

DICIEMBRE - 2025
PAIME JOURNAL 3

50

570

REVISTA DE
INGENIERIA
MECANICA,
ELECTRICA Y
ELECTRONICA

Revista de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica
J. PAIME, 2025, 3

Revista PAIME, 3 DICIEMBRE 2025
<https://www.uni75paime.org/>

Documento electrónico disponible en:

<https://www.uni75paime.org/actual>

Creada por el Comité Editorial, formado por Ex-alumnos
del Programa Académico de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (PAIME)
Promoción 1975 UNI, Lima, Perú.

Comité Editorial

Dr. JORGE M SEMINARIO

Ing. SAUL RODRIGUEZ ASTUCURI

Ing. RUBEN GOMEZ SANCHEZ

Ing. ENRIQUE SALAZAR JARAMILLO

Ing. ROSA MARIA DELGADO VASQUEZ

ÍNDICE

DICIEMBRE 2025

Prólogo 4

Line Protection Analysis on Faults in Networks with high penetration of Inverter-Base Generation. Recommendations For Future Improvements. 6

Anatomía de un Blackout. 7

Inercia Síncrona: Apagones o Desafíos en la transición hacia energías Renovables. 8

Definición básica de equipamientos y evaluación económica de Minicentrales Hidroeléctricas en la cuenca del Rio Sandia Puno. 9

El neutro en las instalaciones eléctricas de baja tensión: interrumpir y proteger. 10

Lo que se debe saber sobre los transformadores de distribución en aceite. 11

Cargabilidad de Cables Subterráneos en Redes Eléctricas de Media Tensión y Propuestas para Incrementar la Ampacidad. 12

PRÓLOGO

En los últimos años, el campo de la ingeniería ha experimentado un crecimiento notable. La mecánica, la electricidad y la electrónica han liderado constantemente el camino, impulsando avances en disciplinas relacionadas.

Sin embargo, este progreso no se limita únicamente a la ingeniería. Se alinea con los avances continuos en los fundamentos de la ciencia y filosofía, transformando el conocimiento teórico en aplicaciones prácticas que benefician a nuestra comunidad y al medio ambiente.



Presentamos el tercer número de nuestra revista digital, dedicada tanto a la ingeniería como a la ciencia. Nuestra misión es compartir nuestra visión, experiencias y los avances recientes con profesionales y estudiantes por igual.

Esperamos que esta plataforma inspire nuevas iniciativas, respaldadas por financiación gubernamental, colaboración universitaria y asociaciones con la industria privada. Al hacerlo, nuestro objetivo es impulsar



la adopción de tecnologías modernas y fomentar el crecimiento de nuevos campos dentro de nuestra comunidad.

En estas páginas, profundizamos en las fortalezas y limitaciones de diversos enfoques, destacando su importancia práctica como herramientas de ingeniería esenciales. Asimismo, invitamos al envío de artículos de investigación, revisión y perspectivas.

Extendemos nuestro sincero agradecimiento a los autores que contribuyeron a este primer número. Su trabajo prepara el escenario para la celebración del 50 aniversario, a conmemoración organizada por los exalumnos de la Promoción 1975 del Programa



Académico de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (PAIME) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en Lima, Perú.



El Comité Editorial

<https://www.uni75paime.org/>

Line Protection Analysis on Faults in Networks with high penetration of Inverter- Base Generation. Recommendations For Future Improvements

The increasing penetration of IBRs in power systems presents challenges for conventional protection schemes, particularly line distance protection. These challenges are pronounced in scenarios involving WI sources, where a transmission line connects a strong energy source at one end and a weak or renewable-based source at the other one.

In contrast, differential protection schemes, used for generators, lines, and transformers, have demonstrated robust performance in grids with high IBR penetration. This paper analyses the performance of distance and line differential protection for lines in networks with high IBR penetration levels using the Electromagnetic Transient Program (EMT) ATPDraw and the IEEE 9-Bus model.

Ing. Jorge Cardenas
Adneli Consultant, Spain
Jorge.cardenas@adneli.com
April 2025
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 1-6

Additionally, it examines the behaviour of other parameters, such as sequence voltages and currents, to explore their potential for enhancing protection schemes. Based on the findings, the paper proposes alternative and complementary solutions, including new protection schemes for both primary and backup systems, with examples of novel approaches to improve fault identification in IBR-dominated grids.

Line Protection Analysis on Faults in Networks with high penetration of Inverter- Base Generation. Recommendations For Future Improvements

