	0.20	0.20
Lagarto largo negro	3	0.14	0.42
Espiral dexon 19mm ¾ negro	10	0.20	2
Cinta doble faz	1	2.66	2.66
Riel DIM	2m	0.50	1
Canaleta lisa 40x25 blanca.	1	5.25	5.25
Comprobador de secuencia de fases	1	34.7	34.7
		Total	1529.29

6.1.2. Gastos indirectos

Los gastos indirectos no están directamente relacionados con el proyecto, pero si influyen en la ayuda de la construcción del mismo.

Tabla 6.2. Gasto Indirectos.

DESCRIPCION	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL
TRANSPORTE	2	50	100
ALIMENTACIÓN	2	30	60
VARIOS	2	100	200
TOTAL			360

$$GD + GI = \$(1529.29 + 360)$$

$$10\% \text{ de imprevistos} = \$1889.29 * 10\% = \$188.93$$

$$GT = GD + GI + 10\% \text{ de imprevisto}$$

$$GT = \$1889.29 + \$360 + \$188.93 = \$2438,22$$

6.2. Análisis de impactos

El presente proyecto está enfocado en el análisis de transferencia de carga entre un generador y la barra infinita, mediante la utilización de un prototipo el cual nos permitirá visualizar el comportamiento de las potencias al momento de incrementar o quitar cargas RLC y observar si el Generador o la Barra Infinita consumen o entregan potencia.

El impacto esperado es que los estudiantes tengan un rendimiento académico adecuado debido a la mejor comprensión de lo teórico en función de lo práctico en las materias de SEP (sistemas eléctricos de potencia), operación de subestaciones, maquinas eléctricas, para la comprensión, operación y observación de cómo se puede realizar la transferencia de carga cuando se incrementa o discrimina, realizando sus respectivas conexiones, las mismas que se encuentran señalizadas para ocuparse de forma didáctica y segura.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Mediante la presente investigación bibliográfica se determinó las variables necesarias para realizar transferencia de carga entre el Generador Síncrono y la Barra Infinita, lo que permitió diseñar un sistema que permita poner en práctica estos conceptos teóricos.

- La manipulación de las variables como frecuencia del generador a través del Variador de velocidad de la maquina impulsadora y corriente de excitación ejercida al generador síncrono mediante la fuente de voltaje de 0 a 32VDC, permitió la transferencia de potencia activa y reactiva entre el generador síncrono y barra infinita que alimentan a una misma carga eléctrica.
- Al ingresar una carga resistiva al sistema se puede notar que existe un consumo de potencia reactiva, lo cual se debe a que las cargas no son netamente resistivas. Es diferente en cuanto a un capacitor, ya que no existe la presencia del signo negativo, su valor demuestra que está aportando potencia reactiva al sistema.
- El generador síncrono de 5kW cuando suministra a la carga inductiva conectada en delta y con cualquier combinación, no se puede sincronizar a la red, debido a que el voltaje de generación, disminuye a un valor entre 108.5 y 154.3V, con respecto a la a la barra infinita, por lo que no es posible conectar en paralelo el sistema. En cambio, cuando es suministrada por la Barra Infinita se puede realizar la sincronización ya que esta tiene suficiente capacidad para mantener el voltaje.
- El generador síncrono cuando suministra a la carga capacitiva en conexión Δ el voltaje aumenta a 277V en comparación con la barra infinita, mientras que al ingresar capacitancia a la red esta se mantiene con un voltaje de 220V, esto debido a que es un sistema de potencia tan grande e idóneo que no varía voltaje, frecuencia y sus potencias son inmutables en su magnitud.
- En la configuración de la conexión de cargas en estrella o triángulo los resultados obtenidos son distintos debido que en Y el voltaje que recibe cada carga está afectado por la $\sqrt{3}$, mientras que en Δ el voltaje de línea no es influido.
- El prototipo implementado, puede añadir y alimentar cargas eléctricas externas de tipo lineal o no lineal, siempre y cuando estas estén dentro del rango de su potencia de generación nominal (5kW).

7.2. Recomendaciones

- En cada practica se deberá comprobar la secuencia de fases entre el generador síncrono y la barra infinita, ya que al no ser compatibles no se podrá realizar la sincronización y peor aún la transferencia de carga.
- Si las cargas eléctricas tienen una conexión en estrella (Y), asegurarse que estas deberán ser aterrizadas, caso contrario influirá en los datos de las lecturas de los multímetros digitales.

- Identificar que el generador al momento de realizar transferencia de carga no esté recibiendo potencia activa desde la barra infinita por más de 5 segundos, debido a que pasara a motorizarse y puede provocar inestabilidad.
- Antes de alimentar cargas no lineales con el grupo Motor – Generador de 5kW deberá realizar un estudio para ver el comportamiento y cuanto el generador síncrono puede ser afectado.
- Para la elaboración de las cargas electricas externas es necesario que sean trifásicas, alimentadas a 220V/AC y con conexión Y o Δ , además que estén dentro del rango nominal de potencia de generación.

8. REFERENCIAS

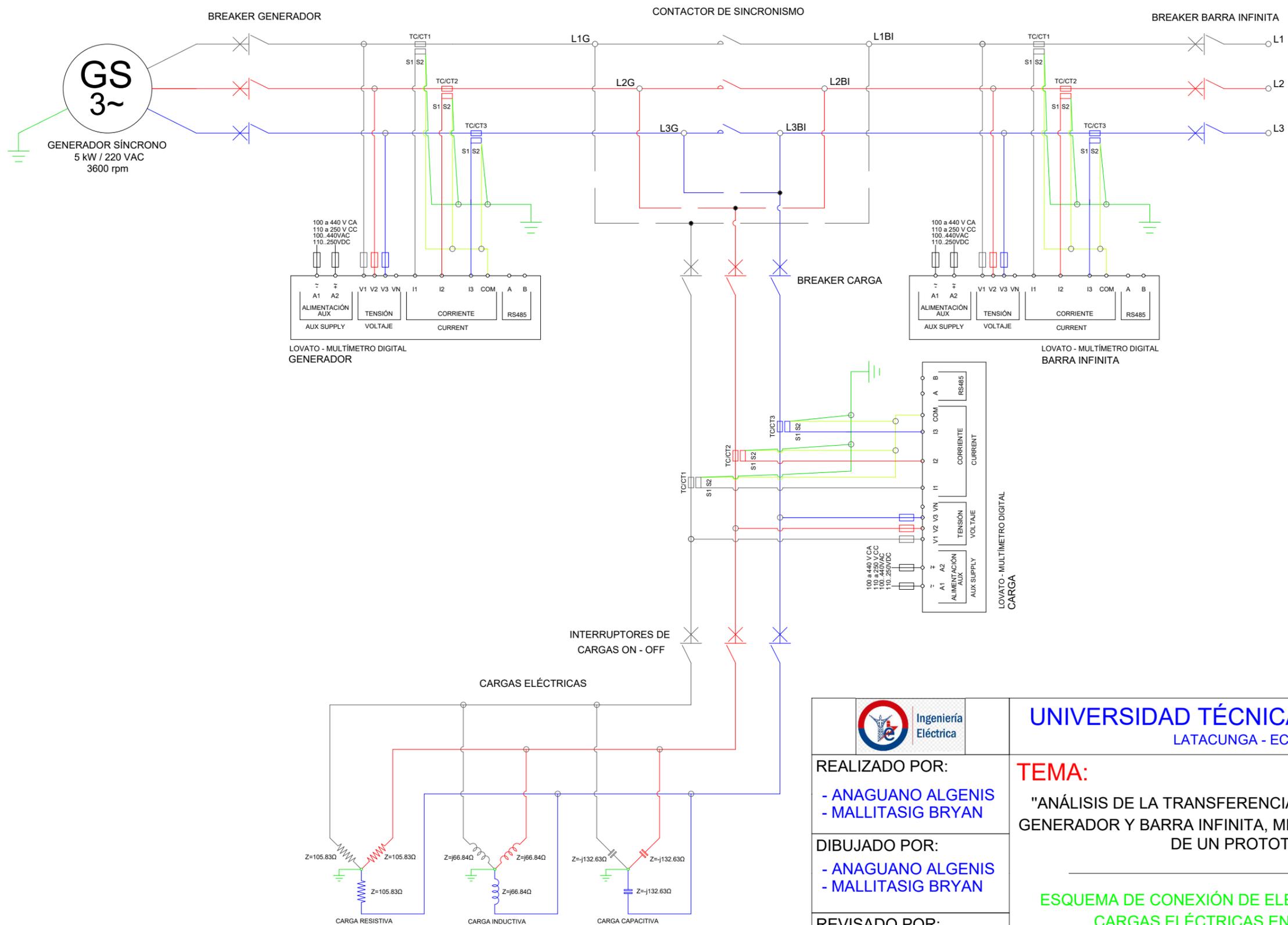
- [1] B. S. Sangoquiza Suntaxi, “Estudio sobre conexión en paralelo de generadores utilizando relés de sincronización”, Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2015.
- [2] A. A. Coello Velásquez y J. M. Ortiz Morales, "Diseño e implementación de un banco de pruebas para máquina síncrona didáctico para el laboratorio de motores y generadores enfocado a la enseñanza práctica de las máquinas síncronas", Guayaquil: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL, 2015.
- [3] O. R. Altamirano González y H. X. Coronel Niveló, Diseño y construcción de un módulo didáctico para realizar operación, control, supervisión de un generador eléctrico, que realice transferencia de carga en modo manual y automático, Guayaquil: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2016.
- [4] K. E. Cachago Yanacallo, Diseño e implementación del sistema de control para tableros de sincronismo eléctrico y tablero de transferencia automática del sistema de distribución de baja tensión del hospital estándar de 200camas Esmeraldas., Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2017.
- [5] C. X. Carpio Pulla y H. A. Quiñonez Tinizhañay, Estudio eléctrico para transferencias automáticas en alimentadores primarios de medio voltaje de CNEL EP unidad de negocio El Oro, estudio de caso al alimentador más crítico ante falla., Cuenca: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2018.

- [6] D. S. Rosero Valarezo, “Análisis de la distribución de carga y estudios eléctricos de los alimentadores de la nueva subestación el Rosal de Emelnorte S.A”, Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2019.
- [7] F. H. Fernández Morales y J. E. Duarte, «"Automatismo para el monitoreo y control de un grupo electrógeno con arranque eléctrico",» *Entramado*, vol. 11, nº 2, pp. 262-271, 2015.
- [8] M. Á. Rodríguez Pozueta, Máquinas Eléctricas I, Madrid: Creative Commons BY_NC-SA 4.0, 2015.
- [9] J. L. Morejón Noboa y N. A. Pérez Quintuña, "Diseño y construcción de un banco de pruebas para regulación digital del voltaje terminal del generador síncronos trifásicos., Guayaquil, 2015, p. 26.
- [10] M. A. Rodríguez Pozueta, Lamáquina síncrona funcionando en red de potencia infinita y en paralelo con otras., Madrid, 2014, pp. 1-2.
- [11] C. A. Luna Taltique, Transferencia y sincronización automática de generadores de emergencia en instalaciones industriales, Guatemala, 2016, pp. 11-12.
- [12] R. Buenadicha Avilés, Diseño y construcción de un equipo de sincronización automático para máquinas síncronas, Madrid: UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS, 2015.
- [13] J. Abad Torres y V. P. Grefa Aguinda , Diseño e implementación de un tablero para la transferencia automática de energía y sincronización de generadores de emergencia para el centro comercial el condado, Quito, 2015, pp. 12-13.
- [14] A. D. Valenzuela Santillán, Sincronoscopio virtual para un sistema multimáquina del laboratorio de sistemas eléctricos de potencia., Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2014.
- [15] M. H. Avilés Ajila, Diseño, construcción, montaje y pruebas de un tablero para sincronización de tres generadores de 350KW, 460V en un barco atunero., Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 2015.

- [16] E. E. Marin Ruiz y J. L. Teodoro Romero, "Estudio de la redistribucion de las cargas electricas del campus de la Universidad Nacional del Santa", Nuevo Chimbote: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, 2016.
- [17] I. D. Di Lorenzo León y M. E. Burbano Hurtado, Analisis para sistemas trifásicos de transformadores conexiones abiertas y especiales., Guayaqui, 2015, p. 28.
- [18] J. M. Camacho Alban, "Estudio de factibilidad para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica en la planta insdustrial inducuerdas", Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2015.
- [19] W. M. González Armijos, Simulación de circuitos en acoplamiento con cargas lineales puras en corriente alterna con software multisim., Loja, 2016.
- [20] I. D. DOMENICO LEÓN, *Analisis para sistemas trifásicos de transformadores conexiones abiertas y especiales*, Guayaquil, Guayaquil, 2015.
- [21] R. E. Castillo Haro, Implementacion y análisis de la curva de capacidad del generador síncrono de polos salientes utilizando software de ingeniería., Lima, 2014, pp. 57-58.
- [22] B. R. Zamora Catagua y J. I. Calderón León , "Diseño e implementación de un módulo didáctico para corregir el Factor de Potencia", Guayaquil: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL , 2014.
- [23] M. M. Heredia Borja y R. H. Intriago Bernita, "ANÁLISIS DE SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMADORES CONEXIÓN D-Y", Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [24] B. L. Méndez Guillén, "Diseño e implementación de un tablero con arrancador estrella-triángulo para motor trifásicos para prácticas en el laboratorio de control", Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2018.
- [25] *Instrumentos de medida y transformadores de corriente*, España, 2018.
- [26] C. Noreña, «tmart,» 4 Julio 2017. [En línea]. Available: https://es.tmart.com/QW-MS305D-30V-5A-Adjustable-DC-Stabilizer-Power-Supply-EU-Standard-White_p348828.html. [Último acceso: 9 Julio 2019].

9. ANEXOS

ANEXOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
LATACUNGA - ECUADOR

REALIZADO POR:
- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

TEMA:
"ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."

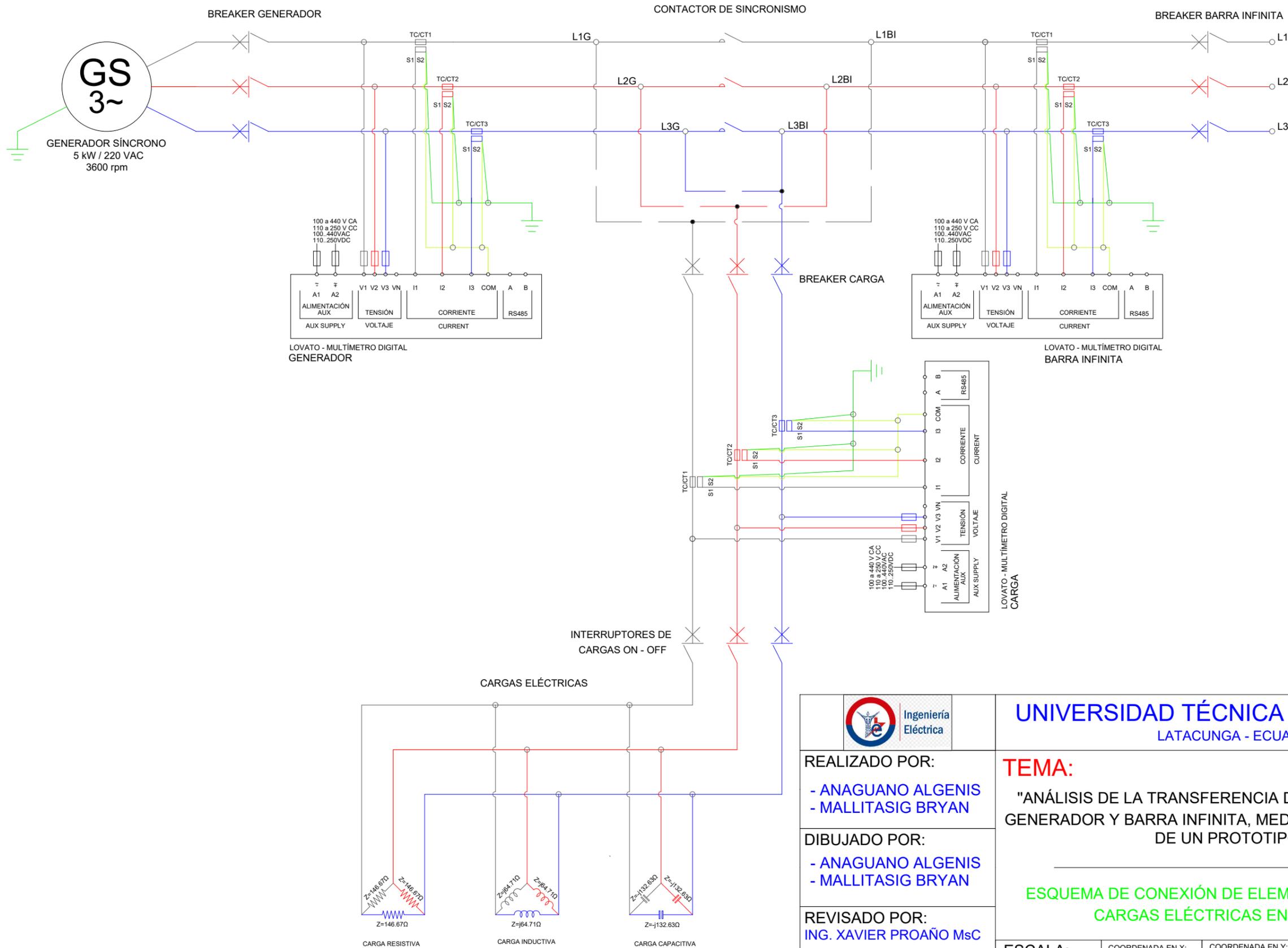
DIBUJADO POR:
- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

ESQUEMA DE CONEXIÓN DE ELEMENTOS, EQUIPOS Y CARGAS ELÉCTRICAS EN ESTRELLA (Y).

REVISADO POR:
ING. XAVIER PROAÑO MSc

FECHA:
25/06/2019

ESCALA: 1:1
COORDENADA EN X:
COORDENADA EN Y:
HOJA: 1 DE: 2



 Ingeniería Eléctrica

REALIZADO POR:
- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

DIBUJADO POR:
- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

REVISADO POR:
ING. XAVIER PROAÑO MSc

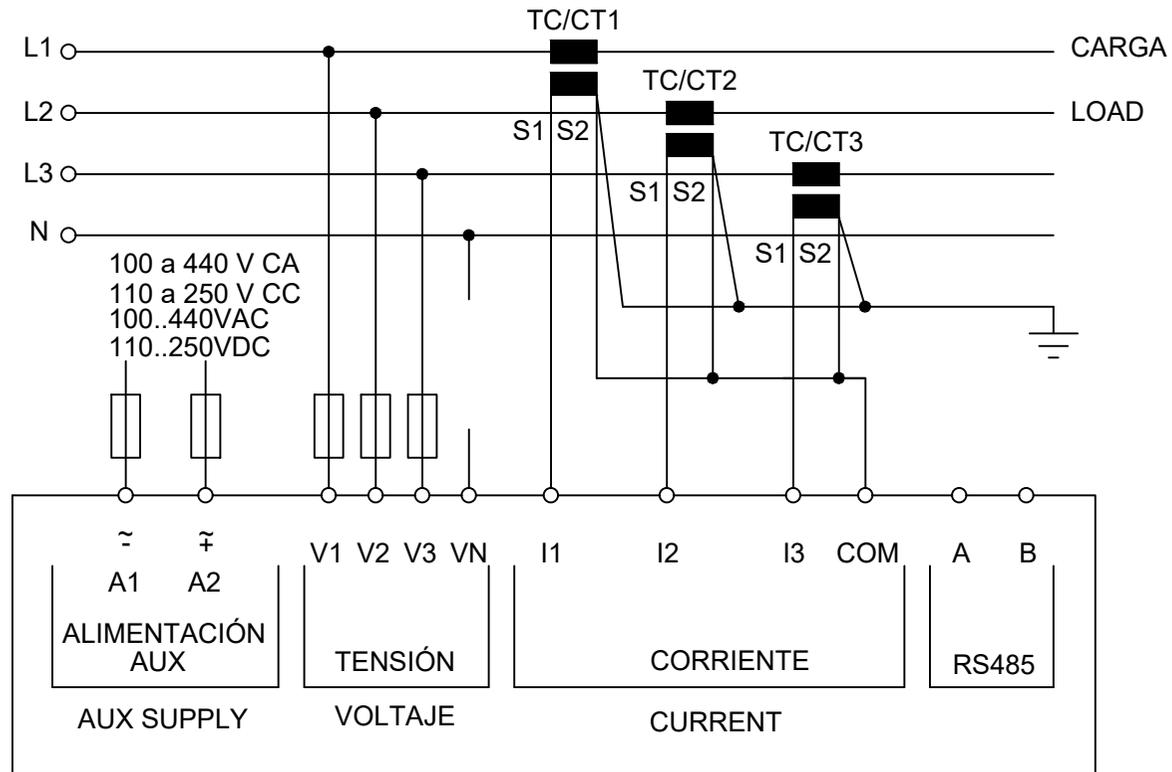
FECHA:
25/06/2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
LATACUNGA - ECUADOR

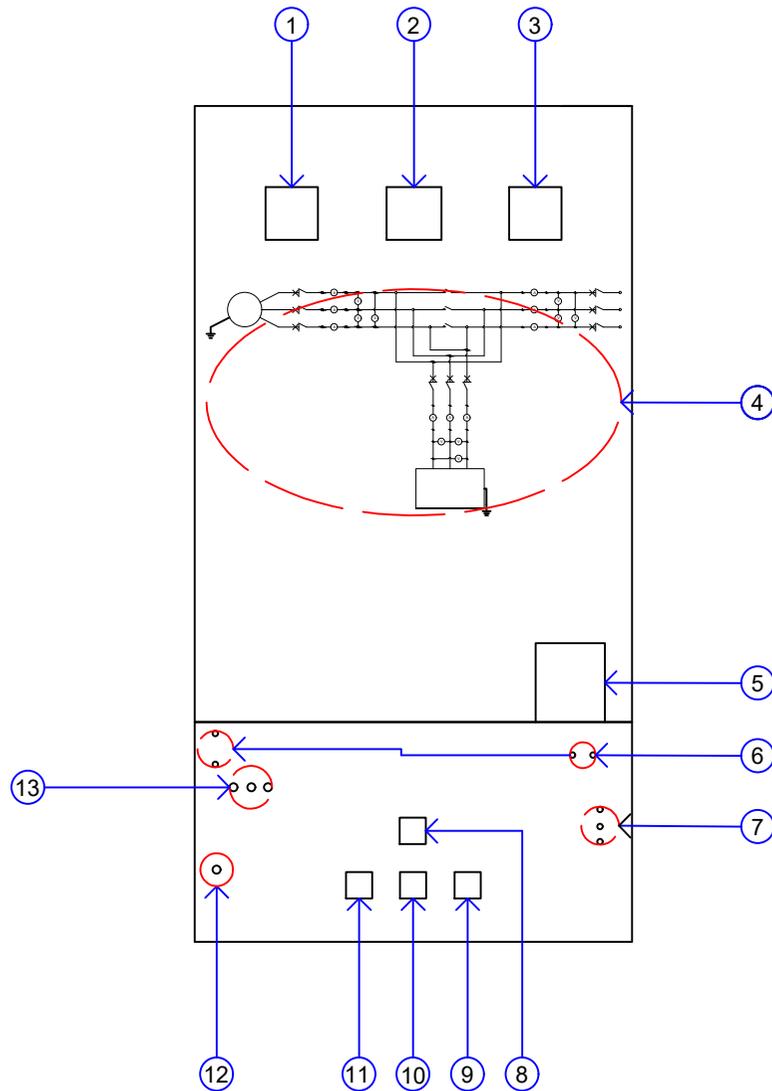
TEMA:
"ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."

ESQUEMA DE CONEXIÓN DE ELEMENTOS, EQUIPOS Y CARGAS ELÉCTRICAS EN DELTA (Δ).

ESCALA: 1:1	COORDENADA EN X:	COORDENADA EN Y:	HOJA: 2 DE: 2
----------------	------------------	------------------	---------------

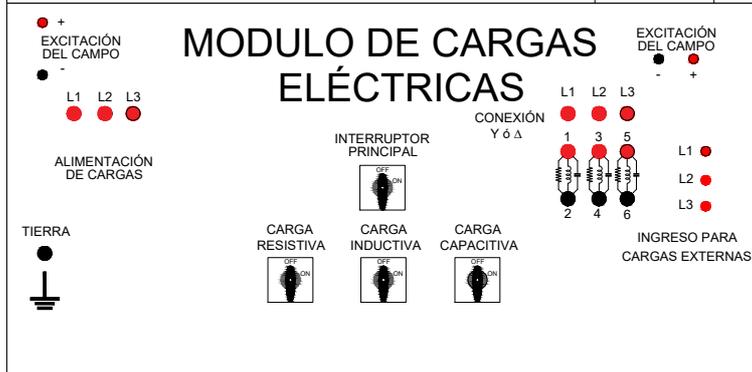
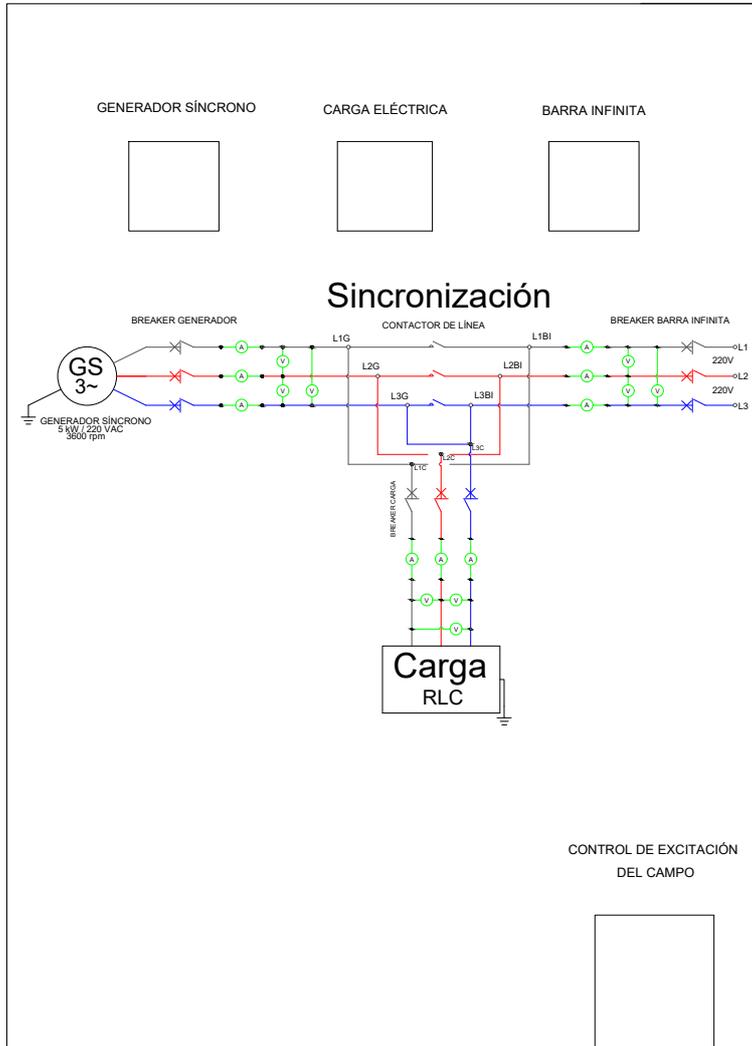


 Ingeniería Eléctrica		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LATACUNGA - ECUADOR	
REALIZADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN		TEMA: "ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."	
DIBUJADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN		ESQUEMAS DE CONEXIÓN DEL MULTÍMETRO DIGITAL LOVATO Y TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.	
REVISADO POR: ING. XAVIER PROAÑO MSc		ESCALA: 1:1	
FECHA: 25/06/2019		COORDENADA EN X:	COORDENADA EN Y:
		HOJA: 1 DE: 1	



- 1) MEDIDOR DIGITAL DEL GENERADOR SÍNCRONO
- 2) MEDIDOR DIGITAL DE LA CARGA ELÉCTRICA
- 3) MEDIDOR DIGITAL DE LA BARRA INFINITA
- 4) ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL PROTOTIPO
- 5) CONTROL DEL EXCITACIÓN
- 6) EXCITACIÓN DEL CAMPO
- 7) INGRESO PARA CARGAS EXTERNAS
- 8) INTERRUPTOR PRINCIPAL
- 9) INTERRUPTOR CARGA CAPACITIVA
- 10) INTERRUPTOR CARGA INDUCTIVA
- 11) INTERRUPTOR CARGA RESISTIVA
- 12) PUESTA A TIERRA
- 13) ALIMENTACIÓN PARA LAS CARGAS ELÉCTRICAS

 Ingeniería Eléctrica	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LATACUNGA - ECUADOR
REALIZADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN	TEMA: "ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."
DIBUJADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL MODULO "TRANSFERENCIA DE CARGA"
REVISADO POR: ING. XAVIER PROAÑO MSc	ESCALA: 1:1
FECHA: 25/06/2019	COORDENADA EN X: COORDENADA EN Y: HOJA: 1 DE: 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
LATACUNGA - ECUADOR

REALIZADO POR:
- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

TEMA:
"ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."

