

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

Cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático en la Central Hidroeléctrica Ingenio para optimizar la transferencia de energía eléctrica a la red primaria en 13.2 kV

John Richard Arauco Segura

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

A dios padre, por darnos la existencia y razón emocional para cumplir nuestros sueños.

A mis padres, hermanos y a mi esposa por brindarme todo su apoyo incondicional para terminar con esta tesis.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Continental por compartir sus conocimientos académicos.

DEDICATORIA

A mi hijo Matías Arauco Lazo: “Haz siempre el bien, no temas arriesgarte por tus sueños, metas y anhelos “.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
DEDICATORIA	2
ÍNDICE.....	3
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	15
1.1.1 Planteamiento del problema	15
1.1.2. Formulación del problema.....	17
1.2. Objetivos.....	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. Justificación e Importancia.....	18
1.3.1. Justificación teórica.....	18
1.3.2. Justificación práctica.....	18
1.3.3. Justificación metodológica	18
1.4. Hipótesis y Descripción de Variables	19
1.4.1. Formulación de hipótesis	19
1.4.2. Descripción de variables	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1 Historia de la central hidroeléctrica Ingenio.....	21
2.2. Antecedentes de la investigación.....	26
2.2.1. Antecedentes de tesis.....	26
2.3. Bases Teóricas	30
2.3.1. Fundamento teórico de la investigación	30
2.3.2. Generador sincrónico.....	30
2.3.3. Señal sinusoidal.....	31
2.3.4. Representación gráfica de una onda senoidal	31

2.3.5. Fase y ángulo de fase.....	33
2.3.6. Suma de dos ondas senoidal en fase	34
2.3.7. Suma de dos ondas desfasadas	35
2.3.8. Técnicas de sincronización	38
2.3.9. Procedimiento de sincronización manual de la central hidroeléctrica Ingenio.....	43
2.3.10. Oscilación generada por una errada sincronización manual	47
2.3.11. Caso real del SEIN-Perú, sincronización manual fallida.....	54
2.3.12. Norma técnica de calidad del servicio eléctrico peruano	59
2.3.13. Estándares de calidad.....	61
2.3.14. Criterios técnicos para el cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático en la central hidroeléctrica ingenio	63
2.3.15. Conexión eléctrica de las entradas y salidas analógicas y digitales del Woodward	65
2.3.16. Ciclo de funcionamiento del Woodward	67
2.3.17. Montaje mecánico del Woodward	68
2.3.18. Sincronoscopio digital Woodward (SPM-d10/yb).....	68
2.3.19. Conexiones eléctricas del woodward	79
2.3.20. Pantalla, elementos operativos y configuración del woodward.....	82
2.3.21. Sensor de velocidad	85
2.3.22. Circuito de fuerza	87
2.3.23. Control de frecuencia, voltaje y sincronización.....	88
2.4. Definición de términos básicos.....	91
2.4.1. Tensión eléctrica.....	91
2.4.2. Corriente alterna	91
2.4.3. Corriente continúa.....	91
2.4.4. Frecuencia	92
2.4.5. Interrupción.....	92
2.4.6. Sincronización	92
2.4.7. Oscilaciones	92
2.4.8. Desfase	92
2.4.9. Central hidroeléctrica	92
2.4.10. Redes radiales	93
2.4.11. Optimización	93

2.4.12. Woodward.....	93
2.4.13. Secuencia de fases.....	93
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	94
3.1. Método, Tipo y Nivel de la Investigación	94
3.1.1. Método de la investigación.....	94
3.1.2. Tipo de la investigación.....	94
3.1.3. Nivel de investigación	94
3.2. Diseño de la Investigación	94
3.3. Población y muestra de la investigación	95
3.3.1. Población	95
3.3.2. Muestra no probabilística por conveniencia	95
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	96
3.4.1. Técnica utilizada en la recolección de datos	96
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos	96
3.5 Técnicas de análisis de datos	96
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	98
4.1 Análisis de Estabilidad del Sistema al Realizar la Maniobra de Sincronismo en la C.H. ingenio	98
4.2 Circuito Completo	105
4.3. Análisis de tablas estadísticas	106
4.3.1. Registro de interrupciones de C.H. Ingenio.....	106
4.3.2. Análisis de la maniobra de sincronización manual	109
4.3.3 Formas de supervisar una errada sincronización manual realizada en la central hidroeléctrica.....	111
4.3.4. Eficacia de la unidad de sincronismo Woodward (SPM-d10/yb). En la central hidroeléctrica de nuevo Imperial-Cañete	115
4.3.5. Eficacia de la unidad de sincronismo automático en la central hidroeléctrica de Canchayllo, Jauja	119
4.3.7. Análisis de las maniobras que se realizan en la central hidroeléctrica Ingenio para sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV	120
4.4. Prueba de Hipótesis.....	123
4.5. Discusión de resultados	123
4.6. Análisis económico	126
4.6.1. Evaluación económica de la inversión con el VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno).....	128

4.6.2. CAPM (Capital Asset Pricing Model) para países emergentes.....	130
CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
ANEXOS	136

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de interrupciones causadas por una incorrecta sincronización manual.....	16
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	20
Tabla 3 Datos de la placa del generador síncrono (C.H. Ingenio)	23
Tabla 4 Válvula de Admisión.....	23
Tabla 5 Regulador de velocidad.....	24
Tabla 6 Tablero de control	24
Tabla 7 Datos del transformador de potencia.....	24
Tabla 8 Indicadores de las lámparas antes de sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV	46
Tabla 9 Especificaciones del gabinete	63
Tabla 10 Condiciones digitales	77
Tabla 11 Descripción y función	82
Tabla 12 Botones.....	83
Tabla 13 Contraste.....	83
Tabla 14 Población y muestra.....	96
Tabla 15 Paradas del grupo G1 por diferentes causas.....	106
Tabla 16 Tiempo que demoran en sincronizar el generador G1 de la C.H. Ingenio con la barra en 2.3 kV los años 2014-2015-2016-2017	108
Tabla 17 Análisis de la maniobra de sincronización manual C.H. Ingenio	111
Tabla 18 Análisis de causa-efecto.....	113
Tabla 19 Tiempo que tardan en sincronizar el generador de la CH Nuevo Imperial con la Red Eléctrica en 20 kV	117
Tabla 20 Cantidad de sincronizaciones anuales realizadas en la C.H. Ingenio ..	120
Tabla 21 Contador de maniobras erróneas por una sincronización manua	121
Tabla 22 Cuadro comparativo entre una sincronización automática y una manual	123
Tabla 23 Análisis económico.....	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formato de registro de paradas/interrupciones de máquina.....	17
Figura 2. Turbina Pelton.....	21
Figura 3. Sistema Hidroenergetico Ingenio.....	22
Figura 4. Esquema Hidroenergético C.H. Ingenio	25
Figura 5. Documento de Sincronización Automática	26
Figura 6. Generador sincrónico.....	30
Figura 7. Generación de la señal sinusoidal.....	31
Figura 8. Representación gráfica de una onda senoidal.....	32
Figura 9. Fase.....	33
Figura 10. Diferencia de fases entre dos magnitudes senoidal.	34
Figura 11. Suma de dos ondas en fase.....	35
Figura 12. Suma de dos ondas desfasadas en un ángulo ϕ	36
Figura 13. Cálculo del ángulo de desfase ϕ	37
Figura 14. Diagrama de conexión de las lámparas apagadas.....	39
Figura 15. Diferencia de potencial.....	40
Figura 16. Ángulo de desfase..	40
Figura 17. Diagrama de conexión de las lámparas giratorias.	41
Figura 18. Diferencia de Potencial da las lámparas giratorias..	42
Figura 19. Indicadores de sincronización..	42
Figura 20. Sincronoscopio.....	43
Figura 21. Diagrama esquemático.	44
Figura 22. Diagrama fasorial y campo magnético de un generador al momento de la conexión con el sistema de potencia.	48
Figura 23. Corrientes de falla por fase de un generador.	51
Figura 24. Componente simétrico de ca de la corriente en falla.	52
Figura 25. Diagrama unifilar del anillo de Tingo María.	54
Figura 26. Diagrama unifilar del caso de sincronización fallida (falso paralelo). ...	55
Figura 27. Osialografía de un caso de intento de sincronización manual del área operativa Aguaytia con el SEIN (llamado falso paralelo)	56
Figura 28. Oscilografía de los efectos de una sincronización manual forzada del área sur al centro norte efectuada en la se Socabaya.....	57

Figura 29. Oscilografía de tensión en la barra de 220 kV de la SED Ilo 2.	58
Figura 30. Análisis de la sincronización del área operativa sur al centro -norte mediante registró oscilografico.....	59
Figura 31. Tolerancia admisible para variación de frecuencia.	62
Figura 32. Vista frontal del gabinete.	64
Figura 33. Montaje mecánico de la fuente de alimentación.	64
Figura 34. Vista General de las entradas y salidas analógicas y digitales.	65
Figura 35. Conexión de la velocidad de la turbina (Apertura de alabes).....	66
Figura 36. Conexión de la señal de velocidad.	66
Figura 37. Ciclo de funcionamiento del Woodward	67
Figura 38. Montaje mecánico del Woodward.	68
Figura 39. Sincronización automática y acoplamiento del generador con la red...	69
Figura 40. Acoplamiento en paralelo automático de generadores sincrónicos a la barra.	69
Figura 41. Supervisión del acoplamiento en paralelo automático de líneas ya sincronizadas y líneas sin tensión o líneas muertas.	69
Figura 42. Parámetros que compara el Woodward.	70
Figura 43. Circuito interno del Woodward (SPM-D10/YB)./current.pdf	71
Figura 44. Reducción de tensión a 24V.....	72
Figura 45. Transformador de corriente.	72
Figura 46. Función del transformador de corriente	73
Figura 47. Secuencia de Fases.....	73
Figura 48. Leds indicadores.	74
Figura 49. Indicador de sincronización generador / barra.....	75
Figura 50. Circuito de disparo.	76
Figura 51. Lógica de sincronización	78
Figura 52. Diagrama general de cableado.	79
Figura 53. Diagrama de conexión de las entradas de medición	80
Figura 54. Diagrama de conexión de la fuente de alimentación	81
Figura 55. Diagrama de conexión de la salida de control.	81
Figura 56. Pantalla del Woodward (SPM-D10 / YB).	82
Figura 57. Señal del sensor inductivo de velocidad.....	86

Figura 58. Ciclo de funcionamiento del sensor de velocidad	87
Figura 59. Esquema eléctrico del interruptor de potencia.....	88
Figura 60. Diagrama esquemático-generador-gobernador.....	89
Figura 61. Regulador de voltaje.	90
Figura 62. Woodward SPM-D10/YB.....	91
Figura 63. Pasos que se siguieron para proponer una solución.	97
Figura 64. Diagrama unifilar de la central hidroeléctrica Ingenio / interruptor abierto	99
Figura 65. Diagrama unifilar central hidroeléctrica Ingenio / interruptor cerrado ...	99
Figura 66. Cierre del interruptor de potencia 0°.....	100
Figura 67. Cierre del interruptor de potencia 5°.....	101
Figura 68. Cierre del Interruptor de potencia 15°.....	102
Figura 69. Cierre del Interruptor de potencia 30°.....	103
Figura 70. Cierre del interruptor de potencia 45°.....	104
Figura 71. Cierre del Interruptor de potencia 150°.....	105
Figura 72. Circuito completo para la central hidroeléctrica Ingenio.....	106
Figura 73. Formato para informar las paradas intempestivas y programadas del generador a los supervisores	112
Figura 74. Documento sincronización automática de optimización de transferencia de energía eléctrica.....	113
Figura 75. Documento de sincronización automática	114
Figura 76. Documento de Sincronización automática.....	114
Figura 77. Registro del tiempo que demora el Woodward en sincronizar el generador con la red eléctrica en 20 kV.	115
Figura 78. Transferencia de energía eléctrica a la red eléctrica 20 kV..	116
Figura 79. Sincronización automática CH Canchayllo, Jauja.....	119
Figura 80. Sincronizador Yongzhou de origen chino. CH Canchayllo.....	120

RESUMEN

La función principal de la central hidroeléctrica Ingenio es de transferir toda la energía eléctrica que produce a la red primaria en 13.2 kV. Pero la sincronización y transferencia tiene ciertos problemas, ya que es manual se requiere de una mano muy serena y plena concentración para sincronizar y cerrar el interruptor de potencia. Si el operador de la central hidroeléctrica Ingenio cierra el interruptor de potencia cuando existe un ángulo de desfase entre el módulo de tensión del generador y la barra en 2.3 kV., ocasionará oscilaciones en la radial A4504, desgaste al aislamiento del generador e interrupciones a la red primaria en 13.2 kV.

Por tal motivo el objetivo de la presente investigación es optimizar la transferencia de energía eléctrica en la sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio a la radial A4504. Se utilizará el método universal, cuya aplicación abarca a todas las esferas de la realidad y todas las etapas del conocimiento, además reflejan cabalmente las leyes más generales del desarrollo de la naturaleza, la sociedad, el pensamiento y aporta la clave para la comprensión científica del mundo en su conjunto. Asimismo, se simuló con el programa DigSILENT. Power Factory 15.1, para evaluar la estabilidad del sistema cada vez que se sincroniza manualmente, se consideró diferentes ángulos de desfases, teniendo como resultado, que cerrar el interruptor de potencia con un excesivo ángulo de desfase de sincronismo, se considera una maniobra destructiva para el generador y genera oscilaciones en la radial A4504.

Además, se analizó las maniobras de sincronización manual, causa-efecto de la central hidroeléctrica Ingenio, así mismo se evaluó la eficiencia de la unidad de sincronismo Woodward (SPM-D10/YB). En la central hidroeléctrica de nuevo Imperial-Cañete y el sistema de sincronización automático de la central hidroeléctrica de Canchayllo. Se concluye que es necesario implementar un sincronizador automático, que tiene la capacidad de reducir el tiempo de sincronismo y transferencia la energía eléctrica sin oscilaciones.

Palabra clave: sincronización automática, transferencia, oscilación

ABSTRACT

The main function of the Ingenio hydroelectric plant is to transfer all the electrical energy it produces to the primary network at 13.2 kV. But the synchronization and transfer of this energy has certain problems, since it is manual, it requires a very serene hand and a total concentration to synchronize and close the ignition switch. If the operator of the Ingenio hydroelectric power plant closes the power switch when there is a compensation angle between the generator voltage module and the bar at 2.3 kV, it will cause oscillations in the A4504 radial, generator insulation wear and interruptions in the primary 13.2 kV network.

For this reason, the objective of this investigation is to optimize the transfer of electrical energy in the synchronization of the Ingenio hydroelectric power station to the A4504 radial. The universal method will be used, whose application covers all spheres of reality and all stages of knowledge, also fully reflects the most general laws of the development of nature, society, thought and provides the key to the scientific understanding of the world as a whole. It was also simulated with the DigSILENT program. Power Factory 15.1, to evaluate the stability of the system each time it is synchronized manually, different compensation angles were considered, resulting in the fact that closing the power switch with an excessive synchronization compensation angle is considered a destructive maneuver for the generator and generates oscillations in the radial A4504.

In addition, the manual synchronization maneuvers, cause-effect of the Ingenio hydroelectric plant, as well as the efficiency of the Woodward synchronization unit (SPM-D10 / YB) were analyzed. In the Imperial-Cañete hydroelectric plant again and in the automatic synchronization system of the Canchayllo hydroelectric plant. It is concluded that it is necessary to implement an automatic synchronizer, which has the capacity to reduce synchronization time and transfer electrical energy without oscillations.

Keyword: automatic synchronization, transfer, oscillation

INTRODUCCIÓN

El sistema de sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio es el enfoque de la presente investigación porque muestra ciertos problemas al momento de sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV. Se recogió datos estadísticos mensuales de cuántas veces se sincroniza, se identificó las consecuencias que tiene una errada sincronización manual en la radial A4504, posteriormente se propone el cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático para optimizar la transferencia de energía eléctrica a la red primaria en 13.2 kV.

La investigación cuenta con cuatro capítulos. El capítulo I contiene el planteamiento y formulación del problema, objetivo general y específico, justificación e importancia, hipótesis, descripción de variables y operacionalización.

El capítulo II contiene el marco teórico en donde se encuentra la historia de la central hidroeléctrica Ingenio, los antecedentes de la investigación, los fundamentos teóricos, el método utilizado en la central hidroeléctrica Ingenio para sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV, el procedimiento de sincronización manual de la central hidroeléctrica Ingenio, oscilación por una errónea sincronización manual, y dos casos reales del SEIN-PERÚ en sincronización manuales fallidas, la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico Peruano, los criterios técnicos para el cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático en la central hidroeléctrica Ingenio, el montaje mecánico de la fuente de alimentación del Woodward, el Sincronoscopio Digital Woodward (SPM-D10/YB), pantalla, elementos operativos y configuración del Woodward, definición de términos básicos.

El capítulo III es sobre la metodología, el método de la investigación es universal. El tipo de investigación es aplicada porque se distingue en tener propósitos prácticos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. El nivel de investigación es descriptivo esto implica observar y describir el comportamiento, características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad en un momento y tiempo concreto y

determinado, sin influir sobre él de ninguna manera. Finalmente, se presenta la población y la muestra, se menciona las técnicas e instrumentos que se están empleando.

En el capítulo IV contiene, el análisis de estabilidad del sistema (modelamiento), prueba de hipótesis, registro de interrupciones por diferentes causas, análisis de las maniobras de sincronización manual, análisis de causa-efecto en el sistema de sincronización manual de la central hidroeléctrica Ingenio, eficacia de la unidad de sincronismo Woodward (SPM-D10/YB). Asimismo, en la central hidroeléctrica de nuevo Imperial-Cañete, se realiza el análisis de las maniobras que realizan en la central hidroeléctrica Ingenio para sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV, conclusión de la hipótesis general, conclusión de la hipótesis específica, discusión de resultados y por último el análisis económico.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Uno de los pilares para el progreso industrial y económico de los países es la energía eléctrica, componente esencial para el impulso tecnológico. Sin duda, la energía eléctrica juega un papel muy trascendental en la vida del ser humano.

Por este motivo, la central hidroeléctrica Ingenio debe transferir toda la energía eléctrica que genera a la red primarias en 13.2 kV para cubrir las máximas demanda del servicio eléctrico.

Por sincronizar manualmente producen oscilaciones en la radial A4504, el técnico electricista tiene que hacer coincidir tensión, frecuencia y desfase del generador con la barra en 2.3 kV manualmente. Además, ocasiona pérdidas técnicas, económicas, ofrece una mala calidad del servicio e incumple al Código Nacional de Electricidad, pone en riesgo al generador, lo que disminuye al mismo tiempo su vida útil, en los peores de los casos saldría fuera de servicio la radial A4504, que alimenta de energía eléctrica a la provincia de Concepción, y a los distritos de Ingenio, Matahuasi, San Lorenzo y Apata.

En el presente estudio se recolectaron datos, como el tiempo que demora la C.H. Nuevo Imperial en sincronizar y transferir la energía al sistema, sin ocasionar oscilaciones, estos datos son medidos con el tiempo que demoran la C.H. Ingenio en sincronizar y transferir la energía al sistema, la cantidad de oscilaciones ocasionadas por cerrar el interruptor con un ángulo de desfase, percibidas por los usuarios y reflejadas en reclamos por mala calidad del servicio eléctrico, también se recolectaron datos históricos de las oscilaciones registradas en la radial A4504. Los años 2014 – 2015 – 2016 - 2017., consecutivamente se desarrolla el esquema eléctrico utilizando el equipo Woodward para el cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático para optimizar la transferencia de energía eléctrica a la red primaria en 13.2 kV.

TABLA 1

Resumen de interrupciones causadas por una incorrecta sincronización manual

Resumen de interrupciones causadas por una incorrecta sincronización manual												
Reporte	Reporte PDC 17-R01. C.H Ingenio					Reporte PDC 17-R01. C.H Concepción			Registro de atención al cliente-Electrocentro			
	Duración					Alimentador A4504			N. De suministro	Apellidos y nombre	Clasificación (reclamo)	Motivo
Marzo 2014	Desde		Hasta		Total interrupción	00:00	24:00	Maniobras	96363046	Llacuachaqui Romaní Luis	Mala calidad	Artefactos y/o equipos malogrados
	Día	Hh:mm	Día	Hh:mm	Hh:mm	RST	RST	RST				
	19-mar-14	12:58	19-mar-14	13:32	00:30	774	775	1				
Diciembre 2015	22-dic-15	19:52	22-dic-15	20:36	00:34	846	847	1	69329939	Moya Duran Bernardino	Mala calidad	Nivel de tensión inadecuada
Julio 2016	05-jul-16	17:08	05-jul-16	17:24	00:16	861	864	3	69362147	López Figueroa Saúl	Mala calidad	Artefactos y/o equipos malogrados
Enero 2017	18-ene-17	17:02	18-ene-17	18:38	01:36	881	882	1	69347875	Municipalidad de Ingenio	Mala calidad	Artefactos y/o equipos malogrados

Nota. Tomado de la "Bitácora", por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 22 de Julio de 2014, Ingenio, Perú

La tabla 01 muestra la relación que existe entre las maniobras de sincronismo erradas en la C.H. Ingenio con los reclamos de los usuarios por mala calidad del suministro de electricidad y las oscilaciones registradas en la radial A4504.

FORMATO 04: REGISTRO DE PARADA/INTERRUPCIÓN DE MÁQUINA						
GRUPO No.1						
DURACIÓN					POTENCIA	Motivo de Parada de Máquina
Desde		Hasta		de Interrupc	PREFALLA	
Día	hh:mm	Día	hh:mm	hh:mm	kW	
11-oct-14	10:30	11-oct	11:09	00:39	0	fuera de servicio por problemas en el regulador
11-oct-14	13:27	11-oct	15:26	01:59	379	se ingresa al sistema G-404 superando las fallas en el regulador
11-oct-14	21:50	11-oct	23:45	01:55	303	fuera de servicio G-404 por bajo caudal de agua
17-oct-14	15:26	25-oct	19:28	04:02	324	se ingresa G-404 al paralelo
29-oct-14	10:38	29-oct	12:05	01:27	779	fuera de servicio G-404 por bajo caudal de agua
						se ingresa al sistema G-404 luego de represar agua
						fuera de servicio G-404 por bajo caudal de agua
						se ingresa G-404 al paralelo
						fuera de servicio G-404 por falta de retorno en la fase R
						apertura de fusible en el secc. I404061.

Figura 1. Formato de registro de paradas/interrupciones de máquina. Tomado de la “Bitácora”, por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 22 de Julio de 2014, Ingenio, Perú

En la figura 1 se visualiza el tiempo y los motivos de parada del generador. Por ejemplo, en la primera fila se observa que la parada del grupo generador fue causada por problemas en el regulador. Que es parte del sistema de sincronización.

1.1.2. Formulación del problema

A. Problema general

¿De qué manera se puede optimizar la transferencia de energía eléctrica por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504?

B. Problemas específicos

- ¿Cómo se puede reducir el número de oscilaciones por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504?

- ¿De qué manera se puede reducir el tiempo de sincronización del generador la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Optimizar la transferencia de energía eléctrica en la sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio a la radial A4504.

1.2.2. Objetivos específicos

- Reducir el número de oscilaciones por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504
- Reducir el tiempo de sincronización del generador de la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV.

1.3. Justificación e Importancia

1.3.1. Justificación teórica

Esta investigación tiene como propósito aportar conocimiento existente sobre la sincronización automática e implementarlo en la central hidroeléctrica Ingenio, como una tecnología que ayudará a optimizar el sistema de sincronización y realizarlo en un menor tiempo

1.3.2. Justificación práctica

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de cambiar el sistema de sincronización manual por un sistema automático.

1.3.3. Justificación metodológica

El cambio del sistema de sincronización manual por un automático es viable mediante el método científico, es decir, que puede ser investigado por la ciencia, una vez demostrada su validez y confiabilidad se podrá usar en otras centrales hidroeléctricas

1.4. Hipótesis y Descripción de Variables

1.4.1. Formulación de hipótesis

A. Hipótesis general

Mediante la sincronización automática se optimizará la transferencia de energía eléctrica de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504.

B. Hipótesis específicas

- Mediante la sincronización automática se reducirá el número de oscilaciones por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504.
- Mediante la sincronización automática se reducirá el tiempo de sincronización del generador de la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV.

1.4.2. Descripción de variables

A. Sistema de sincronización: (variable Independiente)

Es aquel que nos permite conectar el generador eléctrico con una red de distribución existente. Para ello se requiere cumplir ciertas condiciones que serán ampliamente definidas.

B. Optimizar la transferencia de energía eléctrica: (variable Dependiente)

Es la etapa final del proceso de sincronización donde se garantiza el incremento de potencia y la continuidad de la energía eléctrica en la radial A4504.

Tabla 2

Operacionalización de variables

Cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático en la central hidroeléctrica Ingenio para optimizar la transferencia de energía eléctrica a la red primaria en 13.2 kV.			
Objetivo general: optimizar la transferencia de energía eléctrica en la sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio a la radial A4504.			
Objetivos específicos	Variables	Dimensiones	Indicadores
Reducir el número de oscilaciones por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504	Sistema de sincronización (variable Independiente)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje ✓ Frecuencia ✓ Angulo de desfase ✓ Sentido de giro ✓ Corriente de excitación 	<p>V</p> <p>Hz</p> <p>Grados sexagesimales</p> <p>RPM</p> <p>A</p>
Reducir el tiempo de sincronización del generador de la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV.	Optimizar la transferencia de energía eléctrica: (variable Dependiente)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Confiabilidad de potencia ✓ Continuidad de energía ✓ Eficiente (menor tiempo) 	<p>kW</p> <p>kWh</p> <p>t</p>

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la central hidroeléctrica Ingenio

La central hidroeléctrica Ingenio fue edificada en el año de 1935 y renovada totalmente en 1950, ese mismo año se cambiaron las dos turbinas Peltón por una turbina Francis; las obras civiles tienen una antigüedad aproximada de 75 años, es una central de derivación, que se beneficia de los caudales de los ríos Rangra y Chía. Su principal función era de abastecer de energía eléctrica a las fábricas Los Andes y Manufacturas del Centro y a la ciudad de Huancayo, a través de una línea de transmisión en 33 kV de 25 km de longitud. (1)

En la actualidad, la central hidroeléctrica Ingenio sincroniza manualmente en 2.3 kV, transfiriere la energía que produce a la red primaria en 13.2 kV, que es parte de la radial A4504, que suministra de energía eléctrica a la provincia de Concepción y a los distritos de Ingenio, Matahuasi, San Lorenzo y Apata.



Figura 2. Turbina Pelton. Tomado en las instalaciones de la C.H. Ingenio "Archivo fotográfico", Empresa Electrocentro S.A., 12 de agosto del 2016, Ingenio, Perú.

A. Ubicación

“La central hidroeléctrica Ingenio, está a 3 478 msnm situada en el distrito de Ingenio, provincia de Huancayo, departamento de Junín. El acceso desde la ciudad de Huancayo se realiza por una carretera asfaltada hasta el distrito de Ingenio.” (1)

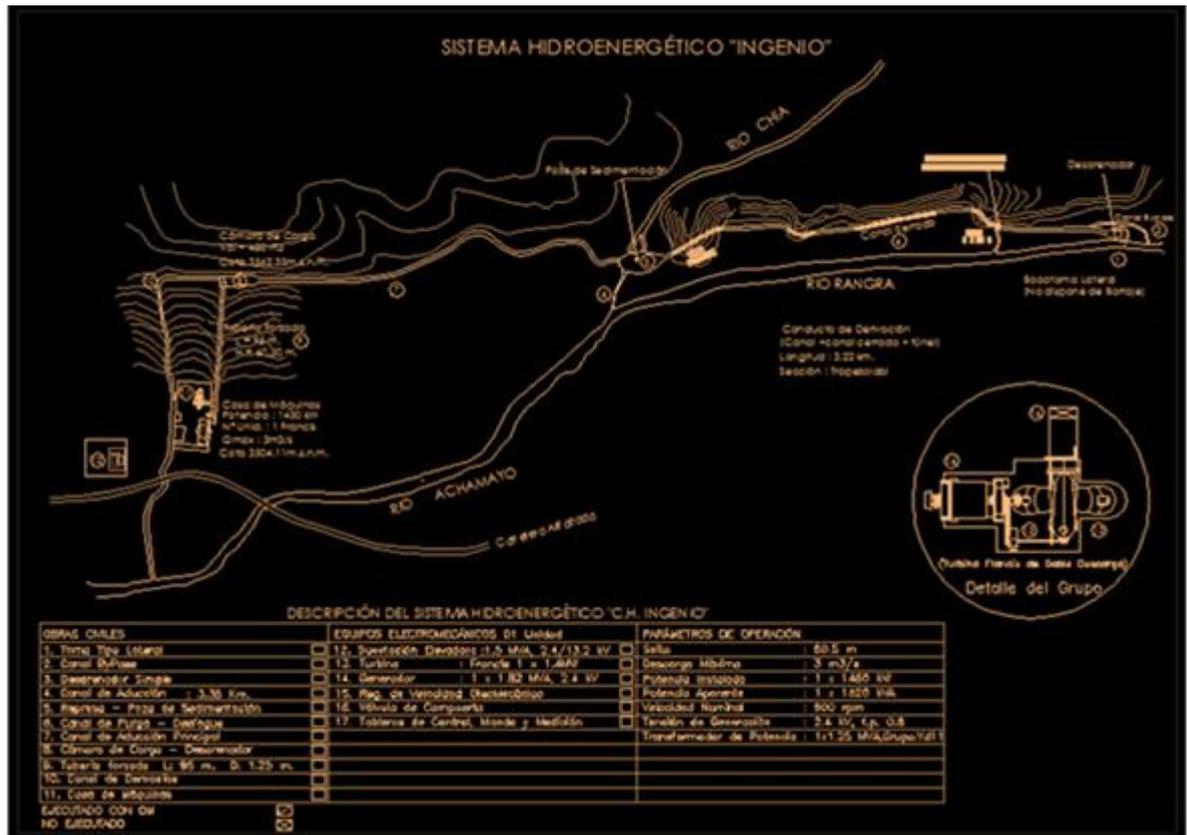


Figura 3. Sistema Hidroenergetico Ingenio. Tomado de “Balance del sistema hidroenergético de ingenio”, por Y. Arias, 2012, Huancayo, Perú. Disponible en https://ovidiouscuvilca.files.wordpress.com/2012/01/primerinforme_grupoingenioouc.docx.

B. Características de la central hidroeléctrica Ingenio

Los principales parámetros de la central hidroeléctrica Ingenio son los siguientes:

Tabla 3

Datos de la placa del generador síncrono (C.H. Ingenio)

Datos de placa del generador síncrono (C.H. Ingenio)	
Marca	OERLIKON
Tipo	SET240-84
Serie	839083M01
Potencia aparente	1820 kVA
Potencia activa	1.46 MW
Conexión	Estrella (Y)
Numero de fases	3
Tensión nominal	2300 V
Corriente nominal	457 A
Factor de potencia	0.8
Velocidad	900 RPM
Frecuencia	60 HZ
Excitatriz	Con escobillas
Año	1956

Nota. Tomado de la “Bitácora”, por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 22 de Julio de 2014, Ingenio, Perú

Tabla 4

Válvula de Admisión

Válvula de admisión	
Tipo de válvula	Mariposa
Actuador	Hidráulica /cierre por contrapeso

Nota. Tomado de la “Bitácora”, por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 22 de Julio de 2014, Ingenio, Perú

Tabla 5

Regulador de velocidad

Regulador de velocidad	
Tipo	Hidráulico

Nota. Tomado de la “Bitácora”, por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 22 de Julio de 2014, Ingenio, Perú

Tabla 6

Tablero de control

Tablero de control	
Tipo	Auto portante

Nota. Tomado de la “Bitácora”, por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 22 de Julio de 2014, Ingenio, Perú

Tabla 7

Datos del transformador de potencia

Datos del transformador de potencia	
Potencia	2 MVA
Tensión Primaria	2300 V
Tensión Secundaria	13 200 V
Marca	CANETA TABINI

Nota. Tomado de la “Bitácora”, por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 22 de Julio de 2014, Ingenio, Perú

C) Esquema hidro energético de la central hidroeléctrica Ingenio

Está conformada por una bocatoma, un canal de conducción que atraviesa dos túneles, una presa de sedimentación, una cámara de carga, una tubería forzada y la caza de máquina.



Figura 4. Esquema Hidroenergético C.H. Ingenio. Tomado de “Balance del sistema hidroenergético de Ingenio”, por Y. Arias, 2012, Huancayo, Perú. disponible en https://ovidiouscuvilca.files.wordpress.com/2012/01/primerinforme_grupoingenioouc.docx.

D) Documento sincronización automática

Es una herramienta de gestión que nos direcciona al objetivo y control de la maniobra de sincronización. Creada a partir de los testimonios reales de los técnicos electricistas que operan la central hidroeléctrica Ingenio.

Documento Sincronización Automática:

OBJETIVO :		CONTROL:	
Optimización	<input type="checkbox"/>	Transferencia de energía eléctrica	<input type="checkbox"/>
Evitar	<input type="checkbox"/>	Errónea sincronización manual	<input type="checkbox"/>
		Oscilaciones en el circuito eléctrico	<input type="checkbox"/>
Propósito :			
Descripción:			

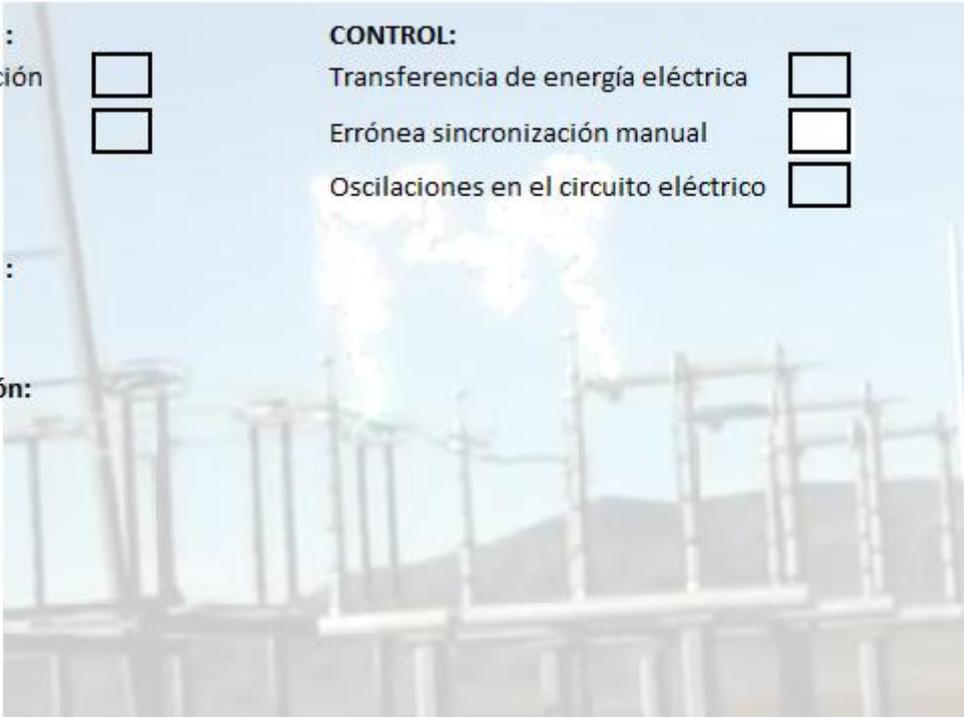


Figura 5. Documento de Sincronización Automática

Existen varias formas de sincronizar un generador con la red eléctrica entre ellas tenemos el método de las lámparas apagadas, lámparas giratorias (una lámpara apagada y dos encendidas), sincronizadores analógicos, sin embargo, no son tan eficaces, con el desarrollo de la tecnología se consigue resultados más puntuales.

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Antecedentes de tesis

En la Universidad San Martín de Porres de Perú, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica se realizó una investigación titulada “Planificación y diseño de una pequeña central hidroeléctrica”, cuyo objetivo fue implementar una guía básica de procedimientos prácticos para desarrollar proyectos energéticos pequeños que son necesarios para el desarrollo del país. Esta investigación se encuentra enmarcada en los avances tecnológicos de

automatización y los nuevos dispositivos existentes que ayudan en mejorar la creciente demanda de energía a nivel nacional. Dentro del desarrollo de la tesis se recomienda utilizar un relé de sincronización automática por una sincronización manual, luego se llegó a la siguiente conclusión (2):

Los sistemas de SCADA son adaptables y pueden ser utilizados en toda clase de proceso industrial actual: manufactura, gestión de servicios, generación de energía, logística, etc. Siendo los sistemas SCADA la solución en donde la precisión y los volúmenes de variables a controlar son el factor que define su óptima operación en los procesos de operación y/o servicio que brinden. Además, los equipos que se elijan en la parte electrónica deben de tener la característica de compatibilidad y arquitectura abierta para facilitar los procesos de mantenimiento y acceso a repuestos alternativos, la capacidad y/o tendencia de ampliación y crecimiento para futuras aplicaciones. Así, en los procesos de control y automatización de Centrales de Generación Eléctrica, la automatización es una gran ventaja para operaciones de equipos tanto de manera local y/o remota dependiendo de las dimensiones, especificaciones de diseño y necesidades de los operadores.

La implementación de los sistemas SCADA en la industria, los avances que existen en los procesos de miniaturización de componentes y procesamiento de información, han logrado que los componentes y módulos que pueden constituir un sistema SCADA proporcione mayor velocidad de toma de decisiones y respuesta, así como una visualización de diferentes grados de información, desde el nivel de campo y operación, hasta el nivel de gestión y/o gerencia. (2).

En la Universidad de San Carlo de Guatemala se realizó una investigación titulada "Transferencia y sincronización automática de generadores de emergencia en instalaciones industriales", el propósito fue reducir significativamente los cortes de energía eléctrica en instalaciones industriales. Obtuvo las siguientes conclusiones:

Desde el punto de vista técnico la única limitación al empleo del sistema de transferencia y sincronización automática es el grado de disponibilidad del sistema (3).

Desde el punto de vista de la utilidad del sistema de transferencia y sincronización automática el costo del sistema no es importante, este criterio se aplica, por ejemplo, a hoteles donde el prestigio del establecimiento está en juego y las repercusiones de un mal servicio son difíciles de cuantificar. Otro caso particular son los hospitales, puesto que sustentan la vida humana, y deben de tener una total disponibilidad en caso de catástrofe (que puede durar varios días). Otro caso son las empresas dedicadas a prestar servicios de comunicaciones que por su utilidad tampoco pueden dejar de prestar servicios (3).

Asimismo, el sistema de transferencia y sincronización automática es técnicamente factible, sin embargo, requiere de un mantenimiento más riguroso, comparado con un sistema manual, también es importante contar con un equipo de técnicos especialista o bien técnicos entrenados para el efecto. (3).

En la Universidad Superior Politécnica de Chimborazo en Ecuador se realizó una investigación que tenía como finalidad diseñar y construir un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil, para gozar de una mayor confiabilidad y continuidad del sistema de alimentación de energía eléctrica en plantas industriales. Se llegó a las siguientes conclusiones (4):

- La investigación realizada sobre los parámetros de sincronización y los dispositivos de comunicación nos permite entender su composición, estructura y funcionamiento, en sus diferentes etapas para llevar a cabo la transferencia y sincronización de generadores emergentes
- La construcción del tablero es de gran utilidad, para tener un monitoreo constante de los parámetros eléctricos que intervienen en el proceso de sincronización y transferencia y nos permite tomar las respectivas acciones.
- La visualización a través del software de Labview permite tener otra perspectiva de lo que ocurre cuando encendemos los generadores, entrada de carga y la puesta en sincronización.

