

MEJORA DE LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CONSIDERANDO SOBRETENSIONES TRANSITORIAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL MODELO DE PARÁMETROS CONSTANTES DE BERGERON.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE

QUITO

CARRERA DE ELECTRICIDAD

MEJORA DE LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CONSIDERANDO SOBRETENSIONES TRANSITORIAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL MODELO DE PARÁMETROS CONSTANTES DE BERGERON.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: ALEXANDER CRISTOFER ABAD JARAMILLO

TUTOR: DIEGO FRANCISCO CARRIÓN GALARZA.

Quito -Ecuador

2022

Alexander Cristofer Abad Jaramillo

MEJORA DE LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CONSIDERANDO SOBRETENSIONES TRANSITORIAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL MODELO DE PARÁMETROS CONSTANTES DE BERGERON.

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022
Carrera de Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



Alexander Cristofer Abad Jaramillo (Y'1999 – M'12). Realizó sus estudios de nivel secundario en el Institución Educativa fiscal técnico "SUCRE", se graduó de Bachiller técnico en Electricidad y Equipos de mantenimiento eléctrico de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en el análisis, modelamiento de sobretensiones transitorias en L/T por medio del modelo de Bergeron, además del correcto cálculo de la cadena de aisladores para condiciones determinadas.

aabadj@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Diego Francisco Carrión Galarza (Y'1981). Doctor y Máster en Ingeniería por la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín – Colombia, Máster en Energías Renovables por la Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí – Ecuador, Ingeniero Eléctrico por la Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador. Profesor e investigador de la Universidad Politécnica Salesiana – Quito, Ecuador. En la actualidad es miembro del grupo de investigación Redes Eléctricas Inteligentes (GIREI).

dcarrion@est.ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2022 Universidad Politécnica Salesiana
QUITO - ECUADOR

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Alexander Cristofer Abad Jaramillo con documento de identificación N° 1720319829 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 09 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Alexander Cristofer Abad Jaramillo
1720319829

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Alexander Cristofer Abad Jaramillo con documento de identificación No. 1720319829, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: “Mejora de la coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión considerando sobretensiones transitorias mediante el análisis del modelo de parámetros constantes de Bergeron”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 09 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Alexander Cristofer Abad Jaramillo

1720319829

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diego Francisco Carrión Galarza con documento de identificación N° 1713703062, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: MEJORA DE LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CONSIDERANDO SOBRETENSIONES TRANSITORIAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL MODELO DE PARÁMETROS CONSTANTES DE BERGERON, realizado por Alexander Cristofer Abad Jaramillo con documento de identificación N° 1720319829, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 09 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. Diego Francisco Carrión Galarza, MSc
1713703062

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	2
2	Sobretensiones en líneas de transmisión.	5
2.1	Sobretensiones transitorias.....	5
2.2	Sobretensiones por descargas atmosféricas.	5
2.2.1	Mecanismos para sobretensiones por descargas atmosféricas.....	6
2.2.2	Mecanismo debido a una tensión inducida.....	6
2.2.3	Mecanismo debido a una falla del efecto Faraday.....	6
2.3	Sobretensiones por maniobra.....	7
3	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios.....	7
3.1	Modelo de L/T con parámetros constantes distribuidos Modelo de Bergeron....	8
3.2	Modelo de L/T con parámetros dependientes de la frecuencia de J. Martí.....	9
4	Planteamiento del problema.	10
4.1	Modelación de casos de estudio y vanos de la L/T.	12
5	Análisis de resultados.....	13
5.1	Sobretensión transitoria por descarga atmosférica.	13
5.1.1	Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores.....	14
5.1.2	Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores.....	15
5.2	Sobretensión transitoria por falla monofásica.	16
5.2.1	Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores.....	16
5.2.2	Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores.....	18
5.3	Sobretensión transitoria por falla bifásica.....	19
5.3.1	Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores.....	19
5.3.2	Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores.....	21
5.4	Sobretensión transitoria por falla bifásica- tierra.	22
5.4.1	Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores.....	22
5.4.2	Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores.....	23
5.5	Sobretensión transitoria por falla trifásica.	24
5.5.1	Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores.....	24
5.5.2	Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores.....	26
5.6	Sobretensión transitoria por maniobra de línea.....	27

5.6.1	Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores.....	27
5.6.2	Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores.....	29
6	Conclusiones.....	30
7	Estudios Futuros.....	31
8	Bibliografía.....	31
8.1	Matriz de Estado del Arte.....	36
8.2	Resumen de Indicadores.....	46
9	Anexos.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Forma de la onda de impulso en una tensión de tipo rayo.....	6
Figura 2: Forma de onda para ensayos de sobrevoltajes de maniobra normalizada	7
Figura 3: Taxonomía de los modelos de L/T para analizar transitorios.....	8
Figura 4: Circuito equivalente del modelo de Bergeron.	8
Figura 5: Circuito equivalente del modelo de J.Marti.....	10
Figura 6: Datos de L/T disposición de cables.	11
Figura 7: Modelo ISF de ATP para la cadena de aisladores.	11
Figura 8: Modelo simplificado para estudio transitorio de la L/T Ambato-Totoras.	12
Figura 9: Disposición de torres y vanos de L/T Ambato-Totoras de 138[kV].....	13
Figura 10: Comportamiento del transitorio de voltaje en la cadena de aisladores de cada fase y el transitorio de corriente en la torre de transmisión, impacto rayo- Bergeron.....	14
Figura 11: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, impacto rayo-J. Martí.	15
Figura 12: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, impacto rayo-Bergeron (aislamiento incorrecto).....	16
Figura 13: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla monofásica-Bergeron.	17
Figura 14: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla monofásica-J. Martí.....	17
Figura 15: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla monofásica-Bergeron (aislamiento incorrecto).	18
Figura 16: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-Bergeron.	19
Figura 17: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-J. Martí.....	20
Figura 18: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-Bergeron (aislamiento incorrecto).	21
Figura 19: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-tierra, Bergeron.....	22

Figura 20: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-tierra, J. Martí.	23
Figura 21: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-tierra, Bergeron (aislamiento incorrecto).....	24
Figura 22: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla trifásica-Bergeron.....	25
Figura 23: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla trifásica-J. Martí.	25
Figura 24: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla trifásica-Bergeron (aislamiento incorrecto).....	26
Figura 25: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, maniobra de línea-Bergeron.	28
Figura 26: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, maniobra de línea- J. Martí.....	28
Figura 27: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, maniobra de línea-Bergeron (aislamiento incorrecto).....	30
Figura 28: Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.	46
Figura 29: Indicador de formulación del problema - Estado del arte.....	47
Figura 30: Indicador de solución - Estado del arte.....	48
Figura 31: Sistema completo para simulación de impacto de rayo en la L/T Ambato-Totoras.....	50
Figura 32 Sistema completo para simulación de falla monofásica en la L/T Ambato-Totoras.	51
Figura 33: Sistema completo para simulación de falla bifásica en la L/T Ambato-Totoras.	52
Figura 34: Sistema completo para simulación de falla bifásica- tierra en la L/T Ambato-Totoras. ..	53
Figura 35: Sistema completo para simulación de falla trifásica en la L/T Ambato-Totoras.....	54
Figura 36: Sistema completo para simulación de desconexión y energización en la L/T Ambato-Totoras.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de conductor por fase y cable de Guarda de la L/T – 138[kv].....	11
Tabla 2: Eventos para el análisis transitorio.....	13
Tabla 3: Matriz de estado del arte.	36
Tabla 4: Datos, especificaciones y numero de aisladores en cada torre de L/T Ambato-totoras.....	49

MEJORA DE LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN CONSIDERANDO SOBRETENSIONES TRANSITORIAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DEL MODELO DE PARÁMETROS CONSTANTES DE BERGERON.

Resumen

La presente investigación se enfoca en el óptimo cálculo de aislamiento en líneas de transmisión (L/T) con el objetivo de obtener un correcto dimensionamiento en la cadena de aisladores, para lo cual se tomó como caso de estudio la línea de transmisión Ambato-Totoras la cual es de 138[kV] y 7,7 [km] de largo, de esté modo que en ningún punto de la línea de transmisión exista flameo de aisladores. Para el análisis de los transitorios, además de probar la eficacia del dimensionamiento se sometió el sistema ante diferentes condiciones de estudio como: sobretensiones de frente rápido (impacto de rayo), frente lento (maniobra de línea) y fallas eléctricas siendo estos eventos inoportunos que se puede presentar en la línea de transmisión. Para el cálculo de los aisladores se tomó en consideración variables como: presión atmosférica, nivel de contaminación, temperatura, estas variables varían dependido de la ubicación de la torre de transmisión, para la simulación y cálculo se utilizó un aislador de porcelana Clase ANSI C29.2. Por último, se realizó un análisis comparativo ante diferentes eventos entre el modelo de línea de transmisión de Bergeron y modelo de J. Martí, siendo el modelo de Bergeron el que mejor se adapta al análisis transitorio para esté tipo de línea de transmisión.

Palabras Clave: Coordinación de aislamiento, flameo de aisladores, líneas de transmisión, modelo de Bergeron, sobretensiones transitorias.

Abstract

The present research focuses on the optimum calculation of insulation in transmission lines (L/T) with the objective of obtaining a correct dimensioning in the insulator chain, for which the Ambato-Totoras transmission line was taken as a case study, which is 138 [kV] and 7.7 [km] long, so that at no point of the transmission line there is fluttering of insulators. For the analysis of transients, in addition to testing the effectiveness of the sizing, the system was subjected to different study conditions such as: fast front overvoltage (lightning strike), slow front (line maneuver) and electrical faults, these being untimely events that can occur in the transmission line. For the calculation of the insulators, variables such as: atmospheric pressure, contamination level, temperature, these variables vary depending on the location of the transmission tower, for the simulation and calculation an ANSI Class C29.2 porcelain insulator was used. Finally, a comparative analysis was made between Bergeron's transmission line model and J. Martí's model, being Bergeron's model, the best adapted to the transient analysis for this type of transmission line.

Keywords: Bergeron model, insulation coordination, insulator flaming, transmission lines, transient overvoltage.

1 Introducción

En la actualidad, los sistemas de energía eléctrica que suministran energía a algunas regiones del Ecuador se ven profundamente afectados por diversos tipos de peculiaridades, afectaciones como: relámpagos o descargas eléctricas en la atmosfera, vegetación exuberante, entre otros, que provocan diversas deficiencias en las líneas de los sistemas de transmisión, lo cual en si se puede presentar como fallas, estas pueden ser de tipo trifásico, bifásico o monofásico [1]-[2].

En especial los sistemas de transmisión (S.T.) de energía eléctrica en el Sistema eléctrico de potencia (SEP), se ven afacetados ya que son aquellos que, por medio de líneas, las cuales recorren grandes distancias transportan grandes niveles de voltaje [3], [2]. Estos sistemas llevan la energía desde un punto inicial el cual son las centrales de generación eléctrica hasta el punto o el área donde se va a utilizar o realizar el consumo de la misma [1], [4], [5].

Debido a esto los sistemas de transmisión eléctrica de forma general cuentan con límites de voltaje los cuales están ajustados principalmente y en su mayoría por los dispositivos de protección como son: los interruptores, aisladores y por los transformadores, teniendo en cuenta eso los sistemas de transmisión abarcan niveles desde 115 [kV] a 230 [kV] y a su vez los sistemas subtransmisión van desde 34,5 [kV] a 69 [kV], [6].

Tomando en cuenta los aspectos anteriores, las características de aislamiento que tienen las líneas de transmisión, son determinados por varios factores, como la magnitud de la sobretensión que se puede presentar en la línea de transmisión (L/T), [6], [7], por lo general las sobretensiones son el máximo valor de voltaje que llega a

sobrepasar un valor de voltaje nominal de operación en cualquier sistema de potencia.

En específico los sobrevoltajes presentes en el SEP se dan origen por 2 formas pueden ser de origen externo o interno [7], [8], por lo tanto las primeras se originan fuera del sistema o de las líneas de transmisión ya que son independientes al mismo, como son las sobretensiones por descargas atmosféricas por otro lado las segundas se originan internamente dando como resultado cambios en las condiciones operativas de este sistema ya que es dependiente de la configuración de la línea y la tensión nominal de la misma [7]-[9].

En otras palabras, los transitorios eléctricos son ráfagas momentáneas de energía inducidas en las líneas bien pueden ser de alimentación, datos o comunicación [10]. Estos fenómenos a su vez su característica principal es que se produce un aumento de la tensión hasta llegar a un valor sumamente alto, el cual lleva e impulsa grandes valores de corriente (I) en un circuito eléctrico en varios casos desde millonésimas de segundos, hasta milésimas de segundo [11].

Por otro lado, en las estructuras de energía en las L/T existen peculiaridades o transitorios de tipo electromagnético, los cuales pueden ser: sobretensiones transitorias, de maniobra o a su vez sobretensiones causadas en gran medida a descargas atmosféricas [12]. Aunque estas peculiaridades cuentan con tiempo de duración extremadamente corto o rápido, logran causar daños severos en algunas partes de la estructura de transmisión [9], [13].

Considerando los aspectos anteriores y las afectaciones que pueden traer las sobretensiones, estas se pueden analizar gracias a los modelos de L/T, los cuales se enfocan en transitorios electromagnéticos, estas peculiaridades o transitorios, entre las

más comunes se encuentran las de maniobra y las que son en concreto debidas por descargas atmosféricas [9], [14].

En general el estudio de las sobretensiones en el SEP es una etapa clave para el diseño de redes eléctricas de gran potencia, estas redes van desde los sistemas de transporte (distribución), hasta los S.T. de energía eléctrica [15].

Donde entre sus usos más comunes está la investigación de la coordinación de la protecciones y aislamiento, aunque la mayoría de las veces esté tipo de redes trabajan en sistemas de larga duración, donde los sobrevoltajes transitorios son los que se usan para elegir el nivel de protección estandarizado para los equipos, ya que en la mayoría de situaciones las sobretensiones se inician típicamente por un efecto transitorio [13] [16].

En este efecto característico, su amplitud puede cambiar a partir de un punto a otro en la misma red eléctrica, por lo cual estas sobretensiones transitorias tienen una duración que va desde microsegundos a segundos, estas pueden ser oscilatoria, rara vez es amortiguada y a su vez puede estar sobrepuesta a una sobretensión de tipo temporal, generando valores extremadamente altos, los cuales pueden llegar a sobrepasar al valor pico de la tensión nominal del punto donde se originó en el sistema, afectando en gran cantidad al aislamiento, los cuales pueden producir una falla o una avería en el sistema [16], [17].

El estudio de sobretensiones es realizado en especial en el sector de transmisión eléctrica del SEP, ya que su aplicación sirve, para saber el nivel de aislamiento que se debe utilizar y a su vez da un punto de referencia al momento de seleccionar los componentes del sistema y los dispositivos de protección que se van a implementar para mitigar este efecto no deseable. En este sentido, todo lo anterior se debe realizar tomando en cuenta el

comportamiento que tienen los diferentes aislamientos frente a cualquier tipo de sobretensiones [18].

De la misma forma, en cuanto se procede a la selección de los instrumentos de protección y ubicación de los mismos, solo se puede realizar si se conoce en concreto el comportamiento de la perturbación en que genera problemas en la calidad del suministro de energía [18], [19], frente a las diferentes sobretensiones, a su vez la coordinación de aislamiento se puede definir como la ubicación estratégica de medios de protección los cuales van a actuar de manera instantánea cuando estén en presencia de diferentes condiciones a las cuales no están configuradas inicialmente y al entorno al cual estos medios son sometidos [13], [19].

De cierto modo en esta coordinación específicamente se selecciona la rigidez dieléctrica del equipamiento de protección que se va a instalar con respecto a las variaciones en los niveles tensiones que llegan aparecer en el sistema de análisis, en donde también se toma en cuenta las distintas condiciones ambientales de servicio y las diferentes características que presentan estos dispositivos de protecciones [20].

En donde el valor más alto o desfavorable de una sobretensión se presentará en específico con un valor de frecuencia muy bajo, por lo que el costo del aislamiento podría ser muy grande, por tanto, es necesario seleccionar el correcto nivel de aislamiento del equipo de manera que esté pueda soportar cualquier sobretensión que esté presente en el sistema [11], [21].

Los autores en [22], [23], exponen de forma concreta varios modelos matemáticos de L/T, los cuales son: Cascada de circuito π , Bergeron, Universal Line Model (ULM) y J. Marti, para poder simular el comportamiento de los transitorios electromagnéticos presentes en el SEP, dando a conocer sus principales características de cada uno de

estos modelos, además exponen las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Además, exponen cada algoritmo en forma de flujogramas para simular los transitorios, en este análisis logran determinar cuál modelo de todos los analizados de L/T, para simular estos fenómenos y alteraciones de la tensión, tiene mayor precisión, dando como resultado que el ULM tiene una mayor exactitud en el análisis de las sobretensiones de maniobra aplicadas en una L/T monofásica.

En contraste a lo anterior en [24] y [25], los autores presentan modelos de líneas para analizar y comprender los transitorios electromagnéticos en el SEP, teniendo dos casos el primero siendo un modelo con parámetros constantes y el segundo caso siendo de parámetros dependientes de la frecuencia, incluyen una organización donde consideran y clasifican cual es el tipo del fenómeno [24], a su vez incluyen el rango de frecuencia en el que se presentan cada uno, para lo cual los modelos estudiados se compararon utilizando índices de evaluación, los cuales logran mostrar los pros y contras que tiene el utilizar cada modelo, por último exponen una guía complementaria donde proponen un diagrama de decisiones, esta guía ayuda a seleccionar cual modelo es adecuado para analizar estos fenómenos [25].

Podemos destacar que los autores en [26] y [27], presentan un modelo L/T monofásica, con parámetros los cuales están distribuidos en el dominio del tiempo, para poder realizar el análisis de sobretensiones transitorias a lo largo de toda la L/T, implementaron el modelo de Bergeron, en donde tomaron en cuenta una línea ideal con cero pérdidas y parámetros eléctricos constantes, en donde el efecto de dispersión no lo consideran para el estudio, al modelo lo expusieron ante distintos escenarios de simulación como apertura y cierre de la línea en diferentes instantes de tiempo, determinando así su comportamiento exacto [26].

De este modo considerando todo lo mencionado con anterioridad esta investigación tendrá como propósito el analizar las perturbaciones y sobrevoltajes transitorios en sistemas de transmisión, los cuales generan alteraciones en el comportamiento estable de los parámetros de las L/T debido a diferentes circunstancias, lo cual genera daños en los equipos primarios y en los aislamientos de las líneas de transmisión.

Se pretende realizar el estudio tomando como base un modelo de L/T, en donde se analizará y obtendrá cual es la conducta de los parámetros constantes de la línea, además de los diferentes efectos de las sobretensiones transitorias que se presentan en la misma, ante diferentes escenarios, teniendo en cuenta estas condiciones se realizará el cálculo del aislamiento o el dimensionamiento de la cadena de aisladores para la L/T, aplicando el modelo de Bergeron en el cual se analiza en el dominio del tiempo y el software ATP/DRAW siendo estos aplicados como método de análisis, en el cual se realizará la simulación de descargas atmosféricas, fallas monofásicas, trifásicas y a su vez las maniobras de disparo y cierre monopolar, además la coordinación de aislamiento se realizó según el procedimiento de la norma IEC 60071-1, y la aplicación de la norma IEC 60071-4, donde en la última presenta recomendaciones y parámetros para modelar el sistema eléctrico de transmisión.

Este tipo de análisis es necesario para tener un control más riguroso en la coordinación de aislamiento en caso de cambios que se pueden presentar en cualquier topología de una red de transmisión, donde se busca determinar cómo es el comportamiento del sistema cuando está en presencia de diferentes y diversas condiciones o eventualidades inoportunas, para dar mayor relevancia se compara los resultados obtenidos con el método dependiente de la frecuencia de J. Marti.

El artículo presente se organizará de forma secuencial. En el segundo apartado se describirá los conceptos de forma concisa sobre el origen de los transitorios y a su vez se expondrá el modelo de parámetros constantes (Bergeron model). En el tercer apartado se planteará la problemática, el desarrollo y formulación del modelamiento, además se calculará la protección que mejor se ajuste al molde de L/T del caso de estudio. En el cuarto apartado se realizará un análisis de los resultados obtenidos de la modelamiento y simulación del algoritmo de Bergeron. En la última sección se expondrá las conclusiones respectivas de todo el artículo científico.

2 Sobretensiones en líneas de transmisión.

En general el fenómeno que produce sobrevoltajes en la mayoría de los casos, son las descargas atmosféricas, las cuales son grandes problemas en los sistemas de transmisión del SEP, dado que las descargas atmosféricas inciden ya sea en una fase, conductor o sencillamente en la cercanía de una L/T una corriente de gran valor la cual puede variar desde 1 [kA] hasta 200 [kA], [24], [28].

En otras palabras, los sobrevoltajes se pueden considerar como el aumento de la tensión a valores superiores de un voltaje base o referencia, sobrepasando el valor máximo de voltaje nominal de operación que se presenta en el SEP, en especial en los sistemas de transmisión de la energía eléctrica [28].

2.1 Sobretensiones transitorias.

Las sobretensiones siendo las más presentes en sistemas de transmisión de energía eléctrica, se las conoce como las alteraciones que sufre la tensión en función del tiempo, este fenómeno se da entre conductores tanto

de fase y de tierra [13], [29], por otro lado se puede presentar entre 2 conductores de cada una de las fases, lo cual genera que su magnitud sea de un valor elevado y de tipo transitorio, en donde su valor pico llega a sobrepasar el valor que tiene la tensión máxima por el servicio [Vn] o por otro lado llega a sobrepasar la tensión máxima que tiene el aislamiento en una frecuencia industrial [Vm], en un determinado sistema eléctrico [22], [29].

Donde las sobretensiones se llegan a presentar después de que el impacto de la descarga atmosférica ocurra o después de realizar una maniobra en el sistema (energización), siendo este tiempo en el orden de los microsegundos [μ s], en donde después de un tiempo se atenúe, este tipo de fenómeno tiene como característica ser de tipo unidireccional y se clasifican de la siguiente manera [29]:

- Sobretensiones debido a un impacto de rayo o una descarga atmosférica.
- Sobretensiones por maniobra: energización y re-cierre del sistema.

2.2 Sobretensiones por descargas atmosféricas.

Se generan después de una descarga en específico una de tipo atmosférica, por lo que los sobrevoltajes presentan una forma característica de onda, teniendo un frente de alto gradiente y de tipo unipolar, esta onda se mueve por medio de los conductores en los dos sentidos desde donde se originó la sobretensión [30], [31], después de obtener un valor alto de tensión comienza a descender gradualmente con una pendiente suave; a lo extenso de su movimiento la onda llega a sufrir una distorsión gracias a la propagación, el efecto corona y por último el efecto joule [17], [31].

Por otra parte, los sobrevoltajes transitorios debidos por una descarga atmosférica, tienen como característica al momento de ser simulado se lo puede hacer por medio de una onda de impulso de tensión la cual normalizada por medio de la IEC: 60-2, la misma cuenta con parámetros de 1.2/50 [μs], siendo el impulso que se presenta cuando impacta un rayo el que cuenta con un tiempo de frente “ t_f ” alrededor de los 1.2 [μs], además con un tiempo de valor medio (t_c) de 50 [μs], como se puede visualizar en la Fig.1, [31].

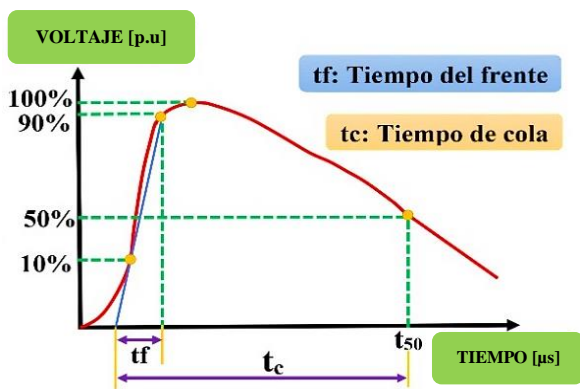


Figura 1: Forma de la onda de impulso en una tensión de tipo rayo.