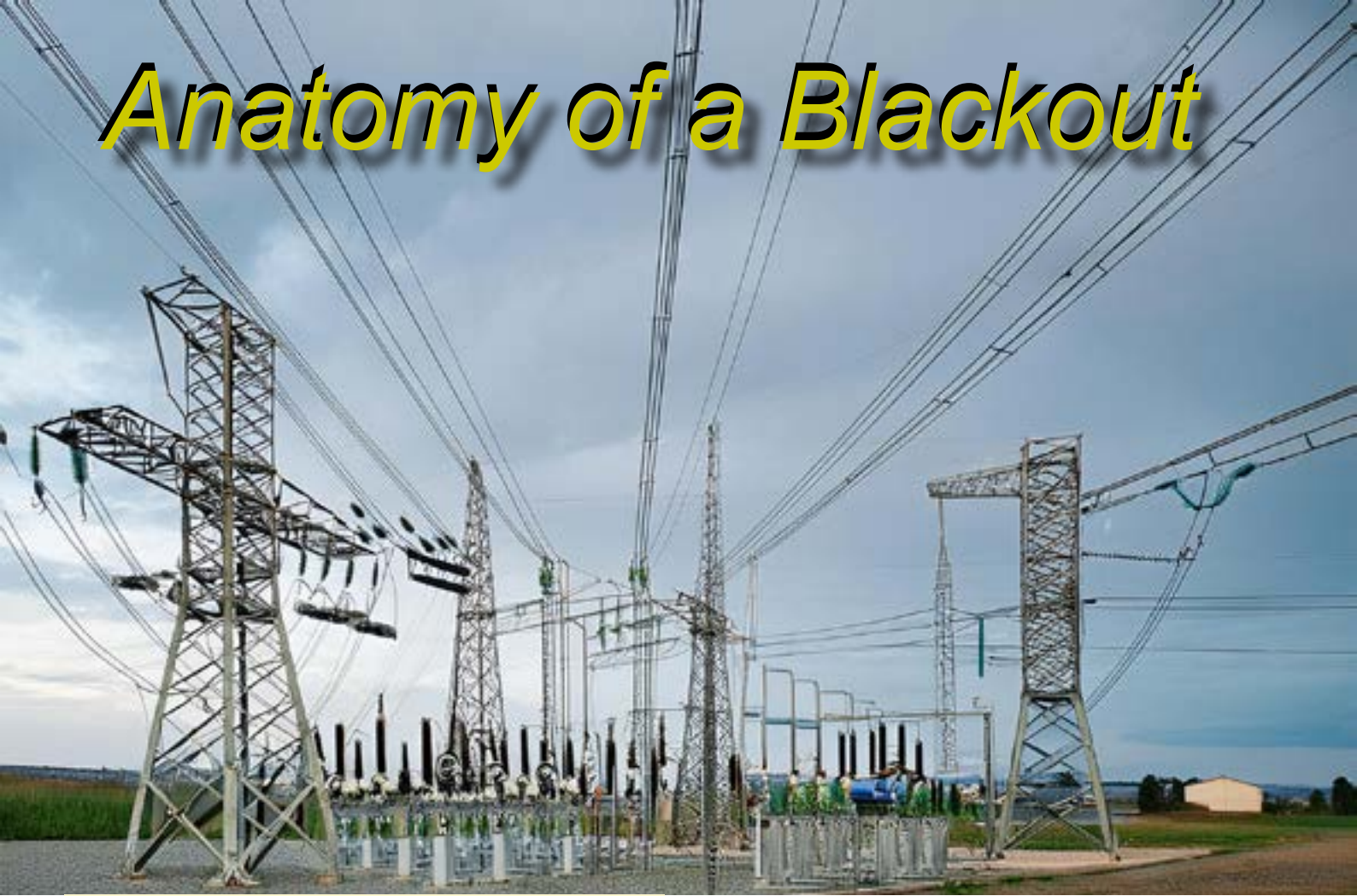
La creciente penetración de las IBR en los sistemas eléctricos presenta desafíos para los esquemas de protección convencionales, en particular la protección de distancia de línea. Estos desafíos son más pronunciados en escenarios con fuentes de energía de alta intensidad (WI), donde una línea de transmisión conecta una fuente de energía de alta intensidad en un extremo y una fuente de baja intensidad o renovable en el otro. Por el contrario, los esquemas de protección diferencial, utilizados para generadores, líneas y transformadores, han demostrado un rendimiento robusto en redes con alta penetración de IBR. Este artículo analiza el rendimiento de la protección diferencial de distancia y de línea para líneas en redes con altos niveles de penetración de

Ing. Jorge Cardenas
Adneli Consultant, Spain
Jorge.cardenas@adneli.com
April 2025

Citar: J. PAIME, 2025, 3, 1-6
IBR utilizando el Programa de Transitorios Electromagnéticos (EMT) ATPDraw y el modelo IEEE 9-Bus. Además, examina el comportamiento de otros parámetros, como las tensiones y corrientes de secuencia, para explorar su potencial para mejorar los esquemas de protección. Con base en los hallazgos, el artículo propone soluciones alternativas y complementarias, incluyendo nuevos esquemas de protección para sistemas primarios y de respaldo, con ejemplos de enfoques novedosos para mejorar la identificación de fallas en redes dominadas por IBR..

https://doc.uni75paime.org/AD_178_2025_Faults_with_IBR_presence.pdf

Anatomy of a Blackout



Ing. Jorge Cardenas
Adneli Consultant, Spain
Jorge.cardenas@adneli.com
April 2025
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 7-10

The term blackout usually refers to the total collapse of an electrical system. Although in general terms, electrical systems have a high degree of safety in their operation, there is concern that something that is considered stable and safe can suddenly change and chaos is present. The electrical system can become chaotic, and while it usually remains tightly bound together by physical laws, circumstances occur in which those physical laws turn against us and our “perfect” system suddenly shows its weaknesses.