Asimismo, se realizó una investigación dominada “Diseño y construcción de un equipo de sincronización automático para máquinas síncronas” en la Universidad Pontificia Comillas, Madrid el año 2015, cuya motivación fue optimizar la transferencia de energía eléctrica a la red. Debido a que es bastante común que los generadores síncronos se apaguen y se conecten a la red posteriormente, ya sea por motivos de averías o mantenimiento, o por el tipo de central, ya que no todas las centrales funcionan constantemente, algunas funcionan solo un par de horas al día, o solo en determinadas épocas del año, como por ejemplo las plantas de río, o que solo funcionan si se dan unas determinadas condiciones como los parques eólicos. Por tanto, es necesario un equipo de sincronización para la conexión de un generador a la red. (5)

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- El equipo de sincronización está diseñado para regular automáticamente la tensión y la frecuencia del generador mediante señales enviadas al excitador de corriente conectado a la máquina y el variador de frecuencia. Una vez ajustada la frecuencia y la tensión del generador, el programa espera el momento en el que el ángulo entre los dos sistemas trifásicos de tensión es cero (generador y red) y procede a mandar una señal que, a través de un relé conectado al circuito de cierre del interruptor de acoplamiento, cierra el interruptor que acopla el generador síncrono a la red de forma automática.
- La precisión del equipo de sincronización construido resultó ser muy alta, cerrando el interruptor de acoplamiento en el momento en que exactamente el ángulo entre ambos sistemas trifásicos es cero. Para llegar a esta conclusión se comparó con un equipo de sincronización de otro fabricante y resultó que la precisión del equipo desarrollado en el presente proyecto y el otro equipo con el que se compara (mucho más caro) es la misma.
- Por tanto, se puede concluir que el equipo desarrollado en este proyecto cumple los objetivos marcados, consiguiendo sincronizar un generador síncrono a la red con la misma precisión que otros equipos de otros

fabricantes y consiguiendo una reducción de precio bastante notable (aproximadamente 5 veces menor).

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Fundamento teórico de la investigación

Un generador es una máquina eléctrica que convierte la energía mecánica en energía eléctrica desde un concepto fundamental, para que los usuarios finales puedan contar con energía eléctrica se tiene que pasar por diferentes etapas desde el movimiento del rodete impulsado por un agente externo, control de la frecuencia, excitar el campo magnético del rotor para tener voltaje en la bornera del generador, sincronizar y finalmente transferencia de energía.

2.3.2. Generador sincrónico

Es el más utilizado en todo el mundo para producir energía eléctrica. Pueden trabajar como generador o como motor. Las partes más importantes son el estator (inducido) es la parte fija y el rotor (inductor) que es la parte móvil (6).

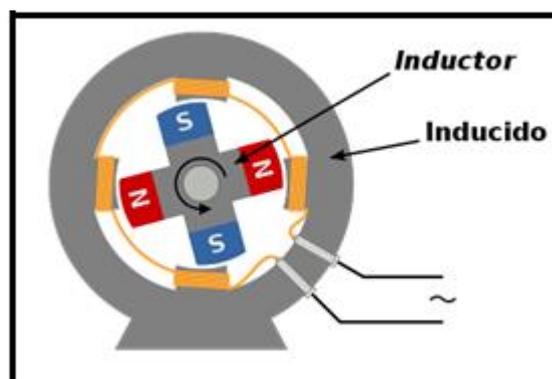


Figura 66. Generador sincrónico. Tomado de Generador sincrónico, por Wikipedia, 2019, Disponible de https://es.wikipedia.org/wiki/Generador_síncrono

2.3.3. Señal sinusoidal

Una corriente sinusoidal es conocida como corriente alterna. Su principal característica es que toma valores alternados (+ y -) y es la forma más comercial de entregar la energía eléctrica a los usuarios finales. (7)

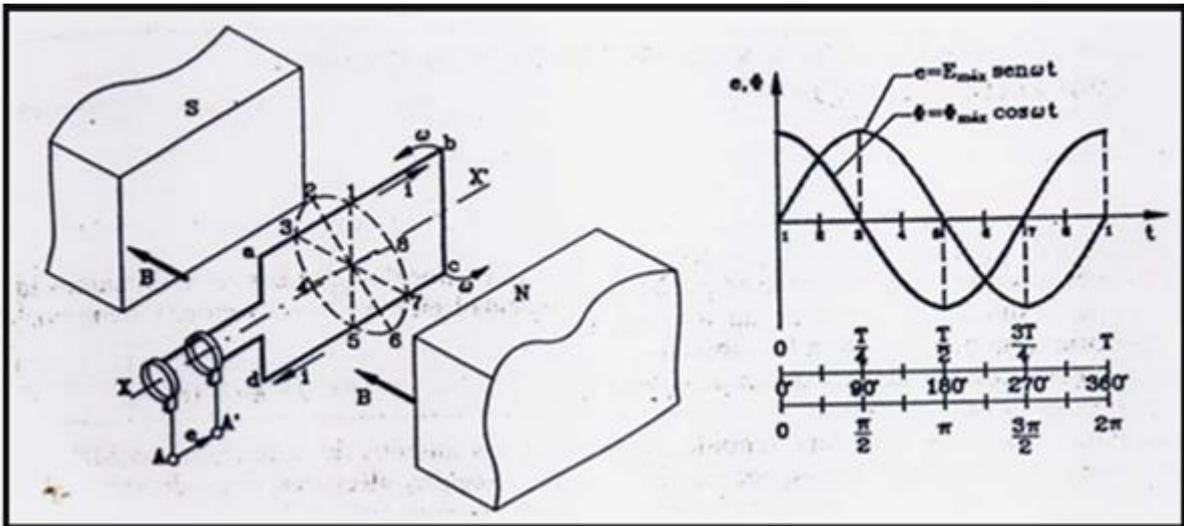


Figura 7. Generación de la señal sinusoidal. Tomado de "Generadores eléctricos: Dinamo y alternador", por Privacy Inc. Customer, 2015, Toronto, Canadá, [fecha de consulta 29 octubre 2017], disponible en https://www.areatecnologia.com/la_dinamo.htm

2.3.4. Representación gráfica de una onda senoidal

La función seno es la representación trigonométrica de la corriente alterna que se puede crear por la proyección sobre cualquier eje fijo de un vector giratorio.

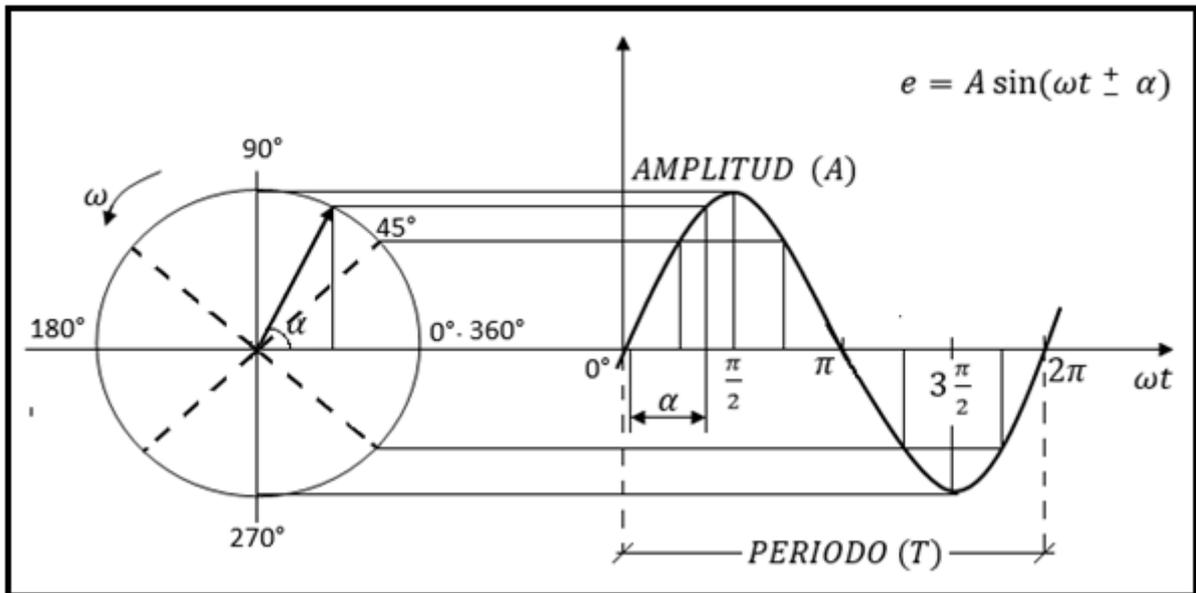


Figura 8. Representación gráfica de una onda senoidal. Tomado de “Circuitos de corriente alterna”, por G. Ferro, 2017, Argentina. Disponible de <https://www.studocu.com/en/document/uc-leuven-limburg/inkoop-en-productiebeheer/lecture-notes/corriente-alterna-monofasica/2779680/view>

A. Frecuencia. Es la cantidad de veces que pasa una señal por un punto determinado en una unidad tiempo

Su unidad de medida es el Hertz (Hz). La frecuencia en el Perú es de 60 Hz.
(10)

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

B. Periodo. Es el inverso de la frecuencia, se define como, el tiempo que demora la señal en completar un ciclo completo de la onda. (11)

$$T = \frac{1}{f}$$

C. Valor instantáneo. Es el valor de la función senoidal en un instante determinado.

D. Valor máximo. Es el máximo valor que toma la onda (12)

E. Valor medio. De la onda senoidal es cero, porque la semionda positiva es igual y de signo contrario a la semionda negativa. (13)

F. Valor eficaz. Conocido como valor rms (valor cuadrático medio) es el valor que se mide con las herramientas de medición. Se aplica también a los voltajes y tensiones inducidas. (14)

$$E = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707 E_{max}$$

2.3.5. Fase y ángulo de fase

A. Fase. Es un fenómeno cuya magnitud varía periódicamente en función del tiempo. (15)

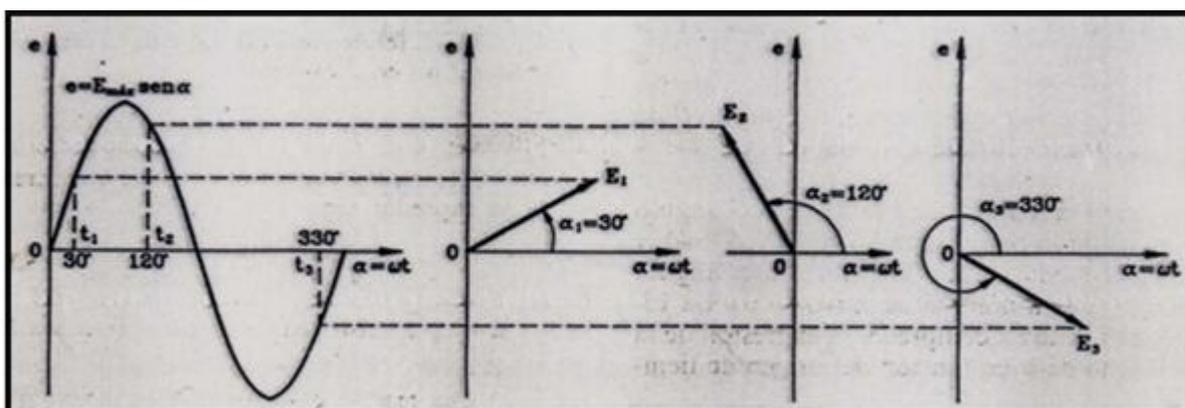


Figura 9. Fase. Tomado de "Circuitos de corriente alterna", por G. Ferro, 2017, Argentina. Disponible de <https://www.studocu.com/en/document/uc-leuven-limburg/inkoop-en-productiebeheer/lecture-notes/corriente-alterna-monofasica/2779680/view>

La expresión general de una onda de fem se puede expresar de este modo:

$$e = E_{max} \text{Sin} (\omega t \pm \varphi)$$

Donde:

E_{max} = Es la amplitud máxima que alcanza la señal.

ω_0 = Es la velocidad de variación de fase en rad/s. recordemos, que la fase está directamente relacionada con el periodo en segundos

φ = Es el ángulo de fase para $\omega t=0$

B. Angulo de fase o diferencia de fase. Es el ángulo formado entre dos ondas senoidales. A la diferencia de estas se denomina desfase.

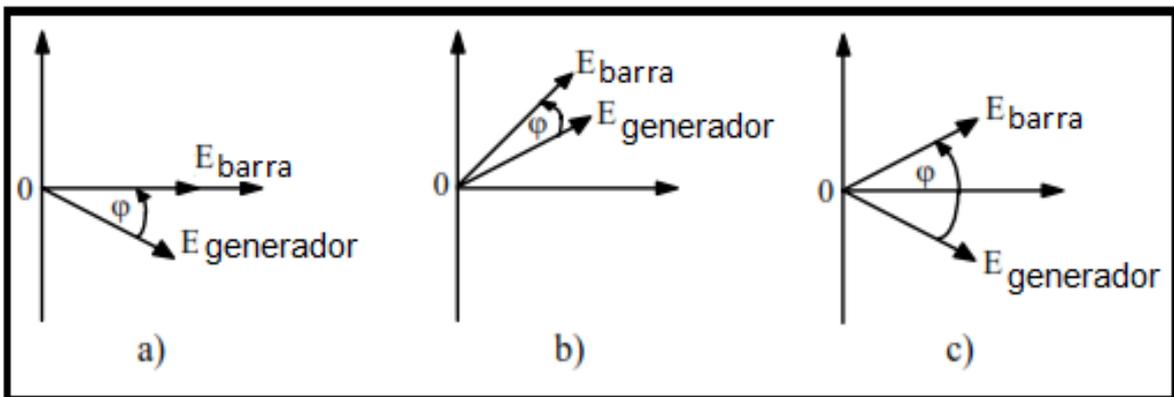


Figura 10. Diferencia de fases entre dos magnitudes senoidal. Tomado de “Circuitos de corriente alterna”, por G. Ferro, 2017, Argentina. Disponible de <https://www.studocu.com/en/document/uc-leuven-limburg/inkoop-en-productiebeheer/lecture-notes/corriente-alterna-monofasica/2779680/view>

2.3.6. Suma de dos ondas senoidal en fase

Dos ondas de fem e_1 y e_2 , de igual frecuencia f , con ángulo de fase igual a cero, $\varphi = 0$, sus términos algebraicos son los siguientes:

$$e_1 = E_{\max 1} \cdot \sin \omega t \quad y \quad e_2 = E_{\max 2} \cdot \sin \omega t$$

La suma de estas crea otra de igual frecuencia f , en fase y con una amplitud igual a la suma de la amplitud de cada una de las dos tal como se aprecia en la Figura 11.

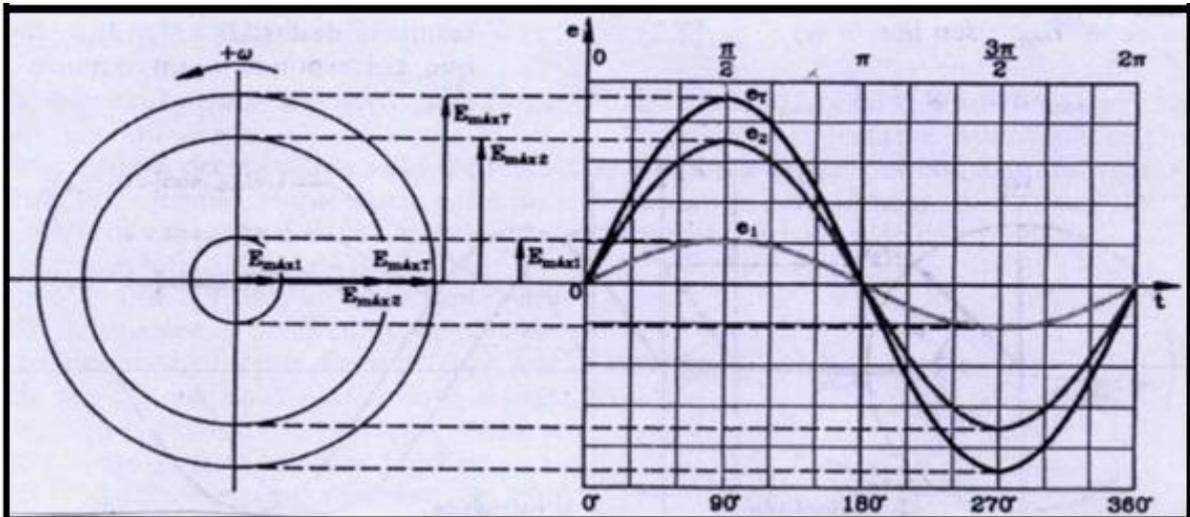


Figura 11. Suma de dos ondas en fem en fase. Tomado de “Circuitos de corriente alterna”, por G. Ferro, 2017, Argentina. Disponible de <https://www.studocu.com/en/document/uc-leuven-limburg/inkoop-en-productiebeheer/lecture-notes/corriente-alterna-monofasica/2779680/view>

$$e_T = e_1 + e_2 = E_{\max 1} \cdot \sin \omega t + E_{\max 2} \cdot \sin \omega t = (E_{\max 1} + E_{\max 2}) \cdot \sin \omega t$$

2.3.7. Suma de dos ondas desfasadas

Sean dos fem tales que:

$$e_1 = E_{\max 1} \cdot \sin \omega t \quad \text{y} \quad e_2 = E_{\max 2} \cdot \sin (\omega t + \varphi)$$

El procedimiento es el mismo, pero el resultado final es diferente, dependerá del valor del ángulo φ de desfase que tengan las dos ondas.

$$e_T = e_1 + e_2 = (E_{\max 1} + E_{\max 2} \cdot \cos \varphi) \cdot \sin \omega t + (E_{\max 2} \cdot \sin \varphi) \cdot \cos \omega t$$

Además de los términos algebraica y la representación cartesiana de los valores instantáneos, se requiere conocer el valor máximo E_{\max} de la fem total, para luego calcular su correspondiente valor eficaz.

$$E_{\max T} = \sqrt{E_{\max 1}^2 + E_{\max 2}^2 + 2 \cdot E_{\max 1} \cdot E_{\max 2} \cdot \cos \varphi}$$

$$\varphi_T = \arctg \left[\frac{E_{\max 2} \cdot \sin \varphi}{E_{\max 1} + E_{\max 2} \cdot \cos \varphi} \right]$$

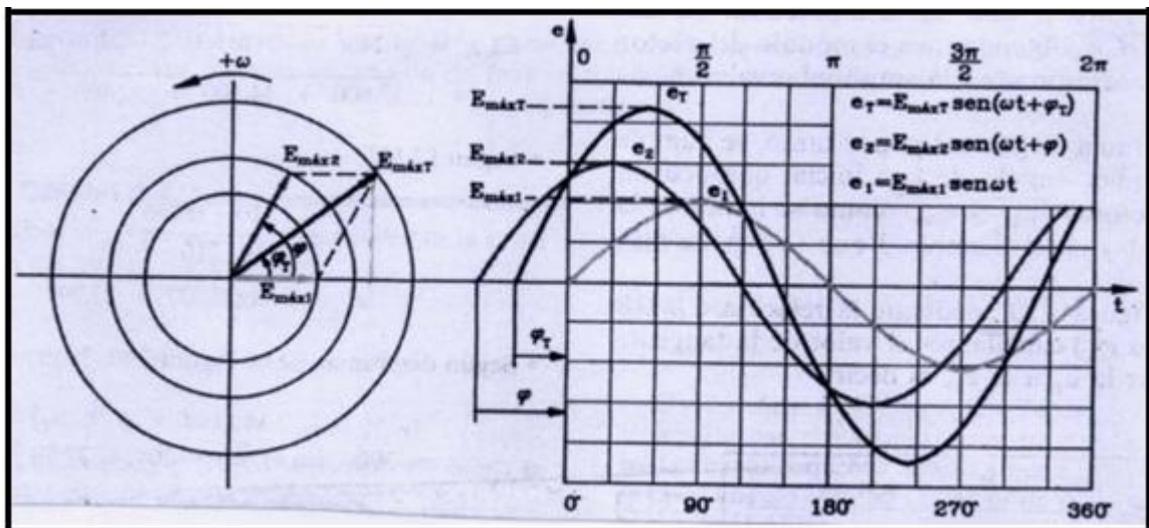


Figura 12. Suma de dos ondas desfasadas en un ángulo φ . Tomado de "Circuitos de corriente alterna", por G. Ferro, 2017, Argentina. Disponible de <https://www.studocu.com/en/document/uc-leuven-limburg/inkoop-en-productiebeheer/lecture-notes/corriente-alterna-monofasica/2779680/view>

Ejemplo de desfase entre dos ondas sinusoidales

Sean dos ondas senoidales desfasadas.

Bus Infinito

Generador

$$e_1 = 7 \text{ Sen } (wt)$$

$$e_2 = 10 \text{ Sen } (wt + 25^\circ)$$

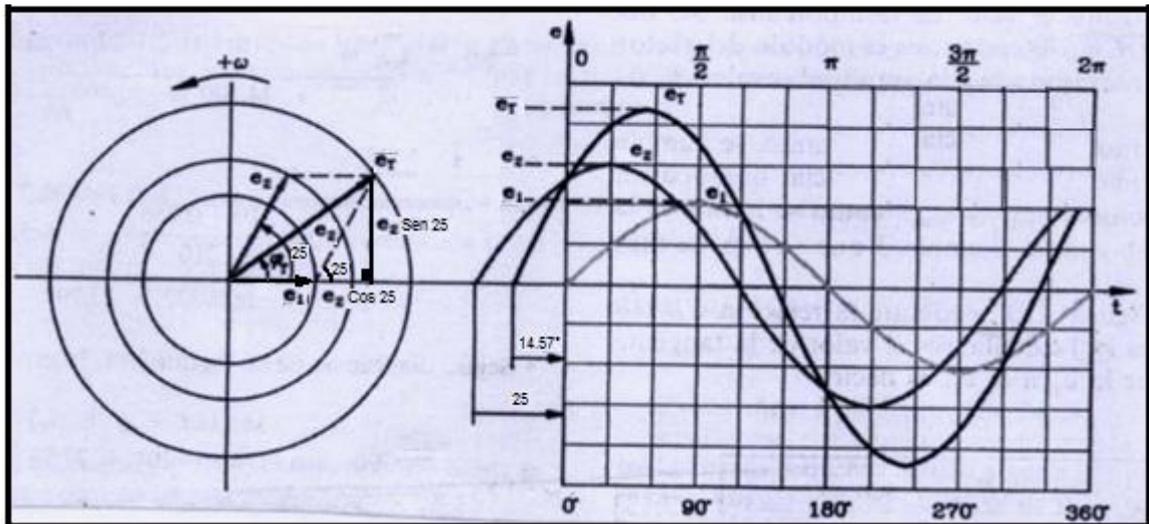


Figura 13. Cálculo del ángulo de desfase ϕ . Tomado de “Circuitos de corriente alterna”, por G. Ferro, 2017, Argentina. Disponible de <https://www.studocu.com/en/document/uc-leuven-limburg/inkoop-en-productiebeheer/lecture-notes/corriente-alterna-monofasica/2779680/view>

Hallando la Resultante del Paralelogramo – (Teorema del Coseno)

$$e_T^2 = e_1^2 + e_2^2 + 2e_1 \cdot e_2 \cos \varphi$$

$$e_T = \sqrt{7^2 + 10^2 + 2(7)(10)\cos(25)} = \sqrt{149 + 140\cos(25)} =$$

$$\sqrt{149 + 140(0.91)}$$

$$e_T = \sqrt{149 + 127.4} = \sqrt{276.4} = \mathbf{16.62}$$

Hallando el ángulo de desfase (φ_T)

$$Tg_{\varphi_T} = \frac{e_2 \text{ Sen } \varphi}{e_1 + e_2 \cos \varphi}$$

$$\varphi_T = \text{arcoTg} \left(\frac{10 \text{ Sen } (25)}{7 + 10 \text{ Cos } (25)} \right) = \text{arcoTg} \left(\frac{10(0.42)}{7 + 10(0.91)} \right)$$

$$\text{arcoTg} = \left(\frac{4.2}{16.1} \right)$$

$$\varphi_T = 14.57^\circ \text{ (Angulo de desfase entre las dos ondas sinusoidales)}$$

2.3.8. Técnicas de sincronización

Las condiciones requeridas para sincronizar el generador de C.H. Ingenio con la barra en 2.3 kV son:

- i. Las tensiones RMS (valor eficaz) del generador y de la barra deben ser iguales.
- ii. Inspección del sentido de giro del generador (secuencia de fases).
- iii. Los ángulos de fase de las dos fases homólogas deben ser iguales (ángulo de desfase igual a cero).
- iv. La frecuencia del generador, llamado en aproximación, debe ser ligeramente mayor que la frecuencia de la barra en 2.3 kV.

A. Técnica de las tres lámparas apagadas

Esta técnica consiste en conectar tres lámparas entre las fases del bus infinito y el generador (RR' , SS' , TT'), la diferencia de potencial entre las lámparas indica si se cumplen las condiciones, es decir, cuando las lámparas están apagadas nos indica que el ángulo de desfase es 0. En ese instante se tiene que cerrar el interruptor de potencia.

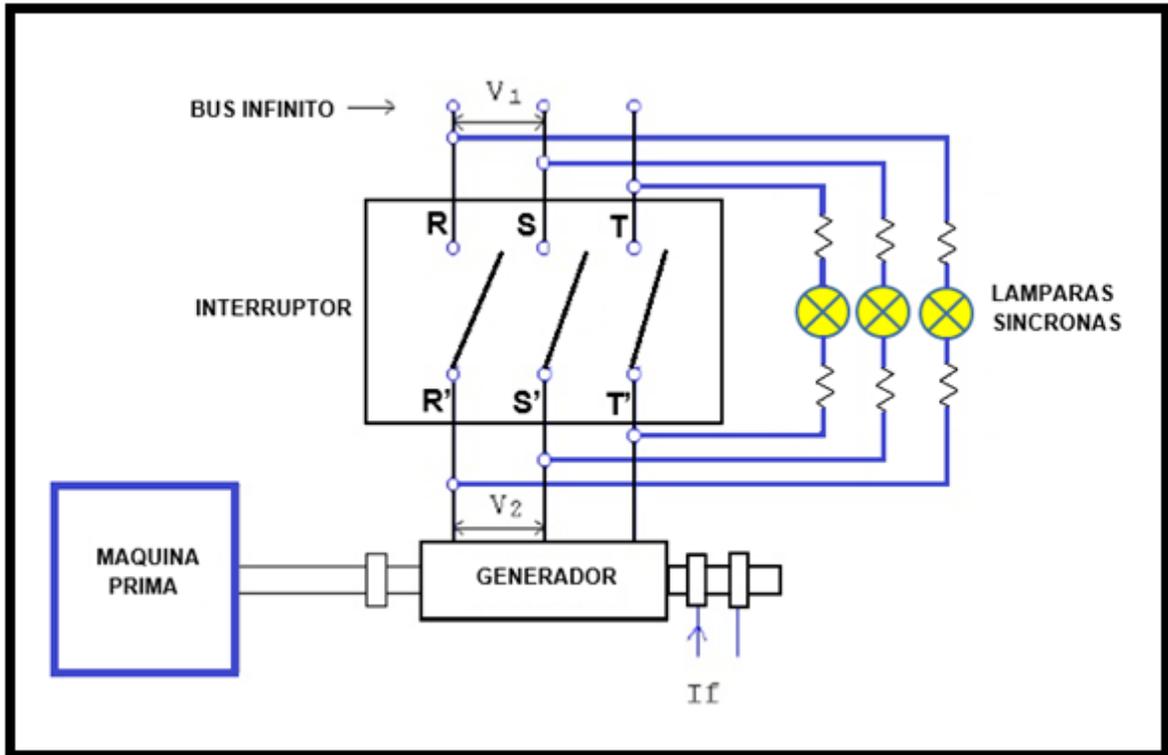


Figura 14. Diagrama de conexión de las lámparas apagadas. Tomado de “Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil”, por H. Ramírez y R. Sánchez, 2012, Rio Bamba, Ecuador, Tesis (Título de ingeniero en mantenimiento) disponible en https://www.academia.edu/15062979/sincronizacion_de_generadores.

$$V_{RR'} = V_R - V_{R'}$$

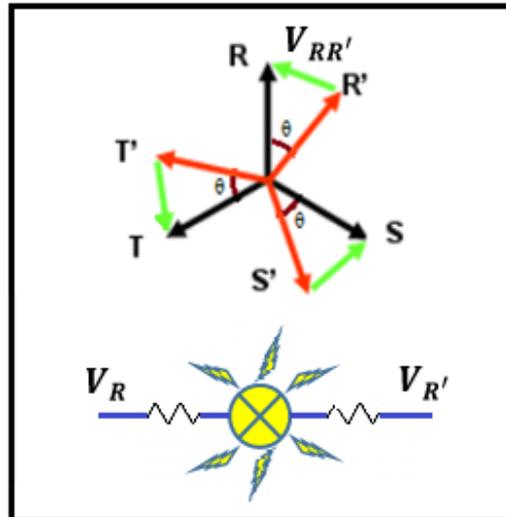


Figura 15. Diferencia de potencial. Tomado de “Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil”, por H. Ramírez y R. Sánchez, 2012, Rio Bamba, Ecuador, Tesis (Título de ingeniero en mantenimiento) disponible en https://www.academia.edu/15062979/sincronizacion_de_generadores.

La diferencia de potencial entre la fase hace que encienda la lámpara conectada entre el bus infinito y el generador. En estas condiciones no se puede cerrar el interruptor de potencia, cómo se muestra en la figura 15

El ángulo de desfase es cero tal como se muestra en la figura 16. Bajo estas condiciones se puede cerrar el interruptor de potencia.

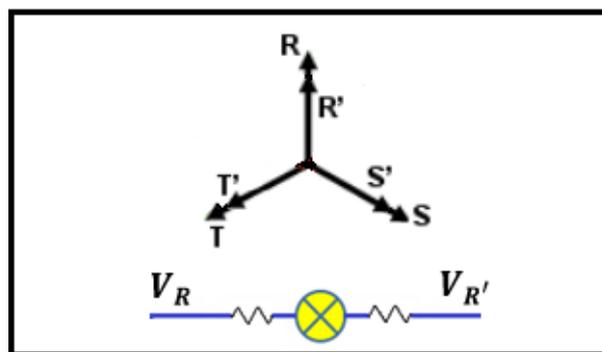


Figura 16. Ángulo de desfase. Tomado de “Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil”, por H. Ramírez y R. Sánchez, 2012, Rio Bamba, Ecuador, Tesis (Título de ingeniero en mantenimiento) disponible en https://www.academia.edu/15062979/sincronizacion_de_generadores.

B. Método de las lámparas giratorias (dos encendidas y una apagada)

Las diferencias de potencial entre las lámparas varían en módulo si las velocidades de rotación son diferentes. Cuando están en sincronismo la lámpara RR' está apagada y las otras dos brillan igualmente. Pero de no ocurrir esto, se ve el encendido alternativamente en un sentido u otro como si girasen, indicando que la máquina va más lenta o rápida. Una vez cumplida las condiciones se puede decir que las máquinas están es sincronía.

A continuación, se indica un esquema con todas estas características. En la figura 17 se puede ver un voltímetro llamado voltímetro cero, se coloca como indica el esquema entre la misma fase y recibe su nombre debido a que cuando indica un valor de cero voltios el generador está en sincronía

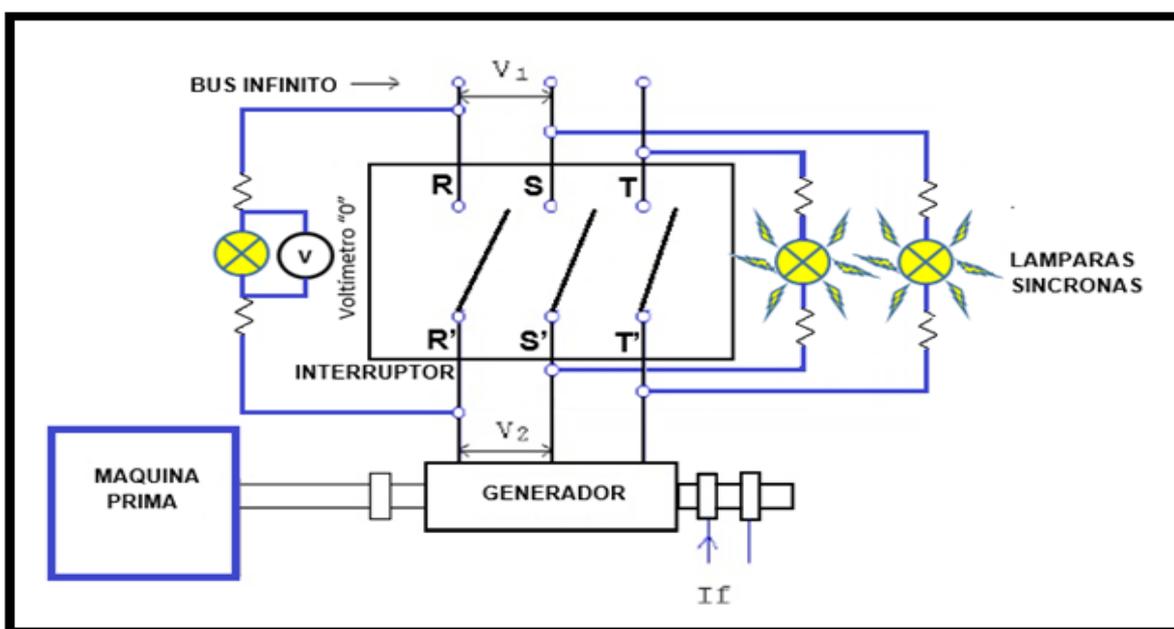


Figura 17. Diagrama de conexión de las lámparas giratorias. Tomado de "Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil", por H. Ramírez y R. Sánchez, 2012, Rio Bamba, Ecuador, Tesis (Título de ingeniero en mantenimiento) disponible en https://www.academia.edu/15062979/sincronizacion_de_generadores.

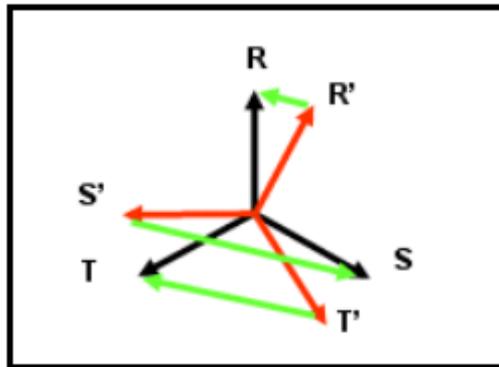


Figura 18. Diferencia de Potencial da las lámparas giratorias. Tomado de “Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil”, por H. Ramírez y R. Sánchez, 2012, Rio Bamba, Ecuador, Tesis (Título de ingeniero en mantenimiento) disponible en https://www.academia.edu/15062979/sincronizacion_de_generadores.

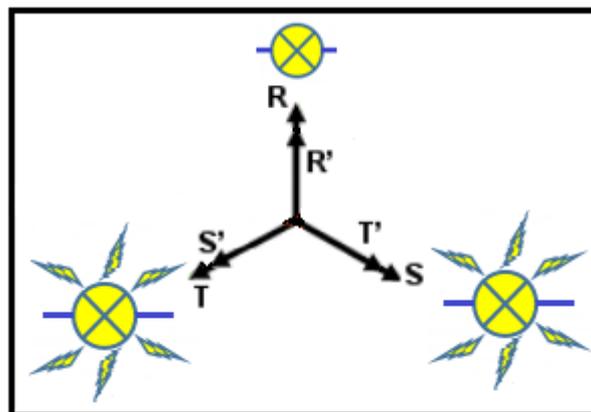


Figura 19. Indicadores de sincronización. Tomado de “Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil”, por H. Ramírez y R. Sánchez, 2012, Rio Bamba, Ecuador, Tesis (Título de ingeniero en mantenimiento) disponible en https://www.academia.edu/15062979/sincronizacion_de_generadores.

C. Método del sincronoscopio

Un sincronoscopio es un instrumento que nos indica la sincronía del generador y del sistema. Si la aguja gira en sentido horario nos muestra que el grupo esté adelantado; si la aguja gira en sentido antihorario, nos indica que el generador está retrasado con relación a la frecuencia del sistema.

Si coinciden las frecuencias y las fases, y la aguja se colocará en el punto medio, esto nos indica que se tiene que cerrar el interruptor de potencia en ese preciso momento.

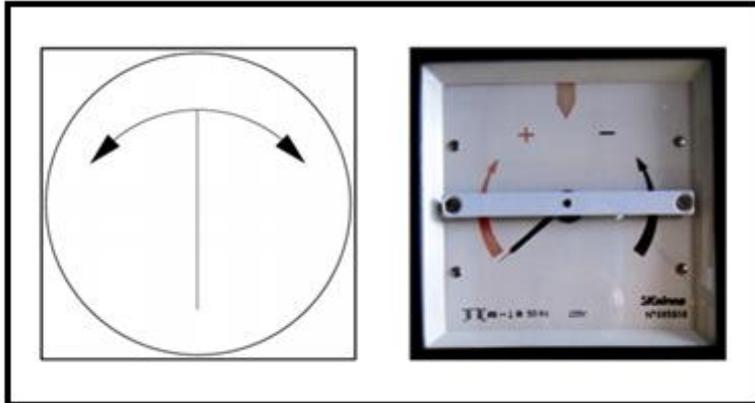


Figura 20. Sincronoscopio. Tomado de “Máquinas eléctricas”, por Automattic, Inc, 2017, USA, <https://maquinaselectricasblog.wordpress.com/sistema-infinito/>

2.3.9. Procedimiento de sincronización manual de la central hidroeléctrica Ingenio

Se utiliza la técnica de las tres bombillas apagadas, en un tablero se tiene instaladas tres bombillas de 100 W que sirve como indicador del ángulo de desfase, cuando estas se apagan por completo el técnico electricista de turno asume que el ángulo de desfase es cero procediendo a cerrar el interruptor de potencia para conectar el generador con la barra en 2.3 kV

Para sincronizar manualmente el generador con la barra en 2.3 kV es preciso cumplir con ciertas condiciones: Cuando ya se dispone del caudal necesario

- i. El técnico electricista abre la perilla del limitador de apertura de los alabes de la turbina, hasta alcanzar las 900 RPM.
- ii. El técnico electricista cierra el interruptor de la excitatriz
- iii. El volante del reóstato tiene que girar en sentido horario para alcanzar los 2300 voltios en la bornera del generador
- iv. El técnico electricista realizara la siguiente sucesión:
 - Iguala la tensión del generador y de las barras (sistema) con el volante del reóstato.

- Iguala las frecuencias (HZ) del generador y del sistema, con la perilla del limitador de apertura de los alabes.
- Espera que las bombillas queden en tensión cero (apagado). Para pulsar el botón de cierre del interruptor del grupo. (16)

El esquema utilizado para la conexión de las bombillas es el siguiente:

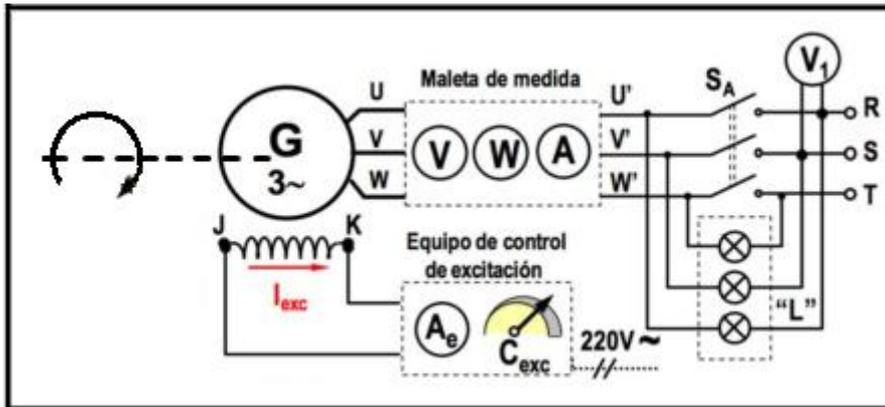


Figura 21. Diagrama esquemático. Tomado de “Diseño y construcción de un equipo de sincronización automático para máquinas síncronas”, por R. Buenadicha, 2015, Madrid, España, Tesis (Título de Ingeniero Electromecánico). Disponible <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/6470/1/TFG001467.pdf>

En la figura 21 se puede visualizar el esquema completo de la técnica de sincronización con bombillas apagadas.

