



**ExpoSolar**  
Colombia 2017

Energía renovable para **todos**

# Análisis del impacto de la instalación masiva de Recursos Energéticos Distribuidos en la red de distribución existente

Sandra Ximena Carvajal Quintero, PhD

Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales  
Grupo de Investigación E3P (Environmental Energy and Education Policy)

# Agenda

- 1. Introducción.**
- 2. Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos.**
- 3. Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.**
- 4. Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.**
- 5. Conclusiones.**

# Agenda

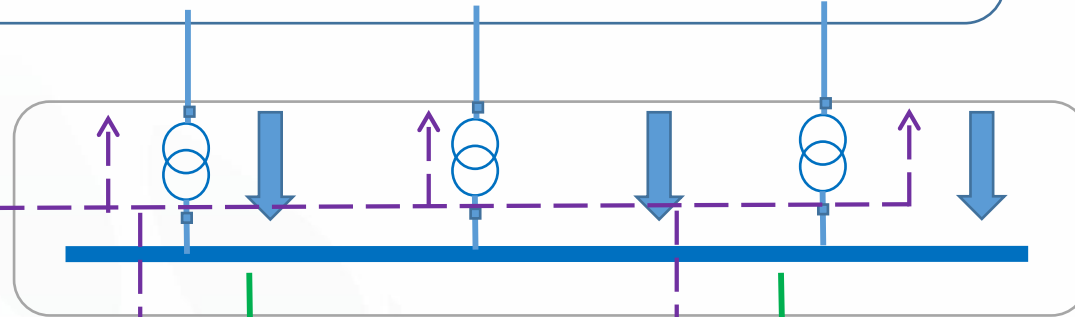
- 1. Introducción.**
2. Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos.
3. Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.
4. Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.
5. Conclusiones.