The purpose of this article is to illustrate in a theoretical way how a simple maneuver, such as disconnecting a 50 MVAR capacitor, a perfectly normal maneuver in daily operation in a system with several GW of power operating, can unleash chaos when an undamped phenomenon occurs, which generally, it is often little studied. It is not intended to insinuate that this phenomenon has any relation to any of those that occurred around the world, since again, this is a theoretical exercise where any resemblance to reality is merely pure coincidence.

https://doc.uni75paime.org/AD_179_2025s_Anatomia_de_un_Blackout.pdf

Anatomía de un Blackout



Ing. Jorge Cardenas
Adneli Consultant, Spain
Jorge.cardenas@adneli.com
April 2025
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 7-10

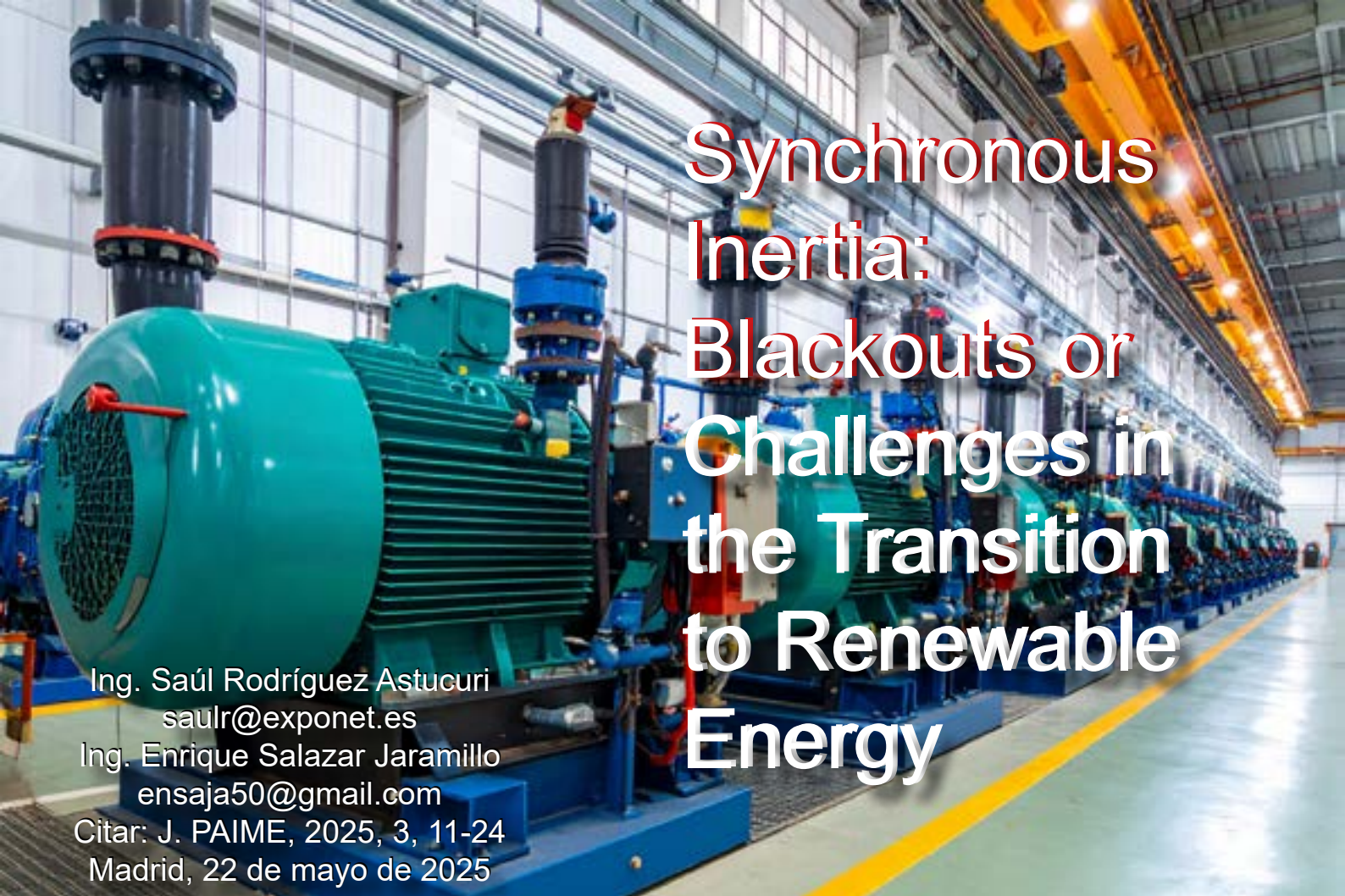
Aunque es una palabra inglesa, el término blackout se refiere por lo general al colapso total de un sistema eléctrico, coloquialmente conocido como “apagón”, pero siempre existe la inquietud de como algo que se considera estable y seguro, de pronto puede desaparecer e instalarse el caos.

En realidad, el sistema eléctrico puede volverse caótico y si bien, por lo general, permanece fuertemente unido por las leyes físicas, ocurren circunstancias en

las cuales esas leyes físicas se vuelven en nuestra contra y nuestro sistema “perfecto” de pronto descubre sus debilidades.