2.3.9.1. Consecuencias de una errada sincronización manual

Cerrar el interruptor con uno de los parámetros fuera de los márgenes permisibles tendría una implicancia negativa para el generador, y la red eléctrica.

A. Cierre del interruptor con un elevado nivel de voltaje del generador

- Se generaría flujo de reactiva el generador hace que pueda dañar su propio estator por sobre calentamiento.

B. Cierre del interruptor con una excesiva frecuencia del generador

- Ocasionaría que el eje del generador se desalinee.
- Deterioro de los cojinetes axial y radial

C. Cierre del interruptor con un ángulo de desfase

- Cerrar el interruptor con un desfase es equivalente a un corto circuito trifásico en la bornera del generador, los daños ocasionados al generador y a la red eléctrica dependerá de que tan grande es el ángulo de desfase.
- Cada maniobra de sincronización con desfases mínimos acumula fatiga al generador reduciendo su vida útil de manera considerable,
- Si el ángulo de desfase es mayor a 120° es una maniobra destructiva para el generador.

Tabla 8

Indicadores de las lámparas antes de sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV

INDICADOR	SIGNIFICADO	CORRECCIÓN	OBSERVACIÓN	DESVENTAJA
3 bombillas apagadas	El ángulo de desfase del generador y la barra (red eléctrica) es igual a cero	No Aplica	No se sabe el tiempo que estén en fase Puede existir una tensión apreciable, pero insuficiente para encender las lámparas	No se puede predecir el tiempo que estén en fase.
3 bombillas con igual brillo oscilante	Existe una diferencia de frecuencias	Abrir o cerrar los alabes del rodete para elevar o bajar la frecuencia del generador.	La distancia entre el regulador de velocidad y el frecuencímetro analógico es de 35 m	Extiende el tiempo de sincronización
3 bombillas con diferente brillo oscilante	Secuencia de fase diferentes.	Intercambiar el conexionado de las tres bombillas.	No Aplica	Extiende el tiempo de sincronización
3 bombillas con igual brillo	Nivel de tensiones desiguales.	Elevar o reducir la corriente de excitación.	Regulación manual del reóstato	Extiende el tiempo de sincronización

2.3.10. Oscilación generada por una errada sincronización manual

Cuando el generador síncrono se conecta en paralelo con el sistema de potencia en operación, inicialmente gira más rápido y tiene una frecuencia más alta que el sistema de potencia. Una vez conecta en paralelo, hay un periodo transitorio antes de que el generador se estabilice y trabaje en la misma frecuencia de línea a la vez que suministra a la carga una pequeña cantidad de la potencia.

Se puede apreciar los campos magnéticos y el diagrama fasorial del generador justo antes de conectarse en paralelo con el sistema de potencia, en este caso, el generador en aproximación no alimenta ninguna carga, la corriente en el estator es cero. (17)

$$E_A = V_\phi \quad y \quad B_R = B_{net}$$

Donde:

$E_A =$ Voltaje interno generado por un generador síncrono.

$V_\phi =$ Voltaje de salida de un generador (terminales).

$B_R =$ Campo magnético del rotor

$B_{net} =$ Campo magnético neto

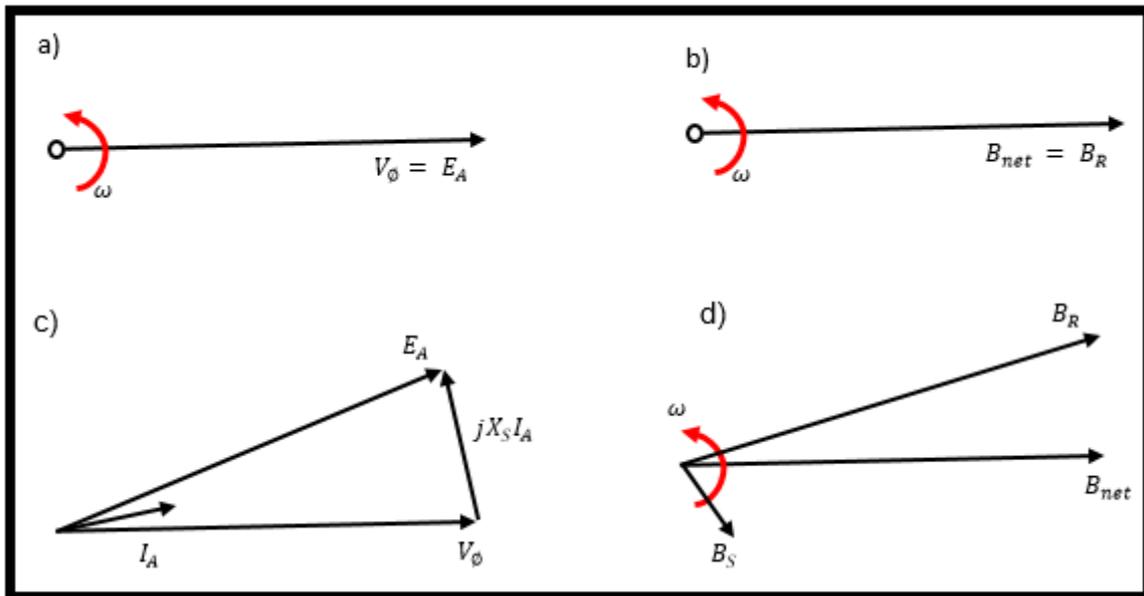


Figura 22. Diagrama fasorial y campo magnético de un generador al momento de la conexión con el sistema de potencia. Tomado de “Libro de máquinas eléctricas”, por S. Chapman, 2012, México, ISBN 978-0-07-352954-7

Nota. “En el diagrama fasorial d. el rotor se adelanta a los campos magnéticos netos y produce un par en el sentido de las manecillas del reloj. Este par disminuye la velocidad del rotor hasta llegar a la velocidad del sistema de potencia” (17)

“Exactamente en el tiempo $t=0$ se cierra el interruptor para conecta el generador con el sistema de potencia, lo que causa que fluya una corriente en el estator. Ya que el rotor del generador aun gira más rápido que la velocidad del sistema continúa moviéndose por delante del voltaje del sistema V_ϕ el par inducido en el eje del generador está dado por lo siguiente:” (17)

$$t_{ind} = k B_R \cdot B_{net}$$

Donde:

t_{ind} = Par inducido

k = constante que representa la construcción de la maquina

B_R = Campo magnetico del rotor

$B_{net} = \text{Campo magnetico neto}$

La dirección de este par es contraria a la dirección del movimiento y se incrementa conforme aumenta el ángulo de fase entre E_A y V_ϕ o B_R y B_{net} . Este par opuesto a la dirección del movimiento disminuye la velocidad del generador hasta que finalmente gira a velocidad síncrona con el resto del sistema de potencia.

“De manera similar, si el generador gira a una velocidad menor a la velocidad síncrona cuando se conecta en paralelo con el sistema de potencia, entonces el rotor queda en retraso con respecto a los campos magnéticos netos y se induce en el eje de la máquina un par en la dirección del movimiento este par incrementa la velocidad del rotor hasta que gire a velocidad síncrona.” (17)

2.3.10.1. Transitorios en corto circuito en generadores trifásicos

La condición transitoria más severa que se puede presentar en un generador síncrono es la situación en la que los tres terminales del generador entran en corto circuito, lo que es ocasionado por un excesivo ángulo de desfase entre el generador y el sistema de potencia al momento de la conexión o por algún otro evento no deseado.

Cuando se presenta una falla en un generador síncrono, el flujo de corriente resultante en las fases del generador es como el que se observa en la figura 23. La corriente de cada fase que se muestra en la figura 23 se puede representar como un componente transitorio de cd añadido sobre un componente de ca simétrico. El componente de ca simétrico se puede ver en la figura 24.

“Antes de la falla se presenta tanto corrientes de ca como cd. ¿De dónde salen estas corrientes? Recuérdese que en un generador síncrono es básicamente inductivo, este modelado por un voltaje interno generado en serie con la reactancia síncrona. También, recuérdese que una corriente no puede cambiar instantáneamente en un inductor, cuando se presenta una falla, el componente de ca de la corriente salta a un valor muy alto, pero la corriente total no puede cambiar en ese instante.”(17)

El componente de cd de la corriente es suficientemente grande como para que la suma de los componentes de ca que fluye justo antes de la falla. Debido a que los valores instantáneos de la corriente en el momento de la falla son diferentes en cada fase la magnitud del componente de cd de la corriente será diferente en cada fase.

“Estos componentes de cd de la corriente decaen con rapidez, pero al principio representan 50 o 60% del flujo de la corriente de ca en promedio en el instante después de que se presente la falla. Por lo tanto, por lo regular la corriente total inicial es 1.5 o 1.6 veces al componente de ca.”(17)

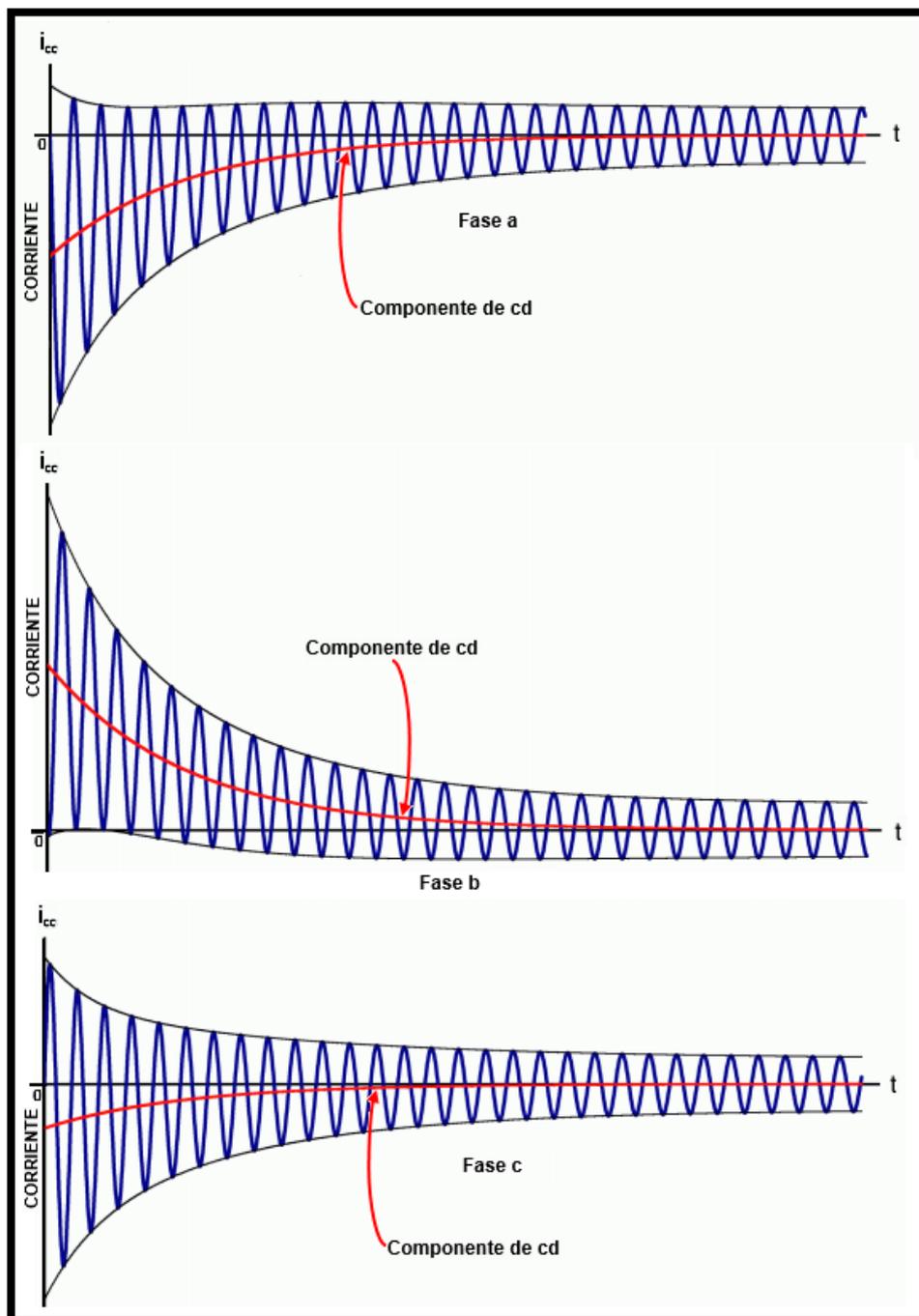


Figura 23. Corrientes de falla por fase de un generador. Tomado de Máquinas Eléctricas, por S. Chapman, 2012, México, ISBN 978-0-07-352954-7

El componente de ca simétrico de la corriente se muestra en la figura 24. Este se puede dividir en tres periodos. Periodo subtransitorio, periodo transitorio, periodo en estado estacionario o permanente.

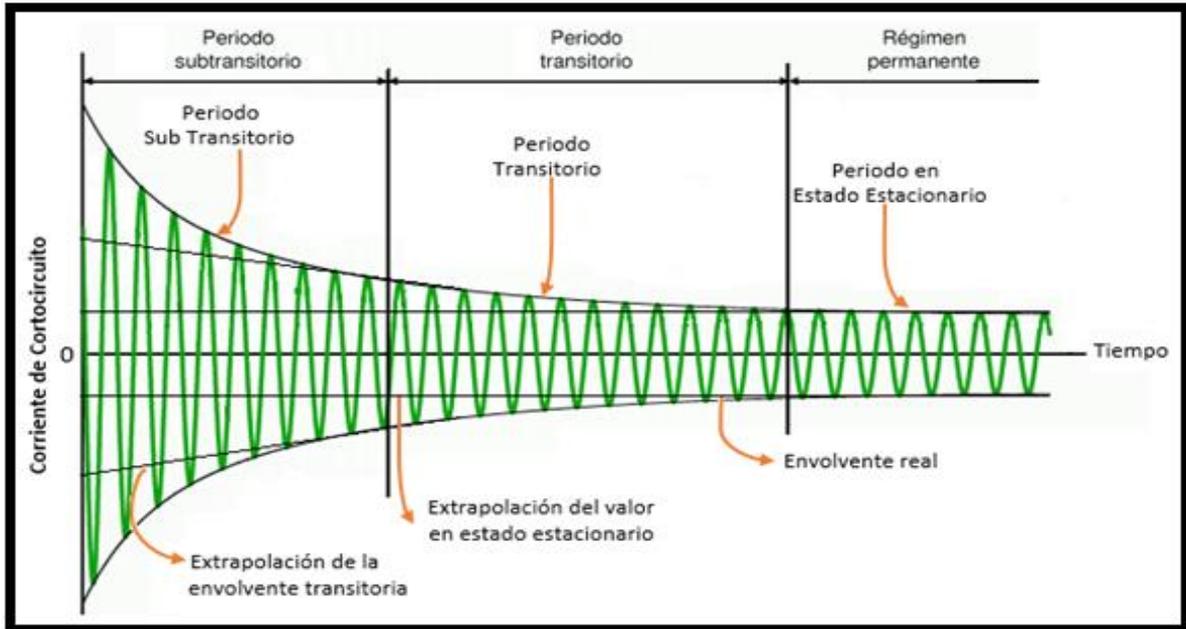


Figura 24. Componente simétrico de ca de la corriente en falla. Tomado de Máquinas Eléctricas, por S. Chapman, 2012, México, ISBN 978-0-07-352954-7

“La corriente rms (valor eficaz) de ca que fluye en el generador durante el periodo subtransitorio se llama corriente subtransitoria y se denota con el símbolo I'' . Asimismo, la constante de tiempo de la corriente subtransitoria tiene el símbolo T'' y se puede calcular con base en la pendiente de la corriente sub transitoria de la figura 24. A menudo, esta corriente es 10 veces el valor de la corriente de falla en estado estacionario.” (17)

“La corriente rms de ca que fluye dentro del generador durante el periodo transitorio se llama corriente transitoria y se denota con el símbolo I' . Esta corriente la causa un componente de cd de la corriente inducida en el circuito de campo en el momento del corto. Esta corriente de campo incrementa el voltaje interno generado y causa un incremento en la corriente de falla. Debido a que la constante de tiempo del circuito de campo de cd es mucho más grande que la constante de tiempo, el periodo transitorio dura mucho más que el periodo subtransitorio. Esta constante de tiempo tiene el símbolo T' . La corriente rms promedio durante el periodo transitorio a menudo es mucho mayor que 5 veces la corriente de falla en estado estacionario.” (17)

Después del periodo transitorio, la corriente de falla alcanza la condición de estado estacionario, entonces “la corriente en estado estacionario durante una falla se denota con el símbolo I_{SS} . Esta dada aproximadamente por el componente de frecuencia fundamental del voltaje interno generado E_A dentro de la máquina dividido entre su reactancia síncrona.” (18 pág. 189)

$$I_{SS} = \frac{E_A}{X_S} \quad \text{Estado Estacionario}$$

“La magnitud rms de la corriente de falla de ca en generador síncrono varía continuamente en función del tiempo. Si I'' es el componente subtransitorio de la corriente en el momento de la falla, I' es el componente transitorio de la corriente en el momento de la falla e I_{SS} es la corriente de falla en estado estacionario, entonces la magnitud rms de la corriente en cualquier momento después de la falla en los terminales del generador es la siguiente:” (17)

$$I(t) = (I'' - I')e^{\frac{-t}{T''}} + (I' - I_{SS})e^{\frac{-t}{T'}} + I_{SS}$$

“Se acostumbra a definir las reactancias subtransitorias y transitorias de una máquina síncrona para describir convenientemente los componentes subtransitorios y transitorios de la corriente de falla. La reactancia sub transitoria de un generador síncrono se define como la razón entre el componente fundamental del voltaje interno generado y el componente subtransitorio de la corriente al principio de la falla. Esa dada por:” (17)

$$X'' = \frac{E_A}{I''} \quad \text{Subtransitorio}$$

“De manera similar. La reactancia transitoria de un generador síncrono se define como la razón del componente fundamental de E_A y el componente transitorio de I' al principio de la falla.” (17)

$$X' = \frac{E_A}{I'} \quad \text{Transitorio}$$

2.3.11. Caso real del SEIN-Perú, sincronización manual fallida

“Los problemas de sincronización en el Perú se han presentado al efectuar maniobras en forma manual, ocasionando fuertes disturbios en el sistema y dando como resultado la desconexión inmediata o quedar en servicio con presencia de oscilaciones amortiguadas.” (18).

2.3.11.1. Sincronización fallida en el anillo de Tingo María

“Un caso de problema de sincronización ocurrió el 23 de diciembre del 2001 a las 10:54:55 horas en el anillo de Tingo María durante el mantenimiento de la línea de enlace Vizcarra-Paramonga Nueva (L-2253). El anillo de Tingo María en esa fecha tenía la configuración que se presenta en la Figura 25.” (18).

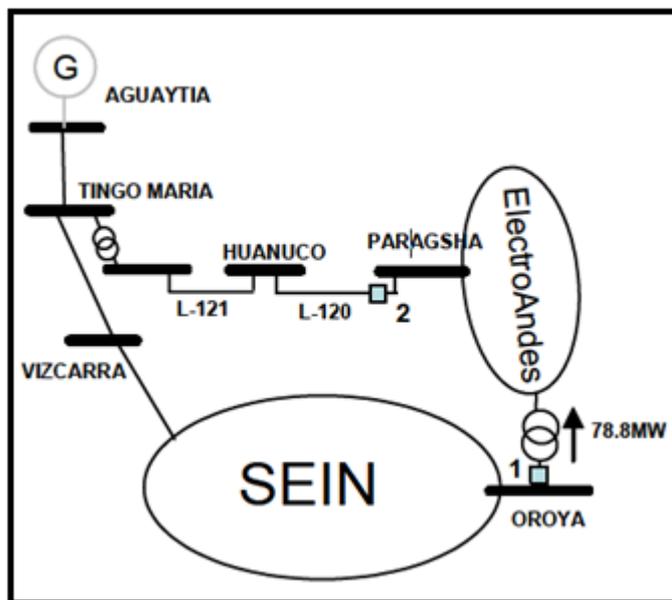


Figura 25. Diagrama unifilar del anillo de Tingo María. Tomado “Los desafíos de la Ingeniería en el Nuevo Milenio”, por F. Torres y J. Natividad. Expo Conimera, 2005, Lima, Perú, <http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=9fcc2bb3-9505-4adf-b833-061b10f9b423>

“El evento se inició con la desconexión del interruptor del lado 138 kV del autotransformador de 50 MVA y 220/138 kV, ubicado en la S.E. Tingo María, por

actuación de la protección de sobretensión, con lo cual el área Aguaytia quedó operando aislado del sistema con la carga de Antamina (ver Figura 26).” (18)

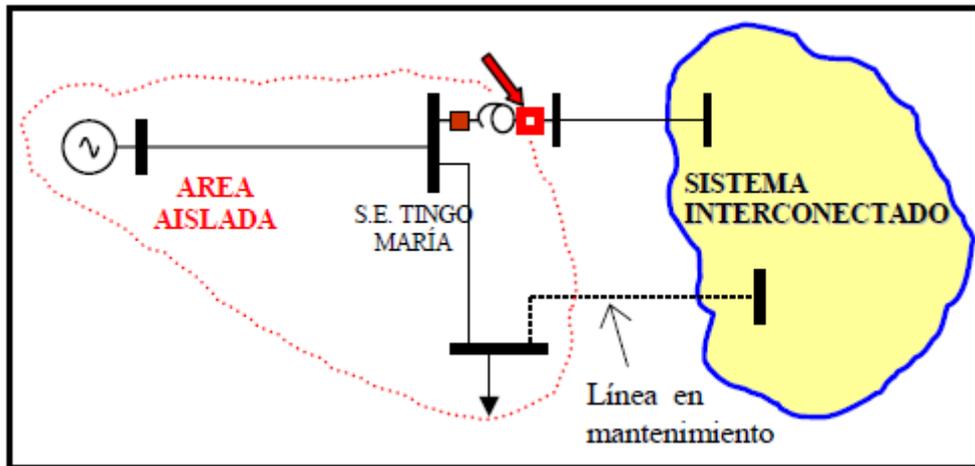


Figura 26. Diagrama unifilar del caso de sincronización fallida (falso paralelo). Tomado “Los desafíos de la Ingeniería en el Nuevo Milenio”, por F. Torres y J. Natividad. Expo Conimera, 2005, Lima, Perú, <http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=9fcc2bb3-9505-4adf-b833-061b10f9b423>

“En esta condición, en la S.E. Tingo María se procedió a cerrar nuevamente el interruptor sin verificar las condiciones de sincronismo; al suponer que aún se encontraba conectado al sistema a través de la línea de enlace Vizcarra-Paramonga Nueva (L-2253 en mantenimiento); con lo cual se provocó un fuerte disturbio manifestándose como una oscilación de potencia de 1.5 segundos de duración, que terminó con la desconexión de la C.T. Aguaytia al perder el sincronismo; quedando los suministros de esta área operativa conectados al sistema. En la S.E. Tingo María se obtuvo un registro oscilográfico del evento a través de la línea Huanuco-Tingo María (L-1121), en la que se aprecia el fenómeno dinámico acontecido, el mismo que se muestra en la Figura 27.” (18)

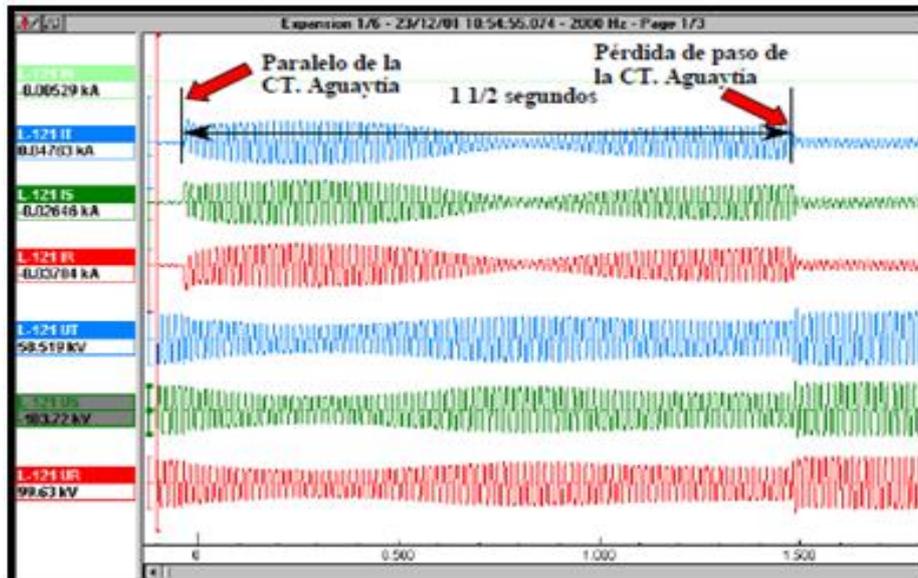


Figura 27. Osialografía de un caso de intento de sincronización manual del área operativa Aguaytia con el SEIN (llamado falso paralelo). Tomado “Los desafíos de la Ingeniería en el Nuevo Milenio”, por F. Torres y J. Natividad. Expo Conimera, 2005, Lima, Perú, <http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=9fcc2bb3-9505-4adf-b833-061b10f9b423>

“El fuerte disturbio que se aprecia en la oscilografía se debió al cierre del interruptor con una gran diferencia angular (aprox. 50°), apareciendo súbitamente una gran corriente por fase con una componente continua, similar a un corto circuito trifásico; seguido de una oscilación lenta al tratar el área aislada de acoplarse al sistema mayor; desapareciendo cuando las unidades de la central desconectaron por la pérdida de sincronismo.” (18)

2.3.11.2. Sincronización forzada del área sur peruano

“Un segundo caso de problemas de sincronización ocurrió el 24 de enero del 2004 a las 03:39:10 horas, al sincronizar el área sur al centro-norte después de una falla en las líneas de interconexión que los aisló. Después de la falla en la línea de 220 kV Cotaruse- Socabaya (L-2254), se energizó la línea desde la S.E. Cotaruse para sincronizar en la S.E. Socabaya en forma automática. Pero, al presentarse variaciones de frecuencia en el área sur, el relé de sincronismo no permitía el cierre del interruptor; motivo por el cual, se decidió realizarlo en forma manual pasando los controles a esta condición. Para realizar la maniobra manual se observó que las

condiciones eran muy cambiantes y se esperó el momento más propicio para efectuar el cierre del interruptor, ocasionando un fuerte disturbio en el sistema con la presencia de oscilaciones de potencia de 1.25 Hz de frecuencia, que se atenuaron en aproximadamente 5 segundos según se observa en la oscilografía registrada en la S.E. Socabaya que se muestra en la Figura 28.” (19 pág. 9)

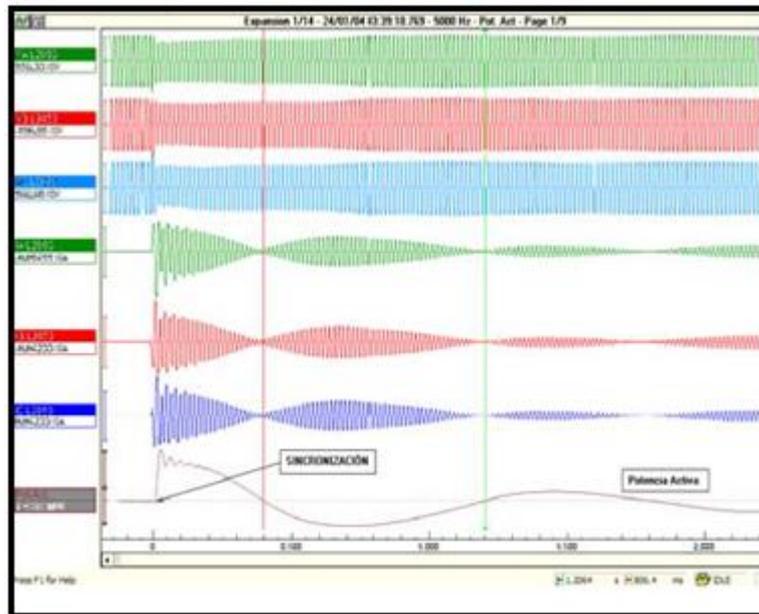


Figura 28. Oscilografía de los efectos de una sincronización manual forzada del área sur al centro norte efectuada en la se Socabaya. Tomado “Los desafíos de la Ingeniería en el Nuevo Milenio”, por F. Torres y J. Natividad. Expo Conimera, 2005, Lima, Perú, <http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=9fcc2bb3-9505-4adf-b833-061b10f9b423>

“El disturbio ocasionó la caída de tensión del 20% por fase en todas las barras cercanas a la S.E. Socabaya con una duración de 600 ms, luego del cual se recuperó (ver Figura 28), pero provocó la desconexión de algunas cargas industriales por actuación de la protección de mínima tensión.” (18)

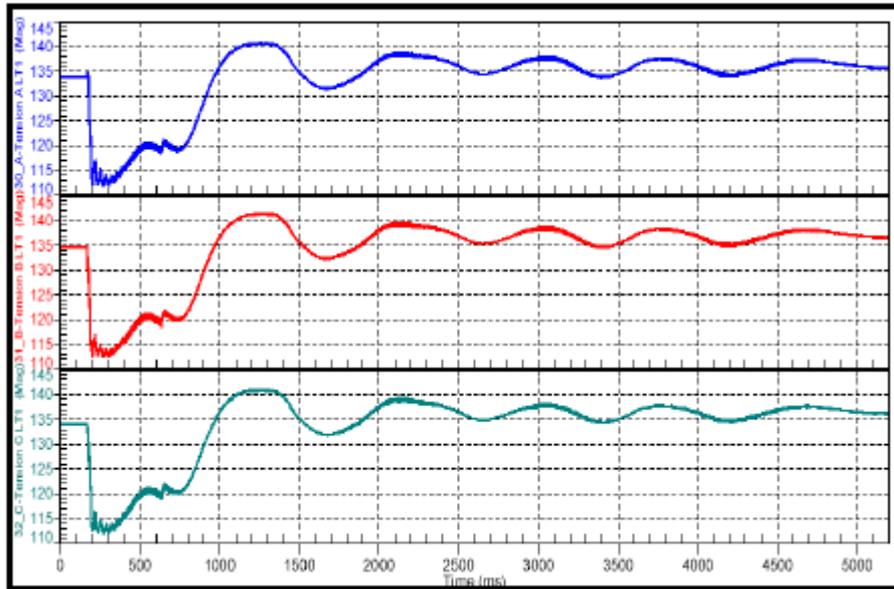


Figura 29. Oscilografía de tensión en la barra de 220 kV de la SED Ilo 2. Tomado “Los desafíos de la Ingeniería en el Nuevo Milenio”, por F. Torres y J. Natividad. Expo Conimera, 2005, Lima, Perú, <http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=9fcc2bb3-9505-4adf-b833-061b10f9b423>

El fuerte disturbio observado, se produjo al realizar la sincronización cuando los parámetros de los sistemas eran inadecuados. Con ayuda del registro oscilográfico mostrado en la Figura 30, se pudo determinar los parámetros en el instante de la sincronización entre ambos sistemas, siendo estos valores los siguientes: (18)

- Diferencia de frecuencia: $\Delta f = 0.2$ Hz;
- Diferencia de tensión: $\Delta V = 2.49$ kV y
- Diferencia de ángulo: $\Delta \delta = 91^\circ$.

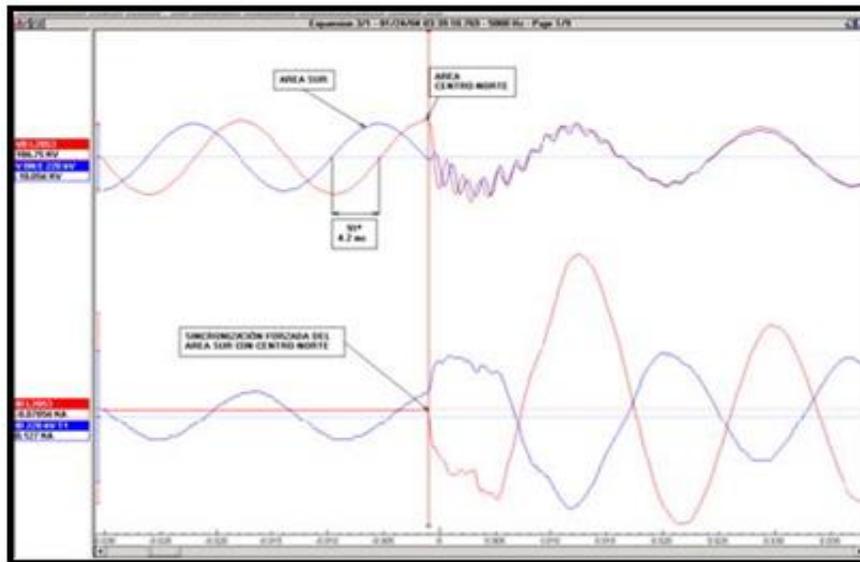


Figura 30. Análisis de la sincronización del área operativa sur al centro -norte mediante registró oscilografico. Tomado “Los desafíos de la Ingeniería en el Nuevo Milenio”, por F. Torres y J. Natividad. Expo Conimera, 2005, Lima, Perú, <http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=9fcc2bb3-9505-4adf-b833-061b10f9b423>

“De estos valores se concluye que el ángulo entre los sistemas al momento de la sincronización fue demasiado grande, es por ello que en el instante de cierre apareció una corriente de 1.25 kA y una caída de tensión en las tres fases, observando el sistema como si fuera un cortocircuito trifásico, pero se recuperó la condición estable luego de 5 segundos, sin desconectar ninguna generación del sistema. Como se ha podido apreciar, con la ayuda de los registros oscilográficos y los *softwares* disponibles para el análisis se puede llegar a determinar el origen de los problemas y sus efectos en los sistemas eléctricos de potencia.” (18)

2.3.12. Norma técnica de calidad del servicio eléctrico peruano

En este apartado solo se tendrá énfasis en las normas que están relacionadas con la presente investigación.

“Mediante Decreto Ley N. 25844, Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N. 009-93-EM, se dictaron normas para

el desarrollo de las actividades de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica” (19) Decreta lo siguiente:

Artículo 1. Apruébese la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos que consta de 8 títulos y 12 disposiciones finales, la cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

I. Objetivo. “El objetivo de la presente Norma es establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, y las obligaciones de las empresas de electricidad y los Clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N. 25844.” (19)

II. Base legal

- Decreto Ley N. 25844. Ley de Concesiones Eléctricas (Artículos 29, 31, 34, 36, 102 y aquellos que resulten aplicables).
- Decreto Supremo N. 009-93-EM. Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (Artículos 6, 55, 95, 183, 201, 239 y aquellos que resulten aplicables).
- Resolución Ministerial N. 365-95-EM / VME que aprueba la Escala de Multas y Penalidades a aplicarse en caso de incumplimiento a la Ley de Concesiones Eléctricas, su reglamento y demás normas complementarias.

III. Alcances

“La presente norma es de aplicación imperativa para el suministro de servicios relacionados con la generación, transmisión y distribución de la electricidad. El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:” (19)

a) Calidad de producto

- Tensión;
- Frecuencia;

- Perturbaciones

2.3.13. Estándares de calidad

“La calidad del producto suministrado al cliente se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega. El control de la calidad de producto se lleva a cabo en períodos mensuales, denominados períodos de control”. (19)

2.3.13.1. Tensión

A) Tolerancias. “Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como urbano-rurales y/o rurales, dichas tolerancias son de hasta el $\pm 7.5\%$. Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del período de medición.” (19)

B) Compensaciones por mala calidad de tensión. “Los suministradores deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del producto no satisface los estándares fijados en la norma. Las compensaciones se calculan, para el período de medición, en función a la energía entregada en condiciones de mala calidad en ese período.” (19)

2.3.13.2. Frecuencia

A) Tolerancias. “Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal, en todo nivel de tensión” (19) son las siguientes:

- Variaciones Sostenidas: $\pm 0.6\%$.
- Variaciones Súbitas: ± 1.0 Hz.
- Variaciones Diarias: ± 600.0 Ciclos

B) Compensaciones por mala calidad de frecuencia. “Los suministradores deben compensar a sus clientes, por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del producto no satisface los estándares fijados en la norma. Las compensaciones por variaciones sostenidas de frecuencia, por variaciones súbitas de frecuencia y por variaciones diarias de frecuencia se evalúan para el período de medición.” (19)



Figura 31. Tolerancia admisible para variación de frecuencia. Tomado de “Tolerancia admisible”, por COES, 2015, Lima, Perú, [Fecha de consulta 14 octubre 2015] Disponible en <http://www.coes.org.pe/portal/>

2.3.13.3. Perturbaciones

A) Compensaciones por exceso de perturbaciones. “Los suministradores deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad de producto no satisface los estándares fijados en el numeral 5.3.3 de la norma. Aquellos clientes que excedan las tolerancias de emisión de perturbaciones establecidas para ellos individualmente no son compensados por aquellos parámetros de la calidad a cuyo deterioro han contribuido durante el período de control respectivo”. (19)

“Las compensaciones que se pagan a los clientes alimentados desde el punto de medición donde se verifica la mala calidad, se calculan para el período de

medición a través de las fórmulas que osinergmin considera, las mismas que están expresadas en función a la energía entregada en condiciones de mala calidad.” (19)

2.3.14. Criterios técnicos para el cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático en la central hidroeléctrica ingenio

Consideraciones necesarias para el cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático.

2.3.14.1. Gabinete

Espacio en el cual contiene los componentes obligatorios para el sistema de sincronización automático.