# Introducción

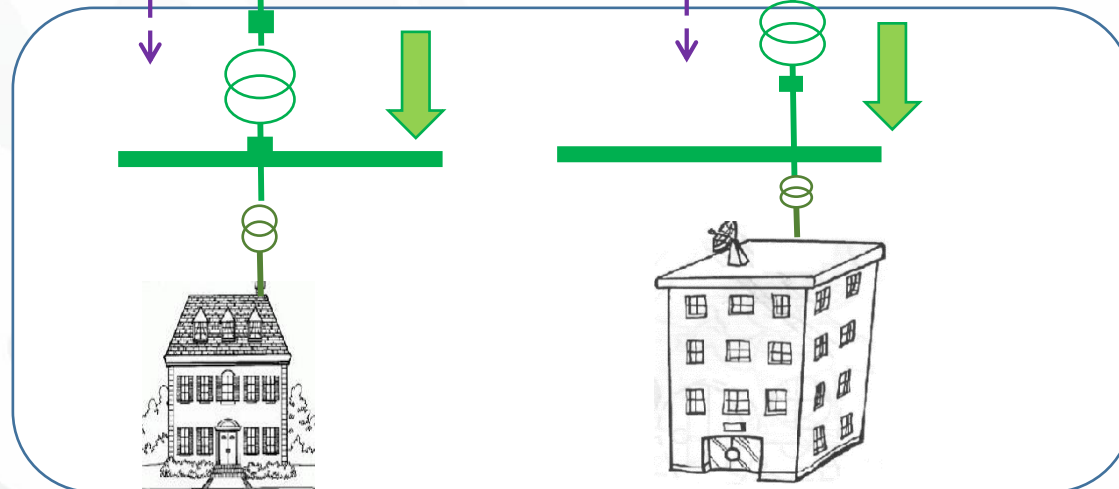
Centro de Control



Generación



Transmisión



Distribución

# Introducción



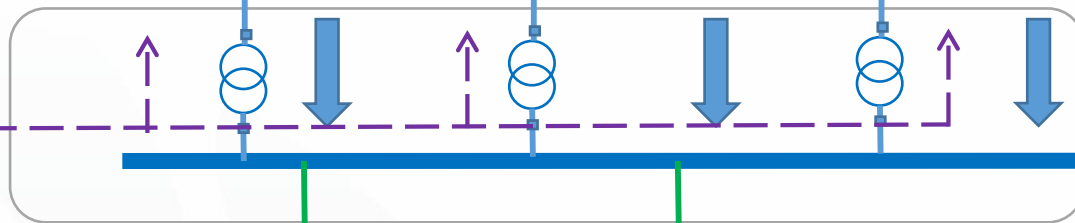
# Introducción



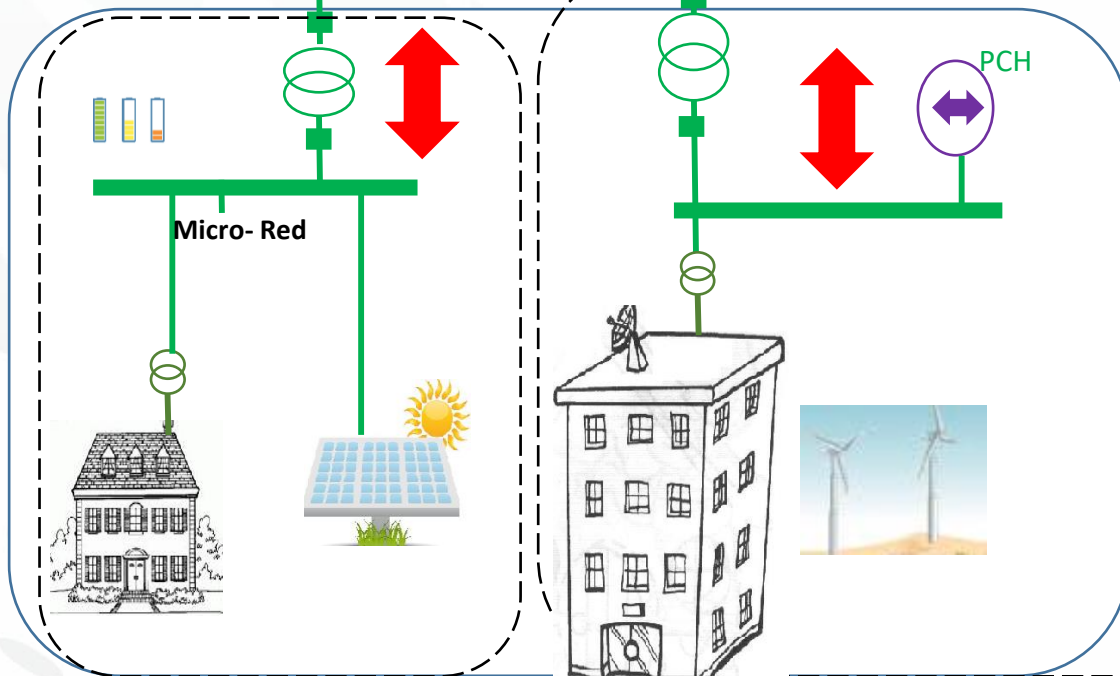
Generación



Centro de Control



Transmisión



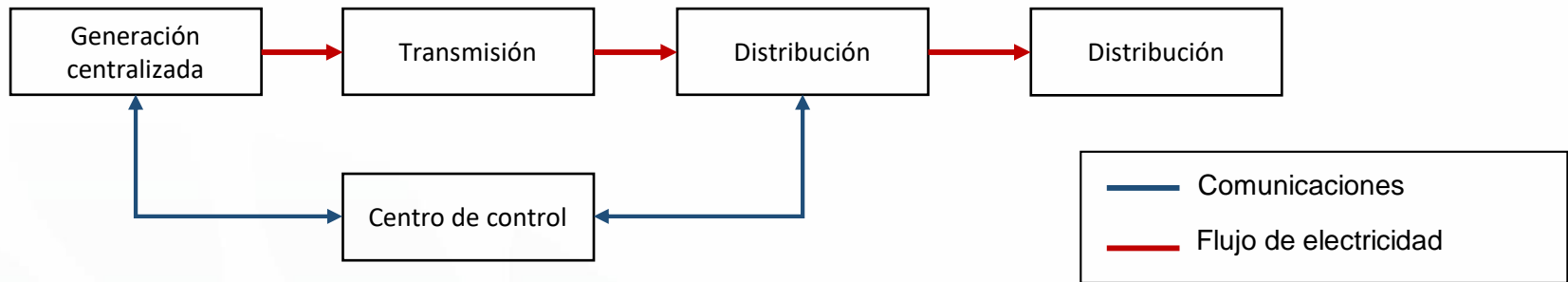
Centro de Control



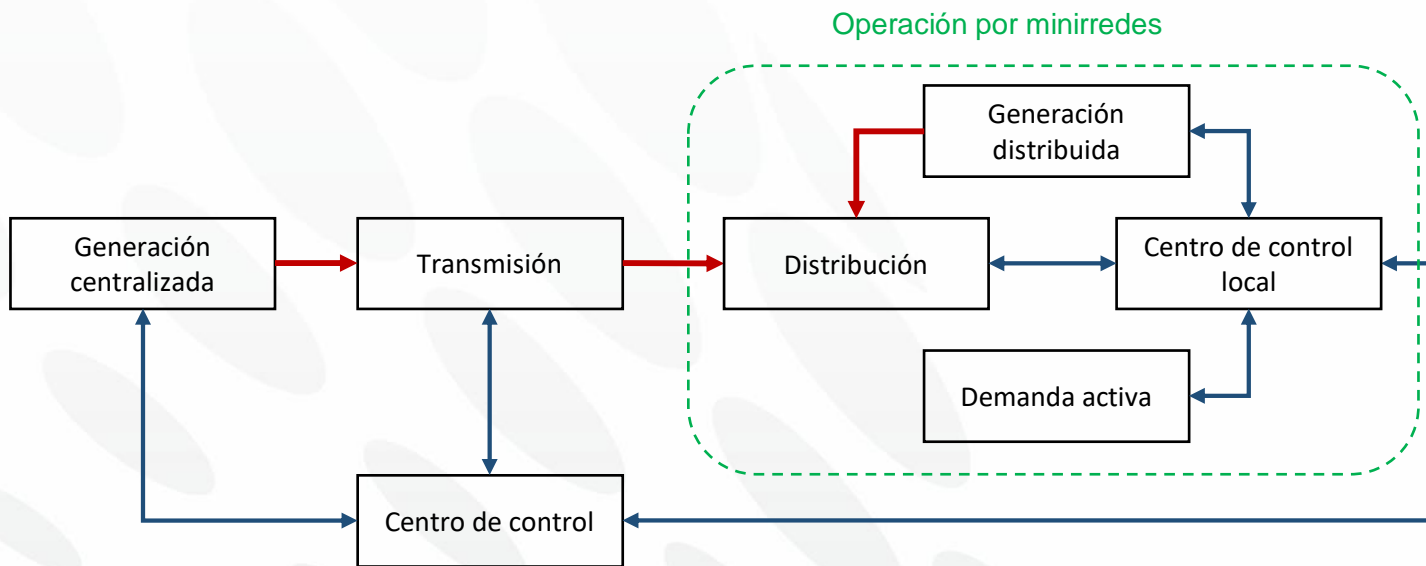
# Agenda

1. Introducción
- 2. Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos.**
3. Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.
4. Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.
5. Conclusiones

# Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos



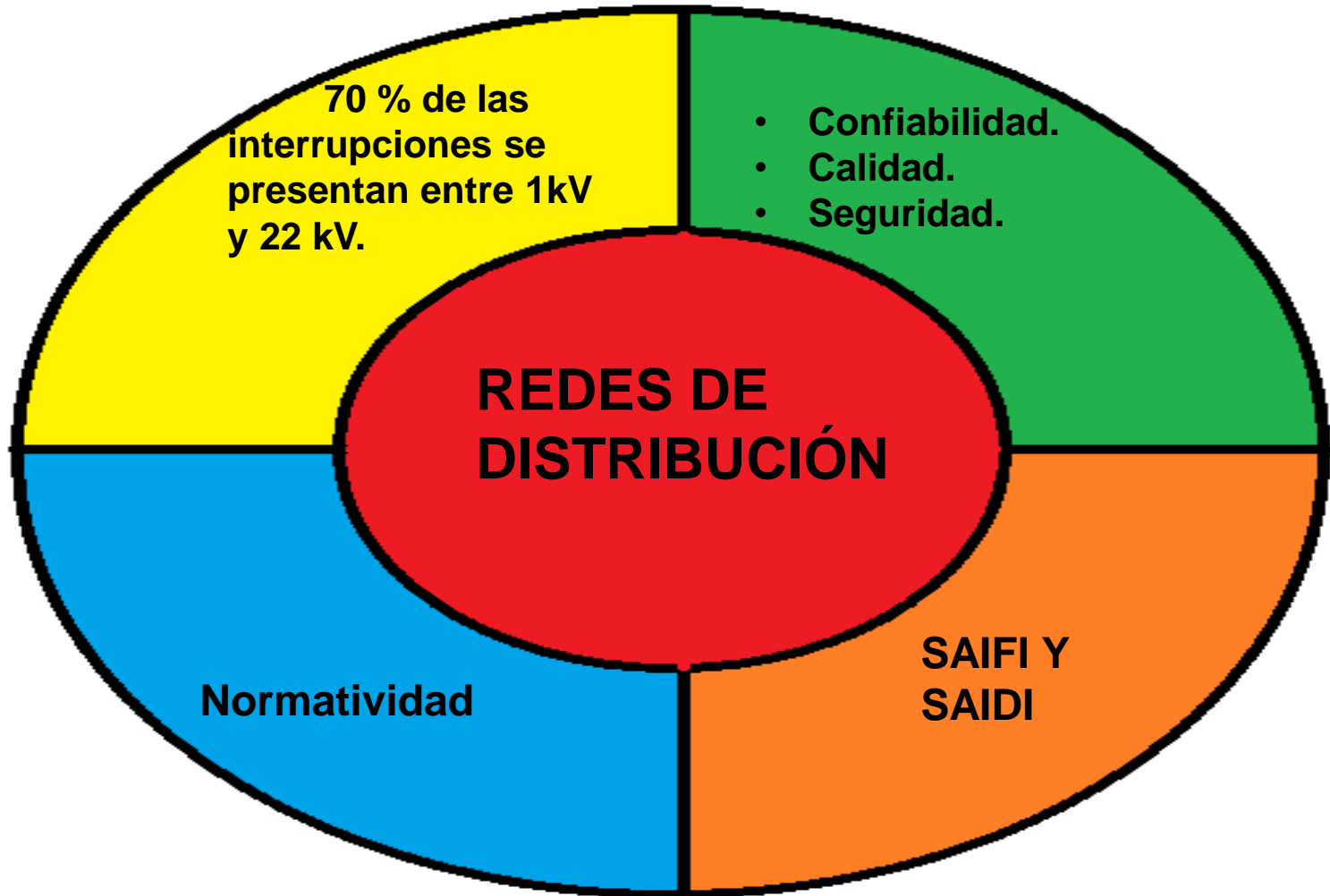
(a)



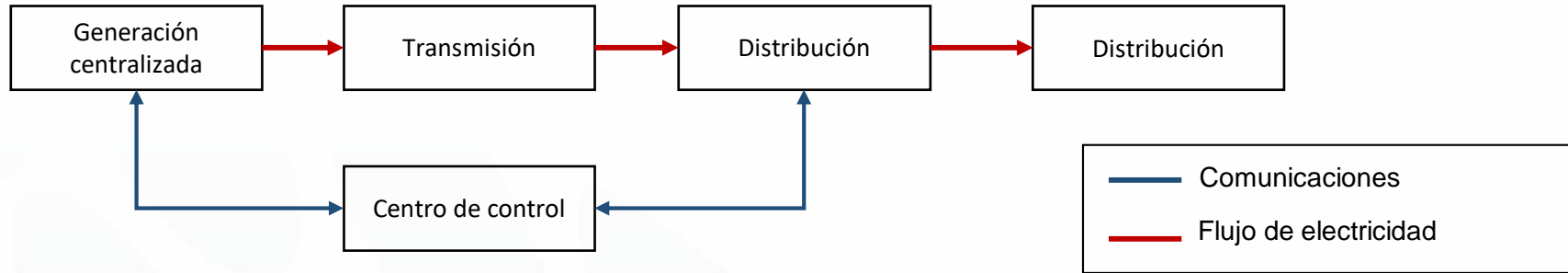
(b)



