



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de un sistema de protecciones para puesta en servicio transformador de potencia 220/22.9/10kv para suministro de energía a minera Sahuindo”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Chocce Cuba Silverio (ORCID: 0000-0002-6358-3851)

ASESOR:

Mg. Reyes Tassara Pedro Demetrio (ORCID: 0000-0002-0395-7065)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, transmisión y distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, por ser mi ser supremo.

A mi amada madre y a mi padre que desde el cielo me iluminan; a mis hijas y a mi esposa.

Asimismo, a mis hermanos, familiares y amigos que se involucraron en esta senda y me brindaron incondicionalmente su esfuerzo para cumplir con mi meta.

Silverio Chocce Cuba

Agradecimiento

A la Universidad Cesar Vallejo Filial Chiclayo
Por haber aceptado ser parte de ella y abierto las
puertas de su seno científico para poder estudiar
mi carrera.

Un agradecimiento especial a las personas que
me han proporcionado toda la información
necesaria para elaborar este trabajo.

Silverio Chocce Cuba

Página del jurado

Declaratoria de Autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, SILVERIO CHOCCE CUBA, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 42279266, con el trabajo de investigación titulada, "DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIONES PARA PUESTA EN SERVICIO TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220/22.9/10KV PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA A MINERA SAHUINDO"

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 18 de mayo del 2020

Nombres y apellidos: SILVERIO CHOCCE CUBA

DNI : 42279266

Firma :



Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de Autenticidad	v
Índice	vi
Índice de tablas	viii
Índice de Figuras	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Trabajos Previos.....	5
1.3. Teorías Relacionadas al Tema	7
1.4. Formulación del Problema.....	18
1.5. Justificación del Estudio.	18
1.6. Hipótesis.	19
1.7. Objetivos.....	20
II. MÉTODO	21
2.1. Diseño de Investigación.....	21
2.2. Variables, Operacionalización.....	21
2.3. Población y Muestra	23
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	23
2.5. Métodos de Análisis de Datos.....	25
2.6. Aspectos Éticos	25

III. RESULTADOS	26
3.1. Determinar los parámetros eléctricos relevantes para el transformador de potencia 40 MVA/220-22.9.10KV	26
3.2. Realizar el Análisis de Flujos de Potencia en Operación Normal.	29
3.3. Realizar el análisis de cortocircuito para el ingreso de la nueva subestación	36
3.4. Diseñar un sistema de protección eléctrica para el transformador de poder 40MVA/220/22.9/10 KV	43
3.4.1 Cálculo del Relé SEL487E	45
3.4.2 Calculo del Relé Pcs-9611 (220kv)	59
IV. DISCUSIÓN	63
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIAS.	68
ANEXOS	71
Acta de aprobación de originalidad de tesis	81
Reporte de Turnitin.....	82
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV	84
Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	85

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización	22
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
Tabla 3. Características de la ampliación	28
Tabla 4. Parámetros de trabajo del transformador de potencia para SE Pampa Honda	28
Tabla 5. Parámetros del transformador de dos devanados	30
Tabla 6. Análisis que se harán para realizar el flujo de potencia	34
Tabla 7. Cargabilidad de líneas para época de avenida y estiaje.....	35
Tabla 8. Cargabilidad de transformadores para época de avenida y estiaje	36
Tabla 9. Máximo cortocircuito según tipo de falla a año 2022	37
Tabla 10. Corrientes según tipo de falla y época de año	38
Tabla 11. Eventos para determinar tiempo de falla	39
Tabla 12. Graficas que simulan el comportamiento de las Generadoras para el evento	44
Tabla 13. Características del transformador de corriente ubicados en el bushing del transformador	44
Tabla 14. Graficas que simulan el comportamiento de las Generadoras para el evento 1 ..	44
Tabla 15. Ajustes globales para el relé.	45
Tabla 16. Configuración del grupo 1 para el relé	46
Tabla 17. Configuración del grupo 1 para las corrientes del transformador	47
Tabla 18. Configuración del grupo 1 para potencia del transformador.....	47
Tabla 19. Configuración grupo 1 para la selección del terminal de referencia de voltaje...	48
Tabla 20. Configuración de elementos diferenciales para el grupo 1.....	48
Tabla 21. Corriente en los TAP del transformador.	49
Tabla 22. Errores asumidos para la selección del Slope.....	50
Tabla 23. Otros factores de configuración para los elementos diferenciales	52
Tabla 24. Configuración de elementos de voltios por Hertz	53

Tabla 25. Configuración del relé para sobre corrientes instantáneas	53
Tabla 26. Configuración del relé para sobre corrientes de tiempo inverso.	54
Tabla 27. Condiciones para el segundo umbral de protección a tierra.....	56
Tabla 28. Selección para configuración del sistema	59
Tabla 29. Valores a considerarse para la protección.	59
Tabla 30. Ajustes de sobre corrientes de neutro	61
Tabla 31. Ajustes para sobre corrientes de tierra sensitivo	61

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto SE Pampa Honda	4
Figura 2. Principio fundamental de transformador.....	8
Figura 3. Tipo de refrigeración en transformadores	10
Figura 4. Arreglos básicos para sistemas de distribución.....	12
Figura 5. Configuración actual 220kV entre las subestaciones La Ramada y Cajamarca ..	27
Figura 6. Enlace 220kV entre las subestaciones La Ramada Pampa Honda - Cajamarca ..	27
Figura 7. Modelo de barra tipo π	29
Figura 8. Modelo de transformador de dos devanados.....	30
Figura 9. Modelo de transformador de tres devanados.	31
Figura 10. Graficas que simulan el comportamiento de las Generadoras para el evento 1	40
Figura 12. Evento falla trifásica Pampa Honda.....	41
Figura 13. Evento falla trifásica Pampa Honda – Cajamarca.....	41
Figura 15. Evento falla trifásica Pampa Honda.....	42
Figura 16. Gráfica de magnitud de tensión por falla trifásica	43
Figura 17. Grafico tiempo critico de despeje de falla.....	43
Figura 18. Características de operación para el 87T.	50
Figura 19. Protecciones de sobre corrientes entre fases propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 kV para fallas en 220 kV, 22.9 kV y 10 kV	55
Figura 20. Curva de protección de sobre corrientes a tierra propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10KV para fallas en 22.9KV	57
Figura 21. Curva de protección de sobrecorrientes a tierra propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 KV para fallas en 220 KV	58
Figura 22. Curva de protección de sobrecorrientes entre fases propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 kV para fallas en 220 kV, 22.9KV y 10KV.....	60
Figura 23. Protecciones de sobre corrientes a tierra propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 kV para fallas en 22.9kV	62

RESUMEN

El presente informe detalla la investigación sobre la protección a la subestación que se pretende instalar para la concesión minera Shahuindo en la zona de Algamarca, distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba y Departamento de Cajamarca. En la actualidad la empresa viene desarrollando los trabajos de su primera etapa de explotación en la zona de concesión, utilizando para estos grupos de generación térmica; pero, para la siguiente etapa de explotación de los yacimientos de óxidos, requerirá de una máxima demanda de energía eléctrica del orden de 6 MW, mientras que para una segunda etapa futura con la explotación de los sulfuros se estima una demanda de energía eléctrica del orden de 25 MW. En ese sentido, Shahuindo S.A.C., a través de la Empresa Transmisora de Cajabamba S.A.C., en adelante ETC tiene previsto implementar el proyecto denominado “Suministro Eléctrico a la Mina Shahuindo”, la investigación se genera debido a que no existe la protección para dicha sub estación así se genera tener un estudio donde se delimita a base de un estudio de flujo de carga y de cortocircuito los relés para el primario y secundario del transformador de la sub estación.

Se ha considerado el informe técnico DP-02-20111 – Informe de diagnósticos de las condiciones operativas del SEIN Periodo 2011-20122.

Se ha considerado documentos de COES/DO/SEV-INF-063-2010: Alcances de estudio de operatividad y requisitos para las pruebas, puesta en servicio y operación.

Palabras clave: Alimentador, Subestación, Relé.

ABSTRACT

This report details the investigation on the protection of the substation that is intended to be installed for the Shahuindo mining concession in the area of Algamarca, district of Cachachi, province of Cajabamba and Department of Cajamarca. Currently, the company has been developing the work of its first stage of exploitation in the concession area, using these thermal generation groups; but, for the next stage of exploitation of the oxide deposits, it will require a maximum demand of electrical energy of the order of 6 MW, while for a second future stage with the exploitation of the sulphides a demand of electrical energy of the order is estimated of 25 MW. In that sense, Shahuindo SAC, through the Cajabamba SAC Transmitting Company, from now on ETC plans to implement the project called “Electric Supply to the Shahuindo Mine”, the investigation is generated because there is no protection for said substation Thus, it is generated to have a study where the relays for the primary and secondary of the transformer of the substation are delimited based on a study of load flow and short circuit..

Keywords: Feeder, Substation, Relay.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

A Nivel Internacional:

En los sistemas de redes eléctricas de corriente alterna, un transformador es un elemento vital, transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro por el fenómeno de inducción electromagnética, variando las magnitudes eléctricas, sin variar la potencia, si su existencia el transporte de energía eléctrica a largas distancia sería inviable económicamente. “William Stanley en 1886, en la corporación Westinghouse- fabrico el primer transformador de uso comercial, económico y confiable. Hasta la actualidad los transformadores son vitales en el sistema de redes de transmisión. En Chile Ana María Restrepo, gerente de mercado división de productos de poder ABB Chile” (ElectroInsutria, 2015 pág. 1).

“En transformadores de Potencia, no se define un estándar, los transformadores se fabrican según criterio del cliente, así como; potencia, nivel de tensión y entre otras magnitudes eléctricas, también de acuerdo a su ubicación geográfica” lo que muestra que la importancia del detalle en cuanto a esta máquina” (ElectroInsutria, 2015 pág. 1).

De este modo, Subgerente de Ingeniería de RHONA, Quezada Torres, afirma la demanda de los transformadores depende de la variación de la economía del país, basándose a las variedades y tipos de transformadores comerciales, lo cual depende del sector que está con mayor movimiento económico. “Por ejemplo, la viabilidad de más explotaciones mineras, genera mayor demanda de construcciones de redes por efecto la compra de variedades de transformadores. Si la generación desarrolla, mayor será el mercado de los transformadores, así mismo, aumentará la demanda de equipamiento para la distribución”, señala. “por parte de los sectores industriales y construcción adquieren con frecuencia transformadores tipo Pad Mounted y secos. Pero, se mantiene la demanda de transformadores de distribución” (ElectroInsutria, 2015 pág. 3).

Para Quezada, el desbalance de la carga y el criterio de cambios son determinan el plan de mantenimiento de equipos. “El cumplimiento de inspección general del equipo valora el estado equipo. Estando en operación el equipo cumplir con el monitoreo periódico de los parámetros eléctricos. Así como, refrigerante, temperatura, potencia y frecuencia, los parámetros eléctricos deberán estar conforme a la cargavilidad del equipo”, dice.

Además, Alfaro afirma que, hay infinidad de pruebas que determinan la evolución del transformador, el análisis de aceite dieléctrico, demuestra la realidad del interior del transformador”, afirma (ElectroInsutria, 2015 pág. 15).

“Los sistemas eléctricos son realmente necesario actualmente y el tener la tecnología adecuada para brindar protección y soporte sobre ellos queda más que establecido que se deben de proteger debido a su importancia, por ejemplo. En Villa Clara Cuba, el Sistema Eléctrico Aislado Cayo Santa María, genera la mayor economía de ese país. En años anteriores por el 2013 en Cuba ocurrieron un conjunto de averías que produjeron grandes pérdidas económicas al sector hotelería por las averías en el sector eléctrico”. Debido a la debilidad del sistema que se configuró por una condición de sistema aislado cualquier avería que ocurra en él, “puede traer consecuencias totales al sistema llevando a la pérdida de un conjunto de cargas de magnitud considerable o al colapso total del mismo. Es por ello que se decidió la instalación de una subestación de tecnología moderna incautada en el año 2015 para poder tener un suministro estable y confiable de energía” (Protecciones Electricas de la Subestacion Cayo Santa Maria, 2018 pág. 1).

A Nivel Nacional:

“En Perú el sector de distribución eléctrica comprende todas las instalaciones de un sistema de redes y líneas primarias en baja tensión, subestaciones de distribución y redes de distribución donde también se incluye el alumbrado público” (OSINERMIN, 2016 pág. 41).

“Las redes y líneas primarias transportan la energía en media tensión normada desde los sistemas que se utilizan para la transición, hasta las redes de distribución secundarias y para usuarios que utilizan dependen del sistema de media tensión llamados clientes mayores. Ahora a los usuarios en baja tensión la energía se transporta por las redes y líneas secundarias del sistema de distribución estos clientes reciben el nombre de usuarios finales y reciben la energía a través de una acometida que es la conexión entre las redes y la carga final que empieza en el medidor” (OSINERMIN, 2016 pág. 41).

“La importancia de las sub estaciones no se queda sin subrayar ya que las empresas internacionales son competitivas en su mercado y ahondan en todos los sectores sus tecnologías dirigidas a la mejora de los sistemas de potencia, ABB empresa que pretende

ser el primero suministrador de energía de media tensión en peruano, con tecnologías y diseño modular, que permite flexibilidad y protección a cualesquiera aplicaciones avanzada, en las subestaciones eléctricas de las industrias. Ante los empresarios y representantes país, Marco Nuñez, del área de distribución automatización del Grupo ABB, demostró que el diseño modular del REX640 cumple con la flexibilidad, sensibilidad y adaptable a criterios de protección relé, diseñada para adaptarse al desarrollo de digitalización de las subestaciones. “El REX640 el primero con aplicaciones futuras hasta dos décadas. lanzamos en Panamá, Chile y Brasil, y posteriormente en Perú”, subrayó” (Energia & Negocios, 2019 pág. 1).

A Nivel Local:

Actualmente La empresa Abengoa Perú, viene desarrollando los estudios de protección y puesta en servicio del transformador de potencia para la operación comercial del proyecto “Subestación Pampa Honda 220kV” para lo cual se cortará las dos ternas de la línea de transmisión 220kV La Ramada – Cajamarca y consta de un transformador de potencia de 220/22.9/10kV. Esta nueva Subestación brindará el suministro de energía eléctrica al Proyecto Minero Shahuindo. Esta a su vez, ha entregado a la empresa EDP.ESTUDIOS S.A.C. El cargo de ejecutar el Estudio de Pre-Operatividad, con el fin de cumplir los requerimientos del COES, para la confiabilidad en puesta en operación comercial del proyecto.

Asimismo, la minera Shahuindo S.A.C. quien actualmente es responsable de la explotación de los minerales en la zona de Algamarca distrito de Cachachi, provincia Cajabamba. Actualmente la concesionaria se encuentra en la explotación de su primera etapa, para lo cual está utilizando la energía eléctrica suministrado por grupos de generación térmica; Por otra parte, de acuerdo al estudio de pre-operatividad aprobado por el COES, para la explotación de los yacimientos de óxidos, requerirá energía eléctrica del orden de 6MW, y para la explotación futura de los sulfuros requerirá una demanda eléctrica de 25MW.

De acuerdo a la programación de Shahuindo, se estima para el fin año, actualmente el proyecto se encuentra en su etapa final por lo que de acuerdo a la normatividad vigente toda nueva instalación que se conecte al SEIN deberá presentar al organismo

Operador (COES-SINAC) los estudios de operatividad, los cuales contemplan un análisis en estado estacionario y transitorio del área de influencia para lograr la conformidad de las nuevas instalaciones.

El área del proyecto se encuentra ubicado en una zona accidentada con una altitud que varía entre los 3013 m.s.n.m. y 3569 m.s.n.m. En las alturas del distrito de Cachachi, en la zona de Corralpampa - provincia de Cajabamba y Departamento de Cajamarca.

El proyecto de Subestación Pampa Honda 220kV comprende la construcción de la Subestación Pampa Honda de 30 MVA, 220 kV que incluye un transformador de potencia de 220 +5-15x1.0%/22.9/10 kV y dos líneas de transmisión 220 kV de doble terna con una longitud total de 6.6 km para conectar la línea La Ramada - Cajamarca Norte 220kV con la subestación Pampa Honda 220 kV en sistema tipo PI.



Figura 1. Ubicación del proyecto SE Pampa Honda.

La importancia de la ampliación establece una problemática de condicionar el cálculo y diseño del sistema de protección para transformador de potencia, basado en análisis de los parámetros eléctricos del sistema de potencia. Análisis de flujo de potencia y corrientes de cortocircuito para diferentes fallas dentro del sistema del área de influencia, tema que en la actualidad pierde importancia ya que se establecen muchos aspectos técnicos generales más que de estudios específicos para la subestación.

1.2. Trabajos Previos

A Nivel Internacional:

Noriega

“En la investigación de final de carrera denominada “Optimización de la Protección Eléctrica de la Subestación Tierra Colorada” sustentada para adquirir el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista cuyo objetivo fue, entregar una propuesta d estudio para la mejora de protección del sistema Eléctrico de esa subestación, teniendo en cuenta lado 60kV y 10.5kV, en lo cual concluye que el pico de sobrecorriente instantáneo debió incrementarse en las protecciones cercanas a la fuente de media tensión, para permitir la correcta actuación de las protecciones ubicadas más abajo para evitar la desconexión del alimentador por falla externas. Por lo que se estableció más zonas de protección contra cortocircuitos entre las fases del alimentador, lo que facilitara a los relés del extremo del alimentador, así como los fusibles Cuta out de expulsión de las derivaciones. La poca sensibilidad de fusibles tipo K a diferencia de relés actúan por debajo de la corriente nominal de los fusibles, pero, con fusibles de explosión de baja capacidad, surge otro problema, la falta de velocidad de despeje para corrientes menores la nominal. Empleando relés aumentaría el tiempo de despeje de falla debido al comportamiento contrario del fusible” (Jara Noriega, 2015).

“En esta Investigación del 2015, Ampliación del sistema eléctrico y mejoramiento de la confiabilidad el alimentador SM-03, Vilca bamba, La Convención – Cusco” cuyo objetivo establecer los valores predeterminantes para optimizar la confiabilidad debido a la ampliación de la red eléctrico, cuyas conclusiones más relevantes fueron que con las propuestas de mejoramiento de la coordinación de protección, mejoramiento en mantenimiento en las líneas, se puede bajar los señalizadores del SAIDI y SAIFI, las fallas con mayor frecuencia en la zona de estudio, son las fallas homopolares con un 68%. del total de fallas registradas, pudiendo reducir la incidencia de ellas con “ajustes de coordinación de protección y con adecuados ajuste del relé” (Meche Ccolque, y otros, 2015).

Por otra parte en la investigación de fin de carrera “Coordinación de protección del sistema de subtransmisión de la EESA para el caso de traspaso de carga entre las subestaciones Ambato y Totoras-Transelectric” (Rodriguez Sanchez, 2014).

“Continuado en este objetivo fue desarrollar un estudio para coordinar protecciones eléctricas para la transferencia de carga entre la sub estación de Ambato de las bahías de Ambato 1 y la subestación Totoras de la bahía de Montalvo del Sistema de Subtransmisión de la EESA, usando la técnica de selectividad lógica y un relé digital de sobrecorriente direccional al final de la investigación concluyo que no es necesario aumentar los ajustes de la función de protección de sobrecorriente direccional en conjunto con la selectividad lógica, además garantiza que los relés operen de manera correcta en el sistema de subtransmisión en los casos de transferencia de carga entre las subestaciones. El diseño del sistema de protección mejora la actuación correcta de las protecciones en caso de la no operación de la protección primario actúa el secundario evitando que se generen esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos prolongados sobre los componentes” (Rodriguez Sanchez, 2014).

A Nivel Nacional:

“En la investigación “Caracterización del diseño e implementación de la nueva Subestación de Transmisión Zapallal - Huarangal 220/60KV Edelnor S.A.A” cuyo objetivo fue realizar el estudio y análisis del diseño e implementación de la nueva subestación de transmisión Zapallal 220/60kV, para cubrir la demanda de energía eléctrica a futuras. Concluye que el diseño convencional dispuesta en intemperie es la de más alta confiabilidad mediante los análisis que se realizaron, la implementación del diseño tubular lado 60kV permite minimizar costos en mantenimiento y durante la ejecución del proyecto. Además, determina que los sistemas automatizados brindan un control de la subestación de manera confiables, estable y segura en todo el equipamiento instalado” (Cruz Escobar, y otros, 2015).

“En la investigación “Estudio para la protección de la subestación Cumbaratza de la EERSSA empleando protocolos de comunicación mixtos DNP3.3 e IEC61850 (GOOSE)” cuyo objetivo fue estudiar para implementar la tecnología IEDs, bajo normas EC61850 (GOOSE), en la conectividad a la RTU existente en SCADA que

trabaja con protocolo de comunicación DNP3.0. al final del informe de dicha investigación se concluye que la adecuada selección equipos para comunicación logra plantear opciones para la actualización de la red de comunicación en las subestaciones. Las pruebas de laboratorio permiten la confiabilidad de los equipos de protección de la subestación automatizadas con SCADA” (Velasco Orejuela, 2016).

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

Principio de Funcionamiento de un Transformador

“Un transformador es un dispositivo estático cuyo funcionamiento es que transfiere energía eléctrica entre dos circuitos o más mediante el principio de inducción magnética sin variar la frecuencia eléctrica a la que están funcionando los circuitos, este dispositivo es la parte de la red de distribución cuya función es suministrar energía eléctrica de la planta eléctrica hacia los usuarios finales mediante el dispositivo de medición que utiliza la concesionaria determina el consumo de estos” (Preciado Mite, y otros, 2015 pág. 19).

“De manera ideal la potencia eléctrica que ingresa en un circuito del transformador debe ser igual a la potencia que se transfiere por inducción magnética a otro circuito del transformador, pero de manera real existen ciertas pérdidas que aparecen por lo que se presenta un pequeño porcentaje de potencia durante este movimiento de energía, estas pérdidas dependen de diseño. Tamaño, fases, etc. Los transformadores están conformados principalmente por dos bobinados sobre un núcleo de hierro en algunos casos de hierro silicio o en otros de hierro dulce, a los devanados o bobinas de alambre se les denomina primarios o secundarios correspondiente a cuál de estos será el que se utilice de entrada de energía y cual será por donde salga está a la carga que la requiera. Al ser el transformador eléctrico una máquina que no tienen movimiento cuenta con algunas ventajas con respecto a otras máquinas eléctricas que son dinámicas, las únicas pérdidas que enfrenta el transformador son del hierro y eléctricas por esta razón el rendimiento de estos es alto” (Preciado Mite, y otros, 2015 pág. 19).