Tabla 9

Especificaciones del gabinete

<p>Descripción:</p> <p>El gabinete estará contemplada según a la norma NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos - USA). Estará Fabricada en plancha de hierro galvanizado de 1.5 mm de espesor, con puerta de acceso frontal, mandil abisagrado con chapa, fabricada en plancha de acero laminado al frío, tratada con base anticorrosiva y acabado en esmalte martillado gris.</p>	
<p>DATOS TÉCNICOS</p>	
<p>ALIMENTACIÓN:</p>	
<p>Desde CA con transformador externo</p>	
Tensión nominal 1	115 V _{CA}
Rango de tensión	93...127 V _{CA}
Tensión nominal 2	230 V _{CA}
Rango de tensión	185...260 V _{CA}
Frecuencia nominal f _n	50...600 Hz
Rango de frecuencia continuo	80...120 % f _n
dinámico	< 150 % f _n
Consumo	<= 70 VA
<p>Desde CC como redundancia</p>	
Tensión de batería U _B	24...48 V _{CC} o 110...250 V _{CC}
Tolerancia	± 25 % U _B
Consumo	<= 50 W
<p>Entradas de medición:</p>	
Tensión nominal U _n	1 o 3 × 100...120 V _i
Tensión máxima continua	1,3 × U _n
Sobretensión de corta duración durante 1 seg.	1,7 × U _n
durante 1 mseg.	2,75 × √2 × U _n
Frecuencia nominal f _n	50/60 Hz
Rango de frecuencia continuo	80...120 % f _n
dinámico	< 150 % f _n
Consumo por fase	<= 0,5 VA
Corriente nominal I _n	1 × 1 A oder 5 A
Sobrecorriente continua	1,5 × I _n
Sobrecorriente dinámica 1 seg.	25 × I _n ; < 75 A
Frecuencia nominal f _n	50/60 Hz
Rango de frecuencia	80...120 % f _n
Consumo por circuito de medición	<= 0,5 VA
<p>Entradas analógicas:</p>	
Tensión de entrada nominal	-10...+10 V
Corriente de entrada nominal	-20...+20 mA
<p>Entradas de señales digitales:</p>	
Tensión de entrada nominal	24 V _{CC}
Corriente de entrada nominal	5...10 mA

Nota. Tomado de ABB, 2016 [Fecha de consulta 17 octubre 2018] Disponible en <https://www.clasf.mx/q/gabinete-control-electrico/>

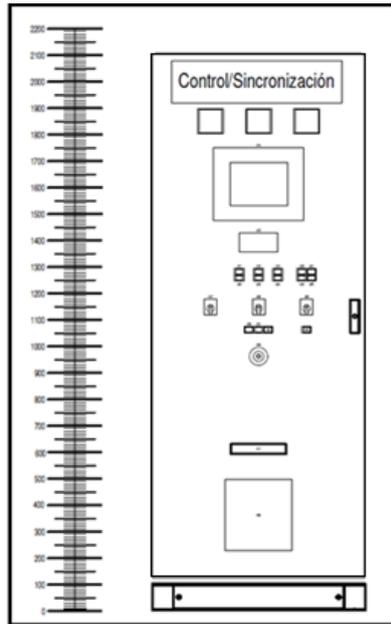


Figura 32. Vista frontal del gabinete. Tomado de "Vista frontal del gabinete", por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

2.3.21.2. Montaje mecánico de la fuente de alimentación del Woodward

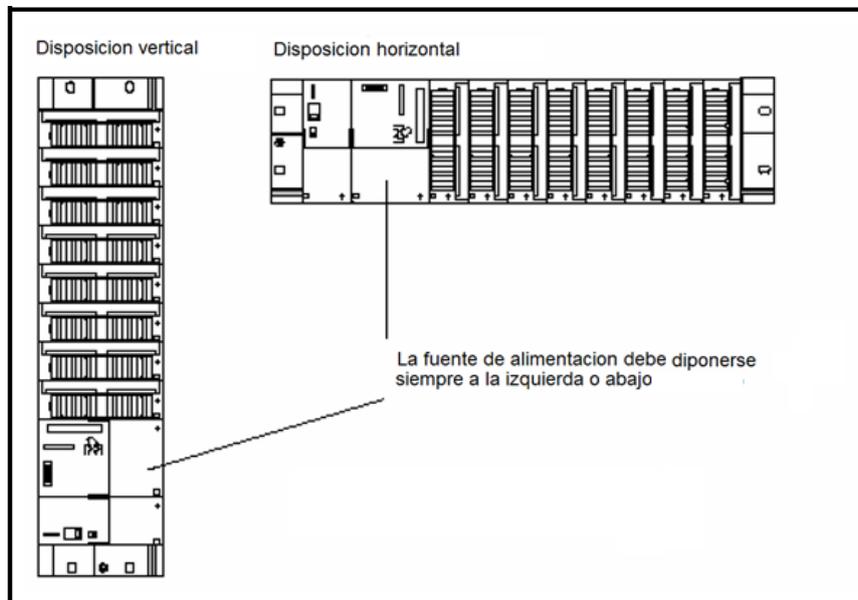


Figura 33. Montaje mecánico de la fuente de alimentación. Tomado de "Montaje mecánico de la fuente de alimentación", por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

2.3.15. Conexión eléctrica de las entradas y salidas analógicas y digitales del Woodward

Señales provenientes del proceso

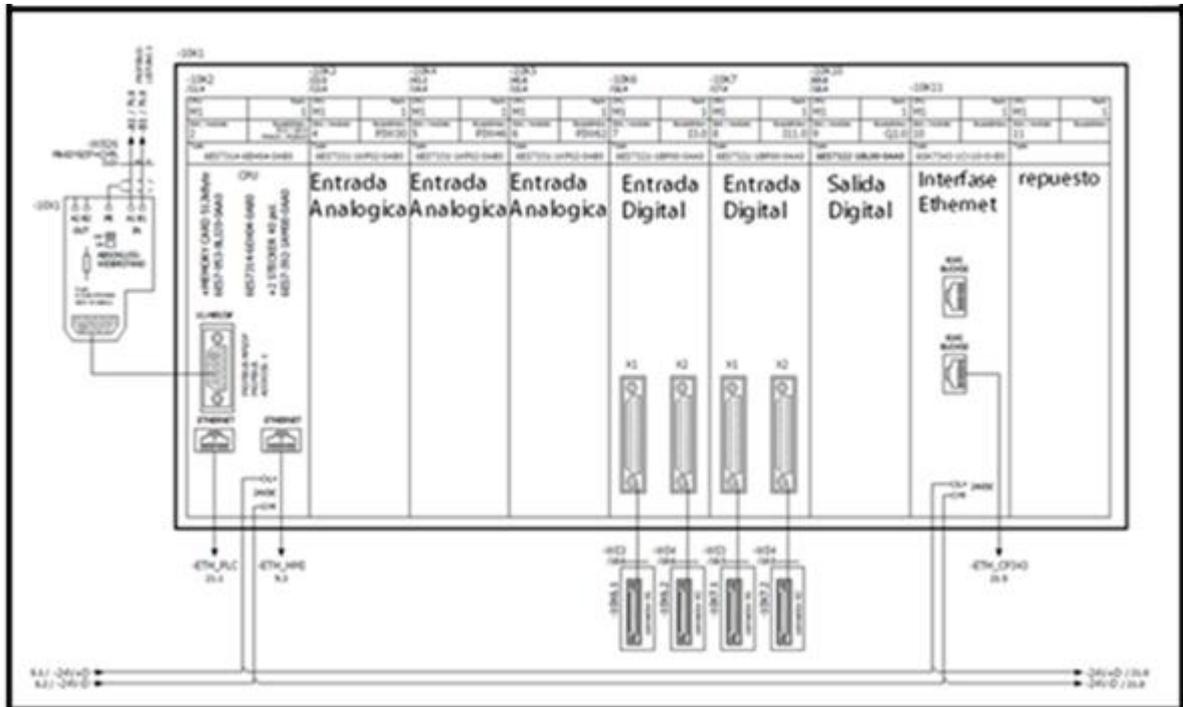


Figura 34. Vista General de las entradas y salidas analógicas y digitales. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

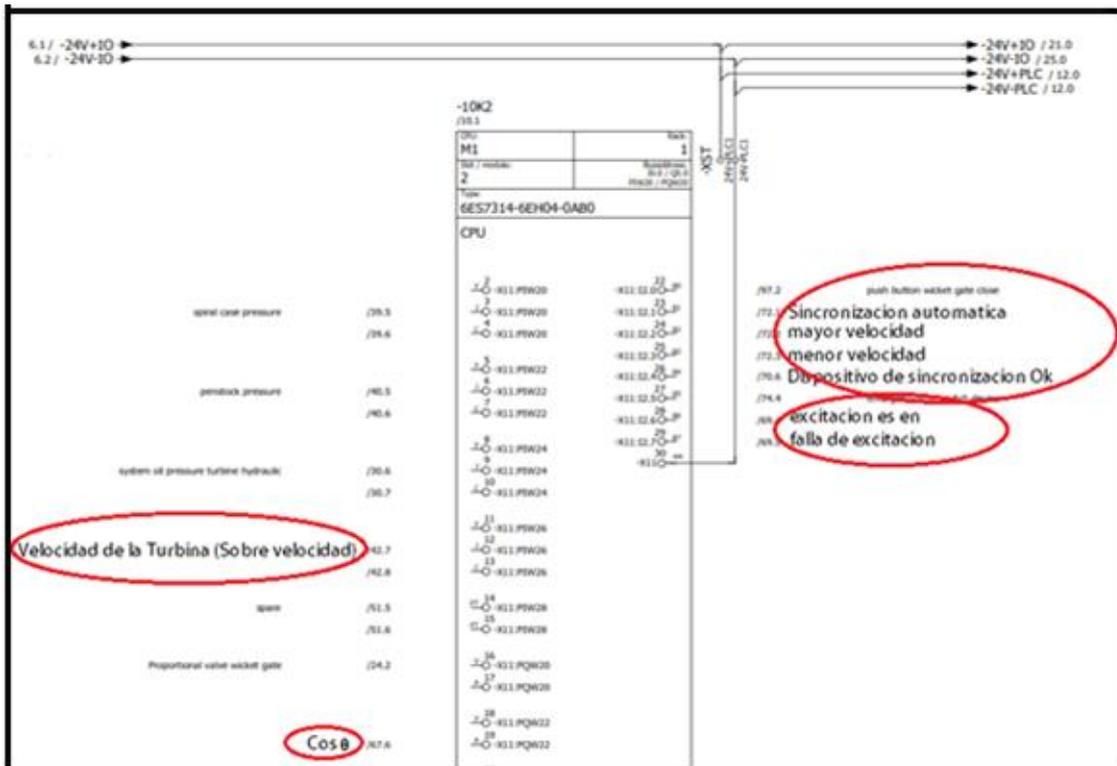


Figura 35. Conexión de la velocidad de la turbina (Apertura de alabes), sistema de excitación y sincronización automática. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

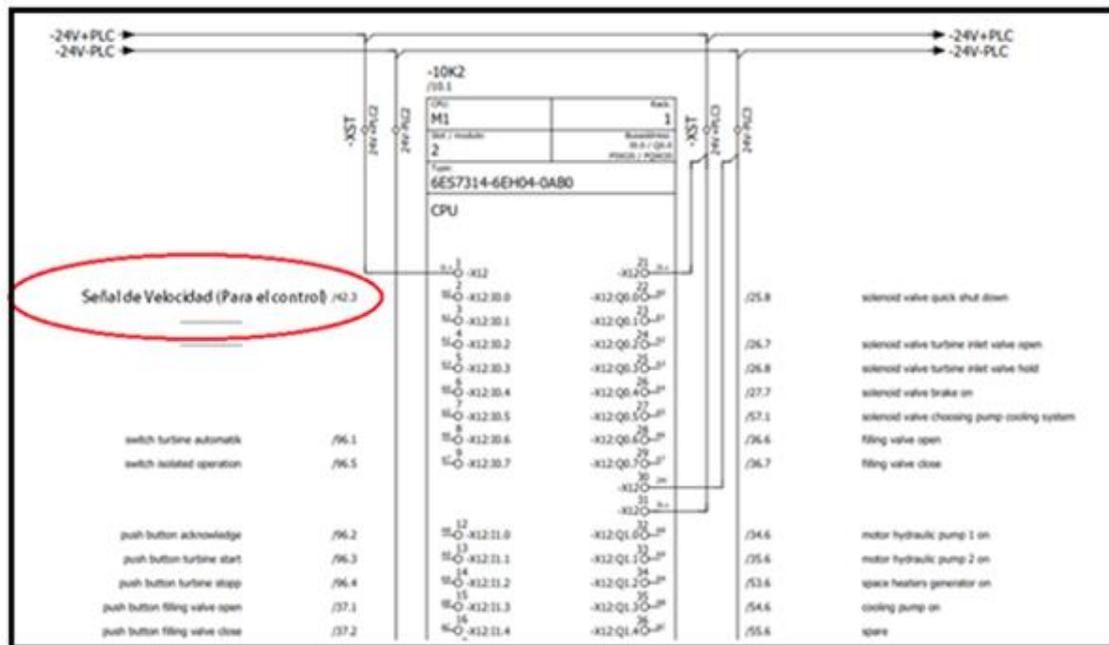


Figura 36. Conexión de la señal de velocidad. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

2.3.16. Ciclo de funcionamiento del Woodward

“El Woodward mediante sus interfaces de entrada captura las señales provenientes del proceso, estos valores se mantienen almacenados por un tiempo en un registro denominado almacén de imágenes de entrada. Una vez que las señales estén en ese registro quedan disponibles para que estas operen en la base de almacenamiento de memoria de programa y la memoria de datos. Cuando se tenga un resultado como producto de su procesamiento se entrega la respuesta al mundo exterior a través del registro de imágenes de salidas en el que se mantendrá un instante de tiempo y después será enviada al proceso a controlar mediante las interfaces de salida.” (20)

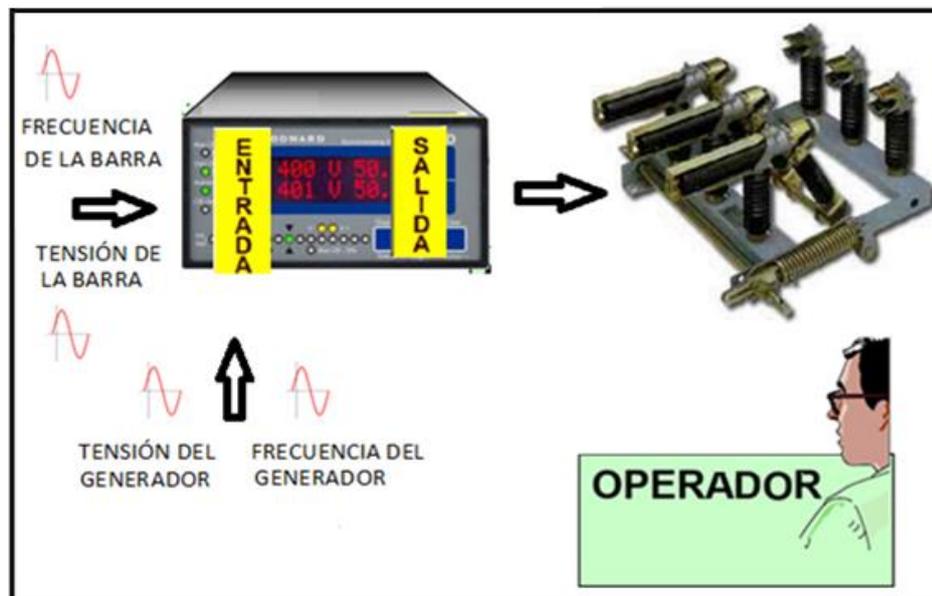


Figura 37. Ciclo de funcionamiento del Woodward

2.3.17. Montaje mecánico del Woodward

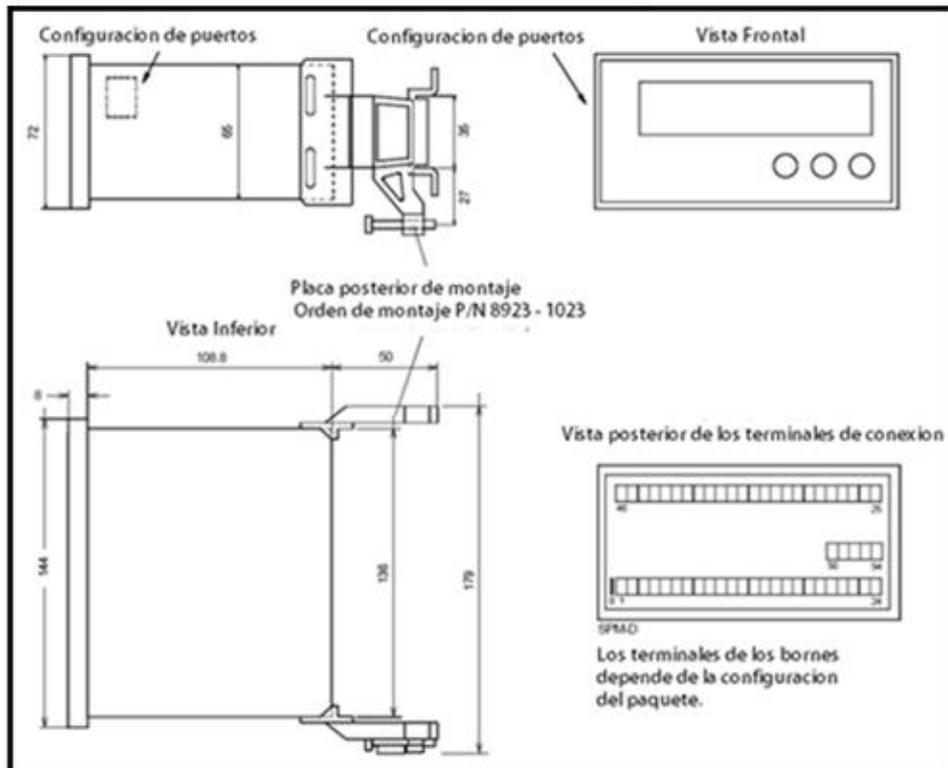


Figura 38. Montaje mecánico del Woodward. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

2.3.18. Sincronoscopio digital Woodward (SPM-d10/yb)

El Woodward está diseñado para garantiza una sincronización segura y fiable compuesto de microprocesadores para un mejor control de los procesos de la operación y vigilante de cualquier evento que ponga en riesgo al generador, ordenando la apertura inmediata del interruptor de potencial en caso que sea necesario, todo integrado.

Puede ser programado según la necesidad requerida entre ellas:

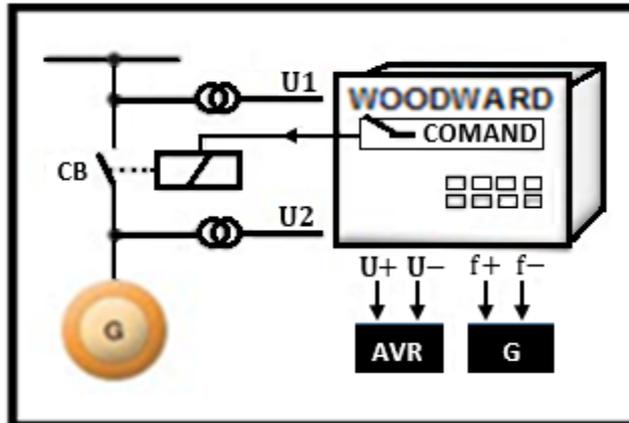


Figura 39. Sincronización automática y acoplamiento del generador con la red. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

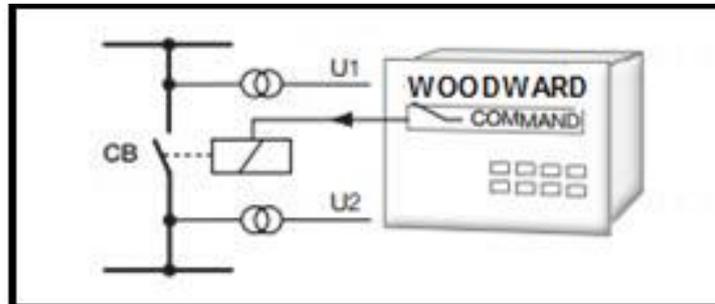


Figura 40. Acoplamiento en paralelo automático de generadores sincrónicos a la barra. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

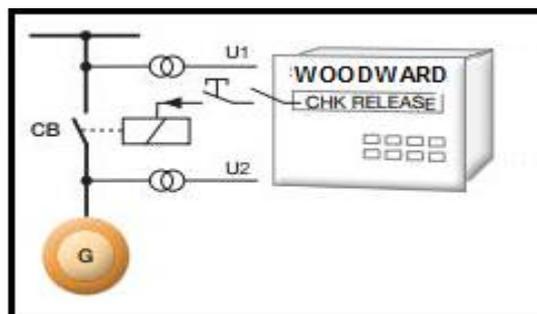


Figura 41. Supervisión del acoplamiento en paralelo automático de líneas ya sincronizadas y líneas sin tensión o líneas muertas. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

En la sincronización, el generador es prioridad. El éxito de la sincronización está amparado por dos canales totalmente independientes, llamados *hardware* y *software*. El primer se ocupa de la sincronización automática y el segundo de la supervisión de la operación (*synchrocheck*). Diseñados por equipos distintos de ingenieros especializados. Reprimiendo cualquier falla sistemática.

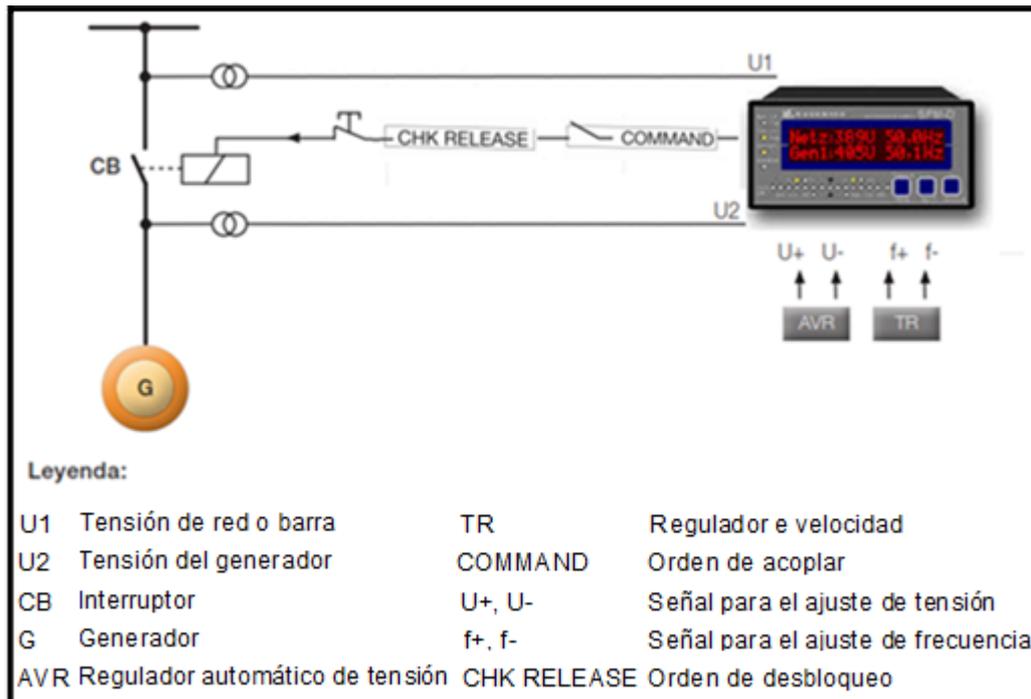


Figura 42. Parámetros que compara el Woodward. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

2.3.18.1. Descripción del hardware

Es el lenguaje especializado de uso exclusivo del Woodward para precisar la estructura, diseño y operación de circuitos electrónicos y digitales.

El circuito electrónico del Woodward se encuentra dividida en medida, disparo y en indicación las cuales cuentan con entradas y salidas digitales, permitiendo conectar todos los dispositivos involucrados en el proceso de sincronización. Las condiciones requeridas para dicho fin son las siguientes:

- La tensión del generador y de la barra deben ser iguales.
- La frecuencia del generador debe ser ligeramente mayor que la frecuencia de la barra.

- La secuencia de fases de la máquina y la barra, deben ser las mismas.
- El ángulo de desfase entre el generador y la barra debe ser cero

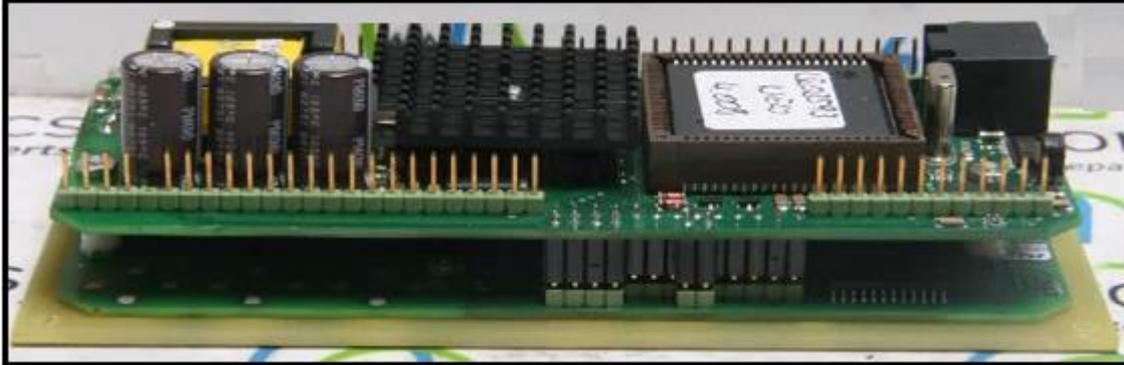


Figura 43. Circuito interno del Woodward (SPM-D10/YB). Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

A. Circuito de medida

Encargado de realizar los cálculos necesarios para cumplir las condiciones de sincronismo, mide lo siguiente:

- Medida de la tensión U_{rs} (barra) en una entrada de la placa electrónica
- Medida de la tensión U_{uv} (generador) en una entrada de la placa electrónica.
- Comprobación de la secuencia de fases del generador.
- Medida de la intensidad I_t , (barra) en una entrada de la placa electrónica.
- Medida de la intensidad I_w , (generador) en una entrada de la placa electrónica.

a. Medida de tensión

Considerando que la tensión nominal de sincronismo es de 2.3 kV. La tensión de diseño de la placa electrónica del Woodward es de 24 V, para reducir el voltaje se usará un transformador, el Woodward está equipado con un estabilizador para no dañar los componentes electrónicos.

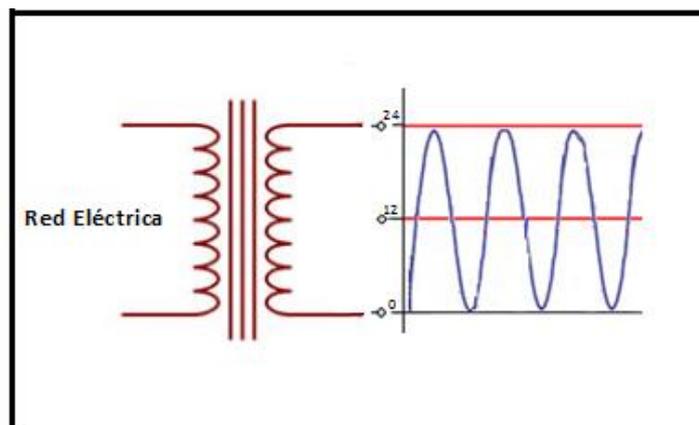


Figura 44. Reducción de tensión a 24V

b. Medida de intensidad

La corriente que circula por la fase T de la barra y W del generador serán censadas por la placa electrónica del Woodward para eso se utilizará un transformador de corriente de 1 o 250 mA, cuando la corriente tenga un valor igual a 0 indicara que el ángulo de desfase entre el generador y la barra es cero.



Figura 45. Transformador de corriente. Tomado de "Transformadores de Baja Tensión", por Tait SALCA, 2018, Buenos Aires, Argentina. Disponible de, <http://www.taitsa.com.ar/web/descripcion-description/>

La función del transformador de corriente se muestra en la siguiente imagen:

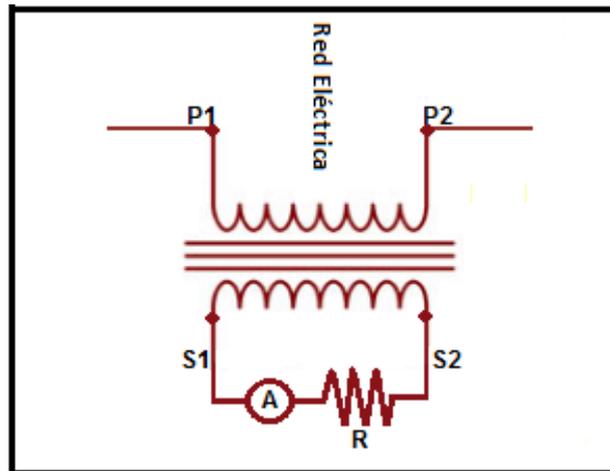


Figura 46. Función del transformador de corriente

c. Secuencia de fases

Woodward tiene incorporado un secuencímetro electrónico. Solo tenemos que introducir las nomenclaturas de las tensiones tomadas de derecha a izquierda o de izquierda a derecha (Generador) UVW y STN (Barra)

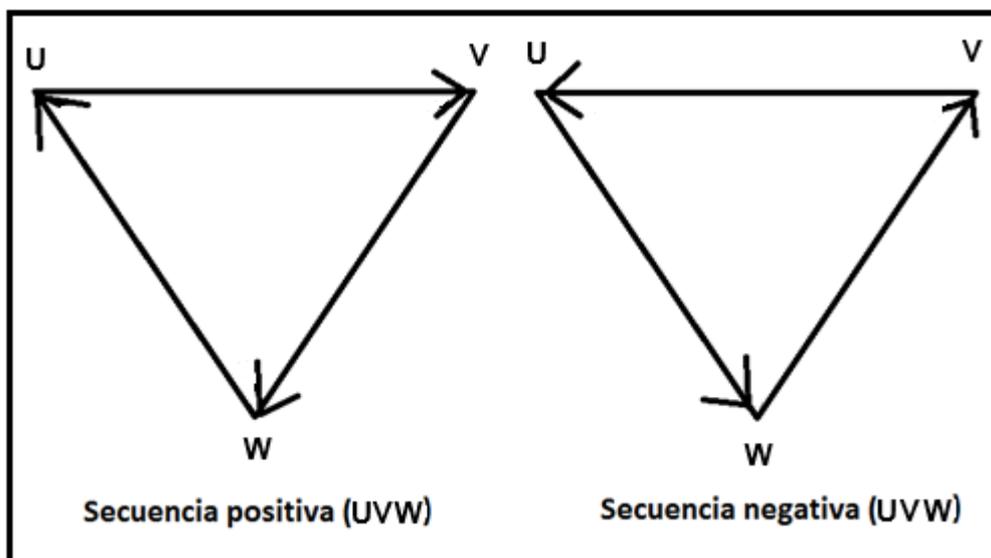


Figura 47. Secuencia de Fases. Tomado de “Diseño y construcción de un tablero de transferencia y sincronización de generadores de emergencia con PLC y pantalla táctil”, por H. Ramírez y R. Sánchez, 2012, Rio Bamba, Ecuador, Tesis (Título de Ingeniero en mantenimiento) disponible en https://www.academia.edu/15062979/sincronizacion_de_generadores.

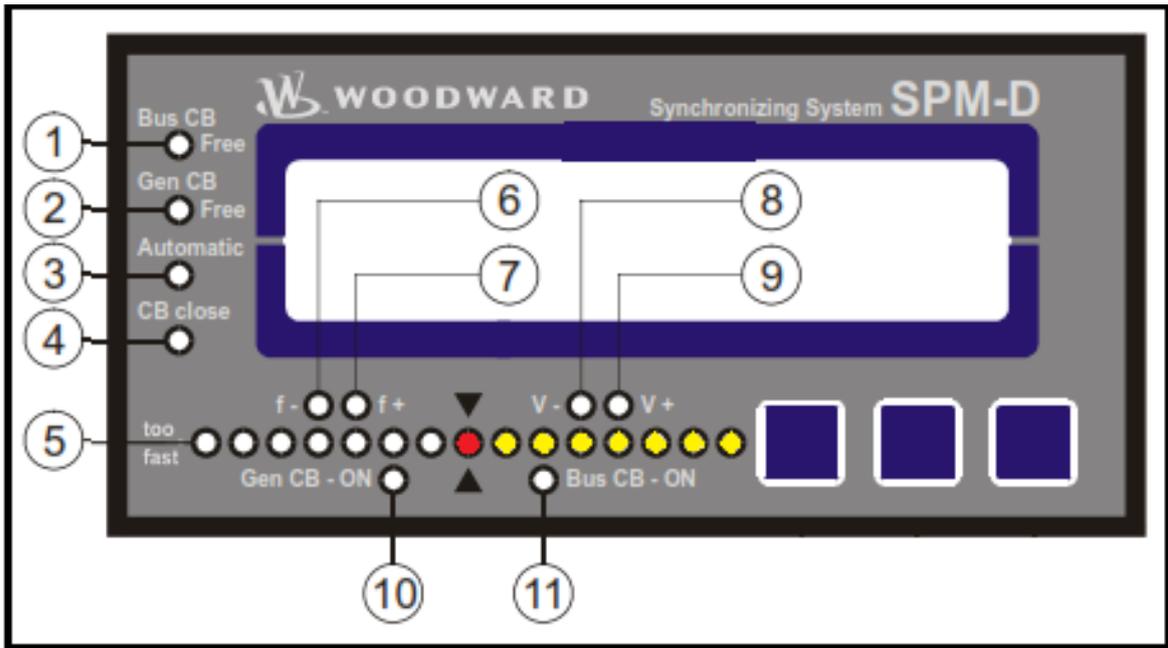


Figura 49. Indicador de sincronización generador / barra. Por Woodward, 2013, USA.
 Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

C. Circuito de disparo

El Woodward solo dará la orden de cierre de interruptor si las condiciones previas fueron cumplidas.

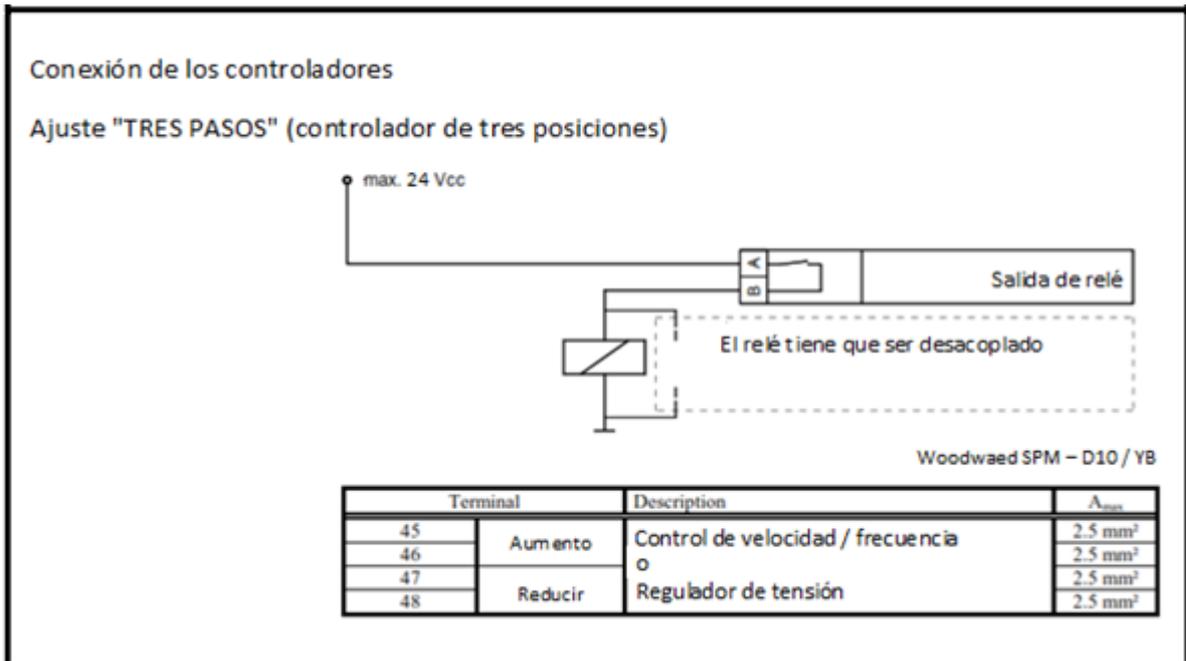


Figura 50. Circuito de disparo. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

Debido a que el equipo de sincronización automático (Woodward) tiene entradas digitales, también llamadas binarias (on-off) son las que pueden tomar un estado lógico 1 o 0 se cumplirá la siguiente tabla:

Tabla 10

Condiciones digitales

GENERADOR	BARRA	SEÑAL DIGITAL	DESCRIPCIÓN	INTERRUPTOR	MODO DE OPERACIÓN
1	0	0	Funcionamiento Sin carga	CB Abierto	off
0	0	0	Apagado	CB Abierto	off
1	0	0	Sin tensión en Línea de retorno	CB Abierto	off
0	1	0	Sin tensión en bornera del generador	CB Abierto	off
1	0	0	Operación en isla	CB Abierto	off
1	1	1	Sincronización	CB Cerrado	on

Solamente cuando se tenga generador 1 – barra 1 resultado de la señal digital 1. El Woodward ordenara cerrar el interruptor de potencia sincronizando el generador con la barra en 2.3 kV.

2.3.18.2. Descripción del software

El software es el conjunto de componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.

En esta tesis no se describirá el software del Woodward por ser confidencial.

