

**UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE
POTENCIA DESBALANCEADOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE
WAVELET.**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA
DESBALANCEADOS MEDIANTE LA
TRANSFORMADA DE WAVELET**

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

AUTOR: CARLOS KEVIN MORALES PÉREZ
TUTOR: DIEGO FRANCISCO CARRIÓN GALARZA

Quito -Ecuador
2022

Carlos Kevin Morales Pérez

UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA DESBALANCEADA MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE WAVELET

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022
Electricidad

Breve reseña histórica e información de contacto.



Carlos Kevin Morales Pérez (Y'1996 – J'26). Realizó sus estudios de secundaria en el “Instituto Nacional Mejía” de la ciudad de Quito. Su trabajo de investigación se basa en la ubicación de fallas en líneas de transmisión en sistemas de potencia desbalanceada mediante la transformada de wavelet.
cmoralesp4@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@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, Carlos Kevin Morales Pérez con documento de identificación N° 1723076863 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, 11 de mayo del año 2022

Atentamente,



Carlos Kevin Morales Pérez

1723076863

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

Yo, Carlos Kevin Morales Pérez con documento de identificación No. 1723076863, 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: “Ubicación de fallas en líneas de transmisión en sistemas de potencia desbalanceados mediante la transformada de wavelet”, 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, 11 de mayo del año 2022

Atentamente,



Carlos Kevin Morales Pérez

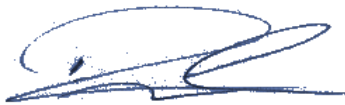
1723076863

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: UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA DESBALANCEADOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE WAVELET, realizado por Carlos Kevin Morales Pérez con documento de identificación N° 1723076863, 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, 11 de mayo del año 2022

Atentamente,



Ing. Diego Francisco Carrión Galarza, Ms.C.
1713703062

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción	2
2. Ubicación de fallas en sistemas eléctricos de potencia	5
2.1 Transformada de Wavelet	5
2.2 Ubicación de fallas por el método basado en la impedancia de la línea de un extremo	6
2.3 Método basado en ondas viajeras y componentes de alta frecuencia	6
3. Formulación del Problema	7
3.1 Método de ubicación de fallas.....	7
4. Análisis de resultados.....	8
5. Conclusiones	12
6. Trabajos futuros	12
7. Referencias	12
8. Estado del Arte.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema IEEE 9 barras.....	8
Figura 2.	Señal base.....	8
Figura 3.	Falla monofásica línea 7-8 en la fase “A”.....	9
Figura 4.	Señal original de la falla monofásica fase “A”	9
Figura 5.	Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “A”	9
Figura 6.	Falla bifásica línea 7-8 en las fases “A-B”.....	9
Figura 7.	Señal original de la falla bifásica fase “A”	9
Figura 8.	Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “A” falla bifásica ..	10
Figura 9.	Señal original de la falla bifásica fase “B”.....	10
Figura 10.	Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “B” falla bifásica....	10
Figura 11.	Falla trifásica línea 7-8.....	10
Figura 12.	Señal original de la falla trifásica fase “A”.....	10
Figura 13.	Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “A” falla trifásica ...	11
Figura 14.	Señal original de la falla trifásica fase “B”	11
Figura 15.	Señal de detalle wavelet nivel 1, 2 y 3 para la fase “B” falla trifásica.....	11
Figura 16.	Señal original de la falla trifásica fase “C”	11
Figura 17.	Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “C” falla trifásica ...	11
Figura 18.	Resumen e indicador de la temática – Estado del arte.. ..	21
Figura 19.	Indicador de formulación del problema – Estado del arte.. ..	22
Figura 20.	Indicador solución – Estado del arte.. ..	23

UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA DESBALANCEADOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE WAVELET

Resumen

En este trabajo se presenta la ubicación de fallas en líneas de transmisión en sistemas de potencia desbalanceados mediante la transformada de wavelet. El método propuesto está orientado a la localización del punto donde se originó la falla para garantizar una inmediata restauración del sistema. El análisis se lo realiza en un sistema IEEE de 9 barras en el software ATP, este software ayuda en la simulación de distintos tipos de fallas y además nos permite generar un sistema desbalanceado al agregar cargas en las barras 5, 6 y 8. Con la obtención de este sistema desbalanceado a través de las PMU se obtienen las variables deseadas tanto de voltaje como de corriente, estas simulaciones se lo realizan en estados de pre-falla y de falla en nuestro sistema para luego estos datos trasladarlos hacia el Matlab donde se procede a la aplicación de la transformada de wavelet.

Palabras Clave: detección de fallas, líneas de transmisión, onda viajera, transformada de wavelet.

Abstract

The present research shows a methodology for fault location in transmission lines in unbalanced electrical power systems through the wavelet transform. The methodology was tested in 9 buses IEEE test system, it used the ATPDraw software for generate the faults and acquired the data for analyze in Matlab, the data was measuring by PMU, and the PMU optimal location was deployment through GAMS. It was proposed some studies cases consider unbalanced loads, monophasic, biphasic and triphasic faults in different distances. The model used de voltage and current phasors in each phase in pre-fault and fault states, with this information the wavelet transform analyze the changes and reveals which element is in fault and the distance where it was occurs whit low error compared with original distance.

Keywords: fault detection, transmission lines, traveling wave, wavelet transform.

1. Introducción

En [1] se proporciona una revisión completa de las técnicas existentes para encontrar la ubicación de fallas (FL). Se discuten los fundamentos y los nuevos avances en las metodologías para la localización de fallas justificándose en la literatura existente. Las técnicas de FL se pueden categorizar según la fuente de datos; de doble extremo, de un solo extremo y de área amplia [2]–[4].

Los métodos de área amplia se analizan debido a la demanda y necesidad de futuras redes inteligentes. De manera similar, las líneas de transmisión (TL) híbridas y compensadas en serie se consideran, debido a sus propiedades distintivas que las líneas normales. Los métodos modernos basados en Inteligencia artificial (AI) se discuten al mismo tiempo debido a su buen rendimiento para la búsqueda de FL y amplias perspectivas de aplicación [5]–[7].

En [8] para detectar, clasificar y localizar las fallas se hace el uso del reloj sincrónico del sistema de posicionamiento global ya que estos indican señales tanto de corriente y como de voltaje trifásicos en dos extremos de las líneas. Para localizar las fallas utilizan redes neuronales artificiales de alimentación hacia adelante, que se dividen una para fallas de fase y fallas a tierra.

En [9] muestra un método nuevo para calcular fallas en ambas terminales usando el método de mínimos cuadrados ponderados, este criterio de localización de fallas se basa en el concepto de onda viajera donde se necesita una alta frecuencia de muestreo.

Con la utilización de muestras sincrónicas obtenidas durante los transitorios de las 2 líneas se puede localizar las fallas en líneas de

transmisión y se logra constatar que la línea haya sufrido algún tipo de falla [10].

Para la localización de fallas se han mostrado una gran variedad de métodos y la gran mayoría de estos usan lo que son los resultados de simulación de voltaje y corriente ya sea de un extremo o ambos extremos de una línea de transmisión, la exactitud para la medición está comprometida por la precisión de los transformadores de corriente que se usan [11].

En [12] explica un algoritmo numérico flexible para localización de fallas, este algoritmo no necesita parámetros de línea como otros localizadores, este algoritmo se basa en la tecnología de medición sincronizada emergente que utiliza muestreo de datos sincronizados en ambas terminales de líneas.

En [13] se emplea una arquitectura red neuronal de retropropagación (BP) para detección, clasificación y aislamiento de algún tipo falla en la línea de transmisión utilizando valores RMS como son voltaje de fase y corriente de fase como entradas, analizando tres fallas comunes; (monofásicas a tierra, bifásicas y bifásicas a tierra).

Un método basado en CFTD (diferencia de tiempo de falla computacional) usado en la localización de fallas en las redes de distribución para energía ramificadas, el CFTD calculado usa los primeros tiempos de llegada de las ondas viajeras producidas por fallas detectadas sobre la subestación, aplicando en cada terminal de rama para así buscar el punto de falla [14].

En [15] se plantea un método de selección de líneas de falla basado en una red neuronal convolucional adaptativa (ACNN) para solucionar este problema de detección de fallas durante la operación del sistema de distribución, se ha combinado con el principio de

ubicación de falla de dos terminales analizando el error de ubicación de diferentes puntos de falla y se obtiene la relación entre el error de ubicación de falla y la ubicación de falla diferente.

El método para la ubicación de fallas eléctricas que se propone en [16] está basado en ondas viajeras de un solo extremo aquí el método funciona en la condición de post-falla fuera de línea y donde el sistema se encuentre desconectado y de doble extremo.

Los autores en [17] para localizar fallas en líneas de transmisión centran los estudios hacia los campos magnéticos producidos por señales de corriente, estos son medidos mediante sensores magnetorresistivos instalados solo en terminales de línea de transmisión, este método utiliza el filtro de Kalman Extendido (EKF) para procesar estas mediciones y se basa en un enfoque de onda viajera para realizar la localización de fallas.