“El principio de inducción magnética es quien permite que el transformador pueda funcionar cuando se acoplan los devanados inductivamente, el flujo magnético que se crea atraviesa a ambos bobinados de manera total o parcial, lo que representa que los dos devanados tengan un circuito magnético común. Cuando una fuente de corriente alterna se conecta a un conjunto o a uno de los devanados, el primario como se dijo anteriormente, la corriente por ser alterna cambia de forma periódica y automática en dirección y magnitud así también lo hará el flujo magnético creado por la intensidad que atraviesa el devanado, siendo este flujo el que comparte con el siguiente conjunto de devanados o de devanado creara en el devanado secundario un voltaje inducido que variara de acuerdo al flujo magnético compartido, esto crea una corriente alterna con la misma frecuencia que la conectada al devanado primario, la acción que crea este voltaje inducido es llamada acción transformadora (Preciado Mite, y otros, 2015 pág. 20).

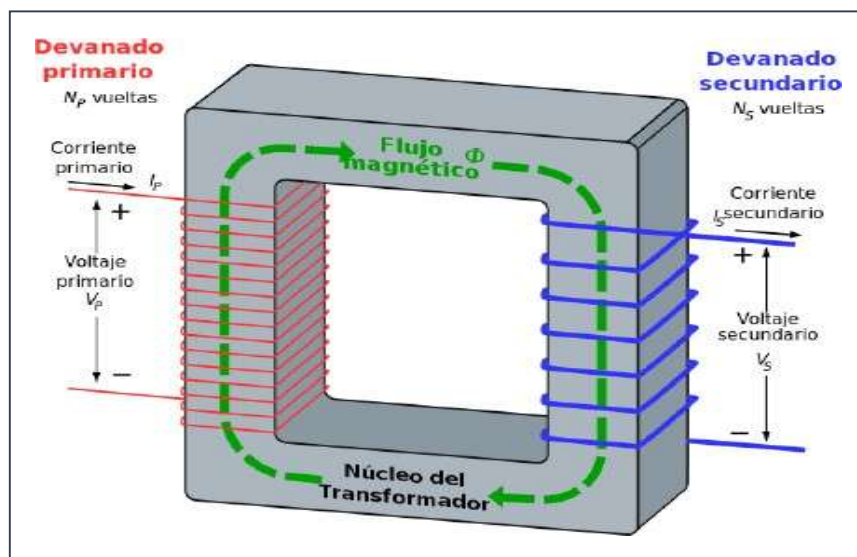


Figura 2. Principio fundamental de transformador

Fuente: Preciado, 2015, pág. 20

1.3.1. Elementos constitutivos de un transformador

Está conformado por varios elementos generales.

a) **Núcleo.** - “Componente que se encarga de establecer un camino físico para el flujo magnético, se construye con la intención de reducir las pérdidas que se originen dentro del mismo y en el aire que existe dentro de él. La histéresis del material con el que se forma el núcleo contribuye con unas pérdidas que se producen en general por el material con el que se construye el núcleo y se muestra cuando se calienta el transformador. La manera más apropiada de solucionar estas pérdidas ya que corresponden netamente al material del núcleo es usar un material cuyas pérdidas por histéresis sean menores actualmente este material podría ser el acero al silíceo, recibe el nombre de acero eléctrico. Otro tipo de pérdidas que se presentan en el núcleo son la corrientes parasitas o conocidas como corrientes de Eddy que se crean por el movimiento del flujo magnético que genera el voltaje inducido, este flujo crea en el núcleo corrientes que circulan por las paredes de las láminas del mismo, para reducir este tipo de perdidas es necesario colocar laminas o chapas aisladas entre si y de espesor delgado de tal manera que las corrientes no se muevan entra chapas” (Maldonado Carvajal, y otros, 2017 pág. 8).

b) **Bobinas.** – “Son conductores enrollados de cobre que se ubican alrededor del núcleo. estos pueden ser rectangulares o redondos, todo depende del requerimiento de sección en el diseño del transformador. Estas están formadas de varias capas, las cuales se aíslan entre sí para que se evite la formación de costos entre los devanados. En general existen en los transformadores dos devanados uno de bajo voltaje y otro de alto voltaje, usualmente el segundo abraza al núcleo mientras que el de alto voltaje se encuentra sobre este. La intensidad circula por el devanado primario generando un campo magnético que induce corriente en el otro devanado, si el primario envuelve al secundario el mismo número de veces la corriente inducida en el secundario será exactamente igual que la del primario lo que hace que la corriente en el secundario sea un múltiplo del número de espiras que tenga el bobinado primario” (Maldonado Carvajal, y otros, 2017 pág. 10).

c) **Aislamiento.** – “Los aislamientos que se pueden usar en la construcción de un transformador actualmente tienen una gran variedad puede usarse el aceite, papel, cartón, etc. el aislamiento tiene objetivo evitar que el transformador tenga altos voltajes que deterioren la estructura tanto de las bobinas que lo conforman como del núcleo.

Los altos voltajes ocurren de manera incierta por maniobras, descargas atmosféricas o fallas en los sistemas eléctricos. El aislante se coloca entre las capas de los bobinados, y entre las bobinas y el núcleo. El aceite es un elemento que se puede usar después del aislante necesario que se le coloca al transformador y que además de aumentar el aislamiento ayuda en la refrigeración de este” (Maldonado Carvajal, y otros, 2017 pág. 10).

d) Sistema de refrigeración. – “Como se estableció por más que como maquina estática el transformador tenga alta eficiencia parte de la energía que recibe e intercambia entre devanados se convierte en pérdidas que son arrojadas al ambiente en forma de calor por lo que es requerido instalas sistemas de que permitan enfriar a los elementos que conforman el dispositivo, ya que el calentamiento por encima de sus parámetros de trabajo disminuye la vida útil de los elementos del transformador” (Maldonado Carvajal, y otros, 2017 pág. 11)

Denominación	Significado	Función
ONAN	Oil Natural circulation Air Natural circulation	Refrigeración por movimiento del fluido debido a diferencia de temperatura en la parte superior e inferior de la cuba
ONAF	Oil Natural circulation Air Forced circulation	Refrigeración con movimiento del fluido naturalmente aire forzado a través de ventiladores
OFAF	Oil Forced circulation Air Forced circulation	Se genera una circulación forzada del aceite por los radiadores y a su vez se utiliza ventiladores para aumentar la refrigeración
ODAF	Oil forced circulation Directed Air Forced	Contiene circulación forzada y dirigida del aceite, circulación forzada de aire a través de los radiadores.

Figura 3. Tipo de refrigeración en transformadores.

Fuente: Maldonado, 2017, p. 11

1.3.2. Subestaciones

“Es el componente principal del sistema de red eléctrica son de dos tipos, subestaciones principales de potencia que reciben las altas tensiones de 220KV hasta 500KV, y las transforma a bajas tensiones para la subtransmisión, la subestación de potencia en su mayoría mantiene potencias en MW. Y las subestaciones de distribución transforma tensiones de 66KV hasta 230KV manteniendo la potencia en MW” (Juarez Cervantes, 1995 pág. 11)

“Aquí cabe mencionar que los transformadores de distribución son los que reducen el voltaje alto a voltajes bajas de 440V y 220V entre fases. Estos tienen potencias normalizadas para postes hasta de 300 KVA, aunque en edificios existen del orden de los 2 000 KVA” (Juarez Cervantes, 1995 pág. 13).

“Una subestación de subtransmisión y de distribución están relacionadas entre sí. Las configuración de los circuitos de las subestaciones pueden afectar el servicio continuo de suministro eléctrico ya que alimentan a grandes cargas, se detallan los cuatro arreglos básicos, subestaciones radial, anillo, mallado y anillo con amarre” (Juarez Cervantes, 1995 pág. 16).

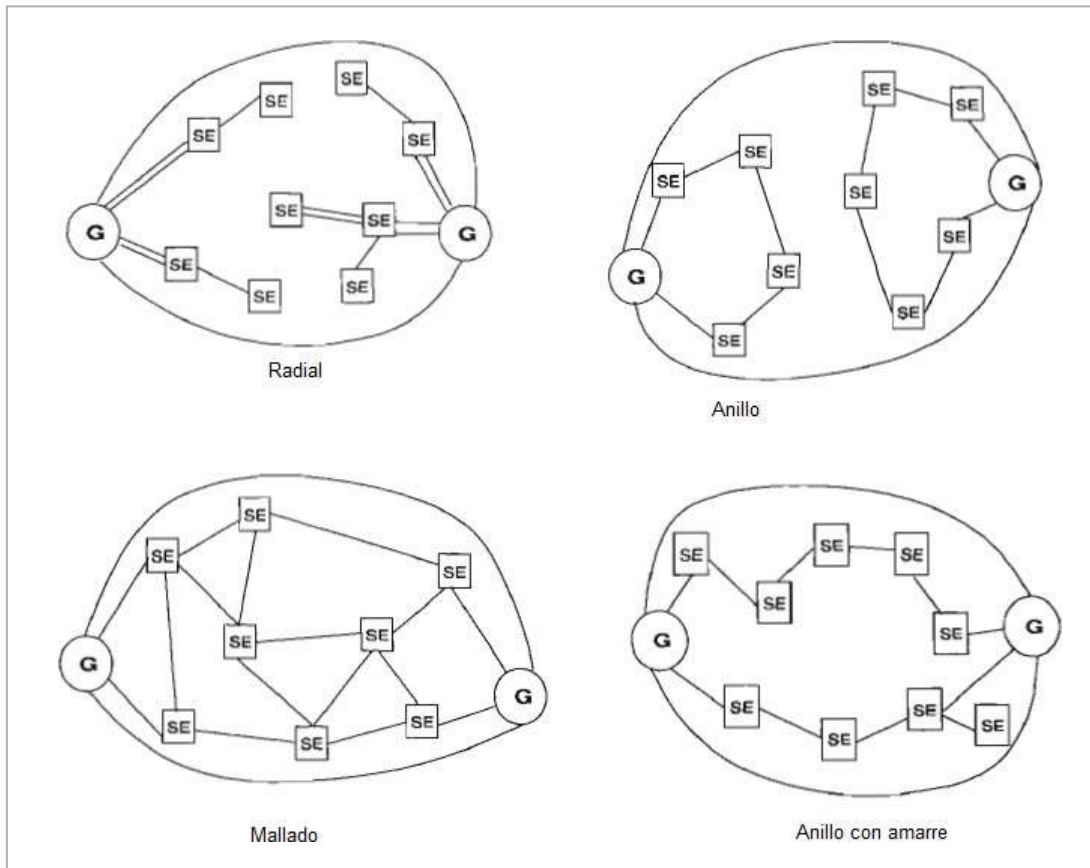


Figura 4. Arreglos básicos para sistemas de distribución

Fuente: Juárez, 1995, p. 16

“Un sistema de subtransmisión de tipo anillo te brinda un servicio de calidad. En este tipo de sistema, si la falla se presenta en la línea o en el transformador lado transmisión dicha falla es despejada por la actuación de la protección direccional que apertura a los interruptores del anillo y de mínima tensión que se encuentra dentro del alcance del sistema. La apertura del interruptor de transformador se deba a la actuación de la protección por flujo de potencia inverso. Si la corriente de pick up fluye hacia la subtransmisión provoca una oscilación en el sistema debido a la variación del voltaje instantáneo por la falla, lo cual no interrumpe del servicio. El sistema de tipo anillo presenta más de dos alimentadores y justifica la economía” (Juarez Cervantes, 1995 pág. 16).

1.3.3. Sistemas de protección

“Si se genera una falla, todo equipo con falla tendrá que ser aislado del circuito lo más pronto posible por conjunto de sistema de protecciones. Sistema de protecciones en alta tensión cuya función es detectar las perturbaciones el sistema interconectado. Así mismo, la desconexión de los equipos adyacentes y alarga la vida útil de los equipos eléctricos, daños al ambiente y la integridad del factor humano" (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 15).

- a) **Protección primaria.** – “Conforman la primera línea de defensa de la zona de protección de acuerdo a la coordinación de protección. El relé primario, ante una falla desconecta al equipo de modo instantáneo para evitar que la falla se extienda en el sistema y garantiza la permanente continuidad del suministro eléctrico” (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 15).

- b) **Protección de respaldo.** – “No cumple la misma condición que el relé primario, su función no es actuar ante una falla instantáneamente. Estas constituyen la segunda línea de protección actúan con retraso en el tiempo, protección empleado para cortocircuitos debido a la predominante falla en los sistemas” (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 15).

- c) **Protección unitaria.** – “La protección unitaria son totalmente selectivas solo detectan fallas en su zona de protección, empleados para proteger línea de transmisión, barras y transformadores. Son las relés diferenciales, su operación se basado al principio diferencial, calculando la diferencia de corrientes de entrada y salida, la dificultad de cálculos se deba a varias característica del transformador” (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 15).

1.3.4. Importancia de los sistemas de protección

“A efectos de discusión, considérese un transformador dimensionado adecuadamente con especificaciones conocidas. Para que quede claro, un transformador dimensionado adecuadamente incluye las siguientes características primero

capacidad adecuada para la carga a la que va a servir, segundo capacidad de sobrecarga temporal adecuada (tamaño en kVA, o valores nominales) y tercero tensiones primarias y secundarias correctamente dimensionadas para el sistema de distribución eléctrica” (Schneider Electric, 2016)

“Selección correcta para la aplicación de transformadores llenos de líquido o secos. En 2011 el NEC requiere que los transformadores estén protegidos contra sobreintensidad (Artículo 450.3 del NEC). Además, el Artículo 450.3 (A) del NEC cubre específicamente los transformadores de más de 600 V hasta incluir transformadores de media tensión” (Schneider Electric, 2016).

“Se requiere proveer de transformadores de MT trifásicos con dispositivos de protección contra sobreintensidad para el primario y el secundario (OPD), debido principalmente a que los conductores primario y secundario no se consideran protegidos por la protección contra sobreintensidad del primario. Esto es especialmente cierto para en delta primaria y estrella secundaria, casos en los que un defecto a tierra secundario podría no disparar la protección primaria. El Artículo 240.21 (C) (1) y el Artículo 450.3 (A) del NEC validan que esta afirmación es cierta” (Schneider Electric, 2016).

“Aunque los bobinados primarios están especificados para MT, el diseñador debe elegir o fusibles o interruptores automáticos para proteger el transformador. Como regla general, los transformadores de 3000 kVA y más pequeños instalados como una unidad independiente o como subestaciones unitarias suelen estar protegidos por fusibles. Se utilizan protecciones de interruptores automáticos de MT para tamaños de transformador superiores a 3000 kVA” (Schneider Electric, 2016).

“A diferencia de los fusibles y los interruptores automáticos de 600 V típicos, los interruptores automáticos de MT cuentan con dispositivos independientes tales como transformadores de intensidad (TI), un transformador de potencial (TP) y relés de protección para proporcionar la protección contra sobreintensidad. La mayoría de los relés modernos son de tipo multifunción con la protección que se hace referencia con los números que se correlacionan con las funciones que realizan. Ésos números están

basados en los estándares IEEE reconocidos a nivel mundial según se define en la Norma IEEE C37.2. Hay varios factores que influyen en la configuración de protección del transformador” (Schneider Electric, 2016).

- La protección contra sobreintensidad requerida para los transformadores se considera una protección únicamente para el transformador. Dicha protección contra sobreintensidad no protege necesariamente los conductores primarios o secundarios, ni los equipos conectados en el lado secundario del transformador.
- Es importante tener en cuenta que el dispositivo de protección contra sobreintensidad en el lado primario debe dimensionarse basándose en las especificaciones de kVA del transformador y en base a la carga del secundario del transformador.
- Antes de determinar el tamaño o la calificación de los dispositivos de protección contra sobreintensidad, observe que las Notas 1 y 2 de la Tabla 450-3(A) del NEC permiten incrementar la clasificación o el ajuste del OPD primario y/o secundario al siguiente valor o estándar superior cuando el valor calculado no corresponde a una clasificación o ajuste estándar.
- Cuando se aplica la tensión para energizar un transformador, el núcleo del transformador normalmente se satura, lo cual produce una gran corriente de irrupción. Para dar cabida a esta corriente de irrupción, la protección contra sobreintensidad se selecciona típicamente con valores de corriente admisible-tiempo de al menos 12 veces la corriente nominal del primario del transformador para 0,1 s y de 25 veces para 0,01 s.
- El ingeniero electricista será quien garantiza que los parámetros de los ajustes de todos los conjuntos de protecciones estén por debajo de la curva de años del equipo por cortocircuito del transformador según se define en la norma ANSI C57.109 para transformadores de potencia llenos de aceite y ANSI C57.12.59 para transformadores de potencia de tipo seco.
- Las curvas de los relés de protección no se pueden utilizar de la misma manera que las curvas de los interruptores automáticos de baja tensión o las curvas de fusibles. La curva de relé de protección solo representa la acción de un relé de calibrado y no tiene en cuenta las acciones del interruptor automático asociado

ni la exactitud de los transformadores de corriente que conectan el relé al circuito supervisado.

“La curva representa el funcionamiento ideal del relé y las tolerancias de fabricación no se reflejan en la curva. Para coordinar un relé de protección contra sobre intensidad con otros dispositivos de protección, se debe incorporar un margen de tiempo mínimo entre las curvas” (Schneider Electric, 2016).

1.3.5. Componentes de un sistema de protección

Un sistema de protección tendrá que contar necesariamente con ciertos componentes que prevean daños por las fallas que podrían ocurrir dentro del circuito de potencia.

a) Transformador de corriente

“El equipo eléctrico transformadores de corriente (TC), constituyen elementos esenciales de los Sistemas de Protecciones, por la precisión que produzca la corriente primaria es de vital importancia para la operación adecuada de un relé de protección, ya que son capaces de realizar con exactitud las mediciones de corriente de la red de transmisión. Los Tc de medición con la de protección se diferencia por su clase de precisión, los Tc’s de protección opera a lo largo de su rango de carga y el Tc’s de medición solamente se utiliza para la medición de energía” (Naranjo Yopez, y otros, 2015 pág. 16).

b) Relé de Protección.

“Son equipos electrónicos basados en microprocesadores lo cual lo hace un dispositivo inteligente. Son capaces de detectar condiciones anormales del sistema. Reciben señales de los transformadores de tensión y corriente y con la información censada tiene la capacidad de discriminar una condición normal y anormal, dependiendo de su criterio de evaluación mandara apertura al interruptor de potencia por medio de sus contactos. El esquema de protecciones comprende un relé diferencial, el cual opera en base al comportamiento de los parámetros eléctricos del

sistema. La importancia de los ajustes depende del tipo de conexiones que se realiza en los transformadores de corriente. La adecuada configuración evita la operación inadecuada del relé” (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 17).

“Dependiendo de la variable a controlar pueden ser de sobrecarga, cortocircuito, sobretensión, falla en aislación, temperatura, máxima y mínima tensión, sobre flujo y por inversión de flujo de corriente” (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 17).

c) Relé diferencial SEL587

El relé SEL587 opera como protección principal, se caracteriza por ser un relé de corriente diferencial y sobrecorriente, actúa correctamente en ambos casos, el equipo tiene dos entradas optoaisladas, con cuatro salidas programadas y otro para salida para alarma (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 18)

d) Circuitos de control

“Un relé de protección opera de modo automático con mandos de apertura y cierre de los interruptores, registros de alarmas y entre otras. La fuente de alimentación continua para los elementos de control y sus circuitos son suministrados por las baterías de 48 voltios, 125 voltios. El sistema de servicios auxiliares y bancos de baterías son de vital importancia ya que ellos brindan el suministro constante de corriente continua al circuito de control; la interrupción de la fuente de alimentación al sistema de control dejaría sin protección al sistema de potencia” (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 18).

e) Interruptor de potencia

“Los interruptores de poder son elementos mecánicos que sirven para aislar o conectar el circuito eléctrico en alta tensión bajo carga, actúa por medio de accionamiento mecánico interno de sus muelles. Puede operar en condiciones normales del sistema o en cortocircuito aun cuando está circulando altas corrientes gracias a su auto extensión de arcos eléctrico por el SF6. En estado cerrado es un

conductor y en modo abierto un aislador, se clasifican por ser de tipo BLK,B LT y por la ubicación de la cámara de extinción” (Naranjo Yepez, y otros, 2015 pág. 19).

1.4. Formulación del Problema

¿Se podrá diseñar un sistema para protección de puesta en servicio transformador de potencia 40mva/220/22,9/10 kV para suministro de energía a minera Shahuindo Cajabamba - Cajamarca 2019?

1.5. Justificación del Estudio.

Técnica

La justificación técnica se da por la razón de que la investigación tomará parámetros técnicos para desarrollar sobre estos una selección de tecnologías que brinden adecuada protección a una subestación de manera específica lo que establecerá sobre los datos establecidos nuevos conocimientos en la parte técnica para la instalación, selección y mantenimiento de sub estaciones con un flujo de carga y comportamiento como la seleccionada.

Económica

La económica se sobreentiende ya que el motivo de la problemática es la falta de confianza en las funciones de las protecciones de las subestaciones tradicionales lo que demanda que el corte de servicio que se origine y no sea necesario dejara sin producción a las cargas que alimenta lo que se traduce en un gasto por falta de producción y por tiempo muerto de máquinas y personal, el desarrollar la investigación muestra una alternativa donde se establece mecanismos de protección que aperturen el circuito cuando realmente se requiera el seccionamiento de manera específica por el trabajo que se desempeña así tener energía de calidad para desarrollar la producción de manera adecuada siendo más rentable el tiempo dentro de la empresa.

La justificación económica del esquema de protecciones se realizó basada a los siguientes aspectos:

- Costo de reparación de daño del transformador.
- Costo de penalizaciones.
- Tiempo fuera de servicio del transformador.
- Enormes pérdidas de producción de la minera Shahuindo.
- Imagen de la empresa que brinda servicios de control y operación del sistema.