2.2.1 Mecanismos para sobretensiones por descargas atmosféricas.

Las sobretensiones que se presentan debido a una descarga atmosférica tienen una gran repercusión sobre las L/T y los centros de transformación a las cuales están conectadas, siendo los últimos la estructura que es más propensa a sufrir daños, dependiendo de la manera en que difiere el campo eléctrico presente en el sistema [32], existen mecanismos los cuales tienen relación con el final del trayecto que tiene las descargas, los cuales se va a presentar a continuación:

2.2.2 Mecanismo debido a una tensión inducida

Se presentan cuando una descarga atmosférica o un rayo impacta de forma directa a la tierra en diversos puntos aledaños a las L/T o a las subestaciones de transmisión, causando la aparición de transitorios de sobretensión debido al efecto de la inducción electromagnética y electrostática, presentándose en gran parte de los conductores de las fases, esto se produce debido a que la carga al inicio de la L/T se libera de forma repentina debido a que ya no está presente el campo eléctrico que existe entre la nube y la L/T [33].

2.2.3 Mecanismo debido a una falla del efecto Faraday

Se genera cuando se produce una descarga atmosférica la cual impacta al conductor de una fase, en este escenario el conductor o cable de guarda que sirve de protección en específico de Faraday, no logra proteger de forma adecuada a la L/T de las corrientes producidas por el rayo, las cuales llegan a tener amplitudes bajas con respecto a los valores que se tomaron inicialmente para el diseño de la ubicación de los cables presentes en la torre la cual ayuda a la transmisión de la energía eléctrica [34].

Donde la corriente que ingresa por la descarga atmosférica, genera un cambio brusco al estado de las cargas presentes inicialmente, lo cual provoca el desplazamiento de 2 ondas de tensión en sentidos contrarios a la velocidad que tiene la luz [35], por ende, se presenta un cambio en el campo eléctrico cuya cresta en la amplitud máxima de onda, se representa en (1) y (2):

$$V_{STR} = \frac{1}{2} Z_0 I_R \quad (1)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2)$$

Donde:

V_{STR} : Sobretensión máxima producida.

I_R : Valor pico que tiene la corriente al impactar el conductor.

Z_0 : Impedancia propia del conductor.

2.3 Sobretensiones por maniobra.

Esté tipo de sobretensiones ocurren cuando se presenta una interrupción o una falla en el sistema, ya sea por una operación de conmutación de un interruptor, la interrupción debido a una falla repentina, la conexión y desconexión de equipos tanto capacitivos como inductivos [32].

Esté tipo de maniobras que son muy comunes en el campo de sistemas de transmisión, producen oscilaciones de voltaje de alta amortiguación, por lo general son de corta duración, cuentan con una amplitud de onda generalmente impredecible [28], [32].

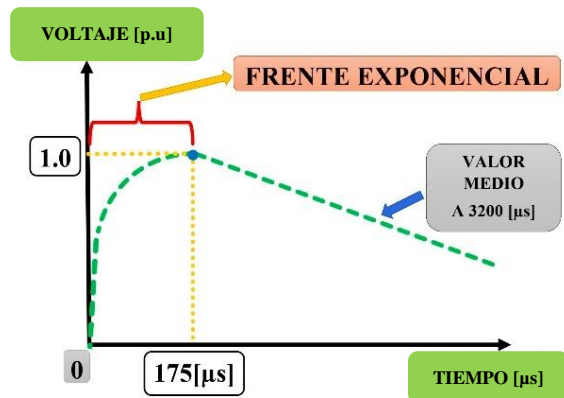


Figura 2: Forma de onda para ensayos de sobretensiones de maniobra normalizada

Debido a estos fenómenos eléctricos que son generalmente de una duración mayor en comparación a las que se generan debido a descargas atmosféricas o impactos de rayo, su cresta o valor pico tiene valores que pueden llegar a tomar cuatro veces su valor

de tensión nominal tomado en cuenta el sistema de alta tensión en que se presente [21], [32].

Por lo cual son más nocivos para el aislamiento ya que su duración es alta y por su forma de onda como se visualiza en la Fig.2, dado lo anterior para obtener el máximo valor de sobrevoltaje de maniobra [V_{SM}], se lo realiza aplicando la siguiente ecuación [32]:

$$V_{SM} = \left(\frac{V_N}{\sqrt{3}}\right) * F_{SV} * F_{SM} \quad (3)$$

Donde:

V_{SM} : Valor máximo de sobretensión de maniobra dado en [kV].

F_{SV} : Valor del factor de sobretensión normal en operación entre 1 y 1.1.

V_N : Valor de tensión entre las fases dado en [kV].

F_{SM} : Valor del factor de sobretensión por maniobra dado en [p.u.].

Se debe tener en cuenta que para una sobretensión de tipo maniobra el tiempo de frente “ t_f ”, por lo general está alrededor de los 100 hasta los 500 microsegundos y el tiempo de cola [t_c], está por lo general entre los 1000 hasta los 4000 [μs], en donde la frecuencia de las oscilaciones esta entre el rango de 100 a 500 [Hz] y el frente de onda por la elevación de la tensión va desde los 200 hasta los 300 [μs], siendo esta última las más agresiva y nociva para el aislamiento [32], [36].

3 Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios.

Por lo general en muchos de los casos en las estructuras de energía, y en general en las líneas de transmisión, hay peculiaridades como los transitorios, entre las cuales se

tiene: sobretensiones transitorias, de maniobra y debidas a las emisiones climáticas [37].

Aunque estas peculiaridades tienen un plazo excepcionalmente breve, pueden dañar significativamente las partes de la estructura, la comprensión de la conducta de estas peculiaridades permite facilitar la separación de la estructura y decidir los tiempos previstos para un rango de recurrencia particular [9], [37].

En muchos de los casos los modelos de L/T, varían dependiendo de su complejidad, su eficiencia y su grado de precisión, los parámetros que presentan estos modelos pueden ser tanto constante como dependientes de la frecuencia, la clasificación general de los modelos más utilizados para este tipo de análisis se lo presenta a continuación [15], [37]:

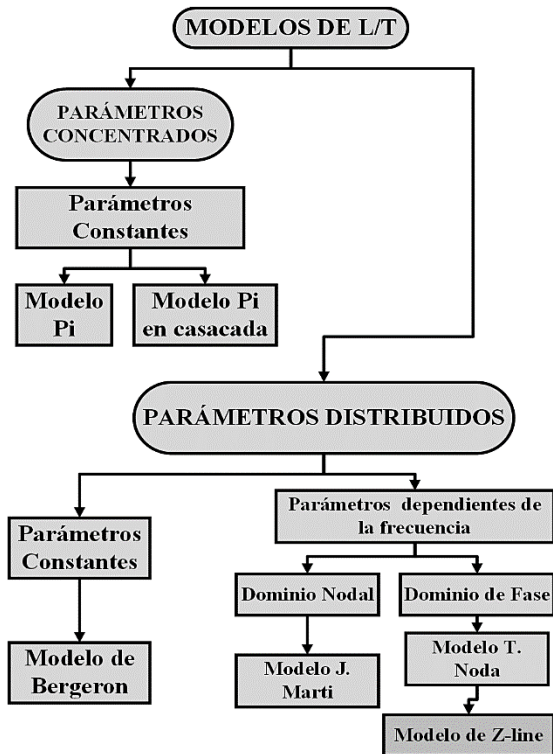


Figura 3: Taxonomía de los modelos de L/T para analizar transitorios.

3.1.1 Modelo de L/T con parámetros constantes distribuidos Modelo de Bergeron.

El modelo que propuso, ajustó y creó Hermann Dommel, depende de la proliferación de ondas en una L/T sin infortunios, con parámetros constantes de inductancia [L'] y capacitancia [C'], [26], [38]. Estos parámetros son constantes ya que están dispersos a través de toda la L/T, donde las condiciones que relacionan las tensiones y los flujos en los puntos de parada se presentan en las ecuaciones (4) y (5) [38]:

$$i_k(t) = \frac{1}{Z_C} v_k(t) + i_{kh}(t) \quad (4)$$

$$i_m(t) = \frac{1}{Z_C} v_m(t) + i_{mh}(t) \quad (5)$$

En donde se obtiene las siguientes ecuaciones (6) y (7):

$$i_{kh}(t) = -\frac{1}{Z_C} v_m(t - \tau) - i_m(t - \tau) \quad (6)$$

$$i_{mh}(t) = -\frac{1}{Z_C} v_k(t - \tau) - i_k(t - \tau) \quad (7)$$

Se toma en consideración que $[\tau]$, es el tiempo en que la onda viajera se desplaza por todo de conductor [38].

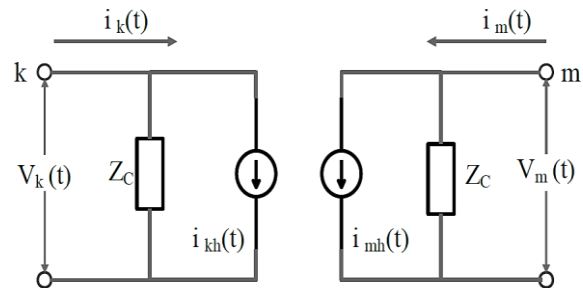


Figura 4: Circuito equivalente del modelo de Bergeron.

En donde la impedancia [Z_c], la cual es característica, se la puede llegar a representar por medio de la ecuación (8), [27], [38]:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \quad (8)$$

Cuando se tiene presencia de sistemas M-fásicos, las L/T se pueden desacoplar utilizando el método para descomponer varios nodos, el cual sirve para analizar cada nodo o punto como si fuera una línea monofásica, para después pasar a resolverlo aplicando matrices de transformación constantes [26], [38].

Esta matriz a su vez cuenta con componentes reales, dando como resultado valores precisos para líneas balanceadas [38].

Por otra parte, en presencia de líneas que no están balanceadas el modelo no llega a ser útil, debido a que se está en presencia de una matriz de transformación constante la cual no llega a ser válida, ya que las matrices llegan a depender de la frecuencia [27], [38].

3.1.2 Modelo de L/T con parámetros dependientes de la frecuencia de J. Martí.

El modelo de L/T que depende de la frecuencia (también nombrado como modelo de J. Martí), es aplicado actualmente en la mayoría de los programas de transitorios electromagnéticos, es muy eficiente y preciso para la mayoría de los casos de simulación [33], [39].

Sin embargo, hace una aproximación al elegir la matriz de transformación modal que se utiliza para cambiar las variables entre los dominios de fase y modal en cada paso de tiempo de la simulación [23], [33].

Esta aproximación puede no ser válida para ciertas configuraciones de torres y/o tipos de conductores en los que los

parámetros de la línea varían drásticamente con la frecuencia [12].

Debido a que las pérdidas en este modelo tienen un comportamiento distribuido y sus variables tienen dependencia de la frecuencia, las ecuaciones de la L/T se las desarrolla en el dominio de la frecuencia, las cuales se representan en (9) y (10) [33], [39]:

$$V_k(\omega) = Z_c(\omega)I_k(\omega) + E_{mh}(\omega) \quad (9)$$

$$V_m(\omega) = Z_c(\omega)I_m(\omega) + E_{kh}(\omega) \quad (10)$$

Por lo tanto, se tiene que (11) y (12):

$$E_{mh}(\omega) = A(\omega)F_{pk} = [V_k(\omega) + Z_c(\omega)I_k(\omega)]e^{-\gamma(\omega)l} \quad (11)$$

$$E_{kh}(\omega) = A(\omega)F_{pm} = [V_m(\omega) + Z_c(\omega)I_m(\omega)]e^{-\gamma(\omega)l} \quad (12)$$

Son las fuentes de tensión que se tienen en los puntos iniciales k y m, además se aprecia la impedancia característica “ Z_c ” y el valor constante de propagación “ γ ” que se observa en (11) y (12), se las representan también en (13) y (14) como se observa a continuación [12], [39]:

$$Z_c(\omega) = \sqrt{\frac{R'(\omega) + j\omega L'(\omega)}{G'(\omega) + j\omega C'(\omega)}} \quad (13)$$

$$\gamma(\omega) = \sqrt{(R'(\omega) + j\omega L'(\omega))(G'(\omega) + j\omega C'(\omega))} \quad (14)$$

Debido a que en (13) y (14) están en dominio de la frecuencia se las transforma al dominio del tiempo por medio de la transformada de Laplace y se obtiene (15) y (16) las cuales se mostrarán a continuación [33], [39]:

$$V_k(t) = Z_C * i_k(t) + [v_m(t) + Z_C * i_m(t)] * a(t) \quad (15)$$

$$V_m(t) = Z_C * i_m(t) + [v_k(t) + Z_C * i_k(t)] * a(t) \quad (16)$$

El circuito equivalente resultante que se obtiene en el dominio de la frecuencia de (9) y (10) se lo representa en la Fig.5, como se presenta a continuación.

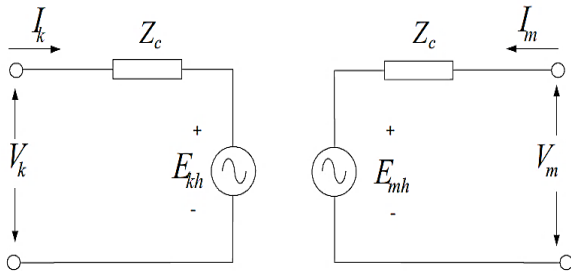


Figura 5: Circuito equivalente del modelo de J.Marti.

En este modelo, para acelerar este ciclo, es importante combinar los componentes comprometidos con la convolución, por ejemplo, la impedancia de marca registrada Z_c y la capacidad de dispersión, debido a la idea sin sentido de Z_c y γ , [40].

La combinación mediante capacidades objetivas ayuda en gran medida al desarrollo y resolución a la parte matemática de la convolución, haciendo este proceso más sencillo y más rápido, ya que se adquieren exponenciales los cuales son un método eficaz al momento de aplicar estrategias de convolución recursiva en el espacio de tiempo [32].

La estrategia de estimación que es principalmente utilizada por el creador de este modelo, es el método de trazado asintótico de Bode, en el que la regla fundamental es separar en varias partes la

curva dada, en otras palabras consiste en segmentar la primera curva por tramos la L/T, los cuales son nivelados o tienen una inclinación de 20 dB/década [12].

Los lugares donde son el punto de variación de la inclinación son en específico los ejes y los valores de cero de la capacidad de nivelación, el modelo de J. Martí no es extremadamente preciso a bajas frecuencias y para áreas de línea excepcionalmente cortas, debido a los errores presentes en las estimaciones espacio-temporales [33],[40].

4 Planteamiento del problema.

Para poder realizar el estudio y el análisis de los transitorios en las L/T para visualizar como es su comportamiento ante diferentes escenarios, se ocupó el programa comercial ATP-EMTP para ver la respuesta de los voltajes transitorios cuyo esquema se visualiza en la Fig.8.

Para ser un estudio de forma práctica se seleccionó una línea de transmisión ecuatoriana la cual es la L/T Ambato-Totoras, la cual tiene una longitud de línea de 7,7[km], como se visualiza en la Fig.6, la cual es a simple circuito y en cada fase cable ACAR, calibre 750 [MCM], además que la disposición de los cables de cada fase y el cable de guarda son diferentes entre sí siendo que el cable de se ubica a 32 [m], la Fase A se ubica a 26 [m], Fase B se ubica a 23 [m], Fase C se ubica a 20[m], como se muestra en la Fig.6 [41].

Para la coordinación de aislamiento se utilizó la norma IEC 60071-1, la cual se ocupó para la selección de la rigidez dieléctrica del aislador, se tomó en cuenta las condiciones ambientales y las características del dispositivo de protección disponibles, aquí, también se aplicó la norma IEC 60071-4, la cual presenta recomendaciones para modelar el sistema eléctrico que en este caso

es un sistema de transmisión con L/T de corta longitud, se utilizó para el modelo de la torre, y línea de transmisión.

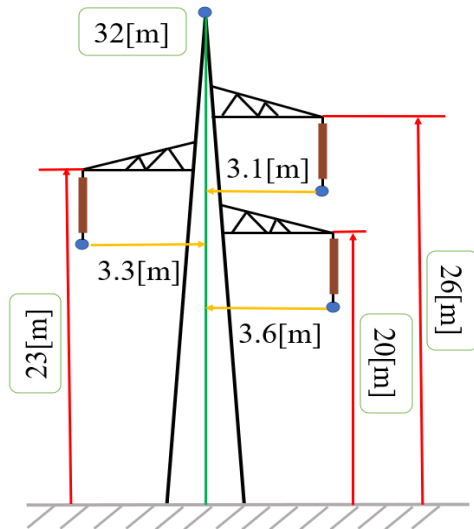


Figura 6: Datos de L/T disposición de cables.

Los parámetros de la línea de transmisión está dada en la Tabla 1y los datos del modelo eléctrico de la torre de 138 [kV] son los siguientes $h_{MATS}= 20[m]$, $r_{MATS}= 5[m]$, $L_{MITS}=1[uF/m]$ [42], [43].

Tabla 1: Parámetros de conductor por fase y cable de Guarda de la L/T – 138[kv]

Tipo	Fase	C.G.
Conductor	Tubular	Solido
DC-Resistencia	0.05 [Ω/km]	0.50 [Ω/km]
GMR	11.73[mm]	6.0 [mm]
Diámetro externo	28.8 [mm]	17 [mm]
Diámetro interno	9.6 [mm]	-

Para la implementación de la cadena de aisladores y la coordinación de aislamiento [44] [45], en los aisladores se utilizó el modelo ISF, este tipo de modelo simula una cadena de aisladores como esta propuesta en [46].

El modelo ISF implementa modelos de flameo de cadena de aisladores, además incorpora un modelo el cual puede controlar un interruptor de TACS Tipo 13.

Por otro lado este modelo de aislador toma en consideración curvas de tensión-tiempo como se visualiza en la Norma 60071-4 [47], la publicación 63 de CIGRE sección 5.5.2 y en el Work-group 3 de la IEEE [48].

Este modelo toma en consideración las variables “D” que es la longitud total de la cadena de aisladores, la cual es la suma de las longitudes de los aisladores ubicados en serie, además se considera la variable “U0”, esta variable es la tensión de impulso soportable tipo rayo dada en [kV], de igual forma se consideró esta variable para cada aislador que conforma la coordinación de aislamiento para cada fase del sistema de estudio.

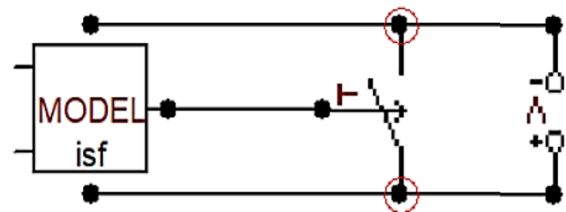


Figura 7: Modelo ISF de ATP para la cadena de aisladores.

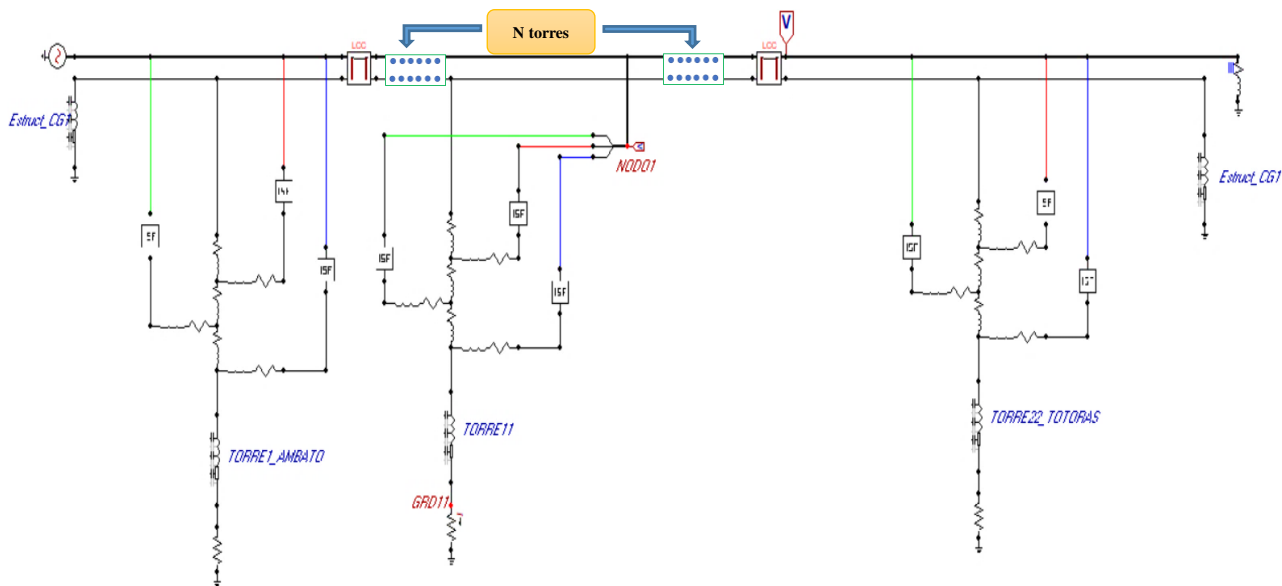


Figura 8: Modelo simplificado para estudio transitorio de la L/T Ambato-Totoras.

4.1 Modelación de casos de estudio y vanos de la L/T.

Para el sistema de estudio donde se escogió una línea de 7,7 [km] de largo, considerando que cada torre se ubicara a una distancia de 320 [m] entre cada una de ellas, dando un total de 22 torres y 21 vanos de línea, como se puede visualizar en la Fig.8, donde se aprecia la ubicación de cada torre y el trayecto de la L/T de 138[kV], además los datos de presión, temperatura, longitud y latitud de cada torre necesarios para el cálculo de la cadena de aisladores se detalla en el Anexo1[49], para el cálculo de la cadena de aisladores se tomó en consideración el nivel y la distancia de fuga (contaminación) especificadas en la norma detallada anteriormente, se ocupó dos valores: el primero para cuando el nivel de contaminación es medio con un valor de 35 [mm/kV] y el segundo para cuando el nivel de contaminación es fuerte con un valor de 44 [mm/kV], estos valores se aplicaron según la localización de cada torre tomando en

consideración la cercanía o no a la ciudad, también la presencia de agricultura.

Para el modelamiento de las sobretensiones transitorias, en el primer evento de estudio se simulará una descarga atmosférica utilizando una fuente tipo impulso de corriente, en específico la fuente de Heidler la cual cuenta con una corriente de 10 [kA] y con un tiempo t_f de $1.e-5$ [s] y un tau de 0.00012[s], esta fuente se conectará sobre el cable de guarda para ejemplificar el impacto de un rayo. Al estar conectada al cable de guarda se producirá una sobretensión de tipo transitoria, siendo esta de frente rápido su efecto se visualizará y se reflejará en todos los componentes del sistema de transmisión.

Para los eventos de estudio para los diferentes tipos de fallas como: Falla monofásica, bifásica, bifásica tierra y trifásica, se utilizará un Splitter el cual estará conectado a varias resistencias de 1[Ohm], las cuales se activarán en $T_{ci}= 0.02$ [s] y el $T_{op} = 0.03$ [s], para poder visualizar su efecto en el sistema, pero específicamente en la cadena de

aisladores, de la misma manera para el caso de la apertura y cierre de la L/T, se ocupó 3 interruptores en un tramo de L/T, los cuales se activaran en $T_{cl} = -0.01[s]$, $T_{op} = 0.02[s]$, $T_{cl} = 0.03[s]$ y el $T_{op} = 0.08[s]$.

