

Aplicaciones de Electrónica de Potencia en Redes Inteligentes

GUSTAVO ANDRÉS RAMOS L. Ph.D.
gramos@uniandes.edu.co

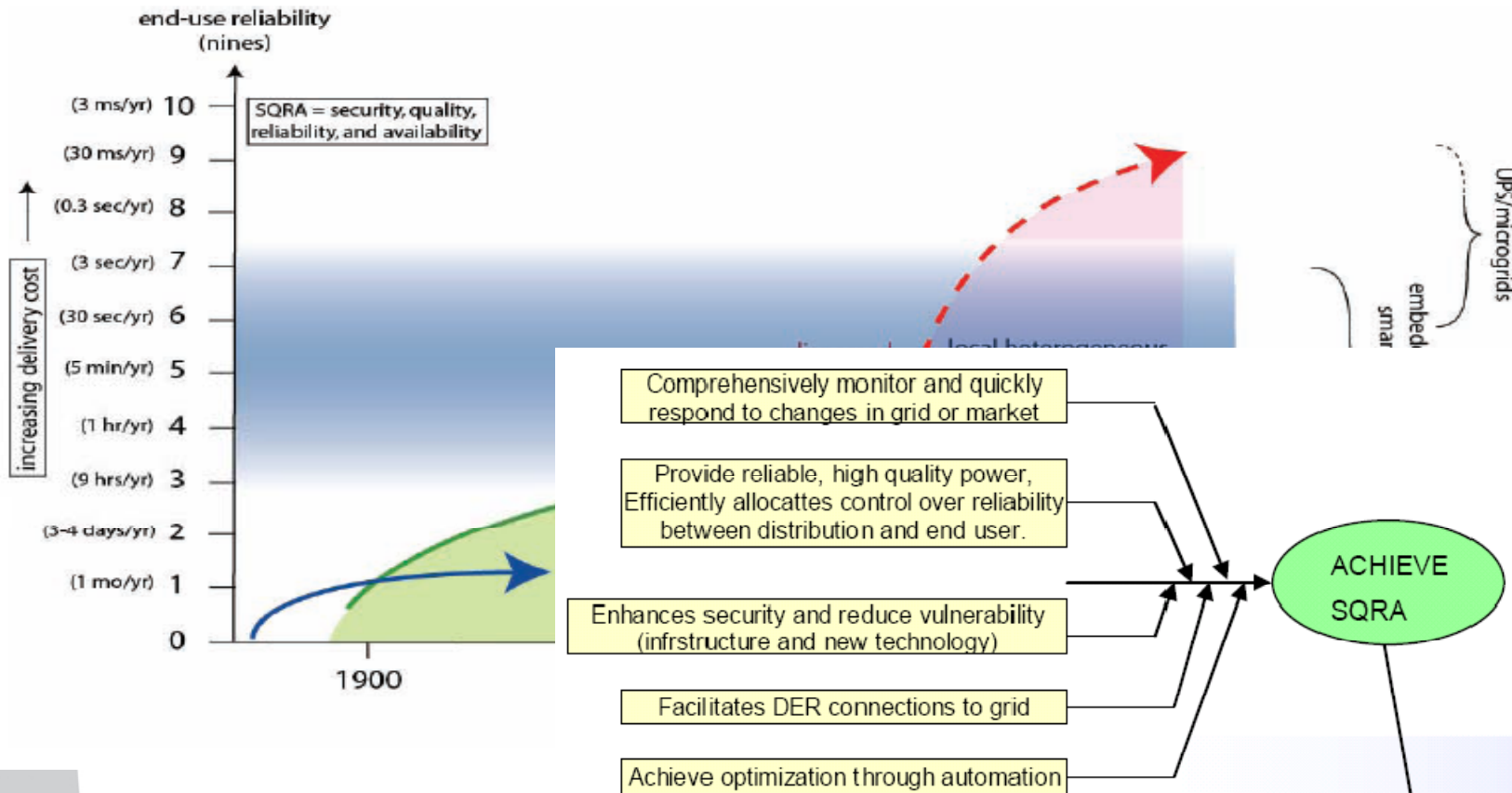
SEMINARIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA,
ENERGÍAS RENOVABLES Y REDES INTELIGENTES

Febrero 23 de 2011

Aspectos relevantes de la electrónica de potencia

- Componentes:
 - Semiconductores: IGBT, MCT.
 - Densidad de potencia.
- Circuitos y topologías:
 - Conversores (AC-DC, DC-DC, DC-AC).
 - VSC (voltage source converter)
 - Eficiencia de las fuentes conversoras.
- Sistemas:
 - Desempeño: Confiabilidad , Disponibilidad y Calidad de la Potencia.
 - Aspectos de control: PWM, SVPWM, Central, Jerárquico.
 - Integración de los sistemas: Fuentes de energía no renovables y/o generación distribuida, compensación

Tendencias



Tomado de: C. Marnay, U.S. Department of Energy
 Relevant aspects for Europe from a US-America vi
 Verteilte Stromerzeugung und intelligente Netze. Oct

"The Intelligrid Consortium Research and Development Plan 2005-2007", CEIDS-EPRI

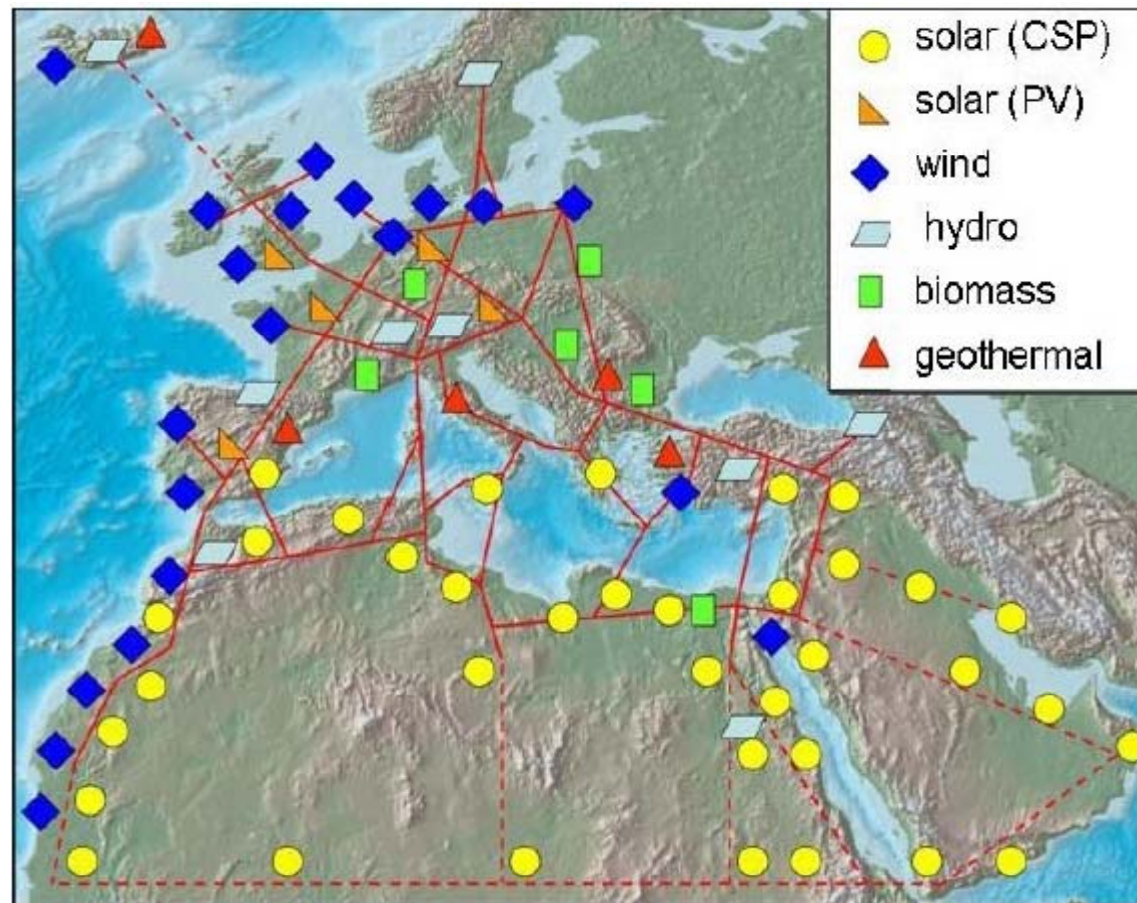
Electrónica de potencia en las redes inteligentes

- La electrónica de potencia como área de apoyo para afrontar los retos de *operación* de las grandes y pequeñas redes, así como la *integración* de fuentes de energía renovables o no renovables a pequeña o gran escala.
- Operación:
 - Garantizar Seguridad, Calidad de la Potencia, Confiabilidad y Disponibilidad (SQRA)
 - Supergrids, Microgrids
- Integración:
 - Variabilidad
 - Control
 - Eficiencia