Social

La justificación social se da debido a la seguridad del trabajador las normativas internas de la minera establecen o ponen al trabajador por encima de todo sobre lo concerniente en seguridad, las medidas de protección que se van a seleccionar conllevan también estos aspectos donde la protección del trabajador va a ser primordial así estableciendo su seguridad por encima de aspectos económicos se podrá contribuir a una sociedad donde el operario salga y retorne a su hogar sin inquietudes extras.

Ambiental

En el concepto ambiental la justificación también se da ya que el tener una red de distribución trabajando de manera óptima y con los requerimientos de protección correctos podrá detectar fallas correspondientes no solo a la operatividad de las cargas sino también a las condiciones medioambientales teniendo así que tomar las precauciones correspondientes en este aspecto ya que si las protecciones están bien establecidas no permitirá la explosión del transformador, tal evento sería contraproducente para el medio ambiente. Uno de los factores más rescatables es el ruido que producen las sub estaciones que aumentan en las épocas de lluvia y humedad.

1.6. Hipótesis.

Si se podrá diseñar un sistema de protecciones para puesta en servicio transformador de potencia 40Mva/220/22.9kv para suministro de energía a minera Shahuindo Cajabamba - Cajamarca 2019.

1.7. Objetivos.

General

Diseñar un sistema de protecciones para puesta en servicio transformador de potencia 40MVA/220/22,9kv para suministro de energía a minera Shahuindo Cajabamba - Cajamarca 2019

Específicos

- ✓ Determinar los parámetros eléctricos del transformador de 40MVA/220/22,9 KV.
- ✓ Realiza el análisis de flujo de Potencia en operación normal.
- ✓ Realizar análisis de cortocircuito para el ingreso de la nueva sub estación.
- ✓ Diseñar un sistema de protección eléctrica para el transformador de 40MVA/220/22,9 KV.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación.

La presente investigación que se plantea era de tipo aplicada, de acuerdo al manejo de los resultados ya que se prevé que los mismos podrán ser utilizados directamente para solucionar la realidad problemática local.

Y el diseño será no experimental ya que no se establece una investigación donde se manipulen las variables para conseguir datos o verificar la evolución de la variable dependiente al manipular la variable independiente.

2.2. Variables, Operacionalización.

Variable independiente

Sistema de protección para transformador

Variable dependiente

Puesta en servicio del transformador

2.2.3 Variables de Operacionalización

Tabla 1. Operacionalización

Variables independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Sistema de protección para el transformador de potencia	Sistema de compuesto de equipos que prevean la salida de servicio del transformador por un fallo en el sistema eléctrico para evitar daños a otras instalaciones y maquinas.	Determinar parámetros de protección	Sobretensión Sobre corriente Corriente de falla	Razón
		Determinar el flujo de carga	Energía Potencia	Razón
Variables Dependientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Puesta en servicio del transformador	Poner en funcionamiento el transformador cuando se cumplan con las características de diseño para que este funciona de manera nominal.	Determinar las condiciones de servicio	Potencia Voltaje Intensidad	Razón
		Determinar características optimas	Cumple / no cumple	Nominal

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Población y Muestra.

Población (N).

- ✓ La población será igual que la muestra y esta será de donde se obtendrán los datos para

Muestra (n).

- ✓ Parámetros del diseño del sistema de alimentación para el suministro de energía a la minera Shahuindo.

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas

Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TECNICA	INSTRUMENTO	OBJETIVO
Observación directa	Ficha de cargas	Se utilizara para determinar el flujo de cargas del suministro a la minera
Ficha para el Análisis de documentos	Ficha para las características del transformador	se utilizara para determinar por medio del análisis de la ficha técnica y protocolos de prueba las características más relevante para determinar los sistemas de protección
	Ficha del Características del sistema	se atizara para determinar del expediente y documentos anexos las características del suministro y de las líneas que alimentaran al transformador
	Ficha de análisis varios	Se utilizara para establecer criterios de diseño recogidos de diferentes fuentes bibliográficas como libros, normas o antecedentes científicos

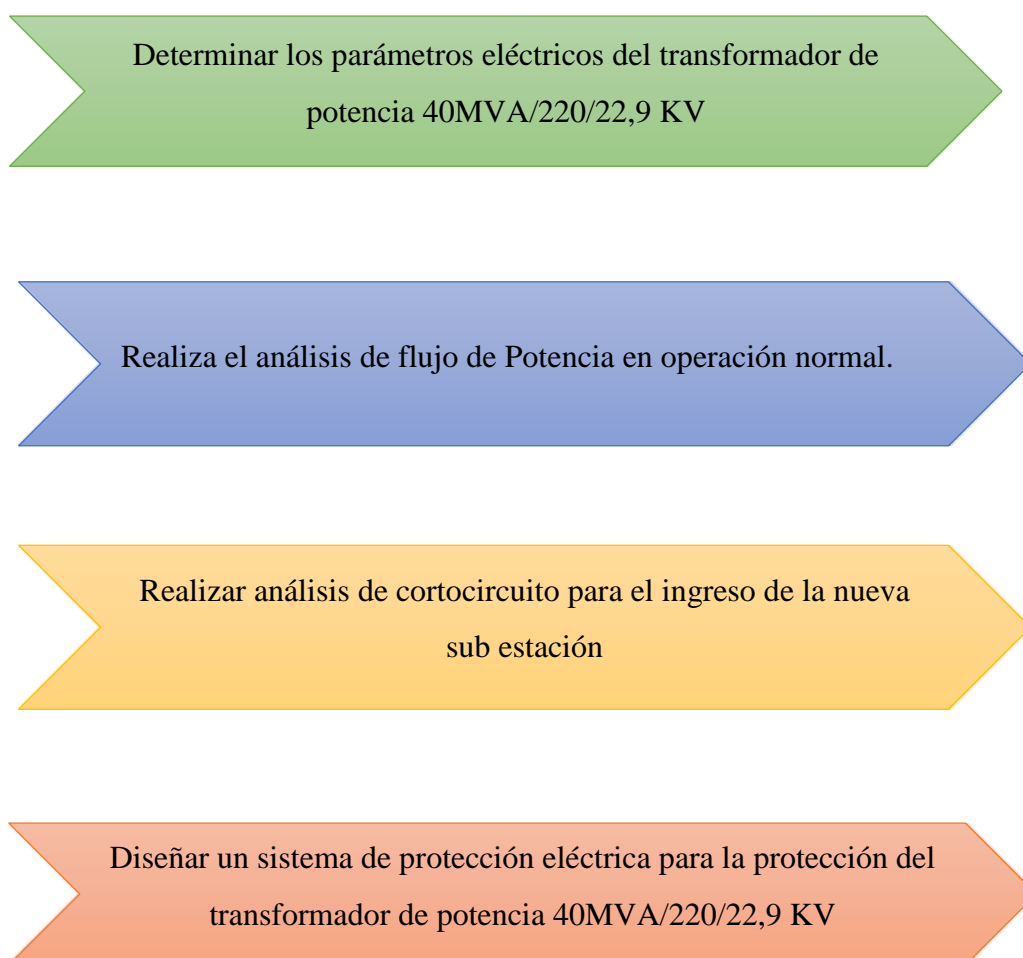
Fuente: Elaboración propia.

2.4.3 Validez y Confiabilidad

Validez. - Se determinará la aprobación de instrumentos por la conformidad y firma del ingeniero especialista en el sector.

Confiabilidad: La confiabilidad será asumida por el compromiso del tesista mediante una declaración jurada anexada en las primeras hojas del informe de investigación.

2.4.3 Procedimiento



2.5. Métodos de Análisis de Datos.

Los datos obtenidos serán analizados según sus valores obtenidos y según el registro. Para esto aremos uso de la encuesta la recolección de datos y el uso de la estadística basada el tiempo proyectado, para poder determinar y aplicar las variables de estudio, y estimar hasta qué punto son aceptables las muestras, valorando su eficacia de resultado según la recolección de datos de manera individual para con esto realizará un matriz de recolección de datos y ver que otros datos adicionales son aplicables en el marco de la evaluación, considerando en tiempo propuesto para desarrollar estos sistemas, que son apacibles a la mejora continua de nuestros sistemas interconectado.

2.6. Aspectos Éticos

Se mantendrán los criterios que rigen al colegio de ingenieros del Perú en su código ontológico donde se establece en su artículo 6 que los profesionales que pertenezcan a este colegio “Defender la integridad, honor y dignidad de su profesión...” y además “... elevar el nivel de prestigio cumpliendo fielmente con la idoneidad de la ingeniería” siendo así que toda información y detalle será respetuosa de las normas de conducta de la empresa que permite la investigación y del uso de los datos más que para el fin que se encomendó.

III. RESULTADOS.

3.1. Determinar los parámetros eléctricos relevantes para el transformador de potencia 40 MVA/220-22.9.10KV.

Shahuindo S.A.C. dueño de la concesión minera, gestor del presente proyecto de construcción de la SE-Pampa Honda 220KV, quien en la actualidad se encuentra a cargo de la explotación de las minerales, ubicado en las cordilleras del distrito de Cachachi, provincia de Cajabamba departamento de Cajamarca. La empresa minera viene desarrollando la explotación de su primera etapa, con suministro de energía eléctrica por grupos de generación térmica; para la explotación de los yacimientos de óxidos, requerirá energía eléctrica del orden de 6MW, para las explotaciones de los sulfuros y funcionamiento de los molinos a futuro se estima una demanda eléctrica de hasta 25MW.

En tal sentido, la concesión minera Shahuindo S.A.C., por medio de la empresa constructora Cajabamba S.A.C., en adelante ETC, quien ejercerá la puesta en marcha del proyecto “Construcción de la subestación eléctrica de Pampa Honda 220KV, para suministro de energía eléctrica a Minera Shahuindo” el presente proyecto comprende:

- ✓ SE Pampa Honda 220kV.
- ✓ Línea de Transmisión 22.9kV SE Pampa Honda – SE Shahuindo - SE Pampa Honda 22.9kV.
- ✓ SE Shahuindo 22.9kV.
- ✓ Línea Primaria 22.9kV Interior Mina.
- ✓ El presente estudio corresponde a la Integración al SEIN de la SE Pampa Honda 220/22.9/10kV.

La Subestación Eléctrica Pampa Honda 220 kV, considera el seccionamiento de dos líneas de transmisión actuales que son, L-2273 y L-2275 SE La Ramada-SE Cajamarca que están concesionadas a la empresa Abengoa Transmisora Norte S.A (ATN).

Determinar el flujo de carga del circuito que alimenta el transformador 40 MVA/220-22,9 KV.

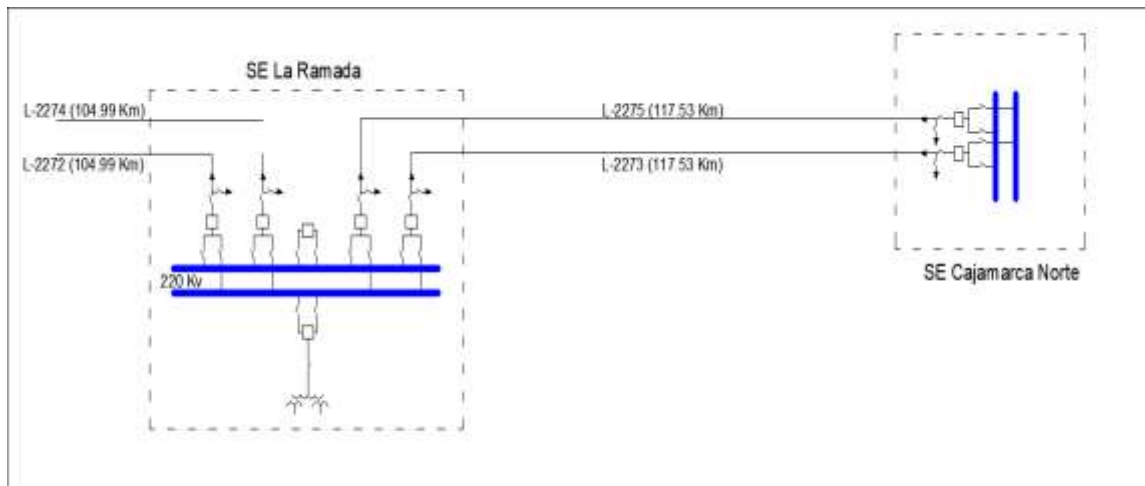


Figura 5. Configuración actual 220kV entre las subestaciones La Ramada y Cajamarca

La proyección de la sub estación en La Pampa Honda se incluyen entre las líneas L-2275 y L2273.

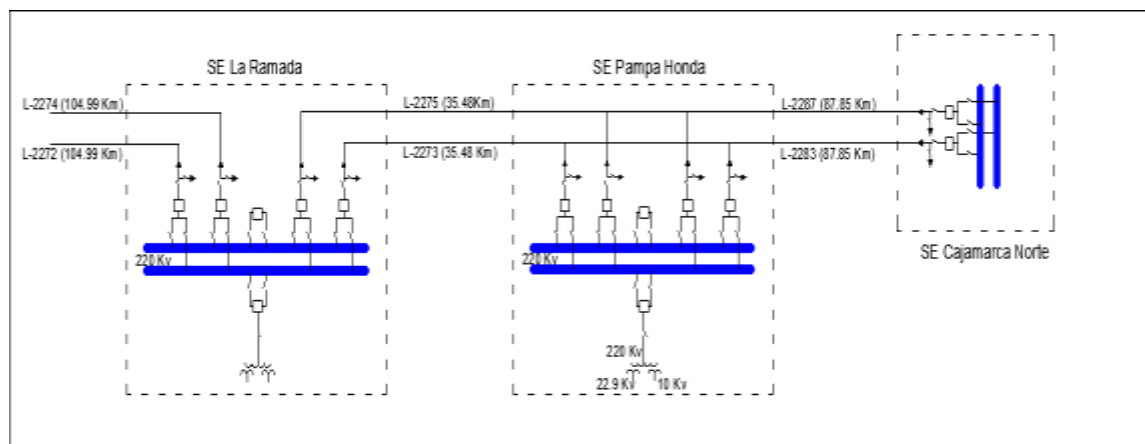


Figura 6. Enlace 220kV entre las subestaciones La Ramada Pampa Honda - Cajamarca

En el anexo dos se puede ver el plano del anexo que se pretende emplear el cual cumple con los siguientes datos.

Tabla 3. Características de la ampliación

Voltaje nominal - línea de transmisión.	220 kV
Frecuencia industrial.	60 Hz
Máxima Potencia a transmitir.	2 x 240 MVA
Longitud.	6.6 km
Conductor activo.	ACAR 1000 MCM
Conductores por fase.	2.0
Cable de guarda.	EHS 3/8 + OPGW 120 mm ²
Aisladores.	Vidrio.
Aisladores por cadena.	20 unidades
Clase de estructuras.	Torres metálicas doble circuito
Configuración.	Vertical

Fuente: Elaboración Propia

La subestación que se pretende incluir cuenta con las siguientes características.

Cuya configuración es de doble barra con interruptor de acoplamiento, conformado por la siguiente instalación.

Tabla 4. Parámetros de trabajo del transformador de potencia para SE Pampa Honda.

1	Línea 220 kV de llegada desde la SE La Ramada, denominada como L-2273
2	Línea 220 kV de llegada desde la SE La Ramada, denominada como L-2275
3	Línea 220 kV de salida a SE Cajamarca Norte, denominada como L-2283
4	Línea 220 kV de salida a SE Cajamarca Norte, denominada como L-2287
5	Bahía de acoplamiento 220KV
6	Bahía de transformador 220/22.9/10kV-30/30/10MVA-ONAN Y 40/40/12 NOAF.
7	Bahías futuras

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Realizar el Análisis de Flujos de Potencia en Operación Normal.

Para determinar el flujo de potencia en las líneas de transmisión se debe establecer cuál será el resultado de colocar la nueva sub estación considerando las cargas ya establecidas y las cargas por generarse a futuro por lo tanto se deben analizar los dos casos Con Proyecto (caso 1) y Sin Proyecto (caso 0).

Líneas de transmisión 220KV:

Para el tipo de barra i-K, representado por modelo equivalente π , se considera la conductancia y la susceptancia como características físicas.

Dónde:

Conductancia G_{ik} ,

Susceptancia B_{ik} .

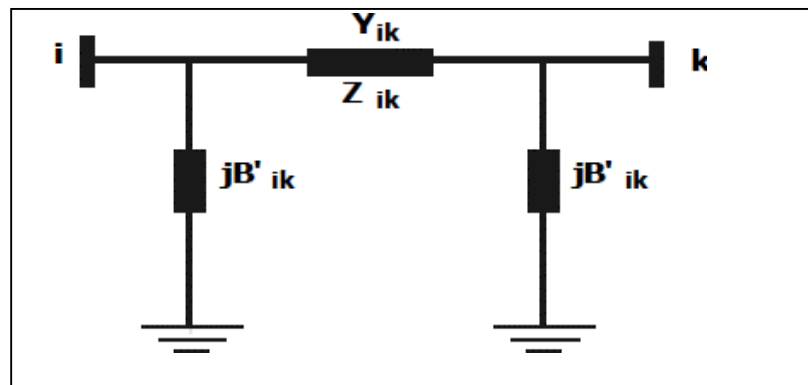


Figura 7. Modelo de barra tipo π .

Fuente: Alberto Paul, 2015 pag.20

$$\bar{Z}_{ik} = G_k + jBX_k \quad \bar{Y}_{ik} = \frac{1}{\bar{Z}_{ik}}$$

Transformadores:

a) Transformador de dos devanados:

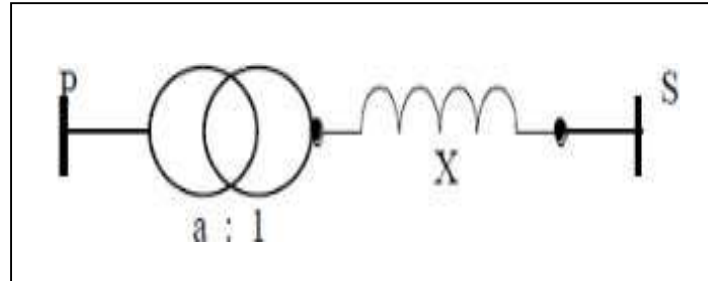


Figura 8. Modelo de transformador de dos devanados

Fuente: Alberto Paul, 2015 pág. 20.

Dónde:

X : Reactancia.

A : Relación de transformación.

$$X = V_{cc} \cdot \frac{N_b}{N_n} \cdot \left(\frac{V_s}{V_{bs}}\right)^2 \quad \%$$

$$a = \frac{t_p}{t_s} \cdot \frac{V_p}{V_s} * \frac{V_{bs}}{V_{bp}} \quad p. u.$$

Dónde:

Tabla 1. Parámetros del transformador de dos devanados

Tensión de cortocircuito,	V _{cc}
Voltaje primario.	V _p
Voltaje secundario.	V _s
Voltaje base primario.	V _{bp}
Voltaje base secundario.	V _{bs}
Potencia de base.	N _n
Posición del.	T _p /T _s
Potencia base.	N _b

Fuente: Alberto Paul, 2015 pág. 21.

b) Transformador de tres devanados:

Se demuestran las siguientes relaciones.

$$\sum Z = Z_{ps} + Z_{pt} + Z_{st}$$

$$Z_{ps} = V_{ccps} \frac{Nb}{Nb_{ps}}$$

$$Z_{st} = V_{CCst} \frac{Nb}{Nb_{st}}$$

$$Z_{pt} = V_{CCpt} \frac{Nb}{Nb_{pt}}$$

Transformador de tres devanados:

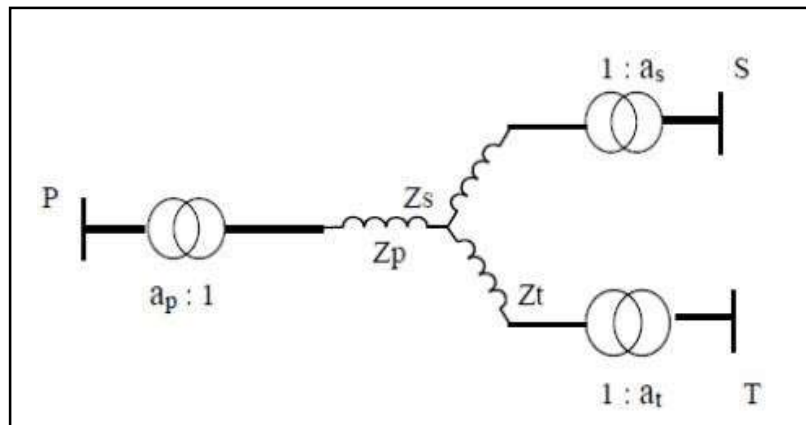


Figura 9. Modelo de transformador de tres devanados.

Fuente: Alberto Paul, 2015 pág. 22.

Por lo que se tiene.

$$Z_p = \frac{1}{2} \sum Z - Z_{st} \quad = \quad Z_s = \frac{1}{2} \sum Z - Z_{pt}$$

$$Z_t = \frac{1}{2} \sum Z - Z_{ps}$$

$$a_p = \frac{V_p}{Vb_p} \quad = \quad a_s = \frac{V_s}{Vb_s} \quad = \quad a_t = \frac{V_t}{Vb_t}$$

Dónde:

Vb : voltaje de base primario, secundario y terciario en KV.

Vcc : Voltaje de cortocircuito en %.

Z : impedancia en %.

Nbp: Potencia de cortocircuito en MVA.