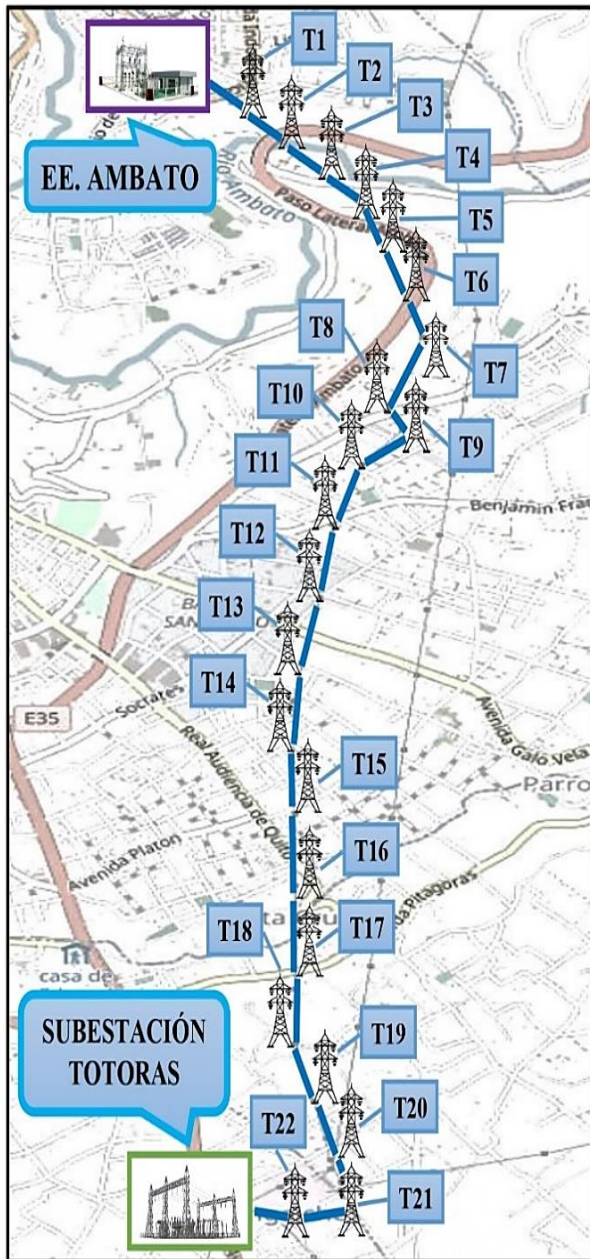


Figura 9: Disposición de torres y vanos de L/T Ambato-Totoras de 138[kV].

5 Análisis de resultados.

Para un tener una mejor perspectiva del comportamiento de los sobrevoltajes en el sistema se colocará puntas de prueba de voltaje para ver su efecto durante cada perturbación, el primer escenario con un buen cálculo de cadena de aisladores y el segundo escenario con un mal cálculo de la cadena de aisladores, además de analizar la corriente presente en la estructura a tierra de la torre de transmisión, además para cada torre se obtuvo un valor determinado de aisladores el cual va estar detallado en el Anexo 1, para la cadena de aisladores se ocupó el aislador de suspensión Clase ANSI C29.2 [50], el cual tiene una distancia de fuga de 432[mm] y un diámetro de 146[mm].

Tabla 2: Eventos para el análisis transitorio.

Evento	Descripción	Escenario
1	Descarga	A
	Atmosférica	B
2	Falla 1 \emptyset	A
		B
3	Falla 2 \emptyset	A
		B
4	Falla 2 \emptyset -tierra	A
		B
5	Falla 3 \emptyset	A
		B
6	Maniobra de línea	A
		B

Nota: Para los escenarios se tiene que tomar en cuenta que A) Es para el correcto dimensionamiento de la cadena de aisladores y B) Es para el mal dimensionamiento de la cadena de aisladores.

5.1 Sobretenión transitoria por descarga atmosférica.

Para este análisis como se detalló anteriormente el sistema de estudio completo cuenta con las 22 torres y los 21 vanos, como

se visualiza en el Anexo, donde en la mitad de la L/T, específicamente en la torre 11 se realizó la simulación del impacto de un rayo o en otras palabras una descarga atmosférica por medio de una fuente Heider la cual se activará en $T_{start} = 0.02[s]$ y se apagará en $T_{stop} = 0.03[s]$.

5.1.1 Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores

-Modelo de Bergeron:

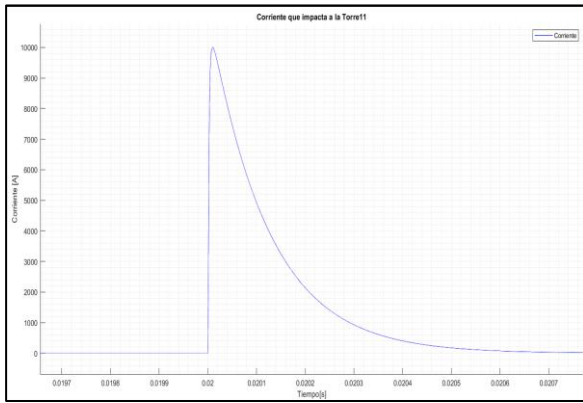
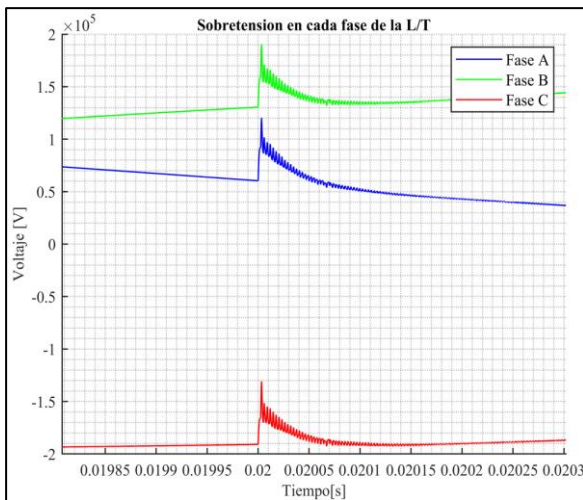
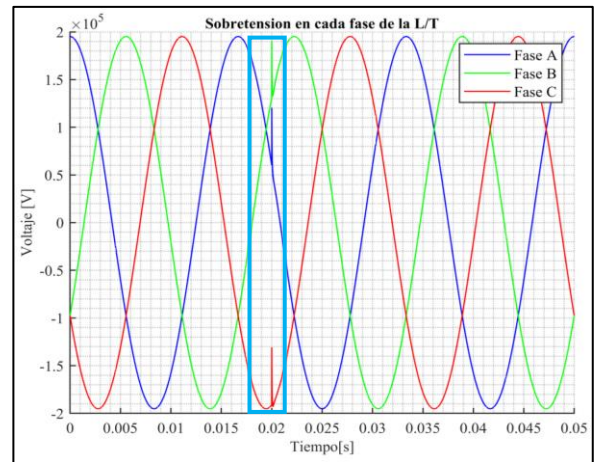


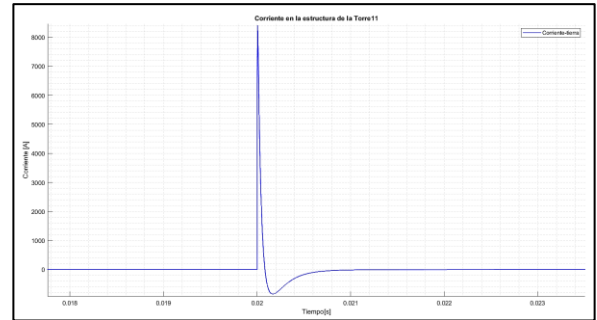
Fig.9: Comportamiento del transitorio de corriente del impacto del rayo en C.G.



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



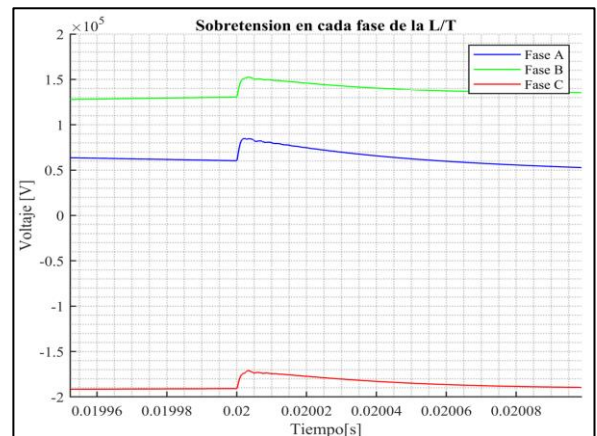
(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



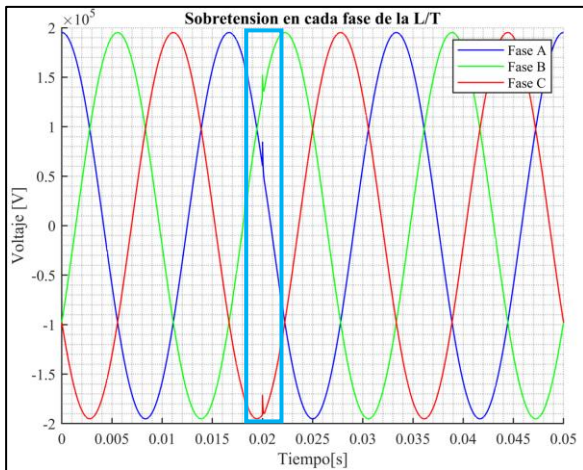
(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 10: Comportamiento del transitorio de voltaje en la cadena de aisladores de cada fase y el transitorio de corriente en la torre de transmisión, impacto rayo- Bergeron.

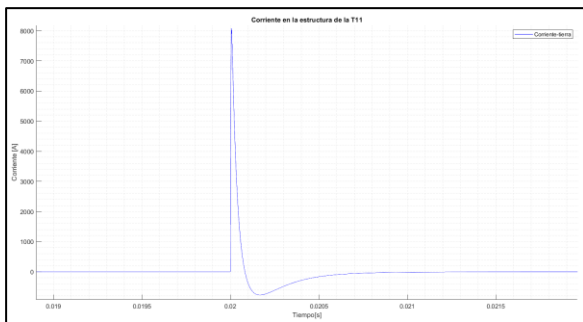
-Modelo de J. Martí:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 11: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, impacto rayo-J. Martí.

-Análisis general comparativo de tensión y corriente entre ambos modelos:

Como se puede observar en la Fig.9 el impacto del rayo tiene un pico de corriente de 10[kA], éste valor es el que se programó en la fuente en un estrado inicial, por otro lado haciendo una comparación de las sobretensiones entre la Fig.10 y la Fig.11, se puede visualizar que la Fig.10, la cual ocupa el modelo de Bergeron para hacer el análisis transitorio se puede apreciar de mejor manera el transitorio de frente rápido, ya que en el pico de la fase A en de 120[kV], el de la fase B es de 190[kV] y el de la fase C es de -170[kV], lo que se resalta en éste modelo es

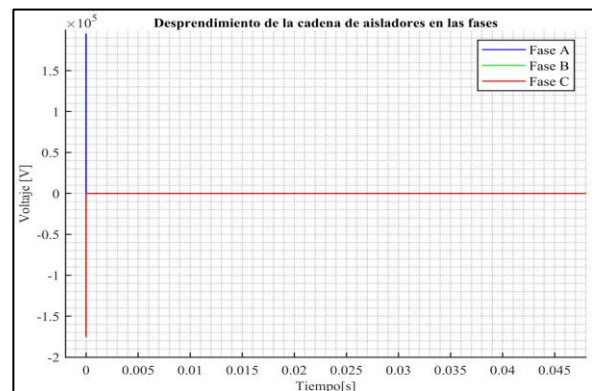
que el transitorio una vez alcanza su valor pico máximo, después comienza a atenuarse con el tiempo, hasta llegar a la normalidad.

En el caso del modelo de Martí, como se puede visualizar en la Fig.11, para el análisis transitorio se puede apreciar el transitorio de frente rápido de forma más plana, ya que en el pico de la fase A en de 90[kV], el de la fase B es de 150[kV] y el de la fase C es de -170[kV], lo que se observa en éste modelo es que el transitorio una vez alcanza su valor pico máximo, comienza a disminuir de forma lineal, hasta llegar a la normalidad.

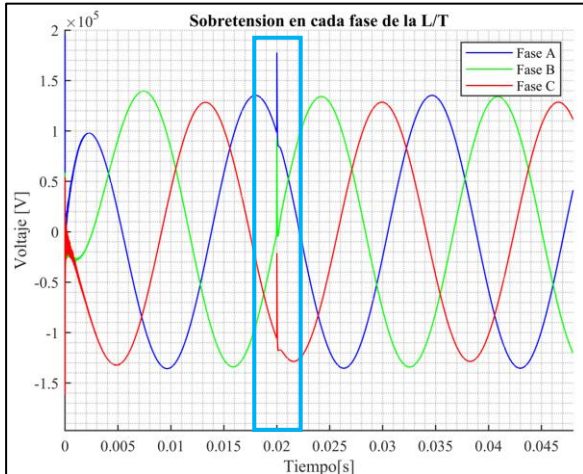
En el caso para el análisis de las corrientes como se puede apreciar en las Fig.10 y Fig.11, para ambos modelos tanto Bergeron como J. Martí la corriente tiene un comportamiento parecido, lo que los diferencia son los valores pico ya que en el modelo de Bergeron llega a un pico máximo de 10[kA] y en el modelo de J. Martí llega a un valor pico de en ambos modelos se aprecia que le pico máximo de 9[kA], en ambos modelo se visualiza que una vez llega a su valor máximo comienza a atenuarse con el tiempo hasta llegar a cero.

5.1.2 Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores

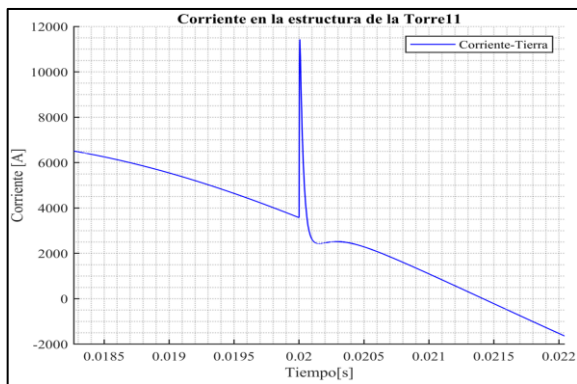
-Modelo de Bergeron:



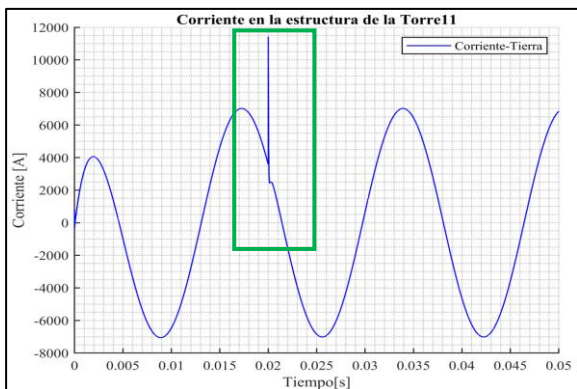
(a): Desprendimiento en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Perspectiva detallada de la corriente en la estructura a tierra



(d): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 12: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, impacto rayo-Bergeron (aislamiento incorrecto).

-Análisis comparativo entre el Escenario A) y el Escenario B):

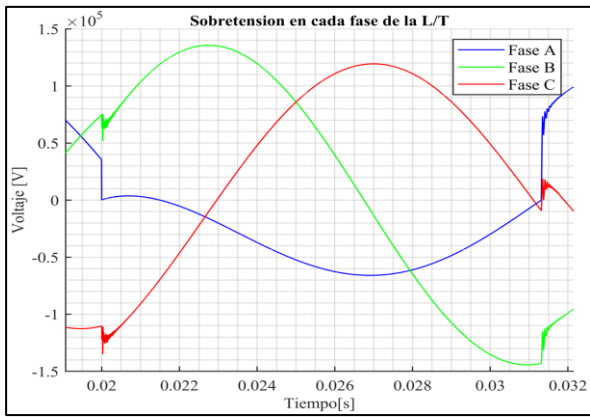
Como se logra visualizar en la Fig. 10 por más que la sobretensión se presentó debido al impacto del rayo, en la cadena de los aisladores se puede ver que no se presenta flameo de aisladores debido al correcto cálculo de la cadena de aisladores que para la torre 11 son 6 [aisladores por fase], por otro lado, en la Fig.12 se logra apreciar la sobretensión debido al impacto del rayo en los aisladores, donde en los aisladores si se presencia flameo de aisladores como se puede observar en esta figura la tensión en todas las fase se fueron a 0 [kV] y por más que transcurrió el tiempo la L/T no se recupera, lo cual demuestra la consecuencia del mal dimensionamiento de la cadena de aisladores, para éste caso se utilizó solo 3 aisladores con las mismas características de los aisladores anteriores.

5.2 Sobretensión transitoria por falla monofásica.

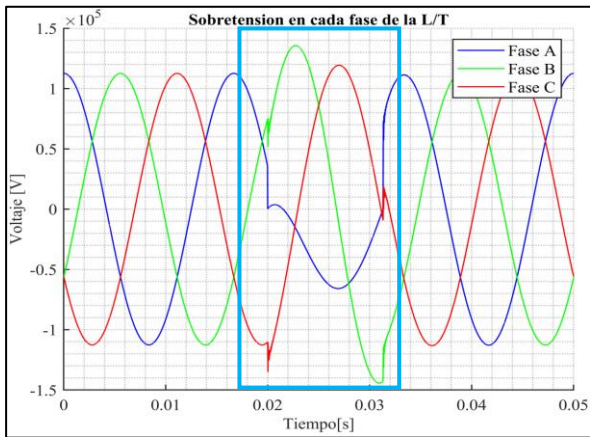
Para esté análisis como se detalló anteriormente el sistema de estudio completo cuenta con las 22 torres y los 21 vanos, como se visualiza en el Anexo 2, donde en la mitad de la L/T, específicamente en la torre 11 se realizó la simulación de la falla monofásica por medio de 1 suiche el cual se abrirá en $T_{op} = 0.02[s]$ y se cerrará en $T_{cl} = 0.03[s]$, esté suiche está conectado a una resistencia de $2[\Omega]$.

5.2.1 Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores

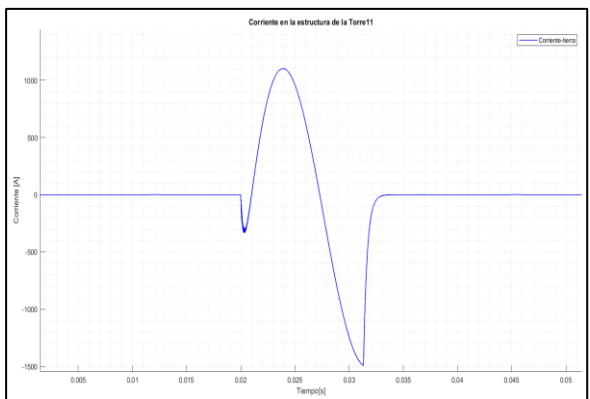
-Modelo de Bergeron:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



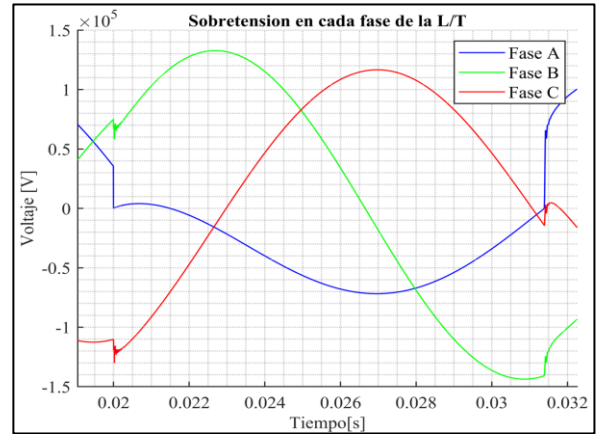
(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



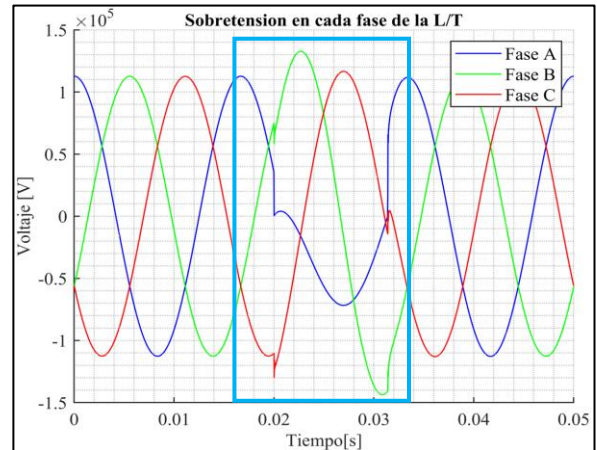
(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 13: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla monofásica-Bergeron.

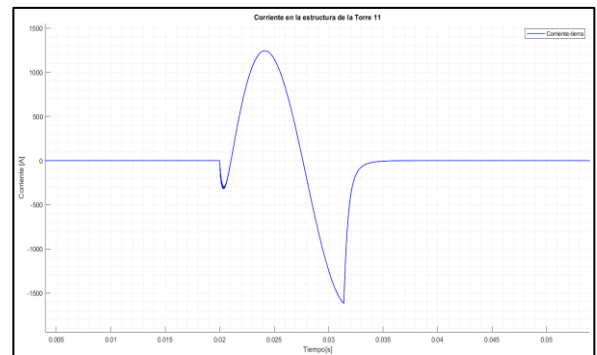
-Modelo de J. Martí:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructuran de la torre a tierra.

Figura 14: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla monofásica-J. Martí.

-Análisis general comparativo de tensión y corriente entre ambos modelos:

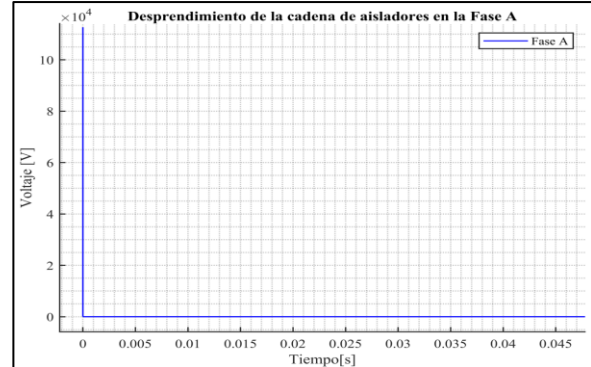
Como se puede observar haciendo una comparación de las sobretensiones entre la Fig.13 y la Fig.14, se puede visualizar que la Fig.13, la cual ocupa el modelo de Bergeron para hacer el análisis se puede apreciar de mejor manera el transitorio, ya que la fase A llega a 0[kV], siendo esta fase la cual sufre la falla monofásica, por otro lado la fase B disminuye a 50[kV], mientras que la fase C llega a un valor de -140[kV], lo que se resalta en este modelo es que el transitorio cuando está presente en el sistema tiene un comportamiento oscilatorio, después comienza a atenuarse con el tiempo, hasta llegar a la normalidad.

En el caso del modelo de Martí, como se puede visualizar en la Fig.14, para el análisis transitorio se puede apreciar el transitorio de forma más plana, ya que la fase A llega a 0[kV], siendo esta fase la cual sufre la falla monofásica, por otro lado la fase B disminuye a 60[kV], mientras que la fase C llega a un valor de -130[kV], lo que se observa en este modelo es que el transitorio una vez se presenta la falla, después de un lapso de tiempo comienza a disminuir de forma lineal, hasta llegar a la normalidad.