El presente artículo tiene como propósito ilustrar de modo teórico el cómo una simple maniobra, como es el de desconectar un capacitor de 50 MVAR, maniobra perfectamente normal en la operación diaria en un sistema con varios GW de potencia operando, puede desatar el caos al producirse un fenómeno no amortiguado, el cual, por lo general, es muchas veces poco estudiado. No se pretende insinuar que este fenómeno tenga relación con algún caso real, ya que otra vez, este es un ejercicio teórico donde cualquier parecido con la realidad es meramente pura coincidencia..

https://doc.uni75paime.org/AD_179_2025s_Anatomia_de_un_Blackout.pdf



Synchronous Inertia: Blackouts or Challenges in the Transition to Renewable Energy

Ing. Saúl Rodríguez Astucuri
saulr@exponet.es

Ing. Enrique Salazar Jaramillo
ensaja50@gmail.com

Citar: J. PAIME, 2025, 3, 11-24
Madrid, 22 de mayo de 2025

Traditional electricity systems rely on synchronous generators (turbines from nuclear, thermal, or hydroelectric power plants) that, when connected to a grid, must operate at the same frequency as the grid (50 Hz/60 Hz). These synchronous generators store kinetic energy in their rotating mass, which they immediately transfer to the grid in the event of sudden grid disturbances, such as load loss/increase, loss of a generator, or faults.

This stabilizing effect, known as synchronous inertia, acts as a temporary buffer, allowing time for the turbine valves to adjust supply without dangerously altering the frequency. Modern renewable energies (solar and wind), which are currently gaining ground in electricity grids, do not feature synchronous inertia. They produce direct current, which is

converted to alternating current by power inverters for connection to the grid, but these cannot absorb or buffer frequency fluctuations. The higher the percentage of renewables without inertia backup, the weaker the grid's stability becomes, which is why the electrical system needs to be reinforced with emerging technologies that can replace or emulate synchronous inertia (such as batteries, synchronous capacitors or inertial storage, and grid-forming inverters).

When the grid frequency deviates from 50/60 Hz (Frequency variation in cases of contingencies ± 0.05 Hz), both producers and consumers automatically disconnect for safety reasons. This can trigger a domino effect or cascading collapse, ultimately resulting in a widespread blackout.



Inercia Síncrona: Apagones o Desafíos en la transición hacia energías Renovables

Ing. Saúl Rodríguez Astucuri
saulr@exponet.es

Ing. Enrique Salazar Jaramillo
ensaja50@gmail.com

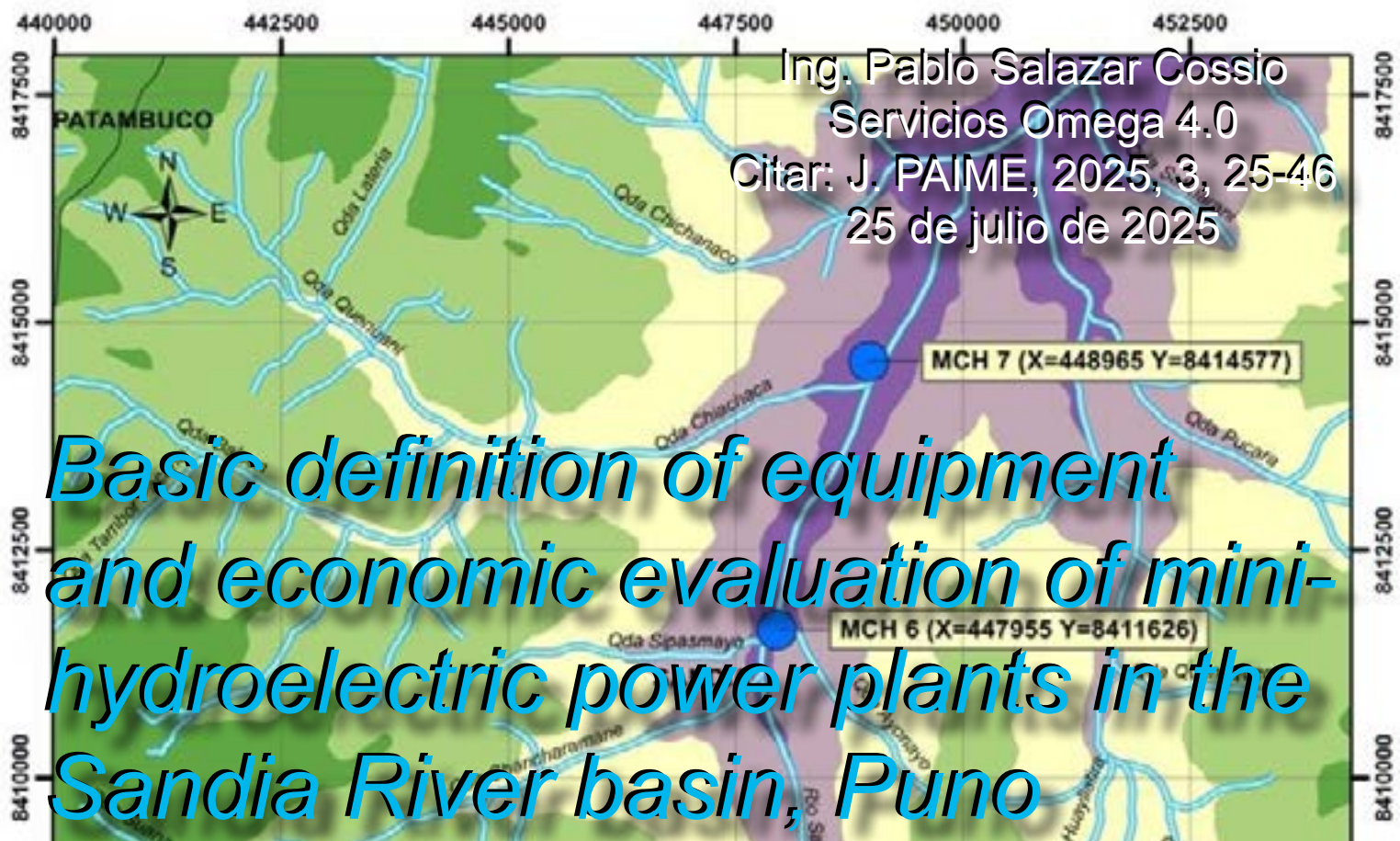
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 11-24
Madrid, 22 de mayo de 2025