En [18] expone un algoritmo para la detección de fallas que se basa en ondas viajeras para líneas de transmisión multiterminales, esta metodología propuesta busca eliminar el error de sincronización de tiempo cuando se calcula la distancia de falla para esto aplica un dispositivo de medición en el intervalo defectuoso como únicas referencias de tiempo, así el intervalo de falla se logra determinar observando el tiempo de las ondas posteriores a la falla que llegan a cada dispositivo de medición.

En la localización de fallas en las líneas de transmisión HVDC esta metodología propone considerar la señal de voltaje posterior a la falla, en un período de tiempo relativamente corto, y se estima la ubicación de la falla correspondiente en base a la similitud de la señal de voltaje capturada con los patrones existentes, para medir la similitud se emplea el

coeficiente de correlación de Pearson [19].

En [20] proponen un algoritmo para localizar fallas en líneas de transmisión VSC HVDC multiterminales conectadas en estrella utilizando solo las mediciones de terminales, este algoritmo propuesto utiliza el principio de ubicación de fallas de ondas viajeras, ya que posee la capacidad de identificar correctamente el segmento de línea de falla usando solo las mediciones en los extremos del convertidor, con la finalidad de detectar con precisión el tiempo de llegada de las ondas viajeras en los terminales del convertidor utiliza coeficientes CWT.

Para predecir la ubicación de las fallas de línea de DC en un sistema HVDC [21] propone un algoritmo basado en la frecuencia natural de la onda viajera utilizando datos de corriente de 10 ms desde el extremo único, presentando la relación entre la frecuencia natural de la onda viajera, la distancia de falla y el coeficiente de reflexión en el terminal de la línea de transmisión, mediante esta metodología de clasificación de las señales múltiples se extrae la frecuencia natural dominante mediante el análisis del espectro de la onda viajera. La velocidad de la onda viajera y el coeficiente de reflexión bajo la frecuencia natural dominante son calculados para identificar la ubicación de la falla.

En [22] presentan una metodología basado en red de secuencia negativa para estimar la ubicación de fallas de líneas de transmisión de terminales múltiples de doble circuito, este método presentado tiene la ventaja de requerir datos en la ubicación del relé y no se requieren enlaces de comunicación ya que usa solo mediciones de un extremo. Al utilizar este método de solo un elemento para cada línea de transmisión, se puede estimar la ubicación exacta de la falla.

Para determinar las fallas en el dominio fasorial y así ubicar con precisión la falla en líneas de transmisión no homogéneas se requiere de mediciones de sincrofasores de voltaje y corriente en las terminales de dicha línea. El método mostrado en [23] propone la utilización de un modelo compacto generalizado de una sección de línea homogénea para posteriormente proporcionar una metodología sistemática con el fin de generar el modelo global de cualquier línea de transmisión no homogénea con falla, donde se introduce la ubicación de la falla como un estado adicional del sistema.

En [24] se proponen dos nuevos métodos enfocados a la detección de fallas en líneas de transmisión con terminales múltiples teniendo doble circuito en paralelo utilizando información de voltajes y corrientes de CCVT (Transformador de voltaje del condensador) y CT (Transformador de corriente) en todos los terminales, estos algoritmos aprovechan el hecho de que la sumatoria de todas las corrientes que fluyen en dirección a la sección de falla es igual a la suma de las corrientes en todos los terminales. El algoritmo 1 emplea un cálculo de impedancia y el algoritmo 2 emplea el método de relación de desviación de corriente.

Los autores en [25] proponen una metodología de localización de fallas en líneas de transmisión híbridas con tres terminales con una rama de línea fuera de servicio mediante la reactancia aparente que se obtiene de los conjuntos de fasores de corriente y voltaje sincronizados del punto de unión y las redes de secuencia se eligen para calcular el punto exacto de la falla.

De acuerdo a [26] el método usado en la localización de fallas en líneas de transmisión de corriente alterna está basado en mediciones de corriente y

voltaje de una línea medida en sus extremos, se debe destacar de este método es el hecho de que no hay necesidad de sincronización de terminales y se puede aplicar a líneas de transmisión generales no transpuestas.

En [27] se muestra un método que utiliza voltajes transitorios de alta frecuencia generados por fallas a tierra en una línea de transmisión, que son obtenidos desde un extremo de la línea localizando la falla únicamente a partir del tiempo de llegada de las ondas iniciales de voltajes modales en el bus de medición.

Los autores en [28] proponen una metodología basándose en el dominio del tiempo para localizar las fallas en las líneas de transmisión, este método solo requiere una ventana de datos muy corta durante las fallas. La distribución de voltaje en la línea durante las fallas la obtienen resolviendo la matriz en forma de ecuaciones diferenciales parciales usando un esquema numérico propuesto validado para el problema de localización de fallas, con la selección óptima de intervalos de tiempo, la distancia para asegurar la estabilidad y el mínimo error de solución la ubicación de la falla se obtiene a través del valor extremo de la distribución de voltaje.

En [29] se enfocó en identificar la falla en DC ya que no existe corriente cero por lo que provoca que la interrupción de la corriente sea más difícil, usando la transformada discreta de Fourier que se encarga de extraer la corriente DC en un extremo del rectificador de la línea de transmisión y esta corriente procesada se compara con el valor umbral logrando así identificar la falla.

Los sistemas eléctricos son desbalanceados por naturaleza por lo que es desbalance es una condición que siempre va a estar vigente eso se constata mediante la diferencia en el módulo o desplazamiento angular diferente a los

120°. Estos desbalances se deben principalmente a las cargas que están conectadas al sistema [30].

Un sistema eléctrico siempre se debe mantener con mínimo desbalance caso contrario puede dar origen a la presencia de elementos de secuencia inversa y homopolar causan pérdidas de potencia y energía, expandir el desbalance a otras barras del sistema y aumentar la temperatura de máquinas ocasionando una limitación a su capacidad de carga nominal.[31].

Este artículo pretende localizar fallas en las líneas de transmisión usando señales obtenidas a través del software ATPDraw de voltajes y corrientes el análisis se realizará en el esquema de nueve barras del IEEE donde podremos obtener el flujo de potencia del sistema desbalanceado, para ser analizada mediante la transformada de wavelet.

Este trabajo está encuentra dividido de tal forma que encontramos la introducción, marco teórico, planteamiento del problema, análisis de resultados y conclusiones. La sección II menciona sobre ubicación de fallas en sistemas eléctricos de potencia, la sección III la descripción del modelo matemático, la sección IV analizan los datos obtenidos y en la sección V mencionan las conclusiones.

2. Ubicación de fallas en sistemas eléctricos de potencia

Las fallas que ocasiona perturbaciones en el sistema eléctrico de potencia se originan por diversos factores ocasionando interrupciones en el servicio eléctrico y es fundamental la pronta restitución del suministro de energía para ello es necesario la ubicación del punto de falla. En principio la ubicación de

fallas era hecha de manera visual, pero en líneas extensas se convertía en una tarea exhaustiva y complicada debido a la superficie del terreno, en ocasiones las fallas no dejan rastros físicos por lo que la ubicación de la falla no se podía determinar [32]–[36].

Las causas más comunes son las condiciones climáticas puesto que estas generan descargas atmosféricas o tormentas eléctricas, también otro motivo de las interrupciones es ocasionado por los árboles ya que estos al hacer contacto con la red energizada pueden generar peligrosas descargas eléctricas y el deterioro de los componentes de la red hace que estas sean más propensas a sufrir fallas. Cuando esto ocurre produce que las protecciones actúen lo que provoca es la obstrucción en el flujo uniforme de corriente, esta interrupción da origen a señales transitorias tanto de corriente como de voltaje y estas señales de falla nos sirven para su respectivo análisis [37]–[42].

2.1 Transformada de Wavelet

La transformada de wavelet descompone una señal en diferentes componentes de frecuencia que corresponden a las traslaciones y dilataciones de una wavelet original o wavelet madre $\Psi(t)$. La transformada de wavelet está estrechamente relacionada con la transformada de Fourier, ya que estas dos transformadas se basan en las aproximaciones de señales usando superposición [29].

La transformada de Fourier no permite analizar datos que contengan discontinuidades o picos, lo que no sucede con la transformada wavelet que posibilita medir los cambios en el tiempo y en la frecuencia de las componentes espectrales [14].

Las funciones de wavelet se encuentran en el espacio y son usadas como

funciones de análisis, estas funciones componen las transformada de wavelet. Las funciones de wavelet requieren componentes matemáticos como son la forma de onda ondulatoria, dimensión, frecuencias, descomposiciones que puedan generar [43]. Según [44] para analizar una señal y obtener sus características de espacio, tamaño y dirección está definida por (1).