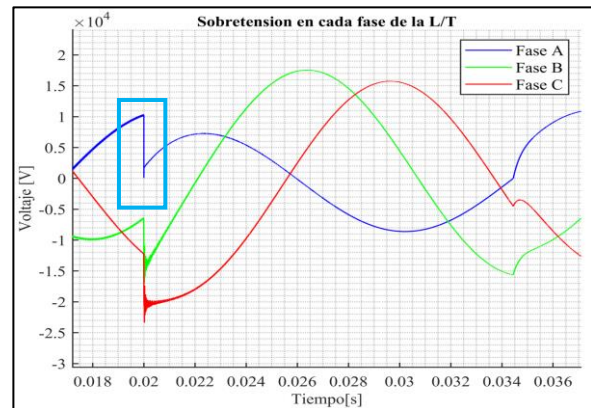
En el caso para el análisis de las corrientes como se puede apreciar en las Fig.13 y Fig.14, para ambos modelos tanto Bergeron como J. Martí la corriente tiene un comportamiento parecido, lo que los diferencia son los valores pico ya que en el modelo de Bergeron llega a un pico máximo de 1.1[kA] y en el modelo de J. Martí llega a un valor pico de en ambos modelos se aprecia que el pico máximo de 1.25[kA], en ambos modelos se visualiza que la forma de onda de corriente mientras dura la falla tiene una forma senoidal, una vez llega a su valor máximo comienza a atenuarse con el tiempo hasta llegar a cero.

5.2.2 Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores

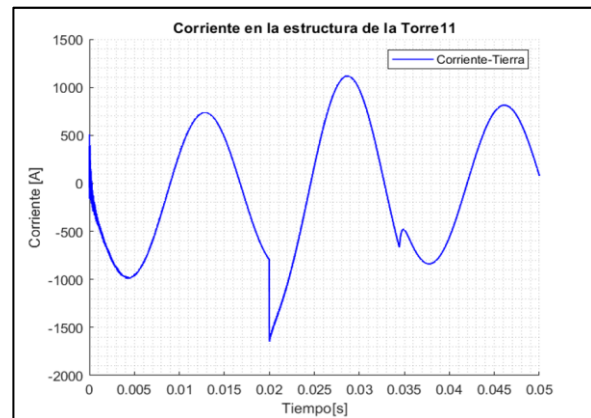
-Modelo de Bergeron:



(a): Desprendimiento en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 15: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla monofásica-Bergeron (aislamiento incorrecto).

-Análisis comparativo entre el Escenario A) y el Escenario B):

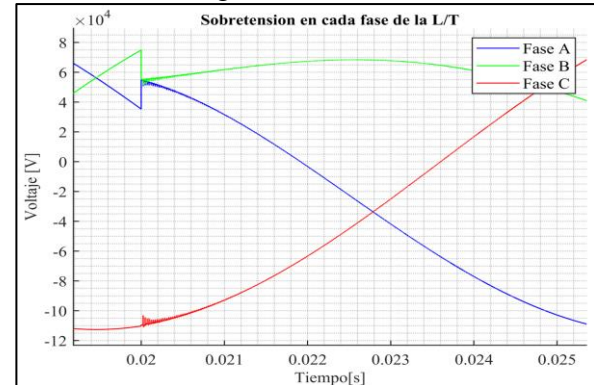
Como se logra visualizar en la Fig. 14 por más que la sobretensión se presentó debido a la falla monofásica, en la cadena de los aisladores se puede ver que no se presenta flameo de aisladores debido al correcto cálculo de la cadena de aisladores que para la torre 11 son 6 [aisladores por fase], en este caso la Fase A, por otro lado, en la Fig.12 se logra apreciar la sobretensión debido a la falla monofásica en la mitad de la L/T, donde los aisladores de la Fase A si presentan flameo como se puede observar en esta figura la tensión en la Fase A se fue a 0[kV] y por más que transcurrió el tiempo la L/T no se recuperó, lo cual demuestra la consecuencia del mal dimensionamiento de la cadena de aisladores, para este caso se utilizó solo 3 aisladores con las mismas características de los aisladores anteriores, además comparando las gráficas de corriente en un caso solo se presenta por un corto periodo de tiempo mientras que la otra se mantiene y no se atenúa por más que pase el tiempo.

5.3 Sobretensión transitoria por falla bifásica.

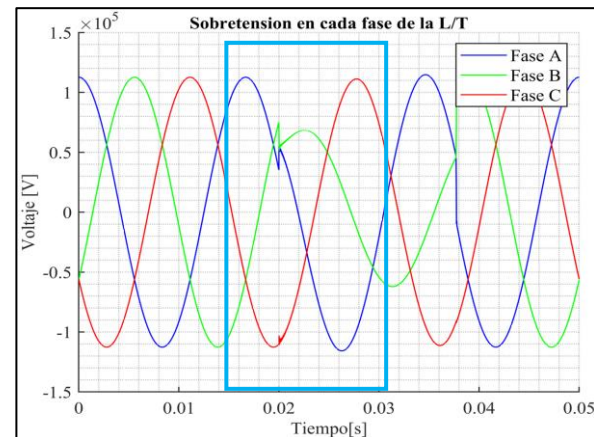
Para este análisis como se detalló anteriormente el sistema de estudio completo cuenta con las 22 torres y los 21 vanos, como se visualiza en el Anexo 3, donde en la mitad de la L/T, específicamente en la torre 11 se realizó la simulación de la falla bifásica por medio de 2 suiches los cuales se abrirán en $T_{op}= 0.02[s]$ y se cerrará en $T_{cl} = 0.03[s]$, estos suiches están conectados a 2 resistencias de $2[\Omega]$.

5.3.1 Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores

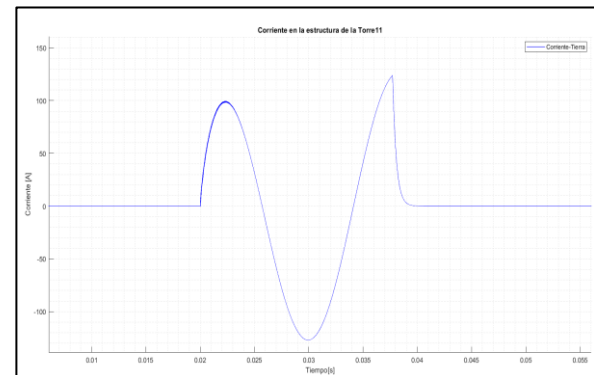
-Modelo de Bergeron:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



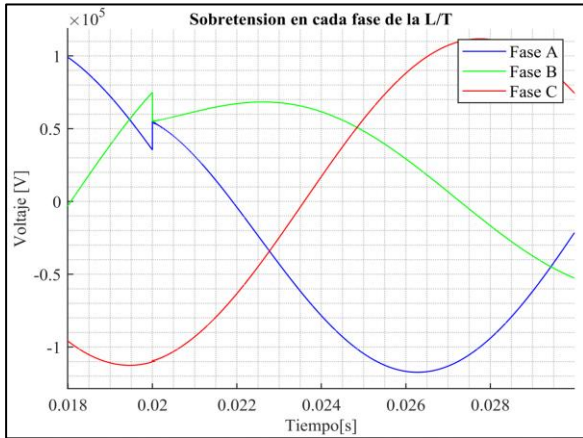
(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



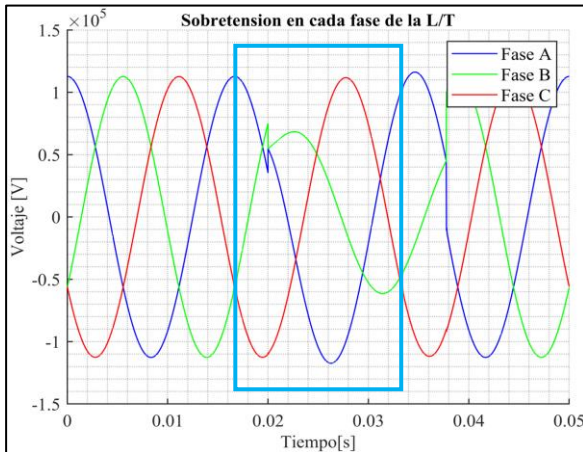
(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 16: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-Bergeron.

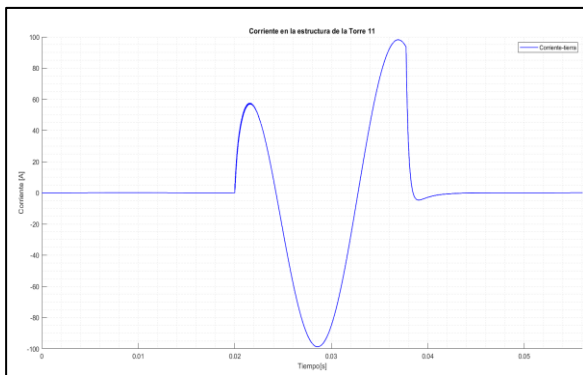
-Modelo de J. Martí:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 17: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-J. Martí.

-Análisis general comparativo de tensión y corriente entre ambos modelos:

Como se puede observar haciendo una comparación de las sobretensiones entre la Fig.16 y la Fig.17, se puede visualizar que la Fig.16, la cual ocupa el modelo de Bergeron para hacer el análisis se puede apreciar de mejor manera el transitorio, ya que la fase A llega a 30[kV] y la fase B llega a 50[kV], estas disminuyen su valor nominal de 130[kV], siendo estas fases las cuales sufren la falla bifásica, por otro lado la fase C llega a un valor de -150[kV] siendo esta fase la que menos efecto sufre debido a la falla, lo que se resalta en este modelo es que el transitorio cuando está presente en el sistema tiene un comportamiento oscilatorio y después comienza a atenuarse con el tiempo, hasta llegar a la normalidad.

En el caso del modelo de Martí, como se puede visualizar en la Fig.17, para el análisis transitorio se puede apreciar el transitorio de forma más plana, ya que la fase A llega a 35[kV], la fase B llega a 55[kV], siendo estas dos fases las cuales sufren la falla bifásica, por otro lado la fase C llega a un valor de -115[kV], siendo esta fase la que menos efecto sufre debido a la falla, lo que se observa en este modelo es que el transitorio una vez se presenta la falla, después de un lapso de tiempo comienza a disminuir de forma lineal, hasta llegar a la normalidad.

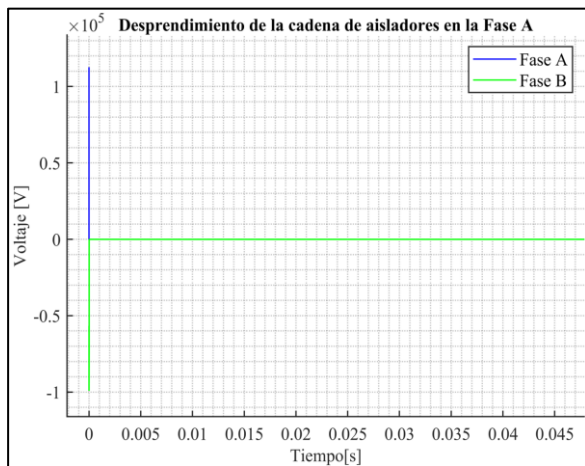
En el caso para el análisis de las corrientes como se puede apreciar en las Fig.16 y Fig.17, para ambos modelos tanto Bergeron como J. Martí la corriente tiene un comportamiento parecido, lo que los diferencia son los valores pico ya que en el modelo de Bergeron llega a un pico máximo de 0.125[kA] y en el modelo de J. Martí llega a un valor pico de 0.09[kA], se aprecia que el pico máximo de 0.09[kA],

En ambos modelos se visualiza la forma de onda de corriente mientras dura la falla tiene

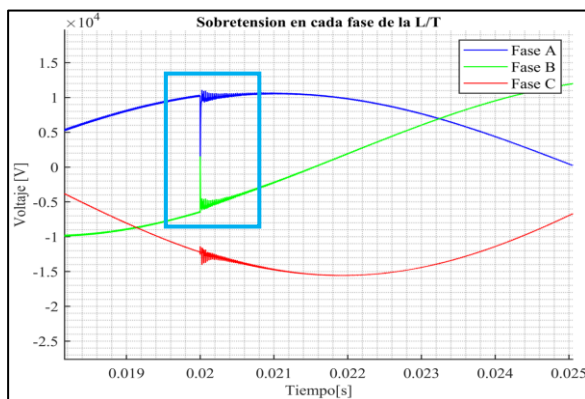
una forma senoidal, una vez llega a su valor máximo comienza a atenuarse con el tiempo hasta llegar a cero, esta forma de onda solo dura mientras el transitorio esté presente, una vez se disipa la forma de la corriente vuelve a su comportamiento normal.

5.3.2 Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores

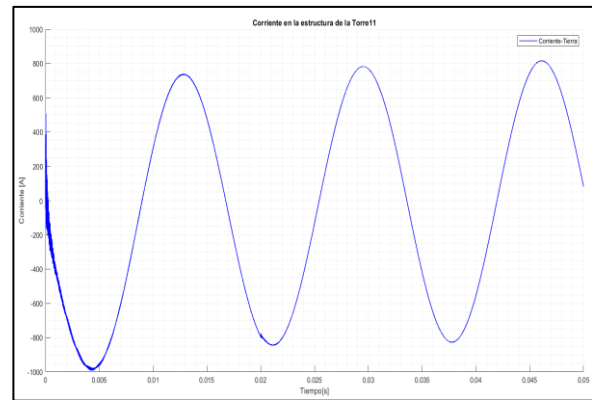
-Modelo de Bergeron:



(a): Desprendimiento en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 18: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-Bergeron (aislamiento incorrecto).

-Análisis comparativo entre el Escenario A) y el Escenario B):

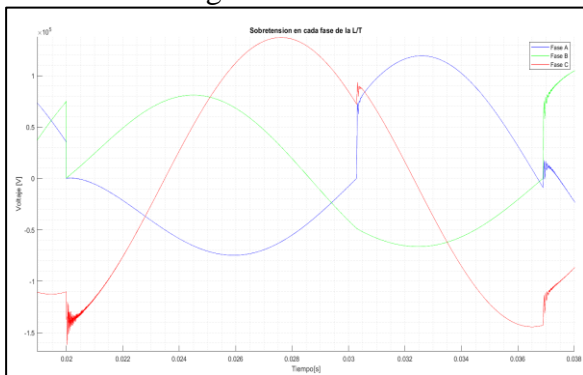
Como se logra visualizar en la Fig. 16 por más que la sobretensión se presentó debido a la falla bifásica, en la cadena de los aisladores se puede ver que no se presenta flameo de aisladores debido al correcto cálculo de la cadena de aisladores que para la torre 11 son exactamente 6 [aisladores por fase], en este caso la Fase A y la Fase B son las que presentan esta perturbación, por otro lado, en la Fig.18 se logra apreciar la sobretensión debido a la falla bifásica en la mitad de la L/T, donde la cadena de aisladores tanto de la Fase A y los de las Fase B si presentan flameo como se puede observar en esta figura la tensión en la Fase A y la Fase B bajan completamente hasta llegar a 0[kV] y por más que transcurrió el tiempo la L/T no se recuperó, lo cual demuestra la consecuencia del mal dimensionamiento de la cadena de aisladores, para este caso se utilizó solo 3 aisladores con las mismas características de los aisladores anteriores, además comparando las gráficas de corriente en un caso solo se presenta por un corto periodo de tiempo mientras en que la otra se mantiene y no se atenúa por más que pase el tiempo.

5.4 Sobretensión transitoria por falla bifásica- tierra.

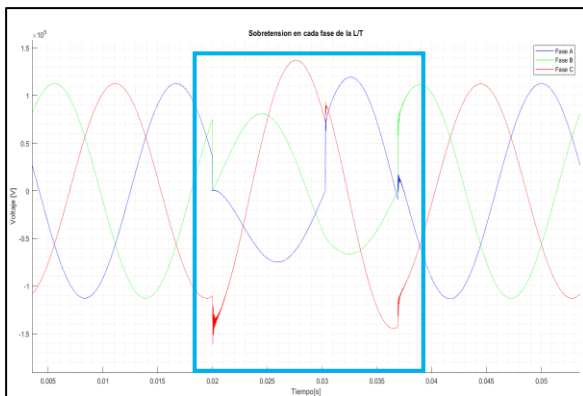
Para este análisis como se detalló anteriormente el sistema de estudio completo cuenta con las 22 torres y los 21 vanos, como se visualiza en el Anexo 4, donde en la mitad de la L/T, específicamente en la torre 11 se realizó la simulación de la falla bifásica a tierra por medio de 2 suiches los cuales se abrirán en $T_{op}=0.02[s]$ y se cerrará en $T_{cl}=0.03[s]$, estos suiches están conectados a 2 resistencias de $2[\Omega]$, estas resistencias van a estar conectadas entre sí y también va tener una conexión a tierra.

5.4.1 Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores

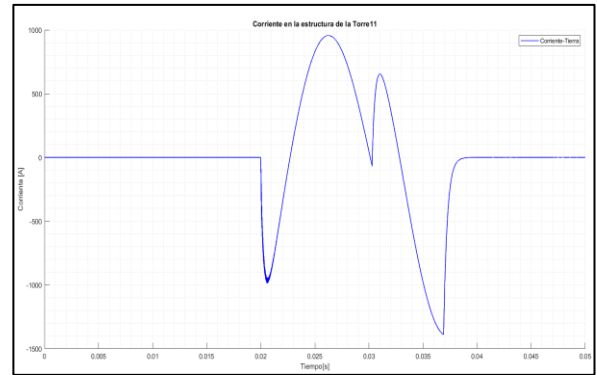
-Modelo de Bergeron:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



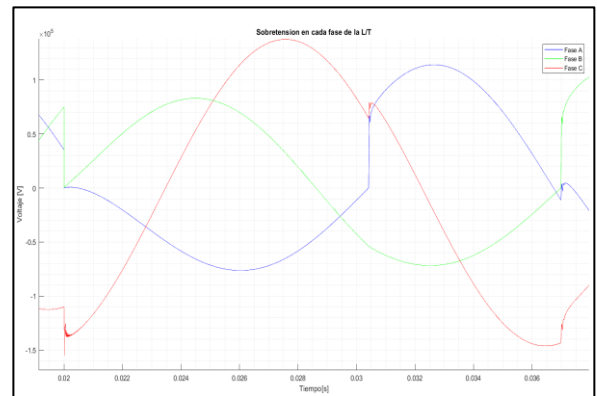
(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



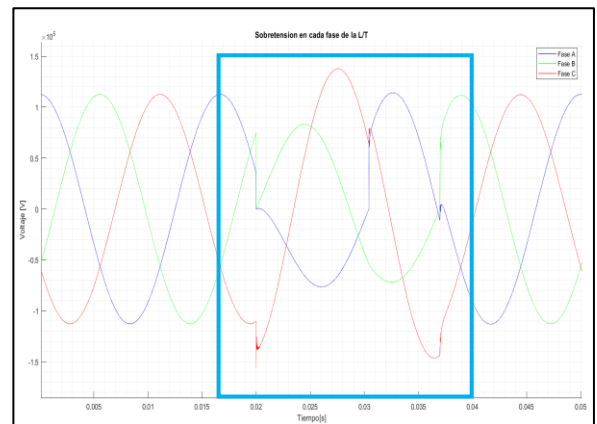
(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 19: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-tierra, Bergeron

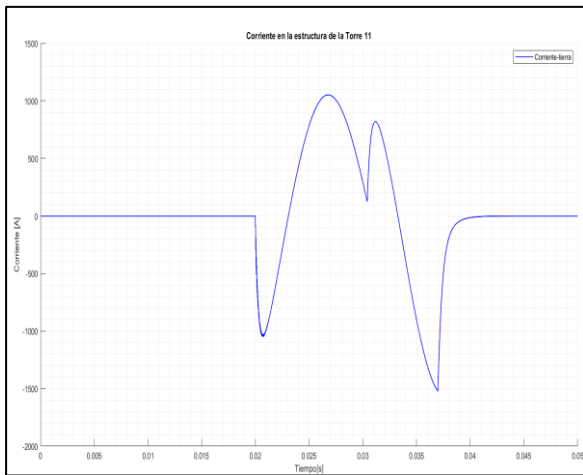
-Modelo de J. Martí:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 20: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-tierra, J. Martí.

-Análisis general comparativo de tensión y corriente entre ambos modelos:

Como se puede observar haciendo una comparación de las sobretensiones entre la Fig.19 y la Fig. 20, se puede visualizar que la Fig.19, la cual ocupa el modelo de Bergeron para hacer el análisis se puede apreciar de mejor manera el transitorio, ya que la fase A llega a 0[kV] y la fase B llega a 0[kV], estas fases decaen abruptamente de su valor nominal de 138[kV], siendo estas fases las cuales sufren la falla bifásica tierra, por otro lado la fase C llega a un valor de -160 [kV] siendo esta fase la que menos efecto sufre debido a la falla, lo que se resalta en este modelo es que el transitorio cuando está presente en el sistema tiene un comportamiento oscilatorio y después comienza a atenuarse con el tiempo, hasta llegar a la normalidad.

En el caso del modelo de Martí, como se puede visualizar en la Fig.20, para el análisis se puede apreciar el transitorio de una forma más plana, ya que la fase A baja a 0[kV], la fase B baja a 0[kV], siendo estas dos fases las cuales sufren la falla bifásica tierra, por otro

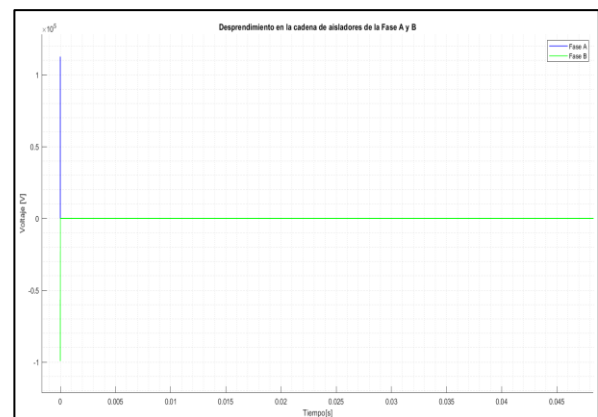
la fase C llega a un valor de -155[kV], siendo esta fase la que menos efecto sufre debido a la falla, lo que se observa en este modelo es que el transitorio una vez se presenta la falla, después de un lapso de tiempo comienza a disminuir de forma lineal, hasta llegar a la normalidad.

En el caso para el análisis de las corrientes como se puede apreciar en las Fig.19 y Fig.20, para ambos modelos tanto Bergeron como J. Martí la corriente tiene un comportamiento parecido, lo que los diferencia son los valores pico ya que en el modelo de Bergeron llega a un pico máximo de 0.95[kA] y en el modelo de J. Martí llega a un valor pico de en ambos modelos se aprecia que el pico máximo de 1.05[kA],

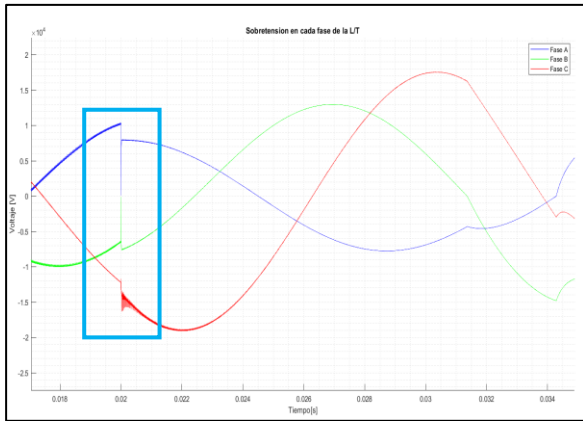
En ambos modelos se visualiza la forma de onda de corriente mientras dura la falla tiene una forma senoidal, una vez llega a su valor máximo comienza a atenuarse con el tiempo hasta llegar a cero, esta forma de onda solo dura mientras el transitorio esté presente, una vez se disipa la forma de la corriente vuelve a su comportamiento normal.