En la figura 51 se muestra el proceso que sigue la lógica

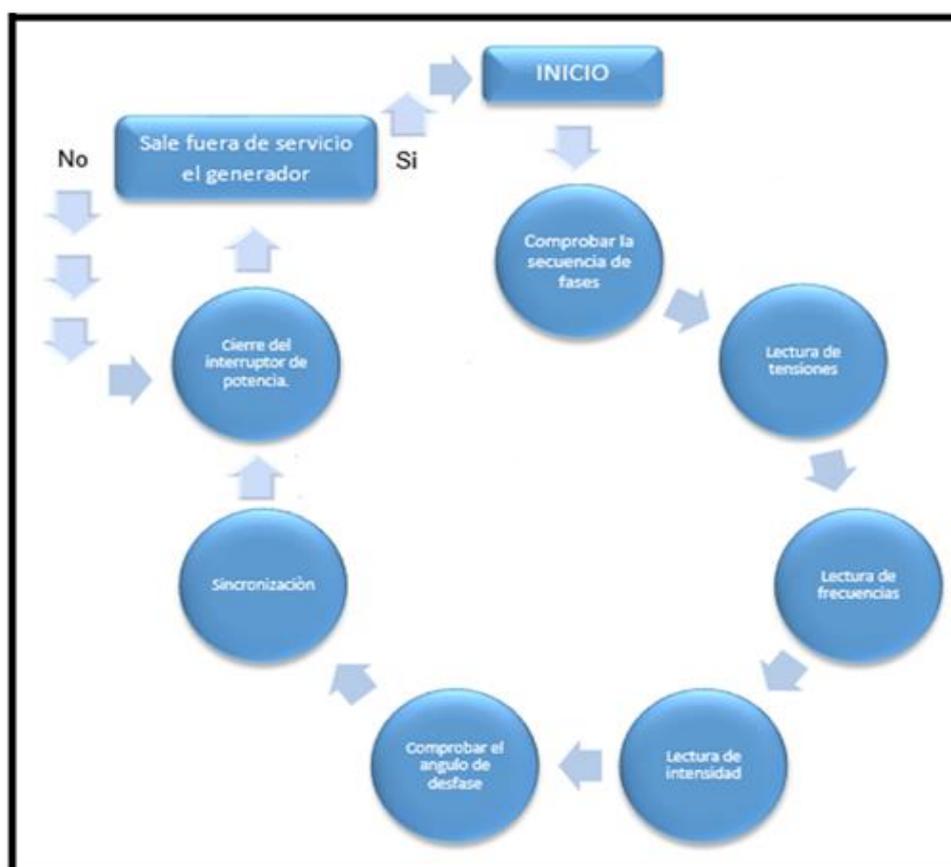


Figura 51. Lógica de sincronización

2.3.19. Conexiones eléctricas del woodward

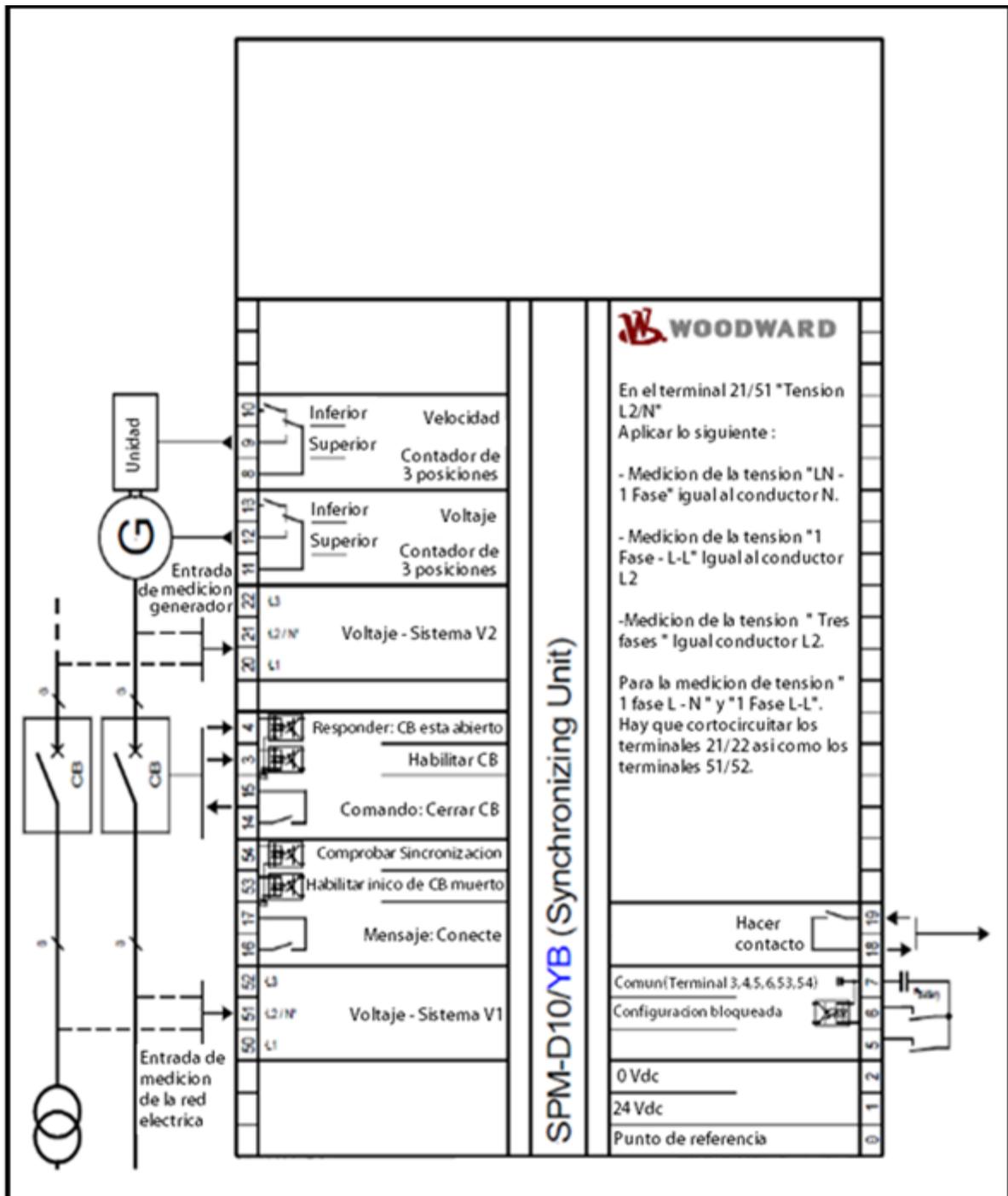


Figura 52. Diagrama general de cableado. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

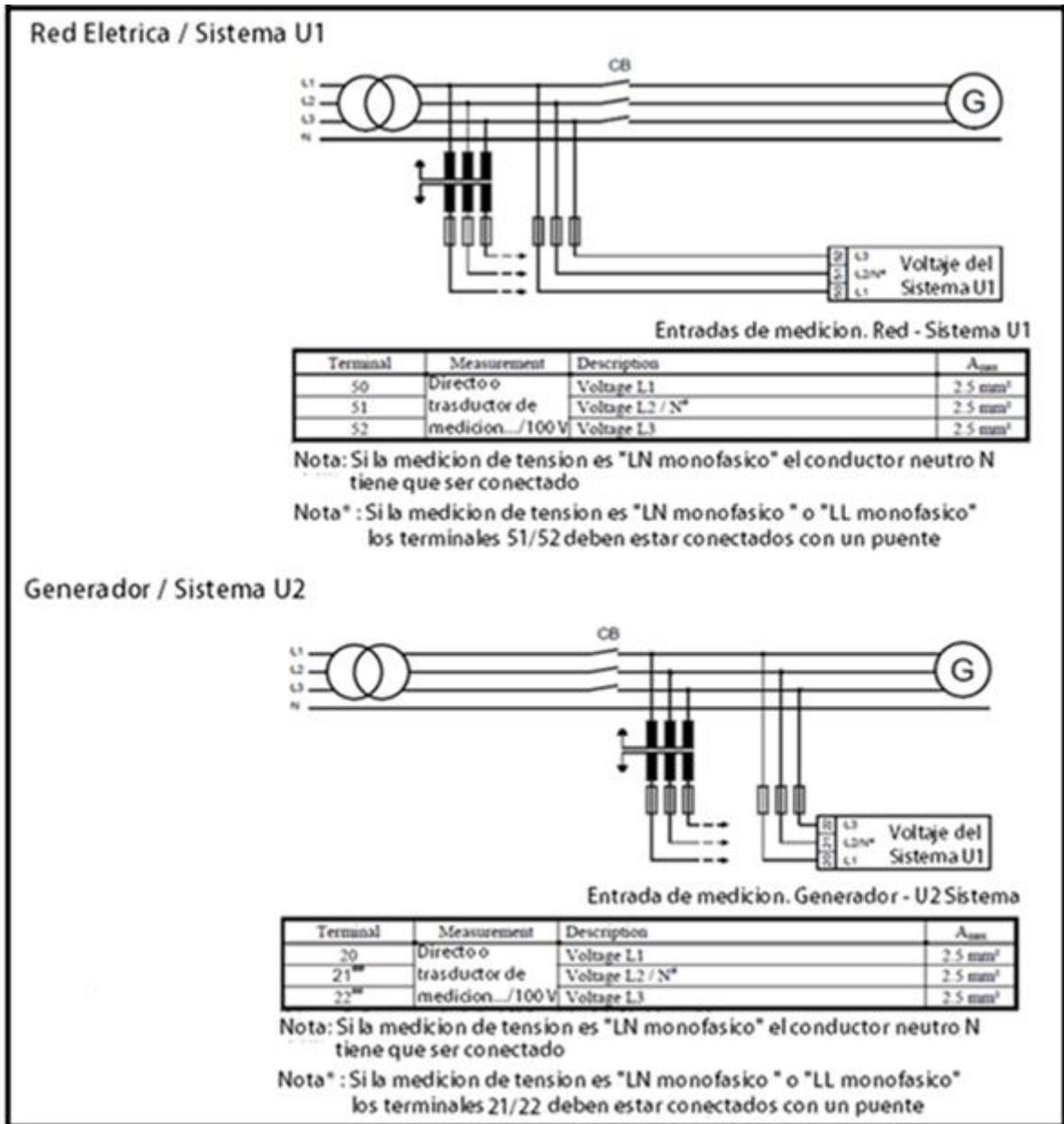


Figura 53. Diagrama de conexión de las entradas de medición. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

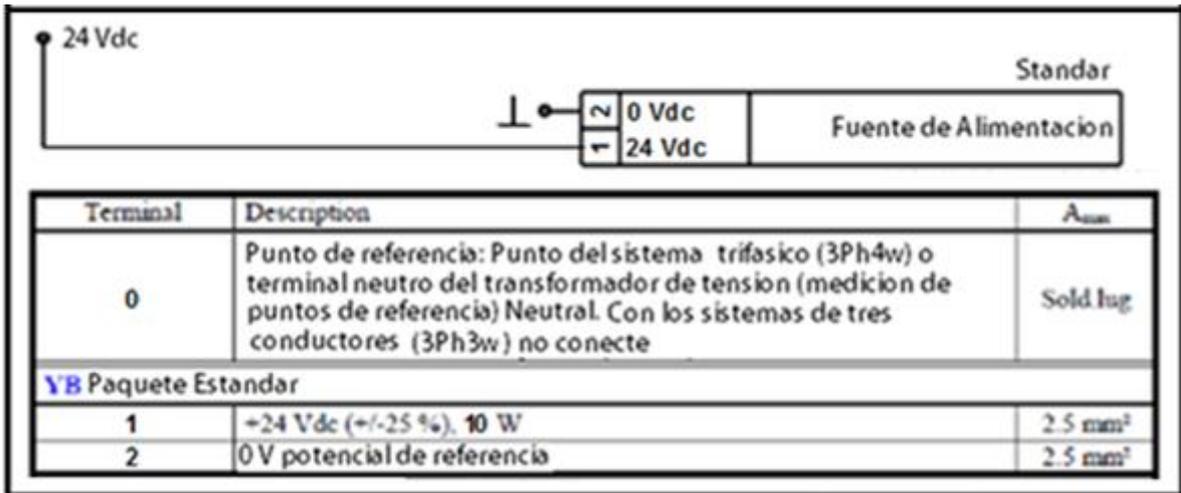


Figura 54. Diagrama de conexión de la fuente de alimentación. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

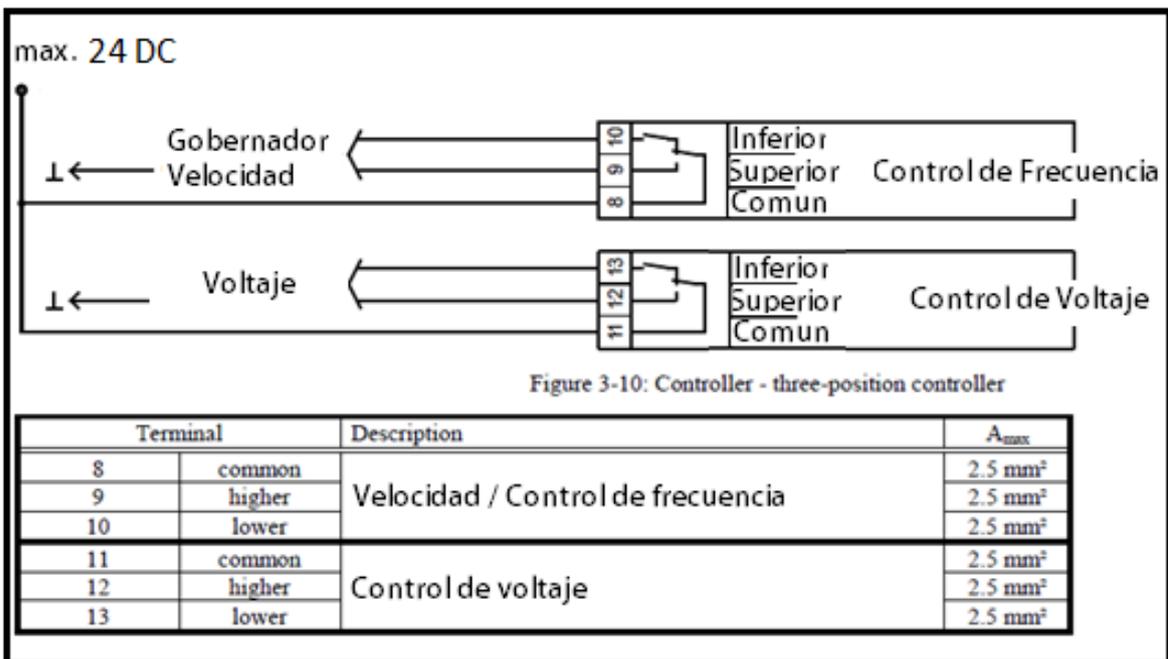


Figura 55. Diagrama de conexión de la salida de control. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

2.3.20. Pantalla, elementos operativos y configuración del woodward

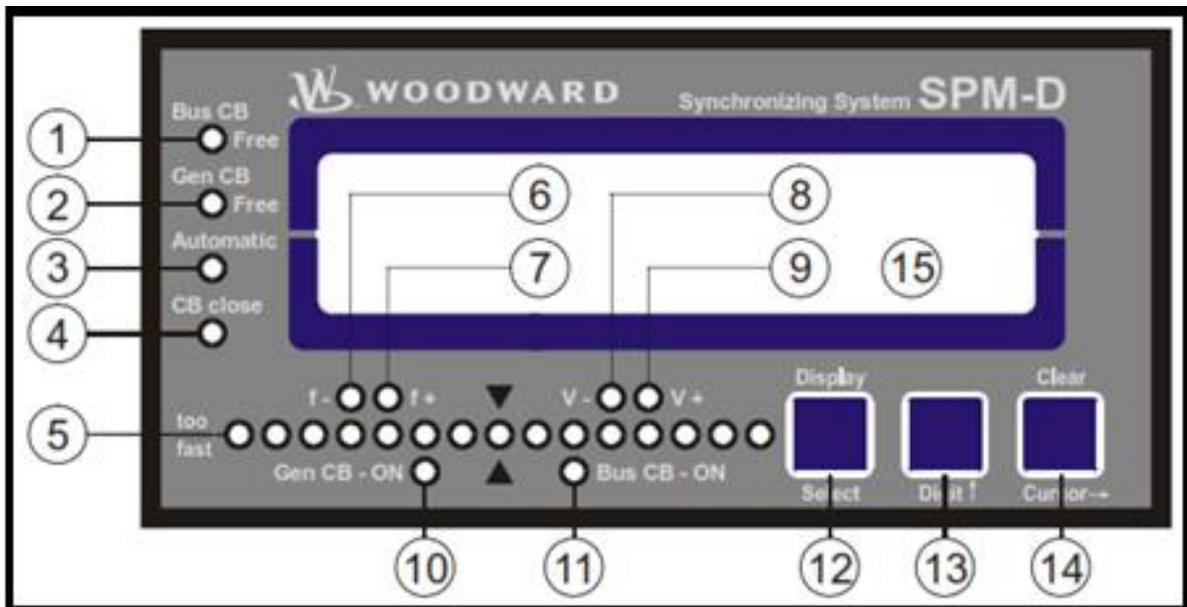


Figura 56. Pantalla del Woodward (SPM-D10 / YB). Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

A. Pantalla y elementos operativos

Tabla 11

Descripción y función

DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN		
N.	Descripción	Función
1	Red eléctrica-CB	No funciona
2	Generador-CB	Habilitar CB
3	Automático	En modo automático
4	CB-Cerca	Cerrar comando CB
5	SincroscoPIO	Indicador de posición de fase
6	f +	Gobernador de salida: frecuencia más baja (reducir la velocidad)
7	f -	Gobernador de salida: aumento de frecuencia (aumentar la velocidad)

8	V -	Gobernador de salida: voltaje más bajo (reducir la excitación)
9	V +	Gobernador de salida: aumento de tensión (aumentar la excitación)
10	Generador CB-ON	CB está cerrado
11	Red eléctrica CB - ON	No funciona

Nota. Tomado de Woodward, 2013, USA. Disponible de <Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf>

Tabla 12

Botones

N.	Descripción	función
12	Display ↓	Visualización de desplazamiento
12	Seleccionar	Confirme la selección
13	Dígitos ↑	Aumentar dígitos
14	Claro	Reconocer dígitos
14	Curso →	Cambiar la posición de entrada de un dígito a la derecha

Nota. Tomado de Woodward, 2013, USA. Disponible de <Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf>

Tabla 13

Contraste

N.	Descripción	función
15	LC-Display	Ajuste del contraste del LCD

Nota. Tomado de Woodward, 2013, USA. Disponible de <Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf>

B. Configuración del Woodward

b.1. Función síncrona ON/OFF

ON. La frecuencia y la tensión del generador se ajustan a los valores programados.

OFF. “La sincronización no ocurrirá, pero sin carga se puede realizar el control si es necesario.” (21)

Parameter 01

```
Synchron. Gen.  
ON
```

b.2. Max. admisible de frecuencia para sincronización

“El generador no sincronizará con la barra si no alcanza la frecuencia máxima programada.” (21)

Parameter 02

```
Synchron. Gen.  
df max = 0.00Hz
```

b.3. Min. admisible de frecuencia para sincronización

“El generador no sincronizará con la barra si no alcanza la frecuencia mínima programada.” (21)

Parameter 03

```
Synchron. Gen.  
df min = -0.00Hz
```

b.4. Tensión admisible máxima para la sincronización

“Una condición necesaria para la sincronización es que no supere la tensión máxima preestablecida.” (21)

Parameter 04

```
Synchron. Gen.  
dU max = 00.0%
```

b.5. Ángulo diferencial admisible para la sincronización

“El ángulo de desfase entre el generador y la barra tiene que coincidir con el valor programado en el Woodward.” (21)

Parameter 05

```
Synchron. Gen.  
phimax < 00°
```

b.6. Tiempo cierre del interruptor de potencia_40 a 500 ms

Corresponde al tiempo de cierre del interruptor de potencia, una vez alcanzado el punto de sincronización.

Parameter 06

```
Synchron. Gen.  
Pick-up t. 000ms
```

2.3.21. Sensor de velocidad

Es una clase de sensor que detecta materiales metálicos ferrosos, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente cuya amplitud es proporcional a la velocidad del cambio de flujo.

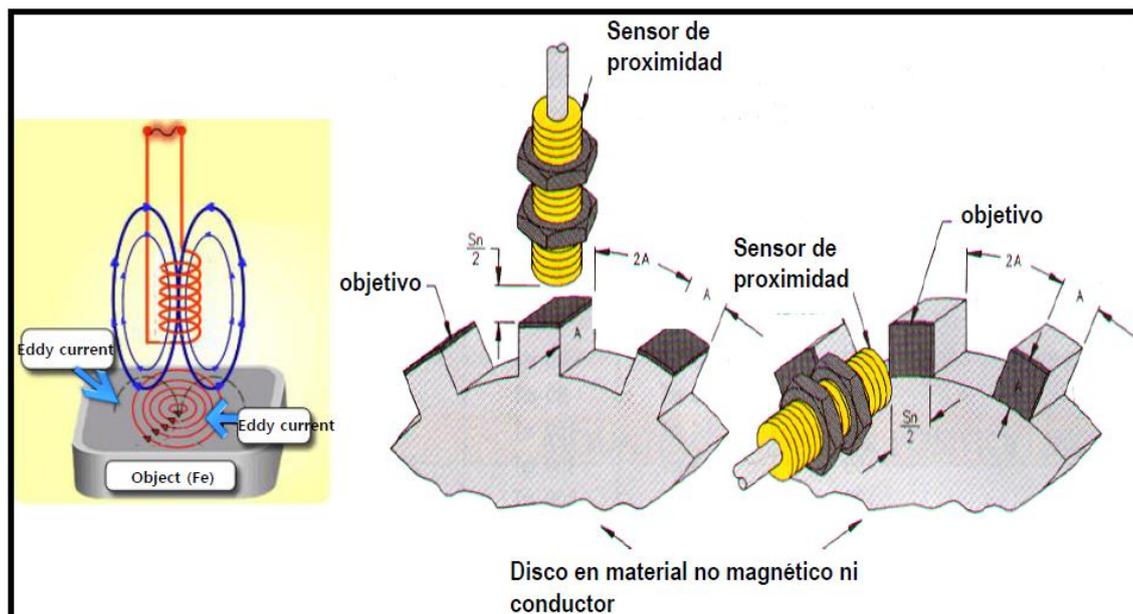


Figura 57. Señal del sensor inductivo de velocidad. Tomado de “Circuitos de control de cilindros”, por C. Canto, 2016, México. Disponible de http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF

2.3.21.1. Ciclo de funcionamiento del sensor de velocidad inductivo

El sensor genera un campo magnético en la bobina cuando se energiza eléctricamente, al acercarse el objeto de metal (Fe) se generan corrientes de Foucault

La corriente de Foucault genera un campo magnético diferente a la dirección del campo inducido en la bobina y esta oscilación se da únicamente cuando un objeto metálico está presente.

Este cambio de oscilación se convierte en una corriente eléctrica por el circuito de integración, proporcionando información al Woodward. Para su instalación es necesario dejar una luz (gap) entre el sensor y el actuador (engranaje).

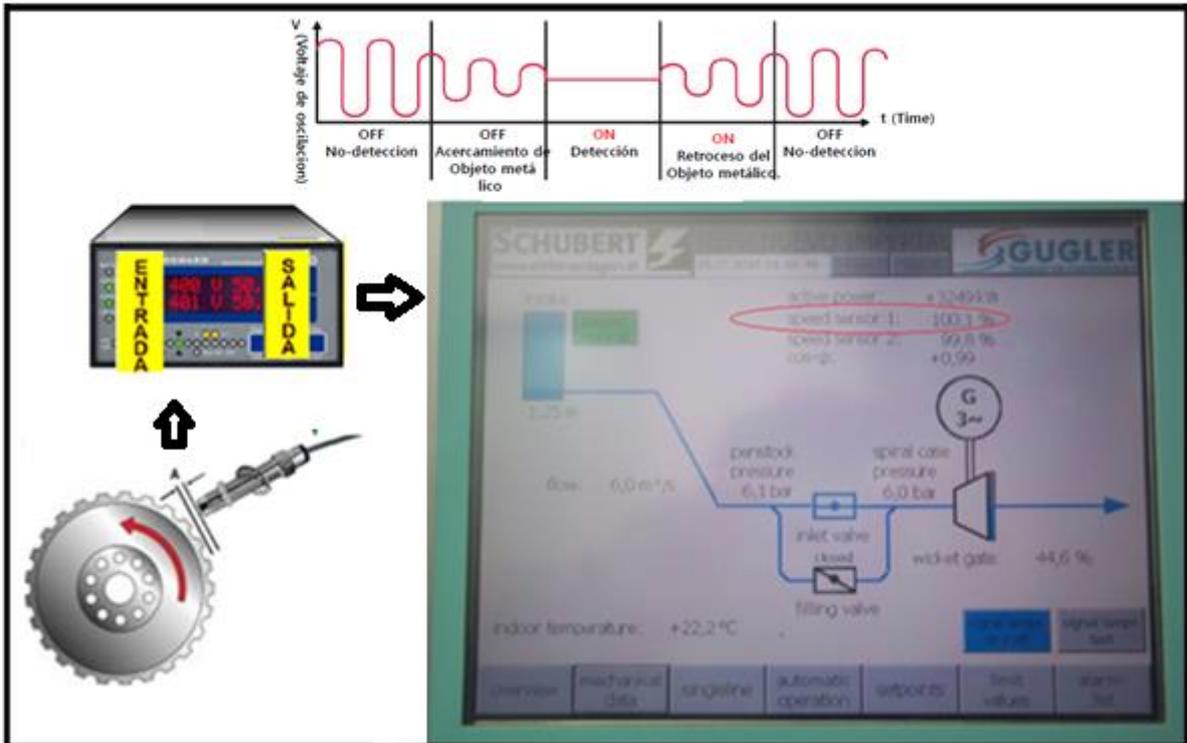


Figura 58. Ciclo de funcionamiento del sensor de velocidad

2.3.22. Circuito de fuerza

2.3.22.1. Transferencia de energía eléctrica

El circuito de transferencia está compuesto por un interruptor de potencia motorizado y accionado por resorte, con indicadores de disparo por sobre carga o cortó circuito, posición abierta o cerrada y resorte cargado.

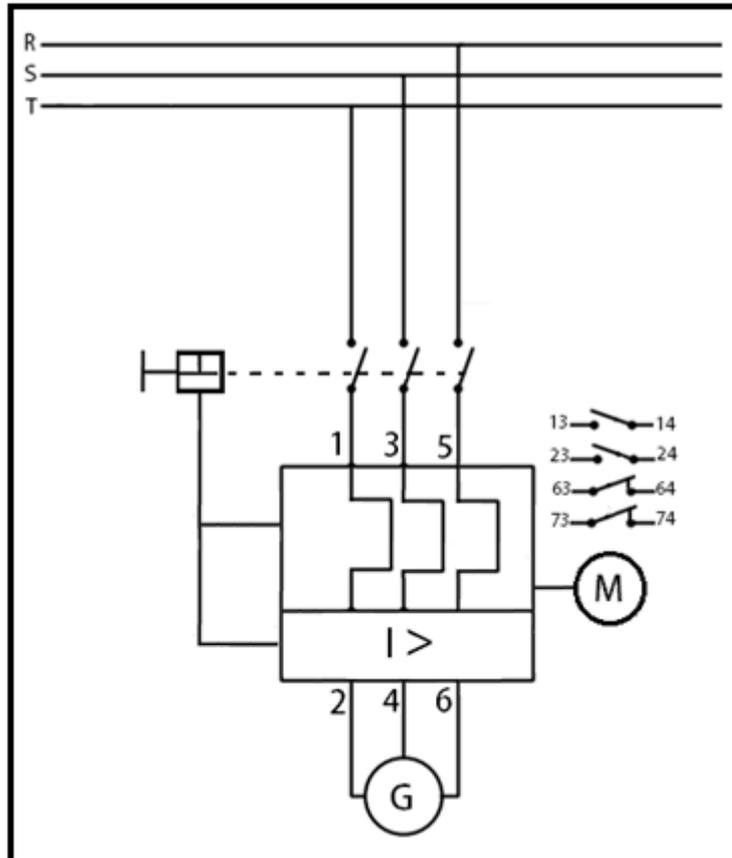


Figura 59. Esquema eléctrico del interruptor de potencia. Tomado de “Transferencia y sincronización automática de generadores de emergencia en instalaciones industriales”, por C. Luna, 2006, Guatemala [Trabajo de graduación] http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0617_ea.pdf

2.3.23. Control de frecuencia, voltaje y sincronización

A) Control de frecuencia

Gobernador de velocidad

“Es un sistema de control que permite mantener constante la velocidad del eje del generador, 900 rpm es la velocidad del eje del generador en operación para tener 60 Hz de no llegar o pasar de las revoluciones se tendrá que abrir o cerrar los alabes de la turbina hasta obtener la revolución deseada. La expresión que relaciona la velocidad sincrónica con la frecuencia viene dada por:” (21)

$$f(\text{Hz}) = \frac{N_s \cdot p}{120}$$

Donde:

f = frecuencia de la señal senoidal generada en Hercios (Hz)

N_s = Velocidad del rotor en rpm

p = Numero de polos del generador (siempre son pares)

Al estudiar la formula, se finiquita que, el número de polos de los generadores una es un parámetro fijo, una velocidad constante indicará una frecuencia constante, es decir, al controlar la velocidad se garantiza el control de la frecuencia.

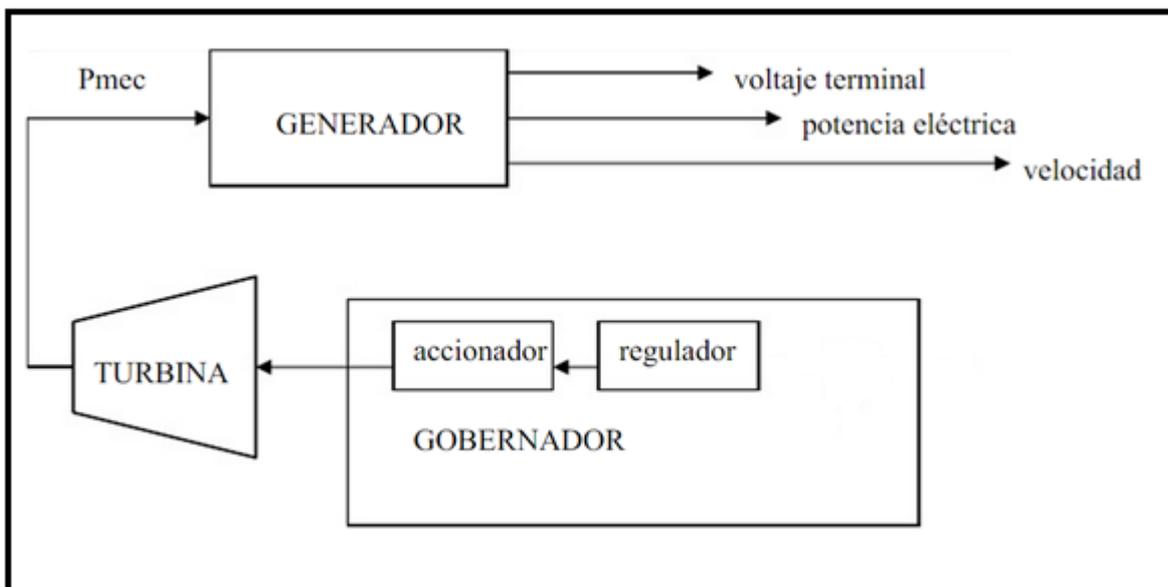


Figura 60. Diagrama esquemático-generador-gobernador. Tomado de “Propuesta de un modelo de confiabilidad del sistema gobernador de unidades generadoras, Central Francisco de Miranda”, por J. Gutiérrez, 2015, ciudad Guayana, Venezuela, Disponible de <https://www.monografias.com/trabajos107/propuesta-modelo-confiabilidad-del-sistema-gobernador/propuesta-modelo-confiabilidad-del-sistema-gobernador2.shtml>

B) Control del voltaje (regulador de voltaje automático-AVR)

“El regulador de voltaje automático (AVR) tiene por objeto mantener constante la tensión de salida del generador, V , dentro de unos pequeños límites de variación respecto de un valor de referencia o nominal prefijado.” (21)

Excitatriz

“La excitatriz es el principal elemento del AVR. La excitatriz proporciona la corriente continua necesaria para generar el campo magnético del generador, compuesta por un generador síncrono asociado a un rectificador trifásico giratorio, este generador gira adherido al eje de la turbina, la bobina del estator es alimentada por corriente continua, en el rotor los tres devanados independientes generan un sistema trifásico que es rectifica mediante el puente de diodos. La salida de corriente continua del puente de diodos alimenta a la bobina de excitación del generador síncrono principal ubicada en el rotor. Así obtenemos el nivel de tensión requerido en las borneras del generador principal.” (21)

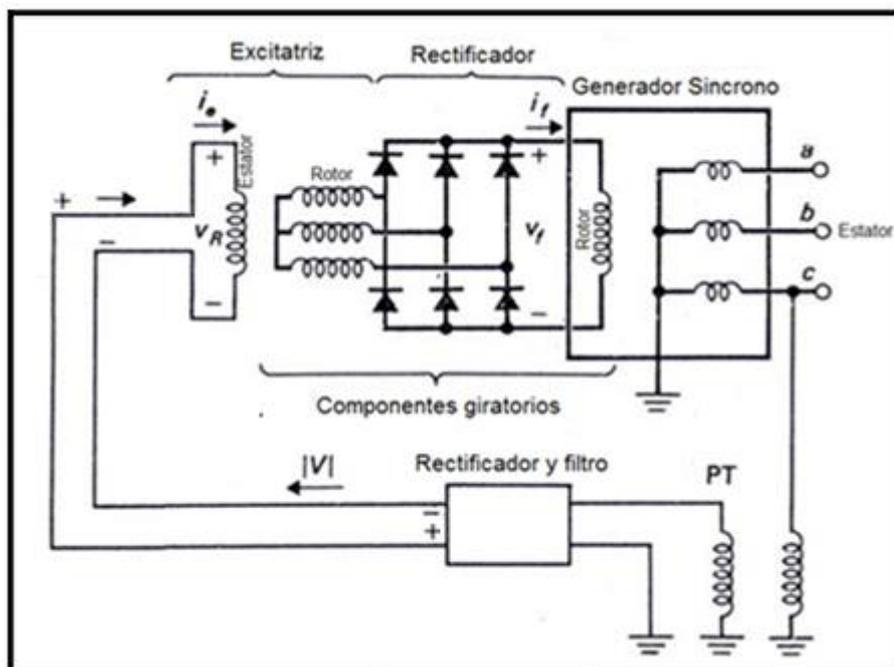


Figura 61. Regulador de voltaje. Tomado de “Regulación, control y protección de los alternadores”, por UNED, 2008, España [separata de clase]. Disponible de http://www.ieec.uned.es/Web_docencia/Archivos/material/Aspectos%20sobre%20ALTERNADORES-2008.pdf

c) Unidad de sincronización Woodward (Spm-d10/yb)

El Woodward SPM-D10/YB es una herramienta que fue diseñada para sincronizar generadores con la red eléctrica, entendible y programable a lo que

demanda la operación, también es usado como mecanismo de protección del generador controlando que los parámetros de frecuencia y voltaje se mantenga dentro de los parámetros permitidos, en caso de fallas en la red eléctrica o en el generador ordenara apertura del interruptor de potencia.

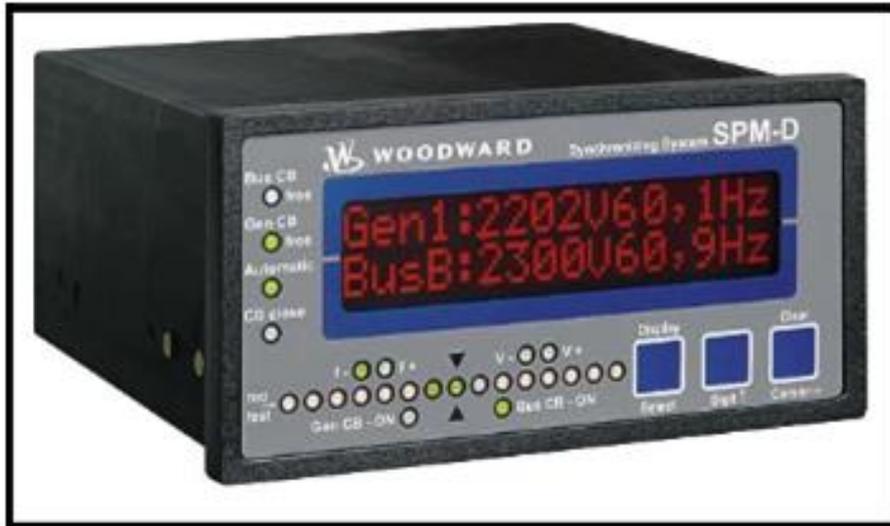


Figura 62. Woodward SPM-D10/YB. Por Woodward, 2013, USA. Disponible de [Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf](http://www.woodward.com/pubs/current.pdf)

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Tensión eléctrica

Llamado diferencia de potencial es una magnitud física que mide la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

2.4.2. Corriente alterna

Es el movimiento de los electrones en el interior de un conductor. Cuando los electrones varían cíclicamente, se dice que la corriente es alterna.

2.4.3. Corriente continúa

Se refiere al flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial y carga eléctrica, que no cambia de sentido con el tiempo

2.4.4. Frecuencia

Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

2.4.5. Interrupción

Término que deriva del vocablo latino interruptio, alude al acto y la consecuencia de interrumpir. Este verbo, a su vez, hace referencia a detener o impedir la continuidad de un proceso, una acción, etc.

2.4.6. Sincronización

Se describe al ajuste temporal de eventos, cuando determinados fenómenos ocurran en un orden predefinido o a la vez.

2.4.7. Oscilaciones

Se define como una variación, perturbación o fluctuación en el tiempo de un medio o sistema. En física, química e ingeniería es el movimiento repetido en torno a una posición central, o posición de equilibrio.

2.4.8. Desfase

Entre dos ondas es la diferencia entre sus dos fases. Habitualmente, esta diferencia de fases se mide en un mismo instante para las dos ondas, pero no siempre en un mismo lugar del espacio.

2.4.9. Central hidroeléctrica

Es aquella en la que la energía potencial del agua almacenada en un embalse se transforma en la energía cinética necesaria para mover el rotor de un generador, y posteriormente transformarse en energía eléctrica.

2.4.10. Redes radiales

Es aquel que partiendo de un punto de alimentación (planta, subestación, etc.), recorre una determinada región y cubre la demanda eléctrica de esta. La red radial está constituida por la línea propiamente dicha, los ramales y subramales. Son alimentadas de energía eléctrica desde un solo de sus extremos, tienen la ventaja de ser redes muy sencillas en su instalación y en las protecciones eléctricas. Como inconveniente principal ante un fallo del transformador toda la red se quedaría sin energía eléctrica.

2.4.11. Optimización

Se refiere a la forma de mejorar alguna acción, trabajo, proceso o recurso de una empresa para que esta tenga mejores resultados, mayor eficiencia o mejor eficacia.

2.4.12. Woodward

Dispositivo que permite el acoplamiento de generadores o generador con el bus infinito.

2.4.13. Secuencia de fases

Instrumento que muestra el orden de las fases en un sistema trifásico.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método, Tipo y Nivel de la Investigación

3.1.1. Método de la investigación

Se utilizó el método universal, cuya aplicación abarca a todas las esferas de la realidad y todas las etapas del conocimiento. Su universalidad está dada por el hecho de que refleja cabalmente las leyes más generales del desarrollo de la naturaleza, la sociedad, el pensamiento y aporta la clave para la comprensión científica del mundo en su conjunto.

3.1.2. Tipo de la investigación

De acuerdo al propósito de la presente tesis, reúne los argumentos necesarios para ser calificado como una “investigación aplicada”, porque se distingue en tener propósitos prácticos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad.” (22)

3.1.3. Nivel de investigación

Se empleó el nivel de investigación descriptivo esto implica observar y describir el comportamiento, características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad en un momento y tiempo concreto y determinado, sin influir sobre él de ninguna manera.

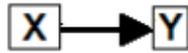
3.2. Diseño de la Investigación

La investigación es no experimental de corte transversal, porque se analiza la realidad para ser estudiada, las situaciones existentes no son provocadas a propósito. Y de corte trasversal porque en un solo momento se recogieron los datos.

Variables:

X: Sistema de sincronización: (variable Independiente)

Y: Optimizar la transferencia de energía eléctrica: (variable dependiente)



3.3. Población y muestra de la investigación

3.3.1. Población

Una población está determinada por sus características definitorias. Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación. (23)

Las unidades de la población poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación. Entonces, una población es el conjunto de todas las cosas que concuerdan con una serie determinada de especificaciones.

La población tomada para el análisis de la investigación son las maniobras de sincronización manual realizadas en la C.H. Ingenio los años 2014, 2015, 2016 y 2017. Haciendo un total de 142 maniobras.

3.3.2. Muestra no probabilística por conveniencia

“En esta clase de muestra el investigador establece previamente los criterios para seleccionar las unidades de análisis, las cuales reciben el nombre de tipo.” (24)

Tabla 14

Población y muestra

POBLACIÓN	MUESTRA
142 maniobras de sincronización manual. Año 2014, 2015, 2016 y 2017	72 maniobras de sincronizaciones manuales erróneas. Años 2014, 2015, 2016 y 2017

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica utilizada en la recolección de datos

Se recopiló datos estadísticos históricos en hojas Excel, manuales de los fabricantes, catálogos, publicaciones físicas y virtuales, se interactuó con el personal técnico electricista.

3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Se utilizó tablas para registrar las paradas del generador, el tiempo que demoran en sincronizar, la cantidad de oscilaciones registradas en la radial A4504, también se utilizó el documento de sincronización automática en donde se identifica el propósito, el objetivo, el control, y el defecto a evitar en una maniobra de sincronización.

3.5 Técnicas de análisis de datos

A. Identificación del problema

Se empleó la técnica de análisis de contenido, que suele utilizarse para el análisis sistemático de documentos escritos, notas de campo, entrevistas, etc.

B. Uso de técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se empleó la observación directa y tablas estadísticas en Excel.

C. Propuesta de solución

Finalmente, se propone el cambio del sistema de sincronización manual por un sistema automático.