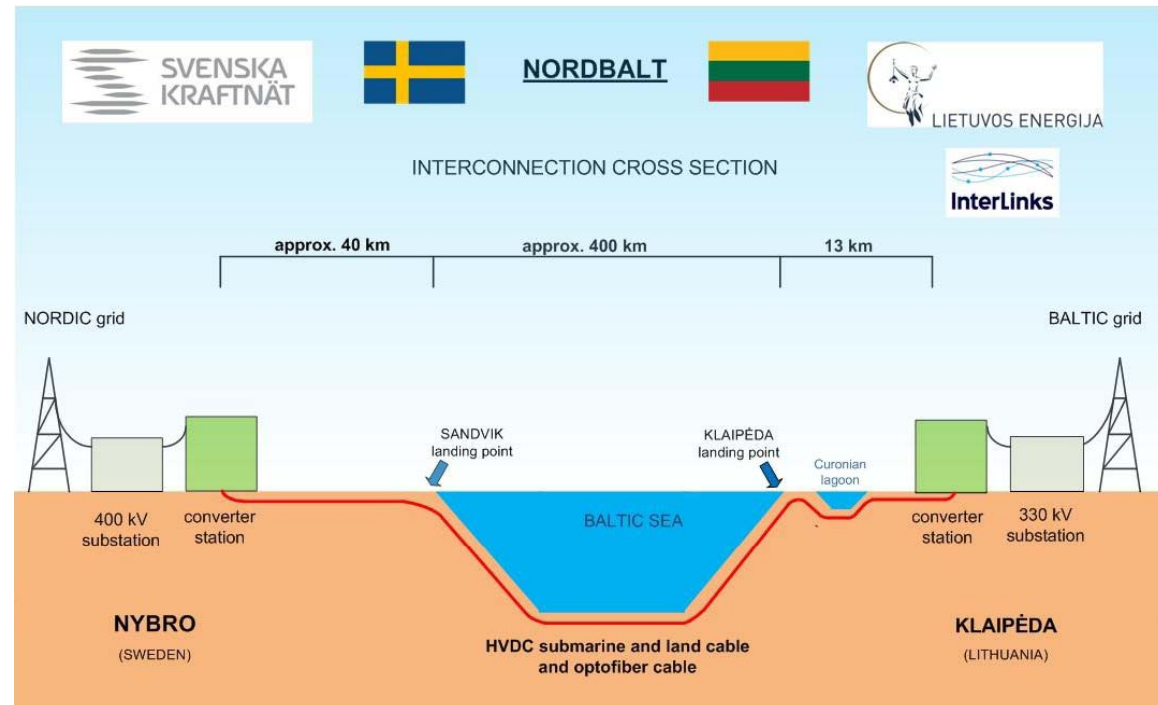
An integrated array of technologies, devices and systems that provide and utilize digital information, communications and controls to optimize the efficient, reliable, safe and secure delivery of electricity.

