Análisis de criticidad redes eléctricas CHEC



Valentina Gil Morales Andrés Marino Álvarez Meza, Ph.D. Universidad Nacional de Colombia Control y Procesamiento Digital de Señales - GCPDS

October 8, 2024

Outline



- 1 Motivación
- 2 Planteamiento del Problema
- 3 Estado del Arte
- 4 Metodología: Análisis con UMAP
- 5 Resultados
- 6 Conclusiones

Análisis de criticidad 2/22

Ω ? π γ

Criticidad Eléctrica

La criticidad en redes eléctricas identifica los puntos vulnerables que pueden generar interrupciones significativas en el servicio.

- Permite priorizar el mantenimiento y mejora de elementos clave para garantizar la estabilidad y fiabilidad del sistema.
- Ayuda a predecir fallas, reduciendo los impactos económicos y técnicos.

Análisis de criticidad 3/22

Indicadores de Calidad: SAIDI y SAIFI

- SAIDI (System Average Interruption Duration Index): Mide el tiempo promedio sin servicio por usuario en un periodo determinado.
- SAIFI (System Average Interruption Frequency Index): Mide la frecuencia promedio de interrupciones por usuario en la red.
- La criticidad eléctrica contribuye a mejorar estos indicadores al evitar sanciones económicas y compensaciones a usuarios.

Análisis de criticidad 4/22

Problemas en la Integración de Datos

Las bases de datos utilizadas en redes eléctricas y meteorológicas varían considerablemente en escalas temporales y espaciales, dificultando su integración.

- Las diferencias en formatos y escalas temporales complican un análisis completo.
- La falta de estándares limita la capacidad de realizar una integración eficiente.

5/22 Análisis de criticidad



Falta de Modelos Eficientes

Actualmente, no existen modelos adecuados para correlacionar los datos de fallas. meteorología y descargas atmosféricas de manera efectiva.

- La ausencia de correlaciones claras impide identificar patrones que optimicen la gestión de la red eléctrica.
- Esto afecta el análisis de las causas de fallas y su relación con el entorno ambiental.

6/22 Análisis de criticidad

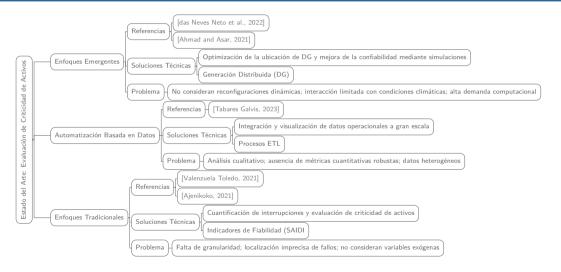
Alto Costo Computacional

El manejo de grandes volúmenes de datos y la complejidad de su procesamiento requieren recursos computacionales significativos.

- El análisis de datos no estructurados o con alta variabilidad implica un alto costo computacional.
- Esto impacta la capacidad de los operadores para reaccionar de manera oportuna ante fallas, afectando indicadores como SAIDI y SAIFI.

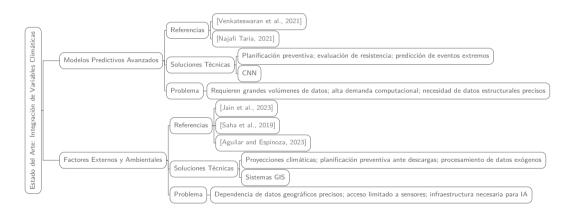
Análisis de criticidad 7/22

Estado del Arte: Evaluación de Criticidad de Activos



Análisis de criticidad 8/22

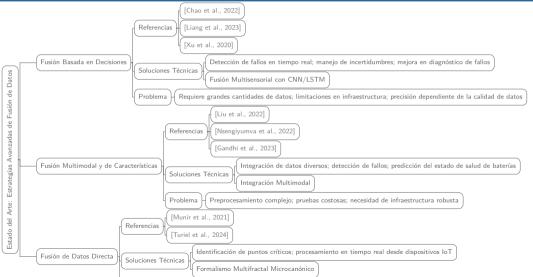
Estado del Arte: Integración de Variables Climáticas



Análisis de criticidad 9/22

π γ

Estado del Arte: Estrategias Avanzadas de Fusión de Datos



Análisis de criticidad 10/22



Metodología con UMAP

UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) permite reducir la dimensionalidad para visualizar relaciones complejas entre variables críticas de redes eléctricas.