5.4.2 Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores

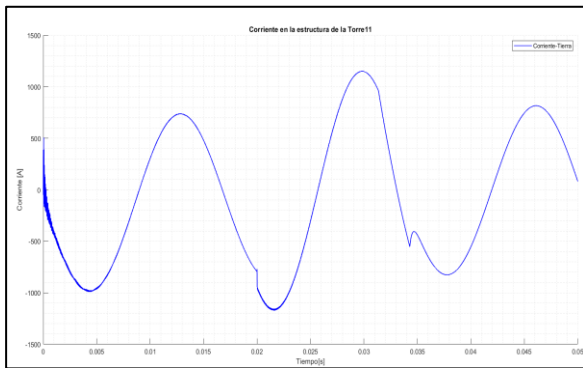
-Modelo de Bergeron:



(a): Desprendimiento en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 21: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla bifásica-tierra, Bergeron (aislamiento incorrecto).

-Análisis comparativo entre el Escenario A) y el Escenario B):

Como se logra visualizar en la Fig. 21 por más que la sobretensión se presentó debido a la falla bifásica, en la cadena de los aisladores se puede ver que no se presenta flameo de aisladores debido al correcto cálculo de la cadena de aisladores que para la torre 11 son exactamente 6 [aisladores por fase], en este caso la Fase A y la Fase B son las que presentan esta perturbación, por otro lado, en la Fig.19 se logra apreciar la sobretensión debido a la falla bifásica-tierra en la mitad de la L/T, donde la cadena de aisladores tanto de la Fase A y los de las Fase B si presentan

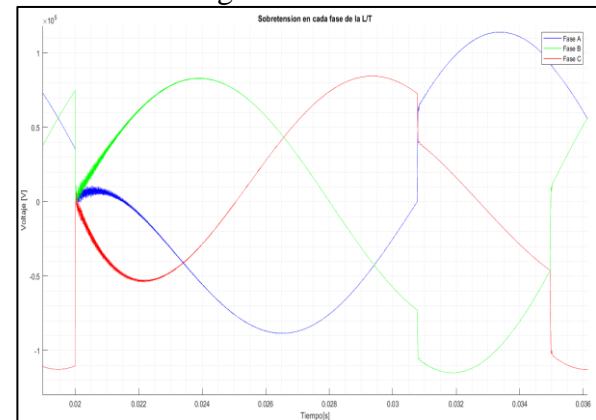
flameo como se puede observar en esta figura la tensión en la Fase A y la Fase B bajan completamente hasta llegar a 0 [kV] y por más que transcurrió el tiempo la L/T no se recuperó, lo cual demuestra la consecuencia del mal dimensionamiento de la cadena de aisladores, para este caso se utilizó solo 3 aisladores con las mismas características de los aisladores anteriores, además comparando las gráficas de corriente en un caso solo se presenta por un corto periodo de tiempo mientras que la otra se mantiene y no se atenúa por más que pase el tiempo.

5.5 Sobretensión transitoria por falla trifásica.

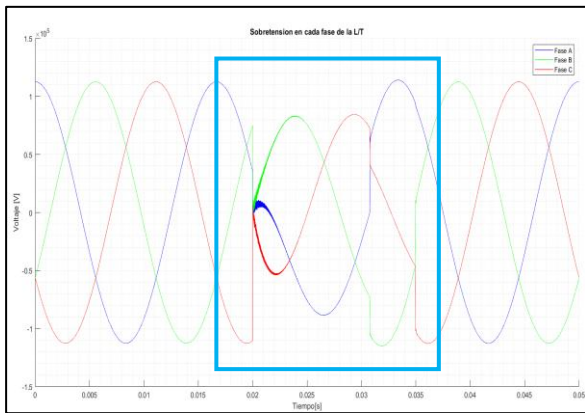
Para este análisis como se detalló anteriormente el sistema de estudio completo cuenta con las 22 torres y los 21 vanos, como se visualiza en el Anexo 5, donde en la mitad de la L/T, específicamente en la torre 11 se realizó la simulación de la falla trifásica por medio de 3 suiches los cuales se abrirán cada uno respectivamente en $T_{op} = 0.02[s]$ y se cerrará en $T_{cl} = 0.03[s]$, además que cada uno está conectado a una resistencia de $2[\Omega]$ cada uno respectivamente.

5.5.1 Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores

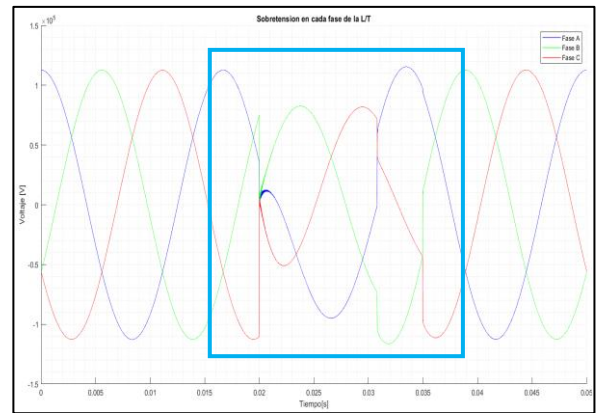
-Modelo de Bergeron:



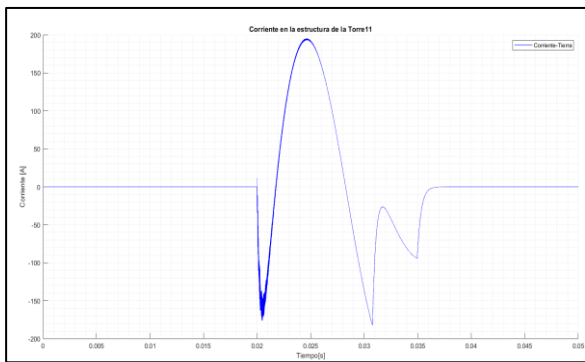
(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



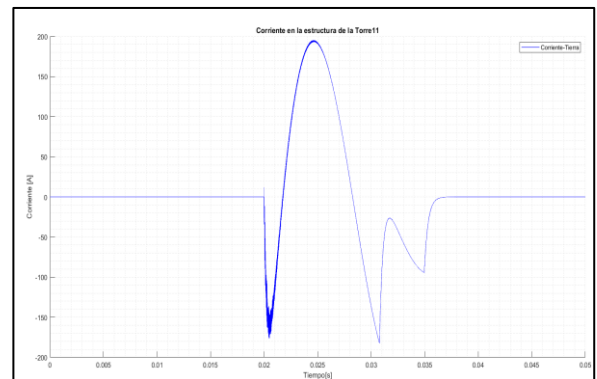
(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

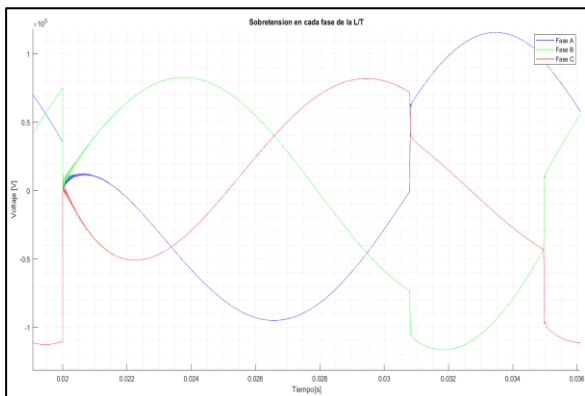


(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 22: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla trifásica-Bergeron

Figura 23: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla trifásica-J. Martí.

-Modelo de J. Martí:



(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.

-Análisis general comparativo de tensión y corriente entre ambos modelos:

Como se puede observar haciendo una comparación de las sobretensiones entre la Fig.22 y la Fig. 23, se puede visualizar que en la Fig.22, la cual ocupa el modelo de Bergeron para hacer el análisis transitorio se puede apreciar de mejor manera el transitorio, ya que la tres fases llegan a 0[kV], estas fases decaen abruptamente de su valor nominal de 138[kV], siendo estas fases las cuales sufren la falla trifásica, teniendo un efecto transitorio en todas las fases exactamente cuándo se presenta la fallan eléctrica, lo que se resalta

en este modelo es que el transitorio cuando está presente en el sistema tiene un comportamiento oscilatorio y después comienza a atenuarse con el tiempo, hasta llegar a la normalidad.

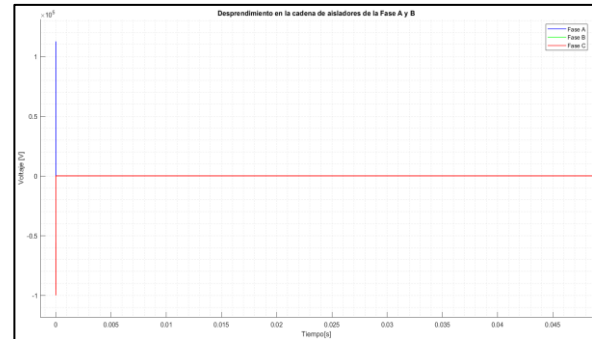
En el caso del modelo de Martí, como se puede visualizar en la Fig.23, para el análisis transitorio se puede apreciar el transitorio tiene una forma más plana, ya que las tres fases llegan a 0[kV], estas fases decaen abruptamente de su valor nominal de 138[kV], siendo estas fases las cuales sufren la falla trifásica, teniendo un efecto transitorio en todas las fases exactamente cuando se presenta la falla eléctrica, lo que se observa en este modelo es que el transitorio una vez se presenta la falla, después de un lapso de tiempo comienza a disminuir de forma lineal, hasta llegar a la normalidad.

En el caso para el análisis de las corrientes como se puede apreciar en las Fig.22 y Fig.23, para ambos modelos tanto Bergeron como J. Martí la corriente tiene un comportamiento parecido, lo que los diferencia son los valores pico ya que en el modelo de Bergeron llega a un pico máximo de 0.18[kA] y en el modelo de J. Martí llega a un valor pico de en ambos modelos se aprecia que el pico máximo de 0.25[kA],

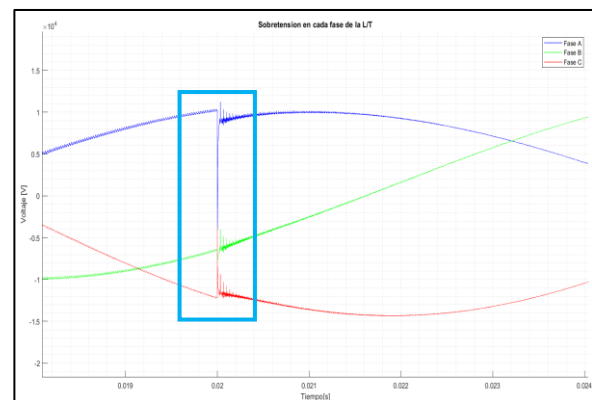
En ambos modelos se visualiza la forma de onda de corriente mientras dura la falla tiene una forma senoidal, una vez llega a su valor máximo comienza a atenuarse con el tiempo hasta llegar a cero, esta forma de onda solo dura mientras el transitorio esté presente, una vez se disipa la forma de la corriente vuelve a su comportamiento normal, teniendo un comportamiento constante como se puede visualizar tanto en las dos figuras antes mencionadas.

5.5.2 Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores

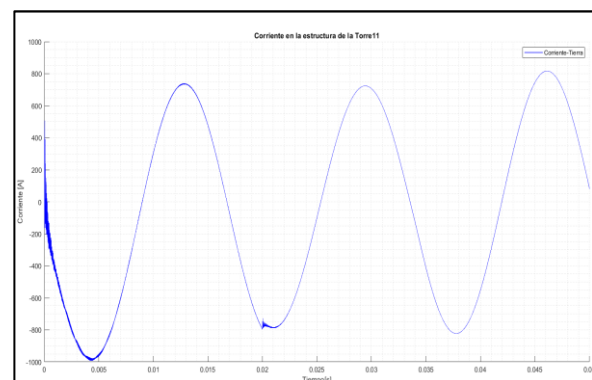
-Modelo de Bergeron:



(a): Desprendimiento en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 24: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, falla trifásica-Bergeron (aislamiento incorrecto).

-Análisis comparativo entre el Escenario A) y el Escenario B):

Como se logra visualizar en la Fig. 22 por más que la sobretensión se presentó debido a la falla trifásica, en la cadena de los aisladores se puede ver que no se presenta flameo de aisladores debido al correcto cálculo de la cadena de aisladores que para la torre 11 son en especial 6 [aisladores por fase], en este caso la Fase A, la Fase B y la Fase C son las que presentan esta perturbación, por otro lado, en la Fig.24 se logra apreciar la sobretensión debido a la falla trifásica en la mitad de la L/T, donde la cadena de aisladores tanto de la Fase A, los de las Fase B y los de la Fase C si presentan flameo como se puede observar en esta figura la tensión de las tres fases baja completamente hasta llegar a 0 [kV] y por más que transcurrió el tiempo la L/T no se recuperó, lo cual demuestra la consecuencia del mal dimensionamiento de la cadena de aisladores.

Para este caso se utilizó solo 3 aisladores con las mismas características de los aisladores anteriores, además comparando las gráficas de corriente en un caso solo se presenta por un corto periodo de tiempo mientras en que la otra se mantiene y no se atenúa por más que pase el tiempo.

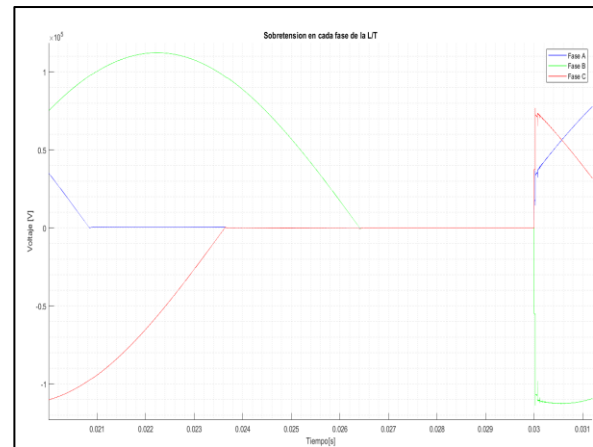
5.6 Sobretensión transitoria por maniobra de línea.

Para este análisis como se detalló anteriormente el sistema de estudio completo cuenta con las 22 torres y los 21 vanos, como se visualiza en el Anexo 6, donde al principio de la L/T, se realizó la simulación de la acción de maniovre de la L/T en otras palabras la apertura y la conexión de la L/T, por medio de 3 suichees, los cuales están conectados a cada fase de la L/T, estos dispositivos de maniovre se cerraran en $T_{cl} = -0.01[s]$ y se

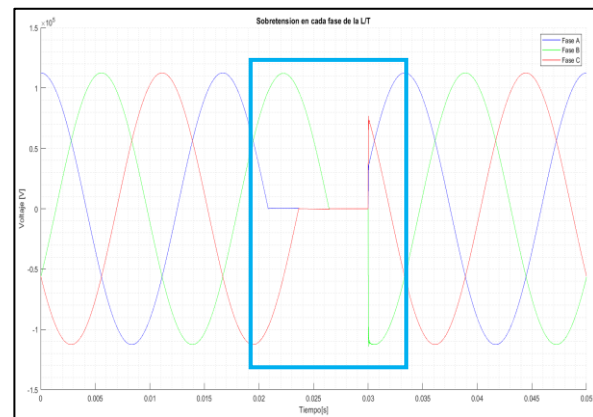
abrirán en $T_{op} = 0.02[s]$ para desconectar la línea y para conectar la línea se cerrará en $T_{rec1} = 0.03[s]$ y se abrirá en $T_{reop} = 0.07[s]$.

5.6.1 Escenario A): Correcto dimensionamiento de cadena de aisladores

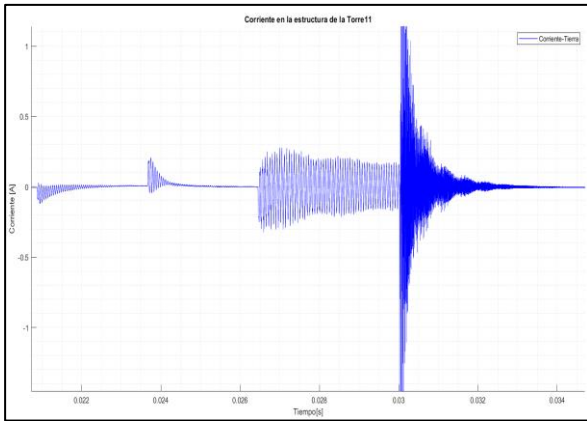
-Modelo de Bergeron:



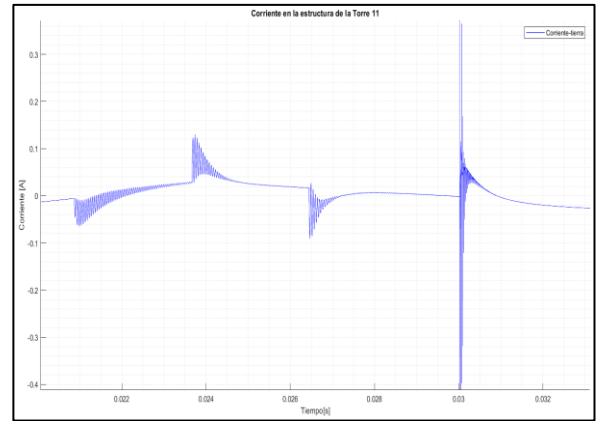
(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



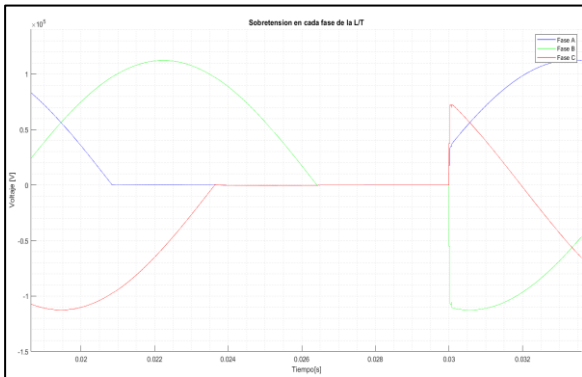
(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.



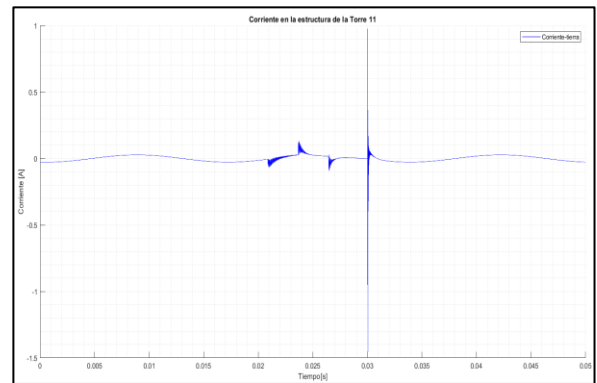
(c): Perspectiva detallada de la corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 25: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, maniobra de línea-Bergeron.

-Modelo de J. Martí:

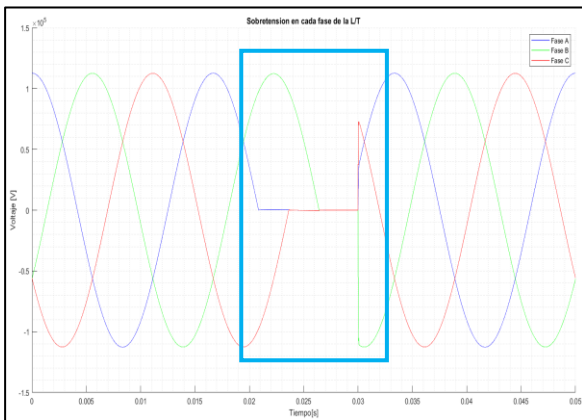


(a): Perspectiva detallada de la sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(d): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 26: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, maniobra de línea- J. Martí.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.

-Análisis general comparativo de tensión y corriente entre ambos modelos:

Como se puede observar haciendo una comparación de las sobretensiones entre la Fig.25 y la Fig. 26, se puede visualizar que la Fig.25, la cual ocupa el modelo de Bergeron para hacer el análisis transitorio, se puede apreciar de mejor manera el transitorio de frente lento, ya que las tres fases llegan a 0[kV], estas fases decaen abruptamente de su valor nominal de 138[kV], en la primera parte del evento que es cuando se desconecta la línea, se visualiza que no hay mayor presencia de transitorios, por otro lado

cuando se energiza de nuevo la línea es donde se logra apreciar el fenómeno transitorio en las tres fases, lo que se resalta en este modelo es que el transitorio cuando está presente en el sistema tiene un comportamiento oscilatorio y después comienza a atenuarse con el tiempo, hasta llegar a la normalidad.

En el caso del modelo de Martí, como se puede visualizar en la Fig.26, para el análisis transitorio se puede apreciar el transitorio de frente lento de forma más plana, ya que las tres fases llegan a 0[kV], en la primera parte del evento que es cuando se desconecta la línea, se visualiza que no hay mayor presencia de transitorios, por otro lado cuando se energiza de nuevo la línea es donde se logra apreciar el fenómeno transitorio en las tres fases, ya que las tres fases llegan a 0[kV], lo que se observa en este modelo es que el transitorio una vez se presenta la falla, después de un lapso de tiempo comienza a disminuir de forma lineal, hasta llegar a la normalidad.

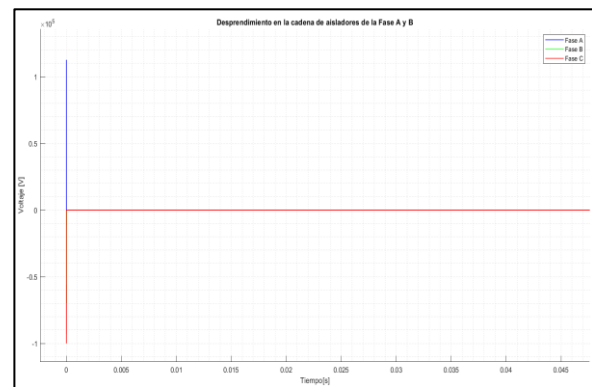
En el caso para el análisis de las corrientes como se puede apreciar en las Fig.25, la cual corresponde al modelo de Bergeron se denota que mientras ocurre el evento de maniobra de la L/T el transitorio que tiene mayor presencia es cuando se energiza de nuevo la L/T, en esta parte el comportamiento oscilatorio es muy grande y notorio con respecto al transitorio de cuando se desconectó la L/T.

Por otra parte, en la Fig.26 la cual corresponde al modelo de J. Martí, se logra visualizar casi el mismo comportamiento que el modelo de Bergeron, la única diferencia es que en este modelo el transitorio es menos notorio cuando se energiza la L/T, esta forma de onda para ambos modelos solo dura mientras el transitorio esté presente, una vez se disipa la forma de la corriente vuelve a su comportamiento normal, teniendo un comportamiento normal como se puede visualizar tanto en la Fig. 25 como en la Fig.26

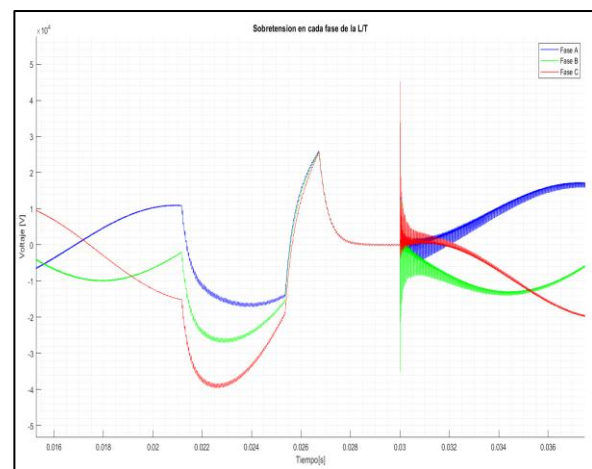
5.6.2 Escenario B): Mal dimensionamiento de cadena de aisladores

En este análisis se tomó en cuenta el análisis transitorio tanto para un correcto dimensionamiento de la cadena de aisladores como para su contrario, para ambos casos solo se tomó en consideración el modelo de Bergeron.