Ecuaciones para flujo de carga:

$$\bar{Y} \cdot \bar{V} = \bar{I}$$

$$\bar{S} \cdot \bar{V} \cdot \bar{I}_i$$

$$I_i = \frac{\bar{S}_i}{\bar{V}_i} = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{V}_i}$$

$$\bar{S}_{ik} = \bar{P}_{ik} - jQ_{ik}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_i \\ \vdots \\ [I_i] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_1 & \bar{Y}_2 & \bar{Y}_3 & \dots & \bar{Y}_i & \dots & \bar{Y}_n \\ \bar{Y}_1 & \bar{Y}_2 & \bar{Y}_3 & \dots & \bar{Y}_i & \dots & \bar{Y}_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \bar{Y}_1 & \bar{Y}_2 & \bar{Y}_3 & \dots & \bar{Y}_i & \dots & \bar{Y}_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ [\bar{Y}_1 & \bar{Y}_2 & \bar{Y}_3 & \dots & \bar{Y}_i & \dots & \bar{Y}_n] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{V}_1 \\ \bar{V}_2 \\ \vdots \\ \bar{V}_i \\ \vdots \\ [\bar{V}_i] \end{bmatrix}$$

$$\bar{I}_i = I_{i1} \bar{V}_1 + I_{i2} \bar{V}_2 + \dots + Y_{ii} \bar{V}_i + \dots + Y_{in} \bar{V}_n$$

$$\bar{I} = \sum_{k=1}^n \bar{Y}_k \bar{V}_k \quad \text{para } (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\frac{P_i - jQ_i}{\bar{V}_i} = \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik} \bar{V}_k$$

$$P_i - jQ_i = \bar{V}_i^* \sum_{k=1}^n \bar{Y}_k \bar{V}_k$$

$$S_i^* = \bar{V}_i^* \sum_{k=1}^n \bar{Y}_k \bar{V}_k$$

$$S_i = \bar{V}_i \sum_{k=1}^n \bar{Y}_{ik}^* \cdot \bar{V}_k^*$$

$$\bar{S} = |V_i| \cdot \theta_i \cdot \sum_{k=1}^n (G_{ik} + jB_{ik})^* \cdot |V_k| - \theta_k$$

$$\bar{S}_i = |V_i| \cdot \sum_{k=1}^n (G_{ik} + jB_{ik})^* \cdot |V_k| \theta_i - \theta_k$$

Dónde:

θ_{ik} : diferencia angular.

$$\theta_i = \theta_i - \theta_k$$

$$\bar{S}_i = |V_i| \cdot \sum_{k=i}^n (G_{ik} - jB_{ik}) \cdot |V_k| \{ \cos(\theta_i - \theta_k) + j \text{Sen}(\theta_i - \theta_k) \}$$

$$\bar{S}_i = |V_i| \cdot \sum_{k=i}^n |V_k| \{ (G_{ik} \text{Sen} \theta_{ik} - B_{ik} \text{Cos} \theta_{ik}) + j (B_{ik} \text{Sen} \theta_{ik} - G_{ik} \text{Cos} \theta_{ik}) \}$$

La otra forma de expresión:

$$P_i = |V_i| \cdot \sum_{k=i}^n |V_k| (G_{ik} \text{Cos} \theta_{ik} + B_{ik} \text{Sen} \theta_{ik})$$

$$Q_i = |V_i| \cdot \sum_{k=i}^n |V_k| (G_{ik} \text{Sen} \theta_{ik} - B_{ik} \text{Cos} \theta_{ik})$$

Ecuación de balance para la suma de flujos de potencia en un nodo.

$$P_i = G_i |V_i|^2 + |V_i| \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_k| (G_{ik} \text{Cos} \theta_{ik} + B_{ik} \text{Sen} \theta_{ik})$$

Por lo que G_{ii} se defino como:

$$G_{ii} = \sum_{\substack{k=i \\ k \neq 1}}^n (-G_{ik})$$

Para potencia reactiva:

$$Q_i = G_{ii} |V_i|^2 + |V_i| \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_k| (G_{ik} \text{Sen} \theta_{ik} - B_{ik} \text{Cos} \theta_{ik})$$

Definición de B_{ii} por:

$$B_{ii} = \sum_{\substack{k=i \\ k \neq 1}}^n (B_{ik}^* - B_{ik})$$

El análisis de flujo se realizó en el programa DigSilent Paver V14.2.

A continuación, los parámetros de los resultados obtenidos de cada escenario.

Tabla 6. Análisis que se harán para realizar el flujo de potencia

Máxima Demanda para Avenida 2019 (SP y CP)	Cargabilidad de líneas Cargabilidad de transformadores de potencia Niveles de tensión
Media Demanda para Avenida 2019 (SP y CP)	
Mínima Demanda para Avenida 2019 (SP y CP)	
Máxima Demanda para Estiaje 2019 (SP y CP)	
Media Demanda para Estiaje 2019 (SP y CP)	
Mínima Demanda para Estiaje 2019 (SP y CP)	

Fuente: Elaboración Propia

En el anexo 04 se muestran las tablas completas de los análisis de Cargabilidad y niveles de tensión aquí solo se establecen unos resúmenes para llegar a entender el análisis de flujo de carga.

Parámetros para la Cargabilidad de las líneas se obtiene los siguientes datos.

Tabla 7. Cargabilidad de líneas para época de avenida y estiaje

Época	Líneas	V _n	Máxima demanda	Media demanda	Mínima demanda
			Variación	Variación	Variación
		kV	Delta %	Delta %	Delta %
Avenida	CajaNorte-Carhuaquero L-2190	220	Disminuye - 0.54%	Disminuye - 0.45%	Disminuye -0.22%
	CajaNorte-Caclic_L2192	220	Disminuye - 0.12%	Disminuye - 0.01%	Aumenta 0.02%
	CajaNorte-Pampa Honda_L2287	220	Aumenta 37.44%	Aumenta 32.44%	Aumenta 21.57%
	CajaNorte-P H_L2283	220	Aumenta 37.74%	Aumenta 32.86%	Aumenta 21.87%
	Kiman-Conococha_L2269	220	Aumenta 0.27%	Aumenta 0.29%	Aumenta 0.22%
	amada-Kiman L-2274	220	Aumenta 0.4%	Aumenta 0.46%	Aumenta 0.51%
	La Ramada-Kiman L-2272	220	Aumenta 0.41%	Aumenta 0.46%	Aumenta 0.52%
	CajNorte) -Ramada L2273	220	Aumenta 0.43%	Aumenta 0.38%	Aumenta 0.56%
	P H (CajNorte) -Ramada L2275	220	Aumenta 0.34%	Aumenta 0.38%	Aumenta 0.47%
	Paramonga-Conococha L-2278	220	Disminuye - 0.19%	Disminuye - 0.21%	Disminuye -0.24%
	Trujillo Norte-Caja Norte L-2260	220	Disminuye - 1.43%	Disminuye - 1.36%	Disminuye -1.02%
Estiaje	CajaNorte-Carhuaquero L-2190	220	Disminuye - 0.41%	Disminuye - 0.5%	Disminuye -0.41%
	CajaNorte-Caclic_L2192	220	Disminuye - 0.03%	Disminuye 0%	Aumenta 0.02%
	CajaNorte-P H_L2287	220	Aumenta 23.63%	Aumenta 23.87%	Aumenta 15.72%
	CajaNorte-P H_L2283	220	Aumenta 23.94%	Aumenta 24.19%	Aumenta 15.95%
	Kiman-Conococha_L2269	220	Aumenta 0.46%	Aumenta 0.29%	Aumenta 0.43%
	La Ramada-Kiman L-2274	220	Aumenta 0.59%	Aumenta 0.56%	Aumenta 0.57%
	La Ramada-Kiman L-2272	220	Aumenta 0.6%	Aumenta 0.57%	Aumenta 0.58%
	PampaHonda(CajNorte) -Ramada L2273	220	Disminuye - 0.17%	Disminuye - 0.04%	Aumenta 0.69%
	PampaHonda(CajNorte) -Ramada L2275	220	Disminuye - 0.04%	Aumenta 0.1%	Aumenta 0.6%
	Paramonga-Conococha L-2278	220	Aumenta 0.13%	Aumenta 0.4%	Aumenta 0.18%
	Trujillo Norte-Caja Norte L-2260	220	Aumenta 0.36%	Aumenta 0.17%	Aumenta 0.52%

Fuente: Elaboración Propia

Para la Cargabilidad de transformadores.

Tabla 8. Cargabilidad de transformadores para época de avenida y estiaje

Época	Transformadores	Vn	Máxima Demanda	Media Demanda	Mínima Demanda
			Variación	Variación	Variación
		kV	Delta %	Delta %	Delta %
Avenida	tr3 Kiman Ayllu	220	Aumenta 0.2%	Aumenta 0.31%	Aumenta 0.49%
	tr3 Pampa Honda	220	Aumenta 14.72%	Aumenta 14.91%	Aumenta 14.76%
	tr2 SVC Cajamarca	220	Aumenta 0.03%	Aumenta 0.02%	Aumenta 0.03%
Estiaje	tr3 Kiman Ayllu	220	Aumenta 0.6%	Aumenta 1.54%	Aumenta 0.07%
	tr3 Pampa Honda	220	Aumenta 17.34%	Aumenta 17.32%	Aumenta 17.09%
	tr2 SVC Cajamarca	220	Aumenta 0.01%	Aumenta 0.02%	Aumenta 0.02%

Fuente: Elaboración Propia

La variación en los niveles de tensión como se puede ver en el anexo cumplen con lo determinado.

33. Realizar el análisis de cortocircuito para el ingreso de la nueva subestación.

Las fallas que se consideraron para el análisis fueron:

- ✓ Cortocircuito trifásico
- ✓ Cortocircuito bifásico
- ✓ Cortocircuito monofásico

Para realizar los cálculos de niveles de cortocircuito se empleó el método completo, basado en el método de la superposición, previa evaluación de flujo de potencia.

Cabe remarcar que en las simulaciones de cortocircuito según el método completo las impedancias de las máquinas síncronas y de los motores de inducción no son reajustadas como en el caso de la norma ANSI y no se recalculan las contribuciones de máquinas síncronas y motores de inducción como es el caso de la norma IEC.

Para los tipos de falla considerados en los escenarios de máxima demanda en avenida se utilizan las reactancias subtransitorias de los generadores síncronos y para los tipos de falla considerados en los escenarios de mínima demanda en estiaje se utilizan las reactancias transitorias de los generadores síncronos.

Tabla 9. Máximo cortocircuito según tipo de falla a año 2022

Subestación	Tensión Nominal KV	2022							
		Corto Monofásico		Corto bifásico a tierra				Corto trifásico	
		S"K A MVA	I"K A KA	S"K B MVA	I"K B Ka	S" K C MVA	I"K C Ka	S" K MVA	I"K KA
PAMPA HONDA	220	528.93	4.16	630.16	4.96	597.34	470	1983.58	5.51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Corrientes según tipo de falla y época de año

Subestación	V nom	Avenida					Estiaje				
		Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica		Falla Trifásica	Falla Bifásica		Falla Monofásica	
		kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA	kA
		Rf = 0 ohm	Rf = 0 ohm	Rf = 5 ohm	Rf = 0 ohm	Rf = 50 ohm	Rf = 0 ohm	Rf = 0 ohm	Rf = 5 ohm	Rf = 0 ohm	Rf = 50 ohm
		kV	Ik-ABC	Ik-B	Ik-B	3 x Io	3 x Io	Ik-ABC	Ik-B	Ik-B	3 x Io
CACLIC 220A	220	1.657	1.43	1.42	1.498	1.199	1.648	1.421	1.412	1.51	1.21
CAJAMARCA NORTE 220	220	4.498	3.861	3.775	5.181	2.156	4.342	3.721	3.647	5.026	2.15
CARHUAQUERO 220	220	4.213	3.604	3.535	4.705	2.122	4.138	3.534	3.473	4.635	2.125
CERRO CORONA 220A	220	2.846	2.451	2.42	2.78	1.722	2.779	2.391	2.363	2.735	1.714
CONOCOCHA 220A	220	6.059	5.194	5.067	4.266	2.067	5.909	5.064	4.944	4.217	2.059
KIMAN AYLLU 220A	220	5.67	4.866	4.769	5.418	2.237	5.004	4.3	4.224	5.015	2.182
LA QUINUA 220	220	3.782	3.251	3.193	4.109	2.021	3.665	3.146	3.096	4.002	2.013
LA RAMADA 220	220	4.318	3.72	3.656	3.289	1.885	4.052	3.489	3.435	3.179	1.858
PAMPAHONDA220	220	4.217	3.632	3.568	3.276	1.872	4.001	3.443	3.388	3.183	1.852
QUITARACSA220	220	5.322	4.566	4.485	5.245	2.23	4.625	3.974	3.912	4.803	2.163
TRUJILLO NORTE 220A	220	6.255	5.384	5.173	8.026	2.304	6.169	5.299	5.116	7.898	2.294
KIMAN AYLLU 138	138	7.577	6.469	6.098	7.991	1.565	7.379	6.297	5.945	7.82	1.547
PAMPAH_22.9KV	22.9	5.606	4.851	3.245	7.629	0.27	5.553	4.804	3.226	7.561	0.269
SHAUINDO22.9KV	22.9	3.893	3.369	2.546	3.546	0.265	3.864	3.344	2.532	3.527	0.264
PAMPAH_10KV	10	9.192	7.964	1.955	0	0	9.123	7.903	1.95	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Se determina los tiempos de falla crítico para el despeje de falla para esto se ha analizado el escenario de flujo de potencia de máxima demanda en avenida 2019, establecido para el caso proyectado, por tratarse del escenario de mayor exigencia de operación del SEIN.

Para el cálculo del tiempo crítico de despeje de falla en líneas de transmisión 220kV del proyecto entre las sub estaciones Ramada – Pampa Honda - Cajamarca, se ha considerado una falla trifásica al 1% y al 99% de las líneas que la conforman, con apertura definitiva de la línea. Además, para todos los eventos simulados se considerará que solamente una terna de las líneas Kiman Ayllu – La Ramada y La Ramada – Cajamarca está en servicio, de esta manera se obtiene el escenario más exigente para la determinación de los tiempos críticos

Se evaluaron cuatro casos:

Tabla 11. Eventos para determinar tiempo de falla

Evento	Descripción
1	• Se aplica una falla trifásica en una (01) línea 220 kV La Ramada – Pampa Honda cercana a la subestación La Ramada
	• Después de un tiempo CCT (tiempo crítico de despeje de falla) se apertura los interruptores de la línea en ambos extremos
2	• Se aplica una falla trifásica en una (01) línea 220 kV La Ramada – Pampa Honda cercana a la subestación Pampa Honda
	• Después de un tiempo CCT (tiempo crítico de despeje de falla) se apertura los interruptores de la línea en ambos extremos
3	• Se aplica una falla trifásica en una (01) línea 220 kV Pampa Honda – Cajamarca cercana a la subestación Pampa Honda
	• Después de un tiempo CCT (tiempo crítico de despeje de falla) se apertura los interruptores de la línea en ambos extremos
4	• Se aplica una falla trifásica en una (01) línea 220 kV Pampa Honda – Cajamarca cercana a la subestación Cajamarca.
	• Después de un tiempo CCT (tiempo crítico de despeje de falla) se apertura los interruptores de la línea en ambos extremos.

Fuente: Elaboración Propia

Simulando estos resultados en el software de apoyo que se referencia en los anexos se obtiene.

Evento 01.- Falla trifásica en la línea en 220kV La Ramada – Pampa Honda, al 1% de la subestación La Ramada. En este caso se obtienen tiempos críticos superiores a 1

segundo. En este evento se observa que ningún ángulo de rotor de los generadores cercano pierde sincronismo a pesar de que la falla se mantiene 1 segundo

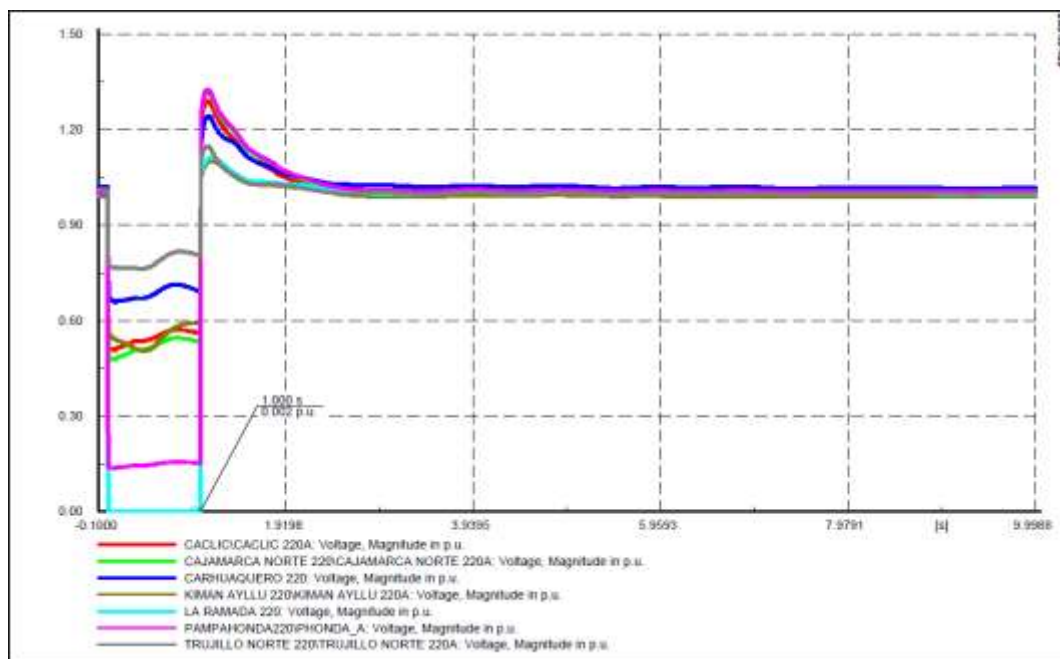


Figura 10. Graficas que simulan el comportamiento de las Generadoras para el evento 1

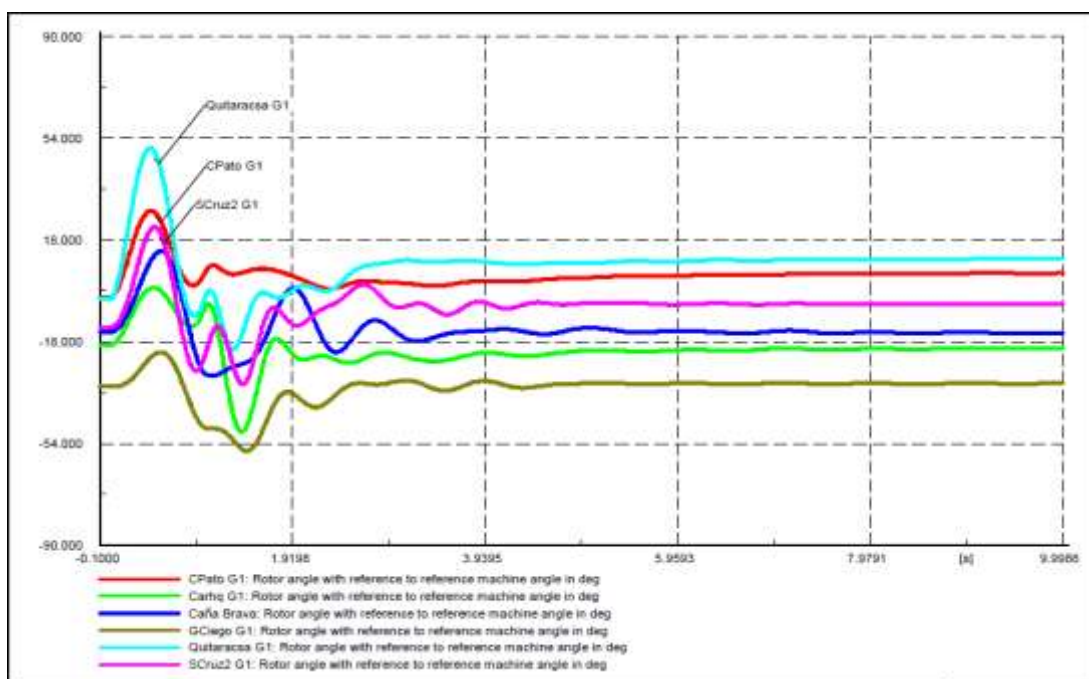


Figura 11. Falla trifásica en la línea en 220kV La Ramada

Evento 2: Falla trifásica en la línea en 220kV La Ramada – Pampa Honda, al 1% de la subestación Pampa Honda. En este caso se obtienen tiempos críticos

superiores a 1 segundo. En este evento se observa que ningún ángulo de rotor de los generadores cercano pierde sincronismo a pesar que la falla se mantiene 1 segundo

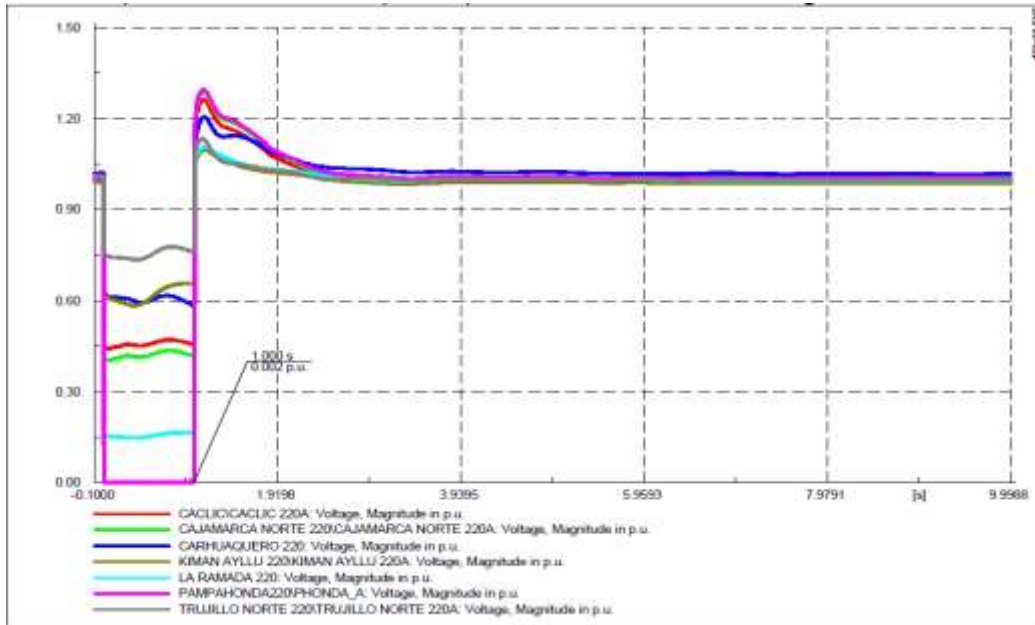


Figura 12. Evento falla trifásica Pampa Honda

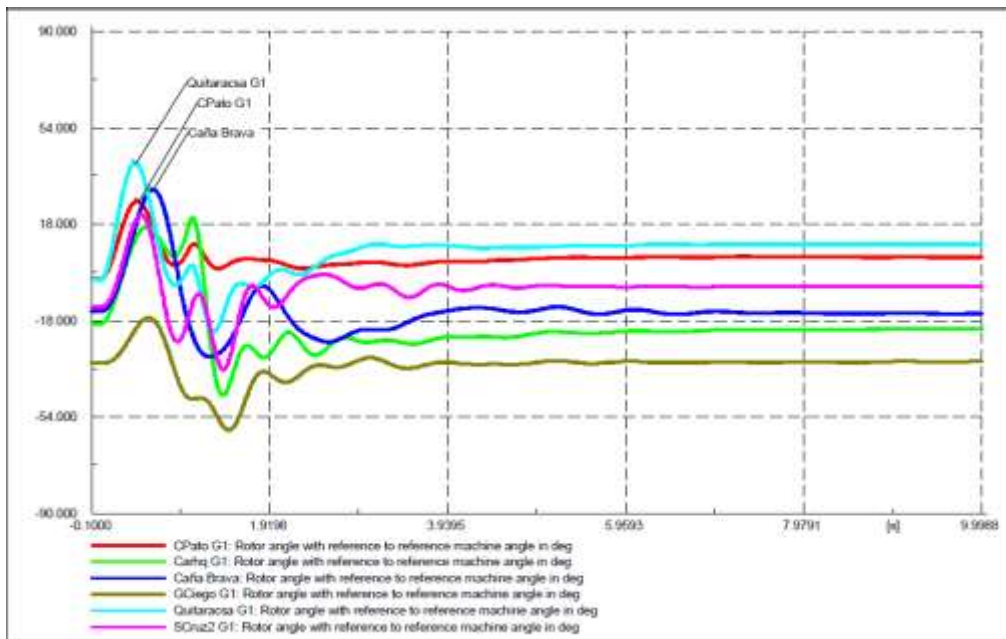


Figura 13. Evento falla trifásica Pampa Honda – Cajamarca

Evento 3: Falla trifásica en la línea en 220 kV Pampa Honda – Cajamarca, al 1% de la subestación Pampa Honda. En este caso se obtienen tiempos críticos superiores a