Los sistemas eléctricos tradicionales dependen de generadores síncronos (turbinas de centrales nucleares, térmicas o hidroeléctricas) que, conectados a una red, deben operar a la misma frecuencia de la red (50 Hz/60 Hz). Estos generadores síncronos almacenan energía cinética en su masa rotacional que transfieren en forma inmediata a la red ante perturbaciones súbitas de la red, como pérdida/aumento de carga, pérdida de un generador o fallas.

Este efecto estabilizador, conocido como inercia síncrona, actúa como amortiguador temporal, dando tiempo para que las válvulas de las turbinas ajusten el suministro sin que se altere peligrosamente la frecuencia. Las energías renovables modernas (solar y eólica) que tienen actualmente una creciente penetración en las redes eléctricas, no cuentan con inercia síncrona. Producen corriente

continua que se convierte a alterna mediante inversores de potencia para ser conectada a la red, pero estos no pueden absorber ni amortiguar fluctuaciones de frecuencia. Cuanto mayor es el porcentaje de renovables sin respaldo de inercia, más débil se vuelve la estabilidad de la red, por lo cual, se requiere reforzar el sistema eléctrico con tecnologías emergentes que pueden suplir o emular la inercia síncrona. (como baterías, condensadores síncronos o almacenamiento inercial, inversores grid-forming).

Cuando la frecuencia de la red se desvía de los 50/60 Hz (variación de frecuencia en casos de contingencias ± 0.05 Hz), tanto productores como consumidores se desconectan automáticamente por seguridad. Esto puede provocar un efecto dominó o colapso en cascada, y acabar con un apagón generalizado.



This article contains the conclusions of an article published in the UNI Digital Journal PAIME75, 2024, 1, 12-25 {1}, in which six Hydroelectric Developments were identified in the upper basin of the Sandia River. This article presents the technical and economic evaluation of the six Mini Hydroelectric Plants (MCH), forecasting the construction, operation and energy sales revenue costs for a useful life of 50 years, with a zero residual value of the assets at the end of it.

The construction costs are based by inference on the Study Methodology of the Consultant CONSORCIO HALCROW - OIST S.A, which details the budget for the definitive study of the MCH Turumuy,

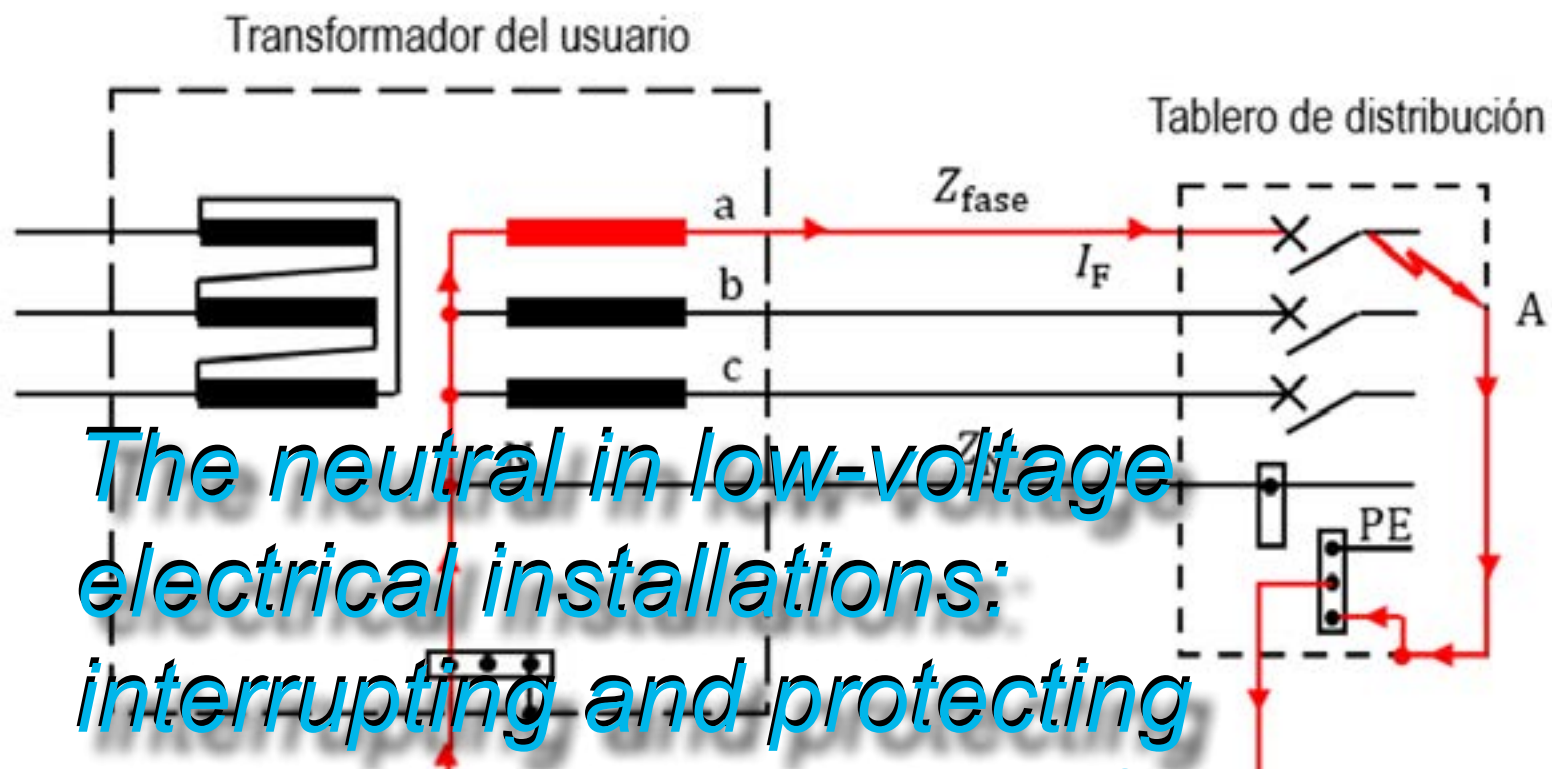
located in the Upper Basin of the San Gabán River, adjacent to and similar to that of the Sandia River in the provinces of Sandia and Carabaya, Puno Region. Feasibility was determined with a positive net present value (NPV) using a 6% interest rate for financing a social project. It is recommended that a new evaluation be formulated, estimating both initial capital (CAPEX) and operating (OPEX) costs, approximating the calculations to a basic engineering approach for quoting, with construction procedures that define the busbar energy sales prices, as well as the distribution price, to be used during the operation of the proposed system.