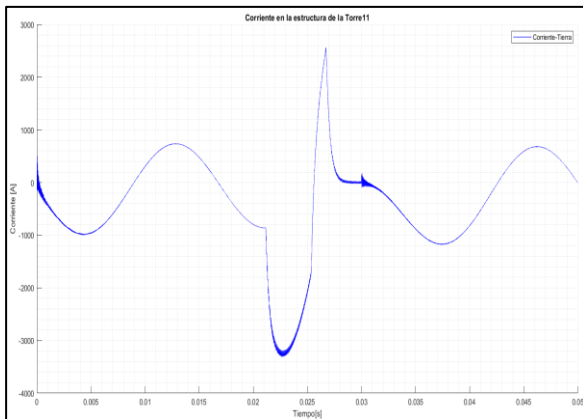
-Modelo de Bergeron:



(a): Desprendimiento en la cadena de aisladores de cada fase.



(b): Sobretensión en la cadena de aisladores de cada fase.



(c): Corriente en la estructura de la torre a tierra.

Figura 27: Transitorio de voltaje en la cadena de aisladores en cada fase y transitorio de corriente en la torre de transmisión, maniobra de línea-Bergeron (aislamiento incorrecto).

-Análisis comparativo entre el Escenario A) y el Escenario B):

Como se logra visualizar en la Fig. 25 por más que la sobretensión se presentó debido a la maniobra de desconexión y energización de la L/T, en la cadena de los aisladores se puede ver que no se presenta flameo de aisladores debido al correcto cálculo de la cadena de aisladores que para la torre 11 son en especial 6 [aisladores por fase], en este caso la Fase A, la Fase B y la Fase C son las que presentan esta perturbación, que es más presente cuando se energiza de nuevos la L/T, por otro lado, en la Fig.27 se logra apreciar la sobretensión debido a la maniobra en la L/T, donde la cadena de aisladores tanto de la Fase A, los de las Fase B y los de la Fase C si presentan flameo como se puede observar en esta figura la tensión de las tres fases baja completamente hasta llegar a 0 [kV] y por más que transcurrió el tiempo la L/T no se recuperó, lo cual genera un daño considerable.

Para este caso se utilizó solo 3 aisladores con las mismas características de los aisladores anteriores, además comparando las

gráficas de corriente en un caso solo se presenta por un corto periodo de tiempo mientras en que la otra se mantiene y no se atenúa por más que pase el tiempo.

6 Conclusiones

En el cálculo óptimo de la coordinación de aislamiento en específico en el cálculo del número de aisladores para formar las cadenas de aisladores necesarias por cada fase, las cuales se ubicaron en cada torre de la L/T Ambato -Totoras, para el cálculo se tomó en consideración varios aspectos tanto climáticos, geográficos y técnicos con respecto al tipo de aislador, ya que para cada una de las 22 torres que conforman esta L/T como se visualiza en la Fig. 9, sus condiciones cambiaban dependiendo de la latitud, longitud, presión atmosférica, temperatura y nivel de contaminación, ya que para cada caso el número de aisladores fue cambiando dando como resultado una perspectiva más cercana a la realidad, además en el análisis realizado se observa como el mal dimensionamiento de la cadena de aisladores provoca flameo de aisladores, este fenómeno ocasiona grandes daños, ya que el aislamiento no ayuda a disipar las sobretensiones que se llegan a presentar de forma inoportuna en nuestro sistema de transmisión.

En el análisis realizado del comportamiento del impacto que tienen las sobretensiones en sistemas de transmisión, se observó que cuando se presenta una falla, siendo este un evento inoportuno, el comportamiento del transitorio cambia dependiendo de la falla ya sea monofásica bifásica, bifásica- tierra o trifásica, tanto en el análisis de voltaje en la cadena de aisladores como en la corriente que atraviesa la estructura de la torre hasta llegar a tierra, en el análisis de corriente es muy notorio visualizar como los valores de

corriente iban decayendo significativamente conforme se iba analizando individualmente cada falla, siendo que en la falla monofásica la corriente alcanzo valores de 1.2 [kA], mientras que en la falla trifásica la corriente alcanzo valores de 200 [A], vista de forma rápida con valores numéricos, pero lo que más denota es que el comportamiento de la corriente fue cambiando drásticamente desde la falla monofásica hasta la falla trifásica, de la misma forma su tiempo de atenuación fue aumentando.

En el análisis comparativo entre el modelo de Bergeron y el modelo de J. Martí para visualizar el comportamiento de los sobretensiones transitorios presentes en los sistemas de transmisión ante diferentes escenarios como: descargas atmosféricas, fallas eléctricas, maniobras de conexión y desconexión de líneas, se observa que para este caso de estudio que es una línea de corta longitud es mejor ocupar para el análisis de sobretensiones el modelo de Bergeron, ya que el espectro oscilatorio del transitorio se ve completamente, mientras que para el Modelo de J. Martí el espectro del transitorio se llega a perder y se llega a visualizar de forma plana, debido a los errores presentes en las estimaciones espacio-temporales de este modelo.

En la simulación y el estudio de los transitorios electromagnéticos tanto de frente rápido (impacto de rayo, descarga atmosférica) como se visualiza en la sección 5.1, también de frente lento (desconexión y energización de líneas) como se observa en la sección 5.6, se aprecia que dependiendo el tipo de transitorio que se presente en el sistema de transmisión el comportamiento de la sobretensión va a variar, su tiempo de presencia también, dando como conclusión claramente que los transitorios de frente rápido son más perjudiciales para nuestra L/T,

ya que sus valores pico son mayores en comparación a los transitorios de frente lento.

7 Estudios Futuros

Se propone realizar un estudio para determinar las diferentes condiciones de fuga mediante descargas parciales y superficiales en aisladores mediante el análisis transitorio de la corriente, con el fin de comprobar el estado de los sistemas de aislamiento en líneas de transmisión de alta tensión aplicando los diferentes modelos de líneas de transmisión para análisis transitorio que cuenta el software especializado ATP Draw, se recomienda seleccionar líneas de transmisión del sistema interconectado ecuatoriano ubicadas en distintas regiones del país para realizar un análisis comparativo detallado

8 Bibliografía

- [1] A. von Meier, *Electric Power Systems: A conceptual Introduction.*, 1st ed., vol. 1. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2011.
- [2] I. Power and E. Society, *Ieee Standard for Insulation Coordination: Principles definitions.*, vol. 2010, no. April. 2011, pp. 6–10.
- [3] M. Villalba, “Estudios de transitorios electromagnéticos en líneas de transmisión,” Universidad Carlos III de Madrid, Madrid-España, 2016.
- [4] F. Gonzalez-longatt, “Chapter 1: Introduction to Power Systems,” *Univ. South-Eastern Norway.*, vol. 1, pp. 2–6, 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.25941.99043.
- [5] P. Cañizares, “Estudio de los sobrevoltajes en redes de distribución,” 2006.
- [6] K. Vásquez, “Cálculo De Sobrevoltajes Originados Por

- Descargas Atmosféricas En Líneas De Transmisión Utilizando El Atp (Alternative Transients Program) Aplicado a La Línea Santa Rosa-Pomasqui a 230 Kv,” *Esc. Politécnica Nac. Fac. Ing. Eléctrica*, vol. 1, no. Diciembre, pp. 1–120, 2003.
- [7] P. Sengmanivanh, K. Hongesombut, S. Punyakunlaset, D. Rerkpreedapong, and S. Romphochai, “Cost-effective insulation coordination design for 115-kV transmission line due to lightning back flashover,” *ECTI-CON 2021 - 2021 18th Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Telecommun. Inf. Technol. Smart Electr. Syst. Technol. Proc.*, pp. 56–59, 2021, doi: 10.1109/ECTI-CON51831.2021.9454745.
- [8] R. Samuel, “Causas de las sobretensiones y mecanismos de propagación Causas de las sobretensiones,” *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, 2018.
- [9] I. P. Ordóñez, E. Bernardo, P. Minaya, H. Adrián, and P. Mera, “Análisis de sobretensiones en líneas de transmisión de un sistema de dos segmentos. Caso de estudio: onda viajera por línea larga con conexión a cable aislado.,” *RIEMAT*, vol. 5, pp. 45–49, 2020, doi: 10.33936/riemat.v5i1.2502.
- [10] S. Tian, X. Liu, H. Liu, S. Wang, and D. Fu, “Simulating calculations of transient voltages and insulation coordination on 500 kV AC XLPE submarine cable line,” *Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. ICHVEPS 2017 - Proceeding*, vol. 2017-Janua, pp. 484–487, 2017, doi: 10.1109/ICHVEPS.2017.8225895.
- [11] Alexander Sellamén *et al.*, “Estudio de inducción y descargas inversas en líneas de transmisión multicircuito. Caso: L/T Esmeraldas - Santo Domingo 230 y 69 kV,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 168–175, 2018.
- [12] V. M. Morales, “Análisis se sobretensiones transitorias en líneas de transmisión através del método J. Marti.,” Benemerita Universidad Autonoma de Puebla, pp. 17–30, 2018.
- [13] A. Daniel and M. Grillo, “Estudio de los fenómenos transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia, y su influencia en los sistemas de protección,” vol. 1, pp. 1–371, 2021.
- [14] V. F. Couto, S. H. L. Cabral, T. I. A. H. Mustafa, and L. H. B. Puchale, “Study of occurrence of overvoltage along power transmission lines with acceptable end voltage,” *33rd Electr. Insul. Conf. EIC 2015*, no. June, pp. 29–32, 2014, doi: 10.1109/ICACACT.2014.7223503.
- [15] C. Metadata, “Análisis de Fallas en las Líneas de transmisión del Grupo Empresarial Isa.,” 2008.
- [16] C. Mejías and N. Falcón, “Modelado de sobretensiones inducidas en la línea 1 de Planta Centro - Arenosa por descargas eléctricas atmosféricas no directas Induced Overvoltage Model in Overhead Line 1 of Planta Centro - Arenosa by Indirect Lightning Discharge,” *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, vol. 19, no. No.3, pp. 77–90, 2012.
- [17] Y. Randa, “Estudio de la protección contra sobretensiones del sistema eléctrico en 50 kv, entre la SS.EE. Smelter y SS. EE. Cinco Manantiales, Cerro de Pasco.,” *Univ. Cont. Facultad Ing.*, vol. 1, no. Huancayo-Perú, pp. 1–147, 2016, doi: ISSN: 0004-0576.
- [18] R. Daniel, “Estudio del comportamiento de líneas de

- distribución en zonas rurales ante descargas atmosféricas.” *Univ. Dist. Fr. José Caldas Fac. Ing.*, vol. 1, no. Bogota, pp. 1–207, 2019.
- [19] J. Leon and S. Kurokawa, “Estudio de modelos matemáticos de Líneas de transmisión para simulación de transitorios electromagnéticos en sistemas de potencia Mathematical models of transmission lines for electromagnetic transient simulations in power systems,” 2018.
- [20] R. P. Portero Calderon and D. F. Carrion Galarza, “Coordinación óptima de aislamiento en líneas de transmisión de alto voltaje considerando restricciones de contaminación,” Universidad Politecnica Salesiana, 2019.
- [21] M. Pabón and J. Salamanca, “Protecciones contra sobretensiones por descargas atmosféricas,” *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–59, 2019, [Online]. Available: [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/electrica/5_anio/transmision_distribucion_energia_electrica/files/Protecciones contra sobretensiones - Descargas atmosféricas_rev.1 \(1\).pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/electrica/5_anio/transmision_distribucion_energia_electrica/files/Protecciones%20contra%20sobretensiones%20-%20Descargas%20atmosféricas_rev.1%20(1).pdf).
- [22] J. S. L. Colqui, L. C. Timana, P. T. Caballero, and S. Kurokawa, “Analysis of the Frequency Dependent Lumped Parameter Transmission Line Model,” *2020 Work. Commun. Networks Power Syst. WCNPS 2020*, no. Wcnps, 2020, doi: 10.1109/WCNPS50723.2020.9263744.
- [23] J. R. Marti and A. Tavighi, “Frequency-Dependent Multiconductor Transmission Line Model with Collocated Voltage and Current Propagation,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 33, no. 1, pp. 71–81, 2018, doi: 10.1109/TPWRD.2017.2691343.
- [24] J. Zhao, L. Fan, Y. Gao, H. Zhou, and X. Guo, “Transient analysis of nonuniform transmission lines with composite Simpson’s rule,” *2016 12th Int. Conf. Nat. Comput. Fuzzy Syst. Knowl. Discov. ICNC-FSKD 2016*, vol. 2, no. 1, pp. 2173–2177, 2016, doi: 10.1109/FSKD.2016.7603517.
- [25] R. Nuricumbo-Guillén, F. P. Espino Cortés, P. Gómez, and C. T. Martínez, “Computation of transient profiles along nonuniform transmission lines including time-varying and nonlinear elements using the numerical Laplace transform †,” *Energies*, vol. 12, no. 17, pp. 9–12, 2019, doi: 10.3390/en12173227.
- [26] J. C. Escamilla, F. Candia García, I. Albino, I. Miguel, and L. Castillo, “Modeling of Single-Phase Lines Applying the Bergeron Method,” *RD-ICUAP*, pp. 3–10, 2017.
- [27] J. C. Escamilla, P. Moreno, and J. L. Naredo, “A New Model of Multiconductor Transmission Lines for Time Domain Transient Analysis,” in *Proceedings of 14th International Conference on Harmonics and Quality of Power - ICHQP 2010*, 2010, vol. 1, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICHQP.2010.5625441.
- [28] U. T. Fernando Lagos, “Estudio Estadístico de Sobretensiones Transitorias debidas a descargas atmosfericas en lineas de transmision,” *ESIME*, vol. 1, pp. 1–125, 2012.
- [29] W. Castillo, “Sobretensiones Por Restauración En El Sistema Eléctrico Cubano . Overvoltages for Restoration in ...,” *Conf. Alta Tens. y Aisl. Electr. ALTAE 2015*, vol. 1, no. October, pp. 1–11, 2015.
- [30] Gandi Vinicio Mier, “Determinacion

- de Sobrevoltajes temporales y en maniobras en el anillo de 230kV del SNI.,” *Determ. Sobre Voltajes*, 2010.
- [31] D. Vera and E. Vasconcellos, “Modelos dependientes de la frecuencia para análisis de energización y descargas atmosféricas en líneas de transmisión de 500 kv,” *Esc. Super. Politécnica del Litoral, Fac. Ing. en Electr. y Comput.*, vol. 1, pp. 1–168, 2018.
- [32] L. H-Restrepo Gladys Caicedo Delgado Ferley Castro-Aranda, “Transmission line models for electromagnetic transients in power systems,” *Rev. Energía y Comput.*, vol. 16, no. 1, pp. 14–26, 2016.
- [33] R. Q. Collaguazo, “Modelación de transitorios electromagnéticos en sistemas de transmisión por medio del modelo j. martí,” Universidad Politecnica Salesiana, 2017.
- [34] V. H. Orejuela, “Selección y coordinación del aislamiento para el sistema de transmisión Paute-Guayaquil.,” Escuela Politecnica Nacional, 2001.
- [35] A. H. Hamza, S. M. Ghania, A. M. Emam, and A. S. Shafy, “Statistical analysis of suicheing overvoltages and insulation coordination for a 500 kV transmission line,” *2016 18th Int. Middle-East Power Syst. Conf. MEPCON 2016 - Proc.*, pp. 683–686, 2017, doi: 10.1109/MEPCON.2016.7836966.
- [36] M. N. Sadiku, *Elementos de electromagnetismo*, 3rd ed., vol. 1. Mexico: Oxford University Press Mexico, S.A., 2003.
- [37] L. H-restrepo, G. Caicedo, and F. Castro-aranda, “Modelos de línea de transmisión para transitorios electromagnéticos en sistemas de potencia,” *Univ. del Valle; Colomb.*, vol. 16, no. 1, pp. 21–32, 2008.
- [38] M. Martinez, “Estudios de transitorios electromagnéticos en líneas de transmisión,” *Univ. CARLOS III MADRID*, vol. 1, pp. 56–63, 2017.
- [39] J. Zambrano, “Análisis de la coordinación de aislamiento de la línea quixal tactic,” *Univ. San Carlos Guatemala*, p. PP. 34-36, 2011.
- [40] S. R. Paredes, “Simulacion de transitorios electromagneticos de la liema Cuenca-Macas con la aplicacion del simulador ATP para la Empresa Electrica Regional Centro Sur C.A.,” Universidad de Cuenca, Cuenca, 2011.
- [41] CELEC EP; TRANSELECTRIC, “Instalaciones del SNT - Lineas de transmision, Subgerencia de Operación y Mantenimiento Sección de Ingeniería.,” *Datos Transform.*, vol. 1, pp. 4–5, 2019.
- [42] J. Ramirez, “Transitorios de Volaje en ATP, Diseño en Alto Voltaje,” Quito, 1, 2021.
- [43] CONELEC, “Matriz de obligaciones ambientales y plan de acción para líneas de transmisión.,” *CONELEC*, vol. 2, pp. 29–30, 2014, [Online]. Available: <http://www.conelec.gob.ec/>.
- [44] D. Ruiz and D. Lozano, “Coordinación de aislamiento centrales y subestaciones,” Universidad de la Salle, 2017.
- [45] M. Cusco, “Estudio de la influencia de la altitud en el nivel de aislamineto electrico de lineas de 138[kV] y 230[kV], debido a la reduccion de la presion atmosferica.,” *Esc. Politécnica Nac. Fac. Ing. Eléctrica*, vol. 1, pp. 44–56, 2016.
- [46] Z. G. Datsios, P. N. Mikropoulos, and T. E. Tsovilis, “Insulator string flashover modeling with the aid of an ATPDraw object,” in *Proceedings of*

- the Universities Power Engineering Conference*, 2011, vol. 5-8th, pp. 1–5.
- [47] International Electrotechnical Commission, “H.V.D.C. Insulation co-ordination- IEC TR 60071-4,” *Direct Curr. Power Electron*, vol. 2, no. 3, pp. 33–35, 2004, doi: ISBN 0 580 44284 5.
- [48] CIGRE WG01 SC33, “Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines,” *CIGRE Rep. 63*, vol. 01, no. October, p. 64, 1991.
- [49] MicrosoftStart, “Pronostico meteorológico de Ambato-Totoras Ecuador, Tiempo de Microsoft,” *Microsoft Maps*, 2022. <https://www.msn.com/es-xl/el-tiempo/pronostico/in-Quito,Pichincha?loc=eyJzIjoiUXVpdG8iLCJyIjoiUGljaGluY2hhliwiYyI6I kVjdWFkb3IiLCJpIjoiRUMiLCJnIjoi ZXMteGwiLCJ4IjotNzguNTA5LCJ5IjotMC4yMDZ9&weadegreetype=C &ocid=winp2sv1plus&cvid=95b043d40f4e4d0895a247fde1367> (accessed Jun. 05, 2022).
- [50] E. GAMMA, “Aisladores de Suspencion, Tipo Clevis,” *GAMMA*, 2018. <https://www.gamma.com.co/> (accessed Jun. 11, 2022).

8.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 3: Matriz de estado del arte.

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN																															
ITEM	DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas atmosféricas	Sobretensiones transitorias por conmutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.
1	2022	Aisladores de Suspensión, Tipo Clevis	50	3	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒
2	2021	Transitorios de Voltaje en ATP, Diseño en Alto Voltaje	42	0	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☐
3	2021	Estudio de los fenómenos transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia, y su influencia en los sistemas de protección,	13	89	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐
4	2021	Cost-effective insulation coordination design for 115-kV transmission line due to lightning back flashover.	7	175	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS		TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas atmosféricas	Sobretensiones transitorias por commutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.
5	2020	Analysis of the Frequency Dependent Lumped Parameter Transmission Line Model	22	121	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	2020	Análisis de sobretensiones en líneas de transmisión de un sistema de dos segmentos. Caso de estudio: onda viajera por línea larga con conexión a cable aislado.	9	44	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	2019	Coordinación óptima de aislamiento en líneas de transmisión de alto voltaje considerando restricciones de contaminación.	20	83	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	2019	Chapter 1: Introduction to Power Systems,	3	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS		TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas atmosféricas	Sobretensiones transitorias por conmutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.
9	2018	Modelos dependientes de la frecuencia para análisis de energización y descargas atmosféricas en líneas de transmisión de 500 kv.	31	112	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	2018	Frequency-Dependent Multiconductor Transmission Line Model with Collocated Voltage and Current Propagation	23	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	2018	Estudio de modelos matemáticos de Líneas de transmisión para simulación de transitorios electromagnéticos en sistemas de potencia.	19	195	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	2018	Análisis de sobretensiones transitorias en líneas de transmisión través del método J. Martí	12	129	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas atmosféricas	Sobretensiones transitorias por commutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadenada de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.
13	2018	Estudio de inducción y descargas inversas en líneas de transmisión multicircuito. Caso: L/T Esmeraldas - Santo Domingo 230 y 69 kV.	11	135	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	2018	Causas de las sobretensiones y mecanismos de propagación, causas de las sobretensiones.	8	113	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	2017	Coordinación de aislamiento centrales y subestaciones	44	156	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	2017	Estudios de transitorios electromagnéticos en líneas de transmisión.	38	53	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	2017	Statistical analysis of suicheing overvoltages and insulation coordination for a 500 kV transmission line.	35	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas	Sobretensiones transitorias por conmutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Completación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.	
18	2017	Modelación de transitorios electromagnéticos en sistemas de transmisión por medio del modelo J. Martí.	33	36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	2017	Modeling of Single-Phase Lines Applying the Bergeron Method.	26	49	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	2017	Simulating calculations of transient voltages and insulation coordination on 500 kV AC XLPE submarine cable line	10	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	2016	Insulator string flashover modeling with the aid of an ATP Draw object.	46	19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	2016	Estudio de la influencia de la altitud en el nivel de aislamiento eléctrico de líneas de 138[kV] y 230[kV], debido a la reducción de la presión atmosférica.	45	97	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas	Sobretensiones transitorias por conmutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compliación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Marti.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.	
23	2016	Instalaciones del SNT - Líneas de transmisión, Subgerencia de Operación y Mantenimiento Sección de Ingeniería.	41	25	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐
24	2016	Transmission line models for electromagnetic transients in power systems.	32	15	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒
25	2016	Computation of transient profiles along nonuniform transmission lines including time-varying and nonlinear elements using the numerical Laplace transform.	25	32	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒
26	2016	Transient analysis of nonuniform transmission lines with composite Simpson's rule.	24	192	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒
27	2016	Protecciones contra sobretensiones por descargas atmosféricas	21	4	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS		TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas atmosféricas	Sobretensiones transitorias por conmutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.
28	2016	Estudio del comportamiento de líneas de distribución en zonas rurales ante descargas atmosféricas.	18	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	2016	Estudio de la protección contra sobretensiones del sistema eléctrico en 50 kv, entre la SS.EE. Smelter y SS. EE. Cinco Manantiales, Cerro de Pasco.	17	273	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	2016	Estudios de transitorios electromagnéticos en líneas de transmisión.	2	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	2015	Sobretensiones por restauración de aislamiento en el Sistema Eléctrico Cubano	29	87	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	2014	Matriz de obligaciones ambientales y plan de acción para líneas de transmisión.	43	25	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA								
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para L/T	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas	Sobretensiones transitorias por conmutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadenada de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Marti.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.
33	2014	Study of occurrence of overvoltage along power transmission lines with acceptable end voltage.	14	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	2012	Estudio estadístico de sobretensiones transitorias debidas a descargas atmosféricas en líneas de transmisión.	28	36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	2012	Modelado de sobretensiones inducidas en la línea 1 de Planta Centro - Arenosa por descargas eléctricas atmosféricas no directas.	16	98	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36	2011	Simulación de transitorios electromagnéticos de la línea Cuenca-Macas con la aplicación del simulador ATP para la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.	40	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

