

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD BICENTENARIA DE ARAGUA
VICERRECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
SAN JOAQUÍN DE TURMERO - ESTADO ARAGUA

**CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE PRUEBA IEEE DE 13 NODOS A UNA
RED MODERNA**

Autor: Gabriel Wateyma
29.890.084

San Joaquín de Turmero, Noviembre, 2025.

CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE PRUEBA IEEE DE 13 NODOS A UNA RED MODERNA

Autor:Gabriel Wateyma
gabrielwateyma@gmail.com

RESUMEN

Este artículo presenta una adaptación del circuito IEEE 13 nodos utilizando OpenDSS, con el objetivo de demostrar cómo las redes de distribución tradicionales pueden evolucionar hacia sistemas eléctricos modernos mediante la integración de tecnologías avanzadas como la telemetría y la generación distribuida. Apoyándose en gran parte de Python como generador de perfiles de carga que opendss pueda entender con bases de datos disponibles de carga de vehículos eléctricos e irradiación solar de caracas. El resultado dio una red con gran penetración de generación distribuida con el desafío de encontrar formas de controlar el voltaje por la inyección masiva de generación distribuida.

Descriptores: OpenDSS, Generación distribuida, Medidores inteligentes, Redes inteligentes.

ABSTRACT

This article presents an adaptation of the IEEE 13-Node circuit using OpenDSS, with the objective of demonstrating how traditional distribution networks can evolve into modern electrical systems through the integration of advanced technologies such as telemetry and distributed generation (DG). This was largely supported by Python as a generator of load profiles that OpenDSS can interpret, based on available databases for electric vehicle (EV) load and solar irradiance in Caracas. The result is a network with high DG penetration, posing the challenge of finding ways to control voltage due to the massive injection from this generation.

Descriptors: OpenDSS, Distributed generation, Smart meters, Smart Grid.

Introducción

En las redes modernas la telemetría se vuelve necesaria por la creciente penetración de Recursos Energéticos Distribuidos como la generación fotovoltaica, este flujo bidireccional cambia totalmente los paradigmas de las redes tradicionales. Para ejemplificar esta idea se usará el IEEE 13 Node Test Feeder fue desarrollado por el Grupo de Trabajo de Sistemas de Pruebas de Distribución de la IEEE en la década de los 90. Se creó para la investigación de algoritmos para resolver flujos de potencia y análisis de transitorios.

El IEEE13 es un sistema de distribución radial de baja tensión con 13 nodos, tiene cargas monofásicas, bifásicas y trifásicas desequilibradas. OpenDss lo modela con una tensión base de 115 kV y un ángulo de fase de 30 grados. Tiene corrientes de cortocircuitos muy altas por lo que es una fuente muy rígida, así se asegura una tensión fija. Define un transformador delta/estrella que reduce el voltaje hasta 4.16 kV, tres transformadores monofásicos que actúan como reguladores de tensión y un transformador de distribución estrella/estrella que lleva la tensión a 0.48 kV.

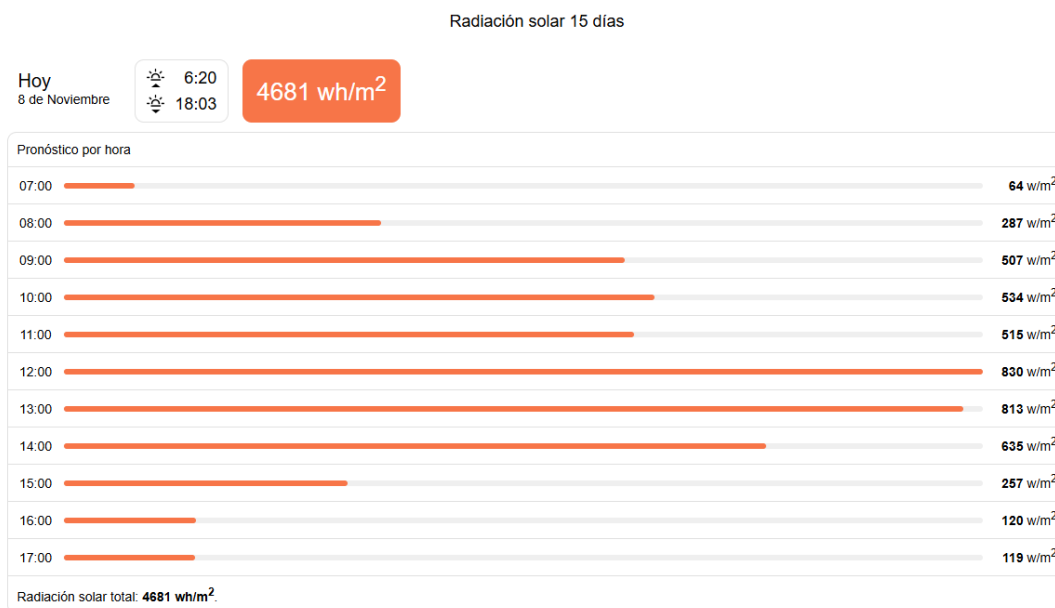
Define 12 líneas con matrices de impedancia y admitancia capacitiva, define dos capacitores trifásico y monofásico. Y unas 15 cargas de diferentes características. Y muestra resultados de voltaje, corriente, pérdidas y potencia. El objetivo es convertir esta red en una red con telemetría y generación distribuida.