Fuente: ISGT Europe 2010, Aty Edris

SuperGrids - Vision 2050

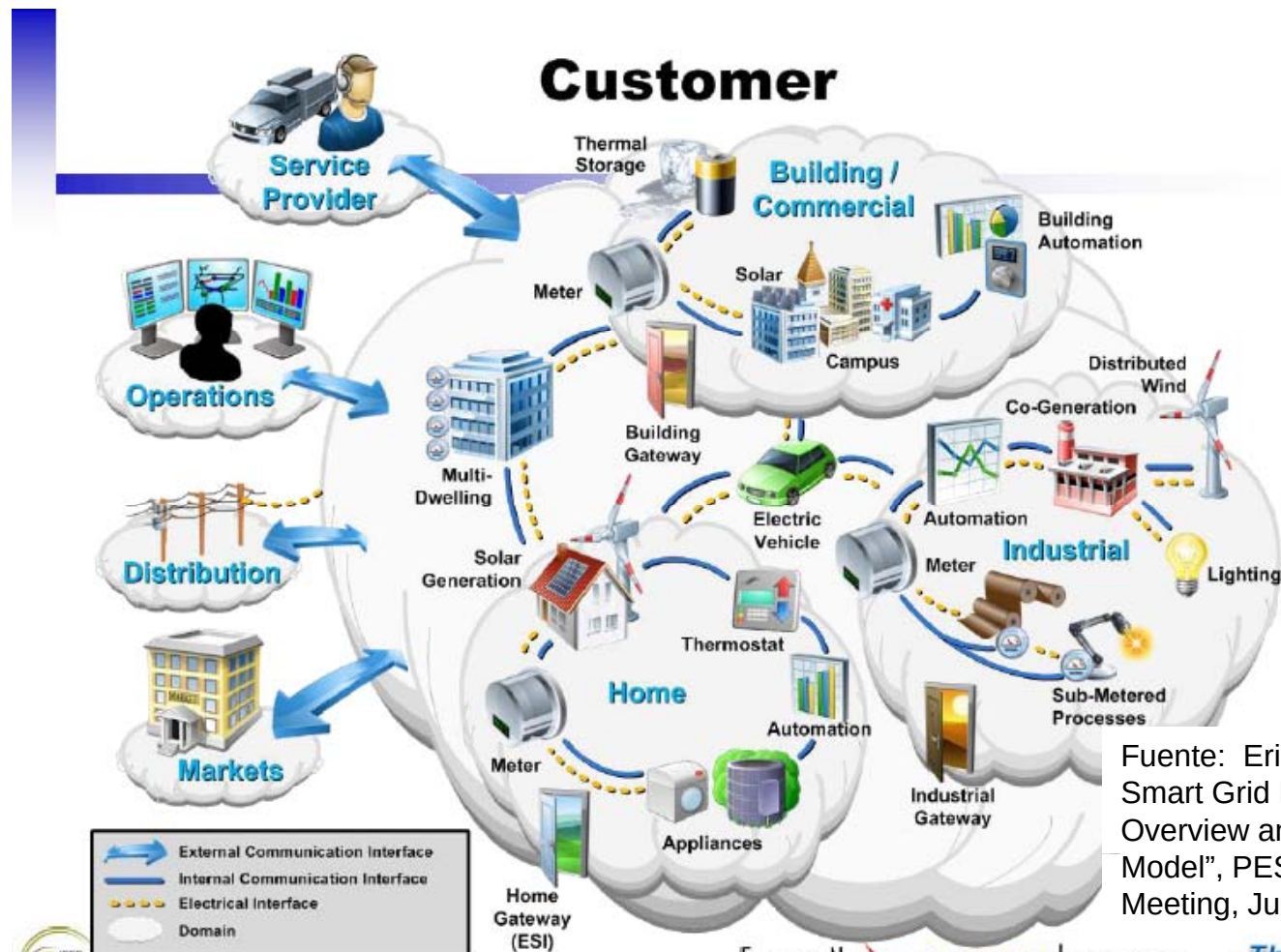


HVDC e interconexiones submarinas



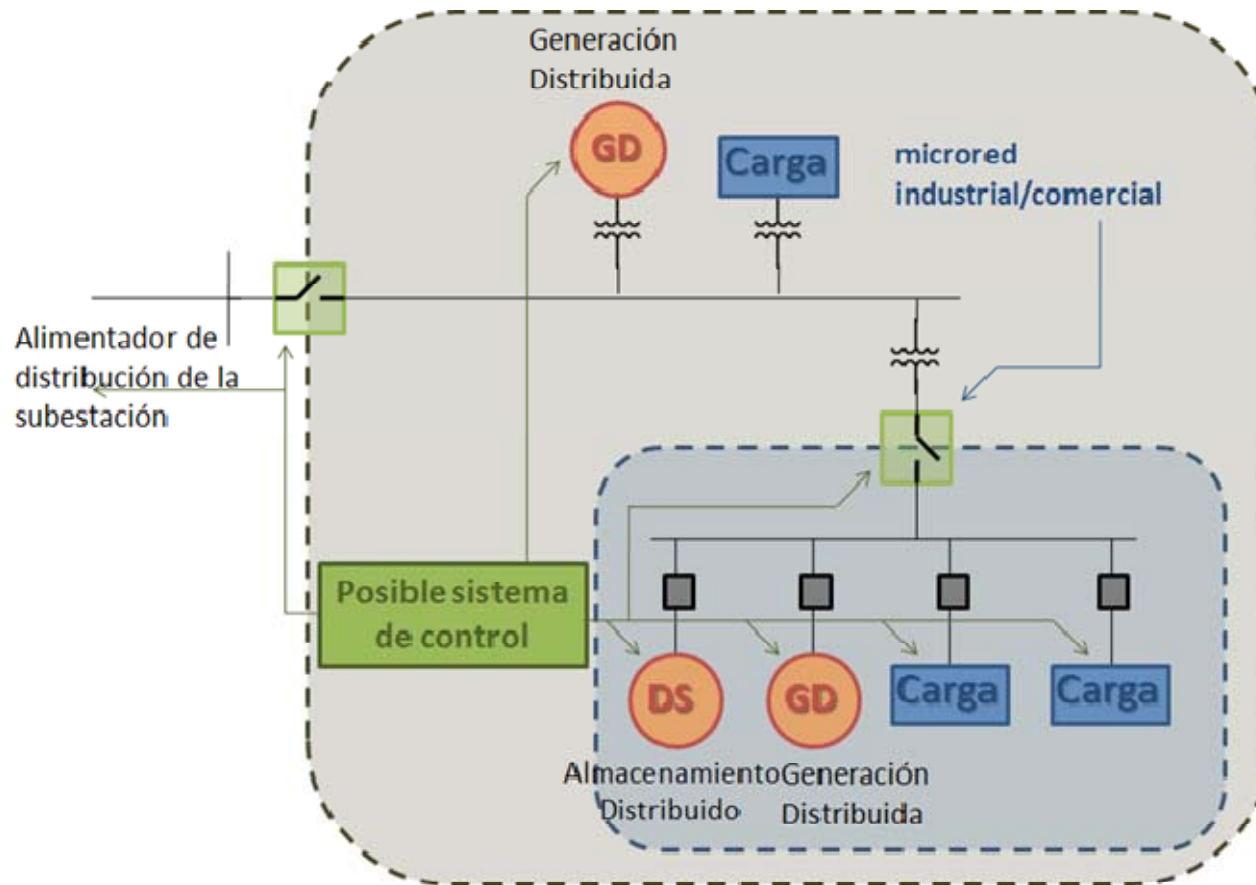
Fuente: ISGT Europe 2010

Incorporación fuentes de energía renovables



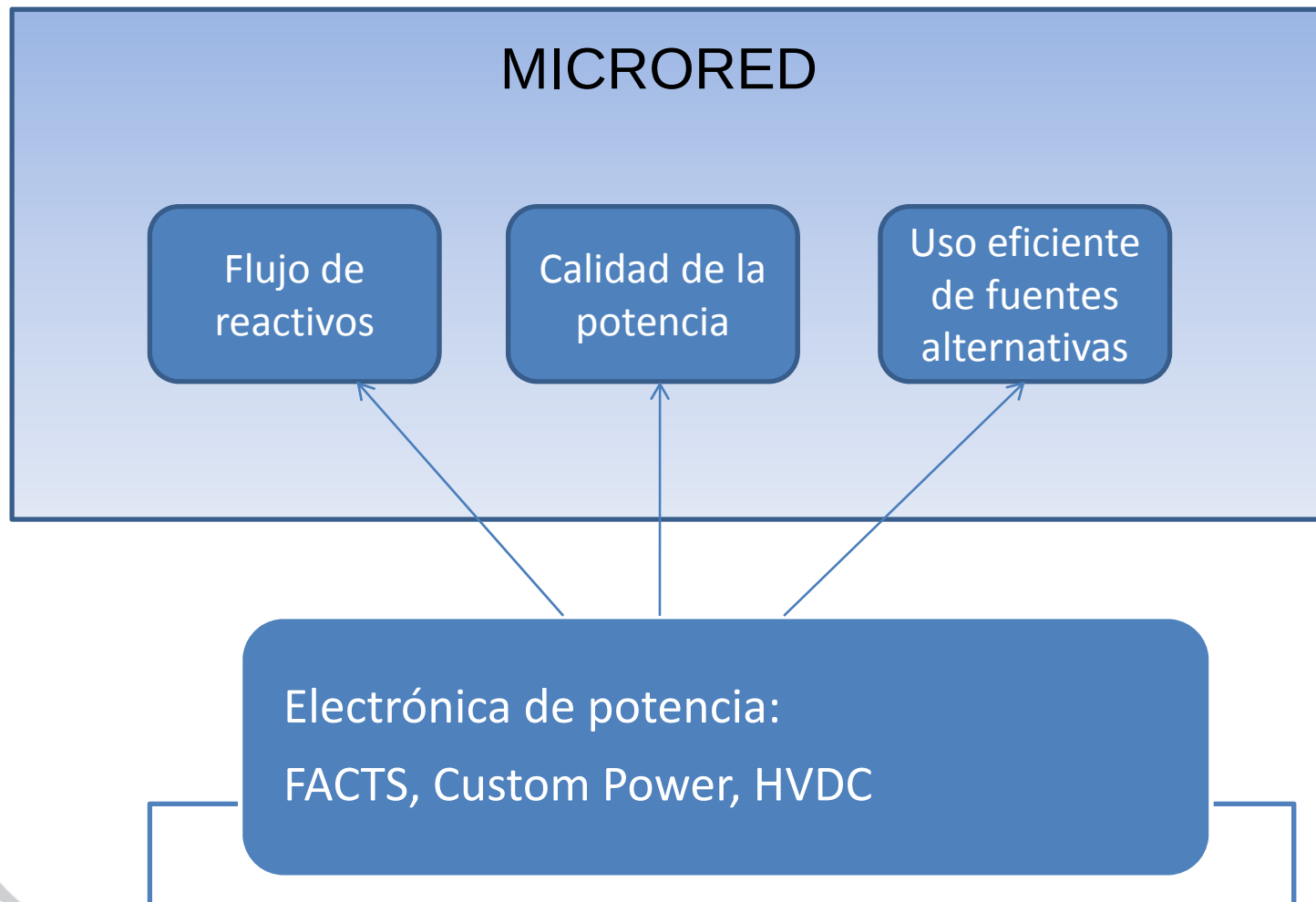
Fuente: Erik Gunther "Interim Smart Grid Roadmap Overview and Conceptual Model", PES General Meeting, Julio 2009

Microgrids



Basado en: J. Driesen , F. Katiraei, "Design for Distributed Energy Resources," *Power and Energy Magazine, IEEE*, vol. 6, no. 3, pp. 30-40, Mayo/Junio 2008.

Electrónica de potencia en la microrred



Necesidades actuales

- HVDC-FACTS:
 - Integración de fuentes de energía renovables a gran escala.
 - Sistemas HVDC convencionales vs. HVDC basados en SVC.
 - Sistemas HVDC multiterminal.
 - Compensación con dispositivos FACTS, Custom Power.
- Planeación y operación de redes de distribución activas
 - Operación en modo normal vs. modo isla
 - Calidad de la potencia
 - Técnicas de compensación activa en la red. Caracterización de flujos
 - Integración de micro-generación y su intermitencia
 - Control del flujo de potencia basado en los convertidores que se conectan con la red
 - Almacenamiento

Trabajos electrónica de potencia en el área

CIRCUITOS Y TOPOLOGÍAS:

- Diseño de fuentes de conexión de paneles fotovoltaicos a la red
- Conversores resonantes para conexión de paneles solares
- Diseño de filtros híbridos para compensación de distorsión armónica.
- Algoritmos de control para maximizar transferencia de potencia

Trabajos electrónica de potencia en el área

SISTEMAS

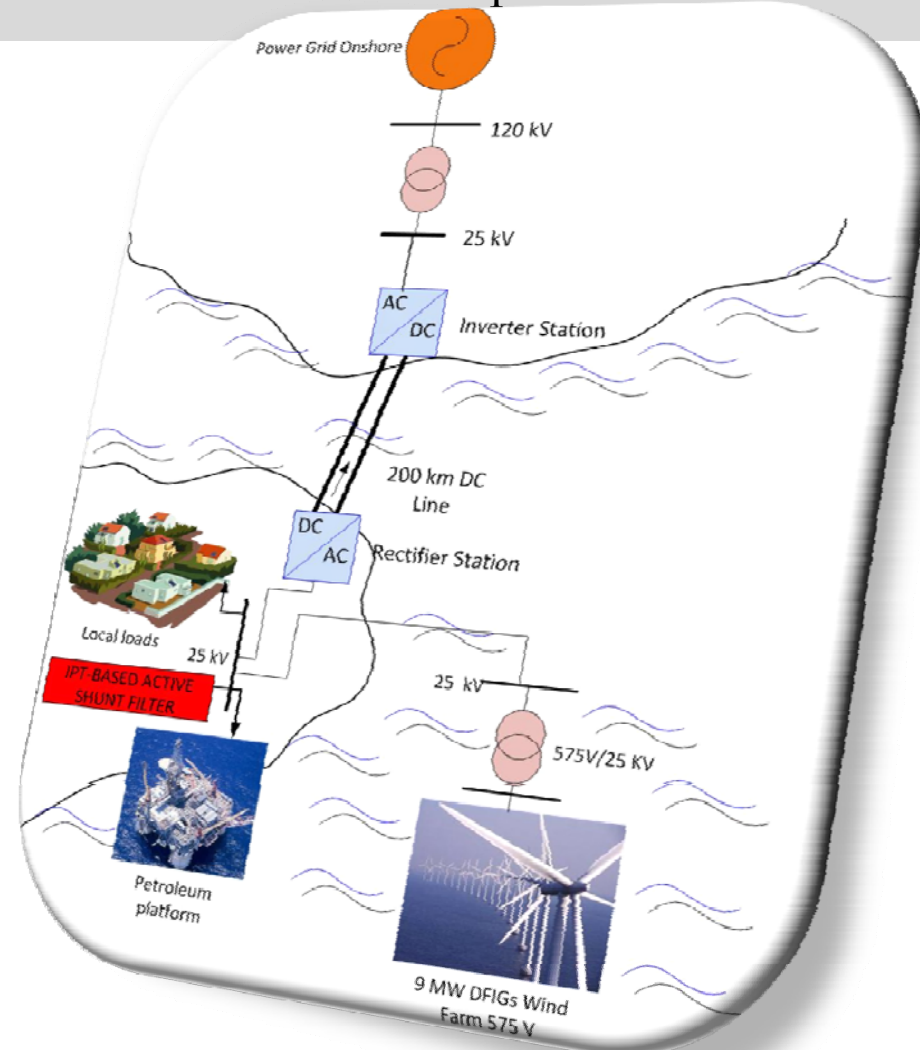
- Control de convertidores VSC para integración en microredes (Fuzzy control).
- Conexión de granjas eólicas en ultramar.
- Conexión HVDC multiterminal.
- Caracterización de flujos de potencia en microredes
- Filtros activos en sistemas con generación distribuida.