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right); a, b \in \mathcal{R} \quad (1)$$

Donde:

a : representa la escala del tiempo en s.

b : es el factor de traslación.

Además, la transformada de Wavelet se la expresa como la descomposición de $f(t)$ en un conjunto de funciones $\psi_{a,b}(t)$, definiendo la transformada de wavelet así:

$$\psi_{f(a,b)} = \int f(t) \psi_{a,b}^*(t) dt \quad (2)$$

Hay varias wavelets madres asociadas en familias, la primera denominada Daubechies esta es un conjunto de wavelets ortonormales direccionadas a analizar señales discretas, la segunda llamada a Coiflets y la tercera familia Symmlet apunta a ser asimétricas al ser similares a las Daubechies [45].

2.2 Ubicación de fallas por el método basado en la impedancia de la línea de un extremo

Algunos autores en [46] obtienen la información de la impedancia de la línea de los compensadores capacitivos en serie, con la desventaja del sistema de protección del compensador, ya que la impedancia de la línea en falla no es lineal. Para implementar el algoritmo con la información de voltajes y corrientes

primero se propone obtener las características de la línea como la impedancia característica, así como la constante de propagación además de los voltajes y corrientes en sus componentes de secuencias positivo, negativo y cero. De acuerdo a [47] la ubicación de la falla basada en la impedancia de un extremo está definida como:

$$I_F = I_A [A] \quad (3)$$

$$Z_F = \frac{E_A}{I_A} = d * Z_L + R_F [\Omega] \quad (4)$$

$$d = \frac{Z_F}{Z_L} [km] \quad (5)$$

Donde:

Z_F : es la impedancia medida desde la subestación en Ω .

Z_L : representa la impedancia de la línea en Ω .

R_F : resistencia a la falla en Ω .

2.3 Método basado en ondas viajeras y componentes de alta frecuencia

El método de ondas viajeras (Traveling Wave) hacen uso de sobrevoltajes y sobrecorrientes estas pueden presentarse de manera natural o generadas por algún tipo de fallas en la línea de transmisión. Las metodologías (TW) son sustentadas por la correlación de onda viajera incidente y reflejada en la línea de transmisión. Cuando se genera una falla se crean los transitorios que estos son evidenciados desde el punto de la deficiencia energética hacia los extremos de la línea de transmisión indicando una señal correlacionada con una diferencia de tiempo de viaje equivalente al punto donde se produjo el

corte que se está definida como [7], [16], [48], [49].

$$d_i = \frac{v\Delta t_{ij} + l_{ij}}{2} [km] \quad (6)$$

Donde:

v : representa la velocidad de propagación en km/s.

t_i y t_j : son tiempos iniciales en s.

Δt_{ij} : camino más corta entre los puntos i , j .

El método de onda viajera es eficiente en la ubicación de fallas a tierra en líneas de transmisión [50].

3. Formulación del Problema

Los análisis elaborados hacia la localización de fallas en las líneas de transmisión son realizados sobre modelos balanceados, pero en las líneas de transmisión las corrientes del sistema eléctrico de potencia no se encuentran completamente balanceadas por la enorme suma de cargas que están conectados en todo el sistema y los resultados que se obtendrán mediante flujos de potencia en sistemas desbalanceados serán determinados con mayor precisión [51]–[56].

Al producirse algún tipo de falla en las líneas de transmisión los datos de voltaje y corrientes sufren alteraciones, estos se reflejan como altos y bajos picos a lo largo de la línea de transmisión. Estas perturbaciones normalmente son de tiempos muy cortos encontrándose en la escala de los milisegundos.

Una herramienta esencial que se encargue de procesar las señales obtenidas a través de mediciones sincrofatorias de PMU es mediante la utilización de la transformada de wavelet ya que sirve para la localización de la falla [57]–[59].

3.1 Método de ubicación de fallas

El método para la ubicación de fallas consiste en determinar la distancia a la que se produce una falla, así al encontrar el punto de falla se procede a la reconexión de la energía. Para encontrar la distancia de la falla se usa el método de onda viajera que mide los tiempos de llegada de las ondas cuando se produce una falla está se expresa como:

$$V_{ij} = \frac{1}{(I_{scij} * C_{LTij})^{\frac{1}{2}}} \left[\frac{km}{s} \right] \quad (7)$$

$$V_{ji} = \frac{1}{(I_{scji} * C_{LTji})^{\frac{1}{2}}} \left[\frac{km}{s} \right] \quad (8)$$

$$T_1 = \frac{I_{scij}}{V_{ij}} [s] \quad (9)$$

$$T_2 = \frac{I_{scji}}{V_{ji}} [s] \quad (10)$$

$$d = \frac{1}{2}(T_2 - T_1) \left(\frac{1}{\sqrt{L_{LTij} * C_{LTij}}} \right) [km] \quad (11)$$

Donde:

V_{ij} : velocidad desde i a j en km/s.

I_{scij} : corriente pico desde i a j en A.

C_{LTij} : capacitancia de la LT en uF/km.

L_{LTij} : inductancia de la LT en mH/km.

T_1 : tiempo desde i a j en s.

T_2 : tiempo desde j a i en s.

Al momento de obtener con diferentes tipos de fallas o diferentes valores de resistencia, longitudes se logra tener una ubicación aproximada y para ello podemos determinar el porcentaje de error relativo que existe mediante:

$$e_l = \frac{|d - d_{real}|}{L} * 100 [\%] \quad (12)$$

Donde:

d : distancia de la ubicación de la falla en km.

d_{real} : distancia real de la falla en %.

L : longitud total en km.

De igual forma existe el error relativo en tradicional que está expresado como:

$$e_t(\%) = \frac{|d - d_{real}|}{d_{real}} * 100 [\%] \quad (13)$$

e_t : error relativo de la línea en p.u, %, o en km.

Algoritmo para la ubicación de fallas eléctricas mediante la transformada de wavelet

Paso 1. Ingreso de voltajes y corrientes en pre-falla y falla de las PMU.

I_{a_falla} = Corriente de falla en A.

I_{b_falla} = Corriente de falla en B.

I_{c_falla} = Corriente de falla en C.

Paso 2. Datos para el cálculo del punto de falla

C_{LT} = Capacitancia [F/Km]

L_{LT} = Inductancia [H/Km]

Paso 3: Ubicación de falla con la transformada wavelet

$[c, l] = \text{wavedec}(\text{senal}, 3, 'db4')$

$\text{approx} = \text{appcoef}(c, l, 'db4')$

$[cd1, cd2, cd3] = \text{detcoef}(c, l, [1,2,3])$

Paso 4: Encontrar los dos picos máximos después de la falla

Paso 5: Ubicación del punto de falla, estimación del porcentaje de error.

Paso 6: Graficar los resultados

Paso 7: Fin

4. Análisis de resultados

Para la ubicación de las fallas en líneas de transmisión, se realizó el análisis en el software ATP sobre un sistema IEEE de nueve barras añadiéndole a este cargas y PMU que nos ayudan a convertir en un

sistema desbalanceado y la obtención de valores de corriente y de voltaje respectivamente.

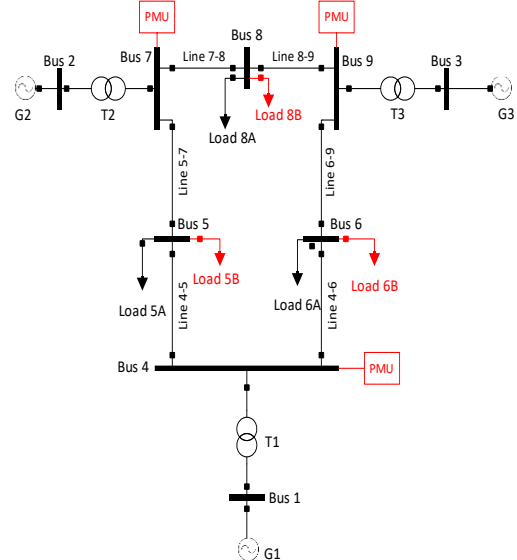


Figura 1. Sistema IEEE 9 barras

En este sistema añadimos cargas con la finalidad de obtener un sistema desbalanceado como se indica en la figura 1 las cargas se encuentran en las barras 5, 6, 8. Para este caso se hace el uso de 3 PMU las cuales están en las barras 4, 7, 9 y en la figura 2 se verifica la obtención de un sistema en desbalance.

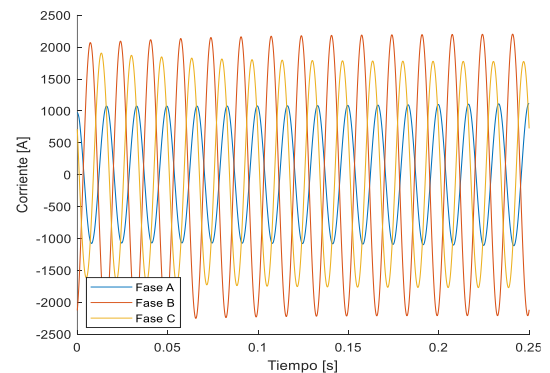


Figura 2. Señal base

El análisis se hace con la obtención de señales de corrientes mediante la medición de las PMU que se localizan en los extremos cada línea de transmisión. En la figura 3 se muestra una falla monofásica en la fase A con una

distancia de 22.85 Km con un tiempo de despeje de 0.001 segundo.