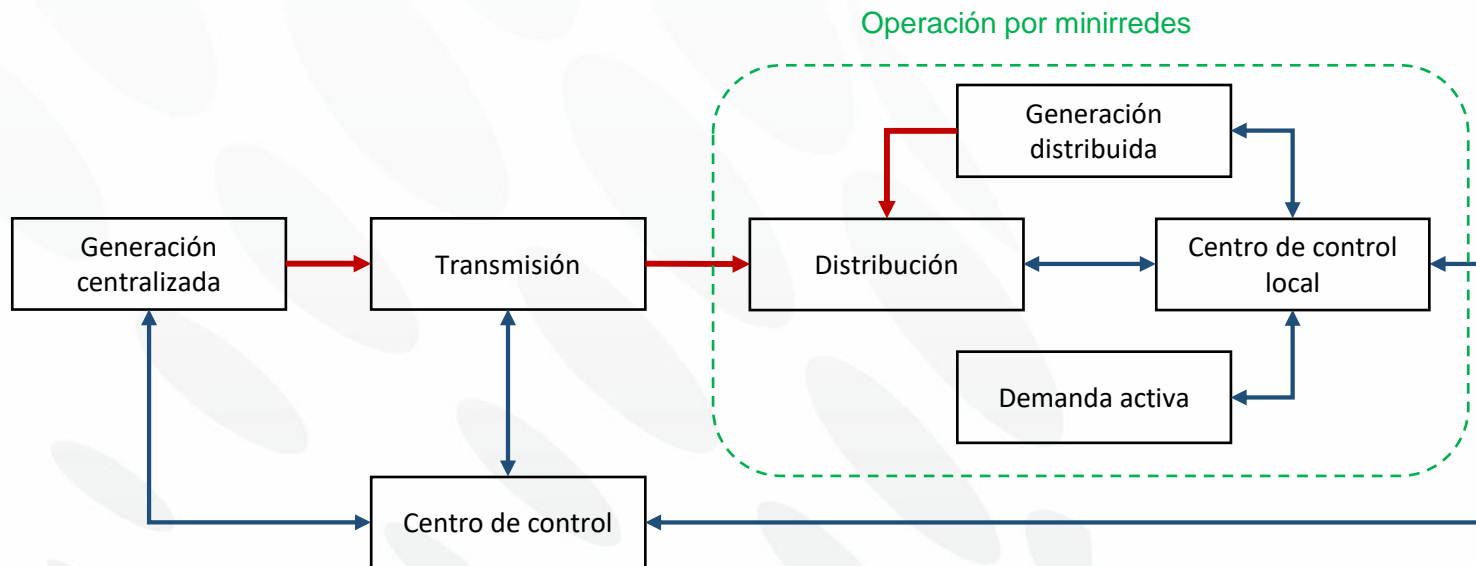
# Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos



# Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos



(a)



(b)

# Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos: Estabilidad de tensión

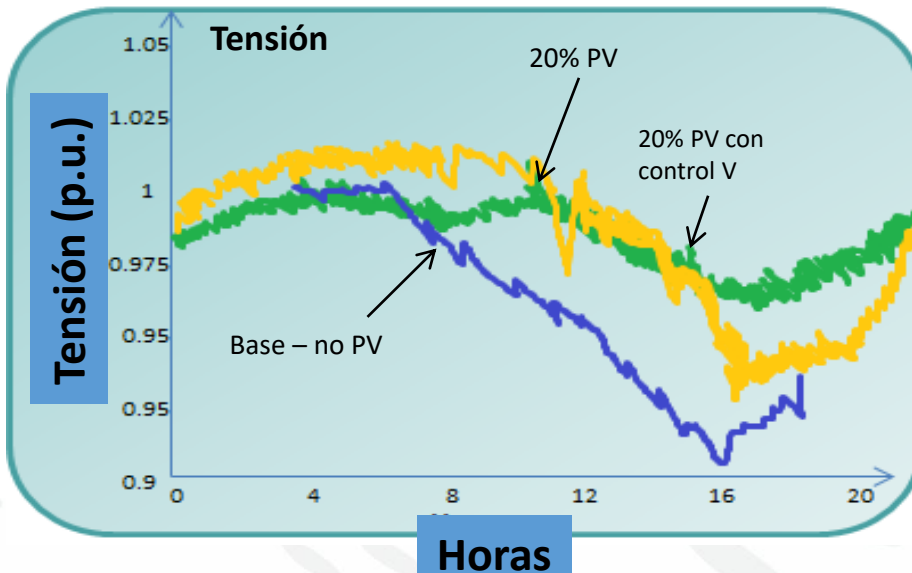
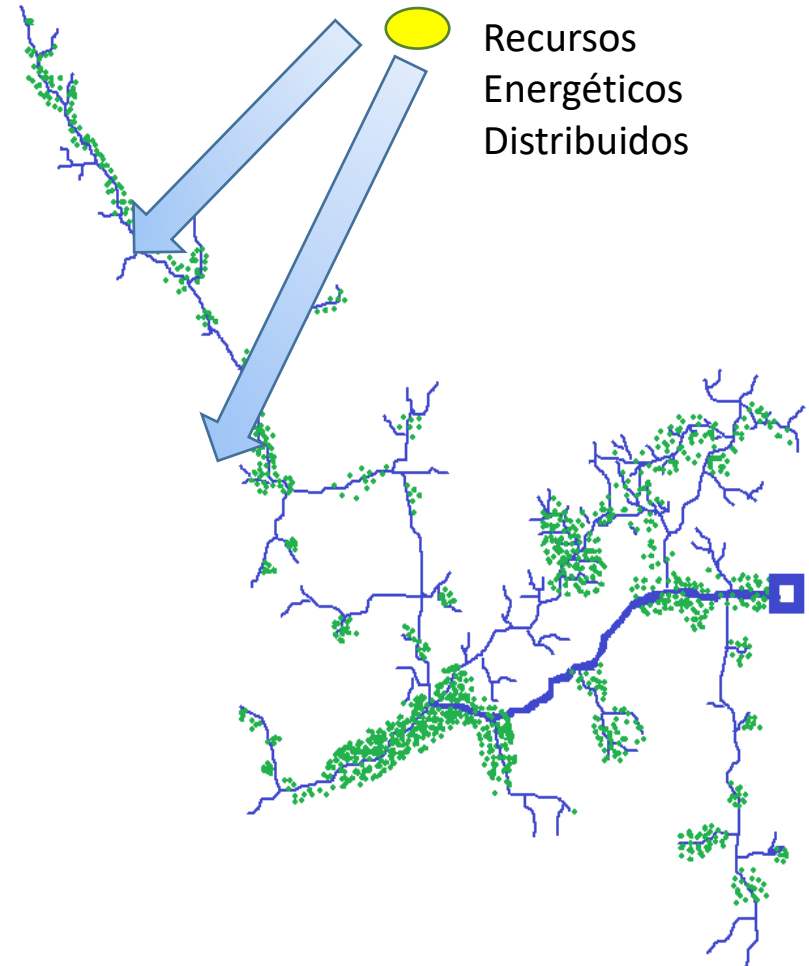
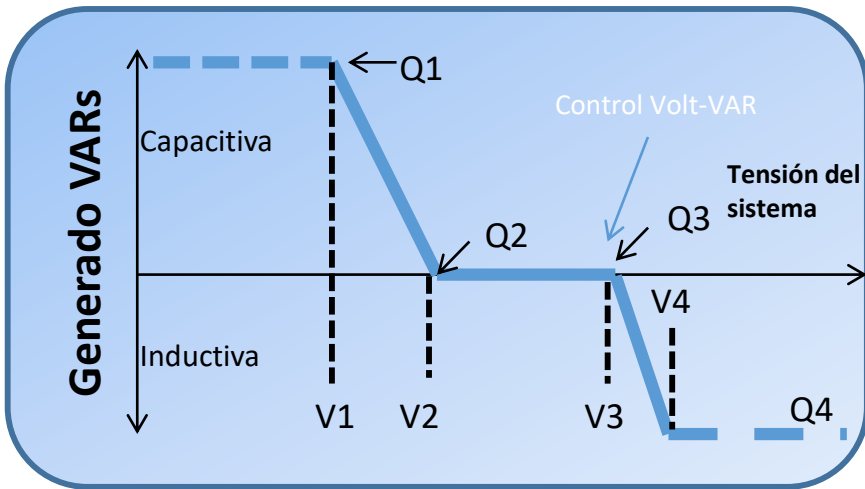
## PEQUEÑA PERTURBACIÓN