1 segundo En este evento se observa que ningún ángulo de rotor de los generadores cercano pierde sincronismo a pesar de que la falla se mantiene 1 segundo

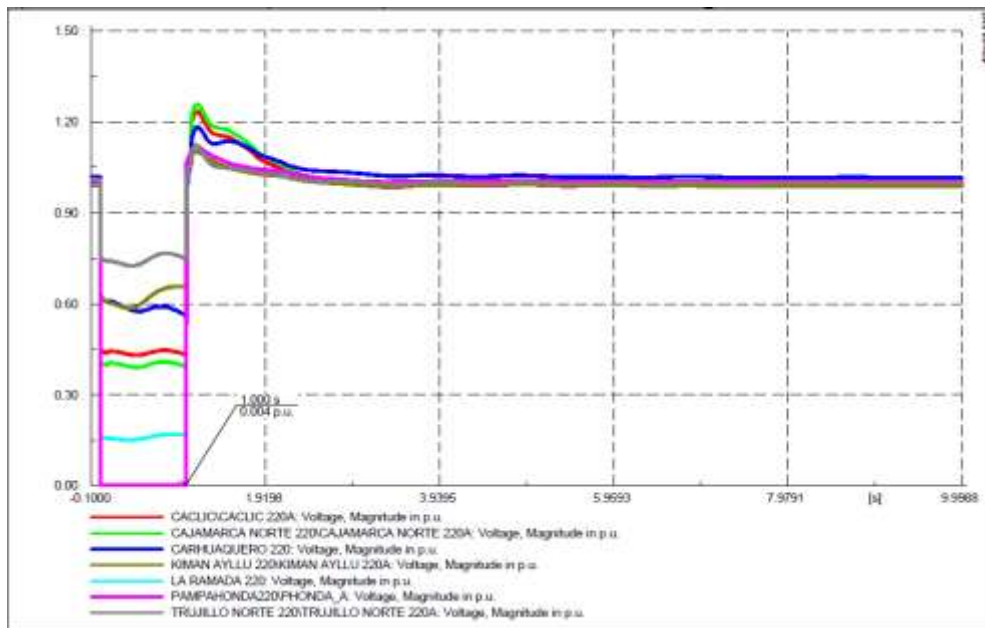


Figura 14. Evento falla trifásica Pampa Honda

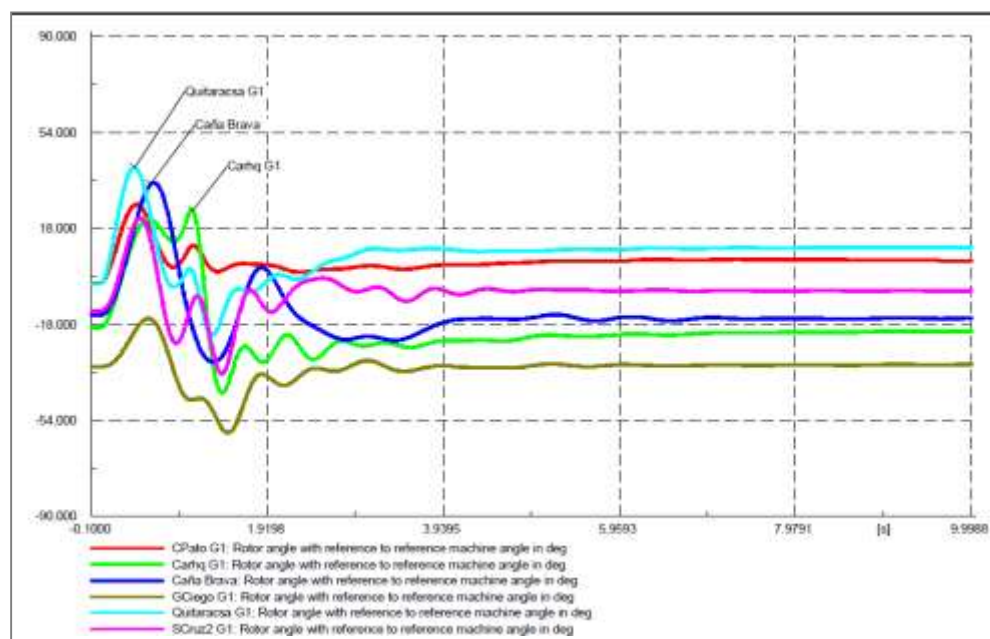


Figura 15. Evento falla trifásica Pampa Honda

Evento 4: Falla trifásica en la línea en 220 kV Pampa Honda – Cajamarca, al 1% de la subestación Cajamarca Norte. En este caso el tiempo crítico hallado es 318 ms

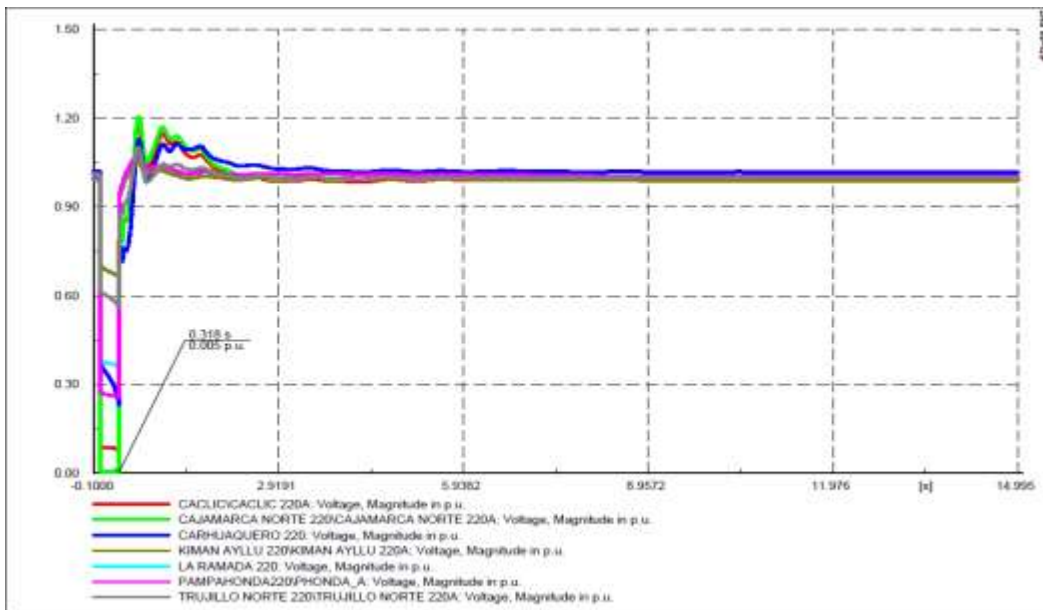


Figura 16. Gráfica de magnitud de tensión por falla trifásica

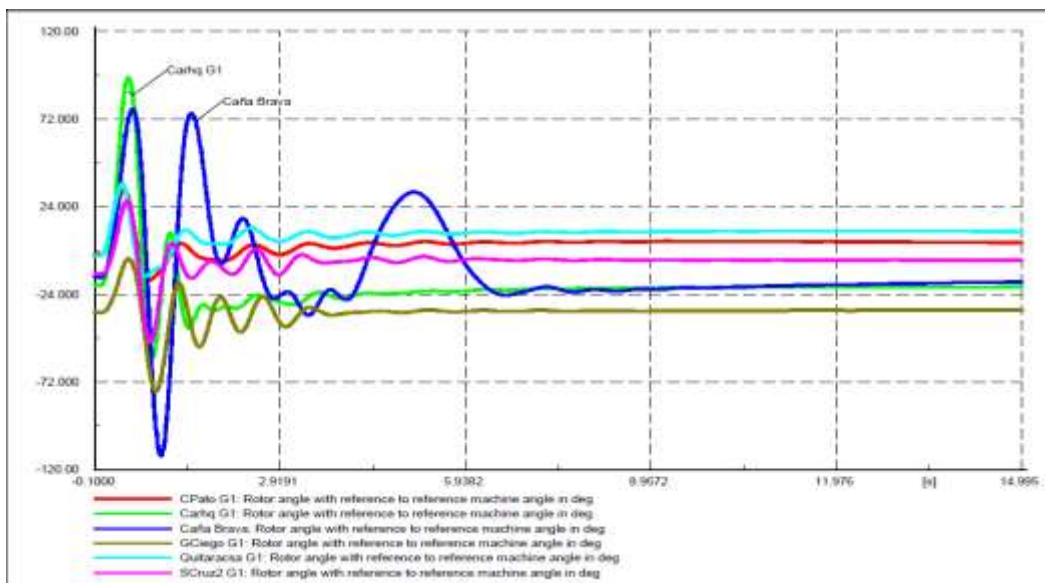


Figura 17. Gráfico tiempo crítico de despeje de falla

34. Diseñar un sistema de protección eléctrica para el transformador de poder 40MVA/220/22.9/10 KV.

El transformador de potencia destinado para la Se Pampa Honda es trifásico y cuenta con las siguientes características.

Tabla 12. Graficas que simulan el comportamiento de las Generadoras para el evento 1

Equipo:	Transformador de Potencia
Potencia:	30-40/30-40/10-12 MVA ONAN-ONAF
Relac. Tensiones:	220+5-15x1%/22.9/10 kV
Vcc X12	15.95% en base 40 MVA (11.97% en base 30MVA)
Vcc X13	6.98% en base 12 MVA
Vcc X23	1.53% en base 12 MVA
Grupo de conexión:	YN0yn0d5

Fuente: Elaboración Propia

Relación de transformación de los transformadores de corriente de los bushing de alta del transformador de potencia son:

Tabla 13. Características del transformador de corrientes ubicados en el bushing del transformador

Lado 220 kV:	250-500/1 (5P20)
Lado 220 kV neutral:	1000/1 (5P20)
Lado 22,9 kV:	1500/1 (5P20)
Lado 22.9 kV neutral:	No tiene: Nota: Mas si tiene un transformador toroide externo 100/1 (5P20)
Lado 10 kV:	100/1-1 (5P20) (C1. 0.2)

Fuente: Elaboración Propia

Las corrientes del lado 220/22,9/10 kV son:

Tabla 14. Gráficas que simulan el comportamiento de las Generadoras para el evento 1

Corriente lado 220 kV:	104.97 A.
Corriente lado 22.9 kV:	1009.7 A.
Corriente lado 10 KV:	593,6 A.

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene la corriente de la siguiente manera:

$$I = \frac{MVA}{V_n} / \sqrt{3}$$

Dónde:

$$MVA = 40$$

$$V_n = 220$$

$$\sqrt{3} = 1.732$$

Para determinar los relés que deberán estar en el sistema de protección se deben realizar los ajustes necesarios en las principales funciones del relé así se tiene:

3.4.1 Cálculo del Relé SEL487E

a) Ajustes Globales

Los relés generan diferentes reportes (reporte de eventos, reporte de medidas, etc.), dichos reportes serán etiquetados con los siguientes ajustes para que su ubicación en la subestación pueda ser identificada fácilmente:

Tabla 152. Ajustes globales para el relé.

Tipo	Descripción	Selección
SID	Identificador de estación	Pampa Honda
RID	Identificador de relé	PTI *
NFREQ	Frecuencia del sistema	60
PHROT	Rotación de fase del sistema	ABC
* Identificar el transformador, el tipo de relé o el tipo de esquema de protección seleccionado.		

Fuente: Elaboración Propia

b) Grupo 1 – Configuración del relé

Tabla 16. Configuración del grupo 1 para el relé

Tipo	Descripción	Selección	
ECTTERM	Habilite los siguientes terminales actuales	S	500KV lado línea
		T	500KV lado neutro
		W	lado tierra reactor neutro
EPTTERM	Habilite los siguientes terminales de voltaje	V	lado línea 500 KV
E87	Incluya los siguientes terminales en el elemento diferencial	S	lado 220kV
		T	lado 22.9kV
		U	lado 10KV
EREF	Habilite el siguiente número de elementos de falla a tierra restringidos	2	220KV
			22.9 KV
E50	Habilitar elementos de sobrecorriente de tiempo definido	S	Sobrecorriente instantáneo/tiempo definido
E51	Elementos de O / C de tiempo inverso	3	Sobrecorriente de fases y tierra en 220 KV
EPCAL	Habilitar la protección contra fallas del interruptor	S	
E46	Habilitar elementos de desequilibrio actuales	OFF	No se habilitaran
E59	Habilitar elementos de sobretensión	N	
E27	Habilitar elementos de bajo voltaje	N	
E81	Habilitar los elementos de frecuencia superior / inferior	N	
E25	Habilitar comprobación de sincronismo	OFF	

Fuente: Elaboración Propia

c) Grupo 1 – Datos de corriente del transformador

Tabla 17. Configuración del grupo 1 para las corrientes del transformador

Tipo	Descripción	Selección
CTRS	Relación de transformador de corriente para terminal S	250
CTCONS	Conexión del transformador de corriente para terminal S	Y
CTRT	Relación de transformador de corriente para terminal T	1500
CTCONT	Conexión del transformador de corriente para terminal T	Y
CTRU	Relación de transformador de corriente para terminal U	1000
CTCONU	Conexión de transformador de corriente para terminal U	Y
CTRY1	Relación de transformador de corriente para terminal Y, canal 1	100
CTRY2	Relación de transformador de corriente para terminal Y, canal 2	100

Fuente: Elaboración Propia

d) Grupo 1 – Datos de Potencia del Transformador

Tabla 18. Configuración del grupo 1 para potencia del transformador

Tipo	Descripción	Selección
PTRV	Relación potencial de transformador para terminal V	2200
PTCONV	Conexión potencial del transformador para el terminal V	Y
PTCOMP V	Ángulo potencial de compensación del transformador para el terminal V	0
VNOMV	Potencial de transformador Voltaje nominal de línea a línea para terminal V	100
PTRZ	Relación potencial de transformador para terminal Z	110
PTCONZ	Conexión potencial del transformador para la terminal Z	Y
PTCOMP Z	Ángulo potencial de compensación del transformador para el terminal Z	0
VNOMZ	Potencial de tensión nominal de transformador línea a línea para terminal Z	100

Fuente: Elaboración Propia

e) Grupo 1 - Selección del terminal de referencia de voltaje

Tabla 19. Configuración grupo 1 para la selección del terminal de referencia de voltaje

Tipo	Descripción	Selección
VREFS	Seleccione la referencia de voltaje para el terminal S	V
VREFT	Seleccione la referencia de voltaje para el terminal T	OFF
VREFW	Seleccione la referencia de voltaje para el terminal W	OFF

Fuente: Elaboración Propia

f) Grupo 1 - Configuración de elementos diferenciales y datos

Tabla 20. Configuración de elementos diferenciales para el grupo 1

Tipo	Descripción	Selección
E87TS	Incluir terminal S en el elemento diferencial	1
E87TT	Incluir terminal T en el elemento diferencial	1
E87TU	Incluir terminal U en el elemento diferencial	1
ICOM	Matriz de conexión CT interna	Y
TSCTC	Terminal S CT Compensación de conexión	12
TT CTC	Terminal T CT Compensación de conexión	12
TU CTC	Terminal U CT Compensación de conexión	5
MVA	Ingrese la clasificación máxima de MVA del transformador	40
VTERMS	Terminal S tensión umbral de línea	220
VTERMT	Terminal T tensión umbral de línea	22.9
VTERMU	Terminal U tensión umbral de línea	10

Fuente: Elaboración Propia

Se calculan los TPA para S, T, U

$$TAP(S, R, T) = \frac{1000 \text{ MVA}}{VETRM(S, R, T) \quad CTR(S, R, T) \sqrt{3}}$$

Tabla 21. Corriente en los TAP del transformador.

Tipo	Descripción	Selección
TAPS	Corriente del tap en el terminal S	0.42
TAPT	Corriente del tap en el terminal T	0.67
TAPU	Corriente del tap en el terminal R	2.31

Fuente: Elaboración Propia

- **Corriente de funcionamiento del elemento diferencial Pickup**

Este ajuste define la mínima corriente diferencial requerida para la operación de la función diferencial, el ajuste debe set al que evite la operación indeseada por error en los TCs o por la corriente de excitación del transformador. El fabricante recomienda que:

$$087 \geq \frac{0.1 \text{ Inom}}{TAP_{\text{mínimo}}}$$

El elemento $087P = 0.30$ para prevenir falsos disparos por errores de medición

- **Slope 1 Setting: SLP1 = 30**

Este ajuste define la pendiente inicial de la característica de operación, estos ajustes deben considerar los errores de todos los componentes del sistema de protección, es decir:

Tabla 22. Errores asumidos para la selección del Slope

Tipo	Descripción	Selección
e	Transformadores de corriente	0.05
	±5%	
a	Taps de los transformadores	0.175
	2.5%/-17.5%	
Parcial	$(2e+a+ea)100/(1+a)$	0.24
r	Relé	0.05
	±5%	
t	Excitación en el transformador	0.02
	±2%	
Total	Parcial + r + t	0.31

Fuente: Elaboración Propia

Para el modelo del relé SEL-487E se debe de considerar el factor de 2 para calcular el slope, por lo que será de 15.5 pero se recomienda que se tome por seguridad por lo menos 30%.

- **Slope 2 Setting: SLP2 = 60**

Elegimos la opción de doble pendiente para la máxima sensibilidad de fallas y mayor margen de saturación de los transformadores de corriente. La segunda pendiente debe estar ajustada entre el 50% y 75%, ajustamos la pendiente en 60%.

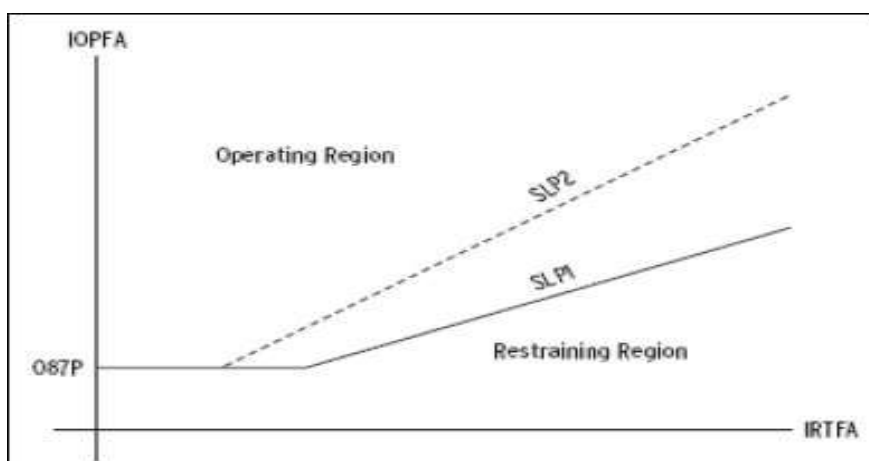


Figura 18. Características de operación para el 87T.

- **IdUnre: 20.00**

Este ajuste delimita la zona en la característica de la protección diferencial que no está condicionada a elementos de supervisión, es decir, en este nivel el relé actúa como un relé con respuesta instantánea cuando las corrientes de fallas son pasantes y muy altas. Se propone ajustar por seguridad en 20.0 p.u.

- **Second-Harmonic Percentage: PCT2 = 12**

En transformadores de potencia, la componente de la segunda armónica en corriente de energización alcanza valores hasta 30% de la corriente a frecuencia nominal. Un ajuste de 12% proporciona un buen margen de seguridad.

- **Fourth-Harmonic Percentage: PCT4 = OFF**

Dependiendo del punto de onda donde cierre el interruptor al momento de energizar el transformador, puede ocurrir la presencia de corrientes DC. No se habilita este bloqueo.

- **Fifth-Harmonic Percentage: PCT5 = 15**

El relé diferencial SEL-487E también cuenta con una protección diferencial de secuencia negativa, en nuestro caso seleccionamos los ajustes recomendados por el fabricante

Otros factores que se deben tener en cuenta para la configurar la protección será:

Tabla 23. Otros factores de configuración para los elementos diferenciales

Tipo	Descripción	Selección
DIOP R	Recolección actual de operación incremental	1.2
DIRTR	Recogida de corriente de restricción incremental	1.2
E87H B	Habilitar elemento diferencial de bloqueo armónico	Y
E87H R	Habilitar elemento diferencial de restricción armónica	Y
TH5P	Umbral de alarma del quinto armónico	OFF
87QP	Corriente de funcionamiento del elemento diferencial de secuencia negativa	0.3
SLPQ 1	Pendiente diferencial de secuencia negativa	35
87QD	Retraso del elemento diferencial de secuencia negativa	10

Fuente: Elaboración Propia

Grupo 1 - Elementos de voltios por hertz

Cuando un transformador de potencia opera con una tensión por encima de la nominal y una frecuencia muy baja, su núcleo trabaja sobreexcitado. Una sobreexcitación no es un defecto del transformador, pero si una condición anormal del sistema eléctrico de potencia. Durante una sobreexcitación se presenta un aumento drástico de la corriente de excitación con un alto contenido de corriente armónica de 5to orden, a la vez que se producen calentamientos excesivos en el transformador.