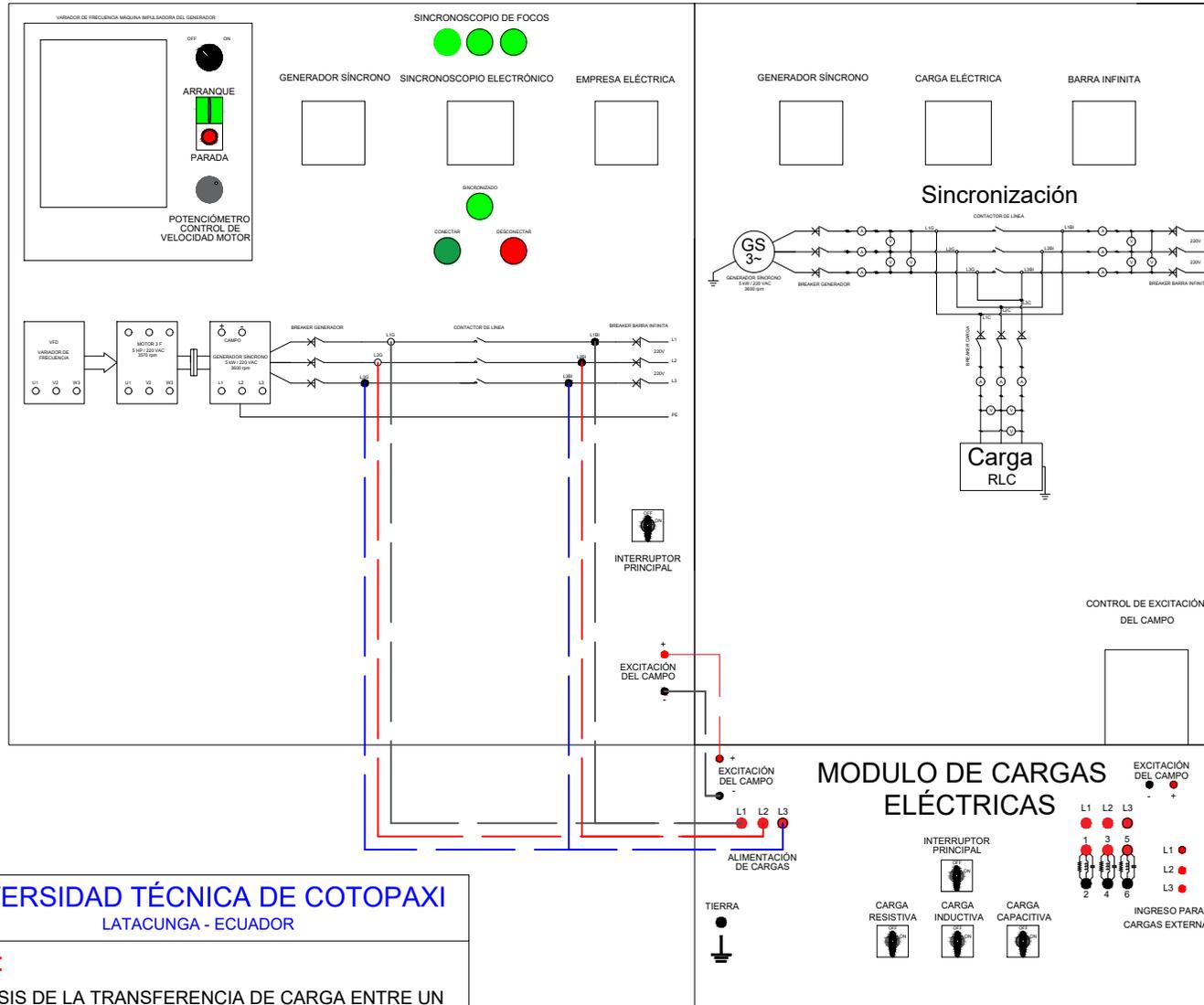
DIBUJADO POR:
- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

ESQUEMA DE CONEXIÓN DE ELEMENTOS, EQUIPOS Y CARGAS ELÉCTRICAS EN ESTRELLA (Y).

REVISADO POR:
ING. XAVIER PROAÑO MsC

FECHA:
25/06/2019

ESCALA: 1:1
COORDENADA EN X:
COORDENADA EN Y:
HOJA: 1 DE: 1



Ingeniería Eléctrica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
LATACUNGA - ECUADOR

REALIZADO POR:

- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

DIBUJADO POR:

- ANAGUANO ALGENIS
- MALLITASIG BRYAN

REVISADO POR:

ING. XAVIER PROAÑO MSc

FECHA:
25/06/2019

TEMA:

"ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."

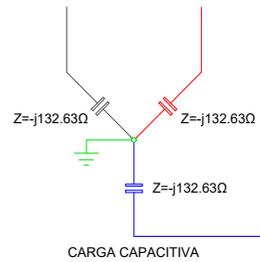
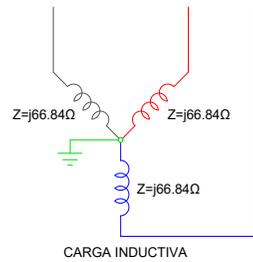
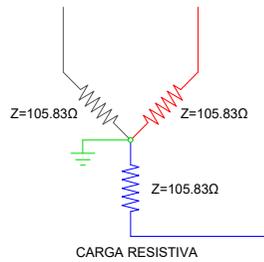
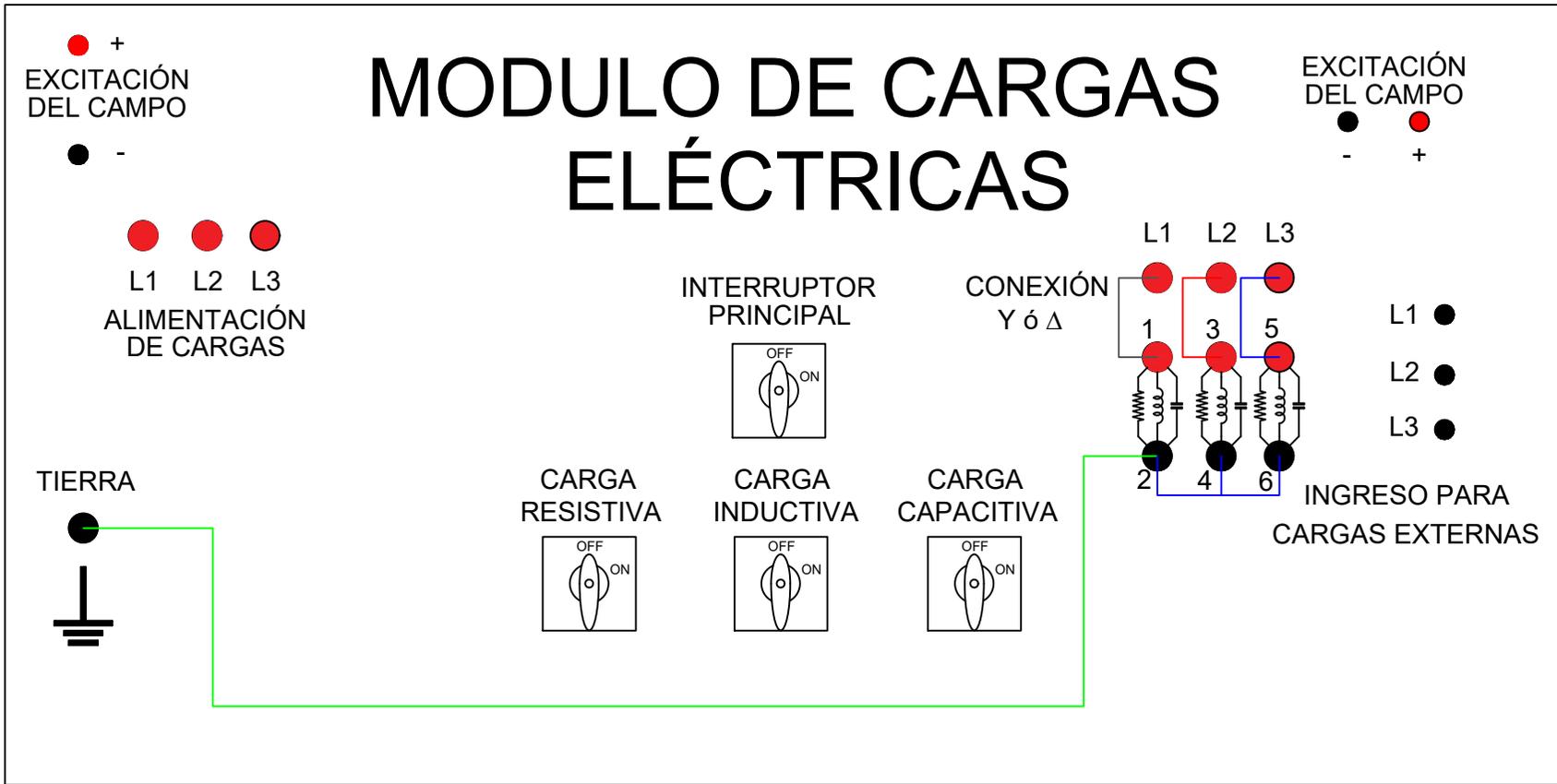
CONEXIÓN FRONTAL ENTRE MÓDULOS DE TRABAJO

ESCALA:
1:1

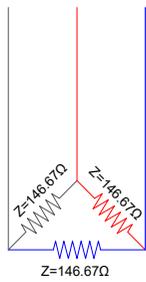
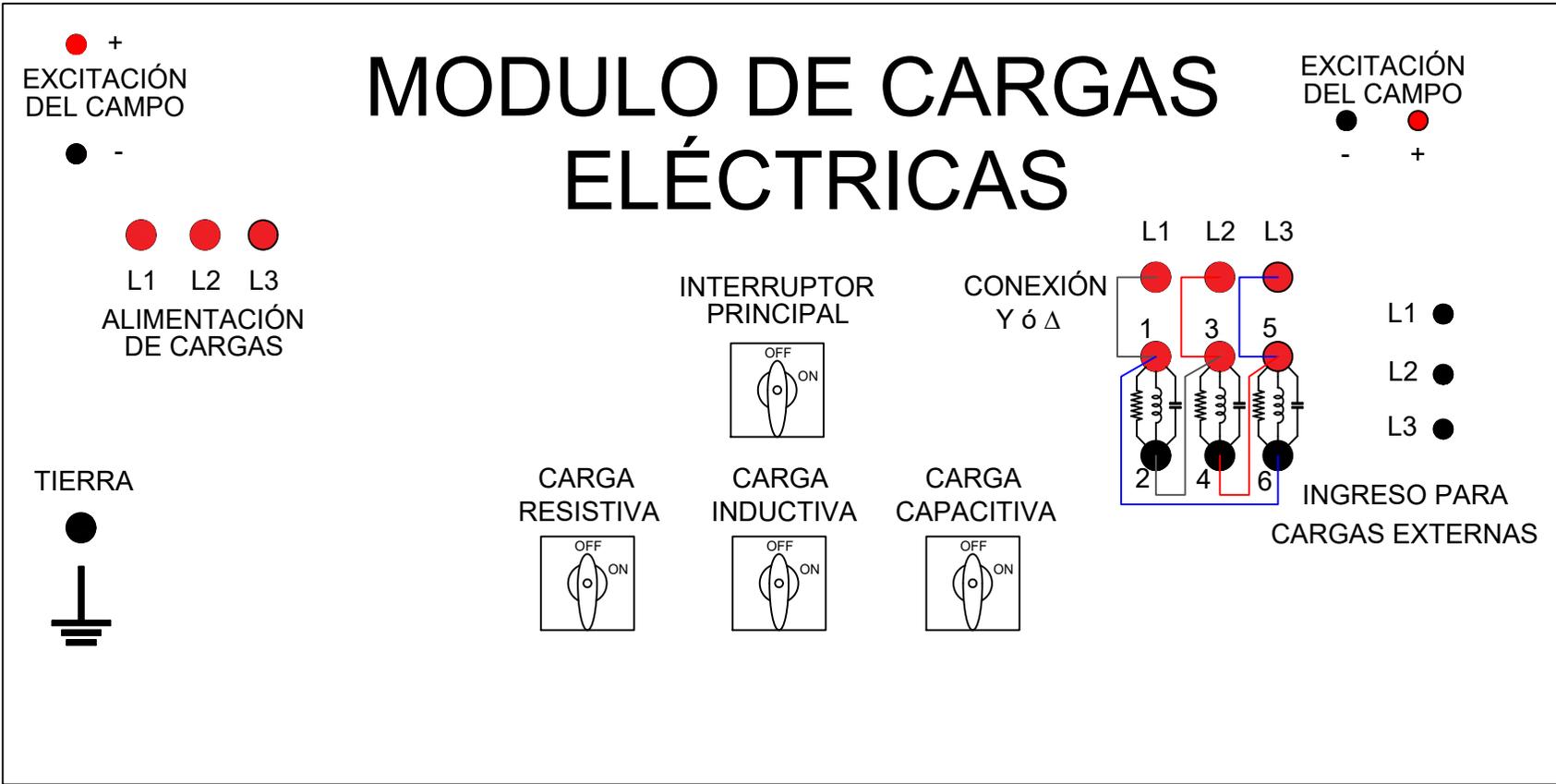
COORDENADA EN X:

COORDENADA EN Y:

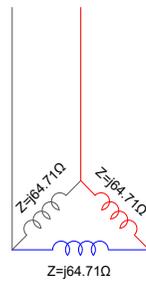
HOJA: 1 DE: 1



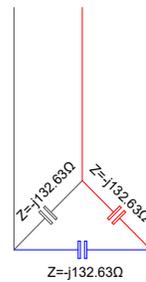
 Ingeniería Eléctrica	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LATACUNGA - ECUADOR
REALIZADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN	TEMA: "ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."
DIBUJADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN	CONEXIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS EN ESTRELLA.
REVISADO POR: ING. XAVIER PROAÑO MSc	
FECHA: 25/06/2019	ESCALA: 1:1 COORDENADA EN X: COORDENADA EN Y: HOJA: 1 DE: 1



CARGA RESISTIVA

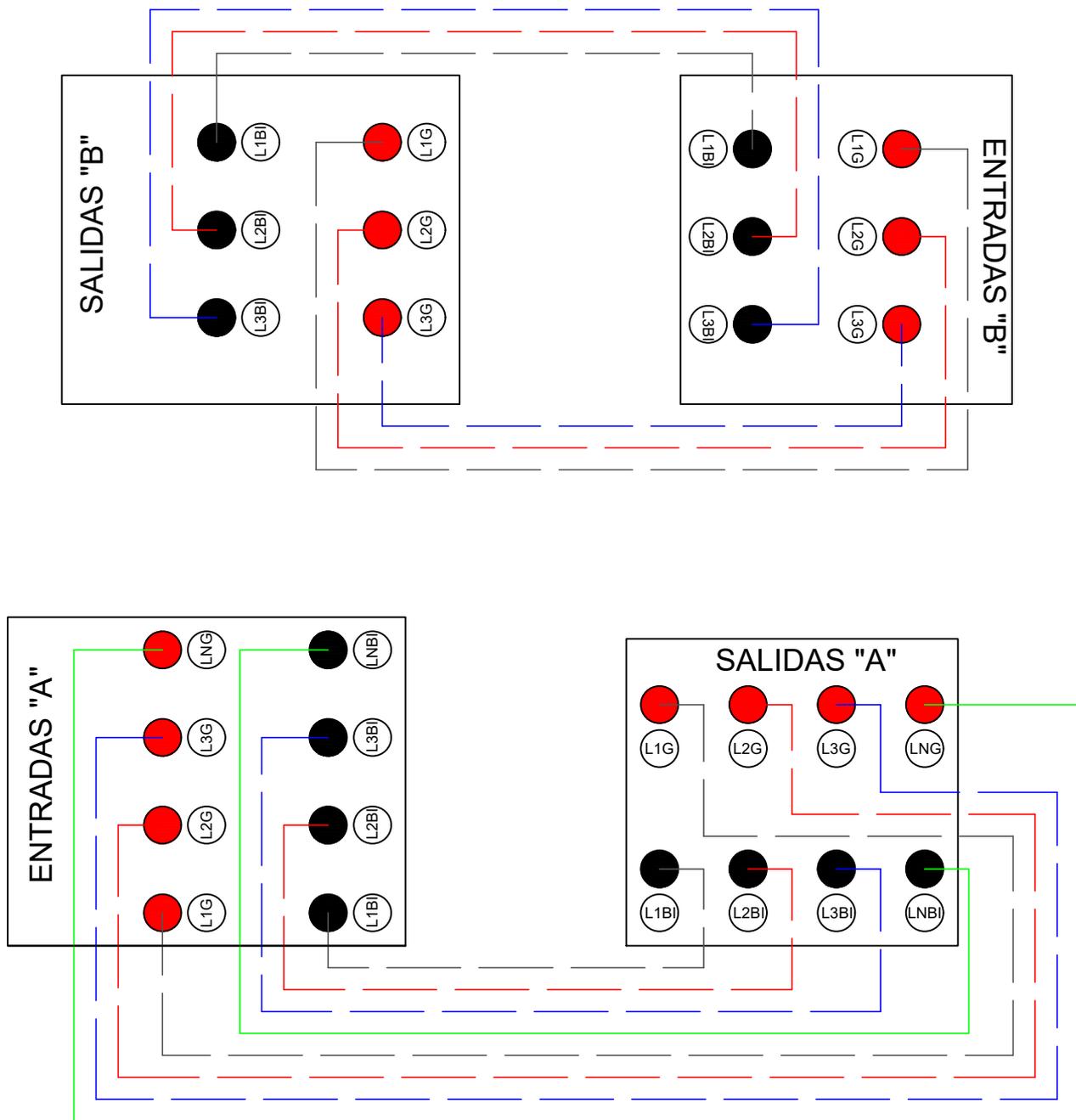


CARGA INDUCTIVA



CARGA CAPACITIVA

 Ingeniería Eléctrica	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LATACUNGA - ECUADOR
REALIZADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN	TEMA: "ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."
DIBUJADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN	CONEXIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS EN DELTA.
REVISADO POR: ING. XAVIER PROAÑO MSc	
FECHA: 25/06/2019	ESCALA: 1:1 COORDENADA EN X: COORDENADA EN Y: HOJA: 1 DE: 1



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI LATACUNGA - ECUADOR	
REALIZADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN		TEMA: "ANÁLISIS DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO."	
DIBUJADO POR: - ANAGUANO ALGENIS - MALLITASIG BRYAN		<hr/> CONEXIÓN POSTERIOR DE LOS MÓDULOS DE TRABAJO.	
REVISADO POR: ING. XAVIER PROAÑO MSc		ESCALA: 1:1	COORDENADA EN X: COORDENADA EN Y:
FECHA: 25/06/2019		HOJA: 1	DE: 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA ENTRE UN GENERADOR Y BARRA
INFINITA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN PROTOTIPO”**

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

MANUAL DEL USUARIO

Autores:

Anaguano Salazar Algenis Gabriel

Mallitasig Pilatasig Bryan Omar

Tutor:

Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso

Latacunga - Ecuador

Julio 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN AL MANUAL DEL USUARIO	1
2.	MÓDULOS DE TRABAJO.....	1
2.1.	Módulo “Motor – Generador Síncrono AC/AC Trifásico de 5kW”	2
2.2.1.	Partes del módulo	2
2.2.	Módulo “Transferencia de Carga”	6
2.2.1.	Partes del modulo	7
2.3.	Módulo de Cargas Eléctricas	9
3.	CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS.....	10
3.1.	Conexión de la parte posterior.....	10
3.2.	Conexión de la parte frontal	13
3.2.1.	Conectar la excitación del campo	13
3.2.2.	Alimentación de cargas eléctricas.....	14
3.2.3.	Conexión de cargas eléctricas	15
4.	CONEXIÓN A TIERRA.....	16
5.	ALIMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS.....	17
6.	PUESTA EN MARCHA	17
7.	FINALIZACIÓN.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Peligro Riesgo Eléctrico.	1
Figura 2.1. Módulo “Motor – Generador AC/AC Trifásico de 5kW”	2
Figura 2.2. Grupo Motor - Generador.	3
Figura 2.3. Variador de Frecuencia (VFD).	3
Figura 2.4. Sincronoscopio de Focos.	4
Figura 2.5. Multímetro Digital del Generador.	4
Figura 2.6. Multímetro Digital de la Empresa Eléctrica.	4
Figura 2.7. Sincronoscopio Electrónico.	5
Figura 2.8. Pulsadores de Marcha y Paro.	5
Figura 2.9. Luz de Sincronizado	6
Figura 2.10. Interruptor Principal.	6
Figura 2.11. Modulo "Transferencia de carga"	7
Figura 2.12. Multímetro del Generador Síncrono.	8
Figura 2.13. Multímetro de la Carga Eléctrica.	8
Figura 2.14. Multímetro de la Barra Infinita.	8
Figura 2.15. Control de Excitación.	9
Figura 2.16. Módulo de Cargas Eléctricas Internas.	9
Figura 3.1. Conexión de los Módulos de Trabajo.	10
Figura 3.2. Bornes de Conexión “A”	12
Figura 3.3. Bornes de Conexión “B”	12
Figura 3.4. Conexión de la Excitación de Campo.	14
Figura 3.5. Alimentación de Cargas Eléctricas desde el Generador.	14
Figura 3.6. Alimentación de Cargas Eléctricas desde la Barra Infinita.	15
Figura 3.7. Conexión en estrella.	15
Figura 3.8. Conexión en delta.	16
Figura 4.1. Conexión a Tierra.	16
Figura 4.2. Aterrizaje a Tierra.	17
Figura 5.1. Enchufe de Alimentación Tipo LEG.	17
Figura 7.1. Conexión en delta.	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bornes de conexión "SALIDAS y ENTRADAS A"	11
Tabla 2. Bornes de conexión "SALIDAS y ENTRADAS B"	13

1. INTRODUCCIÓN AL MANUAL DEL USUARIO

Antes de la manipulación y operación en marcha de los módulos, es necesario tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y las notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo, con el fin de evitar la muerte, lesiones graves o daños materiales considerables, si no se toman las precauciones adecuadas.

En la **Figura 1.1** se indica la señal de **Peligro Riesgo Eléctrico**, la cual se fijó en el módulo “Transferencia de Carga” para indicar que se trabajara con 220 voltios y se debe realizar las conexiones y operación de los módulos con la mayor precaución.



Figura 1.1. Peligro Riesgo Eléctrico.

Fuente: Autores

Para el uso de los módulos y la realización de prácticas de laboratorio en los mismos, es necesario que el estudiante utilice los EPP (equipos de protección personal), además también es necesario de una persona guía, que tenga conocimiento y que este familiarizado con los equipos, utilización y operación en marcha de los módulos.

2. MÓDULOS DE TRABAJO

Los módulos de trabajo están conformados por 3 cuerpos, lo que permite al estudiante realizar un sin número de prácticas de forma didáctica, estos son los siguientes:

2.1. Módulo “Motor – Generador Síncrono AC/AC Trifásico de 5kW”

El módulo que se indica en la **Figura 2.1**, permitirá alimentar cargas eléctricas de tipo lineal o no lineal siempre y cuando estas estén dentro del rango de potencia nominal del Generador Síncrono, además es capaz de sincronizarse con la Barra Infinita.

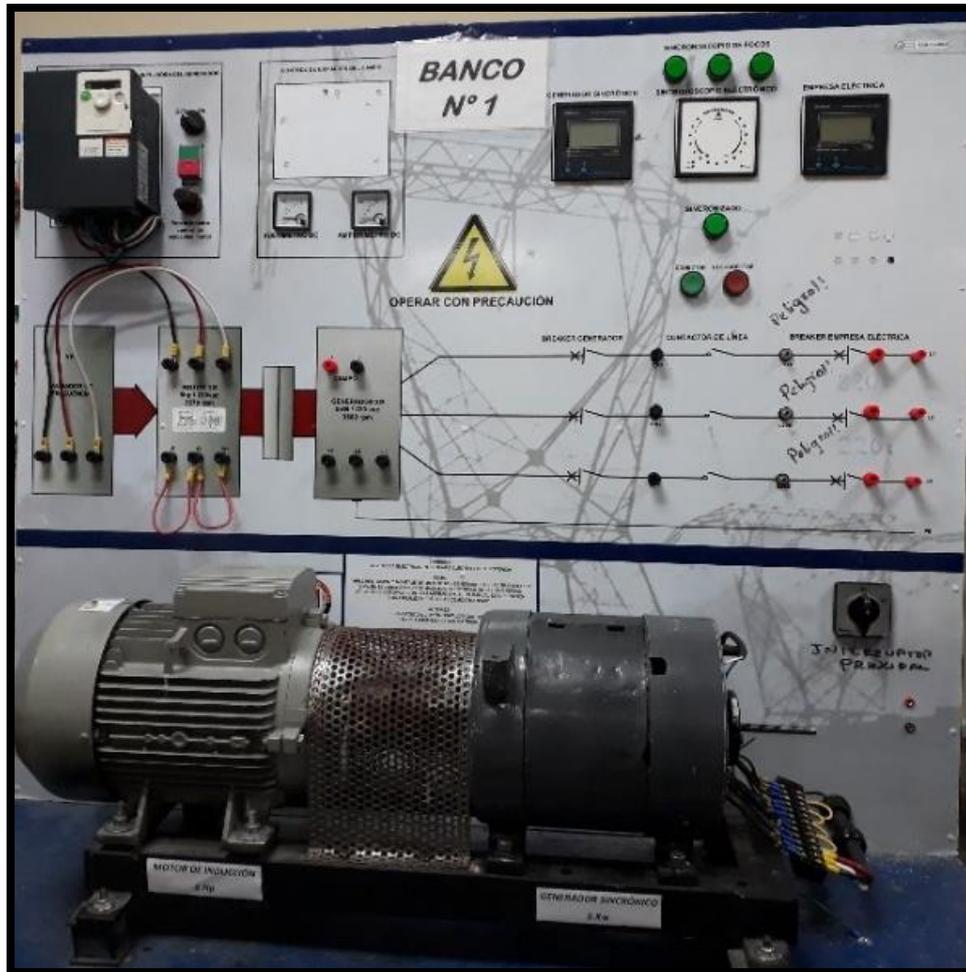


Figura 2.1. Módulo “Motor – Generador AC/AC Trifásico de 5kW”.