- Incrementos de demanda.
- Desconexiones de líneas.
- Desconexiones lejanas

## GRAN PERTURBACIÓN

- Cortocircuitos cercanos a la barra.
- Desconexiones de máquinas.
- Desconexión de equipos controladores de tensión.

# Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos: Estabilidad de tensión



# Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos: Estabilidad de frecuencia

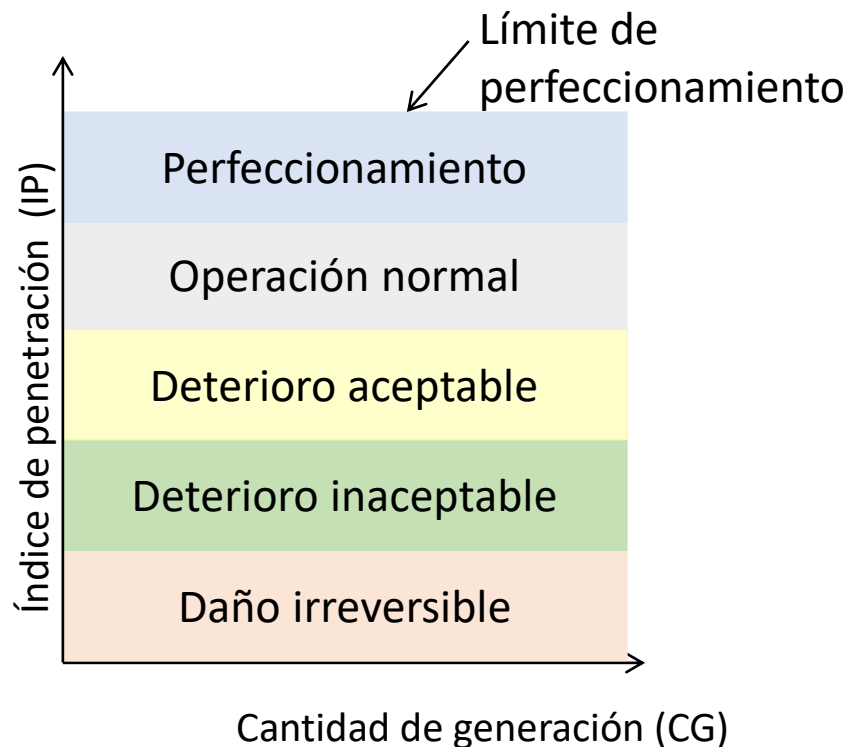
## Largo plazo

Descoordinaciones de las protecciones, o falta de reservas de potencia activa en el sistema para realizar la regulación secundaria de frecuencia.

## Corto plazo

Salida intempestiva de centrales generadoras o cambios bruscos en la demanda, como la entrada de operación de hornos eléctricos, o grandes contingencias.

# Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos: Capacidad de Alojamiento

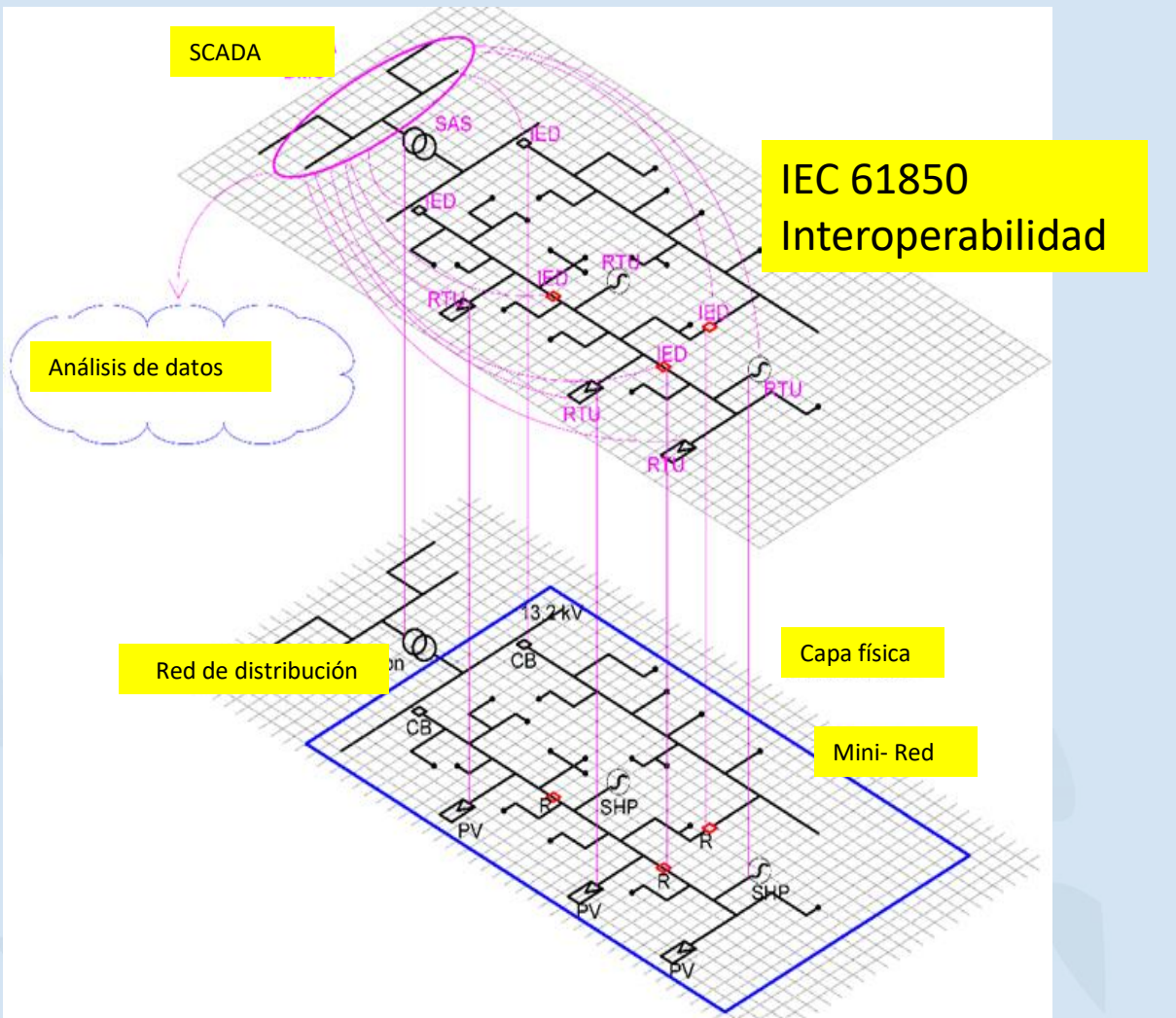


- Requerimiento de nuevos esquemas para la operación y el mantenimiento de este tipo de sistemas.
- Mayores costos de inversión, especialmente para algunas tecnologías renovables.
- Mayor descentralización que puede dificultar la garantía de seguridad del sistema e incluso incrementar los costos de operación.