Tabla 24. Configuración de elementos de voltios por Hertz

Tipo	Descripción	Selección
24VSRC	Fuente de voltaje para cálculo de V / Hz	V
24D1P (%)	Recolección de nivel 1 V / Hz	110
24D1D (s)	Nivel 1 de retraso de tiempo	10
24TC	Control de par para voltios / elemento de hercios	1
24CCS	Seleccionar curva compuesta de nivel 2	OFF

Fuente: Elaboración Propia

g) Grupo 1 - Configuración de relé - Sobre corriente instantánea

Acá se dan los ajustes para la etapa de sobre corriente instantánea fases a fase lado 220KV

Tabla 25. Configuración del relé para sobre corrientes instantáneas

Tipo	Descripción	Selección
E50S	Habilitado el tipo de elementos de sobre corriente para la terminal S	P
E67S	Elementos direccionales habilitados	N
50SP1P	Captura de sobre corriente instantánea de fase Nivel 1 (amp sec)	*6.00 (1500 A prim)
67SP1TC	Fase de sobre corriente instantánea Nivel 1 Control de par	1
67SP1D	Retardo instantáneo de nivel 1 de sobre intensidad de fase (cyc)	6
* Se elige ajustar en una etapa de tiempo definido para una corriente superior a 1500 amperios primarios, que referido a la IB es $1500 / 250 = 6.00$		

Fuente: Elaboración Propia

h) Grupo 1 - Configuración de relé - Sobre corriente de tiempo inverso

A continuación, se define el umbral para la protección de sobre corriente fases con curva de operación de tiempo inverso. En este caso no es necesario que sea direccional.

Tabla 26. Configuración del relé para sobre corrientes de tiempo inverso.

Elemento	Tipo	Descripción	Selección
1	51O01	Cantidad de funcionamiento	IMAXSF
	51P01	Captura de sobre corriente (amp sec)	*0.60 (150 A prim)
	51C01	Inv - Tiempo O / C Curva	C1
	51TD01	Inv - Hora Marcación horaria O / C	0.15
	51RS01	Inv - Tiempo O / C EM Reset	N
	51TC01	Inv - Control de par de tiempo O / C	1
	*Se elige ajustar en 130% de la corriente nominal ONAF2 del transformador $1.3 \times 105 = 136.5$, elegimos 150 amperios primarios, que referido a la IB es $150 / 250 = 0.60$		
2	51O02	Cantidad de funcionamiento	IMAXTF
	51P02	Captura de sobre corriente (amp sec)	*0.87 (1305 A prim)
	51C02	Inv - Tiempo O / C Curva	C2
	51TD02	Inv - Hora Marcación horaria O / C	0.1
	51RS02	Inv - Tiempo O / C EM Reset	N
	51TC02	Inv - Control de par de tiempo O / C	1
	*Se elige ajustar en 130% de la corriente nominal ONAF2 del transformador $1.3 \times 1009 = 1311$ aprox., elegimos 1300 que referido a la IB es $1300 / 1500 = 0.87$ IB		
3	51O03	Cantidad de funcionamiento	IMAXUF
	51P03	Captura de sobrecorriente (amp sec)	*51P03= 0.90 (900 A prim)
	51C03	Inv - Tiempo O / C Curva	C3
	51TD03	Inv - Hora Marcación horaria O / C	0.53
	51RS03	Inv - Tiempo O / C EM Reset	N
	51TC03	Inv - Control de par de tiempo O / C	1
	*Se elige ajustar en 130% de la corriente nominal ONAF2 del transformador $1.3 \times 694 = 902$ aprox., elegimos 900, que referido a la IB es $900 / 1000 = 0.9$ IB		

Fuente: Elaboración Propia

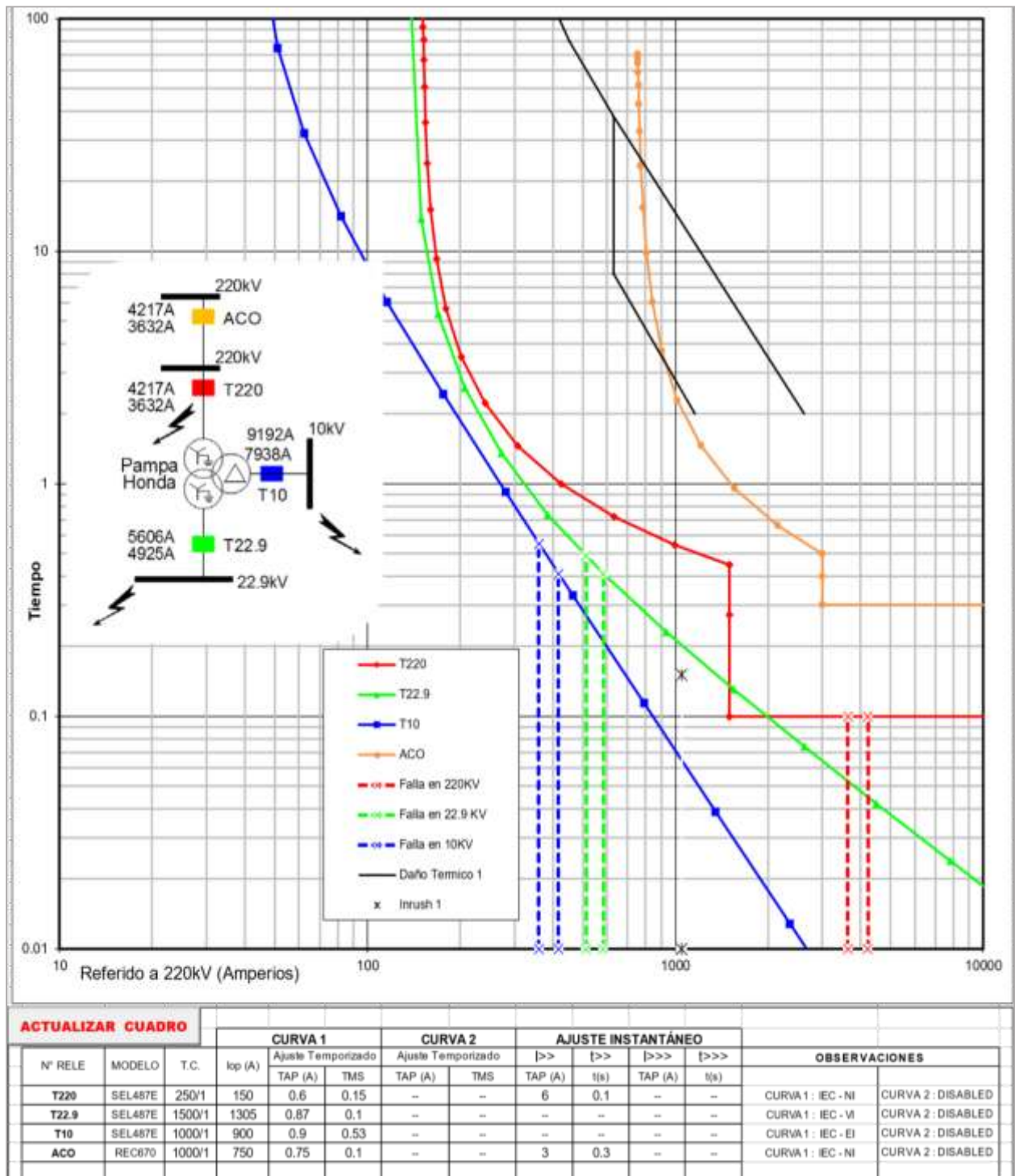


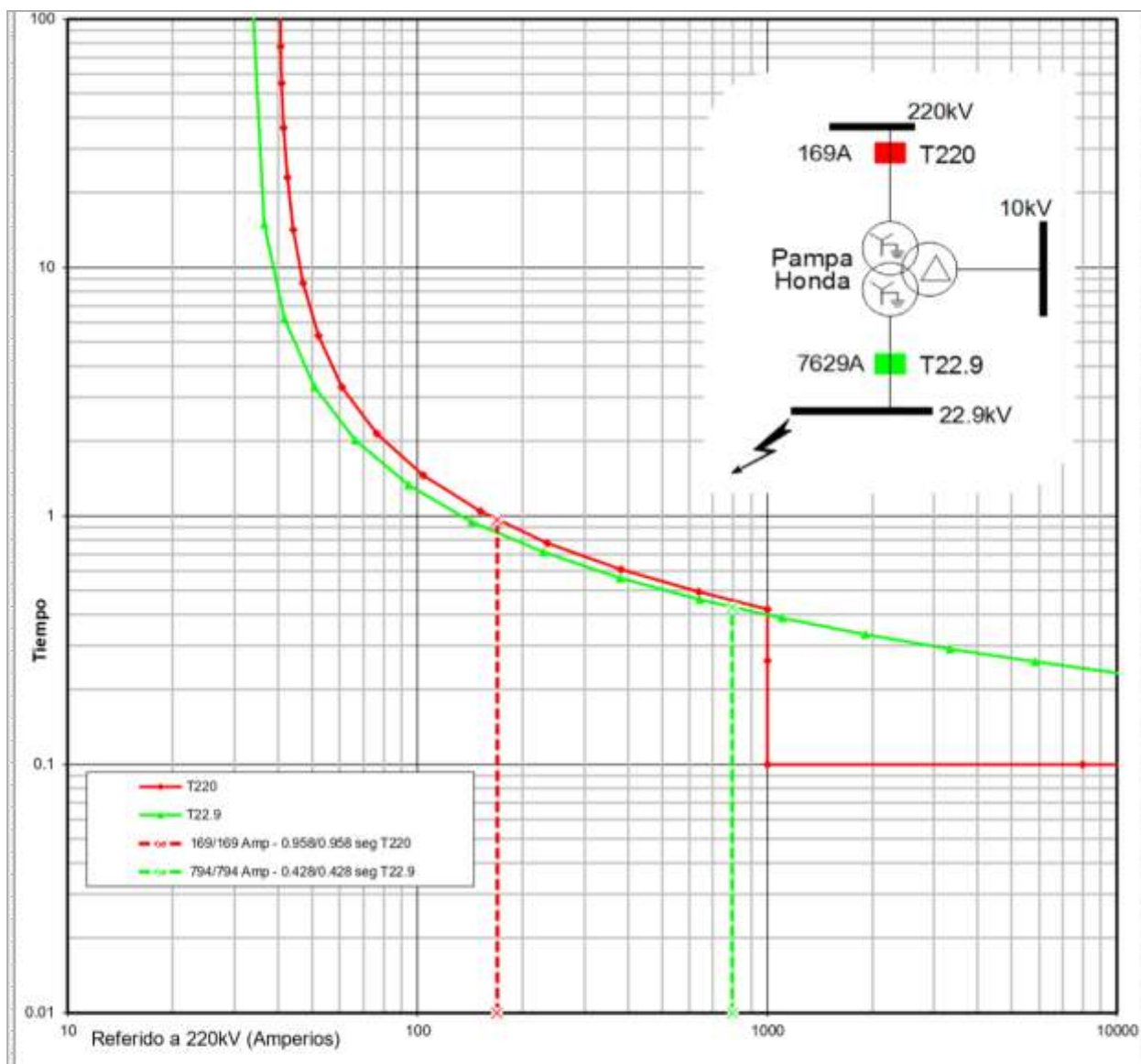
Figura 19. Protecciones de sobre corrientes entre fases propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 kV para fallas en 220 kV, 22.9 kV y 10 kV

Definición del umbral para protección de sobre corriente a tierra con curva de operación de tiempo inverso en segunda etapa.

Tabla 27. Condiciones para el segundo umbral de protección a tierra

Elemento	Tipo	Descripción	Selección
1	REFRF1	Cantidad de restricción REF	S
	REF50G1	Recolección actual residual REF (p.u.)	0.40 (40 A prim)
	TCREF1	Control de par REF	1
	REF50P1	REF Operación Actual Corriente instantánea Sobrecorriente 1 Pickup (A sec)	*10
	REF50D1	Retardo de tiempo de sobrecorriente instantánea REF (cyc): REF50D1	**6
	REF51P1	Retardo de tiempo de sobrecorriente instantánea REF (cyc)	***0.4
	REF51C1	REF Curva de sobrecorriente de tiempo inverso	C1
	RF51TD1	Dial de tiempo de sobrecorriente de tiempo inverso de REF	0.2
	RF51RS1	REF Reinicio electromecánico de sobrecorriente de tiempo inverso	N
	RF51TC1	REF Tiempo de sobrecorriente inversa Elemento 1 Ecuación de control de torque	1
	*Se elige ajustar en una etapa de tiempo definido para una corriente superior a 1000 amperios primarios, que referido es $1000 / 100 = 10$ A sec		
**Temporizamos en 100 ms para la característica de tiempo definido que equivale a 6 ciclos			
***Se elige ajustar en 40% de la corriente nominal ONAF2 del transformador $0.4 \times 105 = 42$, elegimos 40 amperios primarios, que referido es $40 / 100 = 0.40$			
2	REFRF2	Cantidad de restricción REF	T
	REF50G2	Recolección actual residual REF (p.u.)	3.00 (300 A prim)
	TCREF2	Control de par REF	1
	REF50P2	REF Operación Actual Corriente instantánea Sobrecorriente 1 Pickup (A sec)	OFF
	REF50D2	Retardo de tiempo de sobrecorriente instantánea REF (cyc): REF50D1	*3.2
	REF51P2	Retardo de tiempo de sobrecorriente instantánea REF (cyc)	C1
	REF51C2	REF Curva de sobrecorriente de tiempo inverso	0.2
	RF51TD2	Dial de tiempo de sobrecorriente de tiempo inverso de REF	N
	RF51RS2	REF Reinicio electromecánico de sobrecorriente de tiempo inverso	1
	RF51TC2	REF Tiempo de sobrecorriente inversa Elemento 1 Ecuación de control de torque	
*Se elige ajustar en 32% de la corriente nominal ONAF2 del transformador $0.32 \times 1009 = 322.88$ aprox., elegimos 320 que referido es $320 / 100 = 3.20$ (320 A prim)			

Fuente: Elaboración Propia



ACTUALIZAR CUADRO			CURVA 1		CURVA 2		AJUSTE INSTANTÁNEO				OBSERVACIONES		
N° RELE	MODELO	T.C.	Ip (A)	Ajuste Temporizado		Ajuste Temporizado		>>	[>>	[>>>	[>>>>		
				TAP (A)	TMS	TAP (A)	TMS	TAP (A)	t(s)	TAP (A)	t(s)		
T220	SEL467E	100V1	40	0.4	0.2	--	--	10	0.1	--	--	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED
T22.9	SEL467E	100V1	320	3.2	0.2	--	--	--	--	--	--	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED

Figura 20. Curva de protección de sobre corrientes a tierra propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10KV para fallas en 22.9KV

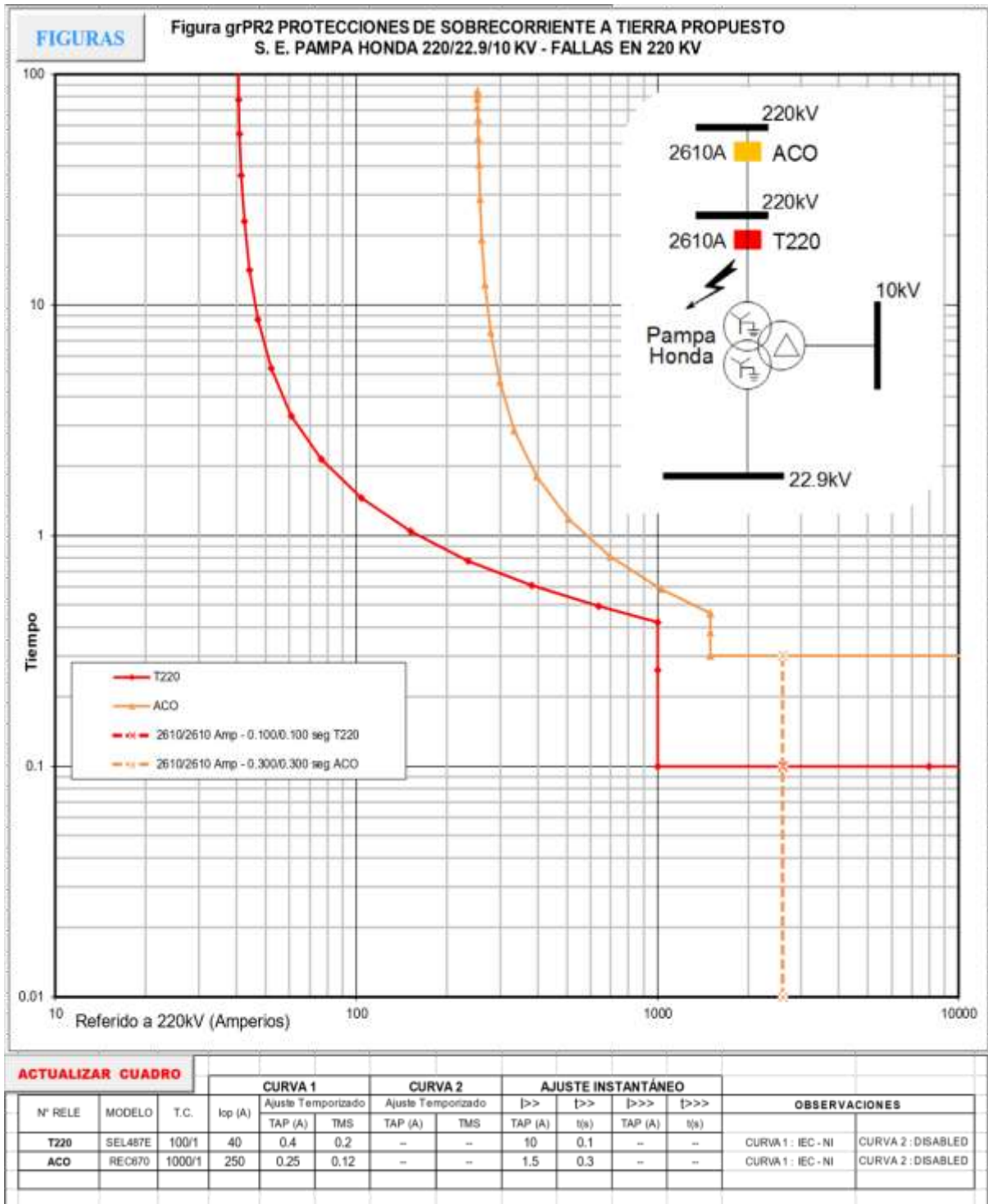


Figura 21. Curva de protección de sobrecorrientes a tierra propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 KV para fallas en 220 KV

3.4.2 Calculo del Relé Pcs-9611 (220kv)

Realizar los ajustes necesarios en las principales funciones del relé así se tiene:

Los ajustes que se deben tener en cuenta para las principales funciones del relé son:

a) Configuración del sistema

Tabla 28. Selección para configuración del sistema.

Tipo	Descripción	Selección
Active_Grp	Grupo de ajustes	1
Op_SysFreq	Frecuencia de red	1 (60Hz)
Primary Equip_Name	Equipo primario	Tranf 220KV
Prot.I1n	Corriente nominal primaria del CT para fases (250/1)	250A
Prot.I2n	Corriente nominal secundaria del CT para fases (250/1)	1A
Neu1.I1n	Corriente nominal primaria del CT para neutral2 (100/1)	100A
Neu2.I2n	Corriente nominal secundaria del CT para neutral2 (100/1)	1A
SEF1.I1n	Corriente nominal primaria del CT para tierra (100/1)	100A
SEF1.I2n	Corriente nominal secundaria del CT para tierra (100/1)	1A

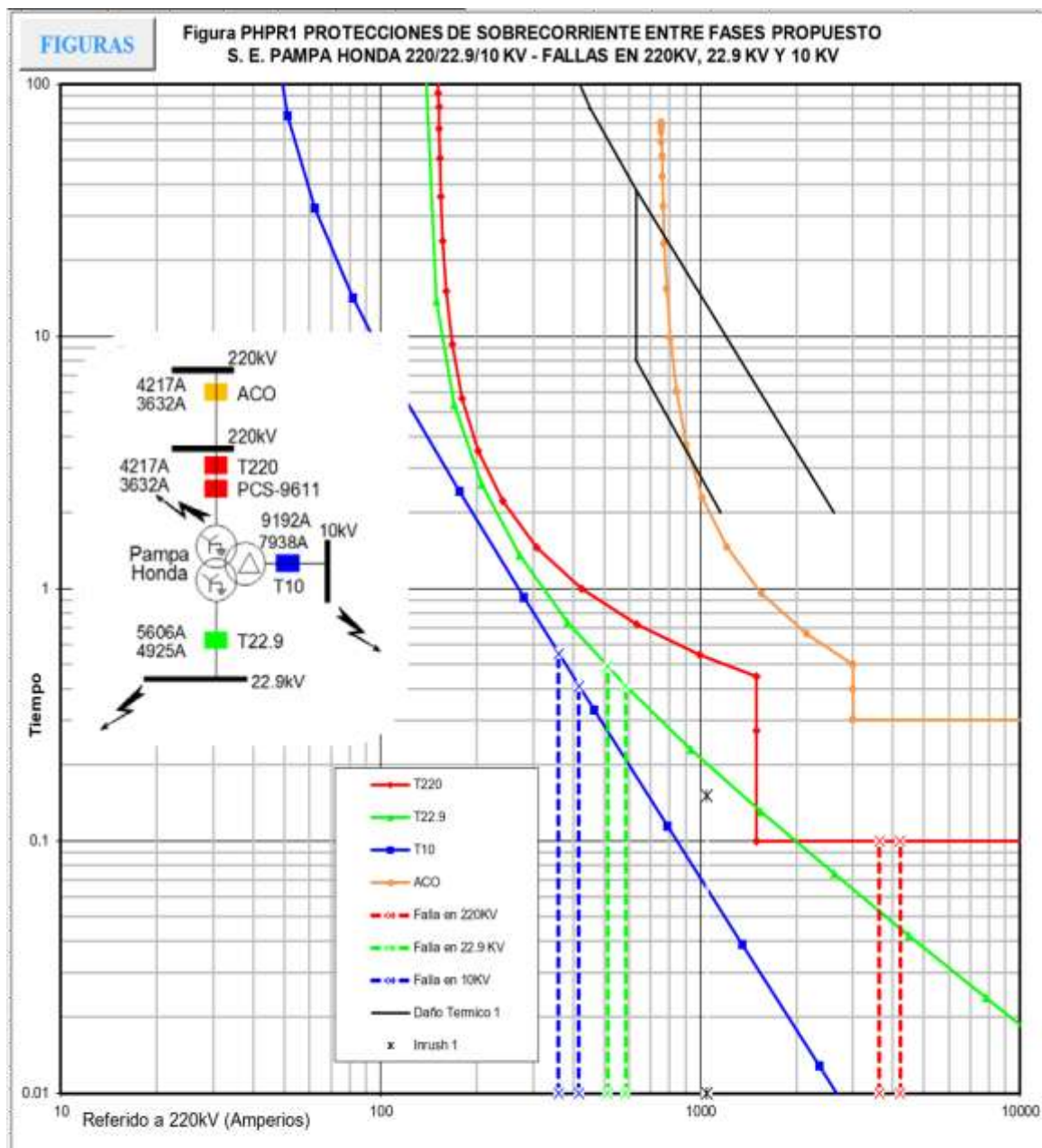
Fuente: Elaboración Propia.

b) Configuraciones de protección

Tabla 29. Valores a considerarse para la protección.