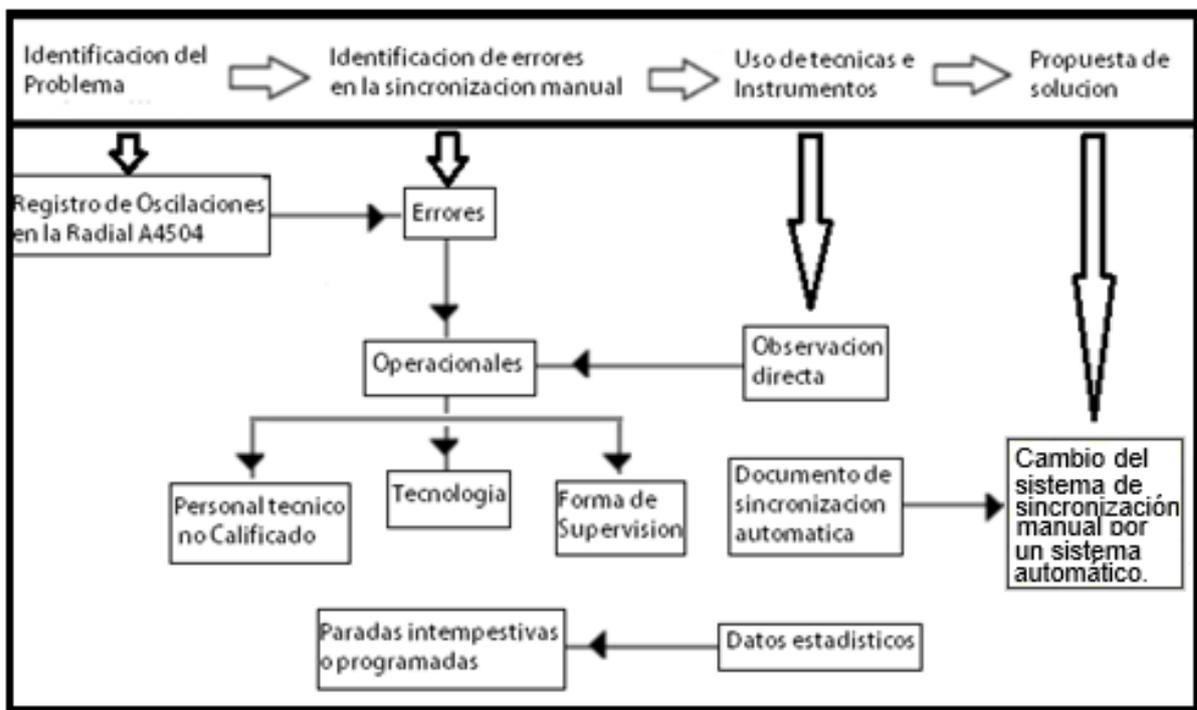


Figura 63. Pasos que se siguieron para proponer una solución.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de Estabilidad del Sistema al Realizar la Maniobra de Sincronismo en la C.H. ingenio

El sistema estable es aquel que, cuando es perturbado desde un estado de equilibrio, tenderá a regresar a ese estado de equilibrio. Por otro lado, un sistema inestable es aquel que, cuando es perturbado desde su equilibrio se desvía, alejándose cada vez más (sistemas lineales) o posiblemente moviéndose hacia un estado de equilibrio diferente (sistemas no-lineales).

Se simulo con el programa DigSILENT Power Factory 15.1 para analizar la estabilidad del sistema cada vez que se sincroniza. La simulación se efectuó con cierre del interruptor de potencia con diferentes ángulos de desfase.

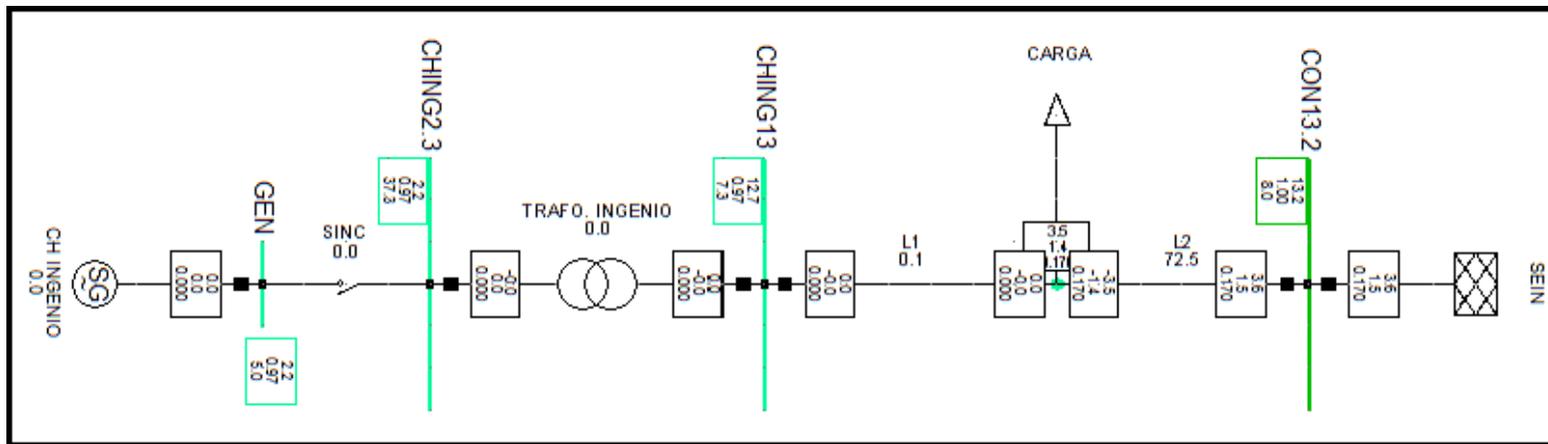


Figura 64. Diagrama unifilar de la central hidroeléctrica Ingenio / interruptor abierto, por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

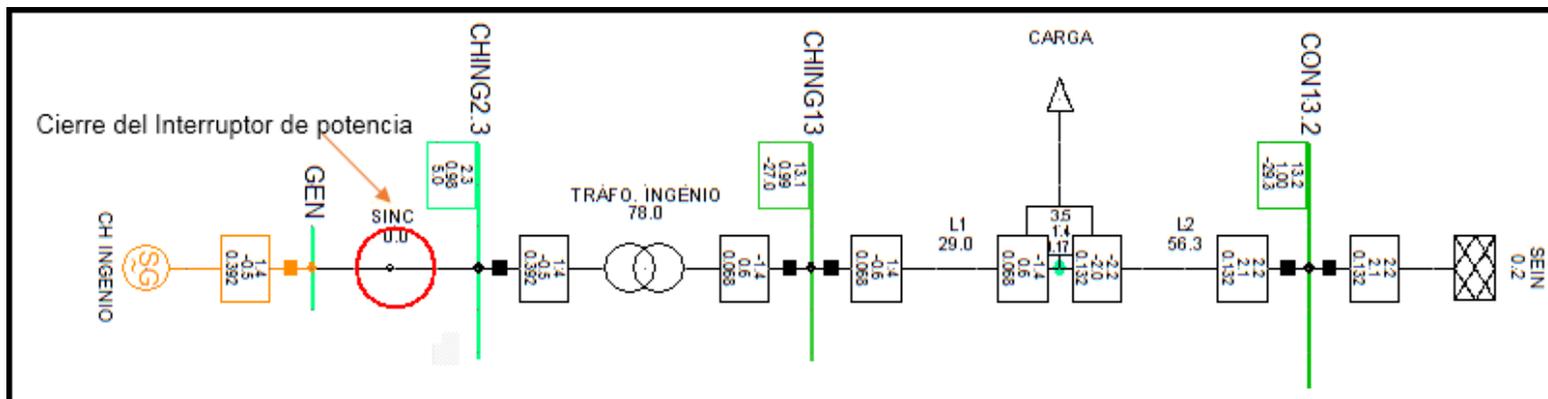


Figura 65. Diagrama unifilar central hidroeléctrica Ingenio / interruptor cerrado, por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

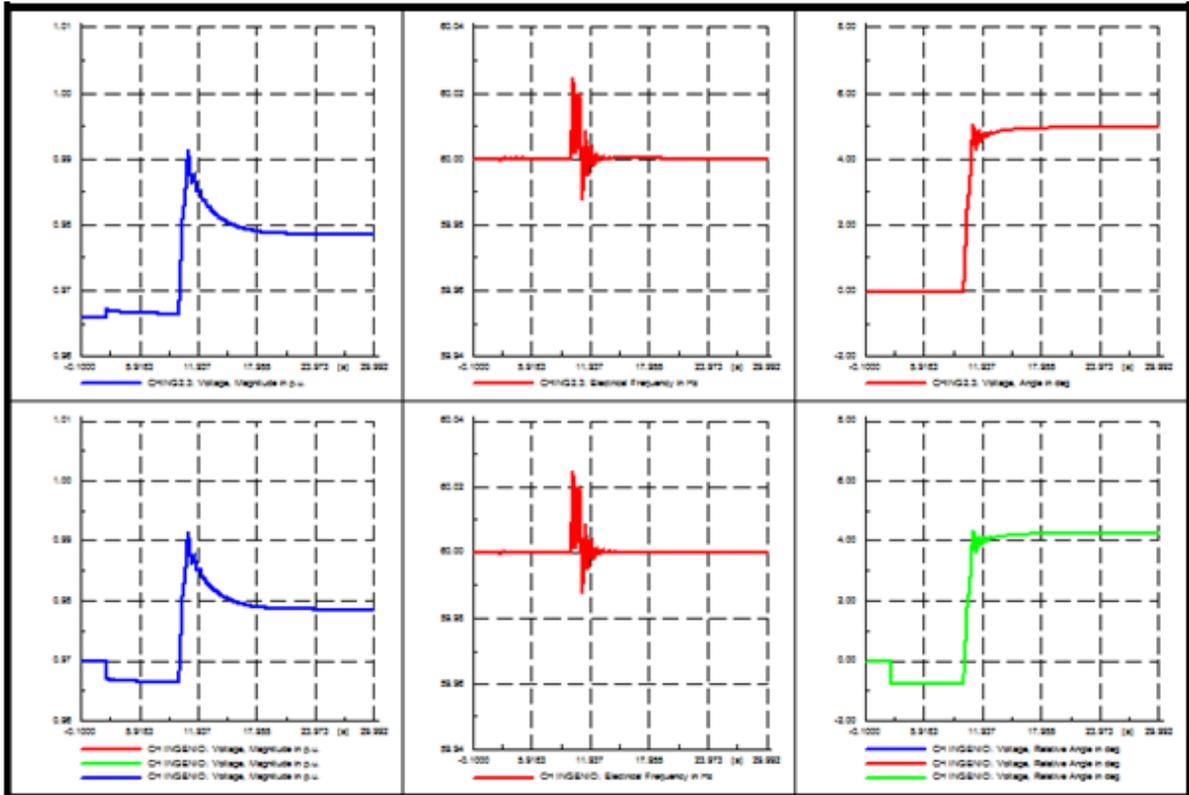


Figura 66. Cierre del interruptor de potencia 0° , por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

Análisis e interpretación

En la figura 66 se puede apreciar los efectos que produce cerrar el interruptor de potencia con un ángulo de desfase igual a cero. Los niveles de tensión del generador y de la red son las mismas, las frecuencias del sistema y del generador se encuentran estables, la transferencia de energía se produce a través de una rampa sin generar oscilaciones a la red eléctrica.

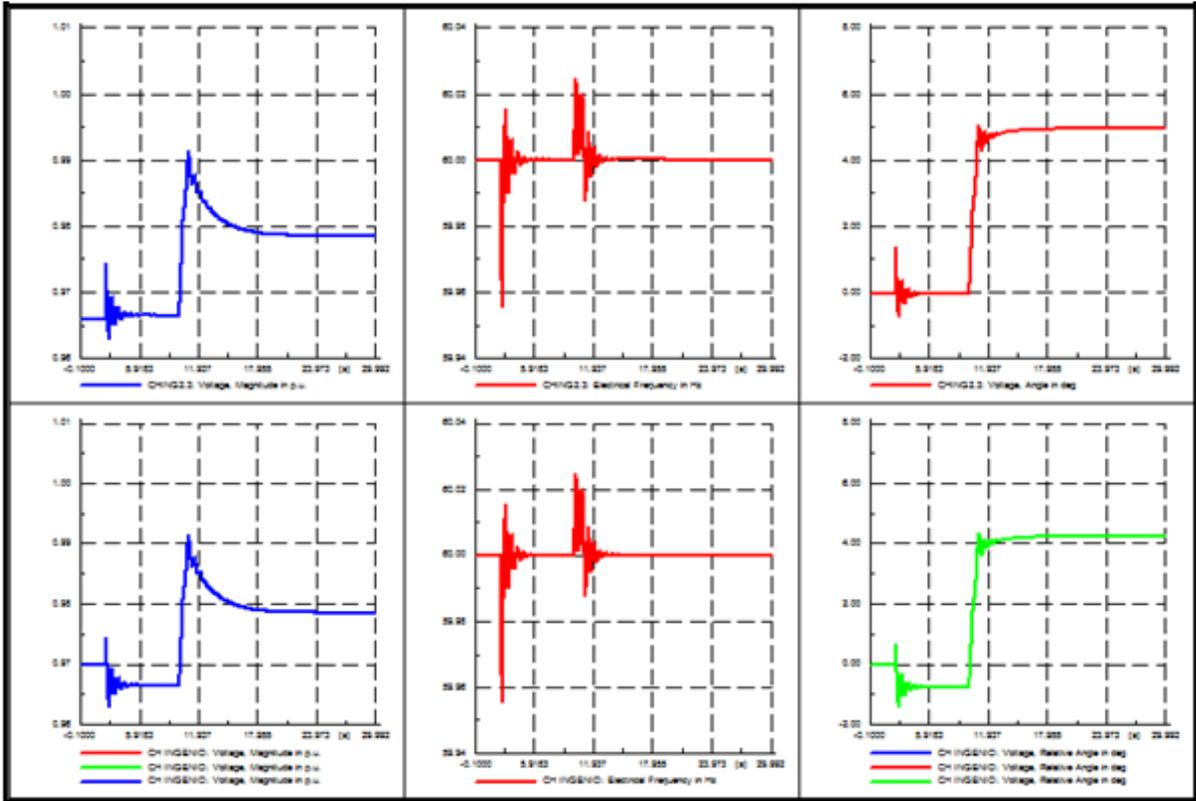


Figura 67. Cierre del interruptor de potencia 5°, por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

Análisis e interpretación

En la figura 67 se puede apreciar los efectos que produce cerrar el interruptor de potencia con un ángulo de desfase igual a 5°. Aparece súbitamente una corriente por fase, similar a un cortocircuito trifásico, seguida de una pequeña oscilación.

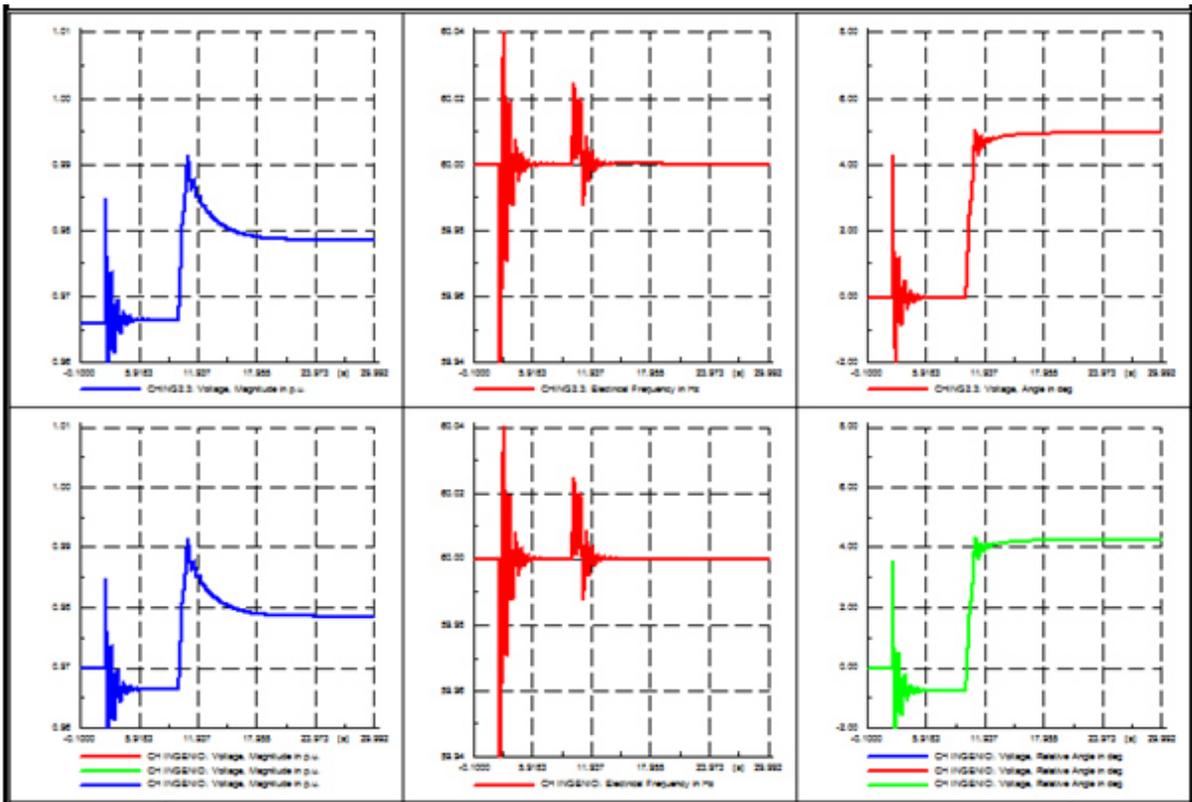


Figura 68. Cierre del Interruptor de potencia 15°, por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

Análisis e interpretación

En la figura 68 se puede apreciar los efectos que produce cerrar el interruptor de potencia con un ángulo de desfase igual a 15°. La corriente súbita por fase es más pronunciada, el cortocircuito trifásico es más intenso, seguida de una oscilación más evidente en la red eléctrica.

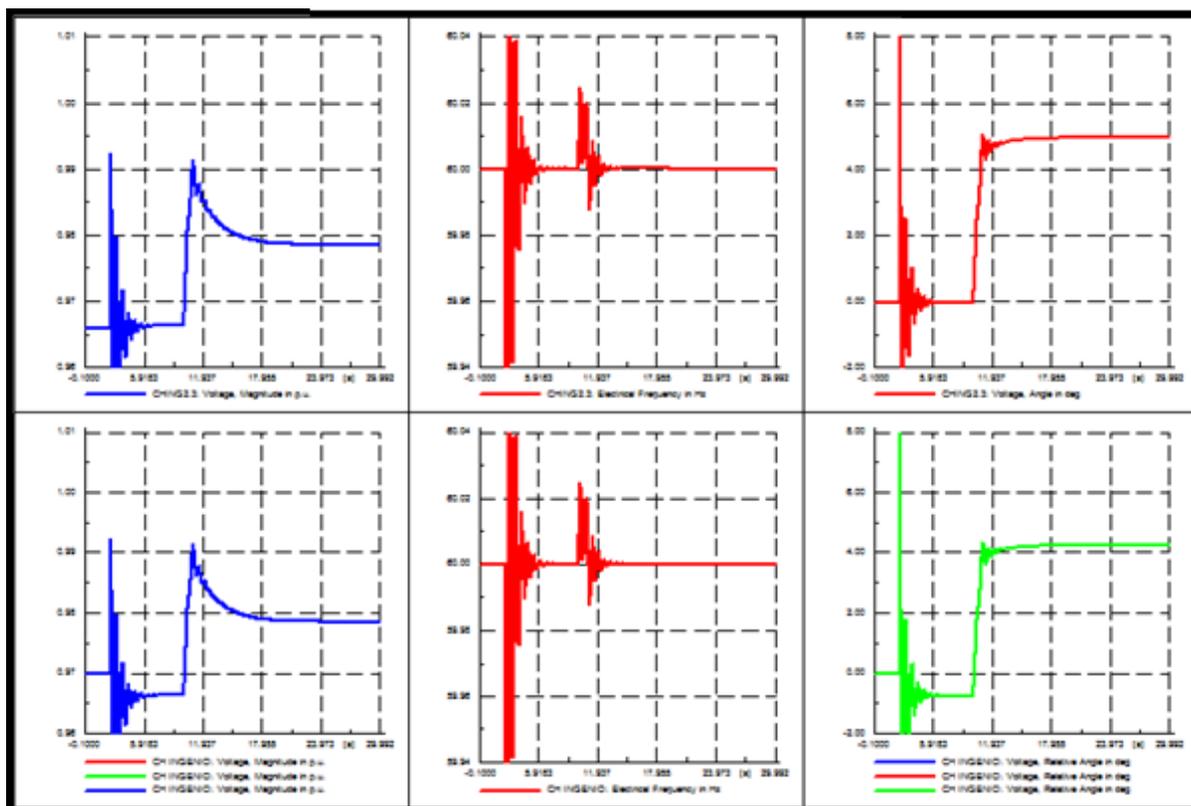


Figura 69. Cierre del Interruptor de potencia 30°, por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

Análisis e interpretación

En la figura 69 se puede apreciar los efectos que produce cerrar el interruptor de potencia con un ángulo de desfase igual a 30°. La corriente súbita por fase ocasiona deterioro al aislamiento del generador, el cortocircuito trifásico es más intenso, seguida de una oscilación que solo puede ser extinguida sacando fuera de servicio la central hidroeléctrica.

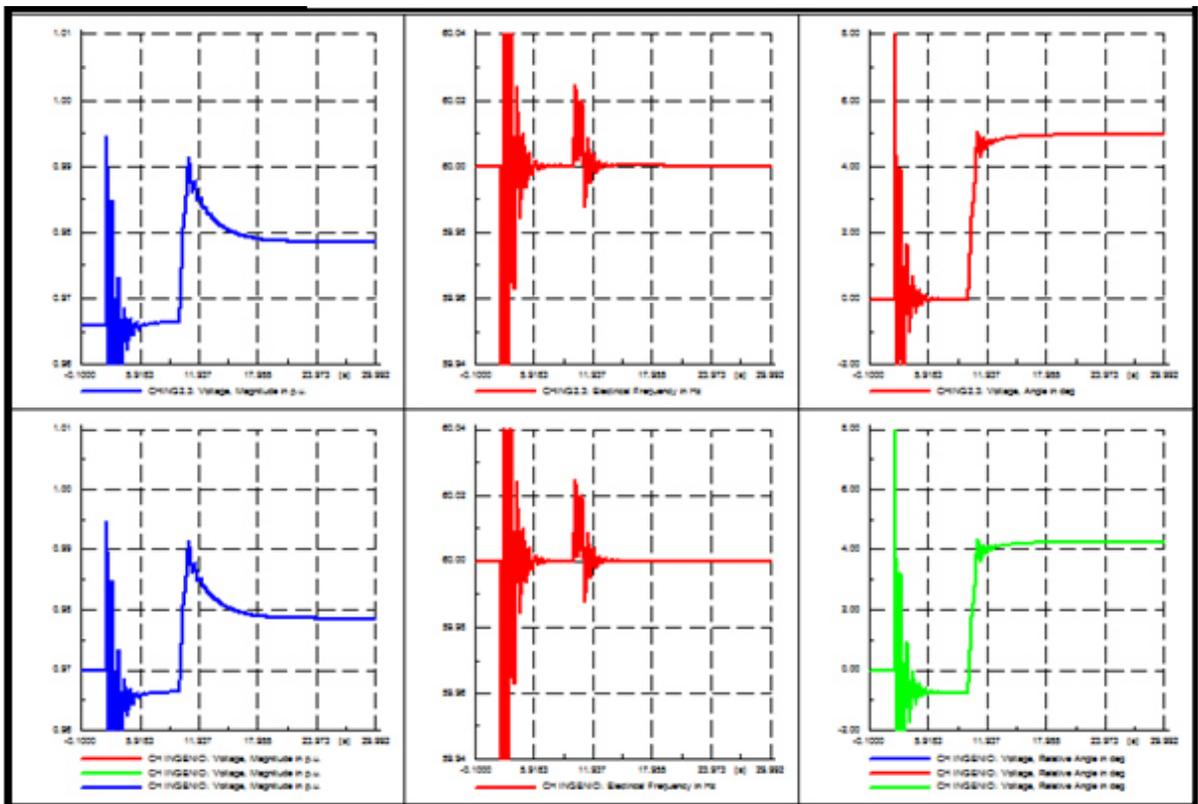
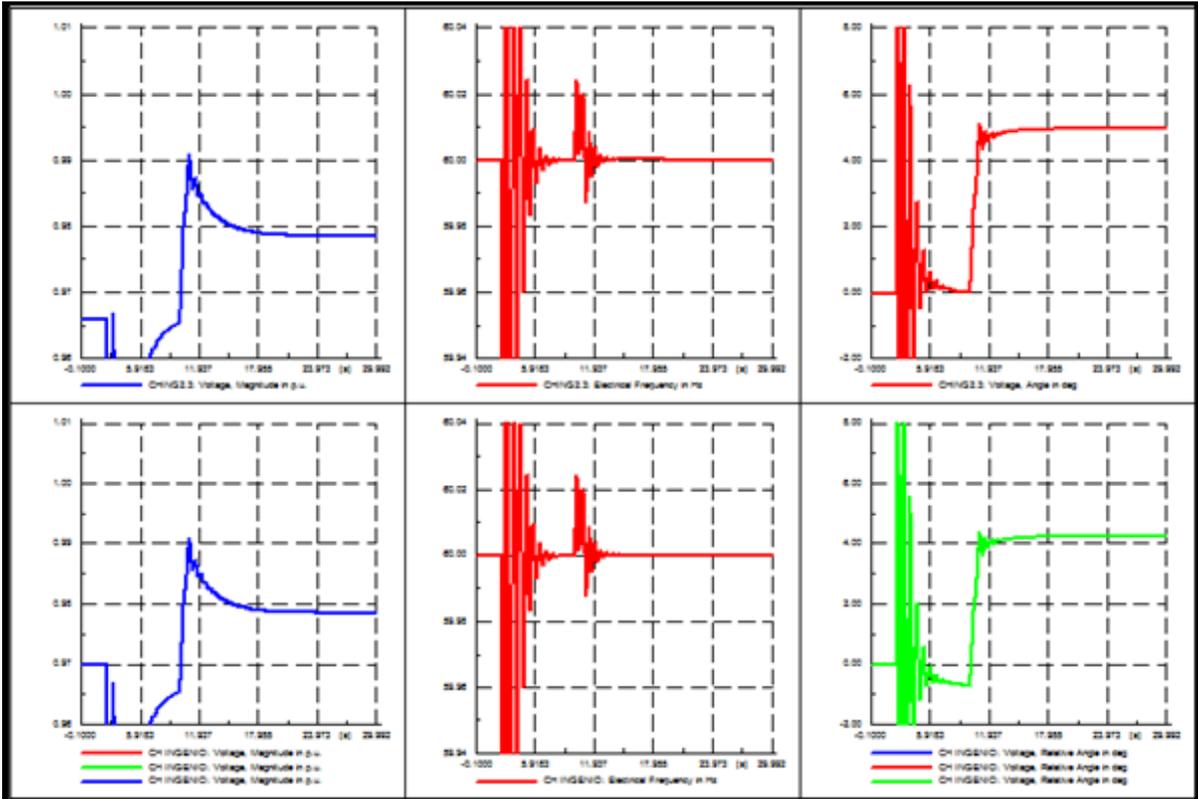


Figura 70. Cierre del interruptor de potencia 45°, por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

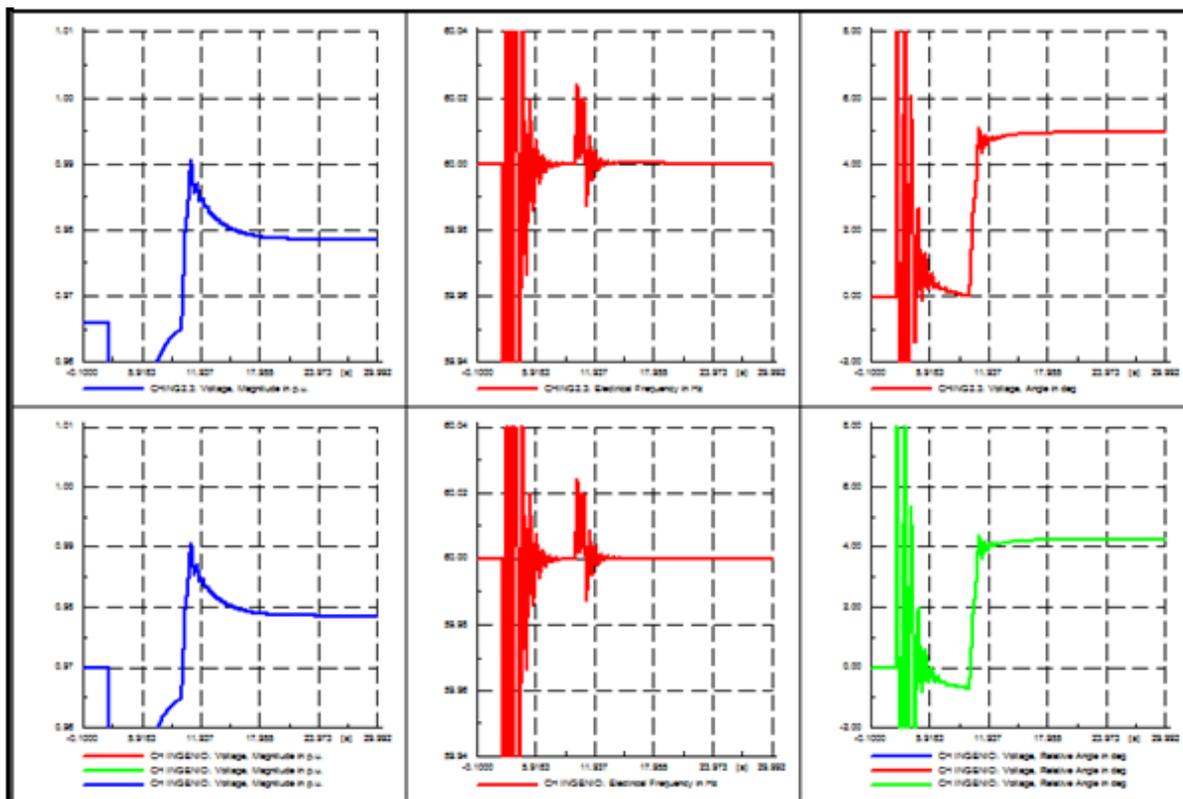


Figura 71. Cierre del Interruptor de potencia 150°. por DigSILENT Power Factory 15.1, UNCP, Versión 15.1, 2015 (Fecha de lanzamiento)

Análisis e interpretación

En la figura 71 se puede apreciar los efectos que produce cerrar el interruptor de potencia con un ángulo de desfase igual a 150°. Considerada una maniobra destructiva. La gran corriente súbita por fase es más pronunciada, el cortocircuito trifásico es mucho más intenso, seguida de una oscilación más evidente al tratar de acoplarse al sistema, desapareciendo solo cuando la central hidroeléctrica es aislada.

4.2 Circuito Completo

Se presenta el circuito de sincronización automático final, siendo el solidificado de las definiciones mencionadas anteriormente.

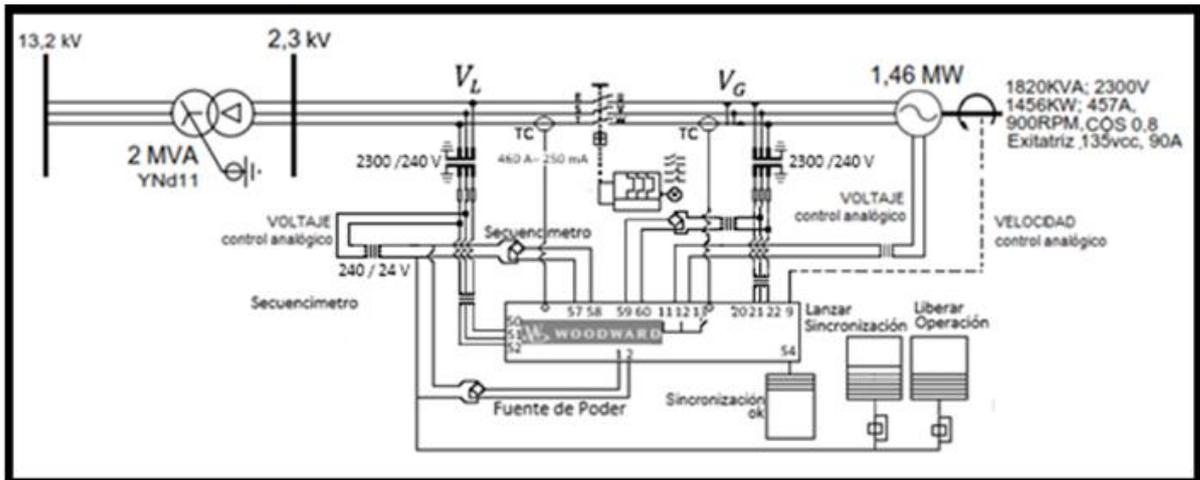


Figura 72. Circuito completo para la central hidroeléctrica Ingenio

4.3. Análisis de tablas estadísticas

A continuación se analiza y se comparara las tablas con datos estadísticos tomadas de las bitácoras de la C.H. Ingenio y C.H. Nuevo Imperial

4.3.1. Registro de interrupciones de C.H. Ingenio

Tabla 15

Paradas del grupo G1 por diferentes causas

Paradas del Grupo G1	2014		2015		2016		2017	
	Paradas G1	Tiempo total de reposición						
Enero	3	20:48	1	00:25	4	04:45	9	15:14
Febrero	3	15:42	4	05:53	1	02:16	7	15:14
Marzo	3	03:24	8	06:51	5	39:58	14	78:27
Abril	1	00:20	3	33:27	6	49:28	-	-
Mayo	6	02:42	0	00:00	1	07:57	-	-
Junio	2	39:37	2	00:41	7	12:39	-	-

Julio	2	01:09	2	01:44	7	181:51	-	-
Agosto	4	05:19	1	01:24	1	744:00	-	-
Setiembre	1	01:55	4	255:06	1	744:00	-	-
Octubre	3	12:22	3	328:25	6	10:02	-	-
Noviembre	13	29:13	1	00:27	Sin registro	-	-	-
Diciembre	2	03:47	1	00:44	Sin registro	-	-	-
TOTAL	43 paradas / 136 hh:18 mim		30 paradas / 635 hh:07 min		39 paradas / 1796 hh : 56 min		30 paradas / 108 hh:55 min	

Nota. Tomado de la “Bitácora”, por Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 12 de Abril de 2017, Ingenio, Perú

Análisis e interpretación

En la tabla 15 se observa la cantidad de paradas que fueron provocadas por diferentes motivos (falta de retorno, mantenimientos programados, preventivos, correctivos, etc.), y el tiempo que estuvo inoperativo el generador, esto implica sincronizar manualmente con más frecuencia.



Tabla 16

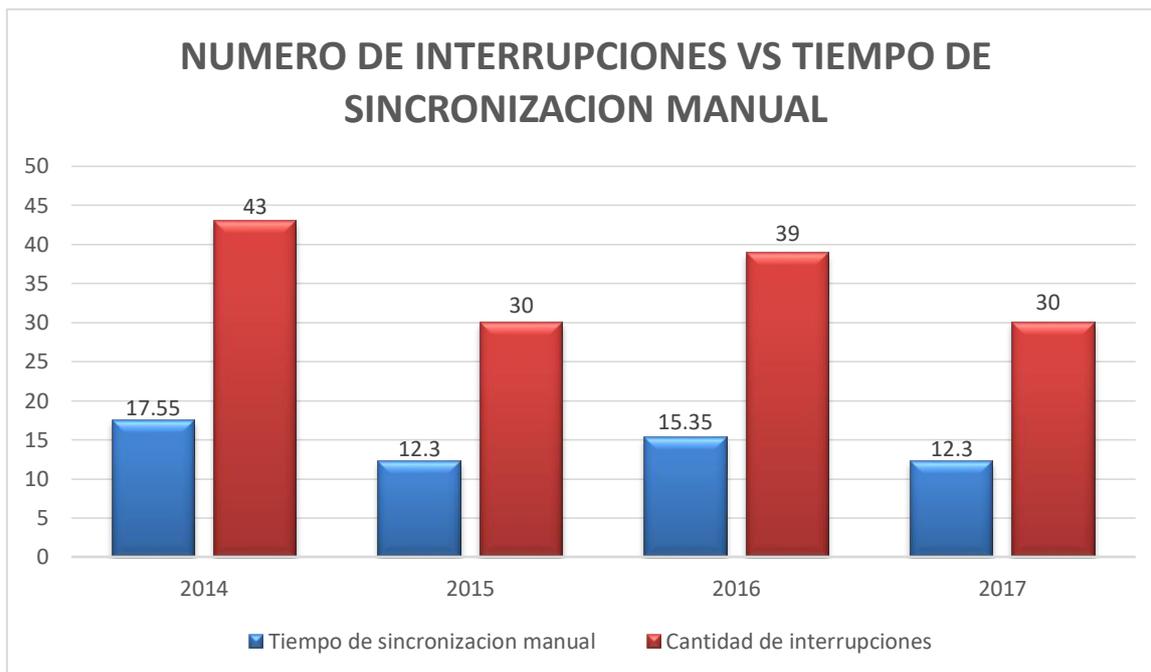
Tiempo que demoran en sincronizar el generador G1 de la C.H. Ingenio con la barra en 2.3 kV los años 2014-2015-2016-2017

Fecha	2014		2015		2016		2017	
	Paradas	Tiempo (hh:mm)	Paradas	Tiempo (hh:mm)	Paradas	Tiempo (hh:mm)	Paradas	Tiempo (hh:mm)
Enero	3	01:15	1	00:25	4	01:40	9	03:45
Febrero	3	01:15	4	01:40	1	00:25	7	02:55
Marzo	3	01:15	8	03:20	5	02:05	14	05:50
Abril	1	00:25	3	01:15	6	02:30	-	-
Mayo	6	02:30	0	-	1	00:25	-	-
Junio	2	00:50	2	00:50	7	02:55	-	-
Julio	2	00:50	2	00:50	7	02:55	-	-
Agosto	4	01:40	1	00:25	1	00:25	-	-
Setiembre	1	00:25	4	01:40	1	00:25	-	-
Octubre	3	01:15	3	01:15	6	02:10	-	-
Noviembre	13	05:25	1	00:25	Sin registro	-	-	-
Diciembre	2	00:50	1	00:25	Sin registro	-	-	-
TOTAL	43	17:55	30	12:30	39	15:35	30	12:30

Nota. Tomado de la “Bitácora”, Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 12 de abril de 2017, Ingenio, Perú

Análisis e interpretación

De la tabla 16 se analiza el tiempo promedio que demoran en sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV., es de 27 minutos y 05 segundos, por maniobra.



4.3.2. Análisis de la maniobra de sincronización manual

Se inspecciono visualmente los perjuicios que lleva una errada sincronización manual.

A. Condiciones previas antes de la sincronización manual

El técnico electricista coordina con el personal de bocatoma y cámara de carga para que regulen los caudales para dar inicio con el arranque del generador, apertura la válvula tipo bola para el ingreso del agua a la tubería forzada, abre lentamente la válvula *by pass* para tener presiones iguales a ambos lados de la válvula tipo mariposa abierta esta válvula empieza a girar la turbina (rodete), hasta las revoluciones de trabajo (900 rpm).

B. La frecuencia del generador debe ser ligeramente mayor que la frecuencia de la barra en 2.3 kV.

Para llegar a ese fin se activa el frecuencímetro analógico para comparar las frecuencias de la barra y del generador, en el regulador de velocidad gira la perilla de apertura de los alabes lentamente hasta aumentar o disminuir la frecuencia del generador según sea la necesidad. Desde el frecuencímetro hasta el regulador de

velocidad existe 30 metros esto dilata el tiempo y muchas veces no se llega a la frecuencia del generador deseada teniendo un alto riesgo que el generador se motorice al momento de cerrar el interruptor de potencia.

C. Igualdad de tensión del generador con la red eléctrica

El técnico electricista regula la tensión en borneras del generador girando en sentido horario el reóstato de la excitatriz hasta obtener los 2300 voltios.