■ Objetivo: Detectar patrones y correlaciones entre fallas, variables meteorológicas v descargas eléctricas.

Análisis de criticidad 11/22

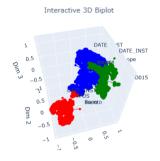
UMAP: Concepto Matemático

UMAP preserva la estructura local de los datos al reducir la dimensionalidad.

- Grafo de Proximidad: G = (V, E), donde $V = \{x_i\}$ son los datos y $E = \{d(x_i, x_j)\}$ las distancias.
- Distancia Ponderada: $w_{ij} = \exp\left(\frac{-d(x_i, x_j)^2}{\sigma_i}\right)$, donde σ_i ajusta la escala local.
- Optimización: Minimiza la divergencia de Kullback-Leibler para proyectar las distancias al nuevo espacio.

Análisis de criticidad 12/22

Análisis de Resultados: Interrupciones en Transformadores



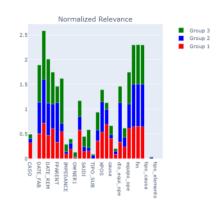
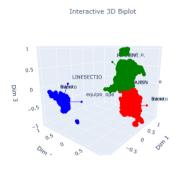


Figure: Gráfico interactivo 3D y relevancia normalizada por grupo

Análisis de criticidad 13/22



Análisis de Resultados: Interrupciones en switches



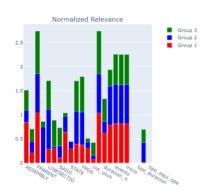
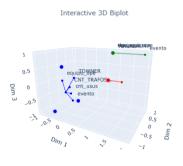


Figure: Gráfico interactivo 3D y relevancia normalizada por grupo

Análisis de criticidad 14/22

π V

Análisis de Resultados: Interrupciones en tramos de red



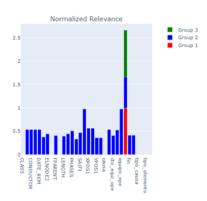


Figure: Gráfico interactivo 3D y relevancia normalizada por grupo

Análisis de criticidad 15/22

Motivación Planteamiento del Problema Estado del Arte Metodología: Análisis con UMAP Resultados Conclusiones Referencias

Conclusiones



- Transformadores: El Grupo 3 muestra mayor relevancia en variables como la fecha de instalación y el tipo de operación. Los transformadores con características antiguas y específicas operativas requieren mayor atención por su tendencia a generar fallas críticas en la red.
- Switches: En los interruptores, el Grupo 3 se presenta como crítico, destacando variables como el estado del interruptor y su ubicación dentro de la red. La condición operativa y la localización geográfica de estos componentes son determinantes en su impacto sobre la estabilidad del sistema.
- **Tramos de Red:** Los resultados en tramos de red identifican al Grupo 3 como crítico, con una fuerte relevancia de variables relacionadas con el tipo de falla y el equipo operado. Los segmentos de red afectados son prioritarios para estrategias de mantenimiento debido a su influencia directa en la operatividad del sistema.
- A través del análisis de UMAP, el Grupo 3 aparece consistentemente como el más crítico en transformadores, interruptores y tramos de red. Este grupo agrupa elementos con alta probabilidad de falla, determinada por su antigüedad, estado operativo y ubicación.

Análisis de criticidad 16/22





Aguilar, E. and Espinoza, Pablo y Wiese, K. (2023).

Estudio del riesgo ante amenazas hidrometeorológicas en nicaragua utilizando herramientas sig: Período del 2022.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER, 7(2):219–232.



Ahmad, S. and Asar, A. u. (2021).