# Agenda

1. Introducción
2. Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos.
- 3. Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.**
4. Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.
5. Conclusiones.

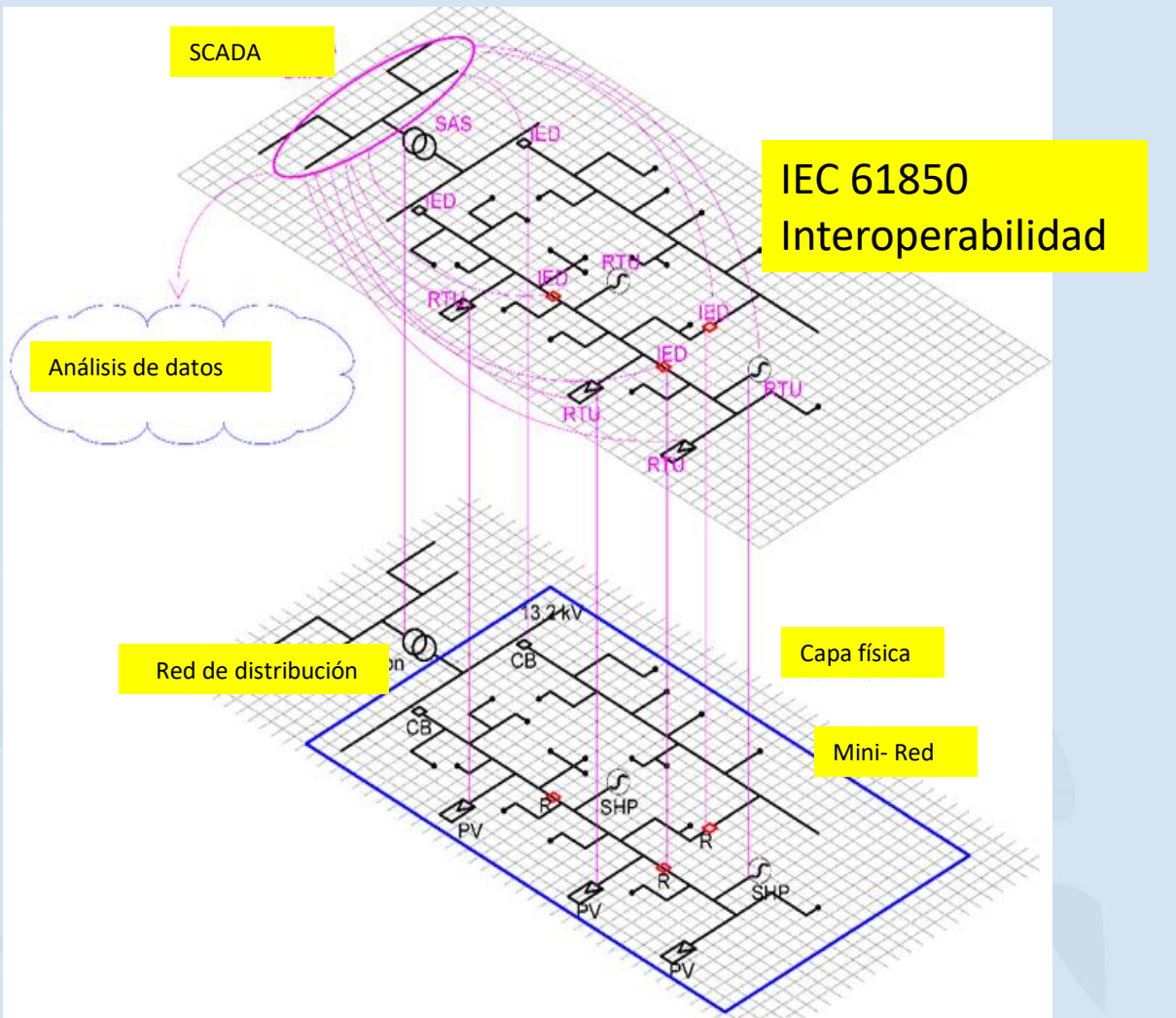
# Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.



- Una red eléctrica inteligente es aquella capaz de integrar las acciones de todos los agentes, productores o consumidores, para distribuir energía de forma eficiente, sostenible, rentable y segura.

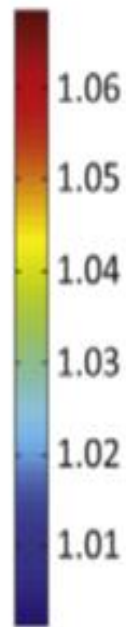
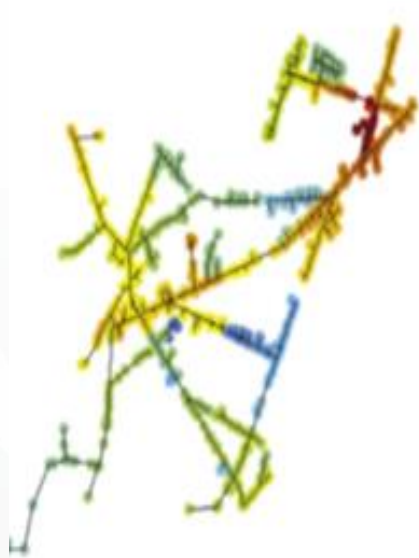


# Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.

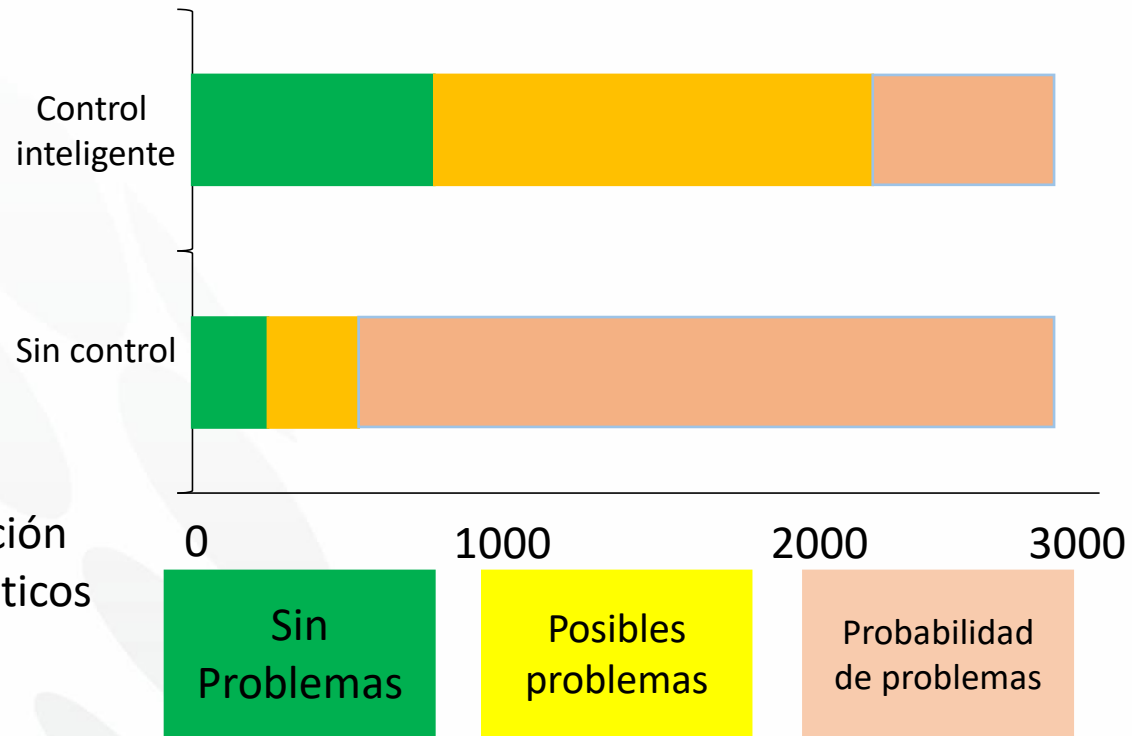


- Aumentan el nivel de confiabilidad y calidad en el suministro de energía eléctrica.
- Facilitan a los clientes instrumentos que les permiten optimizar su propio consumo eléctrico y mejorar el funcionamiento del sistema global.
- Contribuyen a mantener la sostenibilidad técnica, económica y ambiental.

# Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.



Niveles de Penetración de Recursos Energéticos Distribuidos.



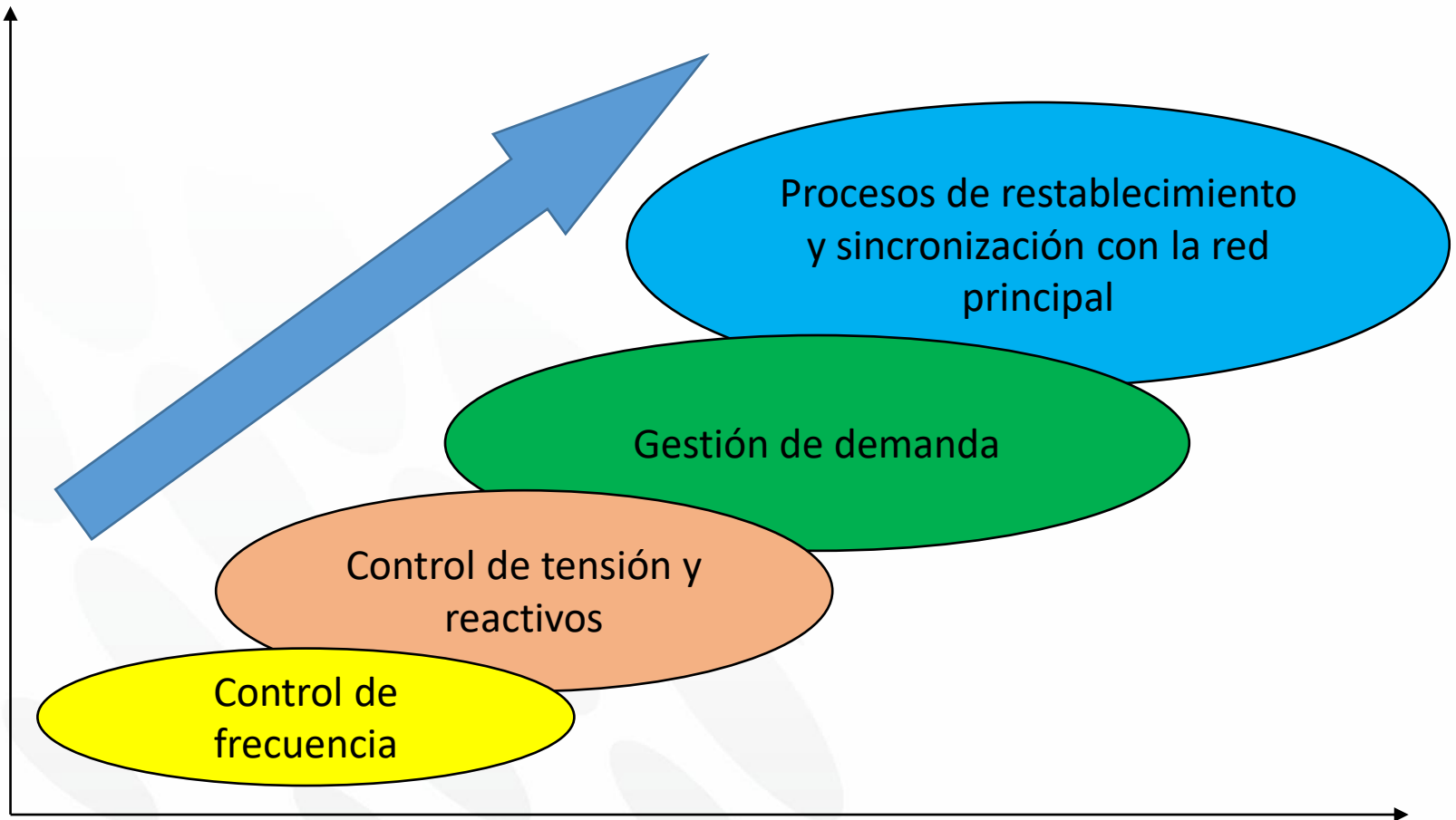
# Agenda

1. Introducción
2. Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos.
3. Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.
4. **Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.**
5. Conclusiones

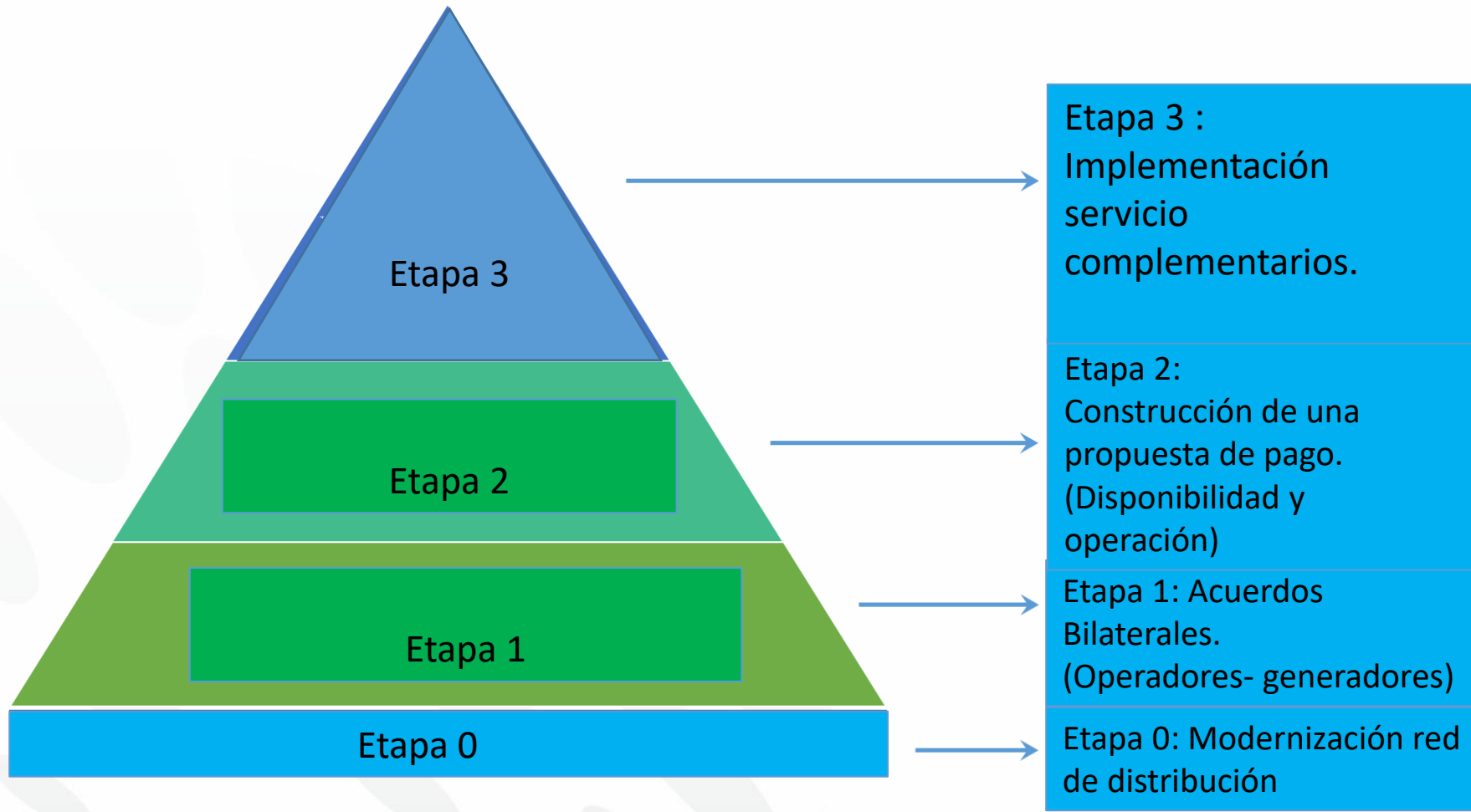
# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



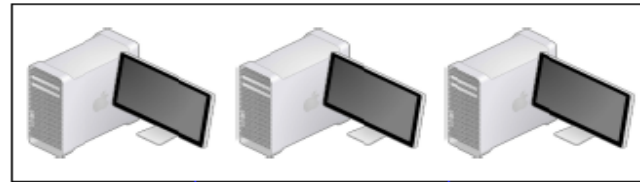
# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.