Desarrollo

El primer paso para transformar la red es definir perfiles de carga que los

sensores y medidores puedan que la simulación no sea instantánea para esto se usaron datos de vehículos eléctricos. Este conjunto de datos de la investigación de la Universidad Simon Fraser proporciona mediciones de alta resolución de potencia activa y reactiva para diversos cargadores de Nivel 2. Se convirtieron las series de tiempo en un perfil de carga con Python para ser usadas en el programa, se uso una potencia base de 7 kv y se calculó el multiplicador en cada minuto. Así se obtuvieron dos perfiles de carga y se escogió el mas largo. Y finalmente se incluyo en el programa de OpenDss.

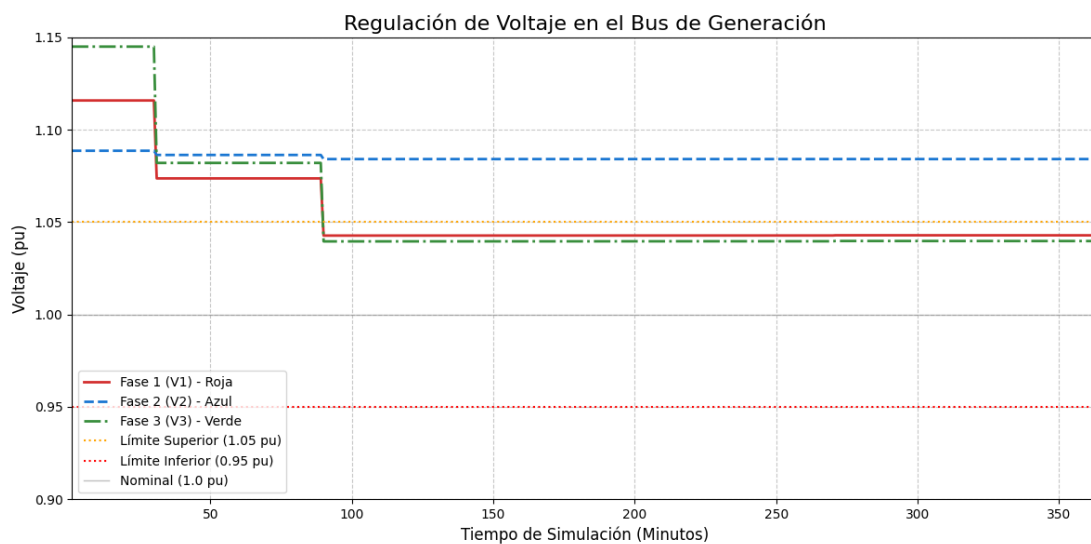
Posteriormente se hizo un sistema de telemetría para el circuito, para registrar variables eléctricas en diferentes puntos como las cargas, las líneas y los transformadores. Para la generación distribuida se uso un generador sincrónico con un perfil de carga constante, con 1500 kW y con el modelo 5 que ayuda a controlar la tensión ajustando la potencia reactiva y generación fotovoltaica. Para este perfil de carga se uso un script en Python que traduzca la irradiación solar en un perfil de carga que OpenDss pueda entender.



Fuente: TuTiempo.net, s. f. Radiación solar en Caracas (Venezuela).