Reliability enhancement of electric distribution network using optimal placement of distributed generation.

Sustainability, 13(20):11407.



Ajenikoko, G. A. e. a. (2021).

Application of system reliability indices in electric power system.

Journal of Energy Technologies and Policy, 11(6):12-18.

Análisis de criticidad 17/22

Referencias II





Chao, Q., Gao, H., Tao, J., Wang, Y., Zhou, J., and Liu, C. (2022).

Adaptive decision-level fusion strategy for the fault diagnosis of axial piston pumps using multiple channels of vibration signals.

Science China Technological Sciences, 65(2):470–480.



das Neves Neto, J. C., Abubakar, A., Meschini Almeida, C. F., and Delbone, E. (2022).

Stochastic analysis (mcs) for mitigation of reliability indicators of the power distribution system.

In 2022 IEEE PES Generation, Transmission and Distribution Conference and Exposition – Latin America (IEEE PES GTD Latin America), pages 1–5.



Gandhi, A., Adhvaryu, K., Poria, S., Cambria, E., and Hussain, A. (2023).

Multimodal sentiment analysis: A systematic review of history, datasets, multimodal fusion methods, applications, challenges and future directions.

Information Fusion, 91:424–444.

Análisis de criticidad 18/22

Referencias III





Jain, H., Dhupper, R., Shrivastava, A., Kumar, D., and Kumari, M. (2023).

Ai-enabled strategies for climate change adaptation: protecting communities, infrastructure, and businesses from the impacts of climate change.

Computational Urban Science, 3(25):1-19.



Liang, J., Zhang, K., Al-Durra, A., and Zhou, D. (2023).

A multi-information fusion algorithm to fault diagnosis of power converter in wind power generation systems.

IEEE Transactions on Industrial Informatics, 20(2):1167–1179.



Liu, G., Zhang, X., and Liu, Z. (2022).

State of health estimation of power batteries based on multi-feature fusion models using stacking algorithm.

Energy, 259:124851.

Análisis de criticidad 19/22

Referencias IV





Munir, A., Blasch, E., Kwon, J., Kong, J., and Aved, A. (2021).

Artificial intelligence and data fusion at the edge.

IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 36(7):62–78.



Najafi Taria, A. e. a. (2021).

Resilience assessment and improvement of distribution networks against extreme weather events.

Electrical Power and Energy Systems, 125:106414.



Nsengiyumva, W., Zhong, S., Luo, M., Zhang, Q., and Lin, J. (2022).

Critical insights into the state-of-the-art nde data fusion techniques for the inspection of structural systems.

Structural Control and Health Monitoring, 29(1):e2857.

Análisis de criticidad 20/22

Referencias V





Saha, K., Damase, N. P., Banik, T., et al. (2019).

Satellite-based observation of lightning climatology over nepal.

Journal of Earth System Science, 128(221):1-10.



Tabares Galvis, Y. (2023).

Propuesta bi para la metodología de criticidad en los circuitos 13,2 kv a partir de los conceptos de etl para apoyo en la toma de decisiones y la administración, operación y mantenimiento de las instalaciones e infraestructura de la red eléctrica.



Turiel, A., Isern-Fontanet, J., and González-Haro, C. (2024).

Estructura e información en teledetección oceánica: de la fusión de datos a la identificación de puntos de inflexión climáticos.

Análisis de criticidad 21/22

Referencias VI





Valenzuela Toledo, N. I. (2021).

Metodología de análisis de criticidad de activos aplicado en planta de procesos para optimizar la productividad en minera paicaví.



Venkateswaran, B., Saini, D. K., and Sharma, M. (2021).

Techno-economic hardening strategies to enhance distribution system resilience against earthquake.

Reliability Engineering and System Safety, 213:107682.



Xu, X., Tao, Z., Ming, W., An, Q., and Chen, M. (2020).

Intelligent monitoring and diagnostics using a novel integrated model based on deep learning and multi-sensor feature fusion.

Measurement, 165:108086.

.bib

Análisis de criticidad 22/22