## Capacidad de operación por isla

Centro Nacional de Despacho



115 kV

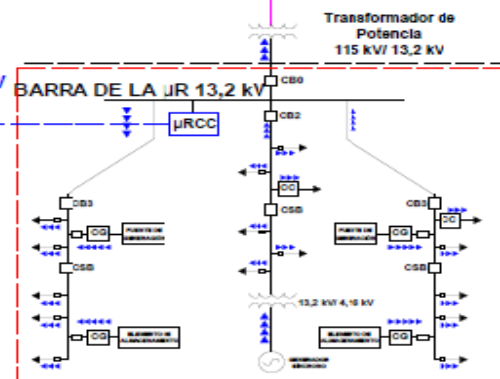
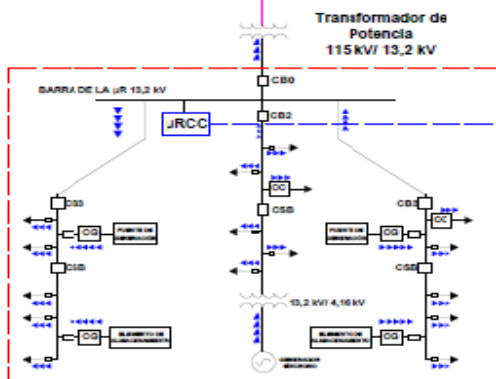
Red Principal

RED PRINCIPAL

MICRORRED

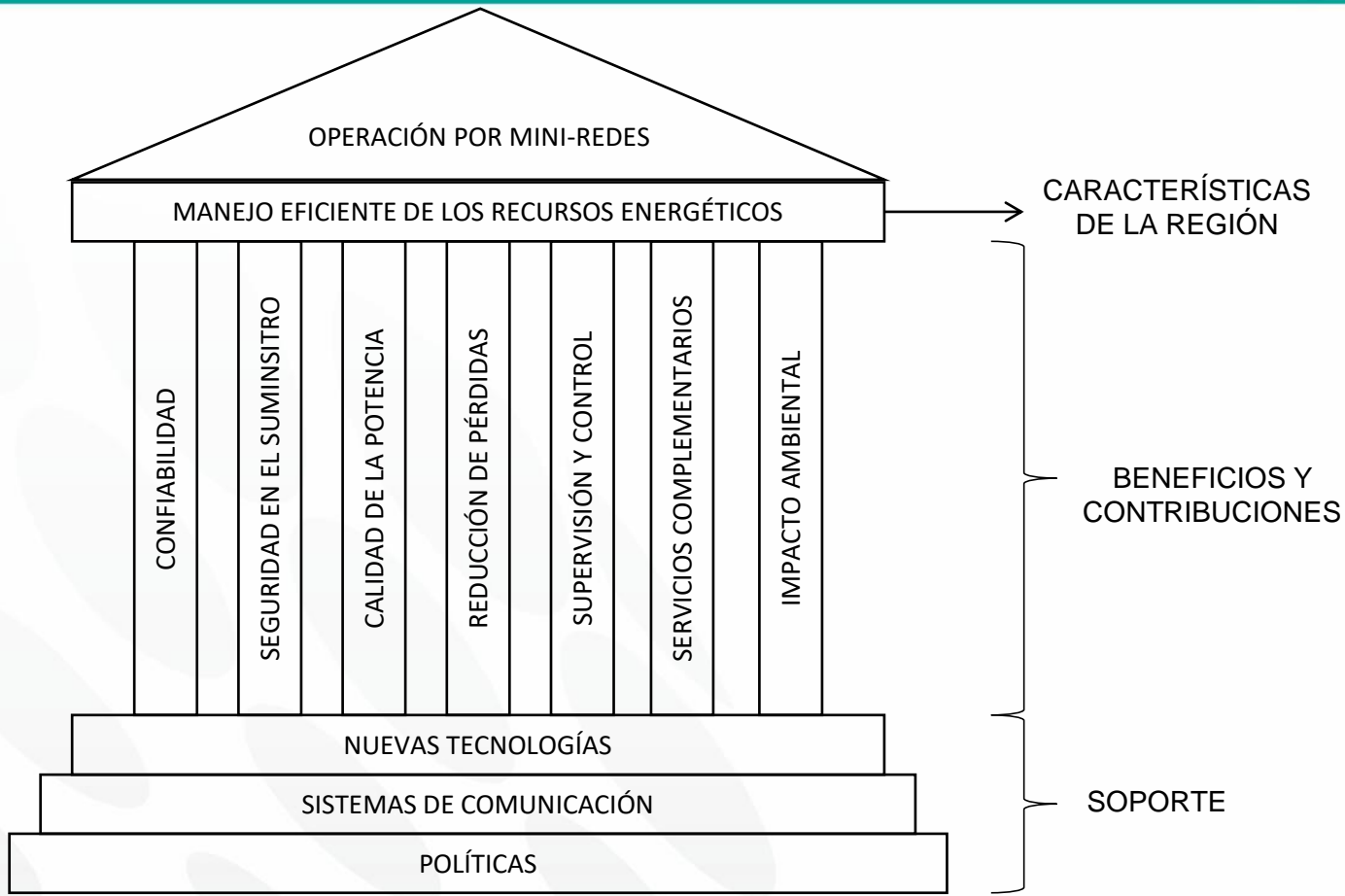
$\mu R$  13,2 kV

$\mu R$  13,2 kV



$\mu$ RCC - CONTROL CENTRAL DE LA MICRORRED  
CG - CONTROL DE LA GENERACIÓN  
CC - CONTROL DE LA CARGA  
CB - INTERRUPTOR DEL CIRCUITO  
CSB - INTERRUPTOR SECCIONALIZADOR DEL CIRCUITO

# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.





# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.

Nombre de la mini - red	Generación Distribuida				Almacenamiento (ESS)		Control mini - red	
	Solar	Diesel	Agua	Eólica	Baterías	Otros	Central	Autónomo
UW microgrid, Estados Unidos	x	x						x
Kythnos, Grecia	x	x			x		x	
Brinsbergen, Holanda	x	-			x		x	
Nanji Zhejiang, China	x	x	x	x	x		x	
Dongfushan, Zhejiang, China	x	x		x	x		x	
Huatacondo, Chile	x	x		x	x	-	x	

- La experiencia de las mini – redes a nivel internacional han incrementado debido a que es una solución para la electrificación rural, con integración de energías renovables y generación diésel.

# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.

