

MODELADO BASADO EN DATOS, OPERACIÓN Y CONTROL DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ACTIVAS CON GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Feroldi, Diego; Rullo, Pablo; Rodríguez Del Portal, Sair; Braccia, Lautaro; Luppi, Patricio; Zumoffen, David
pluppi@fceia.unr.edu.ar

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.
CIFASIS UNR-CONICET.



Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación 2025
Rosario, 23 y 24 de octubre de 2025



Resumen

Este trabajo aborda los desafíos derivados de la creciente integración de generación distribuida en redes de distribución activa, centrándose en su modelado, operación y control.

Se emplean técnicas de modelado multivariable recursivo basadas en datos (**RPLS**, Recursive Partial Least Squares) para capturar interacciones estáticas y dinámicas en tiempo real, aprovechando la información generada por la infraestructura moderna de la red.

Esta propuesta contrasta con el enfoque predominante basado en la adaptación instantánea de modelos, y resalta la importancia de considerar los períodos de convergencia, especialmente al aplicar modelos RPLS para monitoreo, control y optimización.

Modelado multivariable recursivo basado en datos

Se comparan tres variantes de RPLS -por muestra, por bloque y con ventana móvil- evaluando precisión de estimación/predicción y velocidad de convergencia, destacando la importancia de considerar los períodos de adaptación del modelo.

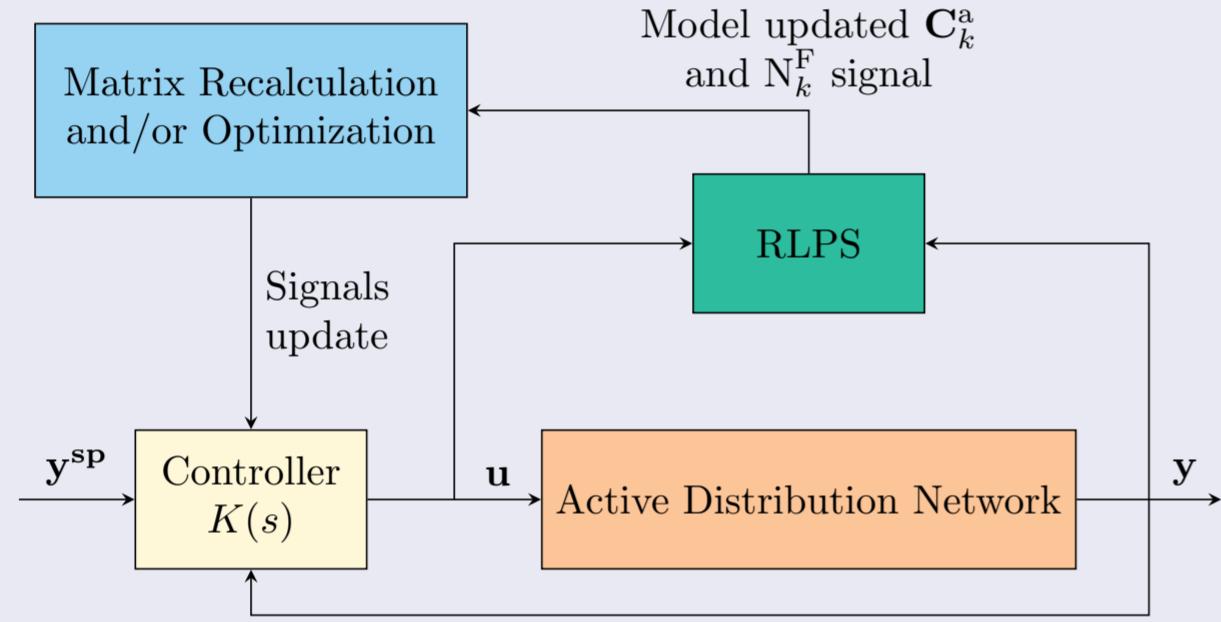
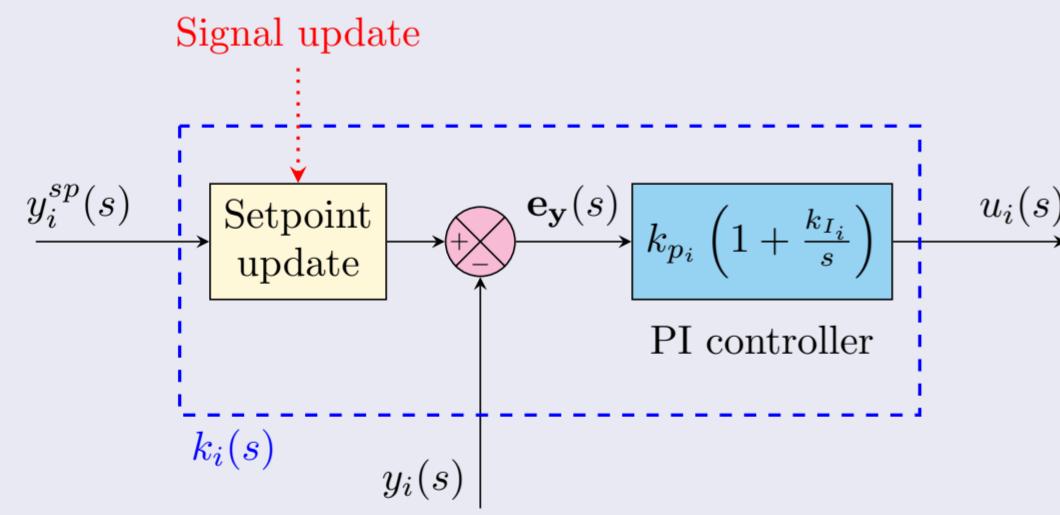