Descripción de la problemática

Conexión de granjas eólica de altamar a un sistema de potencia

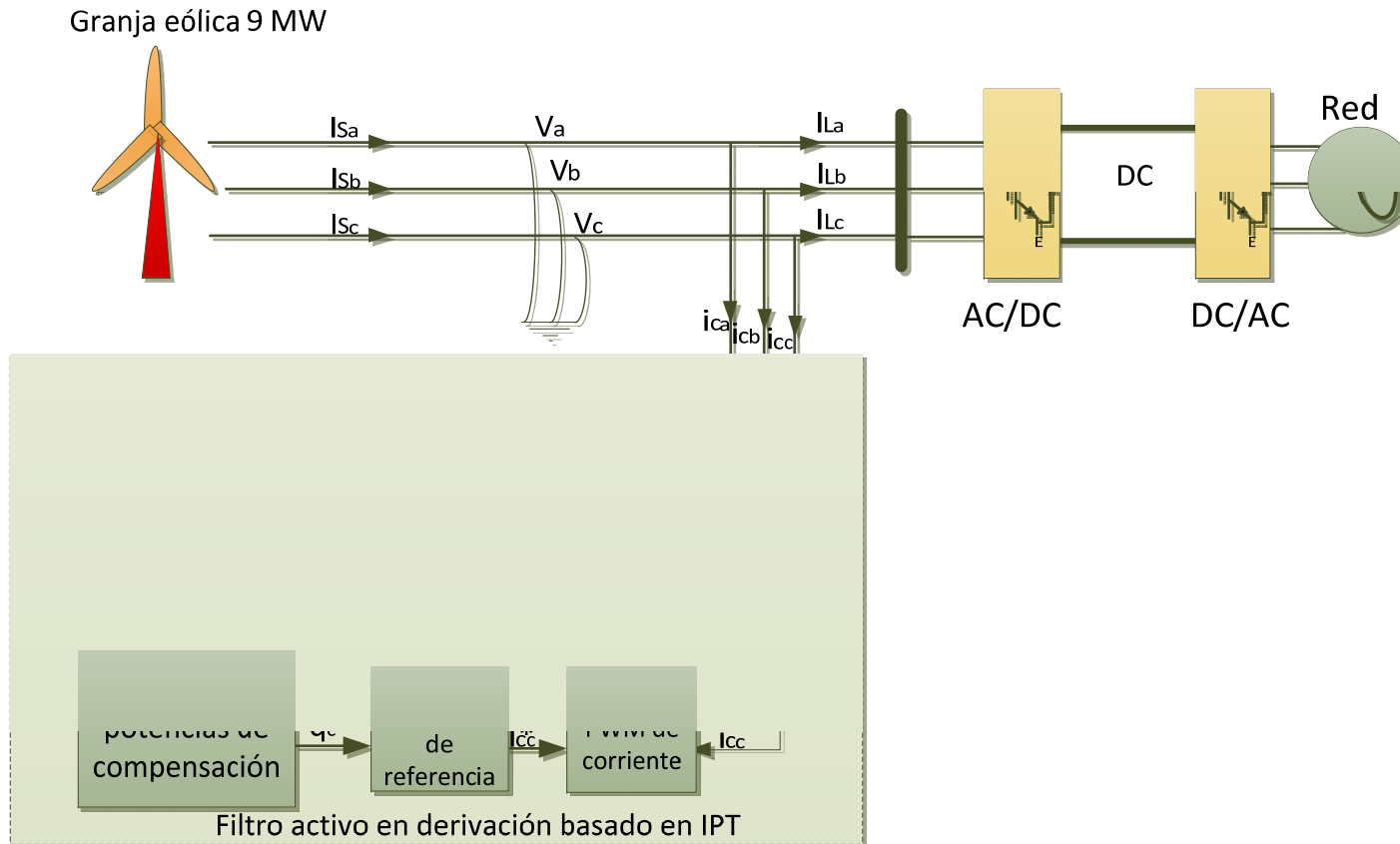
Aumento de generación eólica →

- Conexión de parques eólicos off-shore a un sistema de potencia
- Flujos de P , Q y h 's generados por HVDC y por un gen. eólico debido a la presencia de dispositivos de electrónica de potencia?
- Calidad potencia (i.e. filtros activos, compensadores, control)



Metodología de solución

Granja eólica + Filtro activo en derivación, basado en IPT [3] + HVDC

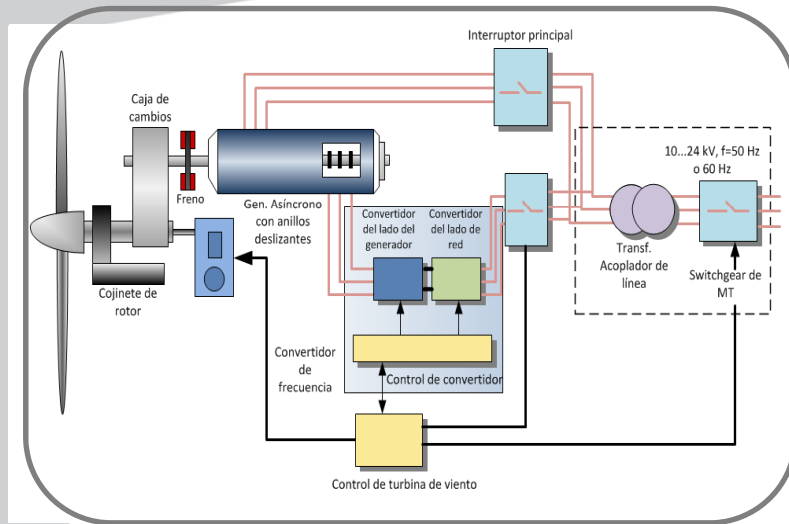


H. Akagi, E. Watanabe, M. Aredes. *Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning*. 2007.

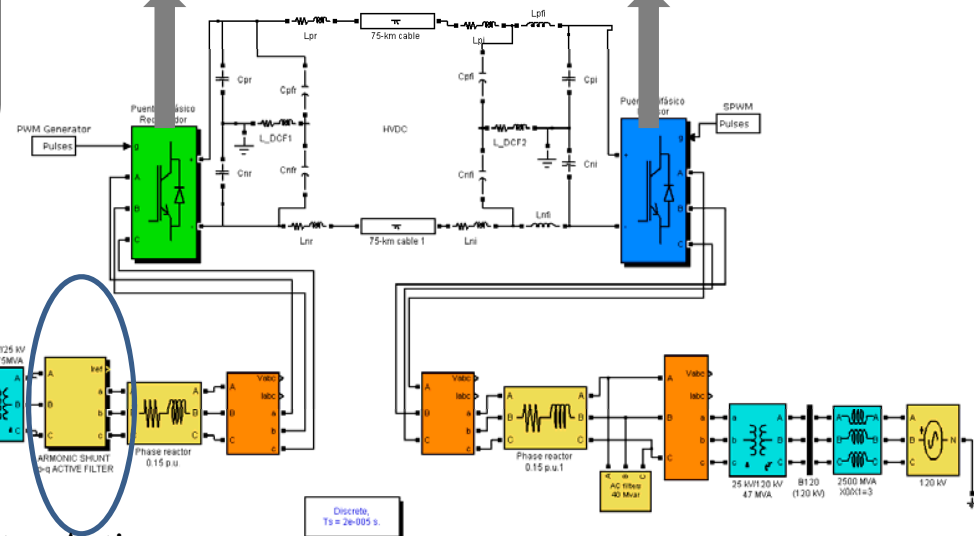
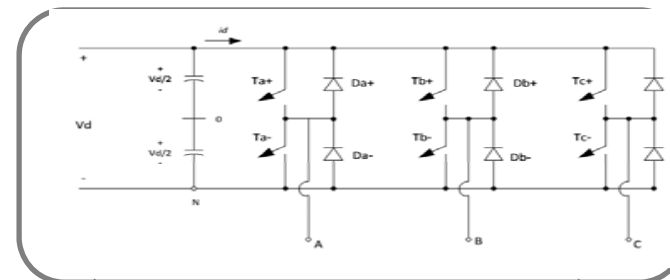
Resultados

Granja eólica + Filtro activo en derivación, basado en IPT + HVDC

Modelo en Matlab 2010®



Generador de inducción doblemente alimentado (DFIG).