ITEM	DATOS		TEMÁTICA							FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento	Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas	Sobretensiones transitorias por commutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.
37	2011	Análisis de la coordinación de aislamiento de la línea Quixal -Tactic	39	163	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
38	2011	Electric Power Systems: A conceptual Introduction.	1	356 3	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐
39	2010	Determinación de Sobrevoltajes temporales y en maniobras en el anillo de 230kV del SNI.	30	5	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☐
40	2010	A New Model of Multiconductor Transmission Lines for Time Domain Transient Analysis.	27	201	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☒
41	2010	IEEE Standard for Insulation Coordination: Principles definitions.	4	23	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☒	☒	☒
42	2008	Modelos de línea de transmisión para transitorios electromagnéticos en sistemas de potencia.	37	7	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒
43	2008	Análisis de Fallas en las líneas de transmisión del Grupo Empresarial Isa.	15	6	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☒	☒	☒	☒

ESTABILIDAD DE VOLTAJE DE LARGO PLAZO EN SISTEMAS DE ELÉCTRICOS DE POTENCIA INCLUYENDO CURVAS DE CAPACIDAD DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN BASADO EN EL MÉTODO DE CONTINUACIÓN

	DATOS				TEMÁTICA						FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	CITAS	Coordinación de aislamiento en sistemas de transmisión	Mejoramiento de coordinación de aislamiento	Análisis de sobretensiones de frente rápido	Análisis de sobretensiones de frente lento	Transitorios en líneas de transmisión	Modelos de líneas de transmisión para analizar transitorios	Optimización del dimensionamiento de aisladores en L/T	Metodología para cálculo de aislamiento para Fallas eléctricas en sistemas de transmisión	Sobretensiones transitorias por descargas	Sobretensiones transitorias por conmutación de líneas	Flameo en cadena de aisladores por sobretensiones transitorias.	Disponibilidad de información sobre condiciones climáticas y geográficas.	Accesibilidad a información del SNI	Compilación de información sobre aislamiento normalizado según el BIL	Problemas de aislamiento en L/T	Incertidumbre sobre ocurrencia de sobretensiones en L/T	Nuevo dimensionamiento de cadena de aisladores ante descargas atmosféricas	Cálculo de aislamiento ante fallas eléctricas en líneas de corta longitud.	Evaluación de funcionalidad de aislamiento mediante software especializado	Simulación de transitorios por medio de modelos de L/T en software especializado	Aumento de heurística sobre simulación de transitorios en líneas de transmisión.	Aplicación y simulación de nueva cadena de aisladores normados según niveles de voltaje.	Simulación del sistema de aislamiento ante eventos transitorios de frente lento y rápido inoportunos.	Simulación del sistema de aislamiento ante diferentes tipos de fallas eléctricas.	Comparación transitoria entre el M. Bergeron y M. de J. Martí.	Comparación entre correcto e incorrecto dimensionamiento de aislamiento ante diferentes eventos transitorios.	
44	2006	Estudio de los sobrevoltajes en redes de distribución.	5	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
45	2004	H.V.D.C. Insulation coordination- IEC TR 60071-4	47	257 8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
46	2003	Elementos de electromagnetismo: Sistemas de transmisión y protección.	36	125 6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
47	2003	Cálculo de sobrevoltajes originados por descargas atmosféricas en líneas de transmisión utilizando el Atp (Alternative Transients Program) Aplicado a la Línea Santa Rosa-Pomasqui a 230 kV.	6	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
48	2001	Selección y coordinación del aislamiento para el sistema de transmisión Paute-Guayaquil.	34	12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
49	1991	Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines,	48	235	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
CANTIDAD:					19	20	17	12	32	15	22	22	13	29	23	20	10	14	15	17	38	22	8	23	35	38	27	38	12	41	37

8.2 Resumen de Indicadores

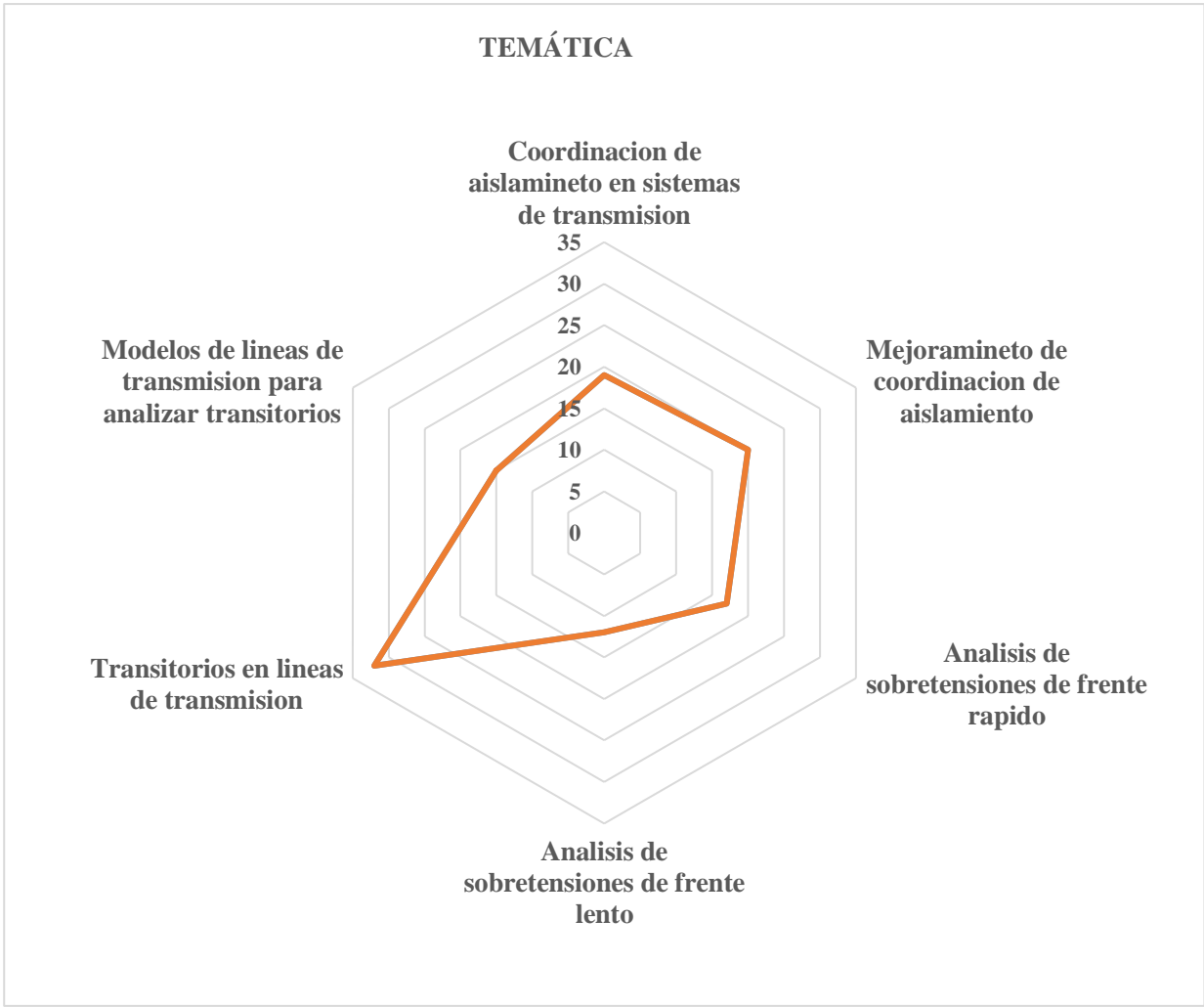


Figura 28: Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.

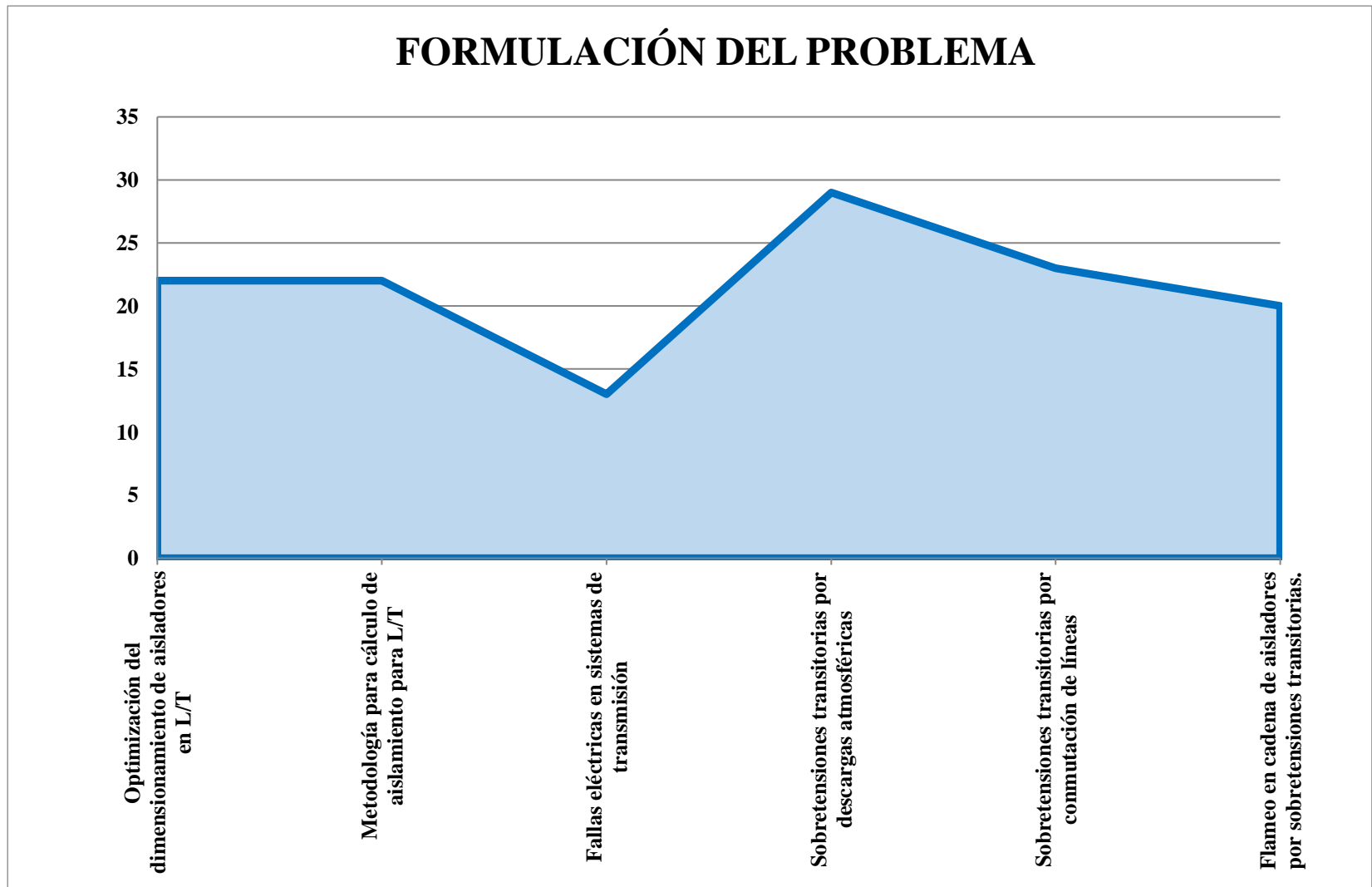


Figura 29: Indicador de formulación del problema - Estado del arte.

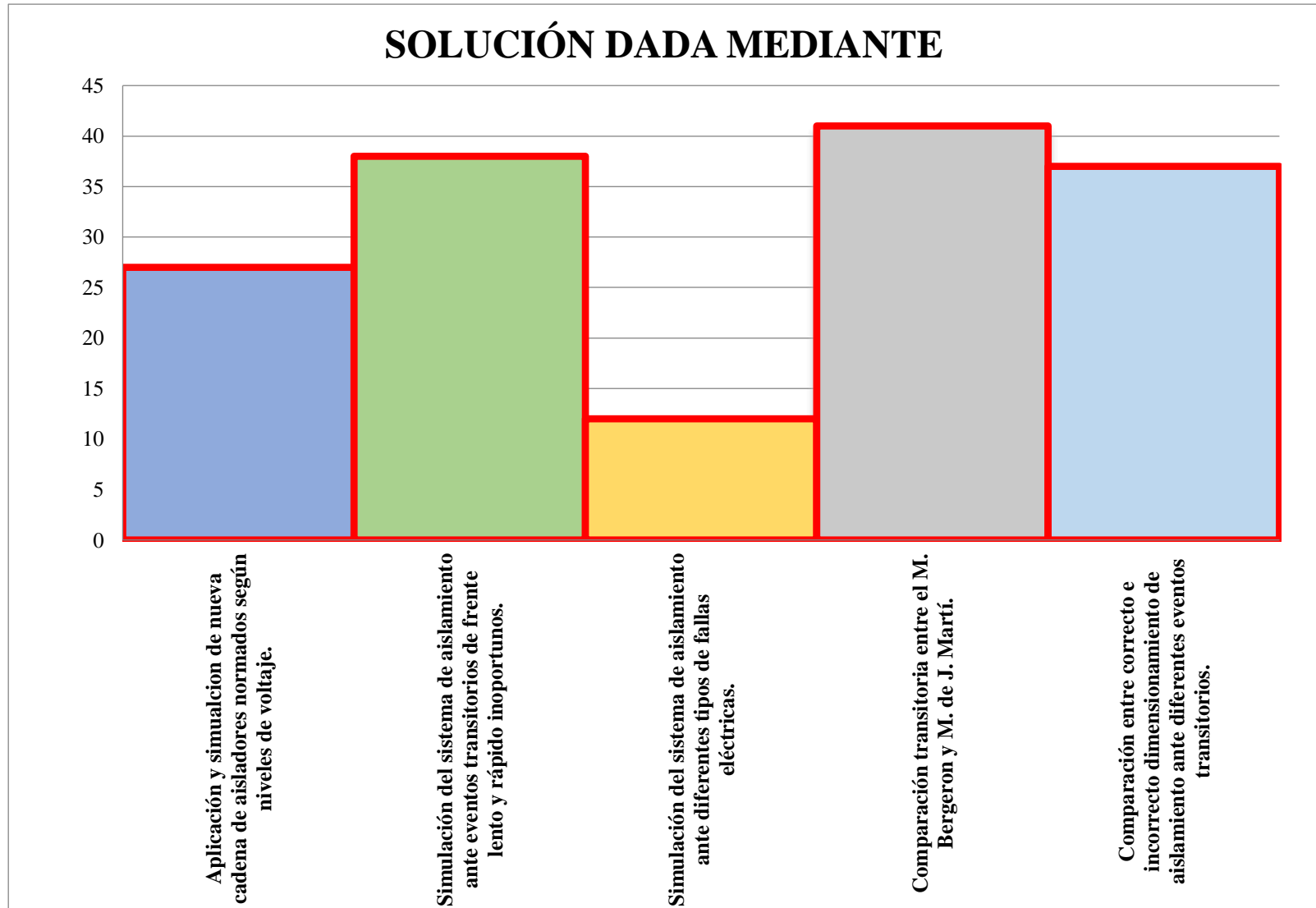


Figura 30: Indicador de solución - Estado del arte.

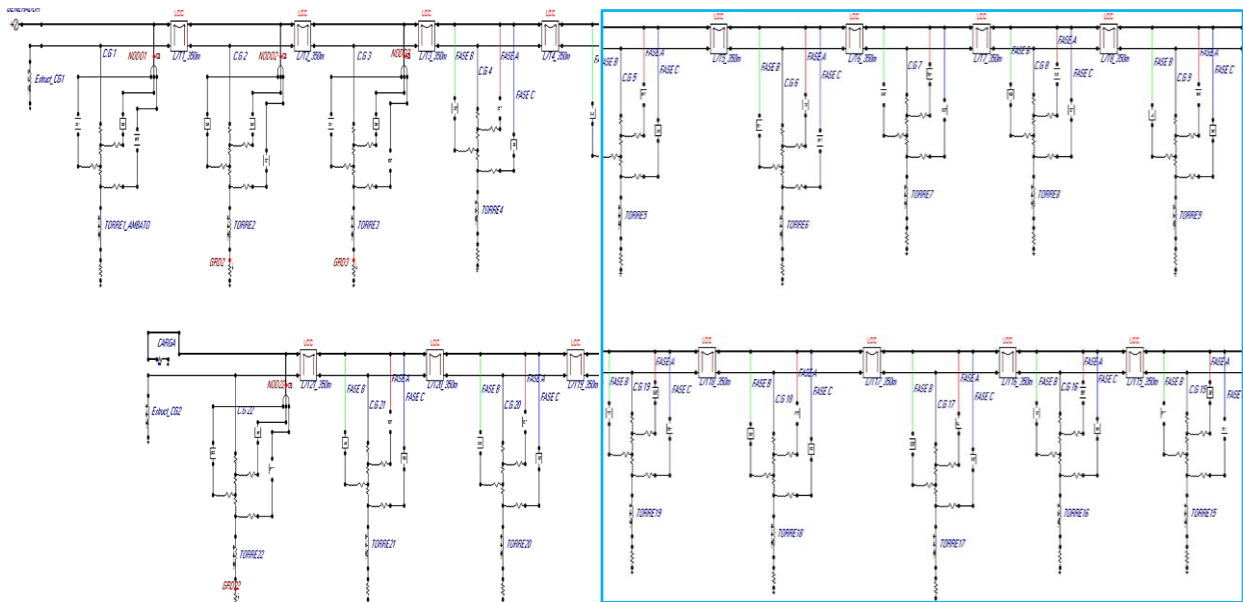
9 Anexos

Anexo 1:

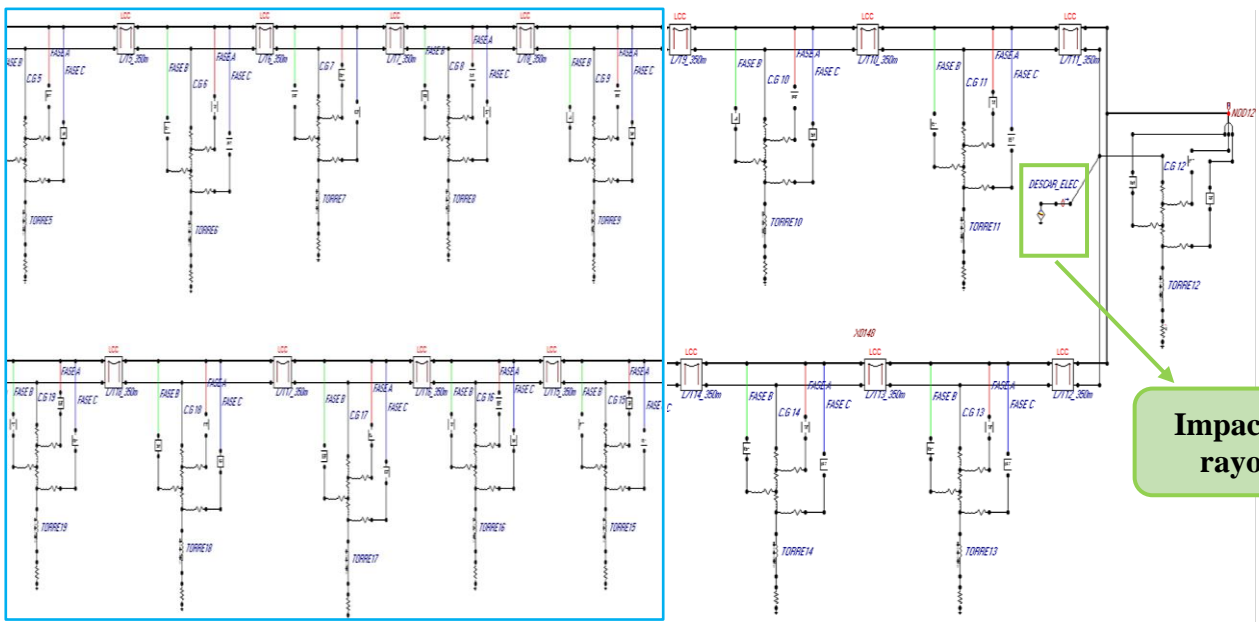
Tabla 4: Datos, especificaciones y numero de aisladores en cada torre de L/T Ambato-totoras.