Figura: Estructura del control supervisor/adaptativo integrado.

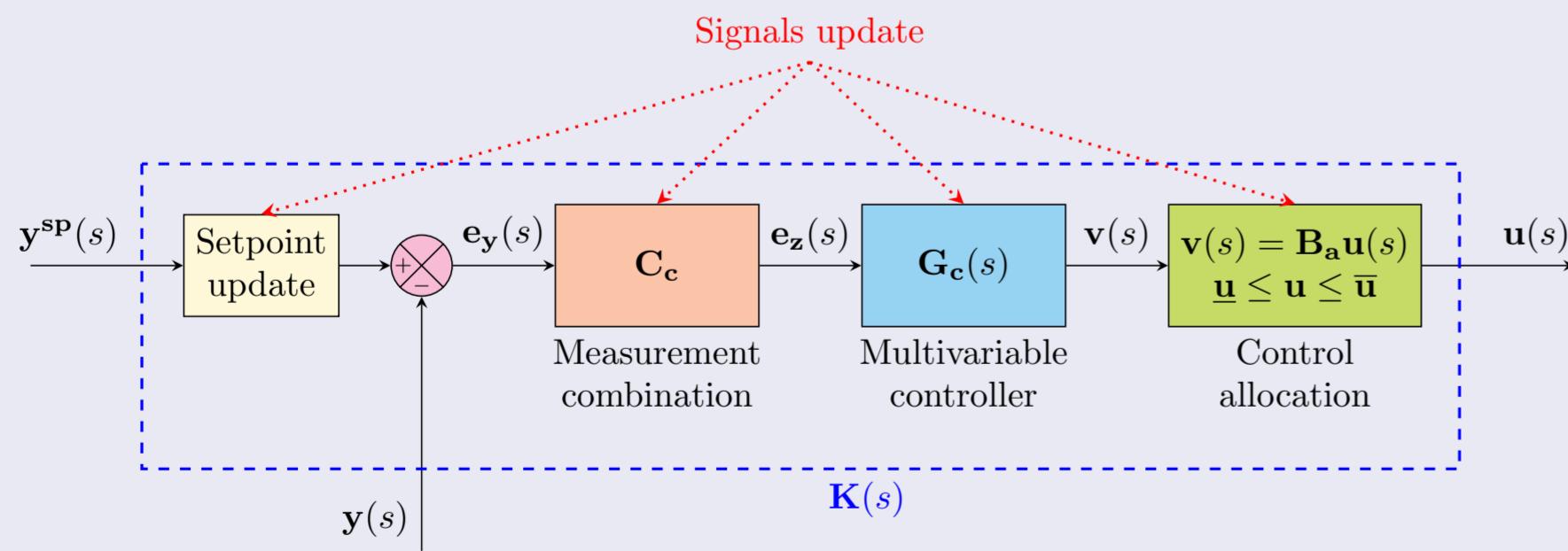
Estructuras de control multivariable para redes de distribución activa