D. Angulo de desfase

Después de unos intentos se logra igualar por un breve espacio de tiempo los ángulos de desfase del generador y de la barra, esto se puede evidenciar con los focos instalados, cuando los focos están encendidos existe un cierto ángulo de desfase, cuando los tres focos se apagan al mismo tiempo nos indica que el ángulo de desfase es cero.

E. Cierre del interruptor de potencia

Al tener los tres focos apagados el técnico electricista se encuentra concentrado y dispuesto a cerrar el interruptor de potencia, verificando que los focos no presenten una tenue iluminación o que se enciendan velozmente, dicha decisión dependerá de la destreza, práctica e intuición con la que cuenta el técnico electricista dicha decisión determinar el éxito o fracaso del sincronismo entre el generador con la barra en 2.3 kV.

Tabla 17

Análisis de la maniobra de sincronización manual C.H. Ingenio

MANIOBRAS	Problemas observados por el investigador
Igualar la frecuencia del generador con la barra en 2.3 kV.	<ul style="list-style-type: none"> • Trasladó de 30 metros desde el frecuencímetro hasta el regulador de velocidad • No se llegó a la frecuencia deseada, poniendo en riesgo que se motorice el generador.
Igualar la tensión del generador con la barra en 2.3 kV	Reóstato en malas condiciones
Angulo de desfase entre el generador y la barra en 2.3 kV	<ul style="list-style-type: none"> • El operador no visualiza el grado del ángulo cada vez que los focos empiezan a parpadear • Los focos incandescentes de 100 W se queman muy rápido
Cierre del interruptor de potencia	La decisión de cerrar el interruptor de potencia depende del técnico electricista de turno. Por lo general se cierra el interruptor con un ángulo de desfase.

4.3.3 Formas de supervisar una errada sincronización manual realizada en la central hidroeléctrica

Una errada sincronización manual se puede comprobar en la misma central hidroeléctrica Ingenio y en la central hidroeléctrica de Concepción.

A. Supervisión en la central hidroeléctrica Ingenio

Todos los acontecimientos ocurridos al generador son registrados en hojas Excel todos los días, esta información es almacenada en la computadora de uso común de los técnicos electricistas y reportada a los supervisores responsables.

Convirtiéndose en datos estadísticos históricos de los acontecimientos diarios de la operación.

FORMATO 04: REGISTRO DE PARADA/INTERRUPCIÓN DE MÁQUINA					
GRUPO No.1					
DURACIÓN					Observación
Desde		Hasta		de Interrupción	
Día	hh:mm	Día	hh:mm	hh:mm	
6-Ene-17	15:45	6-Ene	16:49	01:04	Falta de retorno de fase (T), aperturadom en seccionador I404061 en Huaychulo.
8-Ene-17	14:00	8-Ene	14:28	00:28	Falta de retorno en A-4504 fallaen linea
10-Ene-17	14:28	10-Ene	15:11	00:43	Falta de retorno de la fase (S) linea caída en Quichuay, seccionador I404077
15-Ene-17	14:20	15-Ene-17	14:55	00:35	Falta de retorno de fase (T), aperturadom en seccionador I404061 en Huaychulo.
18-Ene-17	17:02	18-Ene	18:38	01:36	Falta de retorno , Falla en L-6078 en 60 KV.
20-Ene-17	09:00	20-Ene	14:10	05:10	Evaluacion y medicion de fuga a tierra
25-Ene-17	09:35	25-Ene	11:52	02:17	Falta de retorno , Falla en L-6078 en 60 KV.
29-Ene-17	08:00	29-Ene	10:00	02:00	Falta de retorno de fase (T), apertura en seccionador I404061 en Huaychulo.
30-Ene-17	13:29	30-Ene	16:12	02:42	F/s por falta de retorno en A-4504, Fase T a tierra, fuertes vientos por la zona.

Figura 73. Formato para informar las paradas intempestivas y programadas del generador a los supervisores. Tomado de la “Bitácora” Empresa Electrocentro S.A., Área de Operaciones C.H. Ingenio, [Excel], 12 de abril de 2017, Ingenio, Perú

B. Supervisión en la central hidroeléctrica Concepción

El contador de maniobras instalada para la radial A4504 registra oscilaciones por cada maniobra errada de sincronismo manual efectuada en la C.H. Ingenio.

Tabla 18

Análisis de causa-efecto

CAUSA	EFEECTO
Errada sincronización manual	<ul style="list-style-type: none"> • El generador quede en modo isla. • Degradación del aislamiento del generador. • Generación de Oscilaciones al sistema de distribución. • Suministrar energía de mala calidad a los usuarios.
Antigüedad de los instrumentos de medición y control que intervienen en la sincronización	Retraso en la maniobra de sincronismo del generador

Documento Sincronización Automática:

<p>OBJETIVO :</p> <p>Optimización <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Evitar <input type="checkbox"/></p>	<p>CONTROL:</p> <p>Transferencia de energía eléctrica <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Errónea sincronización manual <input type="checkbox"/></p> <p>Oscilaciones en el circuito eléctrico <input type="checkbox"/></p>
---	--

Propósito : Menor tiempo de respuesta en el sincronismo, Cierre del interruptor de potencia con un ángulo (θ) de desfase en 0° .

Descripción: Emplear el equipo de sincronización automático WOODWARD – SPM 10 para optimizar la transferencia de energía eléctrica

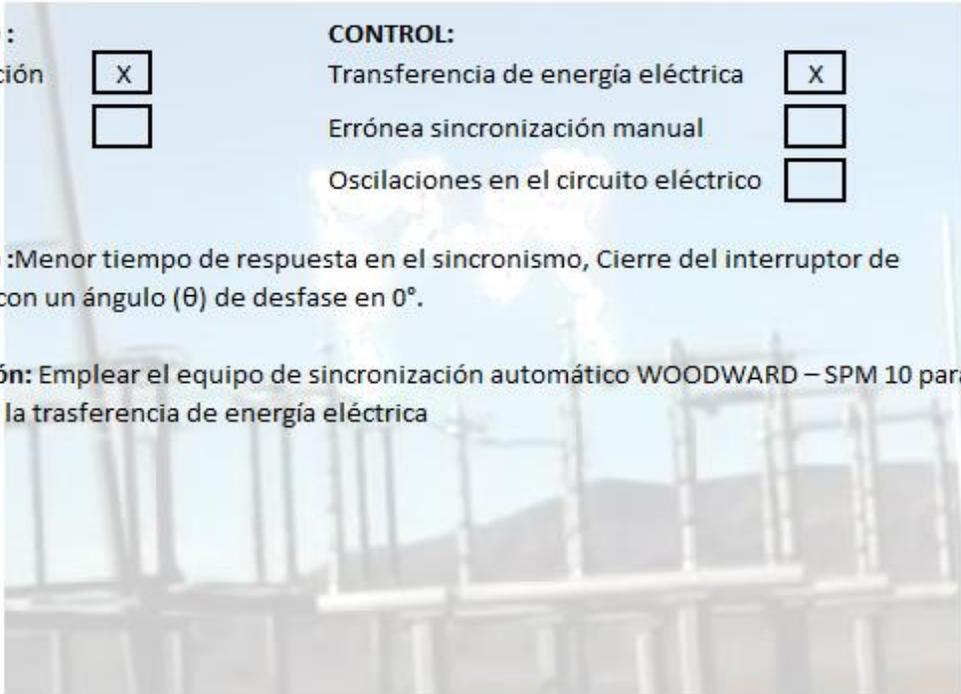


Figura 74. Documento sincronización automática de optimización de transferencia de energía eléctrica.

Documento Sincronización Automática:

OBJETIVO :		CONTROL:	
Optimización	<input type="checkbox"/>	Transferencia de energía eléctrica	<input type="checkbox"/>
Evitar	<input checked="" type="checkbox"/>	Errónea sincronización manual	<input type="checkbox"/>
		Oscilaciones en el circuito eléctrico	<input checked="" type="checkbox"/>

Propósito: Evitar una sincronización manual, que contenga un ángulo (θ) de desfase entre el generador y la red eléctrica en 13.2 Kv.

Descripción: Si el operador cierra el interruptor de potencia para transferir la energía eléctrica del generador hacia la red eléctrica en 13.2 Kv, con un ángulo (θ) de desfase se produce oscilaciones en el circuito, pérdidas técnicas y comerciales, incumplimiento al Código Nacional de Electricidad, si el ángulo de desfase supera los 15 grados sacaría fuera de servicio la red A4504.

Figura 75. Documento de sincronización automática

Documento Sincronización Automática:

OBJETIVO :		CONTROL:	
Optimización	<input type="checkbox"/>	Transferencia de energía eléctrica	<input checked="" type="checkbox"/>
Evitar	<input checked="" type="checkbox"/>	Errónea sincronización manual	<input checked="" type="checkbox"/>
		Oscilaciones en el circuito eléctrico	<input type="checkbox"/>

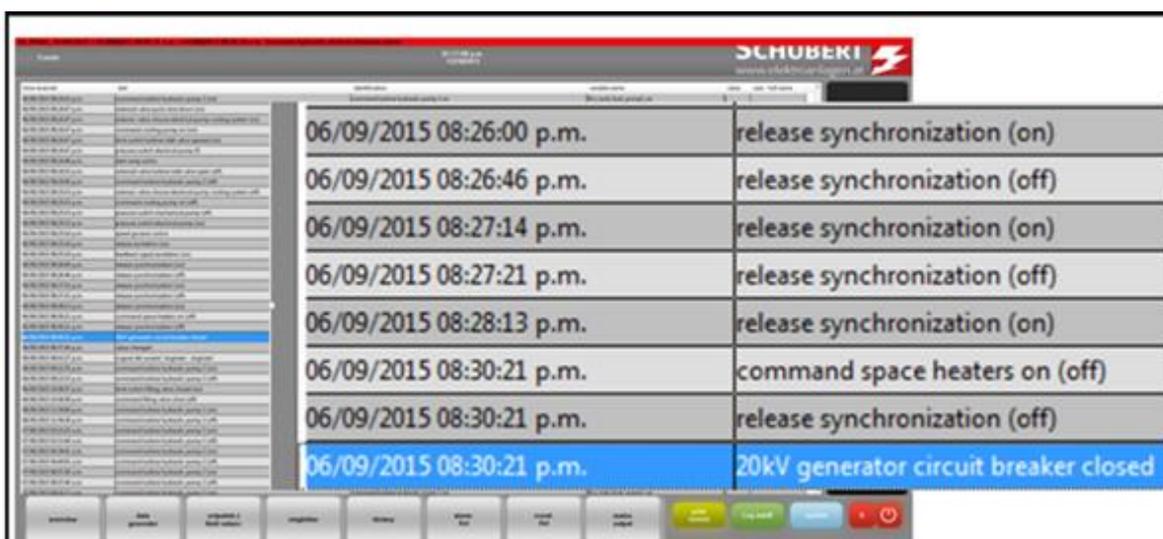
Propósito: Menor tiempo de respuesta en el sincronismo, Cierre del interruptor de potencia con un ángulo (θ) de desfase en 0°.

Descripción: Con el equipo de sincronismo automática WOODWARD – SPM 10, se garantiza una eficiente sincronización, porque compara la iguala de los parámetros de frecuencia y tensión del generador con la red eléctrica en un desfase de 0° y solo ordena cerrar el interruptor de potencia cuando se tiene ese grado de desfase. El WOODWARD – SPM 10 también sirve como sistema de protección en caso que falte una fase de la red eléctrica o fallas en la operación, abriendo el interruptor de potencia

Figura 76. Documento de Sincronización automática

4.3.4. Eficacia de la unidad de sincronismo Woodward (SPM-d10/yb). En la central hidroeléctrica de nuevo Imperial-Cañete

El sincronizador automático Woodward (SPM-D10/YB) es el encargado de sincronizar y cerrar el interruptor de potencia en la central hidroeléctrica de nuevo Imperial-Cañete en un menor tiempo y sin oscilaciones a la red eléctrica en 20 kV.



Timestamp	Action
06/09/2015 08:26:00 p.m.	release synchronization (on)
06/09/2015 08:26:46 p.m.	release synchronization (off)
06/09/2015 08:27:14 p.m.	release synchronization (on)
06/09/2015 08:27:21 p.m.	release synchronization (off)
06/09/2015 08:28:13 p.m.	release synchronization (on)
06/09/2015 08:30:21 p.m.	command space heaters on (off)
06/09/2015 08:30:21 p.m.	release synchronization (off)
06/09/2015 08:30:21 p.m.	20kV generator circuit breaker closed

Figura 77. Registro del tiempo que demora el Woodward en sincronizar el generador con la red eléctrica en 20 kV. Tomado de la “Bitácora”, por Área de Operaciones C.H. Nuevo Imperial, Empresa Hidrocañete S.A.C., [Excel], 22 de julio de 2015. Cañete, Perú

Análisis e interpretación

De la figura 77 se puede apreciar que se sincronizó el generador el 06/09/2015 hora inicio 08:26:00 pm y hora final las 08:30:21 pm., haciendo 00:04:21 (cuatro minutos con veintiuno segundos). Incluido el cierre del interruptor de potencia

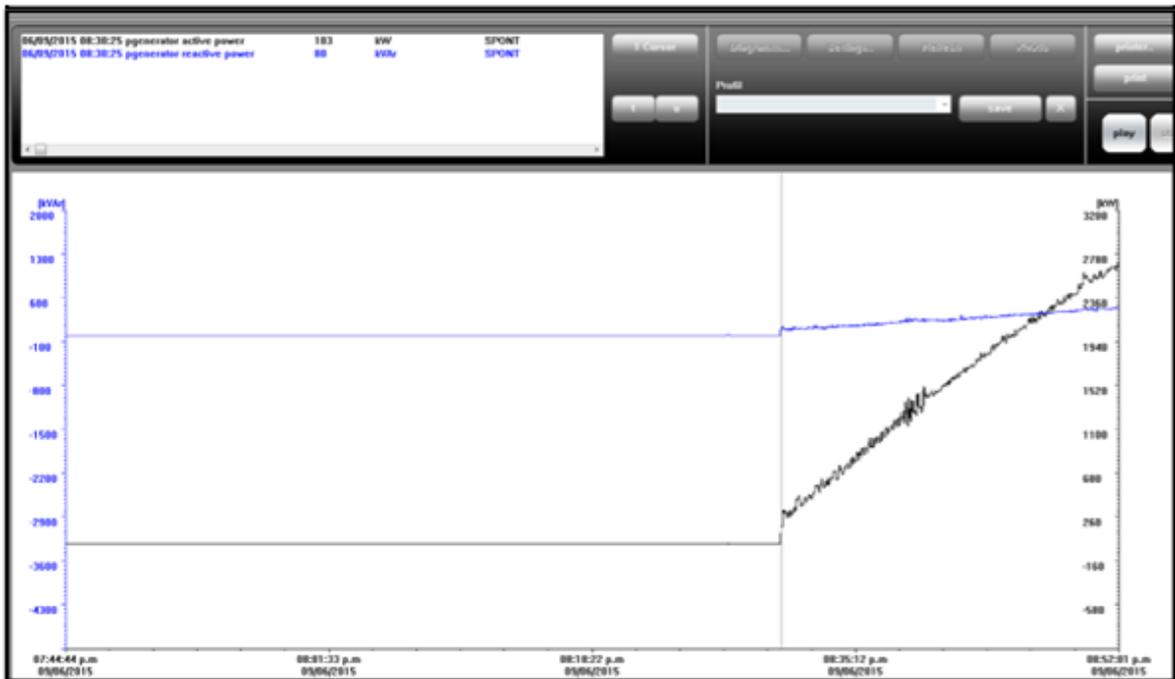


Figura 78. Transferencia de energía eléctrica a la red eléctrica 20 kV. Tomado de la “Bitácora”, por Área de Operaciones C.H. Nuevo Imperial, Empresa Hidrocañete S.A.C., [Excel], 22 de julio de 2015. Cañete, Perú.

Análisis e interpretación

De la Figura 78 se puede visualizar que la transferencia de energía eléctrica a la red eléctrica es sin oscilaciones.

Tabla 19

Tiempo que tardan en sincronizar el generador de la CH Nuevo Imperial con la Red Eléctrica en 20 kV (utilizando el Woodward) Años 2016-2017

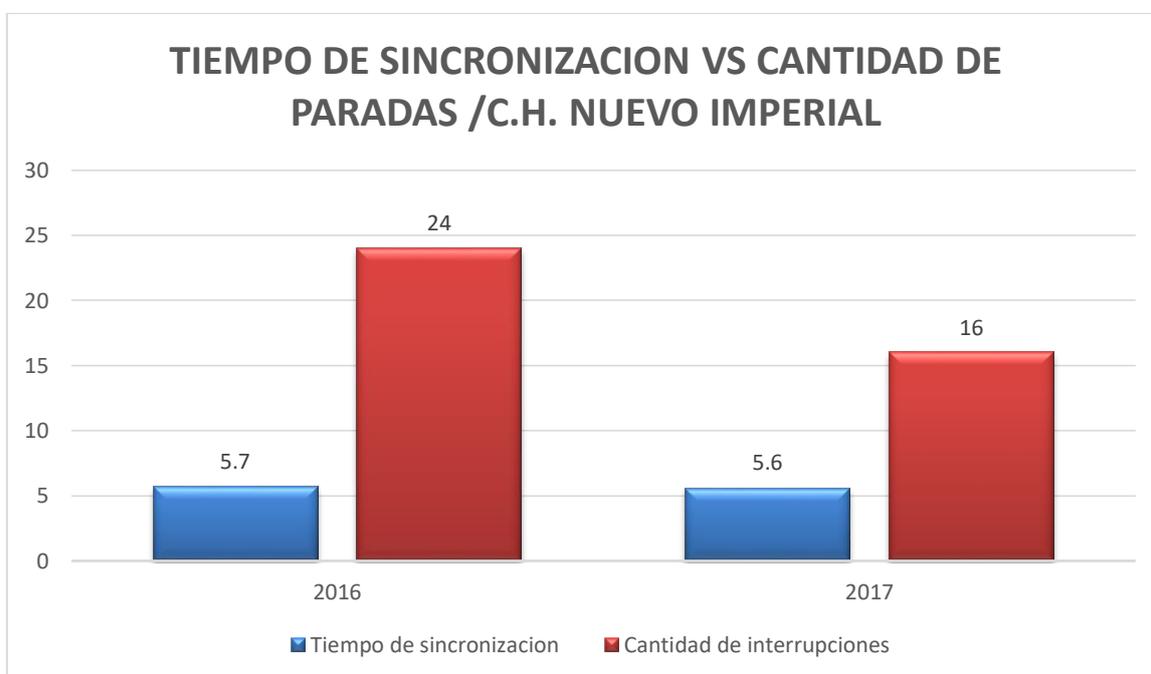
Fecha	2016			fecha	2017		
	H. Inicio	H. Final	Total		H. Inicio	H. Final	Total
15 Ene.	07:15:51	07:19:39	0:03:48	24 Ene.	17:30:00	17:35:26	0:05:26
07 Feb.	02:58:31	03:04:50	0:06:19	26 Ene.	17:17:37	17:20:00	0:02:23
11 Feb.	16:36:00	16:42:26	0:06:26				
25 Feb.	04:38:42	04:43:49	0:05:07				
12 Mar.	21:17:09	21:24:07	0:06:58	19 Mar.	11:17:00	11:30:25	0:13:25
18 Mar.	08:38:00	08:44:34	0:06:34	24 Mar.	07:56:08	08:01:21	0:05:13
				26 Mar.	22:45:00	22:52:36	0:07:36
				30 Mar.	12:38:00	12:46:08	0:08:08
				31 Mar.	11:20:00	11:26:13	0:06:13
17 Abr.	06:58:10	07:03:43	0:05:33	09 Abr.	09:20:00	09:21:21	0:01:21
25 Abr,	06:25:32	06:30:02	0:04:30	25 Abr.	02:03:33	02:09:20	0:05:47
				30 Abr.	19:13:00	19:18:48	0:05:48
02 May.	05:37:10	05:42:20	0:05:10	24 May.	11:00:00	11:06:57	0:06:57
25 May.	02:35:10	02:41:15	0:06:05				
02 Jun.	04:27:10	04:33:27	0:06:17	25 Jun.	03:58:00	04:03:17	0:05:17
13 Jun.	21:34:01	21:39:37	0:05:36				
21 Jun.	16:08:48	16:14:49	0:06:01				
22 Jun.	08:12:05	08:19:25	0:07:20				
09 Jul.	12:34:18	12:41:34	0:07:16	.			
06 Ago.	06:59:00	07:05:35	0:06:35	14 Ago.	22:00:00	22:06:48	0:06:48
10 Ago.	12:42:11	12:47:14	0:05:03	16 Ago.	22:33:00	22:38:11	0:05:11

14 Ago.	17:43:53	17:48:13	0:04:20	20 Ago.	13:52:00	14:00:33	0:08:33
19 Ago.	05:38:28	05:43:39	0:05:11				
02 Sep	08:06:08	08:12:43	0:06:35	06 Sep.	20:25:00	20:30:21	0:05:21
25 Sep	19:28:27	19:34:15	0:05:48				
17 Oct.	22:55:00	23:01:18	0:06:18				
14 Oct.	11:17:00	11:23:25	0:06:25				
31 Dic,	16:35:00	16:40:55	0:05:55				

Nota: Tomado de la “Bitácora”, por Área de Operaciones C.H. Nuevo Imperial, Empresa Hidrocañete S.A.C., [Excel], 22 de julio de 2015. Cañete, Perú

Análisis e interpretación

La tabla 19 nos muestra que el tiempo máximo de sincronización es de 8 minutos (hora punta) y el mínimo es de 1 minuto. Siendo el promedio de 5 minutos por maniobra.



4.3.5. Eficacia de la unidad de sincronismo automático en la central hidroeléctrica de Canchayllo, Jauja

La central hidroeléctrica Canchayllo ingresó en operación el 1 de enero de 2016 con una potencia de 5 MW. Transfiriendo toda la energía que produce a una línea existente de 60 kV. Para la maniobra de sincronización del grupo generador con la línea se utiliza un sincronizador automático de procedencia china marca Yongzhou para garantizar una sincronización convincente y fiable que transfiere sin perturbaciones la energía que produce el generador a la línea en 60 kV. Hacia la minera Chunpe.



Figura 79. Sincronización automática CH Canchayllo, Jauja

Análisis e interpretación

El tiempo que demora en sincronizar el generador de la central hidroeléctrica Canchayllo con la red eléctrica en 6.3 kV es aproximadamente de 3 minutos con 12 segundos



Figura 80. Sincronizador Yongzhou de origen chino. CH Canchayllo

4.3.7. Análisis de las maniobras que se realizan en la central hidroeléctrica Ingenio para sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV.

Se analizará con las correspondientes tablas el tiempo de sincronismo, la cantidad de oscilaciones generadas.

Tabla 20

Cantidad de sincronizaciones anuales realizadas en la C.H. Ingenio

Cantidad de sincronizaciones manuales realizadas en la C.H. Ingenio para transferir la energía eléctrica a la red primaria en 13.2 kV. Años 2014 – 2015 – 2016 - 2017				
	2014	2015	2016	2017
Enero	3	1	4	9
Febrero	3	4	1	7
Marzo	3	8	5	14

Abril	1	3	6	-
Mayo	6	-	1	-
Junio	2	2	7	-
Julio	2	2	7	-
Agosto	4	1	1	-
Setiembre	1	4	1	-
Octubre	3	3	6	-
Noviembre	13	1	Sin registro	-
Diciembre	2	1	Sin registro	-
Total	43 Maniobras	30 Maniobras	39 Maniobras	30 Maniobras

Nota: Tomado de la "Bitácora", por Área de Operaciones C.H. Ingenio, Empresa Electrocentro S.A., [Excel], 12 de Abril de 2017. Ingenio, Perú

Análisis e Interpretación

La tabla 20 nos muestra la cantidad de maniobras de sincronización por meses de cada año, hay meses donde se han realizado hasta 14 maniobras

Tabla 21

Contador de maniobras erradas por una sincronización manual

Contador de maniobras del interruptor instalado en la radial A4504 registrado en la C.H. Concepción cada vez que se realiza una errónea sincronización manual en la C.H. Ingenio, años 2014-2015-2016-2017.				
	2014	2015	2016	2017
Enero	1	1	4	5
Febrero	2	3	1	4
Marzo	1	1	2	4
Abril	1	1	0	-
Mayo	4	-	1	-
Junio	2	1	1	-
Julio	1	2	3	-
Agosto	3	1	-	-
Setiembre	1	2	-	-

Octubre	2	3	2	-
Noviembre	9	1	-	-
Diciembre	1	1	-	-
TOTAL	28	17	14	13
Suma total	72 oscilaciones registradas / 142 maniobras			

Nota: Tomado de la "Bitácora", por Área de Operaciones C.H. Concepción, Empresa Electrocentro S.A., [Excel], 20 de julio de 2017. Concepción, Perú

Análisis e interpretación

La tabla 21 nos muestra que se registraron 72 oscilaciones de 142 maniobras de sincronismo manual realizadas en la central hidroeléctrica Ingenio.

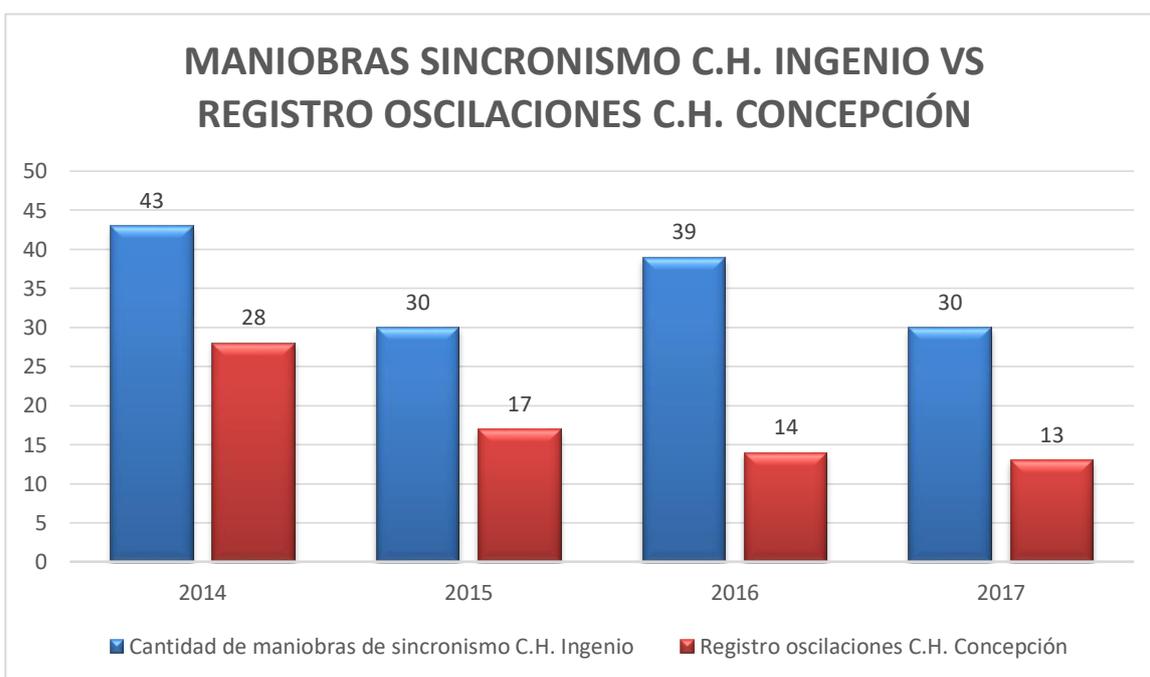


Tabla 22

Cuadro comparativo entre una sincronización automática y una sincronización manual

Cuadro comparativo entre una sincronización automática y una sincronización manual		
	Sincronización Automática	Sincronización Manual
Tiempo en sincronizar el generador con la red eléctrica	5 minutos (En promedio)	27 minutos (En promedio)
Oscilaciones registradas por sincronizar con un ángulo de desfase	0 Registros (2016 – 2017)	72 registros (2014 - 2017)
Transferencia de energía eléctrica más eficiente	Eficiente	Menos Eficiente

Análisis e Interpretación

La tabla 22 no da un resumen de la eficacia de cada sincronizador por criterio la automática es la óptima.

4.4. Prueba de Hipótesis

De acuerdo con el análisis de los datos obtenidos, simulaciones realizadas, costos beneficio y técnicamente viable, se puede afirmar que cambiando el sistema de sincronización manual por un sistema automática en la central hidroeléctrica Ingenio se reducirá las oscilaciones en la radial A4504 por sincronismo y menor tiempo de respuesta en sincronizar el generador con la barra en 2.3 kV.

4.5. Discusión de resultados

En cuanto a la técnica de sincronización manual instalada en la central hidroeléctrica Ingenio, se comprobó que produce oscilaciones en la radial A4504 cada vez que se efectúa una errada sincronización manual. También el tiempo de sincronización manual es más prolongada en comparación a un sistema automático.

La investigación dominada “Diseño y Construcción de un equipo de Sincronización Automático para Maquinas Síncronas” en la Universidad Pontificia Comillas, Madrid, el año 2015. Cuya motivación es optimizar la transferencia de energía eléctrica a la red. (5)

Llegó a las siguientes conclusiones:

- El equipo de sincronización está diseñado para regular automáticamente la tensión y la frecuencia del generador mediante señales enviadas al excitador de corriente conectado a la máquina y el variador de frecuencia. Una vez ajustada la frecuencia y la tensión del generador, el programa espera el momento en el que el ángulo entre los dos sistemas trifásicos de tensión es cero (generador y red) y procede a mandar una señal que, a través de un relé conectado al circuito de cierre del interruptor de acoplamiento, cierra el interruptor que acopla el generador síncrono a la red de forma automática.
- La precisión del equipo de sincronización construido resultó ser muy alta, cerrando el interruptor de acoplamiento en el momento en que exactamente el ángulo entre ambos sistemas trifásicos es cero. Para llegar a esta conclusión se comparó con un equipo de sincronización de otro fabricante y resultó que la precisión del equipo desarrollado en el presente proyecto y el otro equipo con el que se compara (mucho más caro) es la misma.
- Por tanto, se puede concluir que el equipo desarrollado en este proyecto cumple los objetivos marcados, consiguiendo sincronizar un generador síncrono a la red con la misma precisión que otros equipos de otros fabricantes y consiguiendo una reducción de precio bastante notable (aproximadamente 5 veces menor).

Con estos antecedentes y teniendo en cuenta la formulación del problema central y específicos, así como los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación, podemos justificar y validar las hipótesis planteadas inicialmente, con los análisis obtenidos después del desarrollo de la tesis, el procesamiento y tabulación de datos; y su presentación correspondiente mediante las tablas estadísticas desde la tabla 15 hasta la tabla 21 presentadas en el Capítulo IV. Para

la demostración de la hipótesis general ha sido necesario, recopilar información histórica documentada, observación directa de las maniobras de sincronización en la central hidroeléctrica Ingenio, maniobras de sincronización automática en las centrales hidroeléctricas de nuevo imperial (Cañete) y Canchayllo (Jauja) , interacción con los trabajadores sobre el método de sincronización manual y automático, búsqueda de información sobre sincronización automática y manual en libros de máquinas eléctricas ,tesis relacionadas al tema de investigación, manuales e internet, se utilizó el simulador DigSILENT Power Factory 15.1, las mismas que han consolidado el proceso de la investigación.

4.6. Análisis económico

Teniendo en cuenta los recursos que se utilizaran en el presente proyecto es necesarios evaluar los costos en que se va incurrir. En la tabla 22 se muestra los costos de los elementos que se van a requerir para una sincronización automática.

Tabla 23

Análisis Económico

Cantidad	Equipo / recursos	MONTO A INVERTIR		Descripción	AHORRO ECONÓMICO		
		Costo unitario	Costo total				
12 Unid.	Diodos-Rectificadores de onda	25.00 \$	300.00 \$	Mala calidad del producto (calidad de la tensión) / escala de multas/gerencia de fiscalización eléctrica Osinergmin (GFE) En relación al número de muestra y que se tenga controlado un margen de error y un nivel de confianza estadística.	15 UIT	Valor de UIT = 4200 S/.	63 000 S/.
01 Unid.	Adaptador para PLC - I/O	60.00 \$	60.00 \$				
01 Unid.	Woodward (SPM-D10 /YB)	3 000.00 \$	3 000.00 \$				
01 Unid.	Cable programación de entrada / salida analógica	50.00 \$	50.00 \$				
01 Unid.	Sensor de velocidad	10.00 \$	10.00 \$				
	Programar Woodward (SPM-D10/YB)	200.00 \$	200.00 \$				
02 Unid.	Transformador 2300 / 240 V.	10 000.00 \$	20 000.00 \$				
03 Unid.	Transformador 240 / 24 V.	1 200.00 \$	3 600.00 \$				
02 Unid.	Transformadores de corriente	4 000.00 \$	8 000.00 \$				
	Otros						
02 Unid.	Contactores	65.00 \$	130.00 \$				

100 m	Cable # 16 AWG	30.00 \$	30.00 \$	Apertura de la radial A4504. 1 hora.	15 384 usuarios	Monto que Electrocentro dejaría de percibir	19 350 S/,
100 m	Cable # 12 AWG	50.00 \$	50.00 \$	Reparación del grupo Generador por una incorrecta sincronización manual (Deterioro del aislamiento, alineamiento de eje, cambio de cojinetes axial y radial, etc.)			120 000 S/.
05 Unid.	Rieles DIN	5.00 \$	25.00 \$				
01 Caja	Marcador para cables	2.00 \$	2.00 \$				
01 Caja	Amaras plásticas	5.00 \$	5.00 \$				
03 Unid.	Portafusiles	5.00 \$	15.00 \$				
03 Unid.	Canaletas plásticas	3.00 \$	9.00 \$				
TOTAL		18, 710.00 \$	35, 486.00 \$				
SUB TOTAL SOLES		113, 555.20 S/.					202 350 S/.
SIN IGV		0 S/.					0 S/.
TOTAL SOLES		113, 555.20 S/.					202, 350.00 S/.
DIFERENCIA		88, 794.80 Soles					

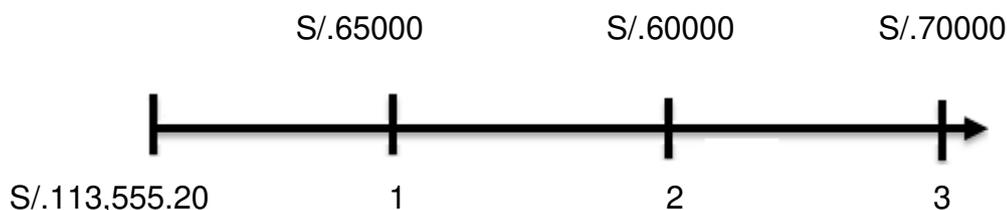
4.6.1. Evaluación económica de la inversión con el VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno)

Datos:

- Inversión inicial: **113,555.20 Soles**
- Tasa de descuento: **12 %**
- ganancia proyectada en tres periodos: **S/.65000, S/.60000, S/.70000**

Esta proyección está basada en las multas por mala calidad del producto (calidad de la tensión) / escala de multas/Gerencia de Fiscalización Eléctrica Osinergmin (GFE) 15 UIT que Electrocentro S.A., tendría que pagar la tasa libre de riesgo y el riesgo país. Sin embargo, por estar Electrocentro S.A. en un mercado monopolista el riesgo de mercado es muy bajo, el monto que Electrocentro S.A. dejaría de percibir por sin servicios de energía eléctrica en el sector ocasionadas por una errónea sincronización manual en la central hidroeléctrica Ingenio. Y por último se tiene en consideración el promedio anual de producción de la central hidroeléctrica Ingenio 8,539.841 MWh que multiplicado por el costo de energía promedio de 0.45 céntimos de sol. Nos da S/. 3,842.928

➤ Línea de tiempo: **3 periodos**



Hallando el VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \frac{F_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$$VAN = -113,555.20 + \frac{65000}{(1+0.12)} + \frac{60000}{(1+0.12)^2} + \frac{70000}{(1+0.12)^3}$$

$$\text{VAN} = -113,555.20 + 155,691.96$$

$$\text{VAN} = 42,136.76 (+)$$

Hallando la tasa Interna Retorno (TIR)

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+i)} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \frac{F_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

$$\text{VAN}=0$$

Interpolación lineal:

Tasa =31% (Valor más cerca de 0)

$$\text{VAN}=2,163.64$$

Tasa = 33%(Valor más cerca de 0)

$$\text{VAN}= -1,009.8$$

Entonces:

$$31 \longrightarrow 2,163.64$$

:

TIR

:

$$33 \longrightarrow -1,009.8$$

$$\frac{31 - 33}{2,163.64 - (-1,009.8)} = \frac{31 - \text{TIR}}{2,163.64 - 0}$$

$$\frac{-2}{3,173.44} = \frac{31 - \text{TIR}}{2,163.64 - 0}$$

$$\frac{-4,327.28}{3,173.44} = 31 - \text{TIR}$$

$$-1.36 = 31 - \text{TIR}$$

TIR = 32.36 %

➤ Por definición si el **TIR** es mayor que la tasa de descuento, entonces el proyecto es viable.

TIR = 32.36 % > Tasa de descuento: 12 %

4.6.2. CAPM (Capital Asset Pricing Model) para países emergentes.

El riesgo de la inversión en la C.H. Ingenio para cambiar del sistema de sincronización manual por un sistema automático se evaluará con la siguiente formula: (26)

$$\text{Costo de Capital en países emergentes} = [r_{kp} = r_f + \text{beta} (r_m - r_f) + r_{\text{pais}}]$$

Donde:

r_f = Tasa libre de riesgo

r_m = Retorno de una cartera diversificada de acciones

Beta = Coeficiente de riesgo específico

r_{pais} = Es el riesgo País

$(r_m - r_f)$ = Prima de riesgos promedio de mercado

“La tasa libre de riesgo y el riesgo país es tomada de un reporte de la sociedad Agente de Bolsa Kallpa. Por la teoría revisada, el beta a usar debe ser un promedio, en este caso se usará el beta promedio de empresas generadoras de electricidad peruanas y en contraste de la empresa Pacific Gas & Electric Corporation, de Estados Unidos, por ser la empresa con mayor venta en ese país en el 2010, además por estar ubicada en el país que es considerado libre de riesgo para temas económicos y financieros. El valor puesto a la prima de riesgo promedio del mercado, se toman en cuenta de algunas empresas peruanas, sin embargo, por estar Electrocentro S.A. en un mercado monopolista el riesgo de mercado es muy bajo.”
(22)

$$R_{kp} = 5.09\% + 0.3 (1\%) + 1.78\%$$

$$R_{kp} = 7.17\%$$

CONCLUSIONES

1. La implementación del Woodward (SPM D10/YB) incide positivamente en el proceso de sincronización automático de la central hidroeléctrica Ingenio porque define los requisitos del sistema en base a las necesidades detectadas.
2. Se determinó que el Woodward (SPM D10/YB) utiliza un lenguaje unificado de los procesos, teniendo una visión detallada de los parámetros que se requiere para que la sincronización y posterior cierre del interruptor de potencia sea en un ángulo de desfase de 0° sin ocasionar oscilaciones a la radial A4504.
3. Se determinó que el Woodward (SPM D10/YB) utiliza un lenguaje unificado de los procesos, teniendo una visión detallada de los parámetros que se requiere para que la sincronización sea en un menor tiempo.
4. La implementación del Woodward (SPM D10/YB) en la central hidroeléctrica Ingenio es factible desde el punto de vista económico y tecnológico.
5. A través de la presente investigación se determinó que hay mayor probabilidad de sacar fuera de servicio la radial A4504 sincronizando manualmente el generador de la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV .

RECOMENDACIONES

1. Por los estudios realizados en la presente tesis se recomienda a la empresa Electrocentro la instalación del Woodward (SPM D10/YB), ya que incide positivamente en el proceso de sincronización automático de la central hidroeléctrica Ingenio. Además, las actuales tendencias conllevan a buscar el desarrollo de métodos para implementar los procesos de control y automatización en proyectos energéticos, que contribuirán al desarrollo de la población, especialmente a las más necesitada y alejada de las grandes ciudades del país.
2. Se recomienda que todos los empleados de la central hidroeléctrica Ingenio tengan actualizaciones frecuentes sobre los avances tecnológicos existentes en el mercado, especialmente las referentes a servicios que se brindan a la población, (electricidad) ya que actualizaciones y/o cambios en tecnologías, propician desarrollo y respuestas inmediatas frente a cualquier eventualidad. Asimismo, la mejora continua comprende el perfeccionamiento de los procesos operacionales, actividades, funciones y procedimientos de las empresas, por tanto, se debe facilitar para que inicie y continúe el cambio en el marco de la eficiente y efectividad.
3. Extender los estudios expuestos en esta tesis al estudio de otros tipos de sistemas de sincronización y transferencia de energía eléctrica.

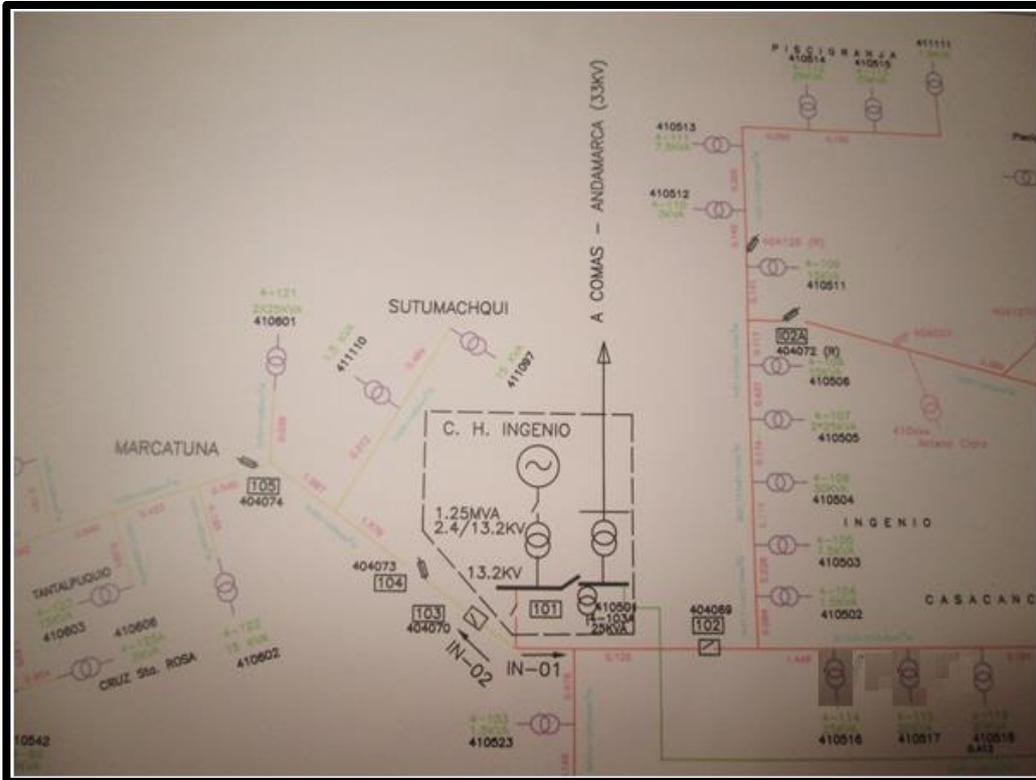
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARIAS, Y. et al. Balance del sistema hidroenergético de ingenio. Huancayo, 2012. Disponible en https://ovidiouscuvilca.files.wordpress.com/2012/01/primerinforme_grupoingenioouc.docx.
2. CALMET, J. Planificación y diseño de una pequeña central hidroeléctrica. Tesis de titulación. Lima. 2014.
3. LUNA, C. Transferencia y Sincronización Automática de Generadores de Emergencia en Instalaciones Industriales. Tesis de titulación. Guatemala, 2006.
4. RAMÍREZ, H. y SÁNCHEZ, R. Diseño y Construcción de un tablero de Transferencia y Sincronización de Generadores de Emergencia con PLC y Pantalla Táctil. Tesis de titulación. Riobamba, Ecuador, 2012.
5. BUENADICHA, R.. Diseño y construcción de un equipo de sincronización automático para máquinas síncronas. Tesis de titulación. Madrid, España, 2015.
6. Principio de Funcionamiento y construcción del generador sincrónico. principio de funcionamiento y construcción del generador sincrónico. [En línea] 12 de Febrero de 2013. <https://es.scribd.com/document/352088582/Principio-de-Funcionamiento-y-Construccion-Del-Generador-Sincrono>.
7. FERRO, G. Circuitos de corriente alterna, Argentina. 2017. Disponible de <https://www.studocu.com/en/document/uc-leuven-limburg/inkoop-en-productiebeheer/lecture-notes/corriente-alterna-monofasica/2779680/view>
8. Corriente Alterna Monofasica. [En línea] 20 de Marzo de 2010. <https://es.scribd.com/document/104209625/Corriente-Altern-Monofasica>.
9. Corriente Alterna Monofasica. [En línea] 12 de Enero de 2009. <https://es.scribd.com/document/104209625/Corriente-Altern-Monofasica>.
10. WIKIPEDIA. Frecuencia-Wikipedia. [En línea] 20 de Marzo de 2002. <https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia>.
11. WIKIPEDIA. Período de oscilación. Wikipedia. [En línea] 19 de Enero de 2010. https://es.wikipedia.org/wiki/Período_de_oscilación.
12. Fasores Algebra Fasorial 1 - Scribd. [En línea] 20 de Diciembre de 2014. <https://www.scribd.com/document/391209129/Fasores-Algebra-Fasorial-1>.
13. IFENT. Valor medio y valor eficaz. Capítulo VIII [En línea] 12 de Febrero de 2015. www.ifent.org/Lecciones/CAP08/cap08-05.asp.
14. IFENT. Valor medio y valor eficaz. Capítulo VIII [En línea] 12 de Febrero de 2015. www.ifent.org/Lecciones/CAP08/cap08-05.asp.

15. FASES EN ELECTRICIDAD by Andres Ramirez on Prezi. FASES EN ELECTRICIDAD by Andres Ramirez on Prezi. [En línea] 1 de Mayo de 2015. https://prezi.com/4wf68z2g_1pa/fases-en-electricidad/.
16. ELECTROCENTRO. Manual de operaciones y maniobras de centrales hidroelectricas. Central Hidroeléctrica Ingenio, 2007
17. CHAPMAN, S. Máquinas Eléctricas. Mexico: Edamsa Impresiones S.A., 2012. ISBN 978-0-07-352954-7
18. TORRES, F. y NATIVIDAD, J. Problemática de Sincronización en el sistema eléctrico Peruano. Los desafíos de la Ingeniería en el Nuevo Milenio, 2005.
19. OSINERGMIN. DS N° 020-97-EM. [En línea] 11 de Octubre de 1999. https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/.../NTCSE_DS020-97-EM.pdf.
20. WOODWARD. Manual Woodward.. SPM-D10, 2010, <Http://www.woodward.com/pubs/current.pdf>
21. MIRANDA, J. Aplicación del EVA. Valorización de empresas (patrimonial, bursátil, flujo de caja y apalancamiento(operativo y financiero) En la organización ElectrocentroS.A. 3 de febrero de 2012.
22. CARRASCO, S. *Metodología de la Investigación Científica*. Lima: San Marcos, 2005. ISBN 9972-34-242-5
23. CARRASCO, S. *Metodología de la Investigación Científica*. Lima : San Marcos, 2005. ISBN 9972-34-242-5
24. PALELLA, S. y MARTIS, F. *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fedupel, 2006. ISBN 980-273-445-4
25. MIRANDA, J. Aplicación del eva; valorización de empresas (patrimonial, bursátil, flujo de caja descontado, godwill) y apalancamiento (operativo y financiero) en la organización electrocentro S.A. Huancayo. 2012.
26. ECURED. Ángulo de fase. [En línea] 26 de octubre de 2000. www.ecured.cu/Ángulo_de_fase.

ANEXOS

ANEXO A. Esquema eléctrico de la red primaria en 13.2 kV



ANEXO B. Capacitando al operador en el sistema de sincronización manual



ANEXO C. Capacitando al operador de las consecuencias que tiene una errónea sincronización manual.



ANEXO D. Capacitando al operador sobre los sistemas de medición



ANEXO E. Supervisando al operador como regula el nivel de tensión.



ANEXO F. Verificando el sistema de excitación



ANEXO G. Supervisando al operador como regula el nivel de frecuencia.



ANEXO H. Verificando el sistema de velocidad



ANEXO I. Comprobando la velocidad del rodete.



ANEXO J. Verificando la válvula principal tipo mariposa.



ANEXO K. Comprobando el nivel de aceite del cojinete



ANEXO L. Transformador de potencia



ANEXO M. Gerente de operaciones C.H. Canchayllo



ANEXO Ñ. C.H. Canchayllo



ANEXO N. Los Grupos 2.5 MW. C.H. Canchayllo



ANEXO O. Mantenimiento Grupo 2 - C.H. Canchayllo



ANEXO P. Inspección del cierre automático del interruptor de potencia C.H. Hidrocañete.

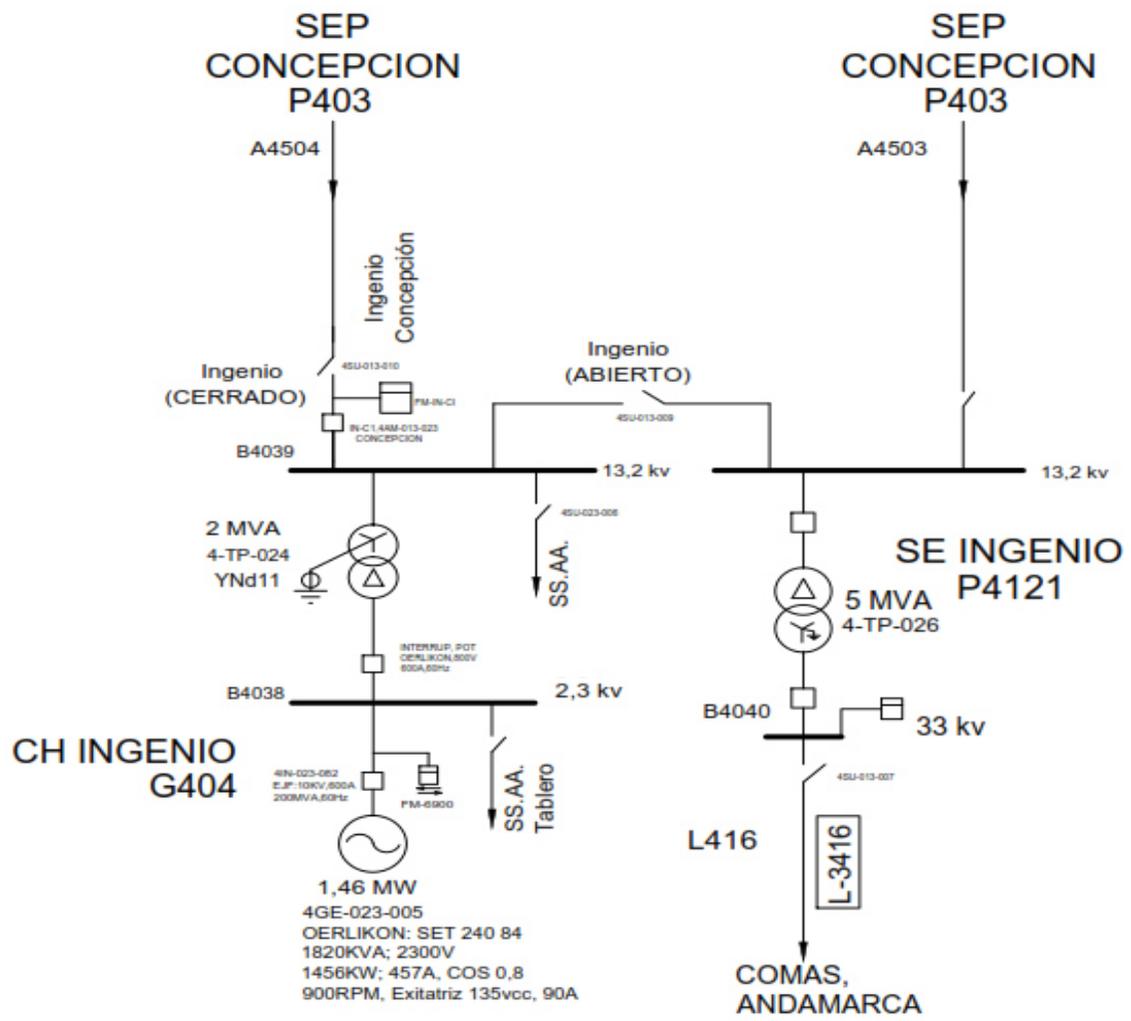


ANEXO Q. Inspección del sincronismo automático C.H. Hidrocañete



ANEXO R. Mantenimiento del generador CH. Cañete.





CH INGENIO
G404

SEP
CONCEPCION
P403

SEP
CONCEPCION
P403

SE INGENIO
P4121

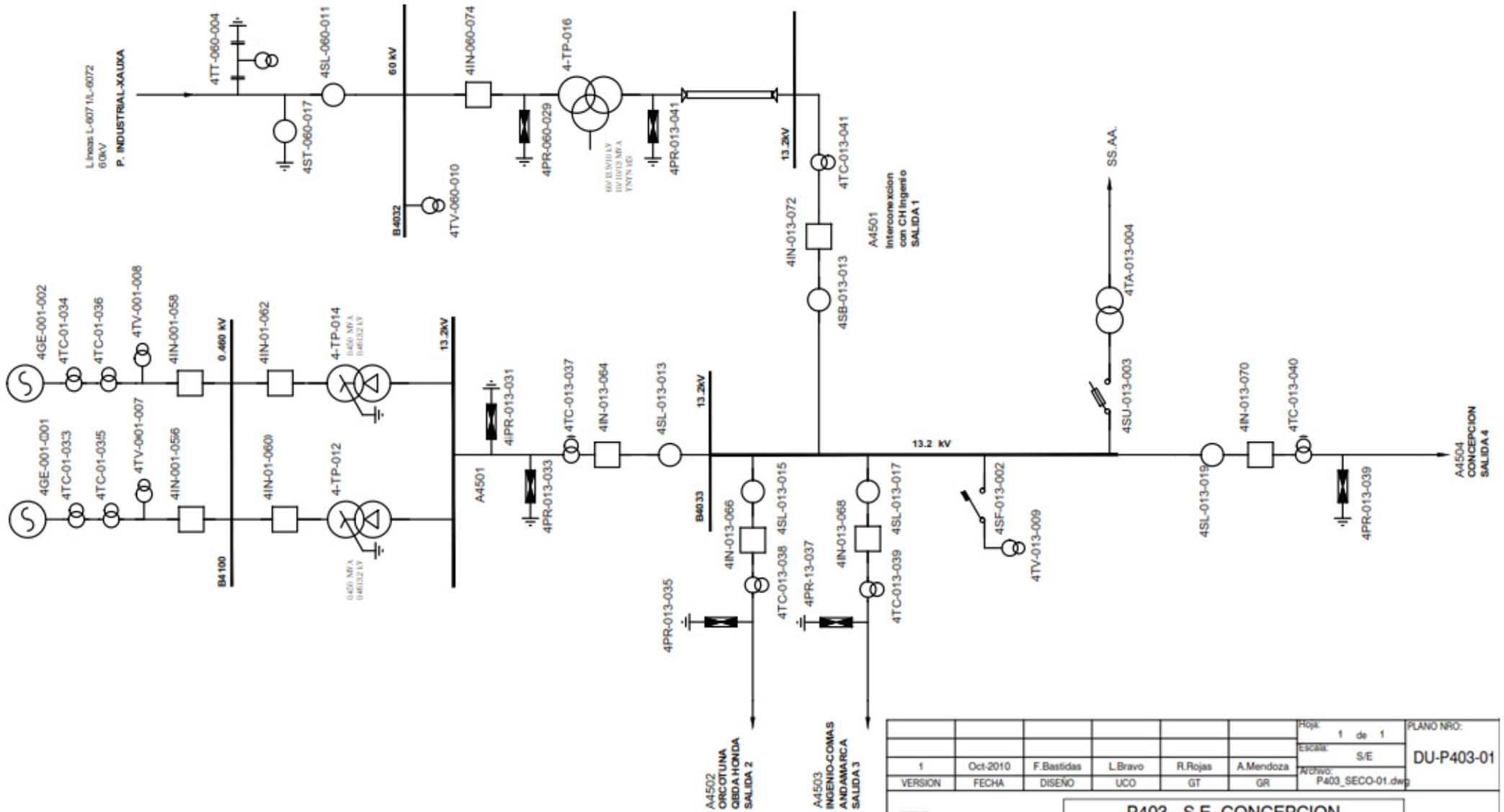
COMAS,
ANDAMARCA

						Hoja: 1 de 1	PLANO NRO:
						Escala: S/E	DU - G - 404
1	Mayo-2011	F.Bastidas	L.Bravo	R.Rojas	A.Mendoza	Archivo: G 404_CHING-01.dwg	
VERSION	FECHA	DISEÑO	UCO	GT	GR		



DIAGRAMA UNIFILAR
SISTEMA ELECTRICO DE OPERACIONES

9
8
7
6
5
4
3
2
1
Modif:
Fecha:
Yo Bo
Rev.



						Hoja 1 de 1	PLANO NRO:
						ESCALA: S/E	DU-P403-01
1	Oct-2010	F.Bastidas	L.Bravo	R.Rojas	A.Mendoza	Archivo: P403_SECO-01.dwg	
VERSION	FECHA	DISENO	UCO	GT	GR		


Electrocentro
 UNIDAD CONTROL DE OPERACIONES

P403 - S.E. CONCEPCION
DIAGRAMA UNIFILAR
SISTEMA ELECTRICO DE OPERACIONES

ANEXO U. REPORTE ELECTROCENTRO MARZO 2014

1) Maniobra de sincronización manual C.H. Ingenio

FIGURA 1.2 REPORTE PDC17-R01-MARZO 2014 – CH CONCEPCIÓN			
7. CONTADORES DE MANIOBRAS DE LOS INTERRUPTORES			
FECHA	ALIMENTADOR A4504		
	0:00	24:00:00	MANIOBRAS
	RST	RST	RST
19-mar	774	775	1
20-mar	775	775	0

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

2) El Interruptor instalado en la Central Hidroeléctrica Concepción detecta 1 oscilaciones en la radial A4504.

3) Usuarios que realizo un reclamo a Electrocentro por mala calidad de servicio eléctrico, 19 marzo de 2014.

FIGURA 1.3 REGISTRO GESTION DE SERVICIO AL CLIENTE - ELECTROCENTRO								
Nro. Reclamo	Nro. Servii	Nombre	Dirección	Recurso	Clasificación	Motivo	Alimentad	
REC23011-per-2014	69363046	LLACUACHAQUI ROMANI, LUIS APOLINAR	Jr. SAN MARTIN 742	CPMe. CONCEPCION	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

FIGURA 1.1 REPORTE PDC17-R01-MARZO 2014 – CH INGENIO

FORMATO 04: REGISTRO DE PARADA/INTERRUPCIÓN DE MÀQUINA GRUPO No.1					
DURACIÒN					POTENCIA
Desde		Hasta		de Interrupc	PREFALLA
Día	hh:mm	Día	hh:mm	hh:mm	kW
19-mar-14	12:58	19-mar-14	13:32	00:34	841

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

ANEXO V. REPORTE ELECTROCENTRO DICIEMBRE 2015

1) Maniobra de sincronización manual C.H. Ingenio

FIGURA 1.5 REPORTE PDC17 – R01 DICIEMBRE 2015 – CH CONCEPCIÓN			
7. CONTADORES DE MANIOBRAS DE LOS INTERRUPTORES			
FECHA	ALIMENTADOR A4504		
	0:00	24:00:00	MANIOBRAS
	RST	RST	RST
22-dic	846	847	1
23-dic	847	847	0

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

FIGURA 1.4 REPORTE PDC17-R01-DICIEMBRE 2015 – CH INGENIO					
Resumen					
FORMATO 04: REGISTRO DE PARADA/INTERRUPCIÓN DE MÁQUINA					
GRUPO No.1					
DURACIÓN					POTENCIA
Desde		Hasta		de Interrupc	PREFALLA
Día	hh:mm	Día	hh:mm	hh:mm	kW
22-dic-15	19:52	22-dic	20:36	00:44	1255

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

2) El interruptor instalado en la Central Hidroeléctrica Concepción detecta oscilaciones en la radial A4504.

3) Usuarios que realizo un reclamo a Electrocentro por mala calidad de servicio eléctrico, 22 diciembre de 2015

FIGURA 1.6 REGISTRO GESTION DE SERVICIO AL CLIENTE – ELECTROCENTRO							
Nro. Atenci	Nro. Reclam	Nombre	Dirección	Recurso	Clasificación	Motivo	Alimentar
78600891815	R18222-C-2015	MOYA DURAN, BERNARDINO	Jr. LOS INCAS s/n CPMe. MARAVILCA	RECLAMO	Mala Calidad	Nivel de Tensión Inadecuado	A4504

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

ANEXO W. REPORTES ELECTROCENTRO JULIO 2016

1) Maniobra de sincronización manual C.H. Ingenio

FIGURA 1.8 REPORTE PDC17-R01 JULIO 2016 – CH CONCEPCIÓN			
7. CONTADORES DE MANIOBRAS DE LOS INTERRUPTORES			
FECHA	ALIMENTADOR A4504		
	00:00	24:00:00	MANIOBRAS
	RST	RST	RST
01-jul	861	861	0
02-jul	861	861	0
03-jul	861	861	0
04-jul	861	861	0
05-jul	861	864	3
06-jul	864	864	0

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

FIGURA 1.7 REPORTE PDC17-R01 –JULIO 2016 – CH INGENIO					
Resumen					
FORMATO 04: REGISTRO DE PARADA/INTERRUPCIÓN DE MÁQUINA					
GRUPO No.1					
DURACIÓN					POTENCIA
Desde		Hasta		de	PREFALLA
Día	hh:mm	Día	hh:mm	hh:mm	kW
05-jul-16	17:08	05-jul-16	17:24	00:16	565.8

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

2) El Interruptor instalado en la Central Hidroeléctrica Concepción detecta oscilaciones en la radial A4504.

3) Usuarios que realizo un reclamo a Electrocentro por mala calidad de servicio eléctrico, el 05 julio de 2016.

FIGURA 1.9 REGISTRO GESTION DE SERVICIOS AL CLIENTE - ELECTROCENTRO								
Nro. Reclam	Nro. Servi	Nombre	Dirección	Recurs	Clasificaci	Motivo	Alimentac	
R27851-A-2016	69362147	LOPEZ FIGUEROA, SAUL	Jr. TUPAC AMARU 685	CPMe. CONCEPCION	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

ANEXO X. REPORTE ELECTROCENTRO ENERO 2017

1) Maniobra de sincronización manual C.H. Ingenio

FIGURA 1.11 REPORTE PDC- 17-R01 ENERO 2017- CH. CONCEPCIÓN

7. CONTADORES DE MANIOBRAS DE LOS INTERRUPTORES

Alimentador A4504			
FECHA	00:00	24:00	N° MANIOBRAS
18 ene	881	882	1
19 ene	882	882	
20 ene	882	882	
21 ene	882	882	

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

FIGURA 1.10 REPORTE PDC- 17-R01- ENERO 2017- CH. INGENIO

Resumen **FORMATO 04: REGISTRO DE PARADA/INTERRUPCIÓN DE MÁQUINA GRUPO No.1**

DURACIÓN					POTENCIA
Desde		Hasta		de Interrupc	PREFALLA
Día	hh:mm	Día	hh:mm	hh:mm	kW
18-Ene-17	17:02	18-Ene	18:38	01:36	725

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

2) El Interruptor instalado en la Central Hidroeléctrica Concepción detecta oscilaciones en la radial A4504.

3) Lista de Usuarios que realizaron reclamos a Electrocentro por mala calidad de servicio, 18 de enero de 2017

FIGURA 1.12 REGISTRO GESTION DE SERVICIOS AL CLIENTE – ELECTROCENTRO

Nro. Reclam	Nro. Servi	Nombre	Dirección	Recurs	Clasificac	Motivo	Alimentat
R23658-B-2017	69347875	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE INGENIO	Ca. PLAZA PRINCIPAL 0 CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23653-A-2017	69348068	RODRIGUEZ RIOS, MAURO	Jr. FRANCISCO BOLOGNESI 309 CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23650-A-2017	69348200	Raquel Rosa Torres Aguilar	Jr. UNANUE 282 CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23646-A-2017	69497738	Mayta Apolinario, Rocio Del Rosario	Jr. BOLOGNESI 05/N CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23645-A-2017	69458524	LAUREANO APOLINARIO, LUZMILA	Ca. JUNIN s/n CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23638-A-2017	69504270	MARTEL PAPIUCO, YOLANDA HORTENCIA	Ca. JUNIN 005/ CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23637-A-2017	69348219	TORPOCO ESPINAL, JOSE	Jr. UNANUE 0 CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23630-A-2017	69348818	Melvy Hurtado Inga	Jr. FRANCISCO BOLOGNESI 0 CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23629-A-2017	69347768	CASTILLO RODRIGUEZ, DIONISIO	Jr. FRANCISCO BOLOGNESI 0 CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504
R23628-A-2017	69549173	PAEZ ORE, FRANCISCA	Carr. PRINCIPAL 00115 CPMe. INGENIO	RECLAMO	Mala Calidad	Artefactos y/o Equipos Malogrados	A4504

FUENTE: ELECTROCENTRO SA.

ANEXO Y. BOLETAS DE RECLAMOS

Electrocentro S.A.		Gestor Comercial :	
Huancayo	BOLETA DE ATENCIÓN	Laborum ATC Modulo VMantaro Concep 01	
20129646099	RECLAMO Nro. : R23011-A-2014		
Suministro : 69363046			
Titular : Llacuchaqui Romani Luis Apolinar		Medidor :	Serie : 000002014040751
Dirección : Jr. UNANUE 282 CPM. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02		Marca : CLOU	
Dir. Procesal : Jr. UNANUE 282 CPM. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02		Modelo : DDS719 (5-60 Amp.)3 H	
Teléfono :		Tarifa : BT5B	
Pto. Atención : Laborum ATC Modulo VMantaro Concep 01		Modalidad : Personal	
Motivo : Artefactos y/o Equipos Malogrados		Recepción : 19/03/2014 14:18:19	
Área Encargada : Distribución		Posible Rpta. : 30/04/2014 14:18:19	
Periodos :			
Monto en reclamo : 0.00			
Petitorio : Usuario manifiesta que en su sector se ha producido fluctuación de tensión averiando los siguientes artefactos: 1 máquina de soldar y 1 DVD			
Observación :			
_____ LA EMPRESA		_____ REPRESENTANTE	
Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".			

Electrocentro S.A.		Gestor Comercial :	
Huancayo	BOLETA DE ATENCIÓN	Serviluz 11 Laborum SAC	
20129646099	RECLAMO Nro. : R18222-C-2015		
Suministro : 69329939			
Titular : MOYA DURAN, BERNARDINO		Medidor :	Serie : 000000000587703
Dirección : Jr. LOS INCAS s/n CPM. MARAVILCA. CONCEPCION NORTE 02 - 755-02		Marca : GANZ	
Dir. Procesal : Jr. LOS INCAS s/n CPM. MARAVILCA.		Modelo : DEy4	
Teléfono :		Tarifa : BT5B	
Pto. Atención : Atención al Cliente en Diferido Serviluz 11		Modalidad : Teléfono	
Motivo : Artefactos y/o Equipos Malogrados		Recepción : 22/12/2015 21:15:49	
Área Encargada : Distribución		Posible Rpta. : 04/01/2016 21:15:49	
Periodos :			
Monto en reclamo : 0.00			
Petitorio : Usuario manifiesta que en su sector se ha producido fluctuación de tensión averiando los siguientes artefactos: 2 televisores			
Observación :			
_____ LA EMPRESA		_____ REPRESENTANTE	
Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".			

Electrocentro S.A.

Huancayo
20129646099

BOLETA DE ATENCIÓN
RECLAMO Nro. : R27851-A-2016

Gestor Comercial :
Serviluz 11 Laborium SAC

Suministro :	69362147		
Titular :	LOPEZ FIGUEROA SAUL	Medidor :	Serie : 00000000192766
Dirección :	Jr. TUPAC AMARU 685 CPMc. CONCEPCION - SECTOR: (1845) - 755-01 CONCEPCION NORTE 01	Marca :	GANZ
Dir. Procesal :	Jr. TUPAC AMARU 685 CPMc. CONCEPCION - SECTOR: (1845) - 755-01 CONCEPCION NORTE 01	Modelo :	DEy4
Teléfono :	951900349 /	Tarifa :	BT5B
Pto. Atención :	Atención al Cliente en Diferido Serviluz 11	Modalidad :	Teléfono
Motivo :	Artefactos y/o Equipos Malogrados	Recepción :	05/07/2016 18:55:12
Área Encargada :	Distribución	Posible Rpta. :	17/08/2016 18:55:12

Periodos :

Monto en reclamo : 0.00

Petitorio : Usuario presenta reclamo por artefactos y/o equipos malogrados.(Televisor Hunday 40") Usuario refiere que se malogró por la variación de tensión en la zona el día de hoy desde las 17:00

Observación : cel. 951900349
ref. cruza con ramon castilla.

LA EMPRESA

REPRESENTANTE

(Titular/Poder Simple)LOPEZ
FIGUEROA, SAUL(DNI: 20405457)

Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".

Electrocentro S.A.

Huancayo
20129646099

BOLETA DE ATENCIÓN
RECLAMO Nro. : R23658 -B-2017

Gestor Comercial :
Ruth Mendoza Torre

Suministro :	69347875		
Titular :	Municipalidad Distrital De Ingen Municipalidad Distrital De Ingenio	Medidor :	Serie : 000002014073648
Dirección :	Ca. PLAZA PRINCIPAL 0 CPMc. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02	Marca :	CLOU
Dir. Procesal :	Ca. PLAZA PRINCIPAL 0 CPMc. INGENIO	Modelo :	DD5719 (5-60 Amp.)3 H
Teléfono :	tel: 988996728 /	Tarifa :	BT5B
Pto. Atención :	RUTH MENDOZA	Modalidad :	Personal
Motivo :	Artefactos y/o Equipos Malogrados	Recepción :	19/01/2017 16:09:29
Área Encargada :	Distribución	Posible Rpta. :	03/03/2017 16:09:29

Periodos :

Monto en reclamo : 0.00

Petitorio : Usuario manifiesta que el 18/01/2017 se ha producido interrupciones en el sector averiando los siguientes artefactos:
2 impresora, 1 fotocopiadora, 1 computadora entre otros

Observación :

LA EMPRESA

REPRESENTANTE

(Usuario/)HUAYTA ORE, PERCY(DNI:
20072767)

Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".

Electrocentro S.A.Huancayo
20129646099**BOLETA DE ATENCIÓN**
RECLAMO Nro. : R23653-A-2017Gestor Comercial :
Ruth Mendoza Torre

Suministro :	69348068		
Titular :	RODRIGUEZ RIOS MAURO	Medidor :	Serie : 00000000587703
Dirección :	Jr. FRANCISCO BOLOGNESI 309 CPMe. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02	Marca :	GANZ
Dir. Procesal :	Jr. FRANCISCO BOLOGNESI 309 CPMe. INGENIO	Modelo :	DEy4
Teléfono :		Tarifa :	BT5B
Pto. Atención :	RUTH MENDOZA	Modalidad :	Personal
Motivo :	Artefactos y/o Equipos Malogrados	Recepción :	19/01/2017 14:18:19
Área Encargada :	Distribución	Posible Rpta. :	03/03/2017 14:18:19

Periodos :

Monto en reclamo : 0.00

Petitorio : Usuario manifiesta que el día 18/01/2017 en su sector se ha producido fluctuación de tensión averiando los siguientes artefactos: 2 televisores

Observación :

LA EMPRESA_____
REPRESENTANTE(Usuario/)Fabi Mauro Rodriguez Rios
(DNI: 19948045)

Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".

Electrocentro S.A.Huancayo
20129646099**BOLETA DE ATENCIÓN**
RECLAMO Nro. : R23650-A-2017Gestor Comercial :
Laborum ATC Modulo VMantaro
Concep 01

Suministro :	69348200		
Titular :	Torres Aguilar Raquel Rosa	Medidor :	Serie : 00002014040751
Dirección :	Jr. UNANUE 282 CPMe. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02	Marca :	CLOU
Dir. Procesal :	Jr. UNANUE 282 CPMe. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02	Modelo :	DDS719 (5-60 Amp.)3 H
Teléfono :		Tarifa :	BT5B
Pto. Atención :	Laborum ATC Modulo VMantaro Concep 01	Modalidad :	Personal
Motivo :	Artefactos y/o Equipos Malogrados	Recepción :	19/01/2017 13:18:19
Área Encargada :	Distribución	Posible Rpta. :	3/03/2017 13:18:19

Periodos :

Monto en reclamo : 0.00

Petitorio : usuario interpone reclamo indica que se quemò su tv de 18 "

Observación : cel: 954156972
ref: 5 esquinas por la cuadra que baja al rio en ingenio_____
LA EMPRESA_____
REPRESENTANTE(Titular/)Raquel Rosa Torres Aguilar
(DNI: 19957652)

Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".

Electrocentro S.A.Huancayo
20129646099**BOLETA DE ATENCIÓN**

RECLAMO Nro. : R23645-A-2017

Gestor Comercial :
Ruth Mendoza Torre

Suministro : 69458524

Titular :	LAUREANO APOLINARIO LUZMILA	Medidor :	Serie :	00000000035226
Dirección :	Ca. JUNIN s/n CPMe. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02	Marca :	LANDIS&GYR INEPAR	
Dir. Procesal :	Ca. JUNIN s/n CPMe. INGENIO	Modelo :	LGI-21N	
Teléfono :		Tarifa :	BT5B	
Pto. Atención :	RUTH MENDOZA	Modalidad :	Personal	
Motivo :	Artefactos y/o Equipos Malogrados	Recepción :	19/01/2017 09:13:14	
Área Encargada :	Distribución	Posible Rpta. :	3/03/2017 09:13:14	

Periodos :

Monto en reclamo : 0.00

Petitorio : usuario manifiesta que por fluctuación de tensión se averio 1 TV y 01 equipo de sonido

Observación :

LA EMPRESA_____
REPRESENTANTE
(Usuario/)/LAUREANO APOLINARIO,
LUZMILA(DNI: 19948775)

Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".

Electrocentro S.A.Huancayo
20129646099**BOLETA DE ATENCIÓN**

RECLAMO Nro. : R23628-A-2017

Gestor Comercial :
Ruth Mendoza Torre

Suministro : 69549173

Titular :	PAEZ ORE FRANCISCA	Medidor :	Serie :	00000001518024
Dirección :	Carr. PRINCIPAL 00115 CPMe. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02	Marca :	HIKING	
Dir. Procesal :	Carr. PRINCIPAL 00115 CPMe. INGENIO	Modelo :	DDS238 (5-60 Amp) 3h	
Teléfono :		Tarifa :	BT5B	
Pto. Atención :	RUTH MENDOZA	Modalidad :	Personal	
Motivo :	Artefactos y/o Equipos Malogrados	Recepción :	19/01/2017 08:43:26	
Área Encargada :	Distribución	Posible Rpta. :	3/03/2017 08:43:26	

Periodos :

Monto en reclamo : 0.00

Petitorio : Usuario interpone reclamo debido a que se ha malogrado un DVD a consecuencia de que el día 18/01/2017 aproximadamente a las 5 PM se ha producido fluctuación de tensión

Observación :

LA EMPRESA_____
REPRESENTANTE
(Usuario/)/PAEZ ORE, FRANCISCA(DNI:
20098029)

Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".

Electrocentro S.A.Huancayo
20129646099**BOLETA DE ATENCIÓN**

RECLAMO Nro. : R23630-A-2017

Gestor Comercial :
Ruth Mendoza Torre

Suministro : 69348818

Titular :	Hurtado Inga Melvy	Medidor :	Serie :	0000000JB021617
Dirección :	Jr. FRANCISCO BOLOGNESI 0 CPMe. INGENIO - SECTOR: (1846) - 755-02 CONCEPCION NORTE 02		Marca :	KD
Dir. Procesal:	Jr. FRANCISCO BOLOGNESI 0 CPMe. INGENIO		Modelo :	DDS71 (03 hilos)
Teléfono :			Tarifa :	BT5B

Pto. Atención :	RUTH MENDOZA	Modalidad :	Personal
Motivo :	Artefactos y/o Equipos Malogrados	Recepción :	19/01/2017 08:55:42
Área Encargada :	Distribución	Posible Rpta. :	03/03/2017 08:55:42

Periodos :

Monto en reclamo : 0.00

Petitorio : Usuario interpone reclamo debido a que se ha malogrado un TV, 01 Decodificador a consecuencia de que el día miércoles aproximadamente a las 5 PM se ha producido fluctuación de tensión

Observación :

LA EMPRESA

REPRESENTANTE
(Usuario/)Fernando Felix Hurtado
Churampi(DNI: 19947788)

Nota : "Directiva N°269-2014-OS/CD numeral 16.3: Mientras el reclamo se encuentre en trámite, el servicio público de electricidad o gas natural no podrá ser interrumpido, siempre que el usuario cumpla con las demás obligaciones comerciales y técnicas que no sean materia del reclamo".

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES			FUENTE DE
	P. GENERAL	O. GENERAL	H. GENERAL	V. DEPENDIENTE	METODOLOGÍA	POBLACIÓN	INFORMACIÓN
	¿De qué manera se puede optimizar la transferencia de energía eléctrica por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504?	Optimizar la transferencia de energía eléctrica en la sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio a la radial A4504.	Mediante la sincronización automática se optimizará la transferencia de energía eléctrica de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504.	Optimizar la transferencia de energía eléctrica	Se utilizó el método universal	La población tomada para el análisis de la investigación son las maniobras de sincronización manual realizadas en la C.H. Ingenio los años 2014, 2015, 2016 y 2017. Haciendo un total de 142 maniobras.	ELECTROCENTRO SA. (CENTRAL HIDROELÉCTRICA INGENIO)
P. ESPECIFICO 1	O. ESPECIFICO 1	H. ESPECIFICO 1	V. INDEPENDIENTE	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	MUESTRA	FUENTE DE INFORMACIÓN	
¿Cómo se puede reducir el número de oscilaciones por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504?	Reducir el número de oscilaciones por sincronización de la central hidroeléctrica Ingenio en la radial A4504.	Mediante la sincronización automática se reducirá el número de oscilaciones por sincronización de la central hidroeléctrica			72 maniobras de sincronizaciones		

			Ingenio en la radial A4504.	Sistema de sincronización	Aplicado	manuales erróneas. Años 2014, 2015, 2016 y 2017	
	P. ESPECIFICO 2	O. ESPECIFICO 2	H. ESPECIFICO 2		NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	FUENTE DE INFORMACIÓN
	¿De qué manera se puede reducir el tiempo de sincronización del generador de la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV?	Reducir el tiempo de sincronización del generador de la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV.	Mediante la sincronización automática se reducirá el tiempo de sincronización del generador de la central hidroeléctrica Ingenio con la barra en 2.3 kV.		Descriptivo	No experimental de corte transversal	EMPRESA DE GENERACIÓN CANCHAYLLO