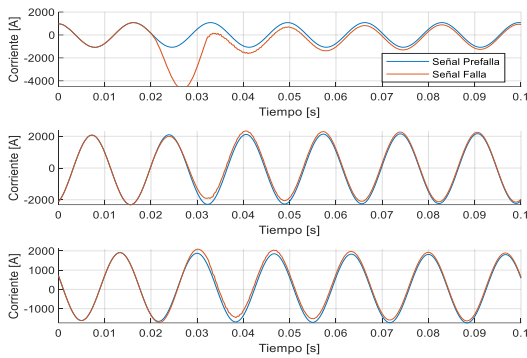


Figura 3. Falla monofásica línea 7-8 en la fase “A”

En la figura 4 y la figura 5 se puede constatar la detección de la falla mediante la transformada de wavelet.

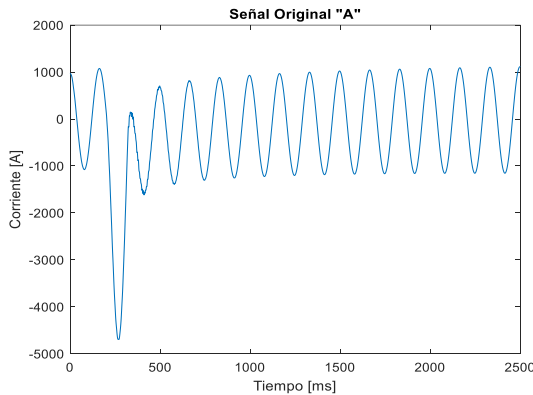


Figura 4. Señal original de la falla monofásica fase “A”

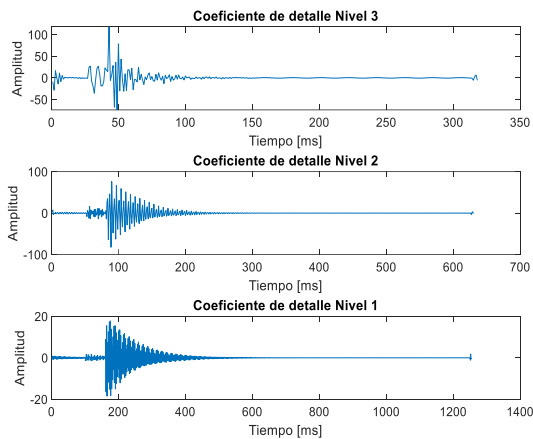


Figura 5. Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “A”

En la figura 6 se muestra el comportamiento de una falla bifásica A-B con una distancia de 22.85 Km con un tiempo de despeje de 0.001 segundo.

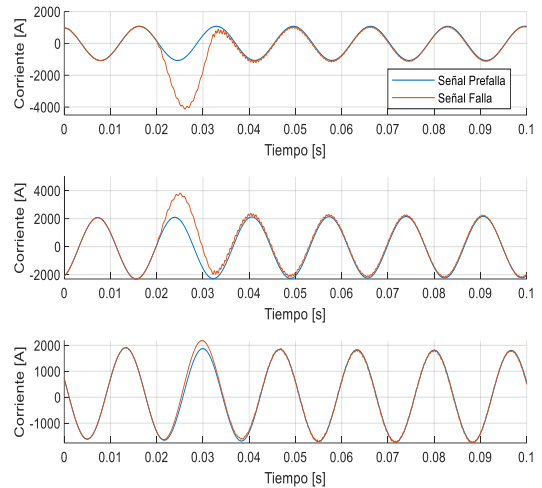


Figura 6. Falla bifásica línea 7-8 en las fases “A-B”

En la figura 7 y la figura 9 están representadas las señales en falla bifásica separadas en cada una de sus fases donde se produce la falla.

En la figura 8 como en la figura 10 representan la ubicación de la falla bifásica A-B.

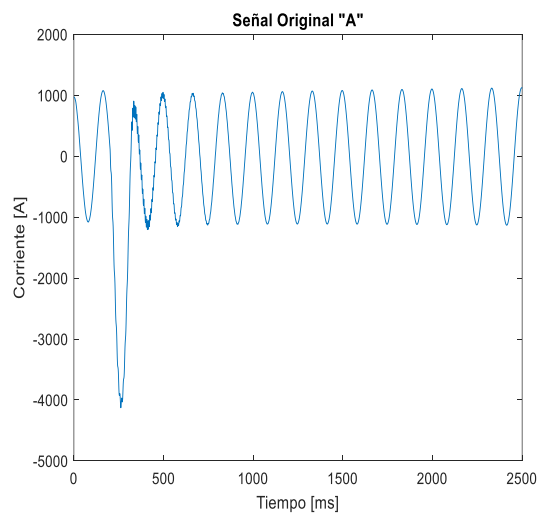


Figura 7. Señal original de la falla bifásica fase “A”

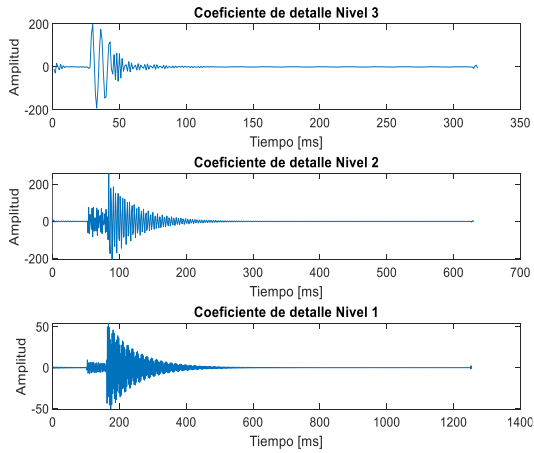


Figura 8. Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase "A" falla bifásica

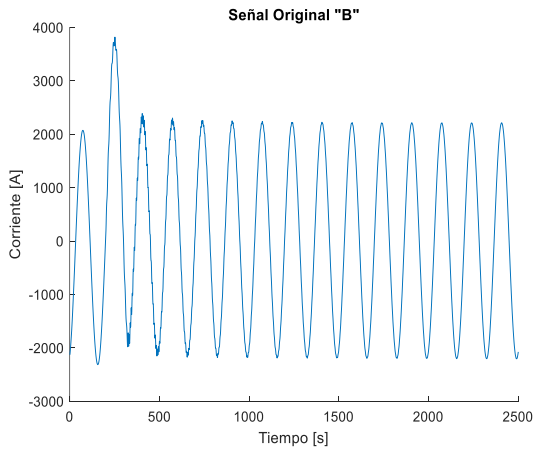


Figura 9. Señal original de la falla bifásica fase "B"

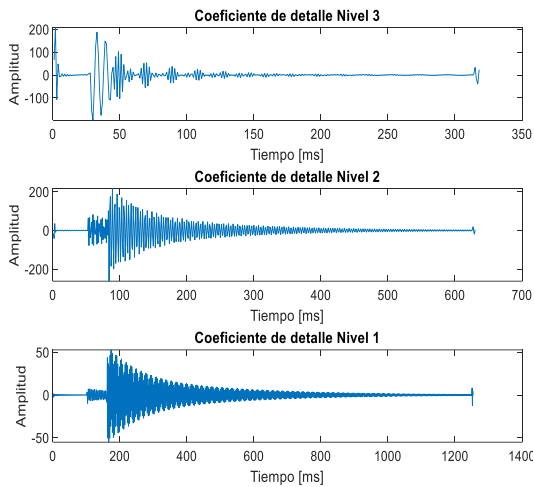


Figura 10. Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase "B" falla bifásica

En la figura 11 se muestra una falla trifásica a una distancia de 22.85 Km con un tiempo de despeje de 0.001 segundo.

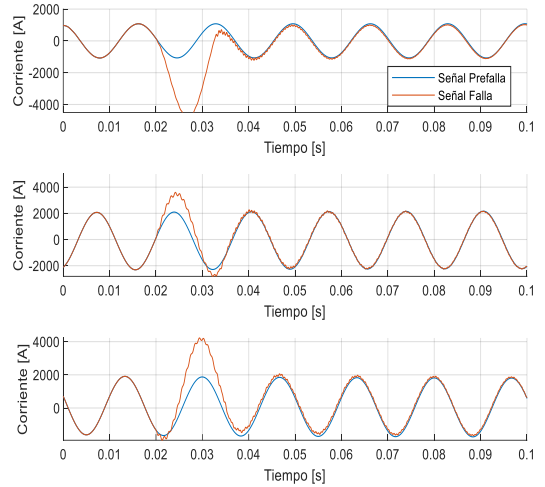


Figura 11. Falla trifásica línea 7-8

En las figuras 12, 14 y 16 están representadas las señales en falla trifásica separadas en cada una de sus fases donde se produce la falla.