Fuente: Autores

2.2.1. Partes del módulo

El Modulo “Motor – Generador AC/AC Trifásico de 5kW”, consta de los siguientes elementos y equipos:

- **Grupo Motor – Generador**

Está conformado por un Motor trifásico de 5Hp/220VAC, 3570 rpm y un Generador Síncrono de 5kW/220VAC, 3600rpm, acoplados por un matrimonio flexible, montado sobre una estructura metálica y una base de caucho como se muestra en la **Figura 2.2**.



Figura 2.2. Grupo Motor - Generador.

Fuente: Autores

- **Variador de velocidad (VFD)**

El variador de frecuencia de la **Figura 2.3** es de 300VA, a 220VAC y está programado para operar al motor entre 3580 y 3900 rpm, es decir a 59,5 Hz y 63 Hz, dependiendo de la regulación que se le aplique al potenciómetro del mismo, además está conformado de un switch de dos posiciones, que cumple la función de encender el VFD y mostrar en su pantalla la palabra **RDY** (Ready) como confirmación de la operación y una botonera doble que cumple la función de **ARRANQUE** y **PARADA** del Grupo Motor – Generador.



Figura 2.3. Variador de Frecuencia (VFD).

Fuente: Autores

- **Sincronoscopio de focos**

El sincronoscopio de focos que se muestra en la **Figura 2.4** deberá encenderse y apagarse al mismo tiempo con la misma intensidad, caso contrario corregir las secuencias de fases.



Figura 2.4. Sincronoscopio de Focos.

Fuente: Autores

- **Multímetro digital REVALCO del Generador Síncrono y Empresa Eléctrica**

Los multímetros digitales que se muestran en **Figura 2.5** y **Figura 2.6**, tomarán las lecturas de la entrada principal del módulo y la salida del generador síncrono y se visualizara los siguientes parámetros eléctricos, mediante la manipulación de sus teclas de navegación:

- Voltaje FF [V]
- Corriente [A]
- Frecuencia [Hz]
- Potencia activa [W]
- Potencia reactiva [VAR]
- Potencia aparente [VA]



Figura 2.5. Multímetro Digital del Generador.

Fuente: Autores



Figura 2.6. Multímetro Digital de la Empresa Eléctrica.

Fuente: Autores

- **Sincronoscopio electrónico**

El equipo electrónico que se muestra en la **Figura 2.7**, indica el momento de sincronización, esta operación se realiza cuando la luz verde posa sobre el puntero que está en el Centro Superior de la balanza indicando la conexión del Generador y Barra Infinita.

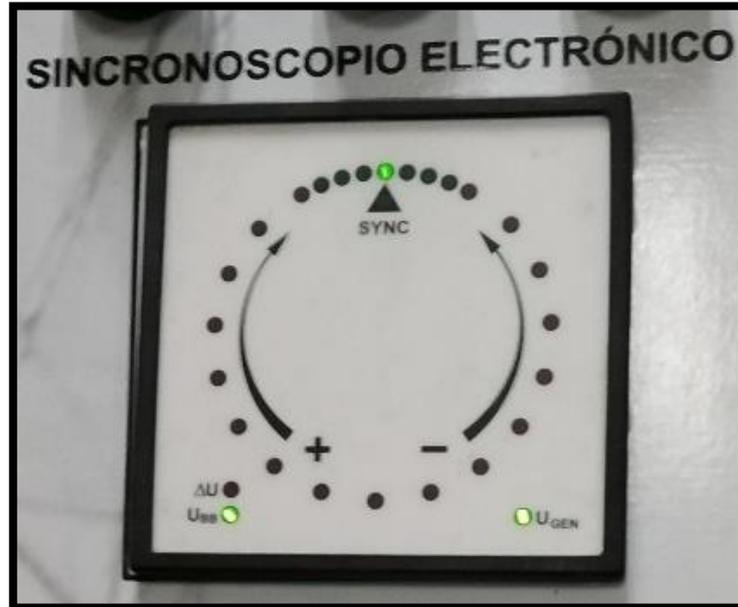


Figura 2.7. Sincronoscopio Electrónico.

Fuente: Autores

- **Pulsadores de CONECTAR y DESCONECTAR**

Estos elementos que se ilustra a continuación en la **Figura 2.8** tienen la función de conectar y desconectar al Generador Síncrono con la Barra infinita o viceversa.



Figura 2.8. Pulsadores de Marcha y Paro.

Fuente: Autores

- **Luz piloto**

El siguiente elemento indicado en la **Figura 2.9** permite la confirmación de la conexión (presencia de luz verde) o desconexión (luz apagada) del Generador con la Barra Infinita.



Figura 2.9. Luz de Sincronizado

Fuente: Autores

- **Interruptor principal**

El interruptor trifásico permitirá encender al módulo de trabajo, a continuación lo mostramos en la **Figura 2.10**.



Figura 2.10. Interruptor Principal.

Fuente: Autores

2.2. Módulo “Transferencia de Carga”.

La **Figura 2.11** hace referencia al módulo que permite visualizar y analizar las potencias activa, reactiva y aparente, entre otros parámetros eléctricos, cuando el generador y la barra infinita

entren o no en sincronismo, además consta de cargas eléctricas de tipo lineal que permiten realizar transferencia y un control de excitación para alimentar con DC al rotor del generador.

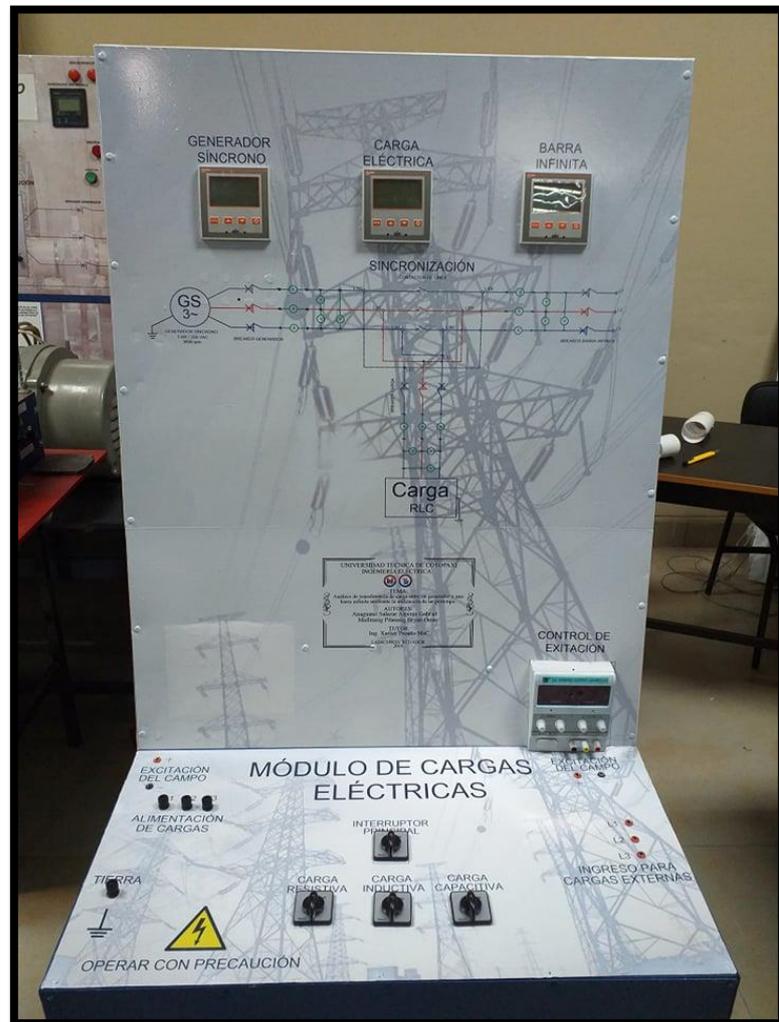


Figura 2.11. Módulo "Transferencia de carga".

Fuente: Autores

2.2.1. Partes del modulo

El Modulo "Transferencia de Carga" está constituido por los siguientes elementos:

- **Multímetros digitales LOVATO del GENERADOR SÍNCRONO, CARGA ELÉCTRICA Y BARRA INFINITA.**

Los multímetros digitales trifásicos DMG600 que se muestran en la **Figura 2.12**, **Figura 2.13** y **Figura 2.14** están diseñados para ofrecer máxima facilidad de uso. Puede ser alimentado con un voltaje de 100 a 440VAC y está conformado por 4 teclas de desplazamiento para funciones y configuraciones.

Funciones de las teclas frontales:

- Tecla **MENÚ**: permite entrar o salir de los distintos menús de visualización y configuración.
- Teclas **▲** y **▼**: permiten desplazarse por las páginas de video, seleccionar las opciones disponibles en pantalla y modificar la configuración (aumentar/reducir).
- Tecla **⌂**: permite desplazarse por las subpáginas, confirmar la selección realizada y cambiar de un modo de visualización a otro.

Los multímetros digitales poseen una gran variedad de medidas disponibles para su visualización, entre estas están:

- Voltaje entre fases [V]
- Voltaje fase neutro [V]
- Corriente de fase y neutro [A]
- Potencia activa [W]
- Potencia reactiva [VAR]
- Potencia aparente [VA]
- Factor de potencia [FP]
- Frecuencia [Hz]



Figura 2.12. Multímetro del Generador Síncrono.



Figura 2.13. Multímetro de la Carga Eléctrica.



Figura 2.14. Multímetro de la Barra Infinita.

Fuente: Autores

▪ **Control de excitación**

La fuente de alimentación que se muestra en la **Figura 2.15** tiene como finalidad proveer de Corriente Directa (0 ~ 30V, 0 ~ 5A) a los devanados del inductor e induciendo así un campo magnético, necesario para el proceso de generación de corriente Alterna, el mismo que está diseñado con 4 potenciómetros, que ofrecen alta precisión y estabilidad en el ajuste.

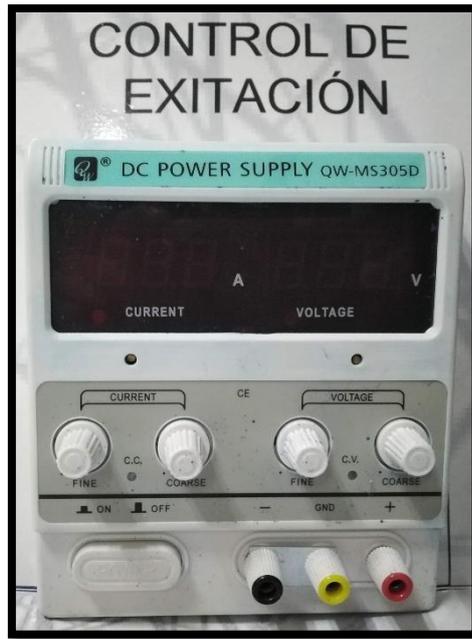


Figura 2.15. Control de Excitación.

Fuente: Autores

2.3.Módulo de Cargas Eléctricas

El modulo indicado en la **Figura 2.16**, está compuesto por cargas eléctricas habilitado para ser conectadas en estrella (Y) o triangulo (Δ), siendo resistivas, inductivas y capacitivas, que serán accionadas por un interruptor trifásico cuando sea necesario.



Figura 2.16. Módulo de Cargas Eléctricas Internas.

Fuente: Autores

3. CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS

Para realizar las prácticas de laboratorio detalladas a continuación, los módulos de trabajo deberán estar conectado y acoplados como se muestra en la **Figura 3.1**, los mismos no entraran en funcionamiento si no se cumple dicha condición.

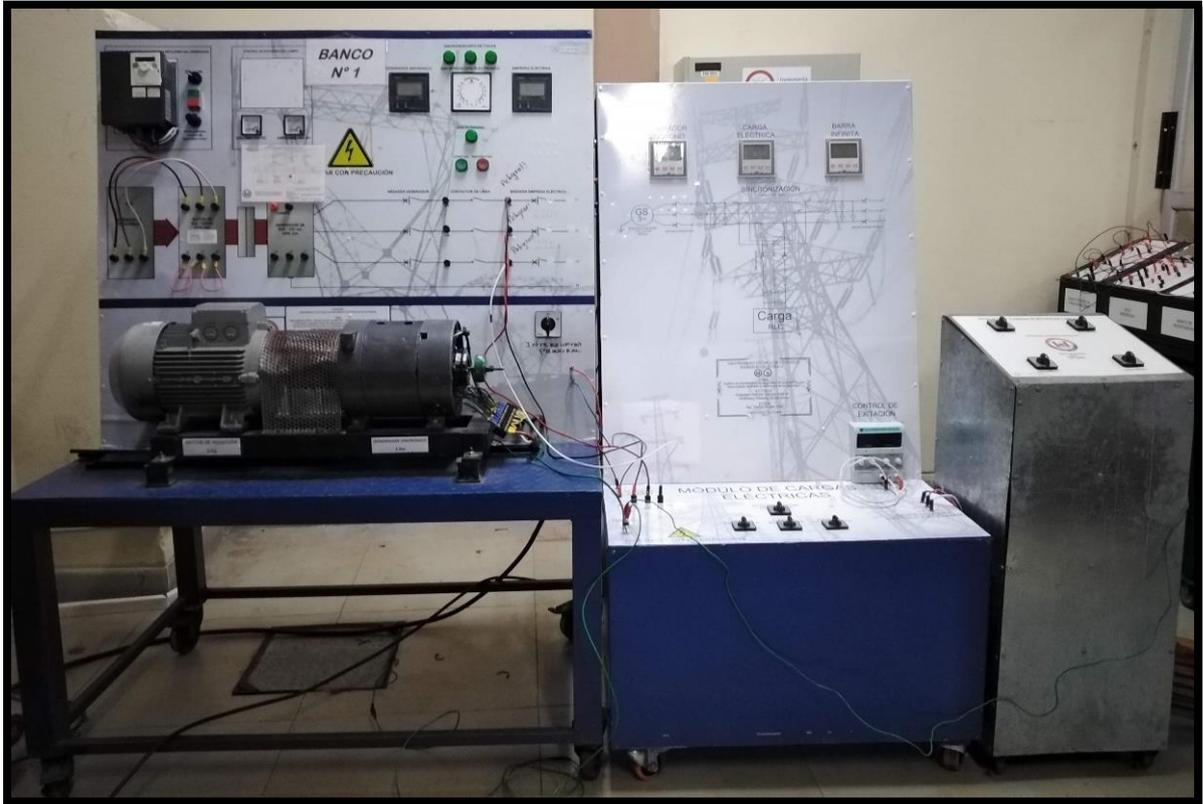


Figura 3.1. Conexión de los Módulos de Trabajo.

Fuente: Autores

A continuación se destalla la forma adecuada de REALIZAR UNA BUENA CONEXIÓN

3.1. Conexión de la parte posterior

En la **Figura 3.2** se muestra los bornes de conexión nombrados “**SALIDAS Y ENTRADAS A**”, los cuales deberán ser conectados con la ayuda de conductores AWG #12 con terminales Jack Banana y de acuerdo a la designación de cada borne y color.

Se ha designado los bornes de color rojo para el Generador y de color negro para la Barra Infinita. Cada uno lleva su nombre designado para su fácil conexión, a continuación indicamos en la **Tabla 1** la forma correcta en la que se debe realizar:

Tabla 1. Bornes de conexión "SALIDAS y ENTRADAS A".

GENERADOR				
SALIDAS "A"		CONEXIÓN CON:	ENTRADAS "A"	
	L1G: línea fase del Generador síncrono.	→		L1G: línea fase del Generador síncrono.
	L2G: línea fase del Generador síncrono.	→		L2G: línea fase del Generador síncrono.
	L3G: línea fase del Generador síncrono.	→		L3G: línea fase del Generador síncrono.
	LNG: línea neutro del Generador síncrono.	→		LNG: línea neutro del Generador síncrono.
BARRA INFINITA				
SALIDAS "A"		CONEXIÓN CON:	ENTRADAS "A"	
	L1BI: línea fase de la Barra Infinita.	→		L1BI: línea fase de la Barra Infinita.
	L2BI: línea fase de la Barra Infinita.	→		L2BI: línea fase de la Barra Infinita.
	L3BI: línea fase de la Barra Infinita.	→		L3BI: línea fase de la Barra Infinita.
	LNBI: línea neutro de la Barra Infinita.	→		LNBI: línea neutro de la Barra Infinita.

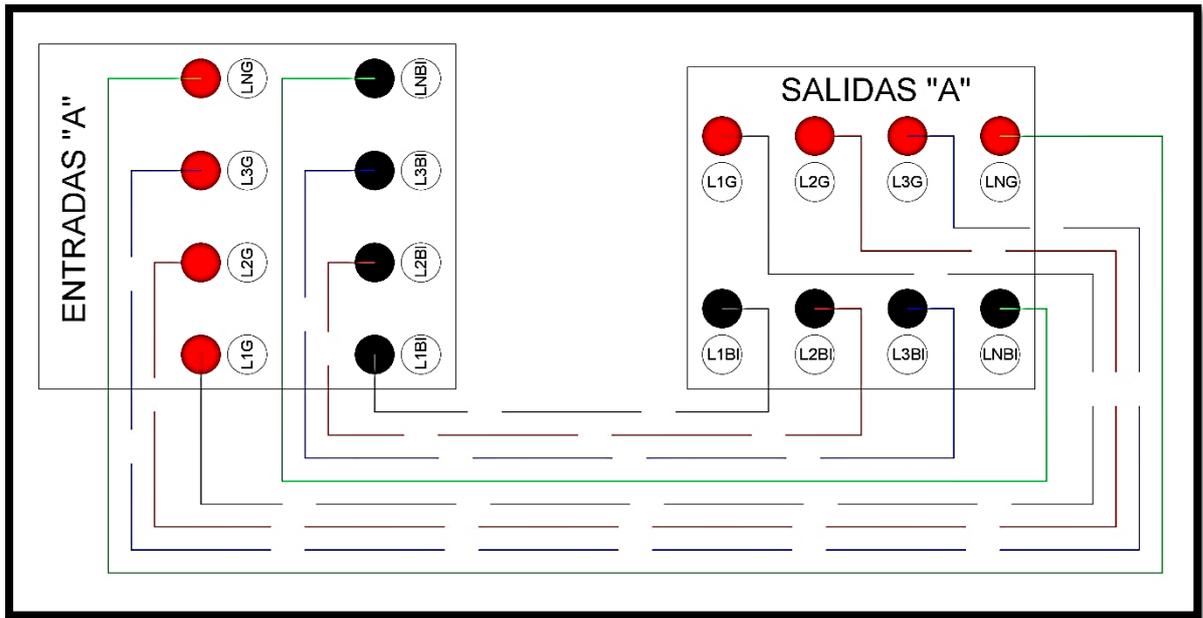


Figura 3.2. Bornes de Conexión "A".

Fuente: Autores

De igual manera en la **Figura 3.3** se muestra los bornes de conexión nombrados "SALIDAS Y ENTRADAS B", los cuales deberán ser conectados con la ayuda de conductores AWG #12 con terminales Jack Banana.

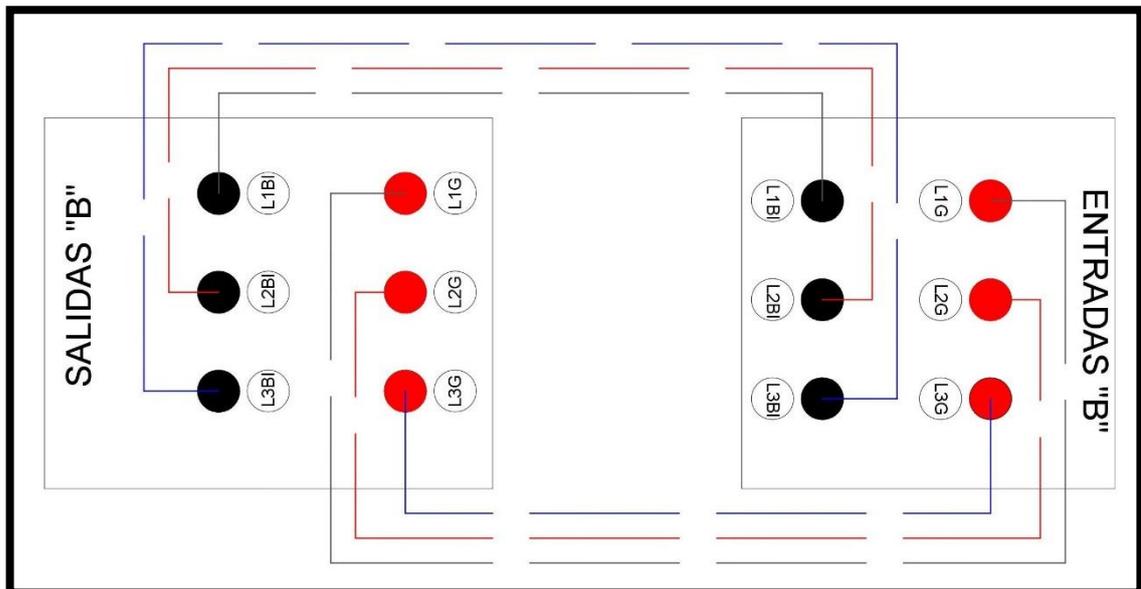


Figura 3.3. Bornes de Conexión "B".

Fuente: Autores

En la **Tabla 2** indicamos la forma correcta en la que se debe realizar las conexiones:

Tabla 2. Bornes de conexión "SALIDAS y ENTRADAS B".

GENERADOR				
SALIDAS "B"		CONEXIÓN CON:	ENTRADAS "B"	
	L1G: línea fase del Generador síncrono.	→		L1G: línea fase del Generador síncrono.
	L2G: línea fase del Generador síncrono.	→		L2G: línea fase del Generador síncrono.
	L3G: línea fase del Generador síncrono.	→		L3G: línea fase del Generador síncrono.
BARRA INFINITA				
SALIDAS "B"		CONEXIÓN CON:	ENTRADAS "B"	
	L1BI: línea fase de la Barra Infinita.	→		L1BI: línea fase de la Barra Infinita.
	L2BI: línea fase de la Barra Infinita.	→		L2BI: línea fase de la Barra Infinita.
	L3BI: línea fase de la Barra Infinita.	→		L3BI: línea fase de la Barra Infinita.

3.2. Conexión de la parte frontal

A continuación para conectar la parte frontal se procederá a:

3.2.1. Conectar la excitación del campo

Conectar la excitación de campo al generador síncrono, con la ayuda de conductor AWG #12 con terminales Jack Banana, realizar la conexión como se puede observar en la siguiente **Figura 3.4** por las líneas de color entrecortadas.

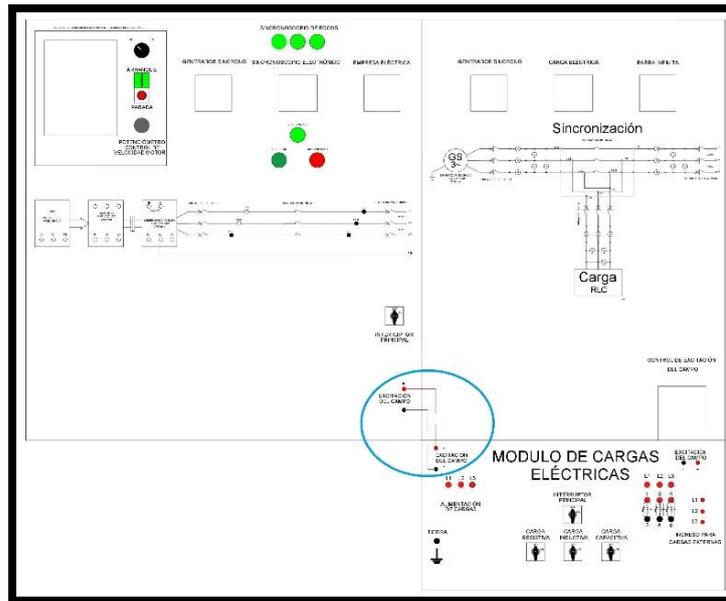


Figura 3.4. Conexión de la Excitación de Campo.

Fuente: Autores

3.2.2. Alimentación de cargas eléctricas

De igual forma se alimentan las cargas eléctricas, ya sea desde el Generador como se observa en la **Figura 3.5** o desde la Barra Infinita como nos indica la **Figura 3.6**, según convenga al usuario y la práctica a realizarse.

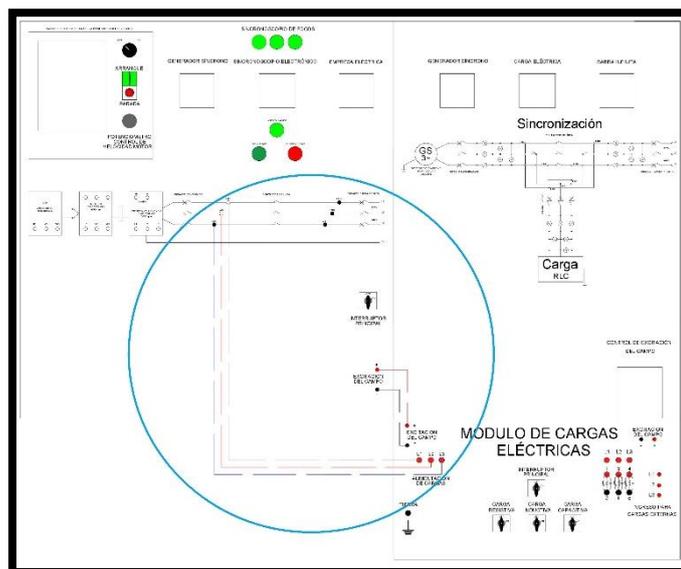


Figura 3.5. Alimentación de Cargas Eléctricas desde el Generador.

Fuente: Autores.

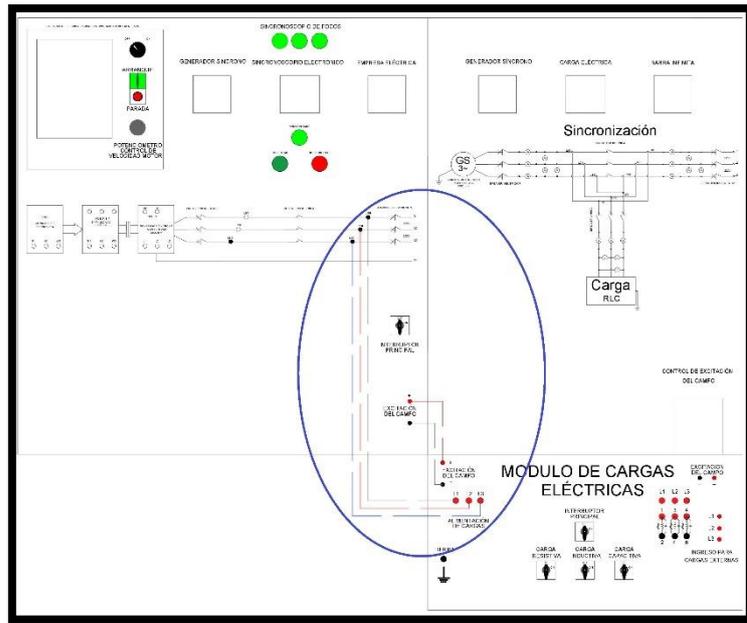


Figura 3.6. Alimentación de Cargas Eléctricas desde la Barra Infinita.

Fuente: Autores.