Filtro Activo

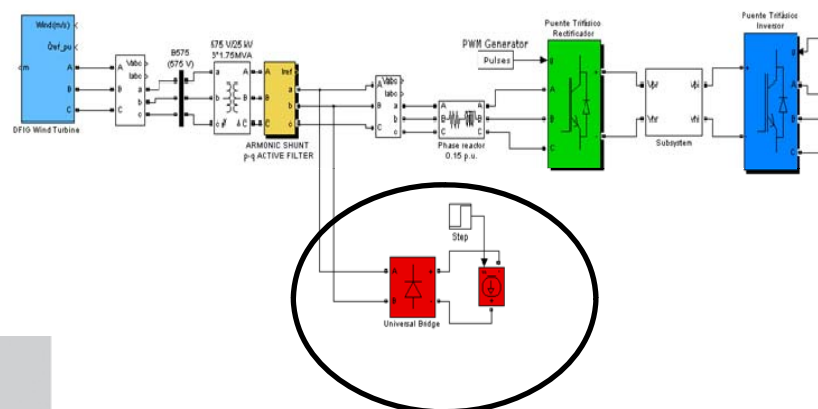
R. Boinne, *Stability Studies of an Offshore Wind Farms Cluster*. 2009

N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins. *Power Electronics. Converters, applications and design*. 2005

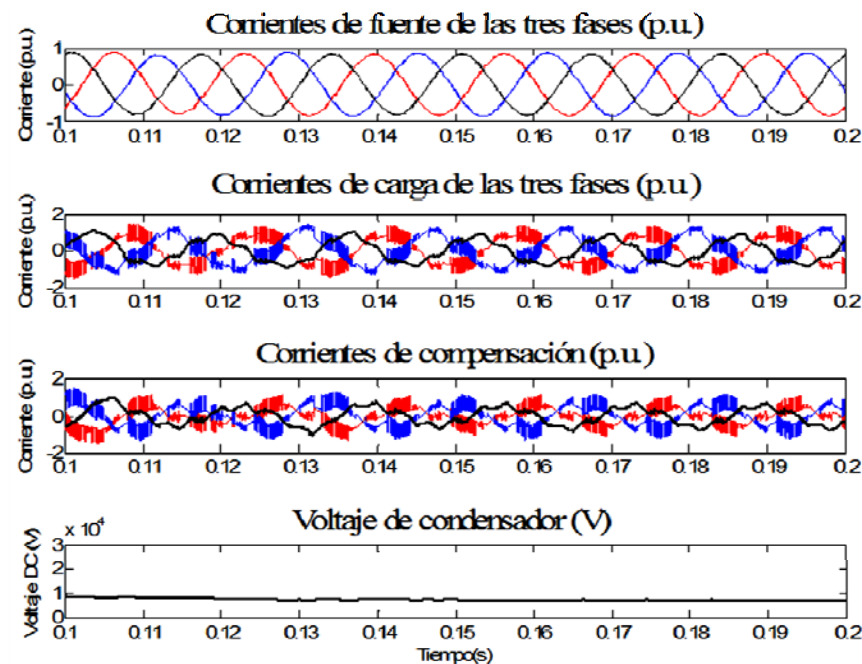
Resultados

Inclusión de carga local NO lineal NO balanceada

Carga NO lineal bifásica ($S=2$ MVA, $I_{dc}=I_L=80$ A)



Carga local no lineal no balanceada (bifásica)

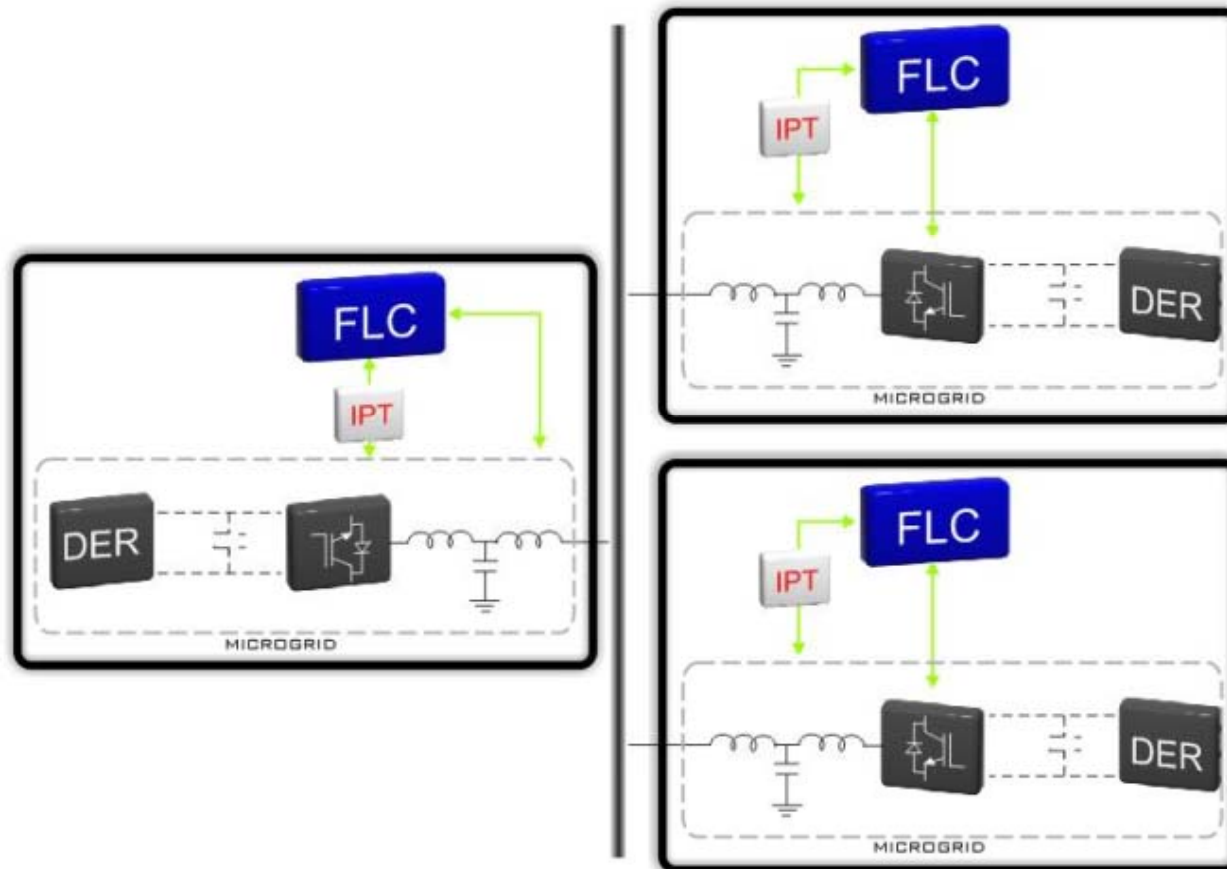


CORRIENTE	FASE A	FASE B	FASE C
Corriente de granja eólica	1.49%	1.68%	1.72%
Corriente de carga total	35.75%	31.37%	18.66%

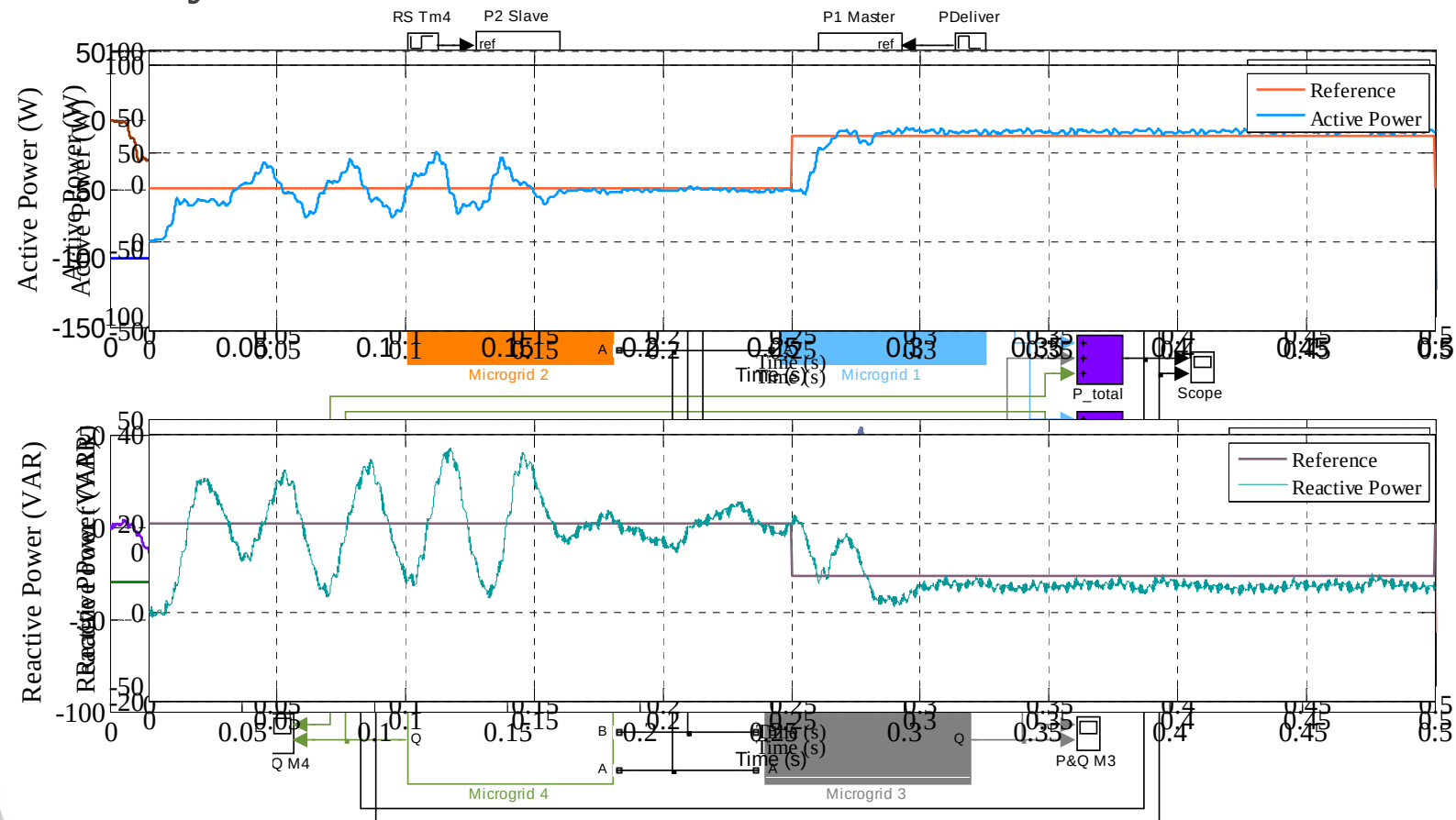
TABLA 5 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE LAS DOS CORRIENTES, EN LAS TRES FASES