El presente artículo recoge las conclusiones de un artículo publicado en la Revista Digital UNI PAIME75, 2024, 1, 12-25 {1}, en el cual se identificaron seis Aprovechamientos Hidroeléctricos, en la cuenca alta del río Sandia. El presente artículo formula la evaluación técnica económica del conjunto de las seis Mini hidroeléctricas (MCH), pronosticando los gastos de construcción, operación y de los ingresos por venta de energía para una vida útil de 50 años, con un valor residual cero de los activos al final de ella.

Los costos de construcción están basados por inferencia en la Metodología del Estudio del Consultor CONSORCIO HALCROW – OIST S.A, que detalla el presupuesto

el estudio definitivo de la MCH Turumuy, ubicado en Cuenca Alta de río San Gabán, colindante y similar al del río Sandia de las provincias de Sandia y Carabaya, Región de Puno. La factibilidad se obtuvo con el valor actual neto (VAN) positivo, utilizando una tasa de interés del 6% de financiamiento para un proyecto social. Se recomienda, formular una evaluación nueva, con una estimación de los gastos, tanto a nivel de capital inicial (CAPEX), como el de operación (OPEX), aproximando los cálculos a una ingeniería básica, para cotizaciones, con procedimientos constructivos que definen los precios de venta de energía en barra, como precio de distribución, que se utilizara durante la operación del sistema propuesto.



The neutral in low-voltage electrical installations: interrupting and protecting

A varied but incomplete technical literature exists on when to select three- or four-pole circuit breakers in installations with continuous neutral conductors, with single-phase loads connected between the phases and the neutral. This paper aims to fill this gap. The selection of a circuit breaker's poles is closely related to the neutral grounding system.

For our study, we will consider the classification given in the IEC 60364 standard for low-voltage (LV) electrical installations. To provide arguments justifying the appropriate selection of these breakers, the analysis will be carried out taking into account that there are no risks to people and that the installation is not exposed to stress beyond its limits. The overvoltages that may appear on the neutral conductors, the overloads