En la figura 13, 15 y 17 representan la ubicación de la falla trifásica A-B-C, donde se puede notar el momento dónde se detecta la falla.

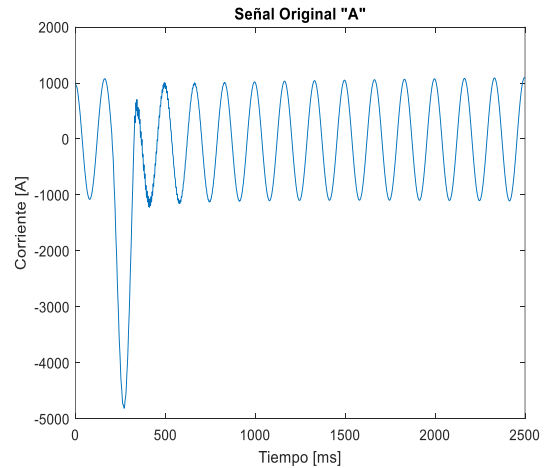


Figura 12. Señal original de la falla trifásica fase "A"

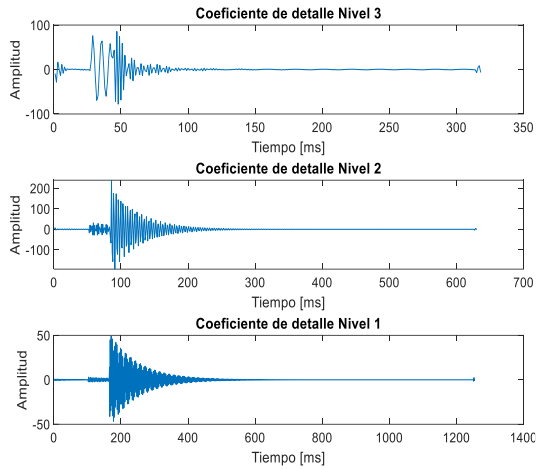


Figura 13. Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “A” falla trifásica

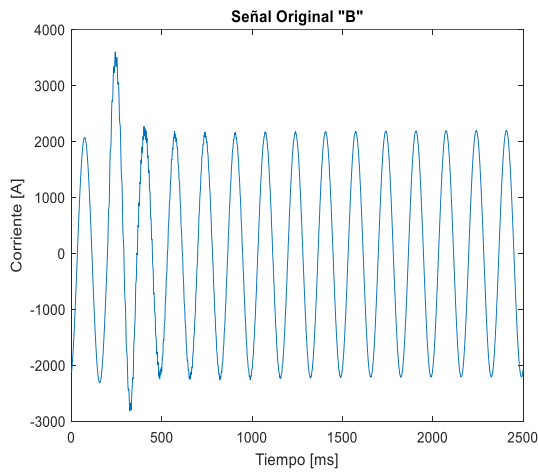


Figura 14. Señal original de la falla trifásica fase “B”

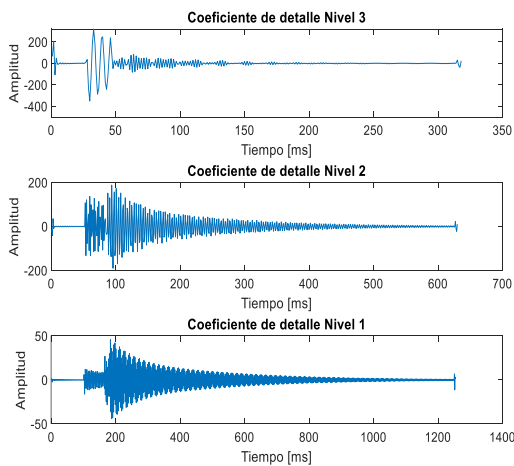


Figura 15. Señal de detalle wavelet nivel 1, 2 y 3 para la fase “B” falla trifásica

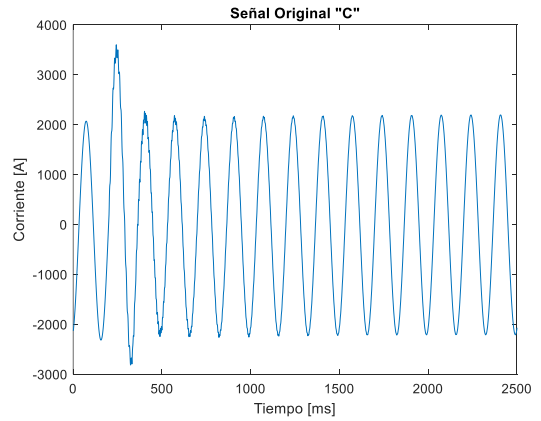


Figura 16. Señal original de la falla trifásica fase “C”

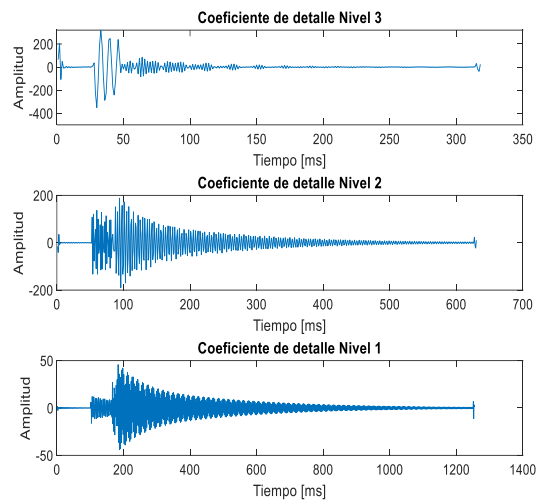


Figura 17. Señal de detalle wavelet niveles 1, 2 y 3 para la fase “C” falla trifásica

Con los resultados de las simulaciones para la falla monofásica encontramos que a una distancia de falla de 22.85 Km nos da una distancia calculada de 21.338 Km con un error relativo del 6.616 %.

Los resultados de las simulaciones para la falla bifásica encontramos que a una distancia de falla de 22.85 Km nos da una distancia calculada de 17.608 Km con un error relativo del 22.94 %.

En las simulaciones para la falla trifásica encontramos que a una distancia de falla de 22.85 Km nos da una distancia calculada de 21.514 Km con un error relativo del 5.844 %.

5. Conclusiones

La metodología planteada logró localizar las fallas en las líneas a transmisión a través de las señales de corriente y voltaje conseguidas del software ATP en un sistema IEEE de 9 barras desbalanceado. Además, se aplicó la transformada de wavelet del tipo Daubechies de orden 4, con una descomposición nivel 3, esta permitió una aproximación al momento donde se generó la falla.

Es importante la obtención de los coeficientes de detalle de nuestra señal de corriente ya que estos coeficientes nos indican el tiempo de duración de la señal de falla, con una correcta adquisición de estos tiempos se logra precisar la distancia de falla en la línea de transmisión.

En el presente trabajo se utilizó el sistema IEEE 9 barras en el cual se hizo una ubicación óptima de PMU considerando restricciones de observabilidad y redundancia en las mediciones, de tal forma que todo el sistema es observable por lo que es posible la obtención de los datos eléctricos del sistema de potencia, la ubicación de las PMU se las realizó en las barras 4, 7 y 9.

La metodología planteada permite localizar las fallas en los sistemas de potencia en su red de transmisión, considerando el desbalance en la demanda, el método propuesto se lo puede aplicar a los modelos de prueba del IEEE como a sistemas reales en los que se cuente con información de los fasores de voltaje y corriente.

6. Trabajos futuros

La transformada de wavelet ha sido usada en gran parte para sistemas balanceados obteniendo resultados

satisfactorios, considerándolo como un método fiable para la detección de fallas. Para el análisis en sistemas desbalanceados se debería desarrollar una técnica para obtener las señales de los picos como mayor detalle para el análisis en la transformada de wavelet evitando resultados erróneos.