Se analizan tres estructuras de control para la regulación de tensión en redes de distribución activas, integradas con una estrategia supervisora basada en RPLS:

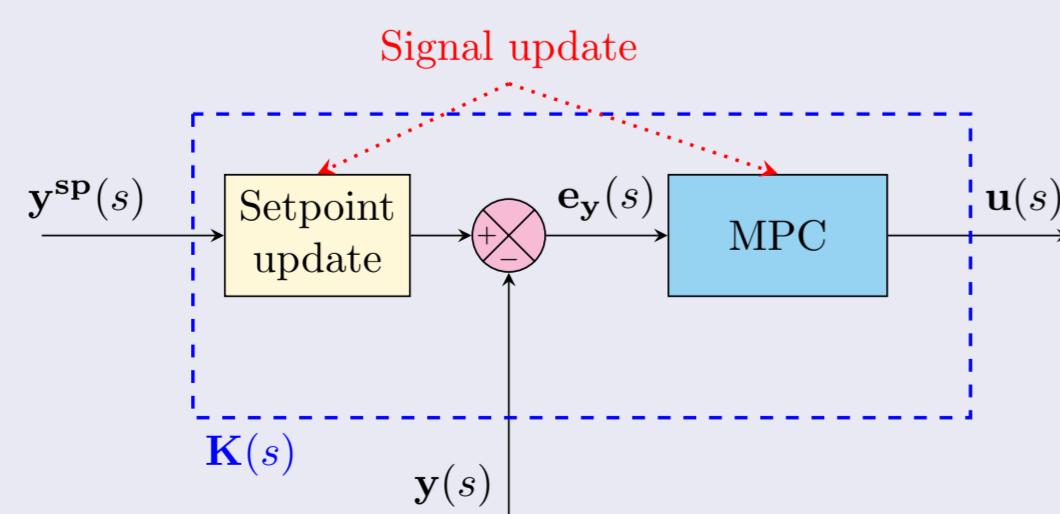
1 Control descentralizado basado en lazos PI:



2 Asignación de control con combinación de mediciones (CA+MC):



3 Control centralizado basado en optimización (MPC/OL-OPT):



Cada estructura de control se evalúa con diferentes niveles de integración del modelo: a) actualización de setpoints, b) recálculo de matrices de control mediante adaptación del modelo, c) adaptación completa del modelo para actualizar la formulación de optimización.

Caso de estudio

Se utiliza el sistema de distribución IEEE de 33 barras con cinco generadores distribuidos añadidos y cuatro ramas comutables.