3.2.3. Conexión de cargas eléctricas

Las cargas eléctricas se pueden conectar en estrella (Y) ver **Figura 3.7** o delta (Δ) **Figura 3.8**, según disponga la practica a ser realizada.

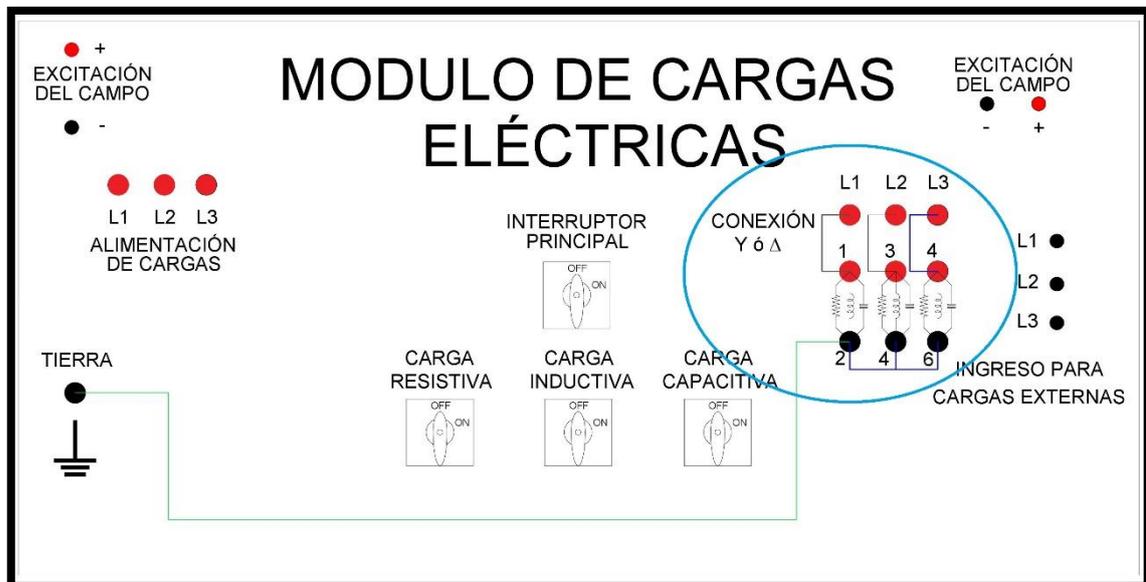


Figura 3.7. Conexión en estrella.

Fuente: Autores.

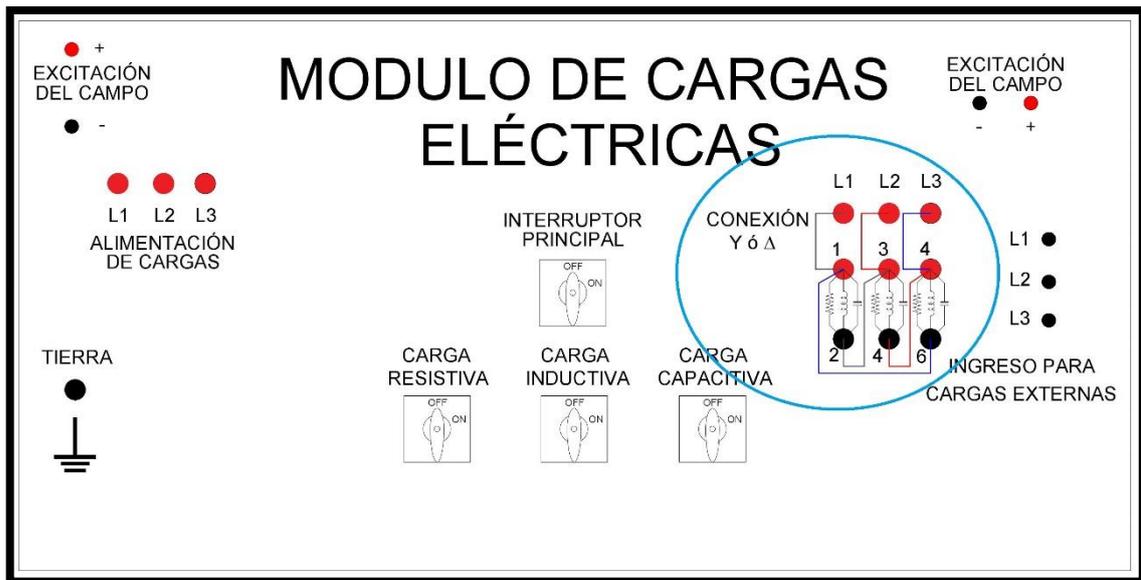


Figura 3.8. Conexión en delta.

Fuente: Autores.

4. CONEXIÓN A TIERRA

Los módulos anteriormente mencionados deberán ser conectados a tierra, como se muestra en la **Figura 4.1** esto permitirá operar de manera segura y reducirá el peligro que pueda suceder durante la realización de las prácticas en el laboratorio.

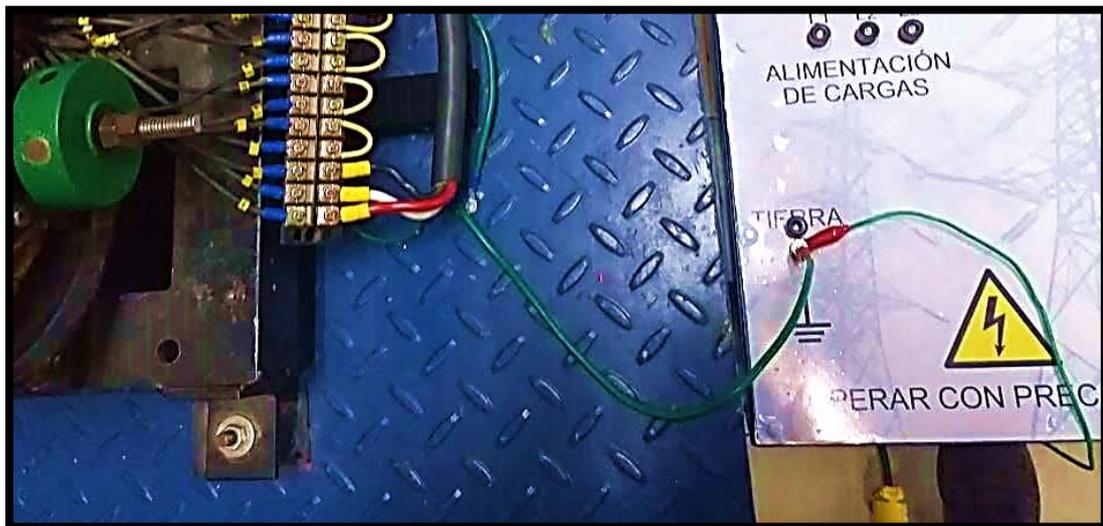


Figura 4.1. Conexión a Tierra.

Fuente: Autores.

A continuación se indica en la **Figura 4.2** donde se debe realizar un buen aterrizaje a tierra.



Figura 4.2. Aterrizaje a Tierra.

Fuente: Autores

5. ALIMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS

El módulo de la **Figura 2.1**, que posee un enchufe de alimentación trifásico de tipo LEG IP44 3P +T 16A 220V, el cual se observa en la **Figura 5.1** mismo que dota de energía eléctrica para su funcionamiento.



Figura 5.1. Enchufe de Alimentación Tipo LEG.

Fuente: Autores.

6. PUESTA EN MARCHA

El estudiante antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- ✓ Las conexiones tanto en la parte frontal y trasera de ambos módulos.
- ✓ Conexión a tierra.

- ✓ Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- ✓ Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- ✓ Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- ✓ Potenciómetro del variador de frecuencia en mínima posición.

Una vez confirmadas estas condiciones, el estudiante podrá manipular los interruptores principales a posición ON.

- ✓ Confirmar que las 5 pantallas de los Medidores Digitales se encuentren encendidas y mostrando datos.
- ✓ Operar el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia a posición ON.
- ✓ Verificar que en la pantalla del variador se encuentre la palabra RDY (Ready).
- ✓ **Continuar en orden la operación del Banco de Pruebas dependiendo de la práctica de laboratorio elegida.**

7. FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ Presionar el botón desconectar, para liberar del sincronismo al generador.
- ✓ Presionar el botón PARADA del variador de frecuencia, esperar que se detenga el grupo Motor – Generador.
- ✓ Operar a posición OFF el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia.
- ✓ Manipular el potenciómetro del variador a mínima posición.
- ✓ Manipular el potenciómetro de la fuente de excitación DC a mínima posición y presionar el botón OFF.
- ✓ Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:	
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°:	1
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:					

TEMA DE LA PRÁCTICA:

IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS QUE COMPONEN E INTERVIENEN EN EL MÓDULO DE TRANSFERENCIA DE CARGA.

INTRODUCCIÓN:

En esta práctica se realizará la identificación y ubicación de los equipos y elementos que conforman los Módulos de “TRANSFERENCIA DE CARGA” y “MOTOR -GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW”, para que los estudiantes puedan facilitar su conexión y puesta en marcha.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Identificar los equipos y elementos que constituyen los módulos de trabajo, mediante la visualización y reconocimiento, para la correcta manipulación y operación de los mismos.

ESPECÍFICOS

- Identificar los equipos y elementos implementados en los dos módulos.
- Reconocer los bornes de conexión tanto de la parte posterior y frontal.
- Visualizar el punto en común para la conexión a tierra para los dos módulos.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

- Fuente de control de excitación.
- Medidores Digitales LOVATO y teclas de navegación.
- Bornes de conexión ENTRAS y SALIDAS.
- Bornes de conexión Y o Δ para las cargas.
- Interruptores de las cargas RLC.
- Generador Síncrono.
- VFD.
- Interruptor de dos posiciones del VFD.
- Pulsadores de arranque y parada del VFD.
- Potenciómetro del VFD.
- Medidores Digitales REVALCO y teclas de navegación.
- Sincronoscopio de focos y electrónico.
- Pulsadores de conectar y desconectar.
- Luz piloto.

ADVERTENCIAS:

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento de ejecutar la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS Y EQUIPOS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO DE TRANSFERENCIA DE CARGA.

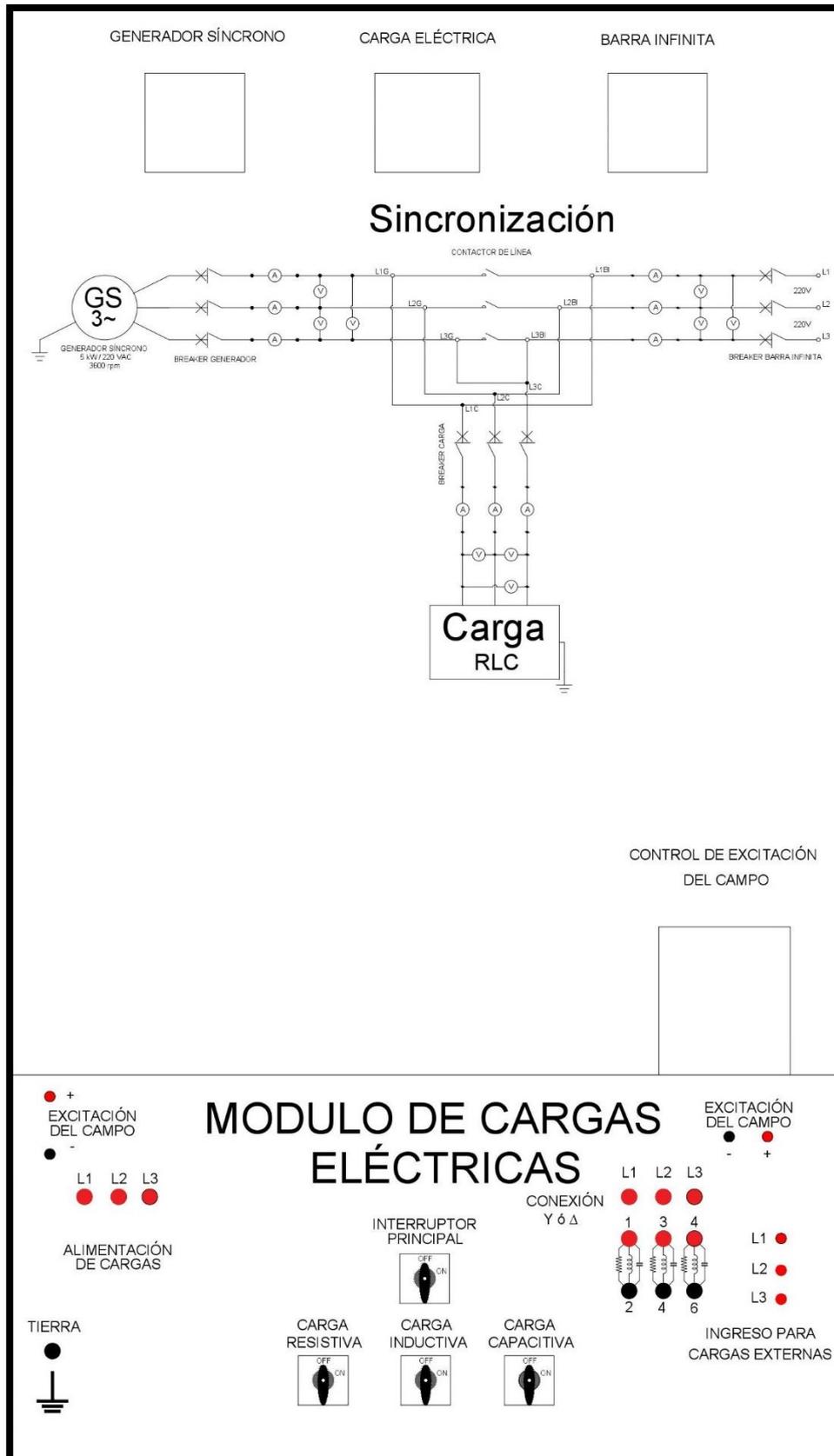


Fig. 1 Prototipo de Transferencia de Carga.

Conforme a la Fig.1 identificar:

- MEDIDORES DIGITALES.
- CONTROL DE EXCITACIÓN DEL CAMPO.

En el módulo de CARGAS ELÉCTRICAS visualizar:

- BORNES DE EXCITACIÓN DEL CAMPO.
- BORNES PARA ALIMENTACIÓN DE CARGAS.
- BORNES PARA CONEXIÓN Y O Δ
- TIERRA.
- INGRESO PARA CARGAS EXTERNAS.
- INTERRUPTOR PRINCIPAL.
- INTERRUPTOR DE CARGA RESISTIVA, INDUCTIVA Y CAPACITIVA.

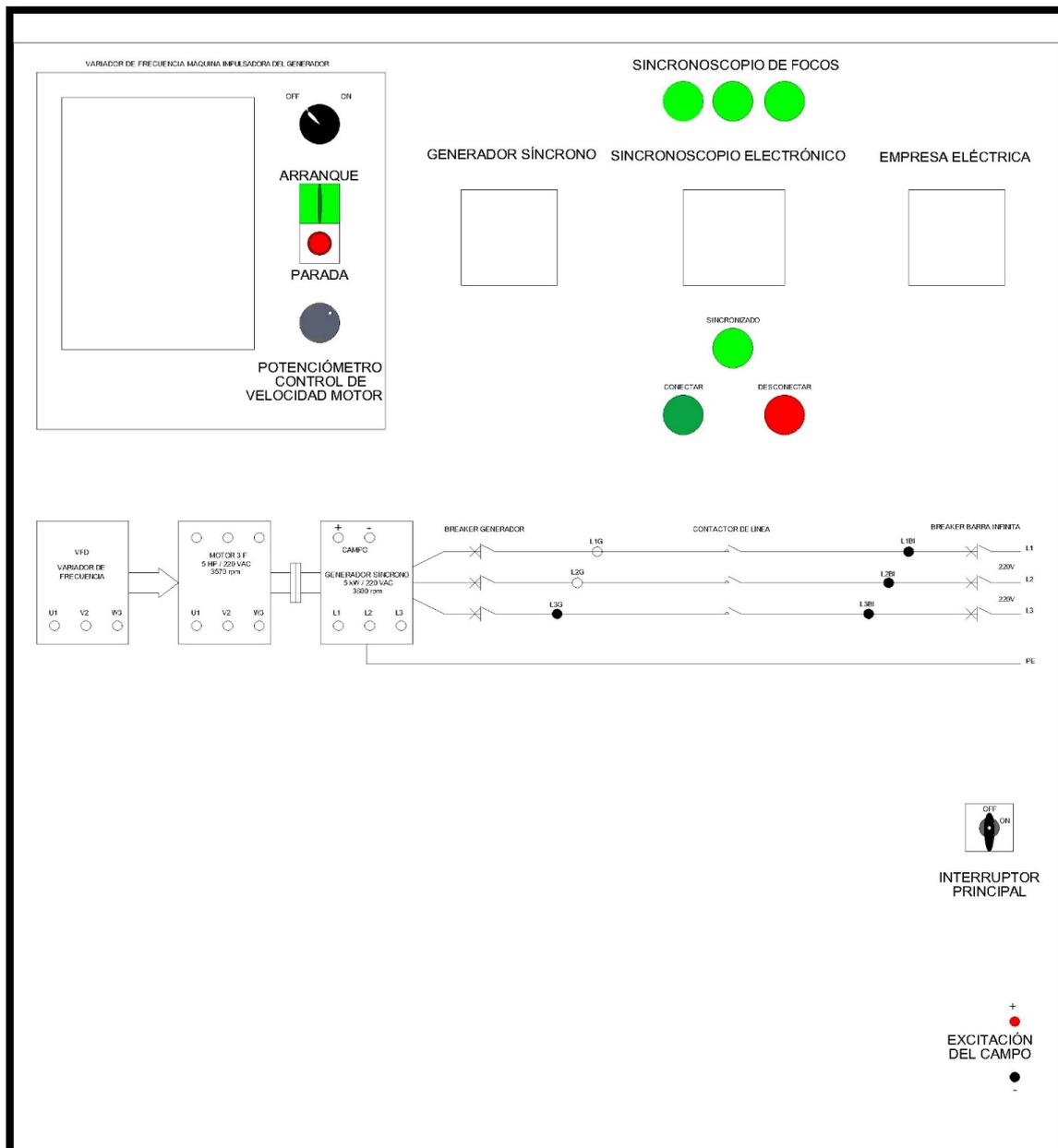


Fig.2. Módulo “Motor -Generador AC/AC trifásico de 5kW”

MODULO "MOTOR -GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5KW"

Conforme a la Fig.2 visualizar e identificar los principales equipos:

- MOTOR-GENERADOR
- VARIADOR DE FRECUENCIA
- POTENCIOMETRO CONTROL DE VELOCIDAD MOTOR
- PULSADORES DE ARRANQUE Y PARADA
- SINCRONOSCOPIO ELECTRONICO Y DE FOCOS
- MULTIMETROS REVALCO
- PULSADORES DE CONECTAR Y DESCONECTAR
- BORNES DE CONEXIÓN DEL GENERADOR Y BARRA INFINITA.
- INTERRUPTOR PRINCIPAL
- BORNES DE EXITACION DE CAMPO

BORNERAS DE CONEXIÓN DE LA PARTE POSTERIOR DE LOS MÓDULOS.

Acorde a las Fig. 3 realicé lo siguiente:

- IDENTIFICAR LAS BORNERAS POSTERIOR DE LOS DOS MÓDULOS.
- REALIZAR LAS CONEXIONES CONFORME A LA Fig. 3.

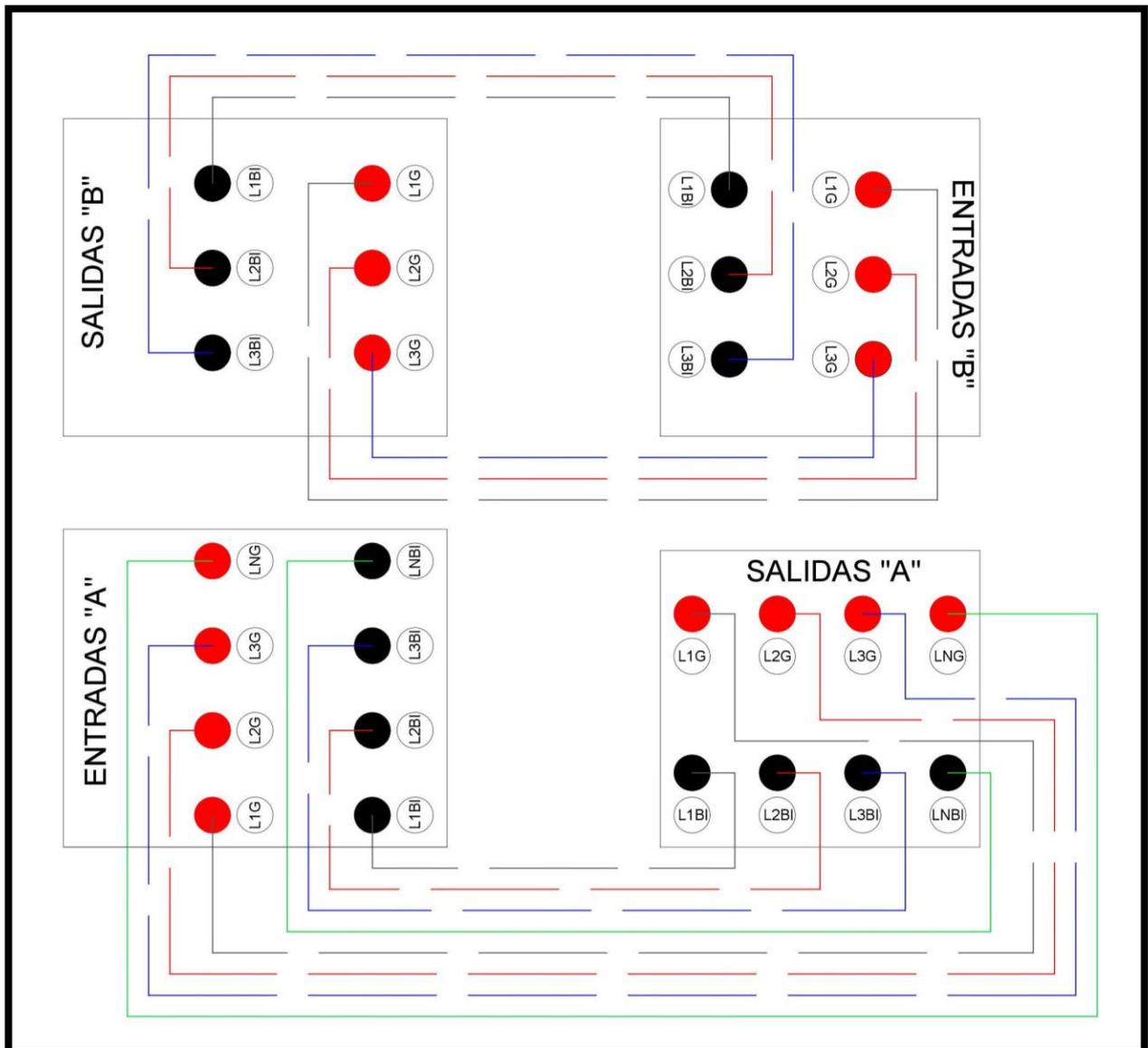


Fig. 3 Conexión de la parte trasera de los dos módulos.



RESULTADOS OBTENIDOS:

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

-Objetivo General

-Objetivos Específicos

Marco Teórico.

Resultados. (para la ayuda de los resultados conteste las siguientes preguntas)

- ¿Explique porque es importante la conexión a tierra en los módulos?
- ¿Qué parámetros eléctricos se visualiza en los medidores digitales?
- ¿Explique qué conexión tiene las cargas eléctricas?
- ¿Qué función cumple el variador de frecuencia?

Conclusiones

Recomendaciones.

Bibliografía.



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:	
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°:	2
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:					

TEMA DE LA PRÁCTICA:

CALCULO DE IMPEDANCIA, CORRIENTE Y POTENCIA DE LAS CARGAS ELECTRICAS EN CONEXIÓN ESTRELLA Y DELTA POR EL METODO DE MALLAS.

INTRODUCCIÓN:

En esta práctica se realizará el cálculo de parámetros eléctricos de cada una de las cargas en conexión estrella y delta, para que los estudiantes puedan facilitar su comprensión al momento de realizar la transferencia.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Determinar las corrientes de línea y fase, impedancias y potencias de las cargas eléctricas en conexión estrella y triángulo por el método de mallas.

ESPECÍFICOS

- Investigar el estado del arte en sistemas trifásicos equilibrados.
- Realizar la conexión estrella o delta de las cargas eléctricas implementado en el módulo.
- Hallar los valores pedidos por el método de mallas en secuencia ABC.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

MÓDULO DE TRANSFERENCIA DE CARGA:

- Medidores Digitales LOVATO y teclas de navegación.
- Bornes de conexión ENTRAS y SALIDAS.
- Bornes de conexión Y o Δ para las cargas.
- Interruptores de las cargas RLC.
- Alimentación de cargas eléctricas desde la Barra Infinita.

MULTÍMETRO

PINZA AMPERIMÉTRICA

ADVERTENCIAS:

¡En esta práctica se trabajará con 220 V! ¡Las conexiones se deberán hacer apagados los módulos!

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento de ejecutar la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS “MOTOR - GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW” Y “TRANSFERENCIA DE CARGA”.

- Conectar los bornes tanto en la parte posterior y frontal como se indica en la Fig. 1 y 3, donde las líneas entre cortadas son las conexiones que se debe realizar.
- Conectar a tierra los módulos.

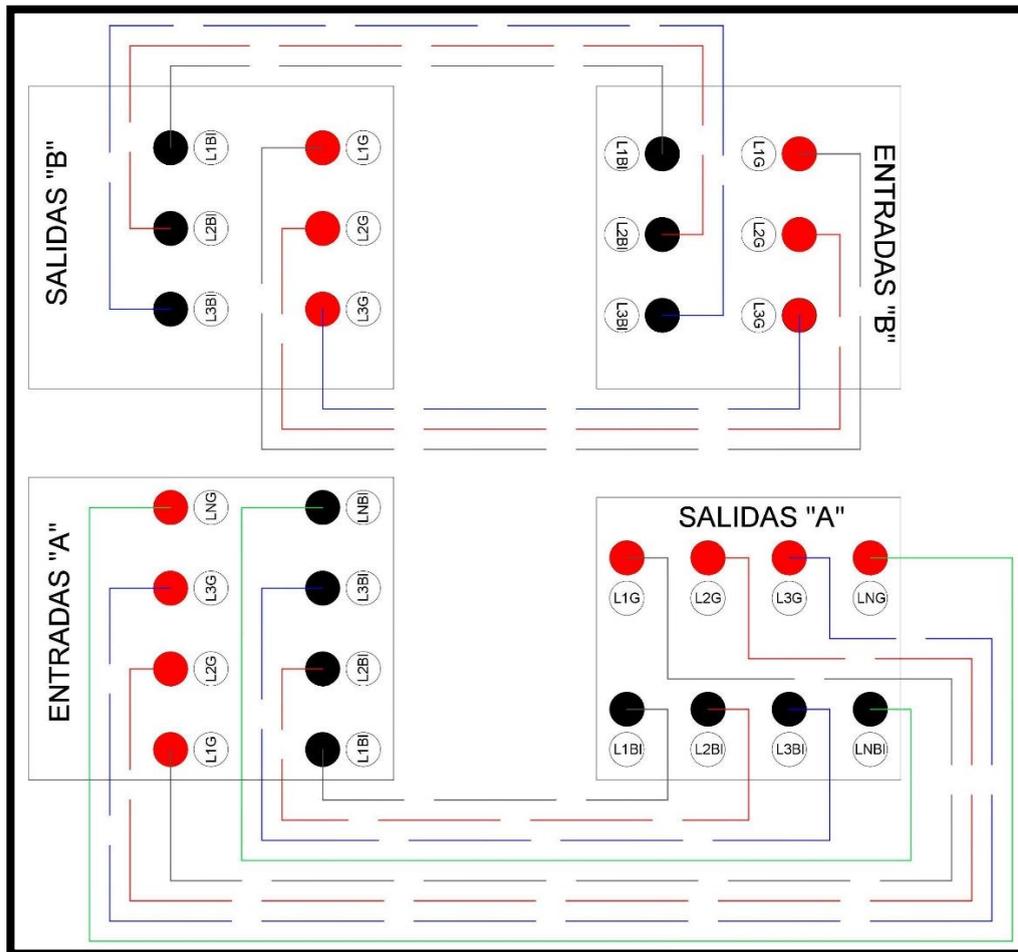


Fig. 1 Conexión de la parte trasera de los dos módulos.