7. Referencias

- [1] J. O. Aucapiña and J. C. Niola, “A review of fault diagnosing methods in power transmission systems,” p. 245, 2012.
- [2] D. Carrión, “Energy saving model through lighting management systems for residences,” in *2013 Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA)*, 2013, pp. 0–5.
- [3] A. Aguila, D. Carrión, and L. Ortiz, “Analysis of power losses in the asymmetric construction of electric distribution systems,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 7, pp. 2190–2194, 2015.
- [4] D. Carrión, J. W. González, I. A. Isaac, and G. J. López, “Optimal Fault Location in Transmission Lines Using Hybrid Method,” in *2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference*, 2017, p. 6.
- [5] S. M. Arroyo, M. García-Gracia, and A. Montañés, “The half-sine method: A new accurate location method based on wavelet transform for transmission-line protection from single-ended measurements,” *Energies*, vol. 12, no. 17, 2019.
- [6] D. Carrión, J. W. González, G. J. López, and I. A. Isaac, “Alternative fault detection method in electrical power systems based on ARMA model,”

- 2019 FISE-IEEE/CIGRE Conf. - Living Energy Transition, FISE/CIGRE 2019, 2019.
- [7] J. Pilatásig Lasluisa and D. Carrión, “Resiliencia de Sistemas Eléctricos de Potencia mediante la Conmutación de Líneas de Transmisión – Estado del arte,” *I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 2, 2020.
- [8] S. A. Gafoor and P. V. Ramana Rao, “Wavelet based fault detection, classification and location in transmission lines,” *First Int. Power Energy Conf. (PECon 2006) Proc.*, pp. 114–118, 2006.
- [9] T. P. Hinge and S. S. Damhare, “Novel fault location algorithm for transmission line using synchronized measurements,” *Proc. IEEE Power Eng. Soc. Transm. Distrib. Conf.*, vol. 2016-July, pp. 1–6, 2016.
- [10] P. Dutta, A. Esmaeilian, and M. Kezunovic, “Transmission-line fault analysis using synchronized sampling,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 29, no. 2, pp. 942–950, 2014.
- [11] S. M. Brahma and A. A. Girgis, “Fault location on a transmission line using synchronized voltage measurements,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 19, no. 4, pp. 1619–1622, 2004.
- [12] V. Terzija, Z. M. Radojević, and G. Preston, “Flexible synchronized measurement technology-based fault locator,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 2, pp. 866–873, 2015.
- [13] E. B. M. Tayeb Omer, A. A. and Rhim, “Transmission Line Faults Detection, Classification and Location using Artificial Neural Network,” 2012.
- [14] R. Chen, X. Yin, X. Yin, Y. Li, and J. Lin, “Computational Fault Time Difference-Based Fault Location Method for Branched Power Distribution Networks,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 181972–181982, 2019.
- [15] J. Liang, T. Jing, H. Niu, and J. Wang, “Two-Terminal Fault Location Method of Distribution Network Based on Adaptive Convolution Neural Network,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 54035–54043, 2020.
- [16] T. Reflectometry, A. Ghaderi, and S. Carolina, “Active Fault Location in Distribution Network using,” pp. 1–7, 2015.
- [17] J. A. De Oliveira Neto, C. A. F. Sartori, and G. M. Junior, “Fault Location in Overhead Transmission Lines Based on Magnetic Signatures and on the Extended Kalman Filter,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 15259–15270, 2021.
- [18] J. Ding, X. Wang, Y. Zheng, and L. Li, “Distributed Traveling-Wave-Based Fault-Location Algorithm Embedded in Multiterminal Transmission Lines,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 33, no. 6, pp. 3045–3054, 2018.
- [19] M. Farshad and J. Sadeh, “A novel fault-location method for HVDC transmission lines based on similarity measure of voltage signals,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 28, no. 4, pp. 2483–2490, 2013.
- [20] O. M. K. K. Nanayakkara, A. D. Rajapakse, and R. Wachal, “Traveling-wave-based line fault location in star-connected multiterminal HVDC systems,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol.

- 27, no. 4, pp. 2286–2294, 2012.
- [21] Z. Y. He, K. Liao, X. P. Li, S. Lin, J. W. Yang, and R. K. Mai, “Natural frequency-based line fault location in HVDC lines,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 29, no. 2, pp. 851–859, 2014.
- [22] A. Ghorbani and H. Mehrjerdi, “Negative-Sequence Network Based Fault Location Scheme for Double-Circuit Multi-Terminal Transmission Lines,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 34, no. 3, pp. 1109–1117, 2019.
- [23] Y. Liu, B. Wang, X. Zheng, D. Lu, M. Fu, and N. Tai, “Fault Location Algorithm for Non-Homogeneous Transmission Lines Considering Line Asymmetry,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 35, no. 5, pp. 2425–2437, 2020.
- [24] T. Funabashi, H. Otaguro, Y. Mizuma, L. Dube, and A. Ametani, “Digital fault location for parallel double-circuit multi-terminal transmission lines,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 15, no. 2, pp. 531–537, 2000.
- [25] Y. J. Lee, C. H. Chao, T. C. Lin, and C. W. Liu, “A Synchrophasor-Based Fault Location Method for Three-Terminal Hybrid Transmission Lines with One Off-Service Line Branch,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 33, no. 6, pp. 3249–3251, Dec. 2018.
- [26] O. Power, F. Using, and T. Search, “A Closed-Form Solution for Untransposed Transmission-Lines Fault Location With Nonsynchronized Terminals,” *Power Eng.*, vol. 20, no. June, pp. 2356–2357, 2002.
- [27] R. Mardiana, H. Al Motairy, and C. Q. Su, “Ground fault location on a transmission line using high-frequency transient voltages,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 26, no. 2, pp. 1298–1299, 2011.
- [28] D. Lu, Y. Liu, Q. Liao, B. Wang, W. Huang, and X. Xi, “Time-Domain Transmission Line Fault Location Method with Full Consideration of Distributed Parameters and Line Asymmetry,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 35, no. 6, pp. 2651–2662, 2020.
- [29] S. Agarwal, A. Swetapadma, C. Panigrahi, and A. Dasgupta, “Fault detection in direct current transmission lines using discrete fourier transform from single terminal current signals,” *2017 1st Int. Conf. Electron. Mater. Eng. Nano-Technology, IEMENTech 2017*, pp. 3–6, 2017.
- [30] W. Kong, K. Ma, and Q. Wu, “Three-Phase Power Imbalance Decomposition Into Systematic Imbalance and Random Imbalance,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 33, no. 3, pp. 3001–3012, 2018.
- [31] P. S. SÁNCHEZ OÑATE, “Estabilidad De Frecuencia En Sistemas Eléctricos De Potencia Considerando Generación No Inercial,” p. 34, 2020.
- [32] M. Konal, I. Öz, C. P. Uzunoğlu, and F. Kaçar, “Electrical distribution network’s failure analysis based on weather conditions,” *2018 5th Int. Conf. Electr. Electron. Eng. ICEEE 2018*, pp. 269–272, 2018.
- [33] P. Escudero and D. Carrión, “Expansión de un sistema de transmisión mediante LOPF-AC Expansion of a transmission system using LOPF-AC,” *INGE CUC*, vol. 14, no. 2, pp. 116–125, 2018.
- [34] P. V. Escudero and D. F. Carrión,

- “Modelo de Expansión de un sistema de transmisión basado en linealización de flujos de potencia óptimos AC.,” p. 34, 2018.
- [35] I. Campaña and D. Carrión, “Determinación del margen de estabilidad angular de sistemas eléctricos de potencia considerando contingencias N-1,” Universidad Politécnica Salesiana, 2021.
- [36] D. Carrión, E. García, M. Jaramillo, and J. W. González, “A Novel Methodology for Optimal SVC Location Considering N-1 Contingencies and Reactive Power Flows Reconfiguration,” *Energies*, vol. 14, no. 20, pp. 1–17, 2021.
- [37] Q. Yang, J. Tao, and W. Sima, “Analysis of shielding failure in transmission lines considering complex terrain,” *2017 Int. Symp. Light. Prot. XIV SIPDA 2017*, no. 1, pp. 116–120, 2017.
- [38] S. Pinzón, D. Carrión, and E. Inga, “Optimal Transmission Switching Considering N-1 Contingencies on Power Transmission Lines,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 19, no. 4, pp. 534–541, 2021.
- [39] J. Ramirez, D. Carrión, and E. Inga, “Compensación reactiva en redes eléctricas de transmisión basado en programación no lineal considerando ubicación óptima de SVC,” *Rev. I+D Tecnológico*, vol. 17, no. February, 2021.
- [40] J. Toctaquiza and D. Carrión, “Estado del arte modelo óptimo de operación posterior a ataques intencionales considerando conmutación de los sistemas de transmisión,” *ITECKNE Innovación e Investig. en Ing.*, vol. 18, no. 2, p. 17, 2021.
- [41] P. Masache, D. Carrión, and J. Cárdenas, “Optimal Transmission Line Switching to Improve the Reliability of the Power System Considering AC Power Flows,” *Energies 2021, Vol. 14, Page 3281*, vol. 14, no. 11, p. 3281, Jun. 2021.
- [42] D. Carrión, J. Palacios, M. Espinel, and J. W. González, “Transmission Expansion Planning Considering Grid Topology Changes and N-1 Contingencies Criteria,” in *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, Springer, Ed. Springer, 2021, pp. 266–279.
- [43] S. D. Thepade, J. H. Dewan, S. S. Erandole, and S. R. Jadhav, “Extended performance comparison of self mutated hybrid wavelet transforms in image compression with hybrid wavelet transforms & orthogonal transforms,” *Glob. Conf. Commun. Technol. GCCT 2015*, no. Gcct, pp. 317–322, 2015.
- [44] E. B. M. Tayeb and O. A. A. A. Rhim, “Transmission line faults detection, classification and location using artificial neural network,” *Proc. 2011 Int. Conf. Util. Exhib. Power Energy Syst. Issues Prospect. Asia, ICUE 2011*, pp. 2–6, 2012.
- [45] M. M. Hasan and K. A. Wahid, “Low-cost architecture of modified daubechies lifting wavelets using integer polynomial mapping,” *IEEE Trans. Circuits Syst. II Express Briefs*, vol. 64, no. 5, pp. 585–589, 2017.
- [46] T. P. S. Bains, T. S. Sidhu, Z. Xu, I. Voloh, and M. R. D. Zadeh, “Impedance-Based Fault Location Algorithm for Ground Faults in Series-Capacitor-Compensated