Tipo	Descripción	Selección
50/51P1.I_Set	Arranque de sobre corriente de la etapa 1	6.00 In (1500 Amp Prim)
50/51P1.t_Op	Temporización para la etapa 1 de sobre corriente	0.10 seg
50/51P3.I_Set	Arranque de sobre corriente de la etapa 3	0.60 In (150 Amp Prim)
50/51P3.t_Op	Temporización para la etapa 3 de sobre corriente	1
50/51P3.Opt_curve	Selección del tipo de curva para la etapa 3	1
50/51P3.TMS	Ajustes K para las curvas de sobre corriente de curva inversa de la etapa 3	0.15

Fuente: Elaboración Propia.



ACTUALIZAR CUADRO

N° RELE	MODELO	T.C.	Iop (A)	CURVA 1		CURVA 2		AJUSTE INSTANTÁNEO				OBSERVACIONES	
				Ajuste Temporizado	Ajuste Temporizado	Ajuste Temporizado	Ajuste Temporizado	TAP (A)	t(s)	TAP (A)	t(s)		
T220	SEL487E	250/1	150	0.6	0.15	DISABLED	DISABLED	6	0.1	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED
T22.9	SEL487E	1500/1	1305	0.87	0.1	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - VI	CURVA 2 : DISABLED
T10	SEL487E	1000/1	900	0.9	0.53	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - EI	CURVA 2 : DISABLED
ACO	REC670	1000/1	750	0.75	0.1	DISABLED	DISABLED	3	0.3	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED
PCS-9611	PCS-9611	250/1	150	0.6	0.15	DISABLED	DISABLED	6	0.1	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED

Figura 22. Curva de protección de sobrecorrientes entre fases propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 kV para fallas en 220 kV, 22.9KV y 10KV

Los ajustes de sobre corriente de neutro son los siguientes:

Tabla 30. Ajustes de sobre corrientes de neutro

Tipo	Descripción	Selección
50/51G1.3I0_Set	Arranque de sobre corriente de la etapa 1	10.00 In (1000 Amp Prim)
50/51G1.t_Op	Temporización para la etapa 1 de sobre corriente de tierra	0.10 seg
50/51G3.3I0_Set = 0.40 In	Arranque de sobre corriente de la etapa 3	0.40 In (40 Amp Prim)
50/51G3.t_Op	Temporización para la etapa 3 de sobre corriente de tierra	1
50/51G3.Opt_curve	Selección del tipo de curva para la etapa 3, donde 1 indica curva Standard Inverse NI	1
50/51G3.TMS	Ajustes K para las curvas de sobre corriente de curva inversa de la etapa 3	0.2

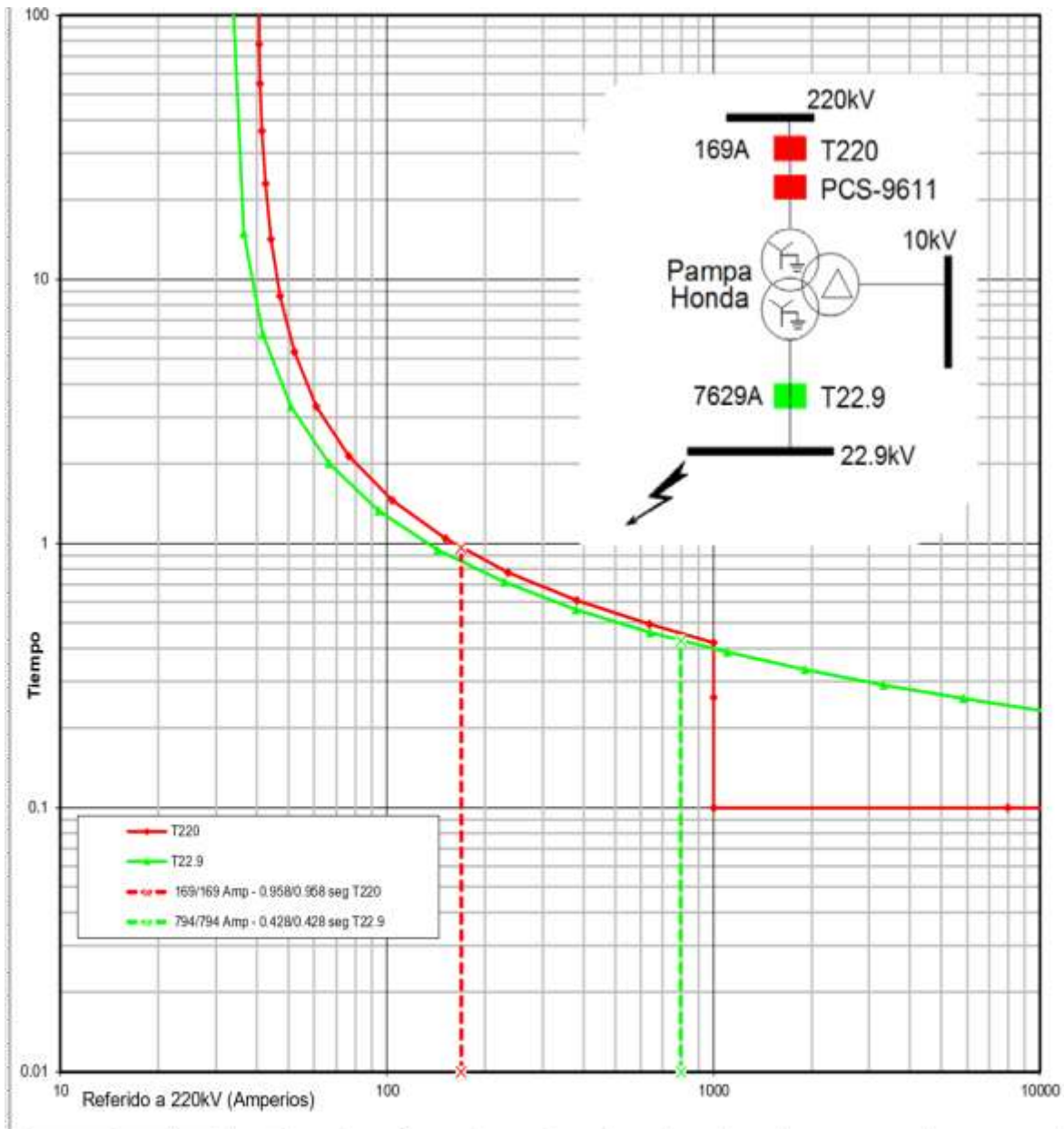
Fuente: Elaboración Propia

Los ajustes de sobre corriente de tierra sensitivo son los siguientes:

Tabla 31. Ajustes para sobre corrientes de tierra sensitivo

Tipo	Descripción	Selección
50/51SEF1.3I0_Set	Arranque de sobre corriente de la etapa 1	10.00 In (1000 Amp Prim)
50/51SEF1.t_Op	Temporización para la etapa 1 de sobre corriente de tierra sensitiva	1
50/51 SEF 3.3I0_Set	Arranque de sobre corriente de la etapa 3	0.40 In (40 Amp Prim)
50/51 SEF 3.t_Op	Temporización para la etapa 3 de sobre corriente de tierra sensitiva	1
50/51 SEF 3.Opt_curve	Selección del tipo de curva para la etapa 3, donde 1 indica curva Standard Inverse NI	1
50/51 SEF 3.TMS	justes K para las curvas de sobrecorriente de curva inversa de la etapa 3	0.2

Fuente: Elaboración Propia



ACTUALIZAR CUADRO													
N° RELE	MODELO	T.C.	Iop (A)	CURVA 1		CURVA 2		AJUSTE INSTANTÁNEO				OBSERVACIONES	
				Ajuste Temporizado		Ajuste Temporizado		>>	t>>	>>>	t>>>		
				TAP (A)	TMS	TAP (A)	TMS	TAP (A)	t(s)	TAP (A)	t(s)		
T220	SEL487E	100/1	40	0.4	0.2	DISABLED	DISABLED	10	0.1	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED
T22.9	SEL487E	100/1	320	3.2	0.2	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED
PCS-9611	PCS-9611	100/1	40	0.4	0.2	DISABLED	DISABLED	10	0.1	DISABLED	DISABLED	CURVA 1 : IEC - NI	CURVA 2 : DISABLED

Figura 23. Protecciones de sobre corrientes a tierra propuesto para la SE Pampa Honda 220/22.9/10 kV para fallas en 22.9kV

IV. DISCUSIÓN

Para el cálculo de los niveles de corriente de cortocircuito se realizó con el método, basado en el método de la superposición, previa evaluación de flujos de potencia, el método empleado te permite incluir otros parámetros eléctricos importantes para el cálculo.

Cabe remarcar que en las simulaciones de cortocircuito según el método completo las impedancias de las máquinas síncronas y de los motores de inducción no son reajustadas como en el caso de la norma ANSI y no se recalculan las contribuciones de máquinas síncronas y motores de inducción como es el caso de la norma IEC.

Para los tipos de falla considerados en los escenarios de máxima demanda en avenida se utilizan las reactancias su transitorias de los generadores síncronos y para los tipos de falla considerados en los escenarios de mínima demanda en estiaje se utilizan las reactancias transitorias de los generadores síncronos.

El objetivo del análisis a corto plazo es determinar los corrientes de cortocircuito en el área del proyecto que es la subestación Pampa Honda, Así mismo, en las otras subestaciones asociadas al proyecto.

Se toma en cuenta la topología de red establecida para el caso proyectado en el análisis de flujos de potencia.

Así como en la investigación de Jara Noriega se han consideraron los umbrales de las fluctuaciones del sistema completo al entrar en funcionamiento la Sub Estación de Pampa Honda esto determina como se comportara la red interconectada cuando la sub estación en conjunto con la proyección de obras que se pretenden realizar afectaran al flujo de carga en el sistema, se determinó que la sub estación no producirá alteraciones fuera de la normativa dentro del análisis se realizó en periodos de avenida y estiaje máximo, medio y mínimo.

A diferencia a la investigación de Meche Ccolque del 2015 no se efectuaron evaluadores de confiabilidad SAIDI y SAIFI para el alimentador que precede a la sub estación Pampa Honda pero si mediante el flujo de carga se puede asegurar que no habrá cortes o paradas por el ingreso de funcionamiento de la subestación si en el caso que pasara incidentes fuera del alcance del estudio una evaluación de mayor detalle a las protecciones establecidas podrán según el antecedente mejorar los indicadores de calidad.

La configuración que se utilizó o se propone para las protecciones de la subestación no consideran el sistema SCADA como en le investigación de Velasco Orejuela del 2016 pero los implementos seleccionado tienen la contribución en su tecnología para que se pueda implementar este tipo de sistema de control, la configuración que se le dio a los relés no afecta al sistema de seguridad.

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente proyecto son las siguientes:

- ✓ La investigación de la presente tesis se realizó en la subestación Pampa Honda en la que trabaja con niveles de voltaje de 220/22.9/10 kV, y la potencia de 40 MVA.
- ✓ Con la incorporación de la carga en la SE Pampa Honda de acuerdo a los resultados obtenidos, el flujo de potencia tanto en operación normal y contingencia demuestran que no afecta la operación normal del sistema interconectado, los voltajes se mantienen dentro de los parámetros permitidos.
- ✓ Para realizar los flujos de potencia se determinó en dos casos, uno como caso 0 cuando la línea está sin proyecto y el otro caso 1 cuando la línea ya cuenta con la sub estación conectada con carga,
- ✓ Para las obras de generación y transmisión proyectadas a futuro se elaboró el flujo de carga por medio del Software DigSilent en el cual se pudo determinar el aumento en un 37.7% y disminución hasta un 1.4% de la Cargabilidad de líneas en máxima demanda, para la mínima demanda se tienen un aumento del 29% y disminuye hasta el 1%. En cuanto a la Cargabilidad de los transformadores llega a aumentar hasta un 17.34% cuanto a máxima demandas, las caídas de tensión cumplen ya que se mantienen en barras con carga entre el 5% al -10% y para barra sin carga entre un 10% y un -15%.
- ✓ Las fallas que se analizaron fueron para cortocircuito trifásico, bifásico y monofásico se consideraron cuatro eventos, en el primero se considera la falla trifásica en la línea en 220 kV La Ramada – Pampa Honda, al 1% de la subestación La Ramada y en el segundo evento se consideró una falla trifásica en la línea en 220 kV La Ramada – Pampa Honda, al 1% de la subestación Pampa Honda, en este evento se obtienen tiempos críticos superiores a 1 segundo, para el tercer evento la falla que se considero fue una falla trifásica en la línea en 220 kV Pampa Honda – Cajamarca, al 1% de la subestación Pampa Honda donde se obtuvieron tiempos críticos menores a 1 segundo aun cuando la falla se mantiene por más de ese tiempo y por último en el cuarto evento se considero una falla trifásica en la línea en 220 kV Pampa Honda – Cajamarca, al 1% de la subestación Cajamarca Norte hallando tiempos críticos de 318 ms.
- ✓ Según las características que se requieren en la subestación se determinaron dos tipos de relés para el principal y secundario del transformador, se utilizara el relé

SEL487E (87T, 50/51, 50N/51N, 59/27, 49, 50BF) y para el relé secundario del transformador se utilizara PCS-9611 (50/51, 50N/51N) los cuales cumplen con los requisitos que solicita el COES.

- ✓ Los ajustes y calibraciones propuestos en la presente investigación son válidos y aceptables para la puesta en servicio del transformador de potencia de 40/30 MVA Se Pampa Honda.
- ✓ Las selecciones de los elementos de protección para la presente investigación cuentan con la tecnología de última generación por los cuales permitirán envío de señales por fibra óptica todos los parámetros en tiempo real a centro de control remoto.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- ✓ Mayores detalles pueden ayudar a tener una visión mucho más específica de lo que se quiere lograr con esta investigación, aunque las que se muestran son las necesarias para desarrollarla.
- ✓ Mantener la base de datos de obras en ampliación para generación y transmisión es de gran ayuda para el cálculo de este tipo de sistemas así que se debe enviar información de proyecto de este tipo antes de cualquier ampliación.
- ✓ Generar más eventos para tener un panorama más amplio de las fallas que podrían presentarse y poder definir a mayor precisión como proteger a la subestación.
- ✓ El SVC de la SE Cajamarca en cuanto a entrega de sus reactivos se encuentra dentro de sus límites permitidos. Por lo cual, no se recomienda instalar reactor de barras en SE Pampa Honda.
- ✓ Se recomienda realizar nuevos estudios de coordinación de protección para la implementación de bancos de batería en SE-Sahuindo 22.9 kV.
- ✓ Se recomienda la operación desatendida de la SE Pampa Honda ya que cuenta con equipos de protección y control con tecnología capaces de ser monitoreado remotamente desde centro de control Lima.
- ✓ Se recomienda integrar todas las señales de control y mando de protecciones a sistema SCADA nivel2 y nivel 3.

VII. REFERENCIAS.

Baca Cussi, Cecilia del Pilar y Loyaga Valdeiglesias, Silvino Roy. 2016. *Estudio de Mejoramiento de la Confiabilidad de los Alimentadores en Media Tensión Tintaya 01, en la Provincia de Espinar.* Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco : s.n., 2016. pág. 341, Tesis Pregrado.

Bartures Culqui, Segundo Roger y Cayaca Cajusol, Jose German. 2016. *Propuesta técnica, económica para el mantenimiento predictivo y preventivo de redes de distribución de 10KV/22.9 KV/34.5KV energizadas del alimentador C-212 con un nivel de tensión de 22.9KV del tramo Chiclayo-Monsefu 2015.* Facultad de Ingeniería: Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad César Vallejo. Trujillo : s.n., 2016. pág. 88, Tesis pregrado.

Cañar Olmedo, Santiago Patricio. 2007. *Calculo detallado de Perdidas en Sistemas Eléctricos de Distribución Aplicado al Alimentador "Universidad" Perteneciente a la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte SA.* Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional . Quito : s.n., 2007. pág. 234, Tesis.

Castillo Abad, Edwin Rolando y Perez Ayala, Angel Fernando. 2012. *Diseño de una metodología para la reducción y control de pérdidas de energía utilizando índices sectorizados de pérdidas en alimentadores primarios para CNEL S.A. regional El Oro.* Universidad de Cuenca. Cuenca : s.n., 2012. pág. 204, Tesis.

Cruz Escobar, Roxana, Murrieta Vasquez, Melissa y Torres Olaya, Angel Guido. 2015. *Caracterización del diseño e implementación de la nueva Subestación de Transmisión Zapallal (Huarangal) 220/60 KV de la empresa Edelnor S.A.A.* Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional del Callao. Callao - Perú : s.n., 2015. pág. 59, Tesis Pregrado.

—. **2015.** *Caracterización del diseño e implementación de la nueva Subestación de Transmisión Zapallal (Huarangal) 220/60 KV de la empresa Edelnor S.A.A.* Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional del Callao. Callao : s.n., 2015. pág. 59, Tesis Pregrado.

ElectroInsutria. 2015. *TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS - UN EQUIPO ESCENCIAL DE CUALQUIER SISTEMA ELÉCTRICO.* [Revista Electrónica] Colombia : s.n., Abril de 2015.

Energia & Negocios. 2019. ABB en Perú lanzó el nuevo relé de protección todo en uno: REX 640. [En línea] 24 de enero de 2019. [Citado el: 14 de junio de 2019.]

<https://revistaenergiaynegocios.com/2019/01/24/abb-en-peru-lanzo-el-nuevo-rele-de-proteccion-todo-en-uno-rex-640/>.

Herrera Dominguez, Mike Alex. 2015. *Estudio de Coordinacion de las Protecciones para Mejorar la Selectividad en el Alimentadores de Media Tension TSU-16 de Hidrandina SA, La Libertad 2015.* Facultad de Ingenieria: Escuela Academico Profesional de Ingenieria Mecanica Electrica, Universidad Cesar Vallejo. Trujillo : s.n., 2015. pág. 100, Tesis pregrado.

Jara Noriega, Jhon. 2015. *Optimización de la Protección Eléctrica de la Subestación Tierra Colorada.* Ingenieria Mecanica Electrica, Universidad de Piura. Piura : s.n., 2015. pág. 155, Tesis Pregrado.

Juarez Cervantes, Jose Dolores. 1995. *Sistemas de distribucion de energia electrica.* Mexico : Sans Serif Editores, 1995. pág. 170. 970-620-734-1.

Maldonado Carvajal, Jonthan Paul y Mena Altamirano, Vanessa Estefania. 2017. *Diseño y construccion de un transformador trifasico para control de voltaje en el laboratorio de sistemas electricos de potencia.* Facultad de Ingenieria Electrica y Electronica, Escuela Politecnica Nacional. Quito : s.n., 2017. pág. 173, Tesis Pregrado.

Meche Ccolque, Marco Antonio y Vargas Velasquez, Willy Ferrer. 2015. *Ampliacion del sistema electrico y mejoramiento de la confiabilidad del alimentador SM-03, Vilcabamba, La Convencion - Cusco.* Facultad de Ingenieria Electrica, Electronica, Mecanica y Minas: Carrera Profesional de Ingenieria Electrica, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco : s.n., 2015. pág. 256, Tesis Pregrado.

Meche Ccolque, Marco Antonio y Vargas Velsquez, Willy Ferrer. 2015. *Ampliación del sistema eléctrico y mejoramiento de la confiabilidad el alimentador SM-03, Vilcabamba, La Convención – Cusco.* Carrera de Ingenieria Electrica, Universidad Nacional de San Antonio. Cusco : s.n., 2015. pág. 256, Tesis de Pregrado.

Naranjo Yepez, Aurelio Andres, Feraud Lopez, Miguel Alfonso y Villacrez Salazar, Raul Javier. 2015. *Diseño y construccion de un modulo para proteccion diferencial de transformadores.* Carrera de Ingenieria Electrica, Universidad Politecnica Salasiana. Guayaquil : s.n., 2015. pág. 240, Tesis Pregrado.

OSINERMINING. 2016. *La Industria de la electricidad en el Peru: 25 años de aportes al crecimiento economico del pais.* [ed.] Grafica Biblos SA. Primera. Lima : s.n., 2016. pág. 178. 978-612-47350-0-4.

Preciado Mite, Gustavo Jonathan y Rodas Herrera, Jesus Alejandro. 2015. *Diseño para la construccion de los transformadores de distribucion monofasicos tipo tanque.* Facultad de Ingenieria Electrica, Universidad Politecnica Salesiana. Guayaquil : s.n., 2015. pág. 210, Tesis Pregrado.

Protecciones Electricas de la Subestacion Cayo Santa Maria. **Bravo de las Casas, Marta Elena, y otros. 2018.** 3, Cujae : s.n., Septiembre/Diciembre de 2018, Revista de Ingenieria Energetica, Vol. 39, págs. 213-222. 1815-5901.