Nota: $S_{base}=9$ MW y $V_{base}=575$ V al lado de baja

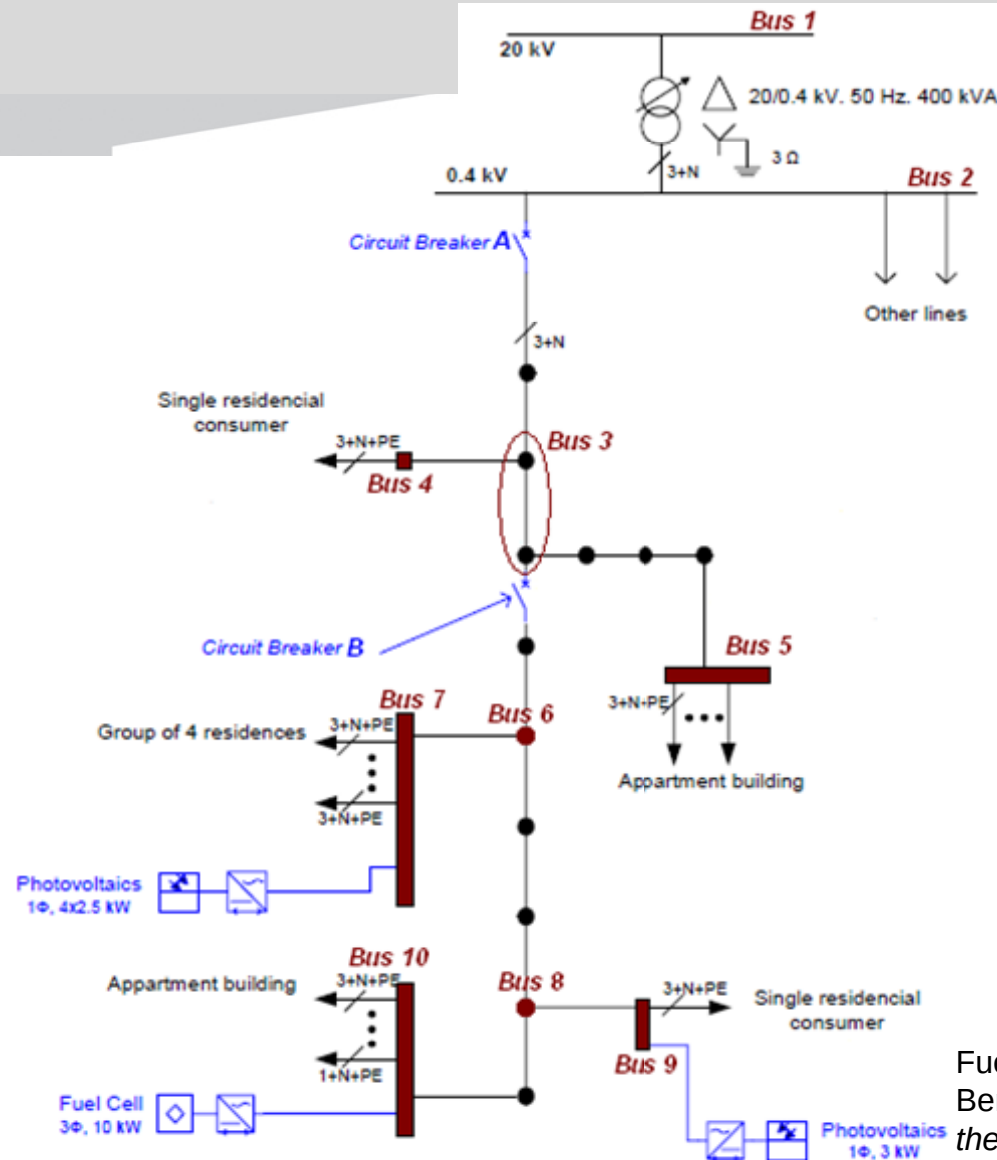
VSC - Microgrid



Study Case II



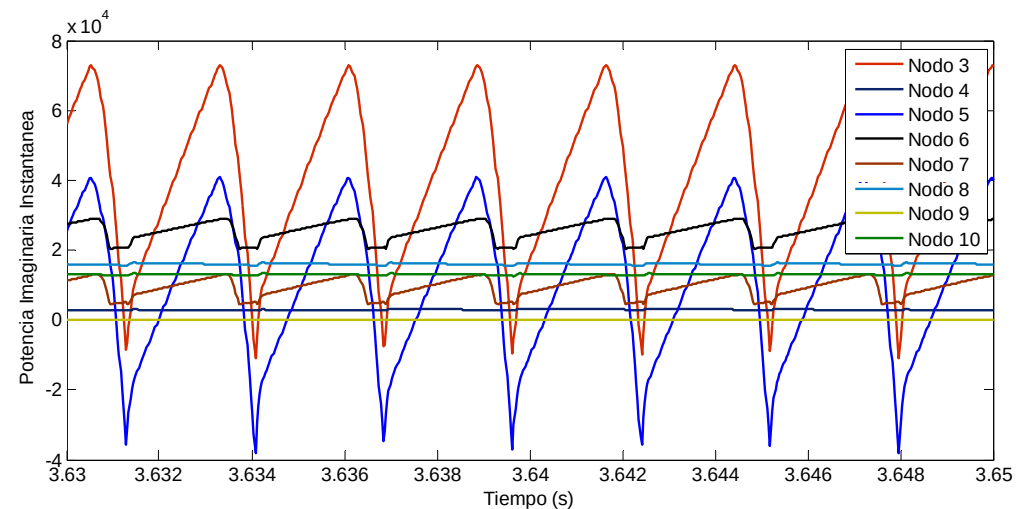
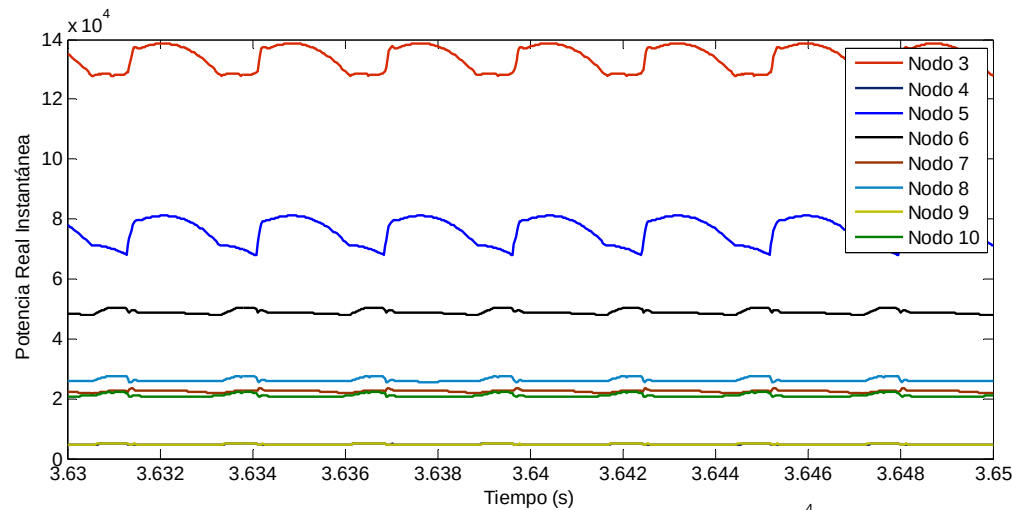
Unifilar microred prototipo



Fuente: S. Papathanassiou, N. Hatziaargyriou, K. Strunz, "A Benchmark Low Voltage Microgrid Network," in *Proceedings of the CIGRE Symposium: Power Systems with Dispersed Generation*, Athens, 2005.