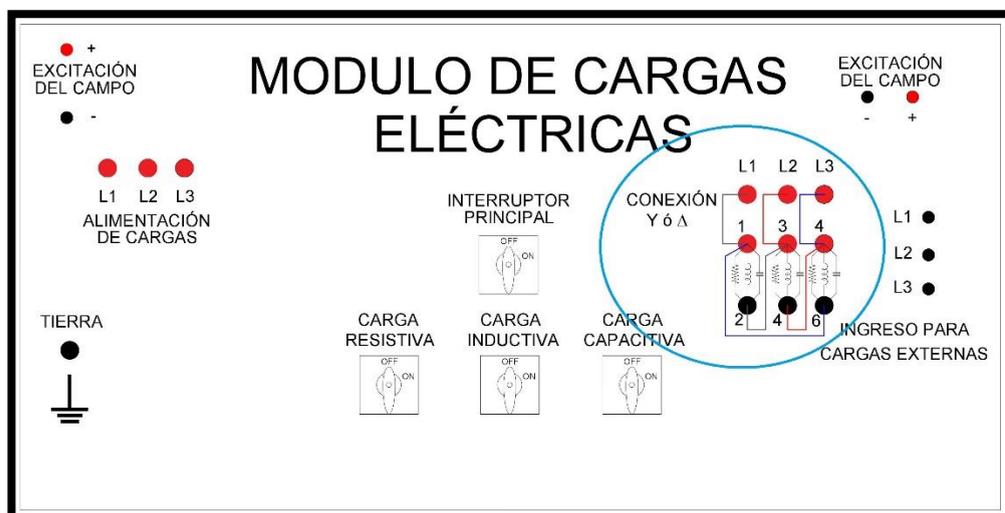


Fig. 2 Conexión delta de las cargas eléctricas.

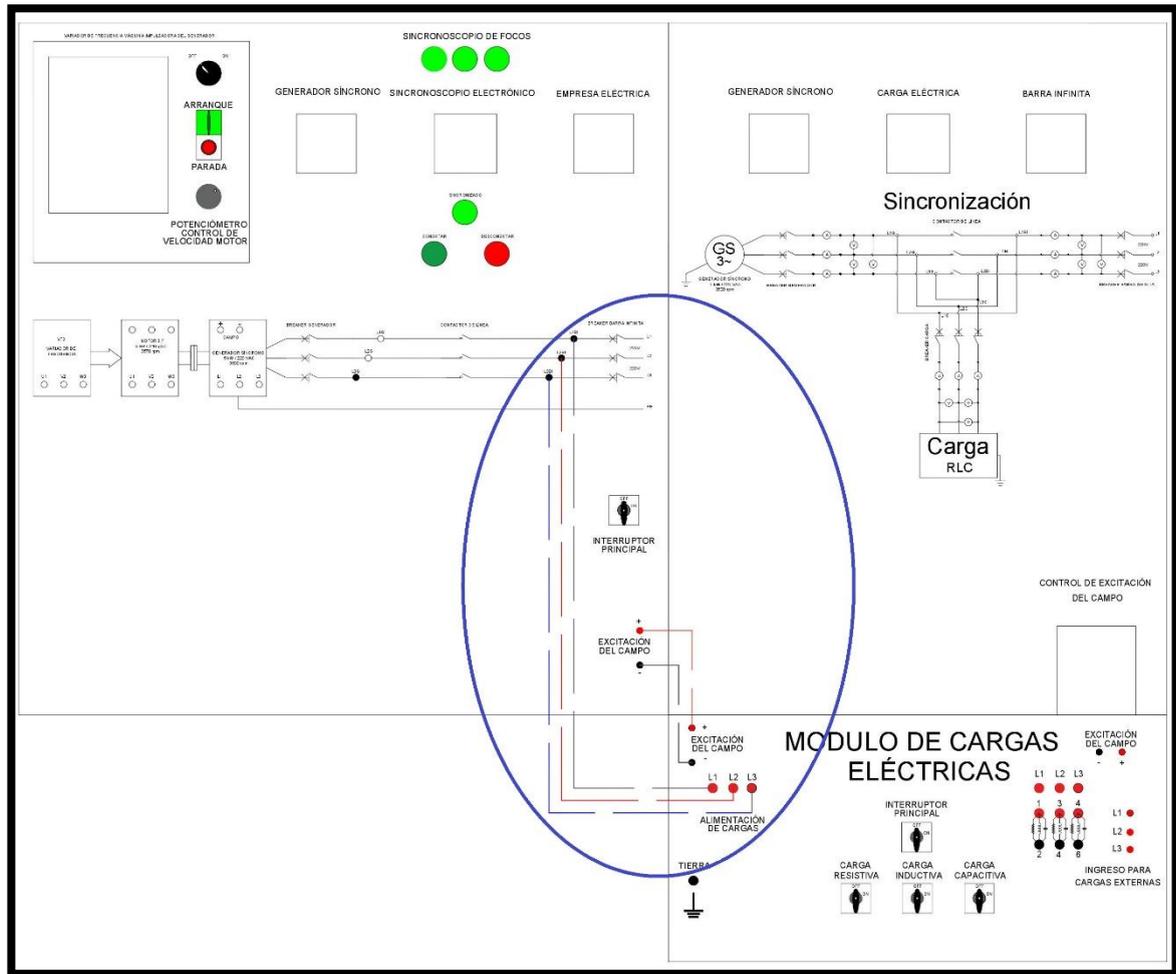


Fig. 3 Conexión de la parte frontal de los dos módulos.

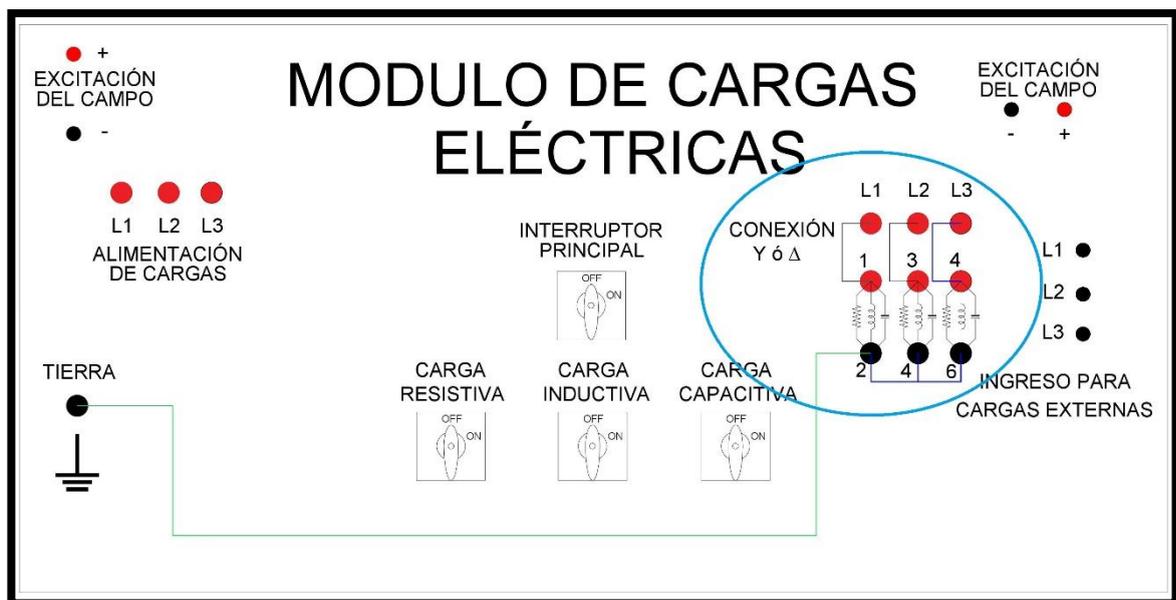


Fig. 4 Conexión estrella de las cargas eléctricas.

- La conexión en delta o estrella se realizara como se indica en la figura 2 y 4. Según convenga para la ejecución de la práctica.

ENCENDIDO DE LOS MÓDULOS.

Antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- ✓ Las conexiones tanto en la parte frontal y posterior de los dos módulos.
- ✓ Conexión a tierra.
- ✓ Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- ✓ Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- ✓ Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- ✓ Potenciometro del variador de frecuencia en mínima posición.
- ✓ Verificar la alimentación de energía eléctrica de los módulos de trabajo.

Una vez confirmadas estas condiciones, manipular los INTERRUPTORES PRINCIPALES a posición ON.

REGISTRO DE DATOS.

ESCENARIO 1. CARGAS ELÉCTRICAS EN CONEXIÓN DELTA, ALIMENTADAS DESDE LA BARRA INFINITA.

- Conectar las cargas eléctricas en delta como se indica en la figura 2.

RESISTENCIA

- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Con las teclas de navegación de los multímetros digitales LOVATO, en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
CORRIENTE DE LINEA (IL) [A]				

Tabla 1.

- Con el MULTÍMETRO o PINZA AMPERIMETRICA, en la Tabla 2 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
CORRIENTE DE FASE (IF) [A]				

Tabla 2.

- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA a posición OFF desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.

INDUCTANCIA

- Accionar el interruptor de la CARGA INDUCTIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Con las teclas de navegación de los multímetros digitales LOVATO, en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
CORRIENTE DE LINEA (IL) [A]				

Tabla 1.

- Con el MULTÍMETRO o PINZA AMPERIMETRICA, en la Tabla 2 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
CORRIENTE DE FASE (IF) [A]				

Tabla 2.

- Accionar el interruptor de la CARGA INDUCTIVA a posición OFF desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.

CAPACITANCIA

- Accionar el interruptor de la CARGA CAPACITIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Con las teclas de navegación de los multímetros digitales LOVATO, en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
CORRIENTE DE LINEA (IL) [A]				

Tabla 1.

- Con el MULTÍMETRO o PINZA AMPERIMETRICA, en la Tabla 2 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
CORRIENTE DE FASE (IF) [A]				

Tabla 2.

- Accionar el interruptor de la CARGA CAPCITIVA a posición OFF desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.

ESCENARIO 2. CARGAS ELÉCTRICAS EN CONEXIÓN ESTRELLA, ALIMENTADAS DESDE LA BARRA INFINITA.

- Conectar las cargas eléctricas en estrella como se indica en la figura 2.

RESISTENCIA

- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Con las teclas de navegación de los multímetros digitales LOVATO, en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
CORRIENTE DE LINEA (IL) [A]				

Tabla 1.

- Con el MULTÍMETRO o PINZA AMPERIMETRICA, en la Tabla 2 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
CORRIENTE DE FASE (IF) [A]				

Tabla 2.

- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA a posición OFF desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.

INDUCTANCIA

- Accionar el interruptor de la CARGA INDUCTIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Con las teclas de navegación de los multímetros digitales LOVATO, en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
CORRIENTE DE LINEA (IL) [A]				

Tabla 1.

- Con el MULTÍMETRO o PINZA AMPERIMETRICA, en la Tabla 2 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
CORRIENTE DE FASE (IF) [A]				

Tabla 2.

- Accionar el interruptor de la CARGA INDUCTIVA a posición OFF desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.

CAPACITANCIA

- Accionar el interruptor de la CARGA CAPACITIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Con las teclas de navegación de los multímetros digitales LOVATO, en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
VOLTAJE DE LINEA A LÍNEA (VL) [V]				
CORRIENTE DE LINEA (IL) [A]				

Tabla 1.

- Con el MULTÍMETRO o PINZA AMPERIMETRICA, en la Tabla 2 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL
CORRIENTE DE FASE (IF) [A]				

Tabla 2.

- Accionar el interruptor de la CARGA CAPCITIVA a posición OFF desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.

FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

-Objetivo General

-Objetivos Específicos

Marco Teórico.

Resultados. (para la ayuda de los resultados registrados demuestre lo siguiente)

En secuencia ABC y con las diferentes conexiones y cargas alimentadas a 220V

- Determine las intensidades de corriente de línea y de fase
- Represente el diagrama fasorial de las tensiones y las intensidades.
- ¿Explique qué sucede cuando las cargas tienen conexión delta o estrella?

Conclusiones

Recomendaciones.

Bibliografía.



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:	
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°:	3
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:					
TEMA DE LA PRÁCTICA:	GENERADOR CON CARGA RESISTIVA, INDUCTIVA Y CAPACITIVA CON CONEXIÓN ESTRELLA AISLADO DE LA BARRA INFINITA.				

INTRODUCCIÓN:

En esta práctica se conectará cargas eléctricas de tipo resistivo, inductivo y capacitivo con conexión estrella al Generador Síncrono aislado de la Barra Infinita, la misma que está enfocada en la recolección de datos de diversos parámetros eléctricos en diferentes condiciones de operación. Con el fin de entender el comportamiento del generador y reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Para lo cual se debe tener en cuenta los equipos de protección personal, las advertencias que se detallan en los módulos y el uso correcto de los equipos.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Analizar el comportamiento del generador síncrono frente a una carga resistiva, inductiva y capacitiva con conexión estrella, mediante la utilización de un prototipo, para reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

ESPECÍFICOS

- Conectar cargas eléctricas con conexión estrella (resistiva, inductiva y capacitiva) al generador síncrono.
- Recolectar datos frente a los diferentes casos.
- Analizar los datos obtenidos para el desarrollo de un informe de la práctica.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

- Modulo "MOTOR - GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW".
- Modulo "TRANSFERENCIA DE CARGA".
- Módulo de cargas eléctricas.
- 25 conductores para conexión AWG # 12 con Jack bananas.
- Equipos de protección personal (EPP).

PREPARATORIO:

Realizar la investigación con respecto a las siguientes preguntas: ¿Qué es un Generador Síncrono?, ¿Cuál es la forma de excitar al Generador Síncrono? ¿Qué función cumple la excitación del Generador Síncrono?, ¿Qué es Barra Infinita?, ¿Qué tipos de cargas eléctricas trifásicas existen?

ADVERTENCIAS:

¡En esta práctica se trabajará con 220 V! ¡Las conexiones se deberán hacer apagados los módulos!

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento de ejecutar la práctica.
- Verificar el funcionamiento de todos los equipos antes de poner en marcha la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.
- Conectar a tierra los módulos de trabajo.
- Realizar buenas conexiones entre los bornes.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS “MOTOR - GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW” Y “TRANSFERENCIA DE CARGA”.

- Conectar los bornes tanto en la parte posterior y frontal como se indica en la Fig. 1 y Fig.2, donde las líneas entre cortadas son las conexiones que se debe realizar.
- Conectar a tierra los módulos.

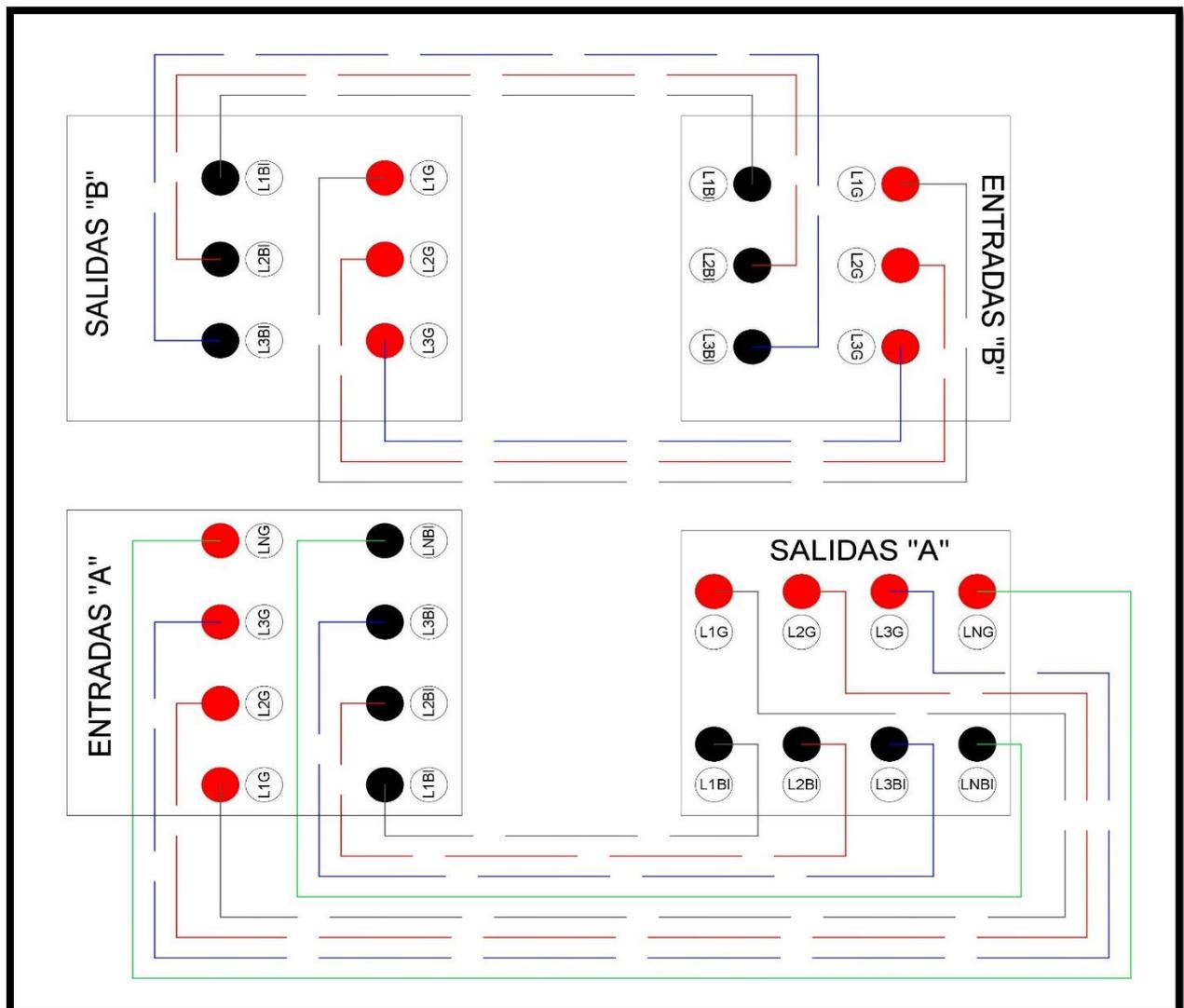


Fig. 1 Conexión de la parte posterior.

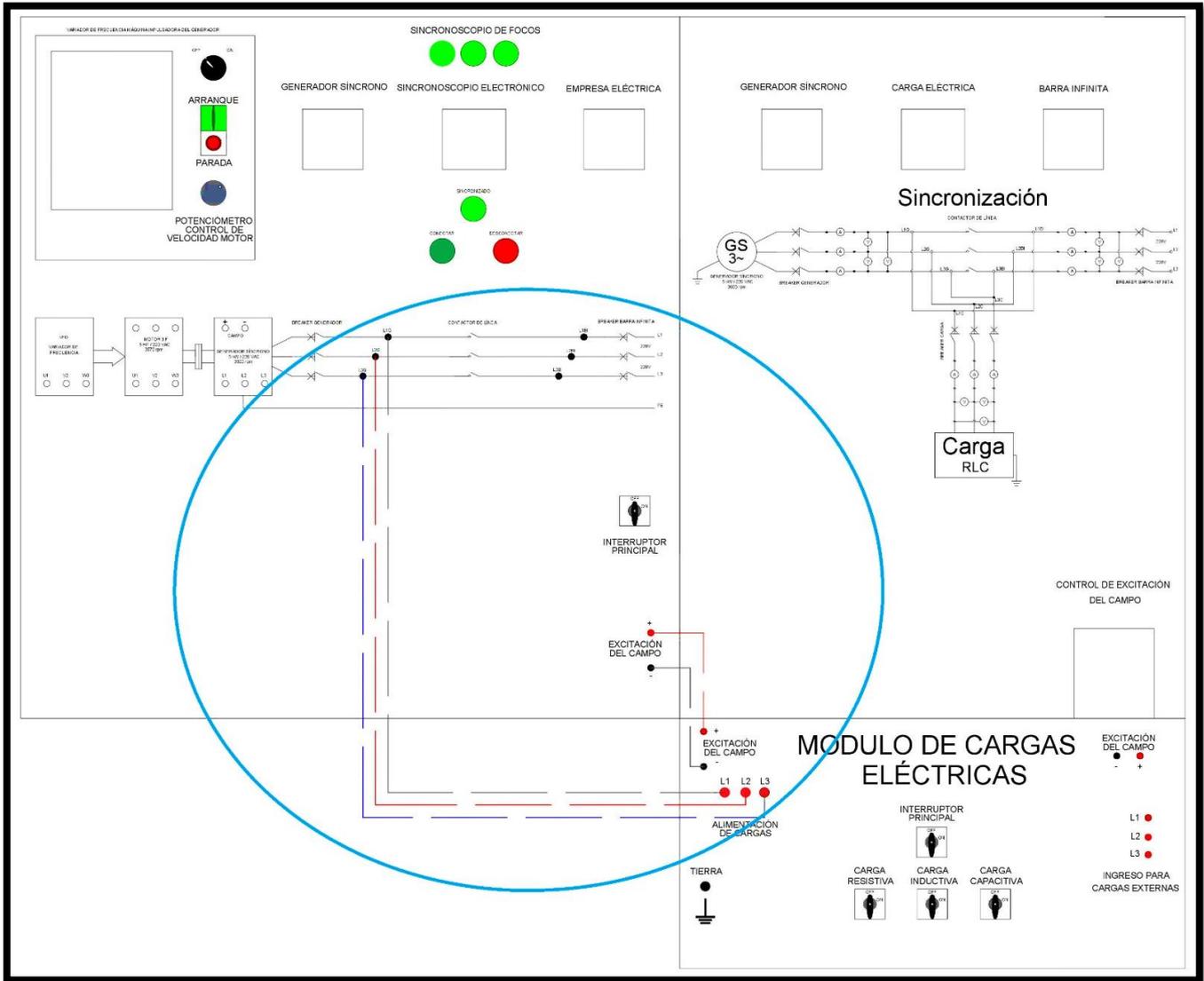


Fig. 2 Conexión de la parte frontal.

CONEXIÓN DE LAS CARGAS.

- Conectar las borneras de acuerdo a la configuración para la prueba como se ilustra en la Fig.3 conexión en ESTRELLA.

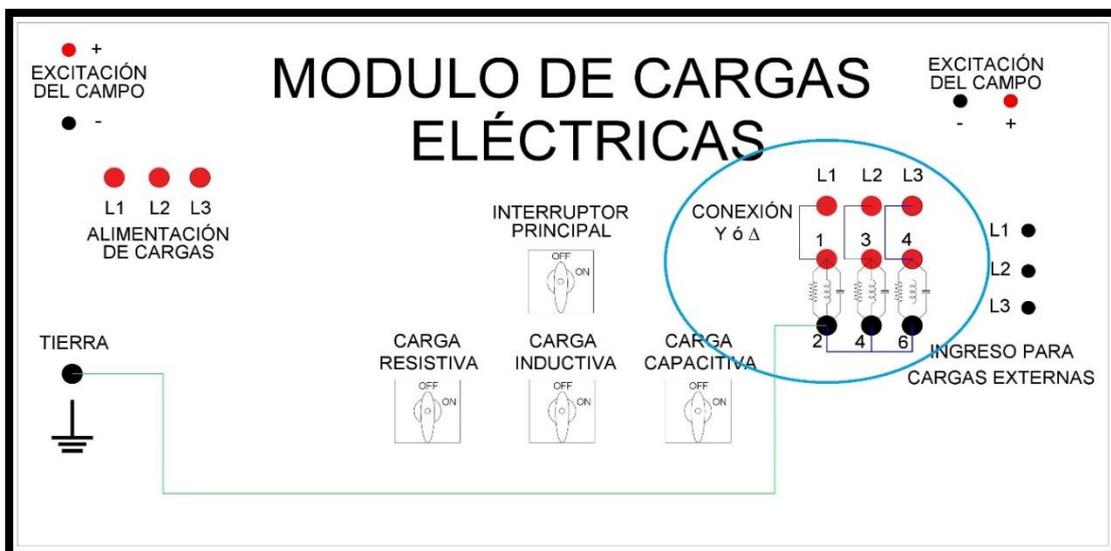


Fig. 3 Conexión estrella de las cargas eléctricas.

ENCENDIDO DE LOS MÓDULOS.

Antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- ✓ Las conexiones tanto en la parte frontal y posterior de los dos módulos.
- ✓ Conexión a tierra.
- ✓ Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- ✓ Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- ✓ Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- ✓ Potenciómetro del variador de frecuencia en mínima posición.
- ✓ Verificar la alimentación de energía eléctrica de los módulos de trabajo.

Una vez confirmadas estas condiciones, manipular los INTERRUPTORES PRINCIPALES a posición ON.

ARRANQUE DEL GENERADOR CON CARGA RESISTIVA.

Mediante la Fig. 3 reconocer el variador de frecuencia (VFD) y:

- Maniobrar el INTERRUPTOR de dos posiciones del VFD a posición ON
- Presionar el pulsador de ARRANQUE del VFD.



Fig. 3 Variador de frecuencia.

REGISTRO DE DATOS.

ESCENARIO 1. CARGA ELÉCTRICA RESISTIVA ALIMENTADA POR EL GENERADOR Y AISLADO DE LA BARRA INFINITA.

- Encender la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y fijar un voltaje de **21.8V/DC**.
- Maniobrar el POTENCIÓMETRO DEL VDF hasta llegar a una FRECUENCIA de **60Hz**.
- Registre el valor de la CORRIENTE DE EXCITACIÓN ____ A.
- En la Tabla 1 registre el voltaje y frecuencia de cada línea arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]												
FRECUENCIA [Hz]												

Tabla 1.



- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA a posición ON.
- En la Tabla 2 registre el voltaje y frecuencia de cada línea arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]								
FRECUENCIA [Hz]								

Tabla 2.

- Fijar un voltaje de **24 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO.
- Escriba el valor de la CORRIENTE DE EXCITACIÓN ____A.
- En la Tabla 3 registre los siguientes parámetros eléctricos arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]								
CORRIENTE [A]								
POTENCIA ACTIVA [W]								
POTENCIA REACTIVA [VAR]								
POTENCIA APARENTE [VA]								
FACTOR DE POTENCIA [FP]								

Tabla 3.

- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA a posición OFF.

ESCENARIO 2. CARGA ELÉCTRICA INDUCTIVA ALIMENTADA POR EL GENERADOR Y AISLADO DE LA BARRA INFINITA.

- Fijar un voltaje de **21.8 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO.
- Registre el valor de la CORRIENTE DE EXCITACIÓN ____A.
- En la Tabla 4 registre el voltaje y frecuencia de cada línea arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]												
FRECUENCIA [Hz]												

Tabla 4.