Ing.Enrique Salazar Jaramillo
ensaja50@gmail.com

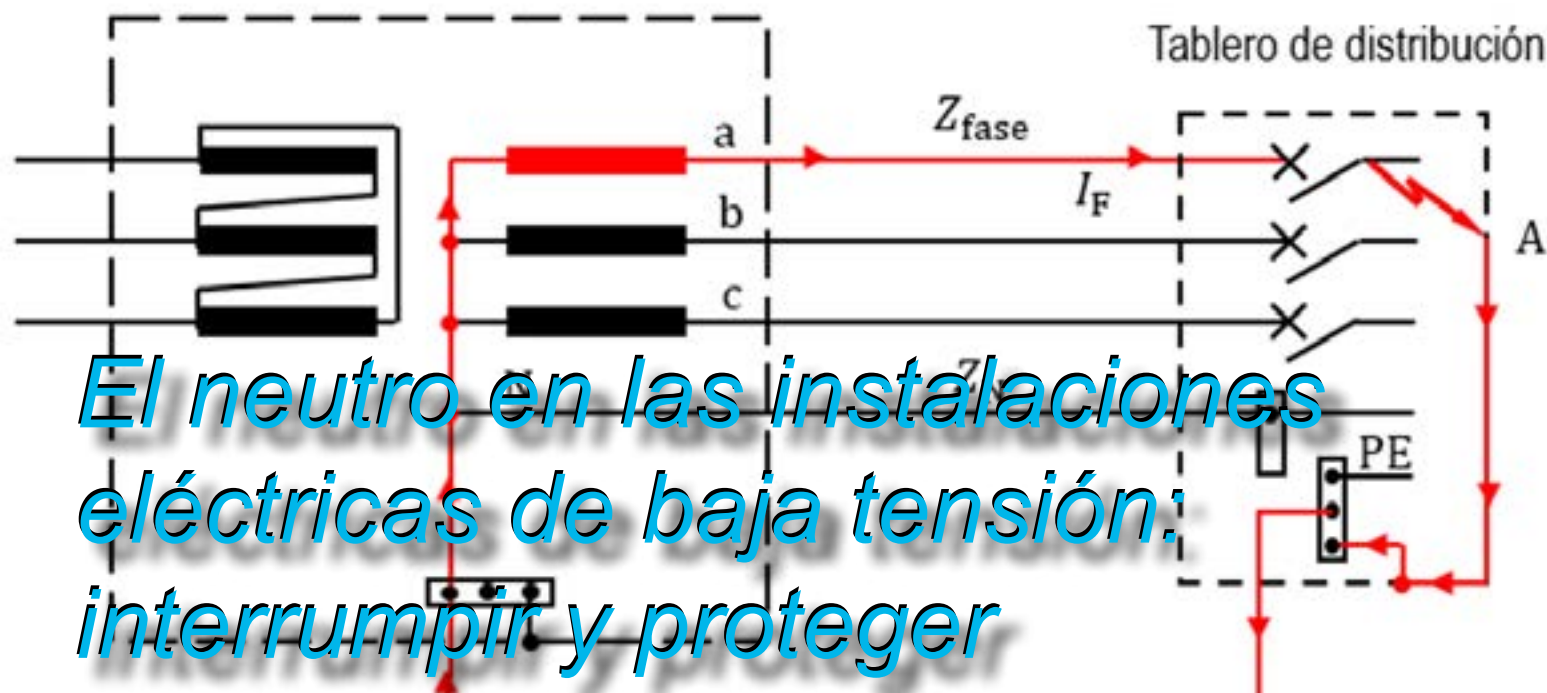
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 47-55
1 junio de 2025

to which they may be subjected due to unbalanced loads and harmonics, are determined, and are graphed with numerical examples.

The main types of four-pole circuit breakers offered by manufacturers and the IEC standard's recommendations in this regard are described. This work aims to provide the technical arguments for an adequate selection of four-pole switches

Transformador del usuario

Tablero de distribución



El neutro en las instalaciones eléctricas de baja tensión: interrumpir y proteger

Hay escrita una variada, pero, incompleta literatura técnica sobre cuándo seleccionar interruptores de tres o cuatro polos en las instalaciones con neutro corrido, con cargas monofásicas conectadas entre las fases y el neutro. Este trabajo pretende llenar ese vacío. La selección de los polos de un interruptor, está relacionada estrechamente con el sistema de puesta a tierra del neutro.

Consideraremos para nuestro estudio, la clasificación dada en la norma IEC 60364, sobre instalaciones eléctricas de baja tensión (BT). Para tener los argumentos que justifiquen la selección adecuada de estos interruptores, se hará el análisis teniendo en cuenta que no haya riesgos para las personas y la instalación no se exponga a estrés fuera de sus límites. Se determinan

Ing. Enrique Salazar Jaramillo
ensaja50@gmail.com

Citar: J. PAIME, 2025, 3, 47-55
1 junio de 2025

las sobretensiones que pueden aparecer en los conductores neutros, las sobrecargas a las que pueden estar sometidos debido a cargas desequilibradas y debido a los armónicos y se grafican con ejemplos numéricos.

Se describen los principales tipos de interruptores de 4 polos que ofrecen los fabricantes y las recomendaciones de la norma IEC al respecto. Este trabajo pretende dar los argumentos técnicos para una adecuada selección interruptores tetrapolares.

WHAT YOU SHOULD KNOW ABOUT OIL-FILLED DISTRIBUTION TRANSFORMERS



Armando Aguilar Sánchez
asesortecnicoaei@gmail.com
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 65-68
14 junio de 2025

22 enero 2025

Oil-immersed distribution transformers are essential for ensuring reliable service in both industrial and everyday applications. Their performance depends on the preservation of solid (paper and pressboard) and liquid (dielectric oil) insulation, which degrade over time due to factors such as temperature, moisture, and oxidation.

Moisture is particularly critical, as it significantly reduces the life time of the paper insulation, whereas the oil can be regenerated. The oil preservation system plays a key role, with hermetic systems being the most effective. However, they are less common in distribution transformers

due to their higher cost.

Oil analysis allows for assessing the transformer's internal condition, detecting incipient faults and degradation levels. To ensure long-term and safe operation, preventive maintenance is recommended, including periodic oil analysis, protection system checks, and cooling system inspections. These measures ensure reliable performance and extended equipment lifespan.

https://doc.uni75paime.org/TRANSFORMADORES_EN_ACEITE.pdf

LO QUE SE DEBE SABER SOBRE LOS TRANSFORMA- DORES DE DISTRIBUCIÓN EN ACEITE

Armando Aguilar Sánchez
asesortecnicoaei@gmail.com
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 65-68
14 junio de 2025

22 enero 2025

Los transformadores de distribución en aceite son esenciales para garantizar un servicio confiable en la industria y la vida cotidiana. Su funcionamiento depende de la preservación de los aislamientos sólidos (papel y pressboard) y líquidos (aceite dieléctrico), los cuales se degradan con el tiempo debido a factores como temperatura, humedad y oxidación.