TuTiempo.net. Recuperado de <https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/caracas.html>

El código del circuito se puede encontrar en el repositorio <https://github.com/GabrielWateyma/Conversi-n-del-Sistema-de-Prueba-IEEE-de-13-Nodos-a-una-Red-Inteligente-de-Alta-Calidad./tree/main> para comprobar resultados, con Python se analizaron las tablas de Excel para generar una serie de graficas con la librería matplotlib.



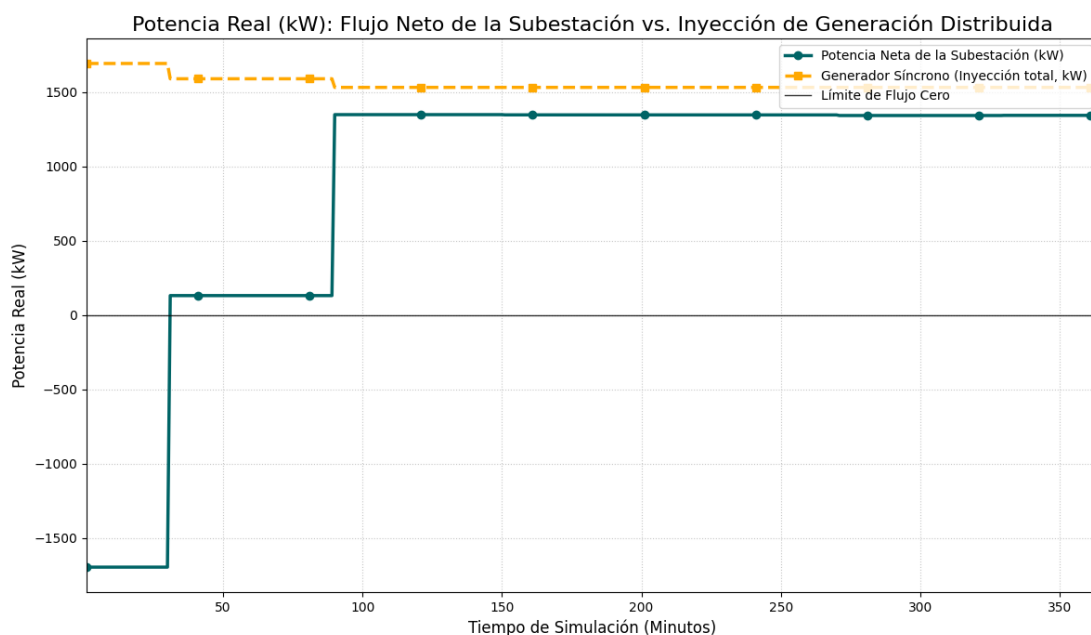
Wateyma (2025)

La primera grafica el desequilibrio de la red y como la generación distribuida afecta al voltaje de la red, la fase 2 como tiene mayor penetración de generación distribuida tiende a aumentar su voltaje debido a que la potencia inyectada por la generación y la generación fotovoltaica pueden superar a la demanda local haciendo que el flujo se revierta. En la siguiente ecuación de la variación del voltaje se puede apreciar mejor.

$$\Delta V = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{|V_1|}$$

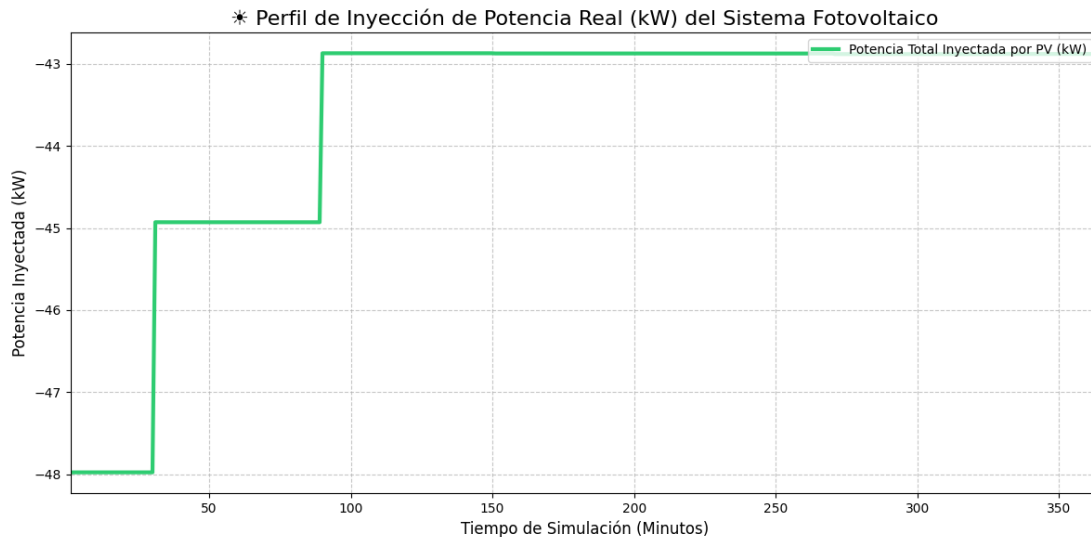
En un circuito de distribución la potencia real domina a la reactiva para