N° de torre	Numero de aisladores	Temperatura [°C]	PRESIÓN (ρ)		LONGITUD	LATITUD
			[mb]	[atm]		
T1	7	15	726	0,71650629	-78,602422	-1,236680
T2	7	15	718	0,70861091	-78,602102	-1,237819
T3	6	15	718	0,70861091	-78,600135	-1,239751
T4	6	14	717	0,70762398	-78,598385	-1,241619
T5	6	14	718	0,70861091	-78,595643	-1,246798
T6	5	14	718	0,70861091	-78,594266	-1,250623
T7	5	14	718	0,70861091	-78,595756	-1,254778
T8	5	14	718	0,70861091	-78,595061	-1,255899
T9	5	14	716	0,70663706	-78,596517	-1,257985
T10	6	14	717	0,70762398	-78,597900	-1,261166
T11	6	14	716	0,70663706	-78,598326	-1,263866
T12	5	14	714	0,70466321	-78,59854	-1,265357
T13	5	15	714	0,70466321	-78,599127	-1,268968
T14	6	15	713	0,70367629	-78,599600	-1,271091
T15	6	13	712	0,70268937	-78,599570	-1,274194
T16	5	12	711	0,70170244	-78,599506	-1,277583
T17	5	14	710	0,70071552	-78,599490	-1,281546
T18	5	11	709	0,69972860	-78,599420	-1,284206
T19	5	14	710	0,70071552	-78,599275	-1,287370
T20	5	13	709	0,69972860	-78,599297	-1,290492
T21	6	14	717	0,70762398	-78,598631	-1,293763
T22	7	15	713	0,70367629	-78,597819	-1,296874

ANEXO 2:



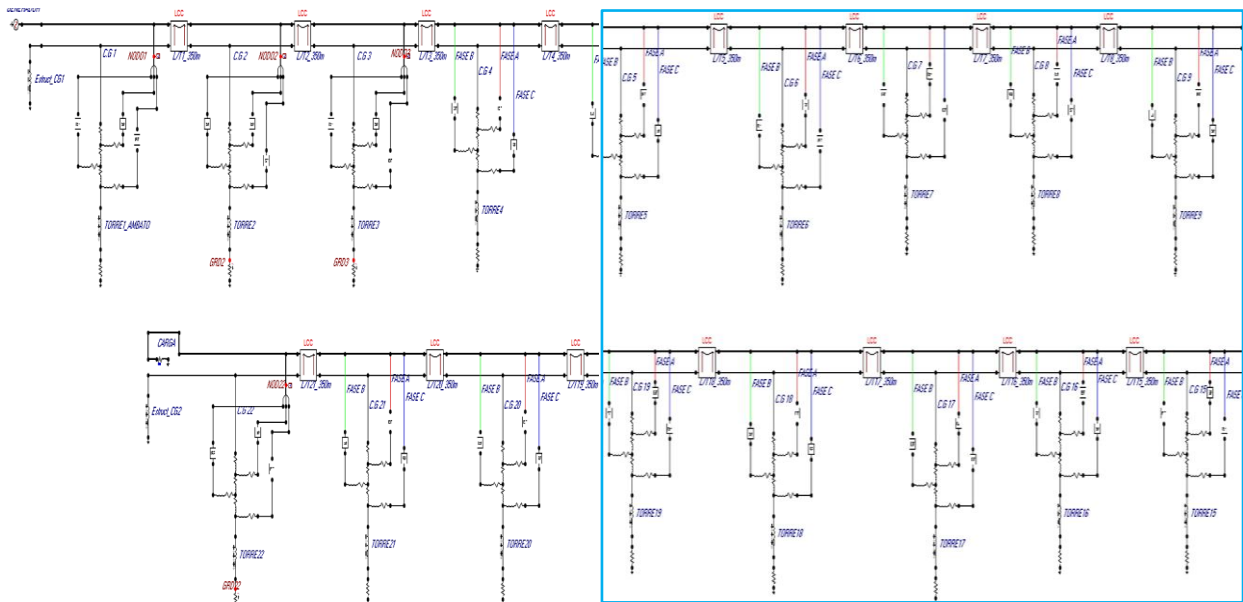
PARTE B



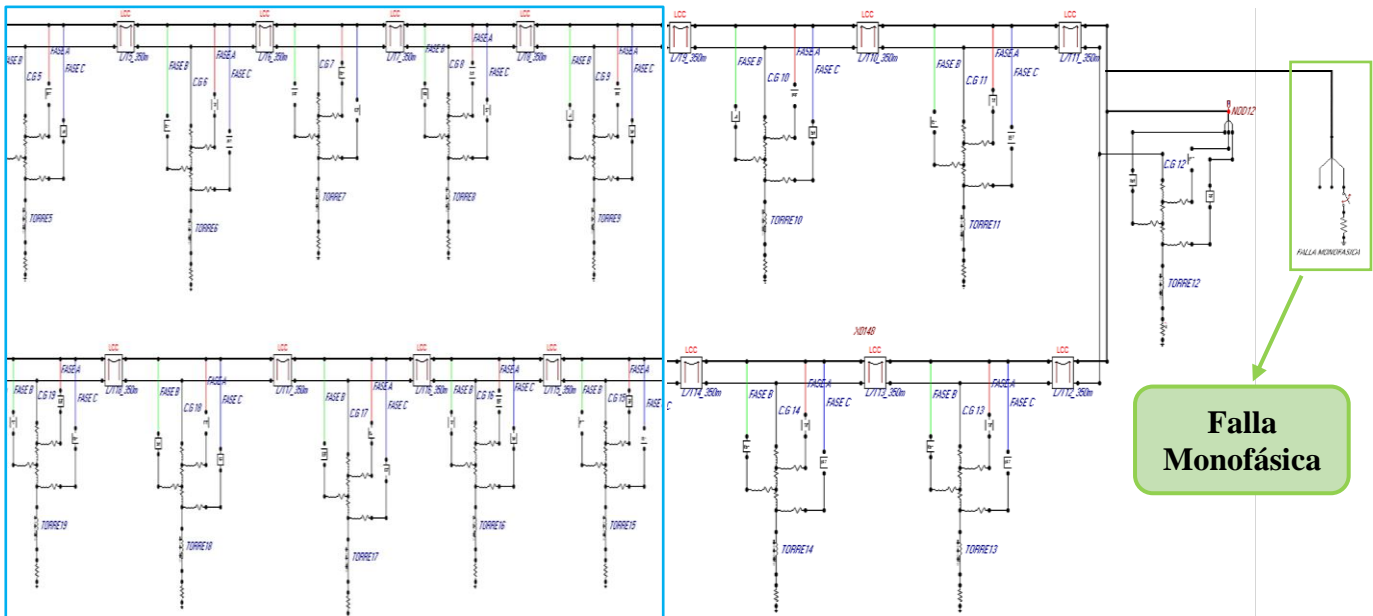
PARTE B

Figura 31: Sistema completo para simulación de impacto de rayo en la L/T Ambato-Totoras.

ANEXO 3:



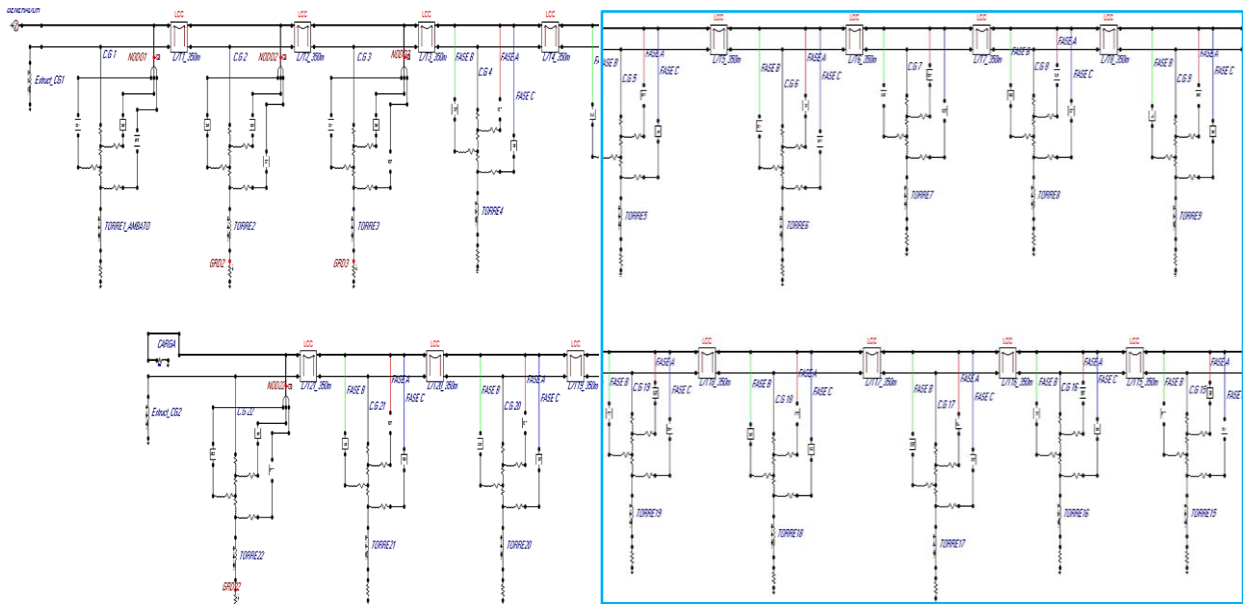
PARTE B



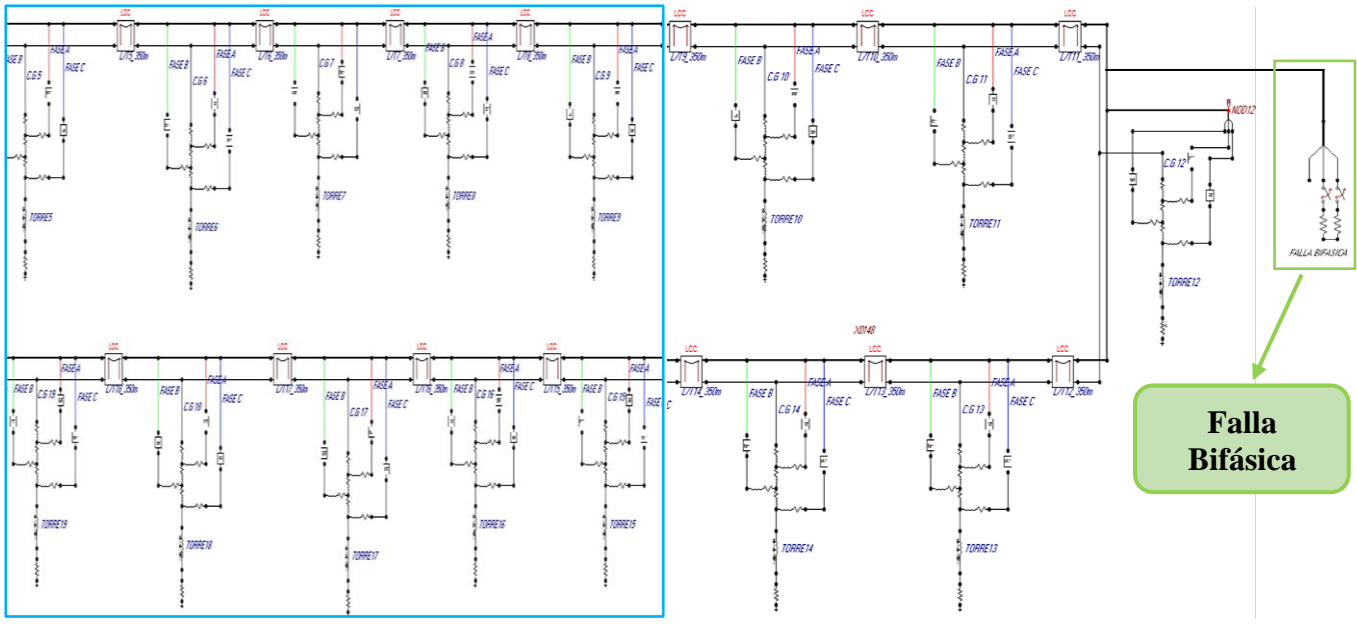
PARTE B

Figura 32 Sistema completo para simulación de falla monofásica en la L/T Ambato-Totoras.

ANEXO 4:



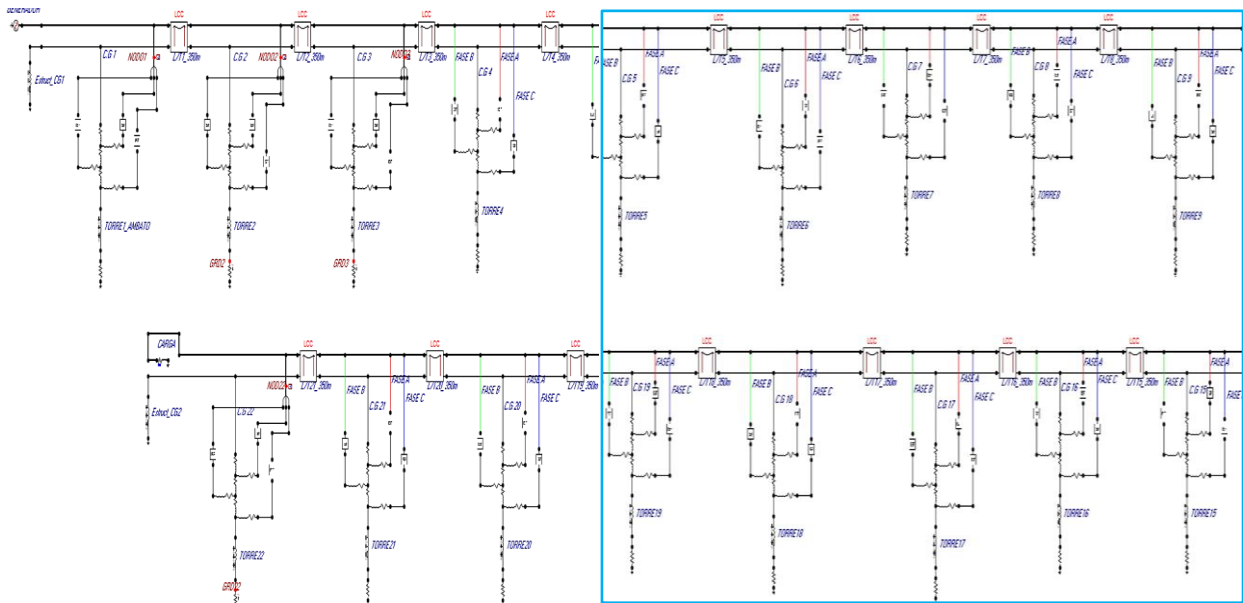
PARTE B



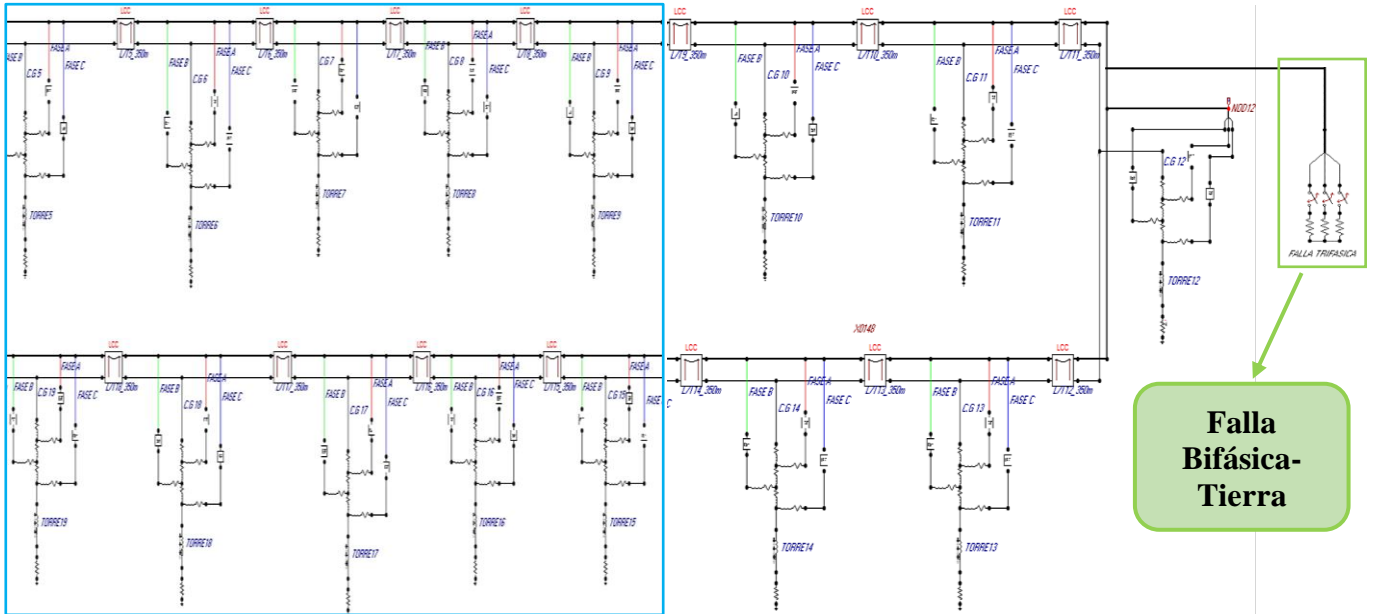
PARTE B

Figura 33: Sistema completo para simulación de falla bifásica en la L/T Ambato-Totoras.

ANEXO 5:



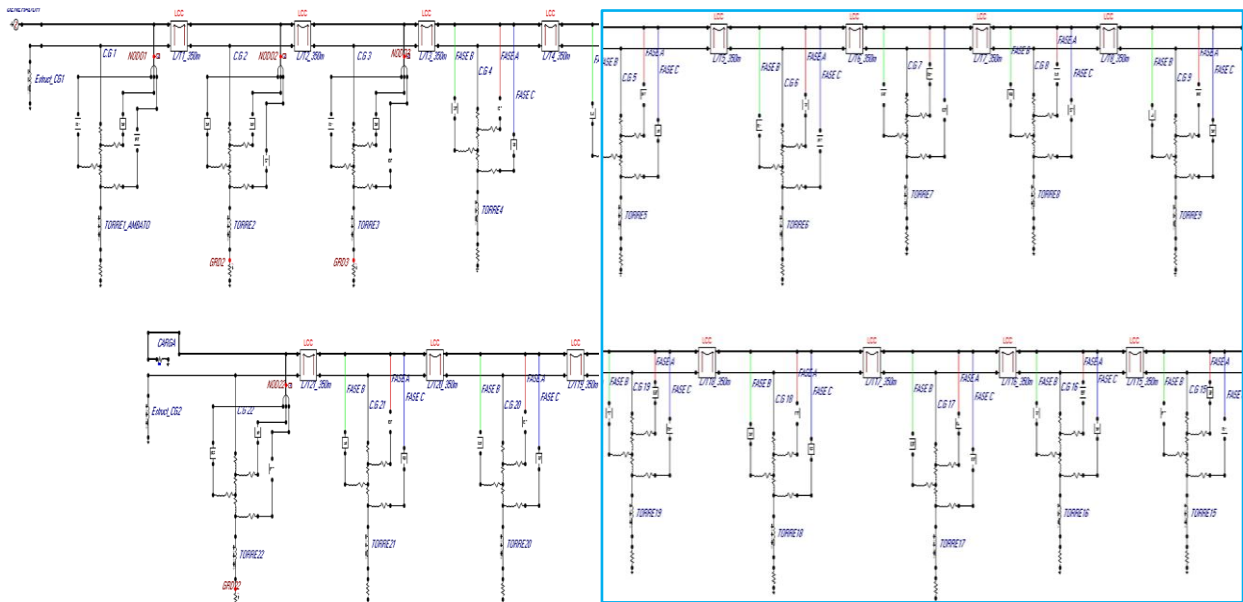
PARTE B



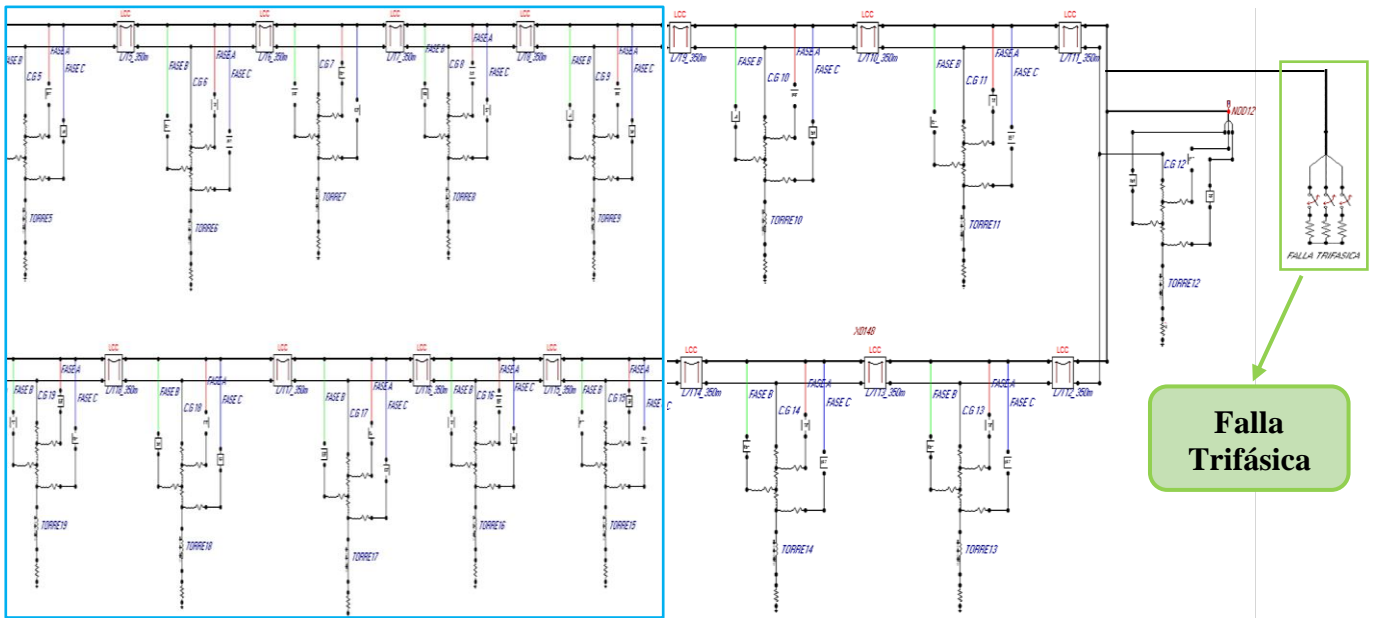
PARTE B

Figura 34: Sistema completo para simulación de falla bifásica- tierra en la L/T Ambato-Totoras.

ANEXO 6:



PARTE B



PARTE B

Figura 35: Sistema completo para simulación de falla trifásica en la L/T Ambato-Totoras.

ANEXO 7:

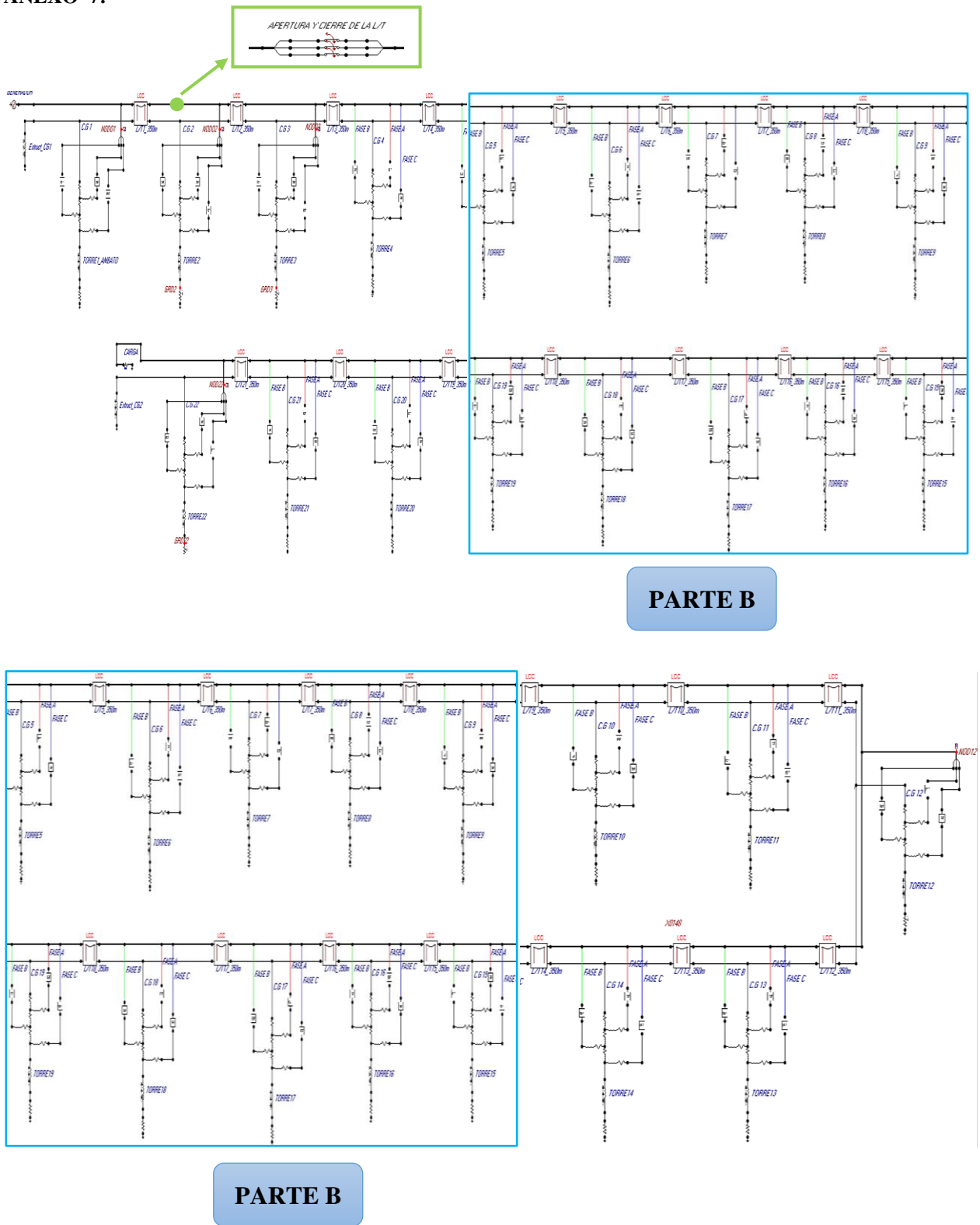


Figura 36: Sistema completo para simulación de desconexión y energización en la L/T Ambato-Totoras.