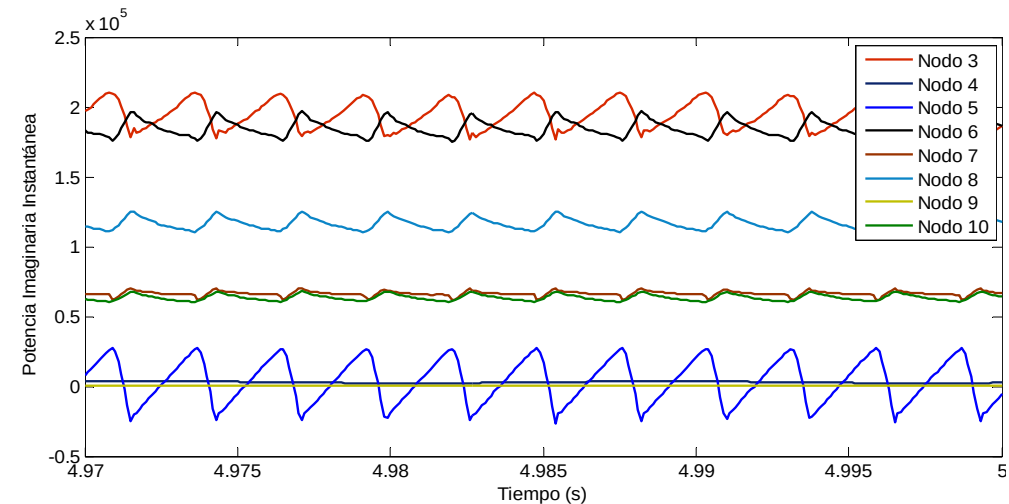
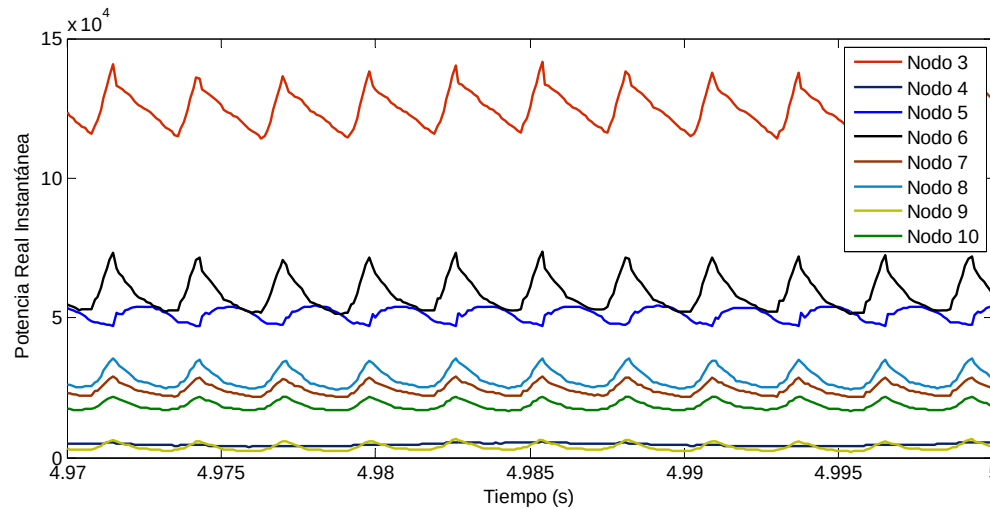
Flujo de potencia instantánea

- CASO 1 sin GD



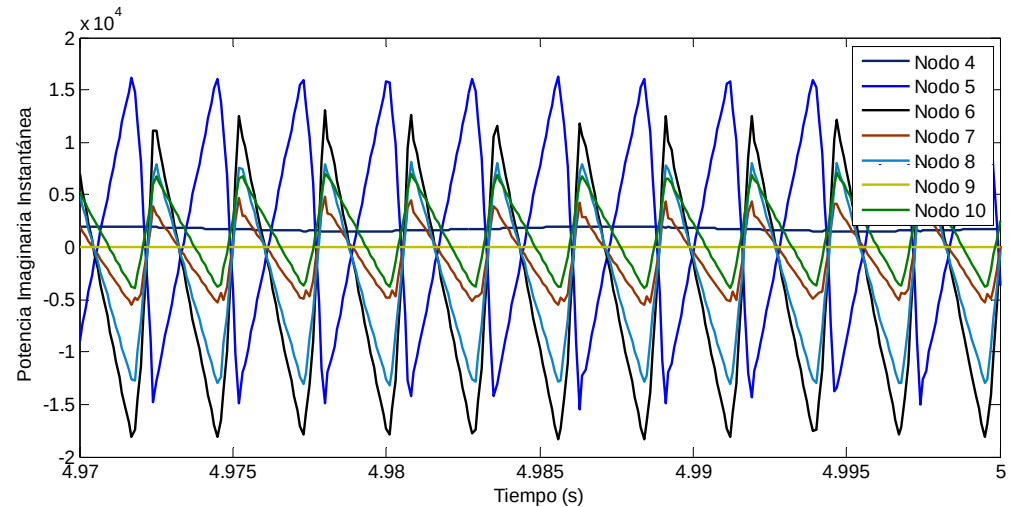
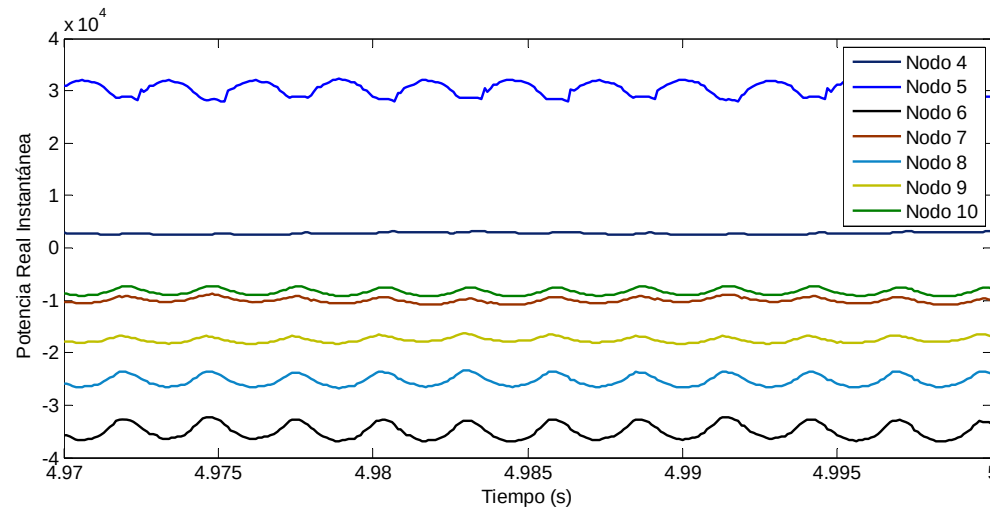
Flujo de potencia instantánea