- Transmission Lines,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 33, no. 1, pp. 189–199, 2018.
- [47] S. Roostae, M. S. Thomas, and S. Mehruz, “Experimental studies on impedance based fault location for long transmission lines,” *Prot. Control Mod. Power Syst.*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [48] J. Salazar and D. Carrión, “Aplicación de reactivos para el control del desequilibrio del sistema eléctrico de potencia por incertidumbre de la demanda,” *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. E43, pp. 484–500, 2021.
- [49] F. Quinteros, D. Carrión, and M. Jaramillo, “Optimal Power Systems Restoration Based on Energy Quality and Stability Criteria,” *Energies*, vol. 15, no. 6, 2022.
- [50] L. Cruz, D. Carrión, and A. Riofrio, “Localización de Fallas Mediante la Transformada Wavelet en Líneas de Transmisión,” *Rev. Técnica &energía"*, vol. 13, no. 1 SE-SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA, pp. 79-89 pp., Jan. 2017.
- [51] Z. Zhao and J. Liu, “A new communication services optimization method based on services risk balancing degree for power system,” *2011 Int. Conf. Comput. Sci. Serv. Syst. CSSS 2011 - Proc.*, pp. 994–997, 2011.
- [52] P. Masache and D. Carrión, “Estado del Arte de conmutación de líneas de transmisión con análisis de contingencias,” *Rev. I+D Tecnológico*, vol. 15, no. 2, pp. 98–106, 2019.
- [53] D. Carrion, A. Ayo, and J. W. Gonzalez, “Under Frequency Load Disconnection Scheme Based on Improvement to Semi-Adaptative Model,” *Proc. - 2019 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci. INCISCOS 2019*, pp. 361–365, 2019.
- [54] D. Carrión, E. Correa, and E. M. Garcia, “Predicción de la Demanda Eléctrica a Corto Plazo Mediante Cadenas de Markov y Monte Carlo,” *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, no. E30, p. 241 527, 2019.
- [55] J. Palacios and D. F. Carrión Galarza, “Estado del arte de la planeación de expansión de sistemas de transmisión,” *I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 2, pp. 1–8, 2020.
- [56] D. Carrión, A. Ayo, and J. W. González, “Alternative Under Frequency Load Disconnection Methodology Based on Semi-Adaptative Model,” *Enfoque UTE*, vol. 11, no. 1, pp. 96–107, 2020.
- [57] M. M. Ahmed and K. Imran, “An Optimal PMU Placement Against N-1 Contingency of PMU Using Integer Linear Programming Approach,” *2019 Int. Conf. Appl. Eng. Math. ICAEM 2019 - Proc.*, pp. 127–132, 2019.
- [58] D. Carrion and J. W. Gonzalez, “Optimal PMU Location in Electrical Power Systems Under N-1 Contingency,” in *2018 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, 2018, no. 1, pp. 165–170.
- [59] D. Carrión and J. W. González, “Ubicación óptima de PMU considerando restricciones de contingencias N-1 en sistemas eléctricos de potencia,” *Enfoque UTE*, vol. 10, no. 1, pp. 1–12, 2019.

8. Estado del Arte

UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA DESBALANCEADOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE WAVELET.

ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETOS			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA		PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA			
				DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN DE FALLAS	FALLAS EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	TRANSFORMADA DE WAVELET	TÉCNICAS DE UBICACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE FALLAS	FIABILIDAD	ESTABILIDAD	DETECCIÓN DEL ERROR	ADQUISICIÓN DE DATOS	MANEJO DE LAS SEÑALES DE VOLTAJE Y CORRIENTE	FLUJO DE POTENCIA EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	SIMULACIÓN DE FALLAS ELÉCTRICAS EN ATP	IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE WAVELET	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS
1	2012	A review of fault diagnosing methods in power transmission systems	\cite{Aucapina2012}	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐
2	2019	The half-sine method: A new accurate location method based on wavelet transform for transmission-line protection from single-ended measurements	\cite{Arroyo2019}	☒	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
3	2006	Wavelet based fault detection, classification and location in transmission lines	\cite{Gafoor2006}	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☒	☐
4	2018	Novel fault location algorithm for transmission line using synchronized measurements	\cite{Hinge2016}	☒	☒	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
5	2004	Transmission-line fault analysis using synchronized sampling	\cite{Dutta2014}	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐
6	2004	Fault location on a transmission line using synchronized voltage measurements	\cite{Brahma2004}	☒	☐	☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐
7	2015	Flexible synchronized measurement technology-based fault locator	\cite{Terzija2015}	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
8	2012	Transmission Line Faults Detection, Classification and Location using Artificial Neural Network	\cite{M.TayebOmer2012}	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒	☒	☐	☐

UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA DESBALANCEADOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE WAVELET.

ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETOS				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA		PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA		
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN DE FALLAS	FALLAS EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	TRANSFORMADA DE WAVELET	TÉCNICAS DE UBICACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE FALLAS	FIABILIDAD	ESTABILIDAD	DETECCIÓN DEL ERROR	ADQUISICIÓN DE DATOS	MANEJO DE LAS SEÑALES DE VOLTE Y CORRIENTE	FLUJO DE POTENCIA EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	SIMULACIÓN DE FALLAS ELÉCTRICAS EN ATP	IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE WAVELET	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS
9	2019	Computational Fault Time Difference-Based Fault Location Method for Branched Power Distribution Networks	\cite{Chen2019}	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	2020	Two-Terminal Fault Location Method of Distribution Network Based on Adaptive Convolution Neural Network	\cite{Liang2020}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	2015	Active Fault Location in Distribution Network using	\cite{Reflectometry2015}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	2021	Fault Location in Overhead Transmission Lines Based on Magnetic Signatures and on the Extended Kalman Filter	\cite{DeOliveiraNeto2021}	<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 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"/>
13	2018	Distributed Traveling-Wave-Based Fault-Location Algorithm Embedded in Multiterminal Transmission Lines	\cite{Ding2018}	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>
14	2013	A novel fault-location method for HVDC transmission lines based on similarity measure of voltage signals	\cite{Farshad2013}	<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 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"/>
15	2012	Traveling-wave-based line fault location in star-connected multiterminal HVDC systems	\cite{Nanayakkara2012}	<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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	2014	Natural frequency-based line fault location in HVDC lines	\cite{He2014}	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	2019	Negative-Sequence Network Based Fault Location Scheme for Double-Circuit Multi-Terminal Transmission Lines	\cite{Ghorbani2019}	<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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	2020	Fault Location Algorithm for Non-Homogeneous Transmission Lines Considering Line Asymmetry	\cite{Liu2020}	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	2000	Digital fault location for parallel double-circuit multi-terminal transmission lines	\cite{Funabashi2000}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	2018	A Synchrophasor-Based Fault Location Method for Three-Terminal Hybrid Transmission Lines with One Off-Service Line Branch	\cite{Lee2018}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>

UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA DESBALANCEADOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE WAVELET.