- Accionar el interruptor de la CARGA INDUCTIVA a posición ON.
- En la Tabla 5 registre el voltaje y frecuencia de cada línea arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]								
FRECUENCIA [Hz]								

Tabla 5.

- Fijar un voltaje de **30.1 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO.
- Escriba el valor de la CORRIENTE DE EXCITACIÓN ____A.
- En la Tabla 6 registre los siguientes parámetros eléctricos arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]								
CORRIENTE [A]								
POTENCIA ACTIVA [W]								
POTENCIA REACTIVA [VAR]								
POTENCIA APARENTE [VA]								
FACTOR DE POTENCIA [FP]								

Tabla 6.

- Accionar el interruptor de la CARGA INDUCTIVA a posición OFF.

ESCENARIO 3. CARGA ELÉCTRICA CAPACITIVA ALIMENTADA POR EL GENERADOR Y AISLADO DE LA BARRA INFINITA.

- Fijar un voltaje de **21.8 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO.
- Registre el valor de la CORRIENTE DE EXCITACIÓN ____A.
- En la Tabla 7 registre el voltaje y frecuencia de cada línea arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]												
FRECUENCIA [Hz]												

Tabla 7.



- Accionar el interruptor de la CARGA CAPACITIVA a posición ON.
- En la Tabla 8 registre el voltaje y frecuencia de cada línea arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELÉCTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]								
FRECUENCIA [Hz]								

Tabla 8.

- Fijar un voltaje de **16.9 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO.
- Escriba el valor de la CORRIENTE DE EXCITACIÓN _____A.
- En la Tabla 9 registre los siguientes parámetros eléctricos arrojados por el Multímetro Digital LOVATO.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
VOLTAJE LÍNEA A LÍNEA [V]								
CORRIENTE [A]								
POTENCIA ACTIVA [W]								
POTENCIA REACTIVA [VAR]								
POTENCIA APARENTE [VA]								
FACTOR DE POTENCIA [FP]								

Tabla 9.

- Accionar el interruptor de la CARGA CAPACITIVA a posición OFF.

FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- Presionar el botón PARADA del variador de frecuencia, esperar que se detenga el grupo Motor – Generador.
- Operar a posición OFF el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia.
- Manipular el potenciómetro del variador a mínima posición.
- Manipular el potenciómetro de la fuente de excitación DC a mínima posición y presionar el botón OFF.
- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.



ANÁLISIS DE DATOS

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

- Objetivo General
- Objetivos Específicos

Marco Teórico

Análisis de Resultados (para ayuda del análisis conteste las siguientes preguntas).

- ¿Qué sucede con el Voltaje AC cuando el voltaje de excitación es de 28.1V/DC y se acciona diferentes cargas?
- ¿Qué pasa con las potencias activas y reactivas en los diferentes casos?
- ¿Qué sucede con la corriente de excitación en los diferentes escenarios?

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:	
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°:	4
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:					
TEMA DE LA PRÁCTICA:	TRANSFERENCIA DE CARGA RESISTIVA Y CAPACITIVA CON CONEXIÓN EN DELTA ENTRE EL GENERADOR Y LA BARRA INFINITA.				

INTRODUCCIÓN:

Esta práctica se realizará la transferencia entre el Generador con Carga Resistiva y Capacitiva conectado en DELTA a la Barra Infinita, la misma que está enfocada en la recolección de datos de diversos parámetros eléctricos en diferentes condiciones de operación. Con el fin de analizar el comportamiento del sistema en los siguientes escenarios: 1. Generador y Barra Infinita alimentan a la Carga RC. 2. Generador entrega potencia a la Carga y a la Barra Infinita y 3. Generador únicamente aporta a la Barra Infinita, además entender las diferentes condiciones que intervienen en este y reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, para lo cual se debe tener en cuenta los equipos de protección personal y las advertencias que se detallan en los módulos.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Analizar el comportamiento de la combinación de cargas RC conectado en delta, ante la transferencia entre generador y barra infinita, para reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

ESPECÍFICOS

- Realizar la sincronización entre el Generador y la Barra Infinita con combinación de cargas RC con conexión en Delta.
- Recolectar los datos en los diferentes escenarios de la práctica.
- Analizar los datos obtenidos para el desarrollo de un informe.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

- Módulo "MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW"
- Módulo "TRANSFERENCIA DE CARGA"
- 25 conductores para conexión awg # 12 con Jack bananas.
- Módulo de cargas eléctricas.
- Equipos de protección personal (EPP).

PREPARATORIO:

Realizar la investigación con respecto a las siguientes preguntas: ¿Qué funcionalidad cumple un Motor-Generador?, ¿Cuál son las condiciones para poder hacer la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros que se necesita modificar para hacer transferencia de carga entre generadores?, ¿Qué equipos se utilizan para la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros eléctricos de una carga resistiva y capacitiva cuando está conectado en un sistema trifásico?

ADVERTENCIAS:

¡En esta prueba se trabajará a 220V! ¡Las conexiones se debe hacer apagados los módulos!

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento de ejecutar la práctica.
- Verificar el funcionamiento de todos los equipos antes de poner en marcha la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.
- Conectar a tierra del laboratorio los módulos de trabajo.
- Verificar la secuencia de fases entre Barra Infinita y el Generador.
- Realizar buenas conexiones entre los bornes.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

CONEXIONE DE LOS MÓDULOS “MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5KW” Y “TRANSFERENCIA DE CARGA”.

- Conectar los bornes tanto en la parte posterior y frontal como se indica en la Fig. 1 y Fig.2, donde las líneas entre cortadas son las conexiones que se debe realizar.
- Conectar a tierra los módulos.

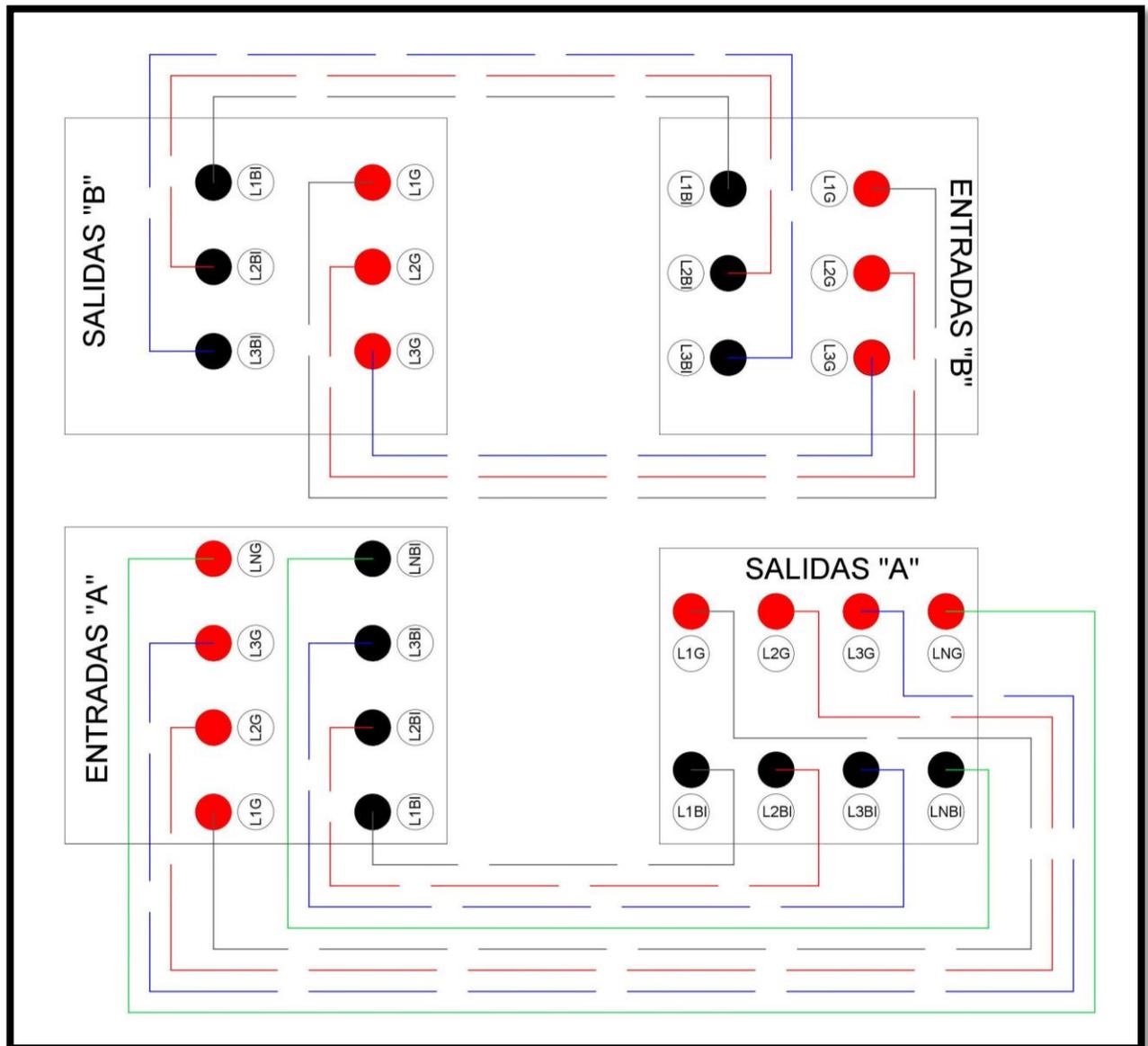


Fig. 1 Conexión de la parte posterior de los dos módulos.

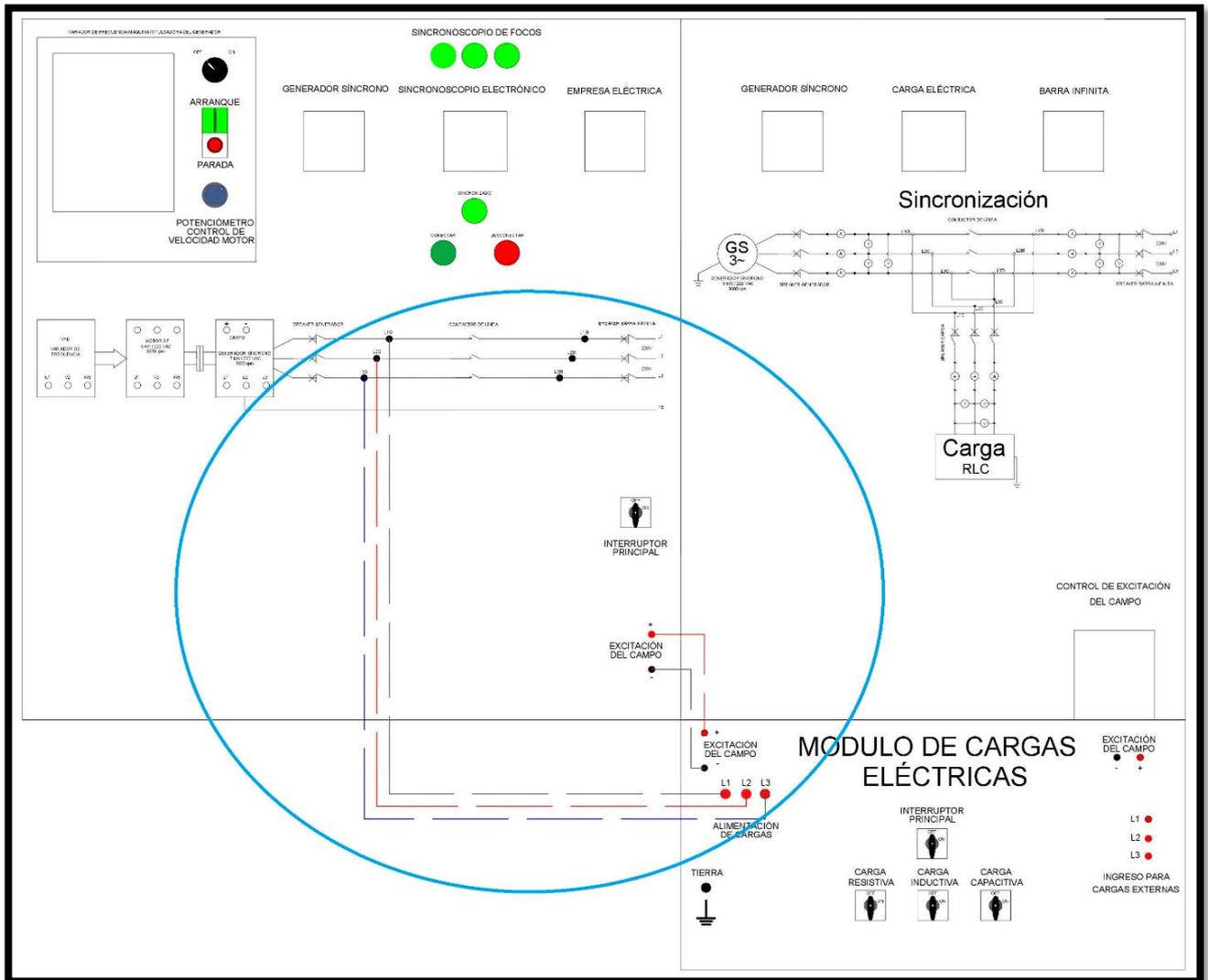


Fig. 2 Conexión de la parte delantera de los dos módulos

CONEXIÓN DE LAS CARGAS.

- Conectar las borneras de acuerdo a la configuración para la prueba como se ilustra en la Fig.3 conexión en DELTA.

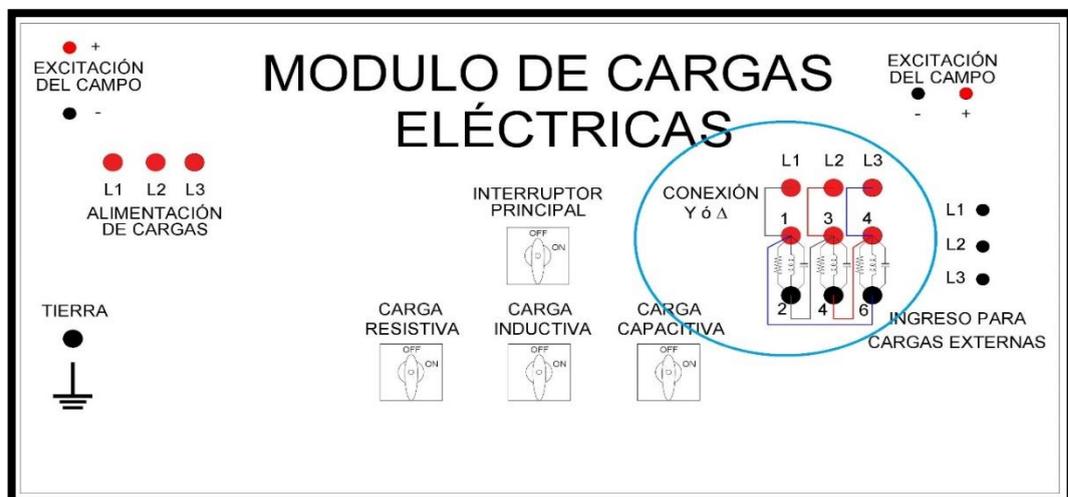


Fig.3 Conexión en delta.

ENCENDIDO DE LOS MÓDULOS.

Antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Análisis de la Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- Las conexiones tanto en la parte frontal y trasera de ambos módulos.
- Conexión a tierra.
- Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- Potenciómetro del variador de frecuencia en mínima posición.
- Verificar la alimentación de energía eléctrica de los módulos de trabajo.

Una vez confirmadas estas condiciones, manipular los INTERRUPTORES PRINCIPALES a posición ON.

ARRANQUE DEL GENERADOR CON CARGA RC.

Mediante la Fig. 3 reconocer el variador de frecuencia y:

- Maniobrar el INTERRUPTOR de dos posiciones del VFD a posición ON
- Presionar el pulsador de ARRANQUE del VFD.



Fig. 3 Variador de frecuencia máquina impulsadora del generador.

REGISTRO DE DATOS.

ESCENARIO 1. GENERADOR Y BARRA INFINITA ALIMENTAN A LA CARGA RC.

- Prender la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y fijar un voltaje de **23V/DC**.
- Maniobrar el POTENCIÓMETRO CONTROL DE VELOCIDAD FRECUENCIA hasta llegar a una FRECUENCIA de **60.1Hz**.
- Comprobar la SECUENCIA DE FASES, utilizando el SINCRONOSCOPIO DE FOCOS.
- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA y CAPACITIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Presionar el pulsador CONECTAR y en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 1.



- En la Tabla 2 registre los siguientes parámetros eléctricos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	L4
VOLTAJE FASE a FASE [V]												
CORRIENTE [A]												
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												
POTENCIA APARENTE [VA]												
FACTOR DE POTENCIA [FP]												

Tabla 2.

Calibrar los siguientes parámetros:

- Fijar un VOLTAJE DE EXCITACIÓN de **28 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y registre los siguientes datos en la Tabla 3:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 3.

- En la tabla 4 registre los datos obtenidos del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 4.

ESCENARIO 2. GENERADOR ENTREGA POTENCIA A LA CARGA Y A LA BARRA INFINITA.

- Fijar un VOLTAJE DE EXCITACIÓN de **32 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO.
- Variar el potenciómetro del VFD a **60.2 Hz** y en la Tabla 5 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN

Tabla 5.

- En la Tabla 6 registre los siguientes parámetros eléctricos.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 6.

ESCENARIO 3. DESCONECTAR LA CARGA RC

- Accionar el interruptor de la CARGA RC a posición OFF y en la Tabla 7 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 7.

FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- Presionar el botón desconectar, para liberar del sincronismo al generador.
- Presionar el botón PARADA del variador de frecuencia, esperar que se detenga el grupo Motor – Generador.
- Operar a posición OFF el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia.
- Manipular el potenciómetro del variador a mínima posición.
- Manipular el potenciómetro de la fuente de excitación DC a mínima posición y presionar el botón OFF.
- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

-Objetivo General

-Objetivos Específicos

Marco Teórico.

Análisis de Resultados (para ayuda del análisis contesté las siguientes preguntas)

- ¿Qué se hizo para que los reactivos pasen a la Barra infinita?
- ¿Quién queda aportando cuando se desconecta la carga?
- ¿Qué función realiza el sincronoscopio de focos?
- ¿Qué es función cumple el variador de frecuencia?

Bibliografía.



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°: 5
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	TRANSFERENCIA DE CARGA RESISTIVA Y CAPACITIVA CON CONEXIÓN EN ESTRELLA ENTRE EL GENERADOR Y LA BARRA INFINITA.			

INTRODUCCIÓN:

Esta práctica se realizará la transferencia entre el Generador con Carga Resistiva y Capacitiva conectado en ESTRELLA a la Barra Infinita, la misma que está enfocada en la recolección de datos de diversos parámetros eléctricos en diferentes condiciones de operación. Con el fin de analizar el comportamiento del sistema en los siguientes escenarios: 1. Generador aporta a la Carga y la Barra Infinita y 2. Generador únicamente aporta a la Barra Infinita, además entender las diferentes condiciones que intervienen en este y reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, para lo cual se debe tener en cuenta los equipos de protección personal y las advertencias que se detallan en los módulos.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Analizar el comportamiento de la combinación de cargas RC conectado en estrella, ante la transferencia entre generador y barra infinita, para reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

ESPECÍFICOS

- Realizar la sincronización entre el Generador y la Barra Infinita con combinación de cargas RC con conexión en Estrella.
- Recolectar los datos en los diferentes escenarios de la práctica.
- Analizar los datos obtenidos para el desarrollo de un informe.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

- Módulo "MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW"
- Módulo "TRANSFERENCIA DE CARGA"
- 25 conductores para conexión awg # 12 con Jack bananas.
- Módulo de cargas eléctricas.
- Equipos de protección personal (EPP).

PREPARATORIO:

Realizar la investigación con respecto a las siguientes preguntas: ¿Qué funcionalidad cumple un Motor-Generador?, ¿Cuál son las condiciones para poder hacer la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros que se necesita modificar para hacer transferencia de carga entre generadores?, ¿Qué equipos se utilizan para la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros eléctricos de una carga resistiva y capacitiva cuando está conectado en un sistema trifásico?

ADVERTENCIAS:

¡En esta prueba se trabajará a 220V! ¡Las conexiones se debe hacer apagados los módulos!

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento de ejecutar la práctica.
- Verificar el funcionamiento de todos los equipos antes de poner en marcha la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.
- Conectar a tierra del laboratorio los módulos de trabajo.
- Verificar la secuencia de fases entre Barra Infinita y el Generador.
- Realizar buenas conexiones entre los bornes.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

CONEXIONE DE LOS MÓDULOS “MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5KW” Y “TRANSFERENCIA DE CARGA”.

- Conectar los bornes tanto en la parte posterior y frontal como se indica en la Fig. 1 y Fig.2, donde las líneas entre cortadas son las conexiones que se debe realizar.
- Conectar a tierra los módulos.

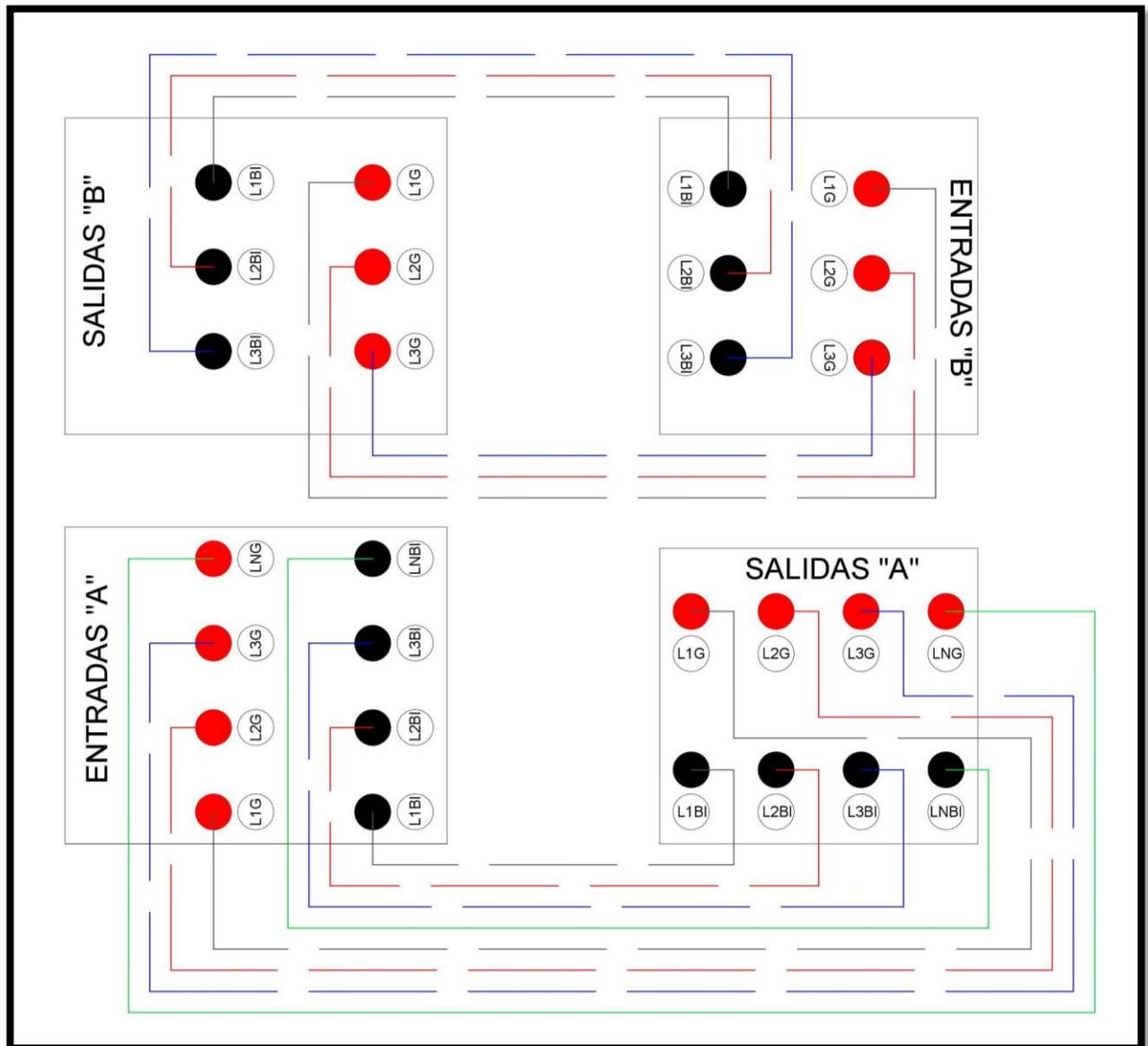


Fig. 1 Conexión de la parte posterior de los dos módulos.

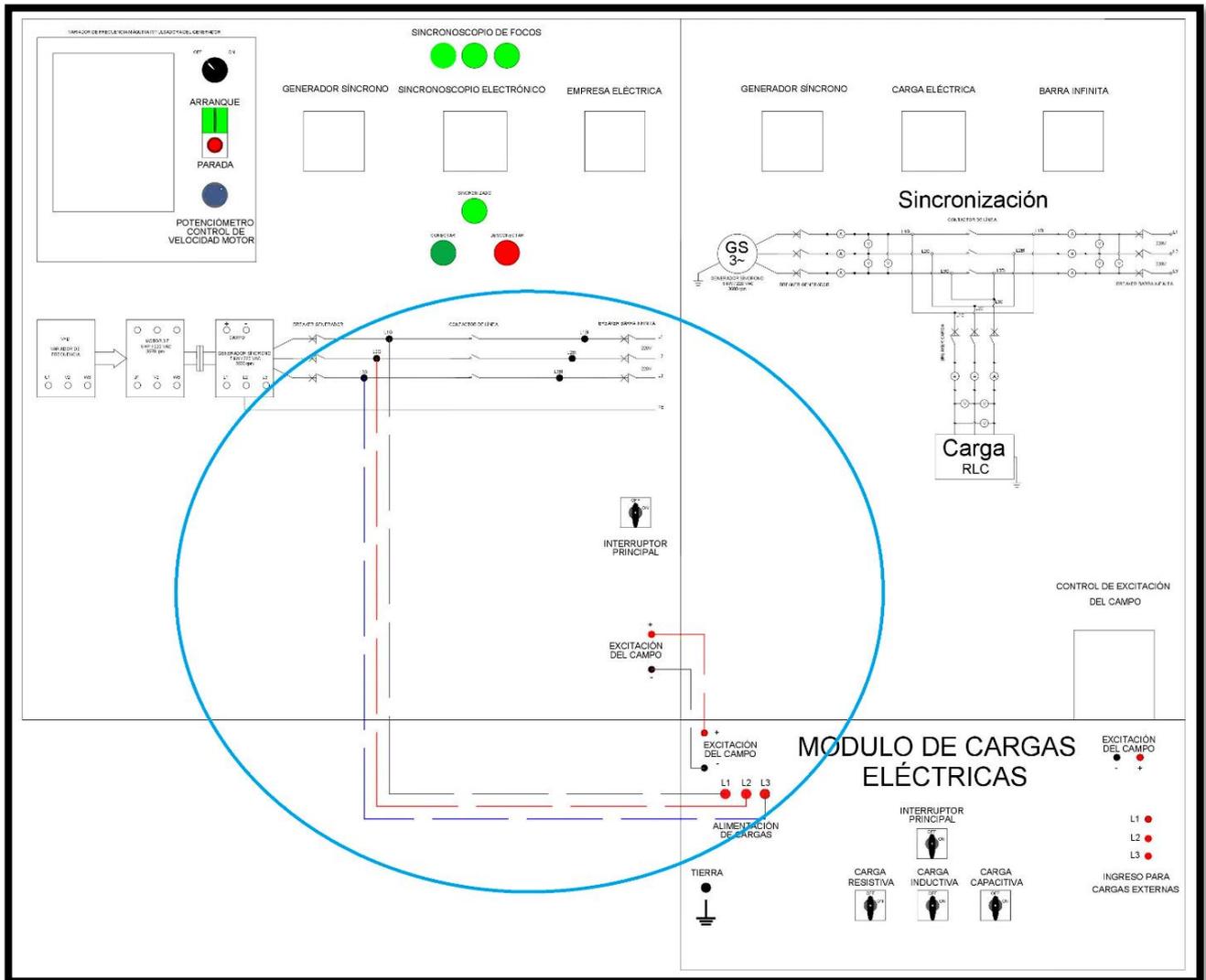


Fig. 2 Conexión de la parte delantera de los dos módulos

CONEXIÓN DE LAS CARGAS.