Rodriguez Sanchez, Oscar Paul. 2014. *Coordinación de protección del sistema de subtransmisión de la EESA para el caso de transferencia de carga entre las subestaciones Ambato y Totoras-Transelectric.* Facultad de Ingenieria Electrica y Electronica, Escuela Politecnica Nacional. Quito : s.n., 2014. pág. 172, Tesis de Pregrado.

Schneider Electric. 2016. *Protección del sistema eléctrico de media tensión.* [En línea] 7 de Noviembre de 2016. [Citado el: 15 de Julio de 2019.] Protección del sistema eléctrico de media tensión.

Velasco Orejuela, Marcos Francisco. 2016. *Estudio para la protección de la subestación Cumbaratza de la EERSSA utilizando protocolos de comunicación mixtos DNP3.3 e IEC61850 (GOOSE).* Departamento de Postgrado, Universidad de Cuenca. Cuenca : s.n., 2016. pág. 145, Tesis de Maestria.

ANEXOS

Anexo N° 01: Ubicación del proyecto subestación Pampa Honda (UTM-WGS 84)

Coordenadas de la SE Pampa Honda 220 kV

Vértice	UTM-WGS 84	
	Este	Norte
S1	806270.157	9152564.745
S2	806358.310	9152657.705
S3	806400.946	9152663.289
S4	806571.833	9152501.240
S5	806460.707	9152384.052

Localización geográfica del proyecto




Foto satelital de la ubicación del proyecto



Anexo N°02: Características técnicas del transformador y ternas

Foto de placa del transformador de potencia que se colocara en SE Pampa



WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A.
TRANSFORMADORES
 BLUMENAU-SC CNPJ 07.175.725/0014-84
TRANSFORMADOR REGULADOR TRIFASICO

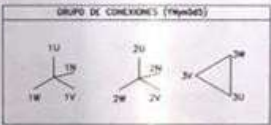
N° DE SERIE: 1034276919 TPO: 13952753 NOMINA: REC 40078

FASES: 3 FRECUENCIA: 60 Hz LIBRO DE INSTRUCCIONES N°: MTS/ARG

RELACION DE TENSIONES (V): 220 +5-15x1,0% /22,9/10

BASE	POTENCIA (KVA)	ENFRIAMIENTO
PRM	30000 / 40000	ONAN / ONAF
SEC	50000 / 60000	ONAN / ONAF
TERC	10000 / 12000	ONAN / ONAF

GRUPO DE CONEXIONES (Yyn0d5)



TENSIONES SOPORTABLES (V)	PRM	1N	SEC	2N	TERC
MÁXIMA TENSION DE OPERACION (V)	245	50	24	24	12
FRECUENCIA INDUSTRIAL APLICADA	305	85	50	50	28

IMPULSO ATMOSFERICO (G. Plano)	950	250	125	125	75
(PICOS)	G.Cortado	1045	-	157,5	-
IMPULSO DE MANOBRAS	750	-	-	-	-

ALTUD DE INSTALACION DEL EQUIPO (M.S.N.M): 3500

CORRIENTE DE EXCITACION EN 40 MVA (A)

TERMINALES	PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO
SIMETRICA (A)	2n	0,77	11,12
ASIMETRICA (A)	1,36	26,58	81,8

TANQUE, COMUTADOR DE DERIVACIONES, INTERCOMUNICADORES Y TANQUE DE EXPANSION SOPORTAN VACIO ABSOLUTO

ELEVACION DE TEMPERATURA EN 5000m DE ALTUD

MEDEA DE LOS DEVANADOS	CAPA SUPERIOR DE ACEITE
85 °C	80 °C

PUNTO MAS CALIENTE: 78 °C

NUCLEO Y PARTES METALICAS: 75°C

COMUTADOR BAJO CARGA	
FABRICANTE	HJAJING (CHINA)
TIPO	OM2 B 500 Y 170 C.12 23 3 W
MANO	SHM-0

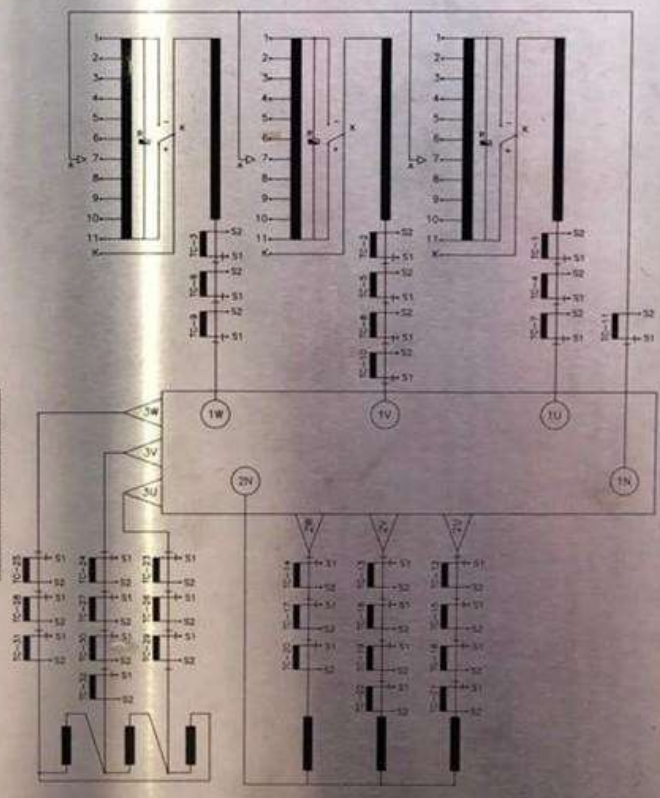
SALIDAS EN 1U, 1V, 1W Y NEUTRO TN					
POS.	CLASE SELECCIONA	CLASE REVERSIONA	TENSION (V)	CORRIENTE (A)	
				30MVA	40MVA
1			231000	74,98	95,97
2			228000	75,10	100,84
3			226000	76,44	101,82
4			224000	77,18	102,91
5			222000	77,95	103,93
6			220000	78,73	104,97
7			218000	79,52	106,03
8			216000	80,34	107,12
9			214000	81,16	108,22
10			212000	82,01	109,35
11A					
11B			209000	82,87	110,50
11C					
12			206000	83,75	111,67
13			204000	84,66	112,87
14			202000	85,58	114,10
15			200000	86,52	115,35
16			198000	87,48	116,64
17			196000	88,46	117,95
18			194000	89,47	119,29
19			192000	90,49	120,66
20			189000	91,55	122,06
21			187000	92,62	123,50

SALIDAS EN 2U, 2V, 2W Y 2N	
VOLTAGE (V)	CORRIENTE (A)
22900	30MVA: 756,35 / 40MVA: 1008,47

SALIDAS EN 3U, 3V, 3W	
VOLTAGE (V)	CORRIENTE (A)
10000	10MVA: 577,35 / 12MVA: 692,82

BASE	RELACION (V)	IMPEDANCIAS (Ω)
30 MVA	231000 - 22900	
(a 75°C)	220000 - 22900	
	187000 - 22900	

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE						
TC	RELACION	BORNES	EXACTITUD	CARGA	USO	FT
1 A 8	200/1A	S1-S2	S P 20	15 VA	PROTECCION	1,2
7 A 9	200/1A	S1-S2	CLASE 0,2	10 VA	MEGOMON	1,3
10	200/5A	S1-S2	CLASE 3	15 VA	INDICM TERMICA	1,2
11	100/1A	S1-S2	S P 20	20 VA	PROTECCION	1,2
12 A 14	200/1A	S1-S2	CLASE 0,2	10 VA	MEGOMON	1,3
15 A 20	200/1A	S1-S2	S P 20	20 VA	PROTECCION	1,2
21	200/5A	S1-S2	CLASE 3	15 VA	OLTC	1,2
22	200/5A	S1-S2	CLASE 3	15 VA	INDICM TERMICA	1,2
23 A 29	1000/1A	S1-S2	CLASE 0,2	10 VA	MEGOMON	1,3
26 A 31	1500/1A	S1-S2	S P 30	20 VA	PROTECCION	1,2
32	1000/5A	S1-S2	CLASE 3	15 VA	INDICM TERMICA	1,2



INDICIA POLARIDAD (-)

R = RESISTENCIAS NO LINEALES

Doble terna L-2273/L-2275 220 kV La Ramada – Pampa Honda

Name	L-2273(1)	
Line Couplings	Area Norte\L-2273/2275(1)	
Terminal i	Area Norte\PAMPAHONDA220\Cub_4	PAMPAHONDA221
Terminal j	Area Norte\LA RAMADA 220\Cub_8	LA RAMADA 220
Zone	Terminal i	CAJ NOR220
Area	Terminal i	Norte
<input checked="" type="checkbox"/> Out of Service		
Number of parallel Lines		1
Parameters		
Thermal Rating	...	
Length of Line	35.48	km
Derating Factor	0.6128405	
Resulting Values		
Rated Current (act.)	0.63 kA	
Pos. Seq. Impedance, Z1	13.98885 Ohm	
Pos. Seq. Impedance, Angle	83.41139 deg	
Pos. Seq. Resistance, R1	1.605075 Ohm	
Pos. Seq. Reactance, X1	13.89647 Ohm	
Zero Seq. Resistance, R0	16.40241 Ohm	
Zero Seq. Reactance, X0	52.16794 Ohm	
Earth-Fault Current, Ice	38.35616 A	
Earth Factor, Magnitude	0.977743	
Earth Factor, Angle	-14.54995 deg	

Doble terna L-2283/L-2287 220 kV Pampa Honda – Cajamarca Norte

Name	L-2283	
Line Couplings	Area Norte\L-2283/2287	
Terminal i	Area Norte\CajNorL2283\Cub_1	CajNorL2283
Terminal j	Area Norte\PAMPAHONDA220\Cub_1	PAMPAHONDA221
Zone	Terminal i	CAJ NOR220
Area	Terminal i	Norte
<input type="checkbox"/> Out of Service		
Number of parallel Lines		1
Parameters		
Thermal Rating	...	
Length of Line	87.85	km
Derating Factor	0.6128405	
Resulting Values		
Rated Current (act.)	0.63 kA	
Pos. Seq. Impedance, Z1	34.637 Ohm	
Pos. Seq. Impedance, Angle	83.41139 deg	
Pos. Seq. Resistance, R1	3.974235 Ohm	
Pos. Seq. Reactance, X1	34.40824 Ohm	
Zero Seq. Resistance, R0	40.61306 Ohm	
Zero Seq. Reactance, X0	129.1701 Ohm	
Earth-Fault Current, Ice	94.9715 A	
Earth Factor, Magnitude	0.977743	
Earth Factor, Angle	-14.54995 deg	

Doble terna 22.9 kV Pampa Honda – Shahuindo

Name	lne PampaH Shahuindo	
Type	Library\0 PampaHonda\Lne PampaH Shahuindo	
Terminal i	Area Norte\PAMPAH_22.9KV\Cub_3	PAMPAH_22.9KV
Terminal j	Area Norte\SHAUINDO22.9KV\Cub_3	SHAUINDO22.9KV
Zone	Terminal i	CAJ NOR220
Area	Terminal i	Norte
<input type="checkbox"/> Out of Service		
Number of parallel Lines		1
Parameters		
Thermal Rating	...	
Length of Line	5.15	km
Derating Factor	1.	
Resulting Values		
Rated Current (act.)	1. kA	
Pos. Seq. Impedance, Z1	2.172043 Ohm	
Pos. Seq. Impedance, Angle	74.00844 deg	
Pos. Seq. Resistance, R1	0.5983888 Ohm	
Pos. Seq. Reactance, X1	2.08799 Ohm	
Zero Seq. Resistance, R0	2.328959 Ohm	
Zero Seq. Reactance, X0	7.693467 Ohm	
Earth-Fault Current, Ice	0.4298123 A	
Earth Factor, Magnitude	0.9003098	
Earth Factor, Angle	-1.165382 deg	

Anexo N° 03: Recolección de la información (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional)

Expansión del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional

FECHA	PROYECTO	EMPRESA	NOTAS
Oct-17	LT 138 kV Trujillo Nor Oeste - Trujillo Sur de 150 MVA	HIDRANDINA	-1
Oct-17	LT 220 kV Carhuaquero - Cajamarca Norte (300 MVA) y LT 220 kV Cajamarca Norte - Cacic - Moyobamba (220 MVA)	COBRA	-2
Nov-17	SE Orcotuna 220/60 kV - 50 MVA y dos líneas de transmisión en 220 kV de enlace a la LT 220 kV Huayucachi - Huanza	CTM	-2
Nov-17	LT 138 kV Chimbote Norte - Trapecio de 130 MVA	HIDRANDINA	-1
Nov-17	LT 500 kV Mantaro - Marcona - Nueva Socabaya - Montalvo de 1400 MVA y SSEE Asociadas	CTM	-3
Nov-17	SE Piura Oeste 220/60/10 kV - 50 MVA (Transformador Provisional)	REP	-2
Mar-18	SE Carapongo 500/220 kV - 750 MVA y enlaces de conexión a líneas asociadas (Primera Etapa)	CTM	-2
Mar-18	LT 220 kV Friaspata - Mollepata 250 MVA y SE Mollepata 220/66 kV - 50 MVA	CTM	-2
Abr-18	LT 220 kV Azángaro - Juliaca - Puno de 450 MVA y SSEE Asociadas	TESUR	-2
Abr-18	Banco de Reactores de 100 MVAR - 500 kV en SE La Niña 500 kV	CTM	-2
Mar-19	Banco de Condensadores de 20 MVAR - 60 kV en SE Zorritos 60 kV	REP	-3
Mar-19	Ampliación de transformación de la SE Zorritos 220/60/22.9 kV - 50/65 MVA	REP	-3
Mar-19	Seccionamiento de la LT 220 kV Piura - Chiclayo y enlace con la SE La Niña 220 kV	REP	-3
Mar-19	SE Guadalupe: Cambio de configuración de barras en 60 kV de sistema Simple Barra	REP	-3
May-19	Repotenciación de la LT 220 kV Trujillo - Cajamarca a 250 MVA	-	-4
May-19	LT 220 kV Montalvo - Los Héroes de 250 MVA y Ampliación de la SE Los Héroes 220/66/10.5 kV - 60/60/12 MVA	TESUR	-2
May-19	SE Piura Oeste 220/60/10 kV - 100 MVA	REP	-3
Ago-19	Repotenciación a 250 MVA L.T. Mantaro-Huancavelica	REP	-3
Set-19	Repotenciación de la LT 220 kV Pomacocha - San Juan de 152 MVA a 250 MVA por tema	REP	-3
Nov-19	Repotenciación de la LT 220 kV Pachachaca - Callahuanca de 152 MVA a 250 MVA por tema	REP	-3
Ene-20	Repotenciación de la LT 220 kV Huanza - Carabayllo de 152 MVA a 250 MVA	REP	-3
Mar-20	SE Nueva Nazca 220/60 kV - 75 MVA	-	-3
Mar-20	SE Nueva Chíncha 220/60 kV - 75 MVA	-	-3
Set-20	LT 138 kV Aguaytía-Pucallpa (segundo circuito) de 80 MVA	TERNA PLUS	-5
Mar-21	LT 220 kV Tintaya-Azángaro de 450 MVA	-	-5
Nov-21	LT 220 kV Moyobamba - Iquitos de 150 MVA y SSEE Asociadas	LTP	-2
Dic-21	Enlace 500 kV Mantaro-Nueva Yanango-Carapongo y subestaciones asociadas	-	-5
Dic-21	Enlace 500 kV Nueva Yanango-Nueva Huánuco y subestaciones asociadas	-	-5
Ene-22	LT 220 kV Machupicchu - Quencoro - Onocora - Tintaya de 300 MVA y SSEE Asociadas	-	-6

a) Documentos de Referencia

Para el desarrollo del presente informe se tomaron como referencia los siguientes documentos:

- Estudio de Pre-Operatividad de la Subestación Pampa Honda 220 kV - Rev. C (02-072017).
- Reglamento de Transmisión.
- Decreto Supremo N° 027-2007-EM
- Informe Técnico COES/DP/SNP-048-2013 – “Estudio de Rechazo Automático de Carga / Generación del SEIN – Año 2017”.
- Informe Técnico DP-02-2011 – “Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN Período 2013-2022”
- COES/DO/SEV-INF-063-2010: Alcances de Estudio de Operatividad y Requisitos para las Pruebas, Puesta en Servicio y Operación.
- Requisitos Mínimos para los Sistemas de Protección del SEIN – Julio 2018.

b) Herramientas Computacional

Las simulaciones de Flujo de Potencia, Contingencias, Niveles de corriente de cortocircuito y tiempo crítico de despeje de falla se efectuaron mediante la ayuda del programa de análisis de sistemas eléctricos de potencia, Digsilent Power Factory Versión 14.2.

Los resultados gráficos del programa sólo muestran la zona de influencia del proyecto.

Anexo N° 04: Tablas de cargabilidad y niveles de tensión en la evaluación del flujo de carga para ambos casos

Cargabilidad en transformadores de potencia en época de Avenida y Estiaje para máxima, media y mínima demanda para caso sin proyecto (Caso 0) y caso con proyecto (Caso 1)

Epoca	Transformadores	Vn	Maxima Demanda					Media Demanda					Minima Demanda				
			Caso 0		Caso 1		Variación	Caso 0		Caso 1		Variación	Caso 0		Caso 1		Variación
		Sin Proyecto		Con Proyecto		Sin Proyecto		Con Proyecto		Sin Proyecto			Con Proyecto				
		Pot.Ac	Loadin	Pot.Ac	Loadin	Pot.Ac		Loadin	Pot.Ac	Loadin	Pot.Ac		Loadin	Pot.Ac	Loadin	Pot.Ac	
		kV	MW	%	MW	%	Delta %	MW	%	MW	%	Delta %	MW	%	MW	%	Delta %
Avenida	tr3 Kiman Ayllu	220	-20.27	22.37	-20.59	22.57	Aumenta 0.2%	-27.88	29.58	-28.27	29.89	Aumenta 0.31%	-50.4	50.54	-50.93	51.03	Aumenta 0.49%
	tr3 Pampa Honda	220	0	0	6.02	14.72	Aumenta 14.72%	0	0	6.02	14.91	Aumenta 14.91%	0	0	6.02	14.76	Aumenta 14.76%
	tr2 SVCCajamarca	220	64.47	52.65	64.53	52.68	Aumenta 0.03%	62.58	51.87	62.64	51.9	Aumenta 0.02%	64.25	52.56	64.33	52.59	Aumenta 0.03%
Estiaje	tr3 Kiman Ayllu	220	-20.22	20.11	-20.84	20.71	Aumenta 0.6%	0.41	24.85	-0.6	26.39	Aumenta 1.54%	-5.53	21.31	-6.25	21.38	Aumenta 0.07%
	tr3 Pampa Honda	220	0	0	7.03	17.34	Aumenta 17.34%	0	0	7.03	17.32	Aumenta 17.32%	0	0	7.03	17.09	Aumenta 17.09%
	tr2 SVCCajamarca	220	63.56	52.28	63.58	52.29	Aumenta 0.01%	63.73	52.35	63.78	52.37	Aumenta 0.02%	65.87	53.22	65.91	53.24	Aumenta 0.02%

Variación de caídas de niveles de tensión en época de Avenida y Estiaje para máxima, media y mínima demanda para caso sin proyecto (Caso 0) y caso con proyecto (Caso 1)

Epo ca	Barra	V nom	Máxima demanda		Mediana demanda		Mínima demanda	
			Caso 0	Caso 1	Caso 0	Caso 1	Caso 0	Caso 1
			Sin Proyect o	Con Proyect o	Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Proyecto	Con Proyecto
		V	V	V	V	V	V	
		kV	p.u.	p.u.	p.u.	p.u.	p.u.	p.u.
Ave nida	CACLIC 220A	220	1.02	1.02	0.98	0.98	1	1
	CAJAMARCA NORTE 220	220	1.02	1.02	1.01	1.01	1.02	1.02
	CARHUAQUERO 220	220	1.03	1.03	1.02	1.02	1.03	1.03
	CERRO CORONA 220	220	1.02	1.02	1	1	1.02	1.02
	CONOCOCHA 220	220	1.03	1.03	1.02	1.02	1.03	1.03
	KIMAN AYLLU 220	220	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
	LA QUINUA 220	220	1.02	1.02	1.01	1.01	1.02	1.02
	LA RAMADA 220	220	1.03	1.03	1.01	1.01	1.02	1.02
	PAMPAHONDA 220	220	--	1.03	--	1.01	--	1.02
	QUITARACSA 220	220	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
	TRUJILLO NORTE 220	220	1.02	1.02	1	1	1.01	1.01
	KIMAN AYLLU 138	138	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02
	PAMPAH_22.9KV	22.9	--	1.02	--	1.01	--	1.02
	SHAUINDO22.9KV	22.9	--	1.02	--	1.01	--	1.02
	PAMPAH_10KV	10	--	1.02	--	1.01	--	1.02
Esti aje	CACLIC 220KV	220	0.98	0.98	0.99	0.99	1.01	1.02
	CAJAMARCA NORTE 220KV	220	1.01	1.01	1.01	1.01	1.03	1.03
	CARHUAQUERO 220KV	220	1.02	1.02	1.02	1.02	1.04	1.04
	CERRO CORONA 220KV	220	1.01	1.01	1.01	1.01	1.03	1.03
	CONOCOCHA 220KV	220	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
	KIMAN AYLLU 220KV	220	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
	LA QUINUA 220KV	220	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03
	LA RAMADA 220	220	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.04
	PAMPAHONDA220KV	220	--	1.02	--	1.02	--	1.04
	QUITARACSA 220V	220	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
	TRUJILLO NORTE 220A	220	1.02	1.02	1.01	1.01	1.02	1.02
	KIMAN AYLLU 138	138	1.02	1.02	1.02	1.03	1.02	1.02
	PAMPAH_22.9KV	22.9	--	1.02	--	1.02	--	1.03
	SHAUINDO22.9KV	22.9	--	1.01	--	1.01	--	1.03
	PAMPAH_10KV	10	--	1.02	--	1.02	--	1.03

Anexo N° 05: Detalles del Seccionamiento de las Líneas L-2273/L-2275, para alimentación a la subestación Pampa Honda.