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETOS				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA		PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN DE FALLAS	FALLAS EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	TRANSFORMADA DE WAVELET	TÉCNICAS DE UBICACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE FALLAS	FIABILIDAD	ESTABILIDAD	DETECCIÓN DEL ERROR	ADQUISICIÓN DE DATOS	MANEJO DE LAS SEÑALES DE VOLJE Y CORRIENTE	FLUJO DE POTENCIA EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	SIMULACIÓN DE FALLAS ELÉCTRICAS EN ATP	IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE WAVELET	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS
21	2002	A Closed-Form Solution for Untransposed Transmission-Lines Fault Location With Nonsynchronized Terminals	\cite{Power2002}	<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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	2011	Ground fault location on a transmission line using high-frequency transient voltages	\cite{Mardiana2011}	<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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	2020	Time-Domain Transmission Line Fault Location Method with Full Consideration of Distributed Parameters and Line Asymmetry	\cite{Lu2020}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	2017	Fault detection in direct current transmission lines using discrete fourier transform from single terminal current signals	\cite{Agarwal2017}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	2018	Three-Phase Power Imbalance Decomposition Into Systematic Imbalance and Random Imbalance	\cite{Kong2018}	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	2020	Estabilidad De Frecuencia En Sistemas Eléctricos De Potencia Considerando Generación No Inercial	\cite{SANCHEZONATE2020}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	2018	Electrical distribution network's failure analysis based on weather conditions	\cite{Konal2018}	<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 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"/>
28	2017	Analysis of shielding failure in transmission lines considering complex terrain	\cite{Yang2017}	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	2015	Extended performance comparison of self mutated hybrid wavelet transforms in image compression with hybrid wavelet transforms & orthogonal transforms	\cite{Thepade2015}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	2012	Transmission line faults detection, classification and location using artificial neural network	\cite{Tayeb2012}	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	2017	Low-cost architecture of modified daubechies lifting wavelets using integer polynomial mapping	\cite{Hasan2017}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

UBICACIÓN DE FALLAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN SISTEMAS DE POTENCIA DESBALANCEADOS MEDIANTE LA TRANSFORMADA DE WAVELET.

ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETOS			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA		PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA			
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN DE FALLAS	FALLAS EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	TRANSFORMADA DE WAVELET	TÉCNICAS DE UBICACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE FALLAS	FIABILIDAD	ESTABILIDAD	DETECCIÓN DEL ERROR	ADQUISICIÓN DE DATOS	MANEJO DE LAS SEÑALES DE VOLJE Y CORRIENTE	FLUJO DE POTENCIA EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	SIMULACIÓN DE FALLAS ELÉCTRICIAS EN ATP	IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE WAVELET	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN SISTEMAS DESBALANCEADOS	VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS
32	2018	Impedance-Based Fault Location Algorithm for Ground Faults in Series-Capacitor-Compensated Transmission Lines	\cite{Bains2018}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
33	2017	Experimental studies on impedance based fault location for long transmission lines	\cite{Roostaee2017}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	2017	Localización de Fallas Mediante la Transformada Wavelet en Líneas de Transmisión	\cite{Cruz2017}	<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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
35	2011	A new communication services optimization method based on services risk balancing degree for power system	\cite{Zhao2011}	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
36	2019	An Optimal PMU Placement Against N-1 Contingency of PMU Using Integer Linear Programming Approach	\cite{Ahmed2019}	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
CANTIDAD:				13	16	7	6	8	5	4	2	6	3	13	6	7	7	14	2

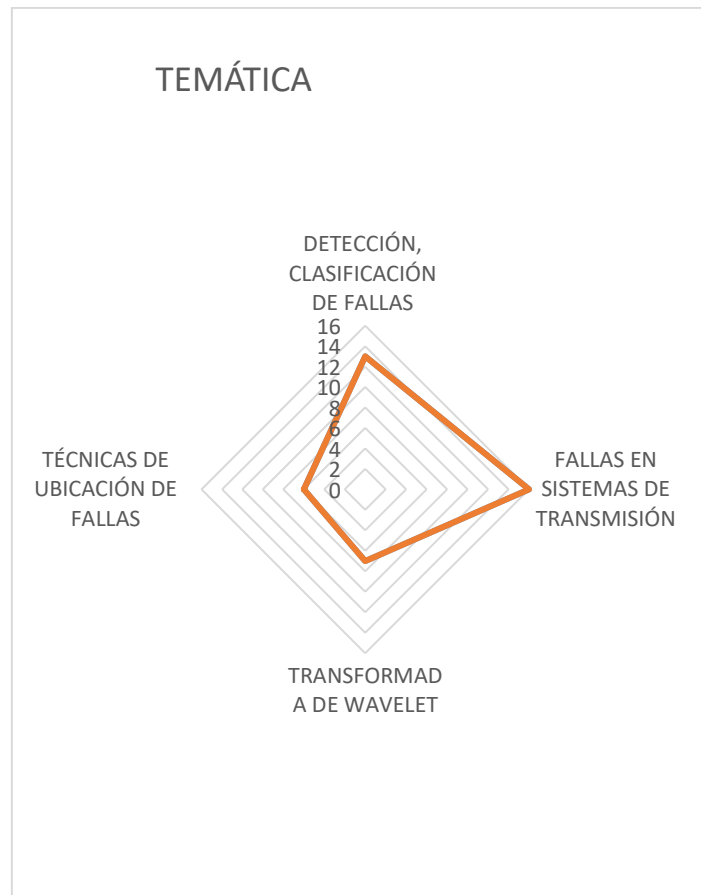


Figura 18. Resumen e indicador de la temática – Estado del arte.

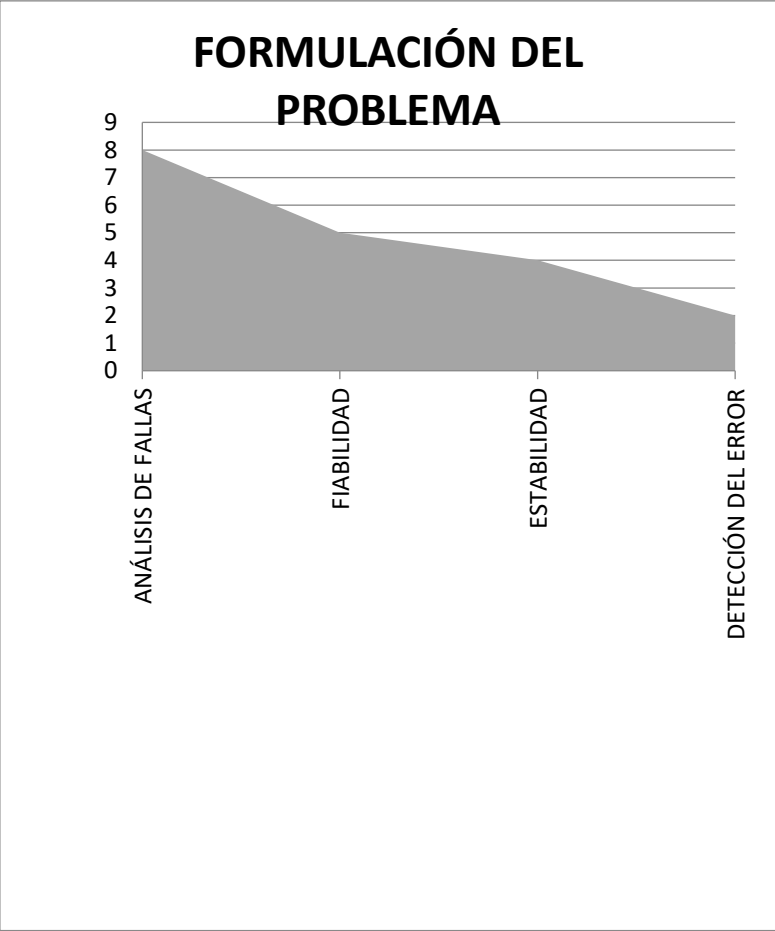


Figura 19. Indicador de formulación del problema – Estado del arte.

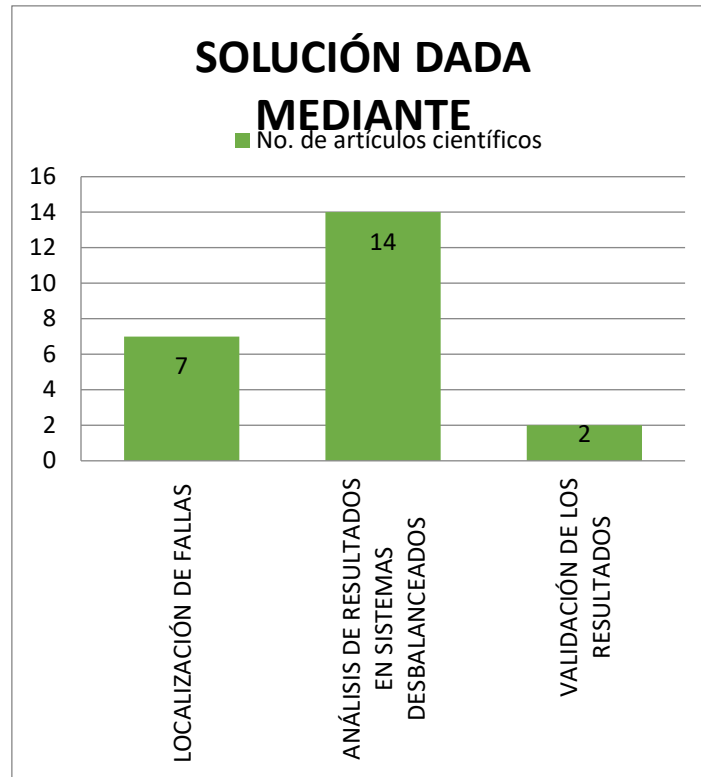


Figura 20. Indicador solución – Estado del arte.