- Conectar las borneras de acuerdo a la configuración para la prueba como se ilustra en la Fig.3 conexión en ESTRELLA.

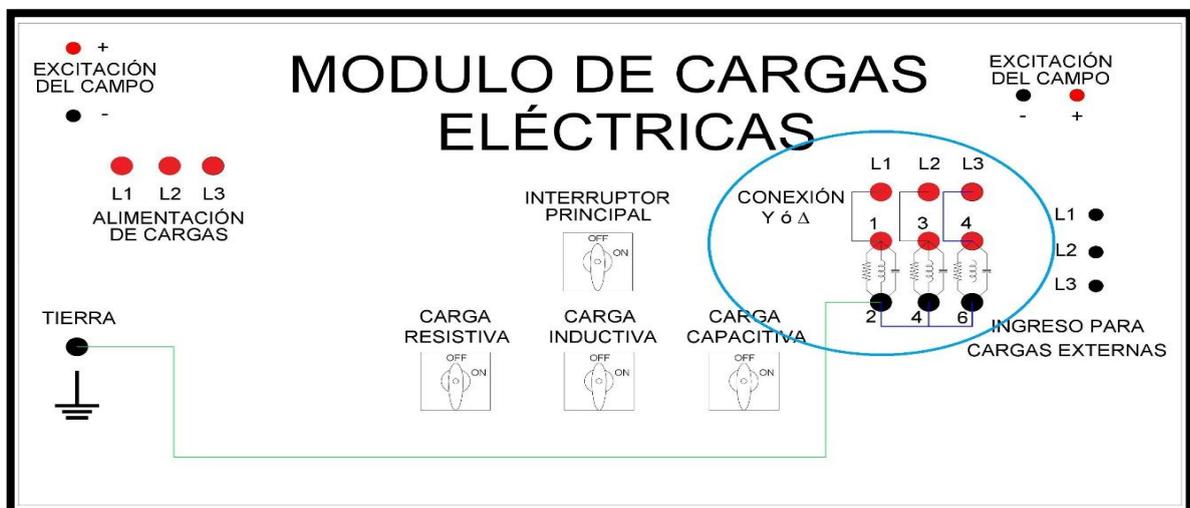


Fig.3 Conexión en estrella.

ENCENDIDO DE LOS MÓDULOS.

Antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Análisis de la Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- Las conexiones tanto en la parte frontal y trasera de ambos módulos.
- Conexión a tierra.
- Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- Potenciómetro del variador de frecuencia en mínima posición.
- Verificar la alimentación de energía eléctrica de los módulos de trabajo.

Una vez confirmadas estas condiciones, manipular los INTERRUPTORES PRINCIPALES a posición ON.

ARRANQUE DEL GENERADOR CON CARGA RC.

Mediante la Fig. 3 reconocer el variador de frecuencia y:

- Maniobrar el INTERRUPTOR de dos posiciones del VFD a posición ON
- Presionar el pulsador de ARRANQUE del VFD.



Fig. 3 Variador de frecuencia máquina impulsadora del generador.

REGISTRO DE DATOS.

ESCENARIO 1. GENERADOR APORTA A LA CARGA Y BARRA INFINITA.

- Prender la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y fijar un voltaje de **21.8V/DC**.
- Maniobrar el POTENCIÓMETRO CONTROL DE VELOCIDAD FRECUENCIA hasta llegar a una FRECUENCIA de **60.1Hz**.
- Comprobar la SECUENCIA DE FASES, utilizando el SINCRONOSCOPIO DE FOCOS.
- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA y CAPACITIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Presionar el pulsador CONECTAR y en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 1.



- En la Tabla 2 registre los siguientes parámetros eléctricos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	L4
VOLTAJE FASE a FASE [V]												
CORRIENTE [A]												
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												
POTENCIA APARENTE [VA]												
FACTOR DE POTENCIA [FP]												

Tabla 2.

Calibrar los siguientes parámetros:

- Fijar un VOLTAJE DE EXCITACIÓN de **32V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y registre los siguientes datos en la Tabla 3:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 3.

- En la tabla 4 registre los datos obtenidos del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 4.

ESCENARIO 2. DESCONECTAR LA CARGA RC

- Accionar el interruptor de la CARGA RC a posición OFF y en la Tabla 7 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 5.



FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- Presionar el botón desconectar, para liberar del sincronismo al generador.
- Presionar el botón PARADA del variador de frecuencia, esperar que se detenga el grupo Motor – Generador.
- Operar a posición OFF el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia.
- Manipular el potenciómetro del variador a mínima posición.
- Manipular el potenciómetro de la fuente de excitación DC a mínima posición y presionar el botón OFF.
- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

-Objetivo General

-Objetivos Específicos

Marco Teórico.

Análisis de Resultados (para ayuda del análisis contesté las siguientes preguntas)

- ¿Qué se hizo para que los reactivos pasen a la Barra infinita?
- ¿Quién queda aportando cuando se desconecta la carga?
- ¿Qué función realiza el sincronoscopio de focos?
- ¿Qué es función cumple el variador de frecuencia?

Bibliografía.



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°: 6
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	TRANSFERENCIA DE CARGA RESISTIVA Y CAPACITIVA CON CONEXIÓN EN DELTA ENTRE BARRA INFINITA Y EL GENERADOR.			

INTRODUCCIÓN:

Esta práctica se realizará la transferencia entre la Barra Infinita con Carga Resistiva y Capacitiva conectado en DELTA al Generador, la misma que está enfocada en la recolección de datos de diversos parámetros eléctricos en diferentes condiciones de operación. Con el fin de analizar el comportamiento del sistema en los siguientes escenarios: 1. Generador y la Barra Infinita aportan potencia a la Carga, 2. Generador aporta potencia a la Carga y Barra Infinita y 3. Generador únicamente aporta a la Barra Infinita, además entender las diferentes condiciones que intervienen en este y reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, para lo cual se debe tener en cuenta los equipos de protección personal y las advertencias que se detallan en los módulos.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Analizar el comportamiento de la combinación de cargas RC conectado en delta, ante la transferencia entre la barra infinita y el generador, para reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

ESPECÍFICOS

- Realizar la sincronización entre la Barra Infinita y el Generador con combinación de cargas RC con conexión en Delta.
- Recolectar los datos en los diferentes escenarios de la práctica.
- Analizar los datos obtenidos para el desarrollo de un informe.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

- Módulo "MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW"
- Módulo "TRANSFERENCIA DE CARGA"
- 25 conductores para conexión awg # 12 con Jack bananas.
- Módulo de cargas eléctricas.
- Equipos de protección personal (EPP).

PREPARATORIO:

Realizar la investigación con respecto a las siguientes preguntas: ¿Qué funcionalidad cumple un Motor-Generador?, ¿Cuál son las condiciones para poder hacer la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros que se necesita modificar para hacer transferencia de carga entre generadores?, ¿Qué equipos se utilizan para la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros eléctricos de una carga resistiva y capacitiva cuando está conectado en un sistema trifásico?

ADVERTENCIAS:

¡En esta prueba se trabajará a 220V! ¡Las conexiones se debe hacer apagados los módulos!

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento de ejecutar la práctica.
- Verificar el funcionamiento de todos los equipos antes de poner en marcha la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.
- Conectar a tierra del laboratorio los módulos de trabajo.
- Verificar la secuencia de fases entre Barra Infinita y el Generador.
- Realizar buenas conexiones entre los bornes.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

CONEXIONE DE LOS MÓDULOS “MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5KW” Y “TRANSFERENCIA DE CARGA”.

- Conectar los bornes tanto en la parte posterior y frontal como se indica en la Fig. 1 y Fig.2, donde las líneas entre cortadas son las conexiones que se debe realizar.
- Conectar a tierra los módulos.

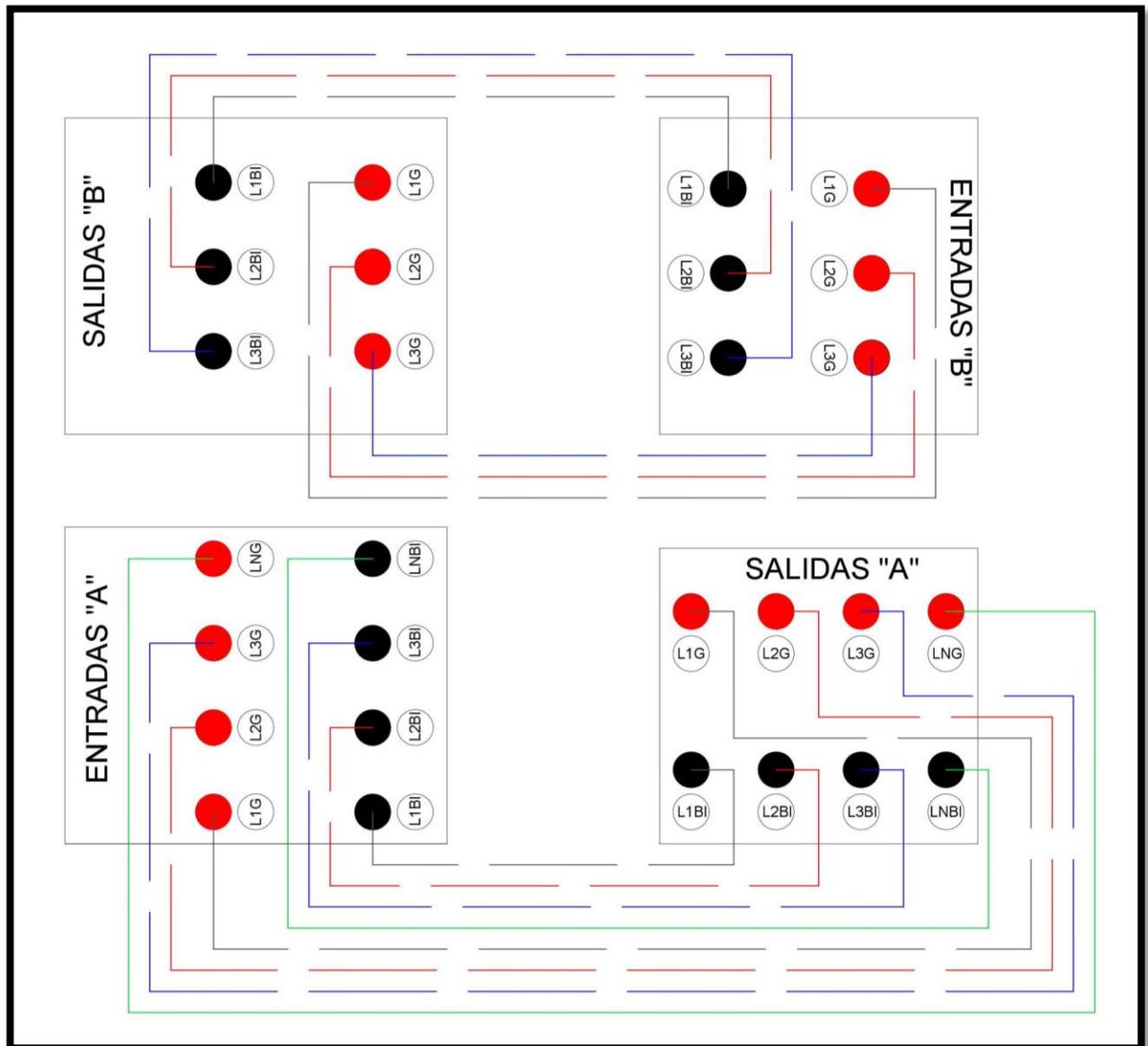


Fig. 1 Conexión de la parte posterior de los dos módulos.

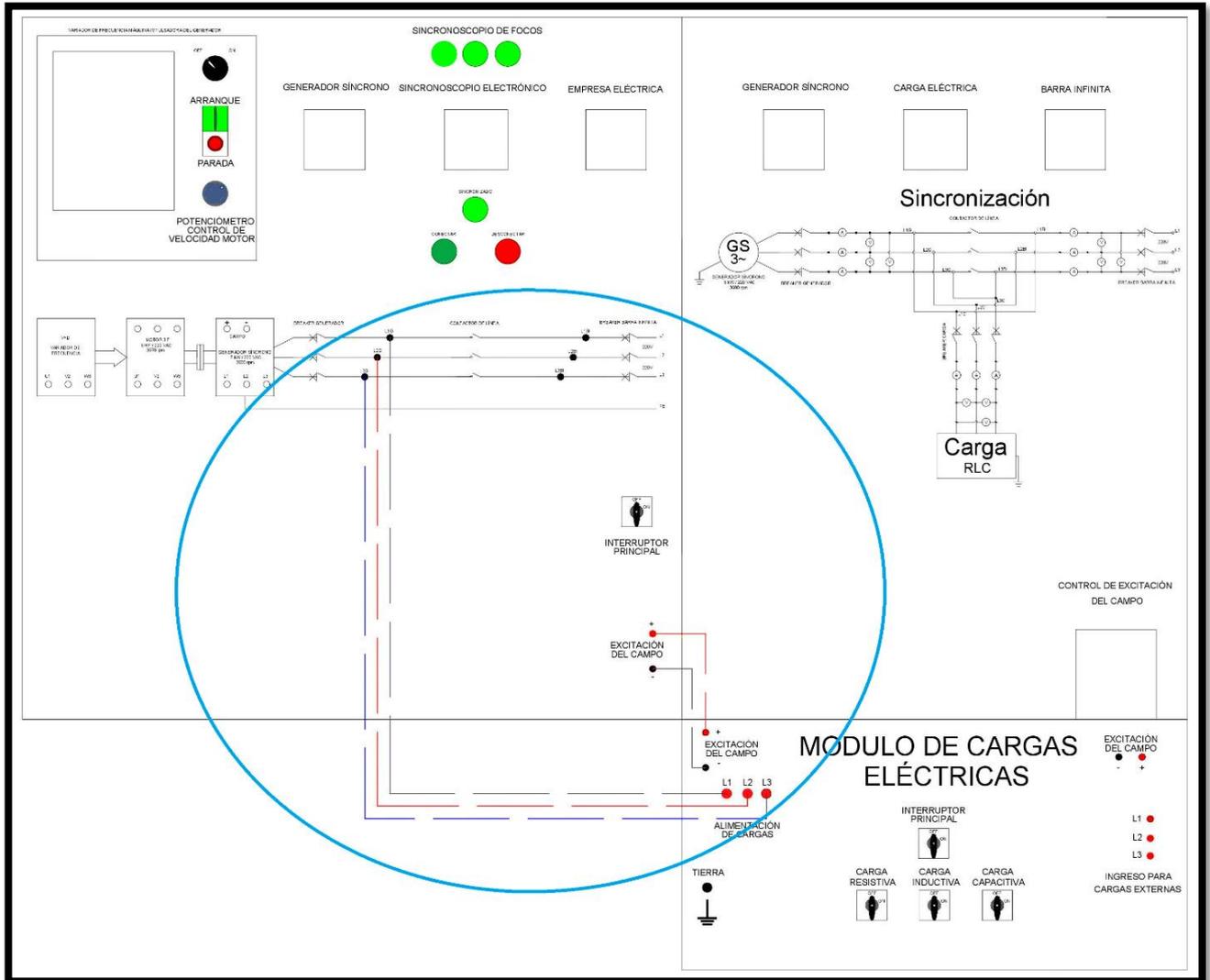


Fig. 2 Conexión de la parte delantera de los dos módulos

CONEXIÓN DE LAS CARGAS.

- Conectar las borneras de acuerdo a la configuración para la prueba como se ilustra en la Fig.3 conexión en DELTA.

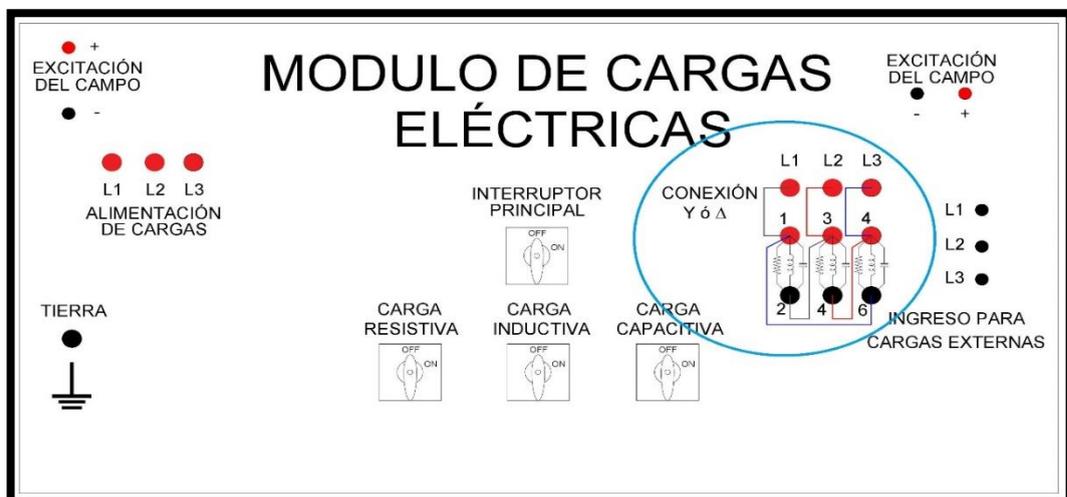


Fig.3 Conexión en delta.

ENCENDIDO DE LOS MÓDULOS.

Antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Análisis de la Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- Las conexiones tanto en la parte frontal y trasera de ambos módulos.
- Conexión a tierra.
- Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- Potenciómetro del variador de frecuencia en mínima posición.
- Verificar la alimentación de energía eléctrica de los módulos de trabajo.

Una vez confirmadas estas condiciones, manipular los INTERRUPTORES PRINCIPALES a posición ON.

ARRANQUE DEL GENERADOR CON CARGA RC.

Mediante la Fig. 3 reconocer el variador de frecuencia y:

- Maniobrar el INTERRUPTOR de dos posiciones del VFD a posición ON
- Presionar el pulsador de ARRANQUE del VFD.



Fig. 3 Variador de frecuencia máquina impulsadora del generador.

REGISTRO DE DATOS.

ESCENARIO 1. GENERADOR Y BARRA INFINITA APORTA A LA CARGA ELÉCTRICA.

- Prender la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y fijar un voltaje de **21.8V/DC**.
- Maniobrar el POTENCIÓMETRO CONTROL DE VELOCIDAD FRECUENCIA hasta llegar a una FRECUENCIA de **60.1Hz**.
- Comprobar la SECUENCIA DE FASES, utilizando el SINCRONOSCOPIO DE FOCOS.
- Accionar el interruptor de la CARGA RESISTIVA y CAPACITIVA a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Presionar el pulsador CONECTAR y en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 1.



- En la Tabla 2 registre los siguientes parámetros eléctricos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	L4
VOLTAJE FASE a FASE [V]												
CORRIENTE [A]												
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												
POTENCIA APARENTE [VA]												
FACTOR DE POTENCIA [FP]												

Tabla 2.

Calibrar los siguientes parámetros:

- Fijar un VOLTAJE DE EXCITACIÓN de **32V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y registre los siguientes datos en la Tabla 3:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 3.

- En la tabla 4 registre los datos obtenidos del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 4.

ESCENARIO 2. GENERADOR ENTREGA POTENCIA A LA CARGA Y A LA BARRA INFINITA.

- Fijar un VOLTAJE DE EXCITACIÓN de **32 V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO.
- Variar el potenciómetro del VFD a **60.3 Hz** y en la Tabla 5 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN

Tabla 5.



- En la Tabla 6 registre los siguientes parámetros eléctricos.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 6.

ESCENARIO 3. DESCONECTAR LA CARGA RC

- Accionar el interruptor de la CARGA RC a posición OFF y en la Tabla 7 registre los siguientes datos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 5.

FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- Presionar el botón desconectar, para liberar del sincronismo al generador.
- Presionar el botón PARADA del variador de frecuencia, esperar que se detenga el grupo Motor – Generador.
- Operar a posición OFF el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia.
- Manipular el potenciómetro del variador a mínima posición.
- Manipular el potenciómetro de la fuente de excitación DC a mínima posición y presionar el botón OFF.
- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

-Objetivo General

-Objetivos Específicos

Marco Teórico.

Análisis de Resultados (para ayuda del análisis contesté las siguientes preguntas)

- ¿Qué se hizo para que los reactivos pasen a la Barra infinita?
- ¿Quién queda aportando cuando se desconecta la carga?
- ¿Qué función realiza el sincronoscopio de focos?
- ¿Qué es función cumple el variador de frecuencia?

Bibliografía.



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA		
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:	
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°:	7
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:					
TEMA DE LA PRÁCTICA:	TRANSFERENCIA CON CARGA RESISTIVA, INDUCTIVA Y CAPACITIVA EN CONEXIÓN ESTRELLA ENTRE EL GENERADOR Y LA BARRA.				

INTRODUCCIÓN:

En esta práctica se realizará la sincronización entre el Generador, Barra Infinita con Carga Resistiva, Inductiva y Capacitiva con conexión estrella, la misma que está enfocada en la recolección de datos de diversos parámetros eléctricos en diferentes condiciones de operación. Con el fin de analizar el comportamiento del sistema en los siguientes escenarios: 1. Generador y la Barra Infinita aportan potencia a la Carga, 2. Generador aporta potencia a la Carga y Barra Infinita y 3. Generador únicamente aporta a la Barra Infinita, además entender las diferentes condiciones que intervienen en este y reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Analizar el comportamiento de la transferencia de Carga RLC en conexión en estrella frente a diferentes escenarios entre Generador y la Barra Infinita, mediante la utilización de un prototipo, para reforzar los conocimientos de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

ESPECÍFICOS

- Realizar la sincronización entre el Generador y Barra Infinita con Carga RLC con conexión estrella.
- Recolectar datos frente a diferentes escenarios.
- Analizar los datos obtenidos para el desarrollo de un informe de la práctica.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

- Modulo "MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW"
- Modulo "TRANSFERENCIA DE CARGA"
- 25 conductores para conexión AWG # 12 con Jack bananas.
- Módulo de cargas eléctricas.
- Equipos de protección personal (EPP).

PREPARATORIO:

Realizar la investigación con respecto a las siguientes preguntas: ¿Qué es un motor-generador? ¿Qué tipos de Generadores Síncronos existen?, ¿Cuál son las condiciones para poder hacer la sincronización?, ¿Qué equipos se utilizan para la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros que se necesita modificar para hacer transferencia de carga entre generadores?, ¿Cuáles son los parámetros eléctricos de una carga RLC en un sistema trifásico?

ADVERTENCIAS:

¡En esta prueba se trabajará a 220V! ¡Las conexiones se debe hacer apagados los módulos!

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento de ejecutar la práctica.
- Verificar el funcionamiento de todos los equipos antes de poner en marcha a la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.
- Conectar a tierra del laboratorio los módulos de trabajo.
- Verificar la secuencia de fases entre la Barra Infinita y el Generador.
- Realizar buenas conexiones entre los bornes.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

CONEXIONES DE LOS MÓDULOS “MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5KW” Y “ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CARGA”.

- Conectar los bornes tanto en la parte posterior y frontal como se indica en la Fig. 1 y Fig.2, donde las líneas entre cortadas son las conexiones que se debe realizar, además de esto conectar a tierra los módulos.
- Conectar a tierra los módulos.

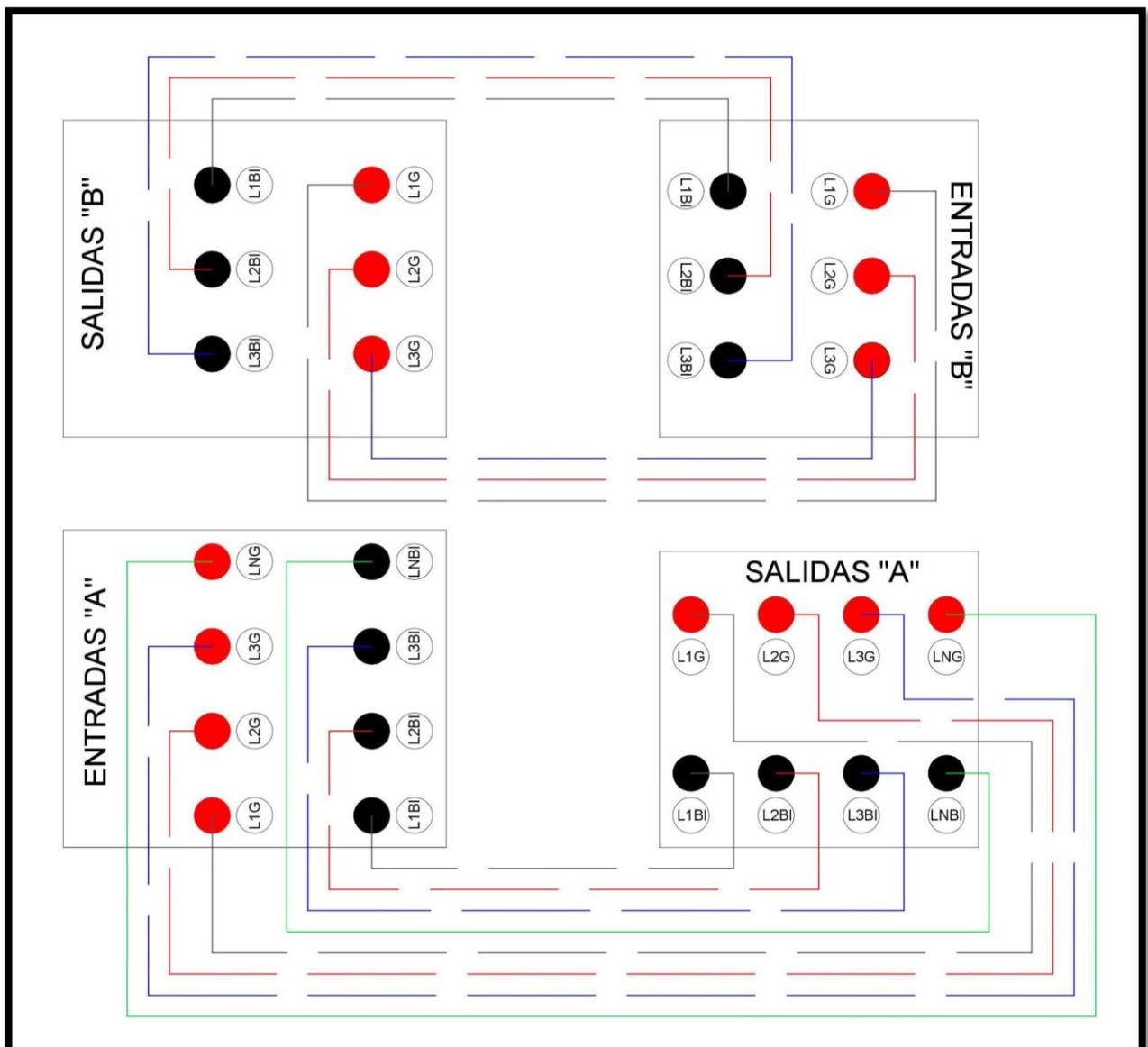


Fig. 1 Conexión de la parte posterior.