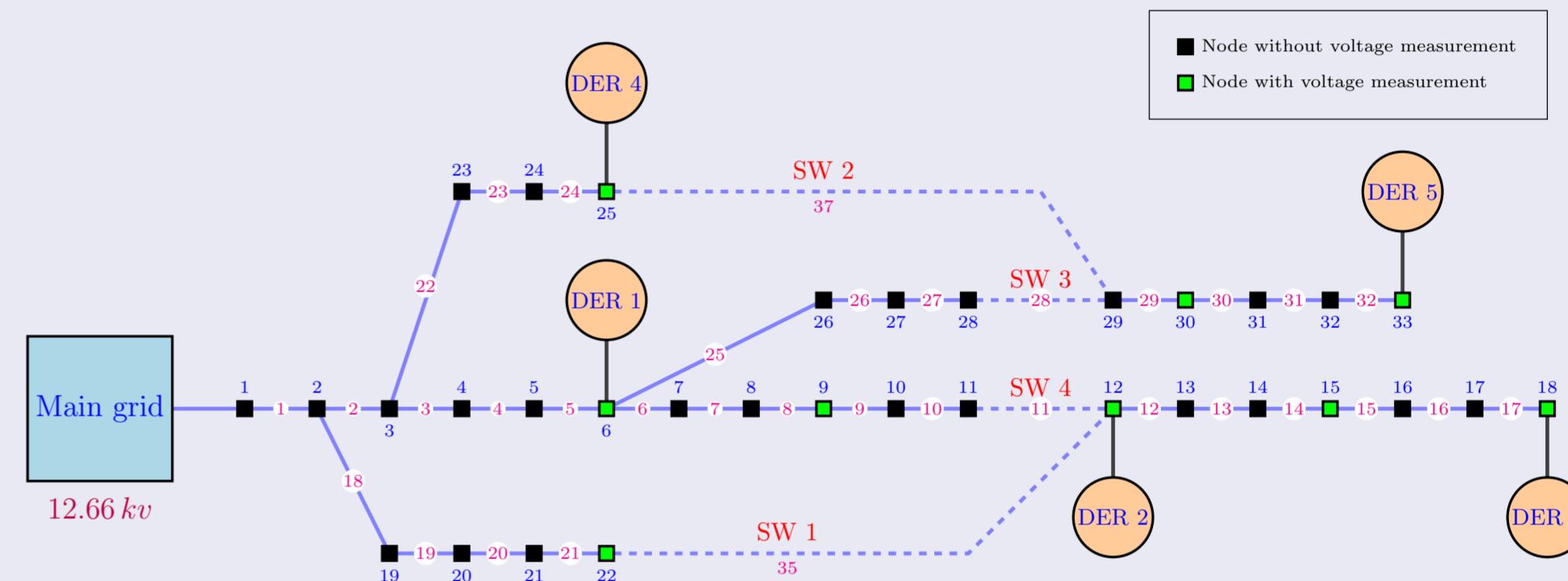


Figura: Sistema de prueba IEEE de 33 barras con recursos energéticos distribuidos y comutadores para reconfigurar la topología de la red de distribución.

Resultados

- Escenario 1:** Topología 1, con **SW1** y **SW2** abiertos, **SW3** y **SW4** cerrados. Los generadores operan con una desviación de $\pm 0,02 \text{ MW}$ en potencia activa y reactiva respecto al punto de operación nominal de inyección cero.
- Escenario 2:** Topología 2, con **SW1** y **SW2** cerrados, **SW3** y **SW4** abiertos. Las inyecciones de potencia activa y reactiva coinciden con la demanda en cada nodo, y los generadores fluctúan $\pm 10\%$ alrededor del nuevo punto de operación correspondiente a esta topología.

Tabla: Comparación cualitativa de las estrategias de control

	PI	CA+MC	MPC/OL-OPT
Manejo de múltiples objetivos	No	Sí	Sí
Manejo de restricciones	No	Sí	Sí
Rendimiento dinámico	Bueno	Bueno	Excelente
Capacidad de reconfiguración	Baja	Alta	Alta
Complejidad de ajuste	Baja	Media	Alta
Carga computacional	Baja	Baja	Alta

Los resultados muestran un claro compromiso entre la complejidad y los beneficios de rendimiento de cada estrategia de control.

Aunque ninguna resulta superior debido a este compromiso, las estrategias CA+MC y MPC/OL-OPT presentan perspectivas más favorables desde una visión global.

Conclusiones

En las simulaciones con el sistema IEEE de 33 nodos, las estrategias CA+MC y MPC/OL-OPT muestran un mejor equilibrio entre complejidad y rendimiento.

En este trabajo, la adaptación del modelo ante cambios en la red se realiza mediante la estrategia RPLS, que permite actualizaciones eficientes con bajo costo computacional.