- CASO 2 sin red principal. Abierto Interruptor A



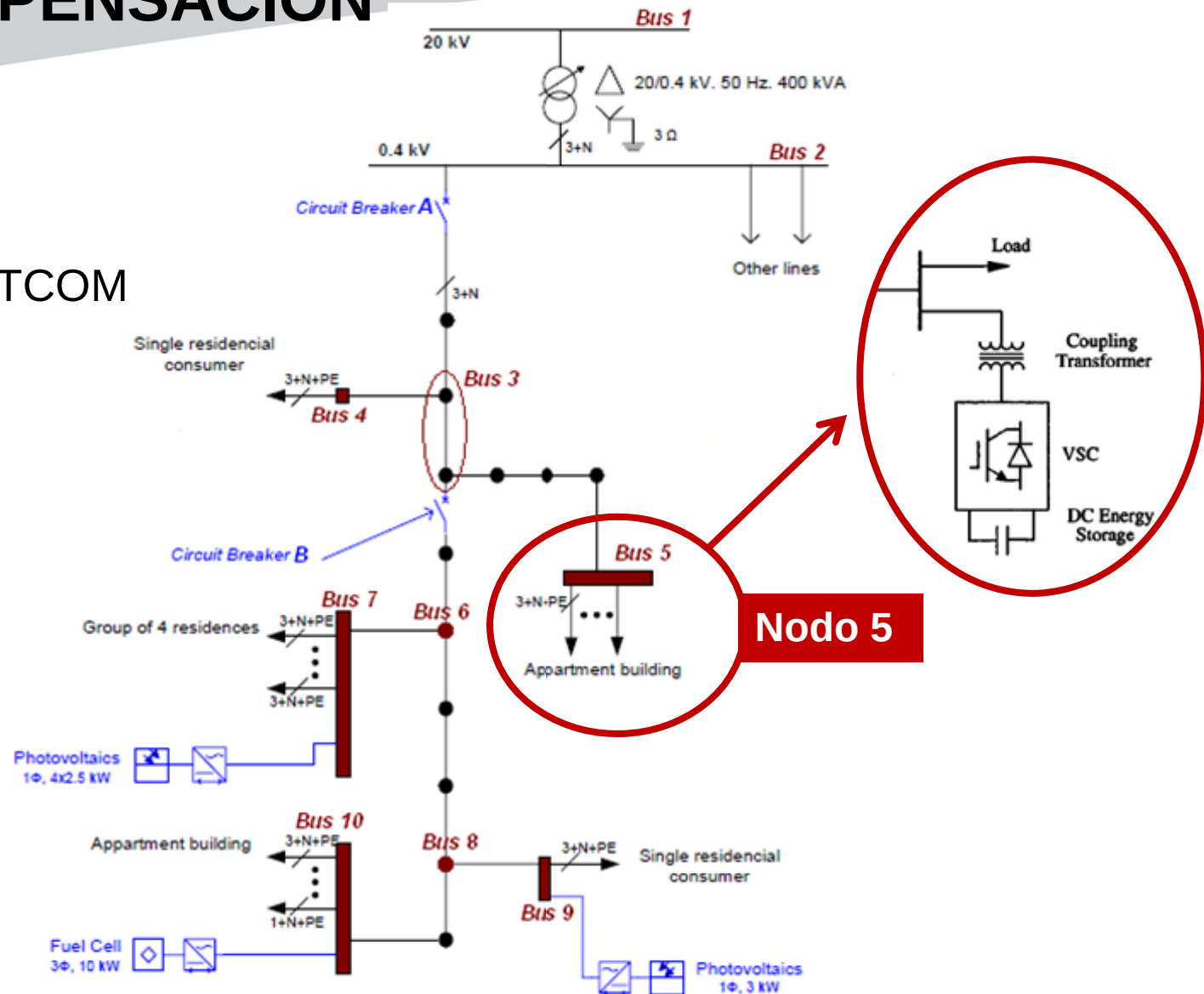
Flujo de potencia instantánea

- CASO 3 Sin red. Abiertos interruptor A y B



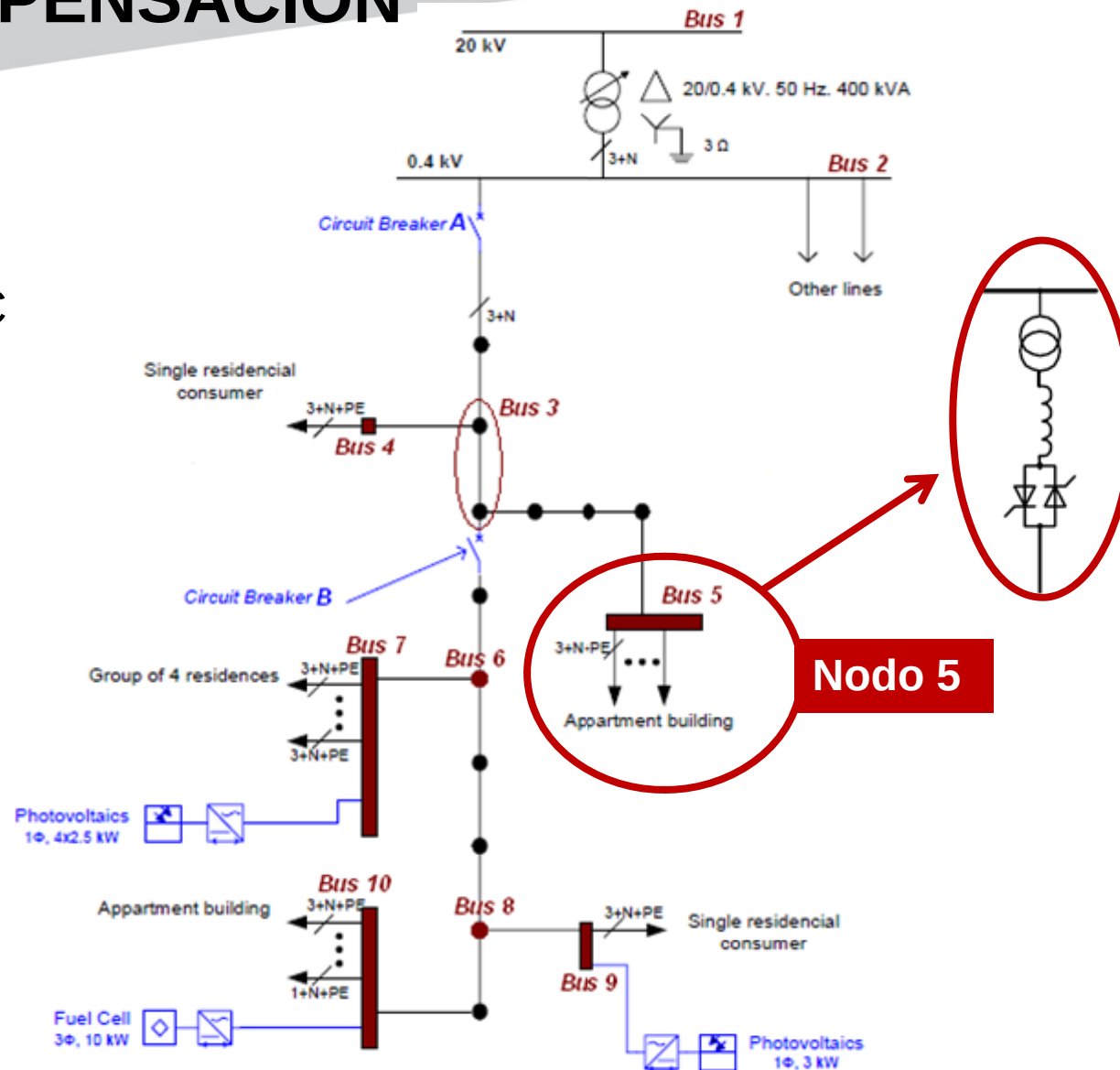
COMPENSACIÓN

- D-STATCOM



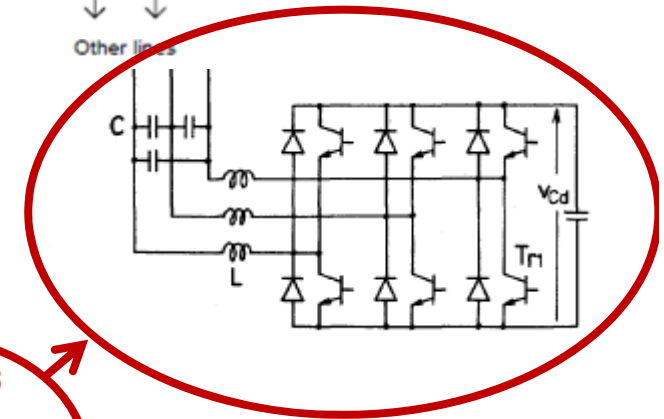
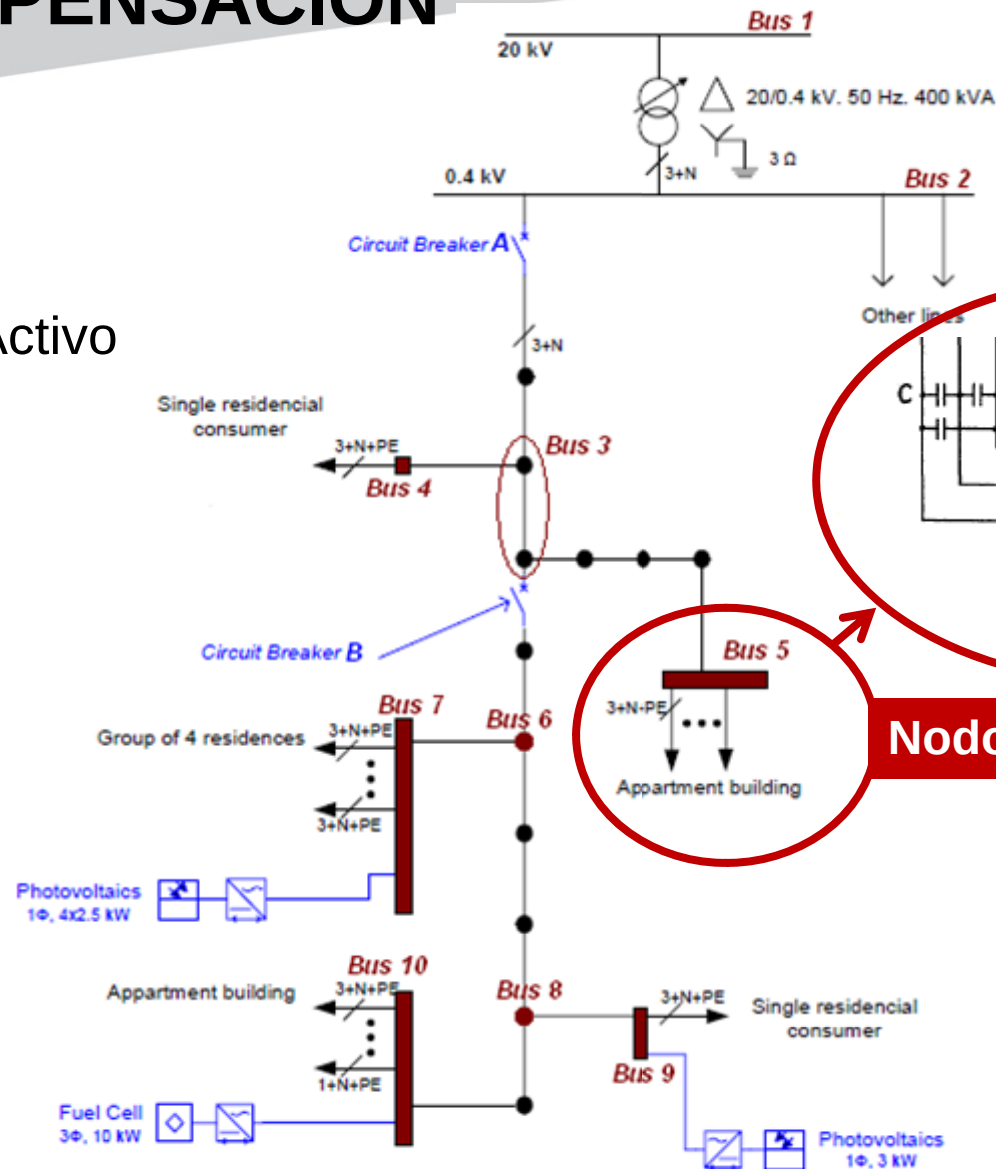
COMPENSACIÓN

- D-SVC



COMPENSACIÓN

- Filtro Activo



Nodo 5

RESULTADOS DE LA COMPENSACIÓN

- Distorsión armónica en la corriente

CASO	Sin Compensación	Filtro Activo	D-STATCOM	D-SVC
1	22.54%	5.10%	9.85%	16.53%
2	23.11%	4.04%	11.32%	14.16%
3	22.48%	4.54%	11.09%	18.37%

TRABAJO FUTURO

- Análisis de la calidad de la potencia en la Microred (*Smart Distribution System-SDS*).
- Ubicación óptima y configuración de la compensación activa en la SDS.
- Estrategia de control de los inversores para maximizar la transferencia de potencia de las fuentes de energía renovables en la SDS.
 - VSC
 - Aplicación de conexión HVDC multiterminal a sistemas a la SDS.
 - Sistemas de distribución DC.