mantener un factor de potencia cercano a 1, al volverse negativa la potencia la diferencia del voltaje se vuelve negativa haciendo que el voltaje aumente, no hay caída de voltaje sino subida de voltaje. Se incluyo el voltaje superior para el voltaje de operación estándar 1.05 que se supera durante gran parte de los primeros 100 minutos de simulación. Esto es preocupante porque puede dañar equipos sensibles.



Wateyma (2025)

El generador se aprecia casi constante con pequeñas caídas durante la simulación, en cambio la subestación presenta una potencia muy variante empezando desde la parte inferior de la grafica indicando que manda potencia al sistema sino que recibe potencia. Rápidamente la subestación deja de recibir energía y empieza a mandar manteniéndose estable, esto es coherente con las graficas anteriores que en un principio tenían un voltaje muy alto.



Wateyma (2025)

El perfil de potencia inyectada del sistema fotovoltaico muestra un perfil normal, que empieza a niveles mínimos durante horas muy tempranas y va aumentando hasta llegar hasta máximo en horas picos. Esto evidencia que el aumento de energía mandada por la subestación no se debe a una falta de generación fotovoltaica sino un aumento en la demanda.

Conclusiones

El presente estudio evaluó la transformación de una red tradicional en una red moderna con telemetría avanzada y generación distribuida en el alimentador de prueba del IEEE 13 Nodos que opera bajo condiciones de cargas inherentemente desequilibradas. La simulación, limitada a un periodo de 364 desde la mañana hasta media tarde, demostró las problemáticas de tener una alta penetración de generación distribuida y su efecto significativo en la calidad de energía.

Se confirmó la transición del sistema a de un régimen de flujo de potencia inverso a uno normal, además se evidencio la presencia de problemas de

calidad de energía durante las primeras dos horas de simulación con voltajes muy altos. Además de un desequilibrio de fases muy grande, un problema crítico al integrar recursos distribuidos en redes con asimetrías de carga.

Referencias

IEEE Distribution System Analysis Subcommittee, "Radial Distribution Test Feeders," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 6, no. 3, pp. 978–985,

W. H. Kersting, Power Distribution System Modeling and Analysis. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2018. Aug. 1991.

Electric Power Research Institute (EPRI). Open Distribution System Simulator (OpenDSS) Documentation.

I. Ziyat, A. Gola, P. R. Palmer, S. Makonin and F. Popowich, "EV Charging Profiles and Waveforms Dataset (EV-CPW) and Associated Power Quality Analysis," in IEEE Access, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3340131.

TuTiempo.net. (s. f.). Radiación solar en Caracas (Venezuela). Recuperado de <https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/caracas.html>

Síntesis Curricular



Gabriel Wateyma, estudiante, egresado de la Unidad Educativa Privada Colegio Academo. Alcanzando el Título de Bachiller en Ciencias. Actualmente, es estudiante de la Universidad Bicentenario de Aragua en el periodo académico de 3-2025

Experiencia Laboral, Inces, desempeñándose como diseñador de canalizaciones eléctricas en el taller de soldadura como practica en su formación profesional como ingeniero electricista. Corpoelec en el área comercial, desempeñando un papel en proyecto Microstar y el despliegue de contadores inteligentes en Aragua como parte de sus prácticas profesionales. Investigaciones, con la participación en el IV Congreso Iberoamericano de Estudiantes con la investigación titulada TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE. Idiomas: Castellano nativo, Inglés intermedio, Italiano basico .

Gabriel Wateyma
gabrielwateyma@gmail.com