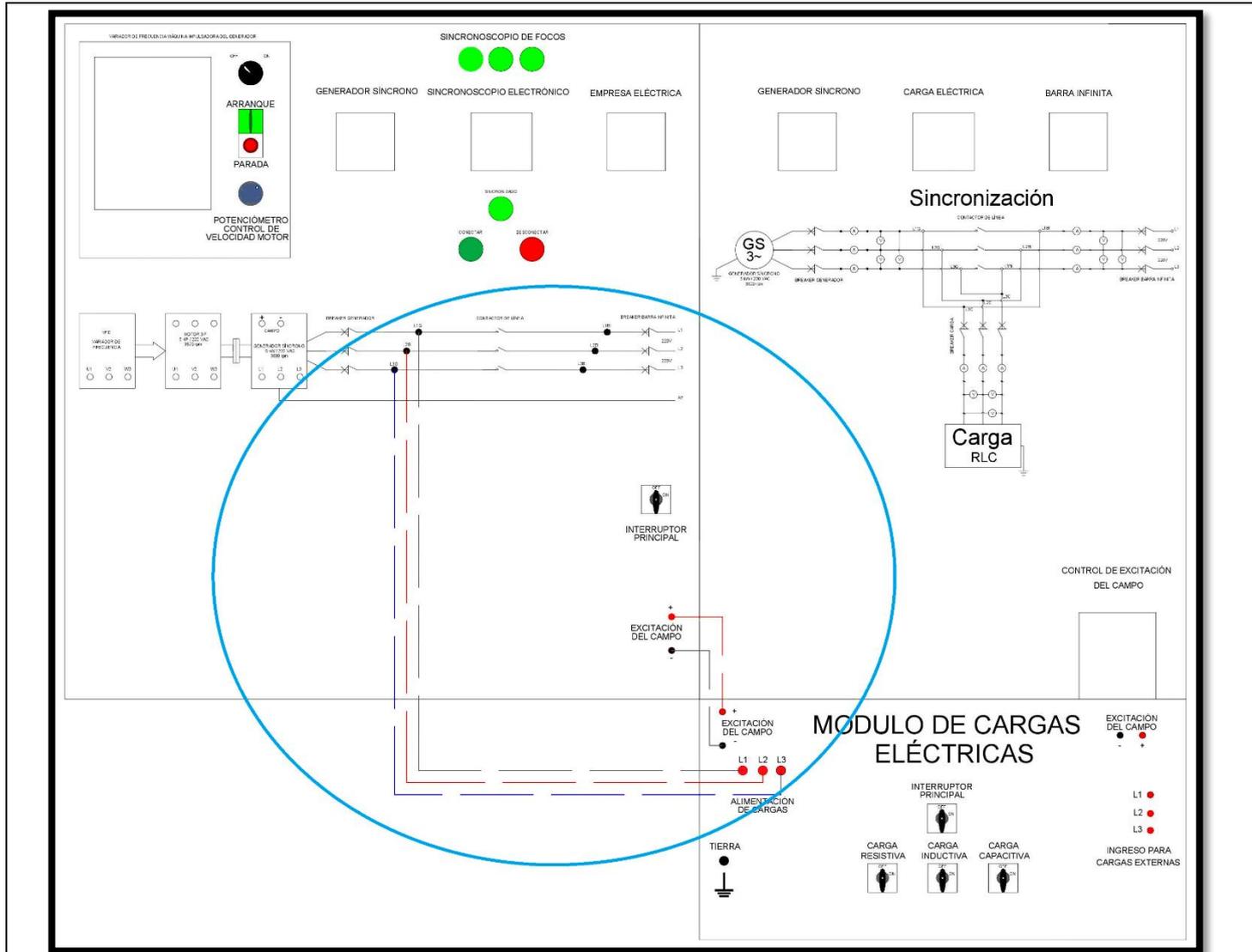


Fig. 2 Conexión de la parte frontal de los dos módulos

CONEXIÓN DE LAS CARGAS.

- Conectar en las borneras de acuerdo a la configuración para la prueba como se ilustra en la Fig.3 conexión en ESTRELLA.

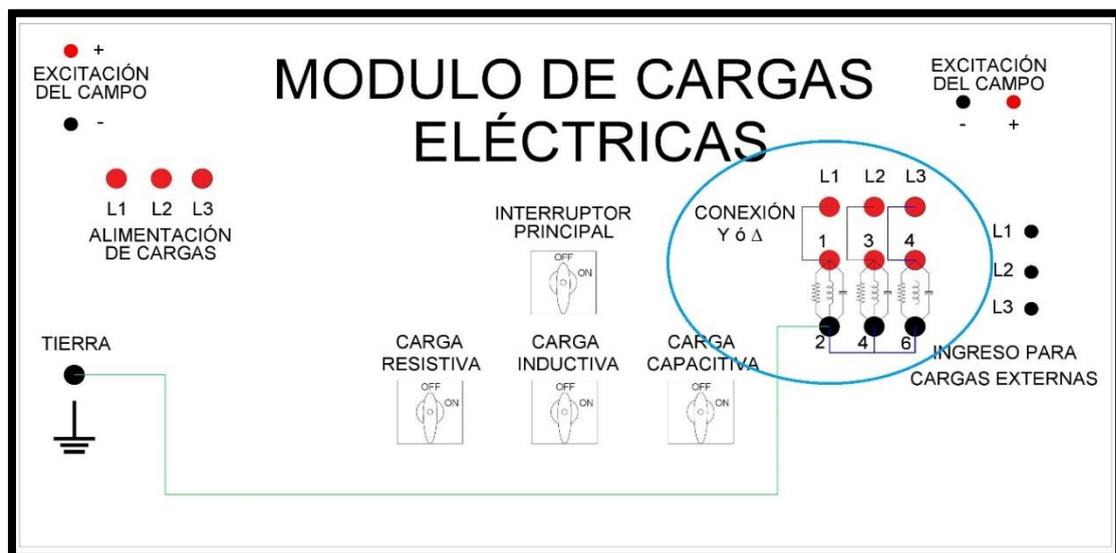


Fig. 3 Conexión estrella de las cargas eléctricas.

ENCENDIDO DE LOS MÓDULOS.

Antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- Las conexiones tanto en la parte frontal y posterior de los dos módulos.
- Conexión a tierra.
- Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- Potenciómetro del variador de frecuencia en mínima posición.
- Verificar la alimentación de energía eléctrica de los módulos de trabajo.

Una vez confirmadas estas condiciones, manipular los INTERRUPTORES PRINCIPALES a posición ON.

ARRANQUE DEL GENERADOR CON CARGA RLC.

Mediante la Fig. 3 reconocer el VARIADOR DE FRECUENCIA (VFD) y:

- Maniobrar el INTERRUPTOR de dos posiciones del VFD a posición ON.
- Presionar el pulsador de ARRANQUE del VFD.



Fig. 3 Variador de frecuencia.

REGISTRO DE DATOS.

ESCENARIO 1. GENERADOR ENTREGA POTENCIA ACTIVA A LA CARGA ELÉCTRICA Y BARRA INFINITA.

- Prender la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y fijar un voltaje de **21.7V/DC**.
- Maniobrar el POTENCIÓMETRO CONTROL DE VELOCIDAD FRECUENCIA hasta llegar a una FRECUENCIA de **60Hz**.
- Comprobar la SECUENCIA DE FASES, utilizando el SINCRONOSCOPIO DE FOCOS.
- Accionar el interruptor de la CARGA RLC a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Presionar el pulsador CONECTAR y en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 1.



- En la Tabla 2 registre los siguientes parámetros eléctricos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	L4
VOLTAJE FASE a FASE [V]												
CORRIENTE [A]												
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												
POTENCIA APARENTE [VA]												
FACTOR DE POTENCIA [FP]												

Tabla 2.

Calibrar los siguientes parámetros:

- Fijar un VOLTAJE DE EXCITACIÓN de **32V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y registre los siguientes datos en la Tabla 3:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 3.

- En la tabla 4 registre los datos obtenidos del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 4.

ESCENARIO 2. DESCONEXIÓN DE LA CARGA RLC.

- Para obtener los datos del escenario 2 accionar el INTERRUPTOR de la CARGA RLC a posición OFF y calibrar los parámetros en Función de la tabla 5.

CONTROL DE EXCITACION
VOLTAJE/DC
32 V

Tabla 5.



- En función de la Tabla 6 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 6.

- En la Tabla 7 registre las potencias activas y reactivas obtenidas del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA(W)												
POTENCIA REACTIVA (VAR)												

Tabla 7.

FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- Presionar el botón desconectar, para liberar del sincronismo al generador.
- Presionar el botón PARADA del variador de frecuencia, esperar que se detenga el grupo Motor – Generador.
- Operar a posición OFF el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia.
- Manipular el potenciómetro del variador a mínima posición.
- Manipular el potenciómetro de la fuente de excitación DC a mínima posición y presionar el botón OFF.
- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

-Objetivo General

-Objetivos Específicos

Marco Teórico.

Análisis de Resultados (para ayuda del análisis conteste las siguientes preguntas).

- ¿Qué paso con las potencias activas y reactivas en los diferentes escenarios?
- ¿Por qué en la fuente de control de excitación se incrementa un voltaje de 32V?
- ¿Qué pasa con las potencias al desconectar la carga?

Conclusiones

Recomendaciones.

Bibliografía.



GUÍA PRÁCTICA

FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA ELÉCTRICA	
ASIGNATURA:		PERÍODO ACADÉMICO		NIVEL:
DOCENTE:		FECHA		PRÁCTICA N°: 8
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	TRANSFERENCIA DE CARGA RESISTIVA, INDUCTIVA Y CAPACITIVA CONECTADO EN DELTA ENTRE LA BARRA Y EL GENERADOR.			

INTRODUCCIÓN:

En esta práctica se realizará la sincronización entre la Barra Infinita y el Generador con Carga Resistiva, Inductiva y Capacitiva conectado en delta, la misma que está enfocada en la recolección de datos de diversos parámetros eléctricos en diferentes condiciones de operación. Con el fin de analizar el comportamiento del sistema en los siguientes escenarios: 1. Generador y la Barra Infinita aportan potencia a la Carga, 2. Generador aporta potencia a la Carga y Barra Infinita y 3. Generador únicamente aporta a la Barra Infinita, además entender las diferentes condiciones que intervienen en este y reforzar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

OBJETIVOS:

GENERAL

- Analizar el comportamiento de la transferencia de Carga RLC con conexión en delta frente a diferentes escenarios entre Barra Infinita y Generador, mediante la utilización de un prototipo, para reforzar los conocimientos de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

ESPECÍFICOS

- Realizar la sincronización entre la Barra Infinita y el Generador con Carga RLC conectado en delta.
- Recolectar datos frente a diferentes escenarios.
- Analizar los datos obtenidos para el desarrollo de un informe de la práctica.

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES:

- Módulo "MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5kW"
- Módulo "TRANSFERENCIA DE CARGA"
- 25 conductores para conexión AWG # 12 con Jack bananas.
- Módulo de cargas eléctricas.
- Equipos de protección personal (EPP).

PREPARATORIO:

Realizar la investigación con respecto a las siguientes preguntas: ¿Qué es una barra infinita?, ¿Cuál son las condiciones para poder hacer la sincronización?, ¿Qué equipos se utilizan para la sincronización?, ¿Cuáles son los parámetros que se necesita modificar para hacer transferencia de carga entre generadores?, ¿Cuáles son los parámetros eléctricos de una carga RLC en un sistema trifásico?

ADVERTENCIAS:

¡En esta prueba se trabajará a 220V! ¡Las conexiones se debe hacer apagados los módulos!

- Tener en cuenta todas las instrucciones de seguridad, rótulos y notas de advertencias fijados en los módulos de trabajo.
- Evitar distracciones en el momento ejecutar la práctica.
- Verificar el funcionamiento de todos los equipos antes de poner en marcha la práctica.
- Utilizar el equipo de protección adecuado para realizar la práctica.
- Conectar a tierra del laboratorio los módulos de trabajo.
- Verificar la secuencia de fases entre Barra Infinita y el Generador.
- Realizar buenas conexiones entre los bornes.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

CONEXIONE DE LOS MÓDULOS “MOTOR-GENERADOR AC/AC TRIFÁSICO DE 5KW” Y “TRANSFERENCIA DE CARGA”.

- Conectar los bornes tanto en la parte posterior y frontal como se indica en la Fig. 1 y Fig.2, donde las líneas entre cortadas son las conexiones que se debe realizar.
- Conectar a tierra los módulos.

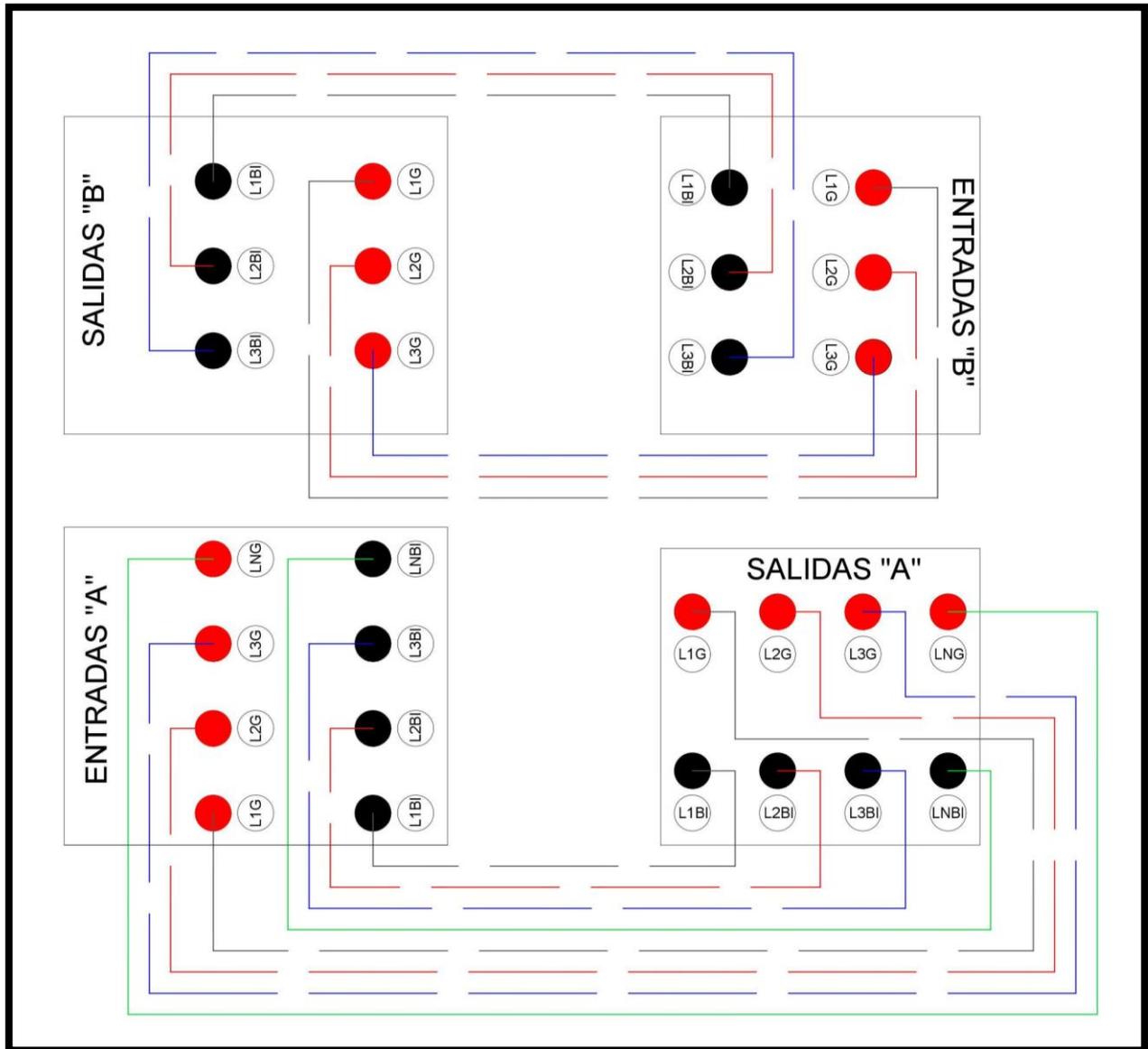


Fig. 1 Conexión de la parte posterior.

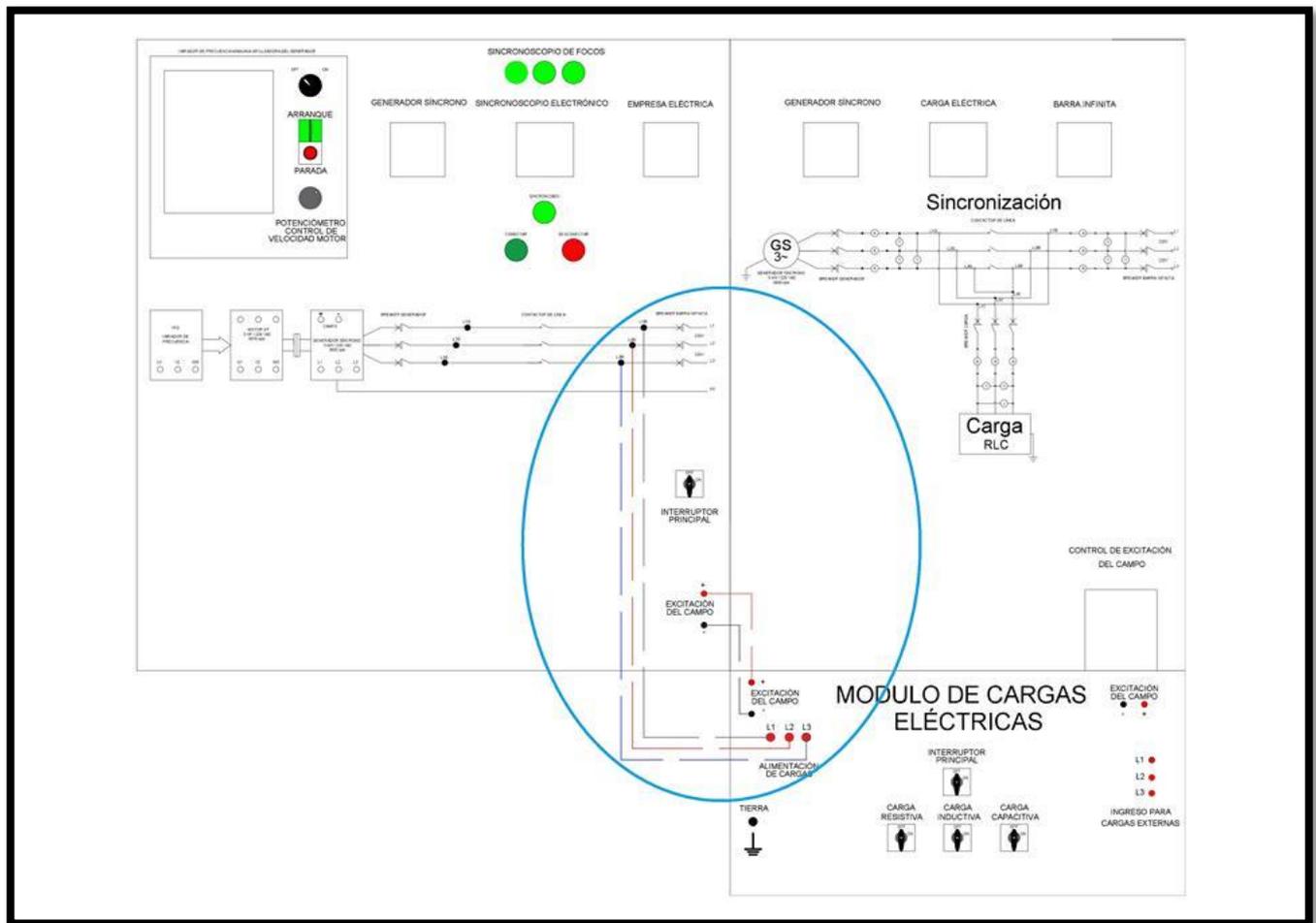


Fig. 2 Conexión de la parte frontal de los dos módulos

CONEXIÓN DE LAS CARGAS.

- Conectar las borneras de acuerdo a la configuración para la prueba como se ilustra en la Fig.3 conexión en DELTA.

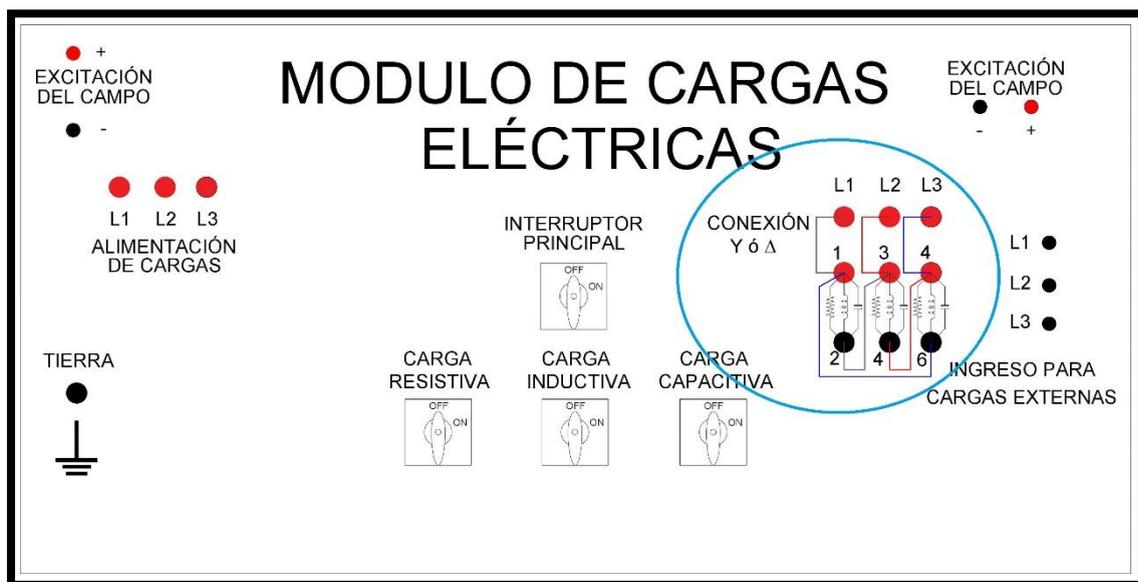


Figura 7.1. Conexión en delta.

ENCENDIDO DE LOS MÓDULOS.

Antes de manipular a posición ON los interruptores principales de los Módulos “Motor – Generador Síncrono” y el de “Transferencia de Carga” deberá confirmar:

- Las conexiones tanto en la parte frontal y posterior de los dos módulos.
- Conexión a tierra.
- Interruptor de Cargas eléctricas en posición OFF.
- Interruptor de la fuente de excitación DC en posición OFF.
- Interruptor del Variador de frecuencia en posición OFF.
- Potenciómetro del variador de frecuencia en mínima posición.
- Alimentación con energía eléctrica a los módulos de trabajo.

Una vez confirmadas estas condiciones, manipular los INTERRUPTORES PRINCIPALES a posición ON.

ARRANQUE DEL GENERADOR CON CARGA RLC.

Mediante la Fig. 3 reconocer el VARIADOR DE FRECUENCIA (VFD) y:

- Maniobrar el INTERRUPTOR de dos posiciones del VFD a posición ON.
- Presionar el pulsador de ARRANQUE del VFD.



Fig. 3 Variador de frecuencia.

REGISTRO DE DATOS.

ESCENARIO 1. GENERADOR Y BARRA INFINITA ALIMENTAN A LA CARGA RLC.

- Prender la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y fijar un voltaje de **23V/DC**.
- Maniobrar el POTENCIÓMETRO CONTROL DE VELOCIDAD FRECUENCIA hasta llegar a una FRECUENCIA de **60.1Hz**.
- Comprobar la SECUENCIA DE FASES, utilizando el SINCRONOSCOPIO DE FOCOS.
- Accionar el interruptor de la CARGA RLC a posición ON desde el MÓDULO DE CARGAS ELÉCTRICAS.
- Presionar el pulsador CONECTAR y en la Tabla 1 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 1.



- En la Tabla 2 registre los siguientes parámetros eléctricos:

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	L4
VOLTAJE FASE a FASE [V]												
CORRIENTE [A]												
POTENCIA ACTIVA [W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												
POTENCIA APARENTE [VA]												
FACTOR DE POTENCIA [FP]												

Tabla 2.

Calibrar los siguientes parámetros:

- Fijar un VOLTAJE DE EXCITACIÓN de **32V/DC** en la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN DE CAMPO y registre los siguientes datos en la Tabla 3:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 3.

- En la tabla 4 registre los datos obtenidos del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA[W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 4.

ESCENARIO 2. GENERADOR ENTREGA POTENCIA A LA BARRA.

- Para obtener los datos del escenario 2 calibrar los parámetros de la fuente de CONTROL DE EXCITACIÓN y moderadamente fijar el POTENCIOMETRO en función de la Tabla.5

CONTROL DE EXCITACION	VARIADOR DE FRECUENCIA
VOLTAJE/ DC	
32V	60.2 Hz

Tabla 5.

- En función de la Tabla 6 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN

Tabla 6.



- En la Tabla 7 registre las potencias activas y reactivas obtenidas del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA[W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 7.

ESCENARIO 3. DESCONEXIÓN DE LA CARGA RLC.

- Para obtener los datos del escenario 3 accionar el INTERRUPTOR de la CARGA RLC a posición OFF y calibrar los parámetros en Función de la tabla 8.

CONTROL DE EXCITACION
VOLTAJE/ DC
32 V

Tabla 8.

- En función de la Tabla 9 registre los siguientes datos:

CORRIENTE DE EXCITACIÓN	VARIADOR DE FRECUENCIA

Tabla 9.

- En la Tabla 10 registre las potencias activas y reactivas obtenidas del sistema.

PARAMETROS ELÉCTRICOS	GENERADOR SÍNCRONO				CARGA ELECTRICA				BARRA INFINITA			
	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL	L1	L2	L3	TOTAL
POTENCIA ACTIVA[W]												
POTENCIA REACTIVA [VAR]												

Tabla 10.

FINALIZACIÓN

Una vez concluida la práctica de laboratorio se deben seguir los siguientes pasos:

- Presionar el botón desconectar, para liberar del sincronismo al generador.
- Presionar el botón PARADA del variador de frecuencia, esperar que se detenga el grupo Motor – Generador.
- Operar a posición OFF el interruptor de dos posiciones del variador de frecuencia.
- Manipular el potenciómetro del variador a mínima posición.
- Manipular el potenciómetro de la fuente de excitación DC a mínima posición y presionar el botón OFF.
- Para finalizar operar los interruptores principales de los módulos a posición OFF.



RESULTADOS OBTENIDOS:

Realización del informe:

Portada

Introducción

Objetivos

- Objetivo General
- Objetivos Específicos

Marco Teórico.

Análisis de Resultados (para ayuda del análisis contesté las siguientes preguntas)

- ¿Qué paso con las potencias activas y reactivas en los diferentes escenarios?
- ¿Por qué la fuente de control de excitación se incrementó un voltaje de 32V?
- ¿Por qué se controló el potenciómetro del VFD?
- ¿Qué paso con las potencias al desconectar la carga?

Conclusiones

Recomendaciones.

Bibliografía.