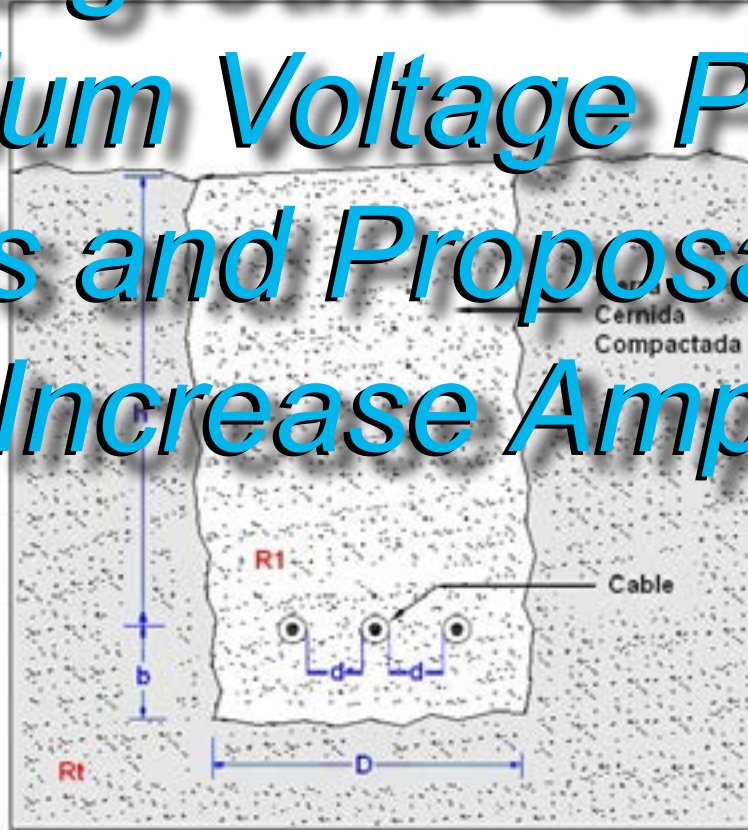
La humedad es especialmente crítica, ya que reduce significativamente la vida útil del papel, mientras que el aceite puede regenerarse. El sistema de preservación del aceite juega un papel clave, siendo los sistemas herméticos más efectivos, pero

menos comunes en transformadores de distribución debido a su costo.

El análisis del aceite permite evaluar el estado interno del transformador, detectando fallas incipientes y niveles de degradación. Para garantizar un servicio prolongado y seguro, se recomienda realizar un mantenimiento preventivo que incluya análisis periódicos del aceite, verificación del sistema de protección y revisión del sistema de refrigeración. Estas acciones aseguran un funcionamiento confiable y una vida útil prolongada del equipo.

https://doc.uni75paime.org/TRANSFORMADORES_EN_ACEITE.pdf

Loadability of Underground Cables in Medium Voltage Power Grids and Proposals to Increase Ampacity



Ing. Oscar Julian Peña Huaranga
Universidad de Ingeniería FIEE-UNI
openah@uni.edu.pe;
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 56-64
14 junio de 2025

This article explains the factors that determine the loadability of underground cables in medium-voltage networks. It presents the considerations and results of capacity calculations, performing a comparative analysis between calculations based on the IEC 60287 and IEC 60853 standards, modeling and simulation using Cymcap software, and the results obtained using alternative software created in Visual

Studio and programmed in Visual Basic.

The application considers the cable types, loadability conditions, and standard capacities of a Peruvian electrical distribution company. The results are explained and some alternatives for increasing ampacity are proposed based on the simulation results.

https://doc.uni75paime.org/Cargabilidad_de_cables_subterraneos_de_Media_Tension.pdf

Cargabilidad de Cables Subterráneos en Redes Eléctricas de Media Tensión y Propuestas para Incrementar la Ampacidad



Ing. Oscar Julian Peña Huaranga
Universidad de Ingeniería FIEE-UNI
openah@uni.edu.pe;
Citar: J. PAIME, 2025, 3, 56-64
14 junio de 2025

Este artículo explica cuáles son los factores que determinan la cargabilidad de los cables subterráneos en redes de media tensión. Las consideraciones y los resultados del cálculo de la capacidad, realizando un análisis comparativo entre el cálculo en base a los estándares IEC 60287 e IEC 60853, el modelamiento y simulación en el software Cymcap y los resultados obtenidos por un software alternativo creado en Visual Studio y programado en

Visual Basic.

Como aplicación se toman los tipos de cables, las condiciones de cargabilidad y las capacidades normadas de una empresa de distribución eléctrica del Perú, explicando los resultados y proponiendo algunas alternativas para la incrementar la ampacidad basado en los resultados de la simulación.

https://doc.uni75paima.org/Cargabilidad_de_cables_subterraneos_de_Media_Tension.pdf

El Comité Editorial

*Dr. JORGE M SEMINARIO
Ing. SAUL RODRIGUEZ ASTUCURI
Ing. RUBEN GOMEZ SANCHEZ
Ing. ENRIQUE SALAZAR JARAMILLO
Ing. ROSA DELGADO VASQUEZ*

31 JULIO 2025