Nombre de la mini - red	Generación Distribuida				Almacenamiento (ESS)		Control mini - red	
	Solar	Diesel	Agua	Eólica	Baterías	Otros	Central	Autónomo
UW microgrid, Estados Unidos	x	x						x
Kythnos, Grecia	x	x			x		x	
Brinsbergen, Holanda	x	-			x		x	
Nanji Zhejiang, China	x	x	x	x	x		x	
Dongfushan, Zhejiang, China	x	x		x	x		x	
Huatacondo, Chile	x	x		x	x	-	x	

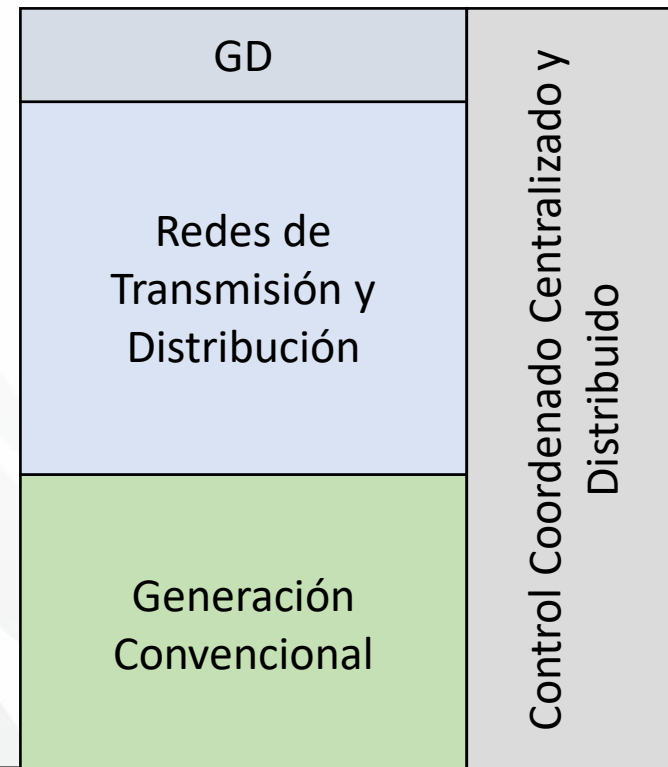
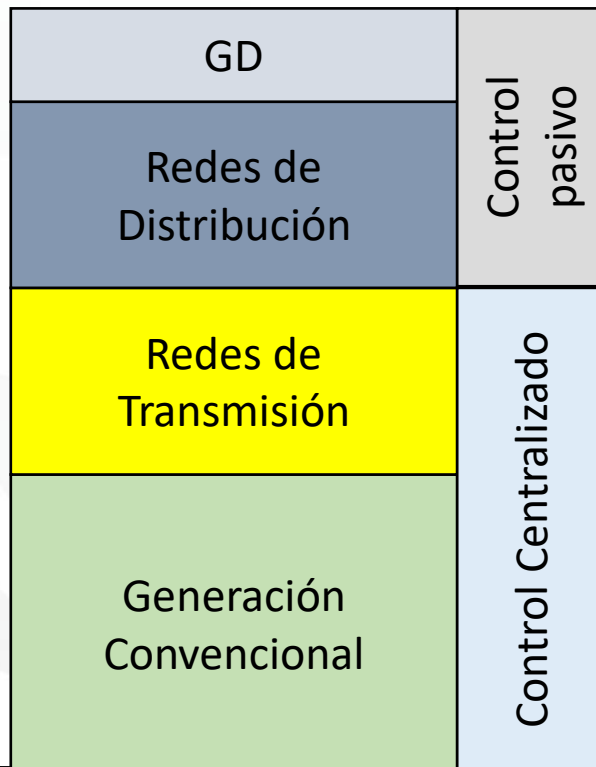
- La implementación de mini-redes en sistemas eléctricos no interconectados muestran que la inclusión de la comunidad en la construcción, operación y mantenimiento de las mini - redes permite lograr sostenibilidad a largo plazo.

# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.

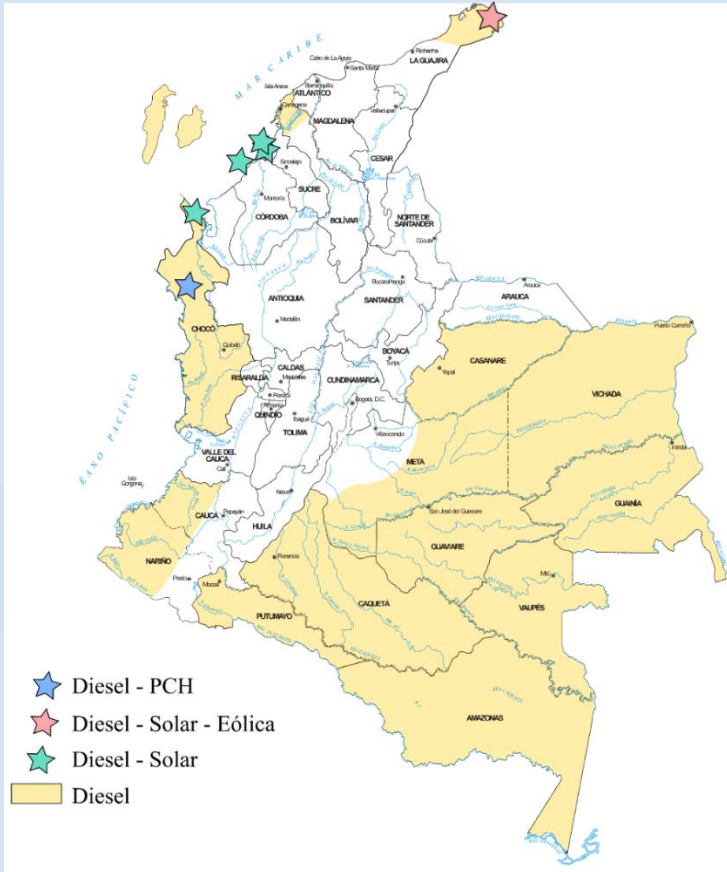
CAPACIDAD

HOY

RED ACTIVA FUTURA

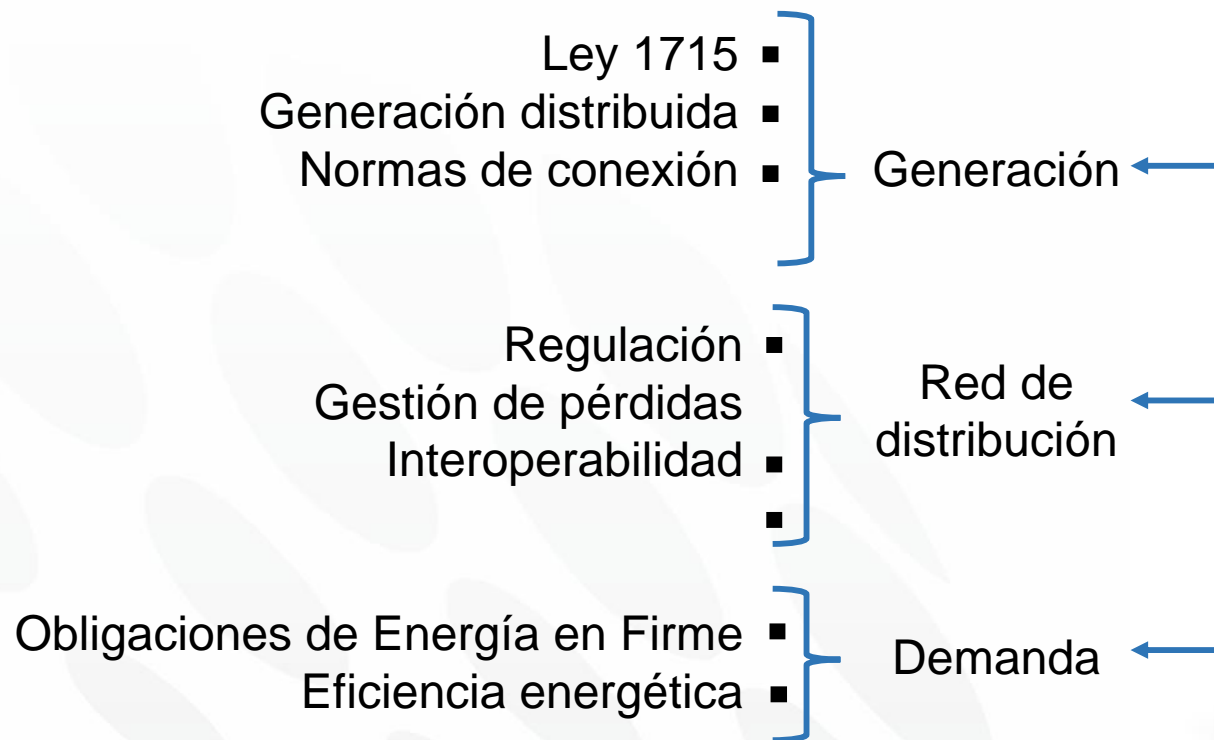


# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.

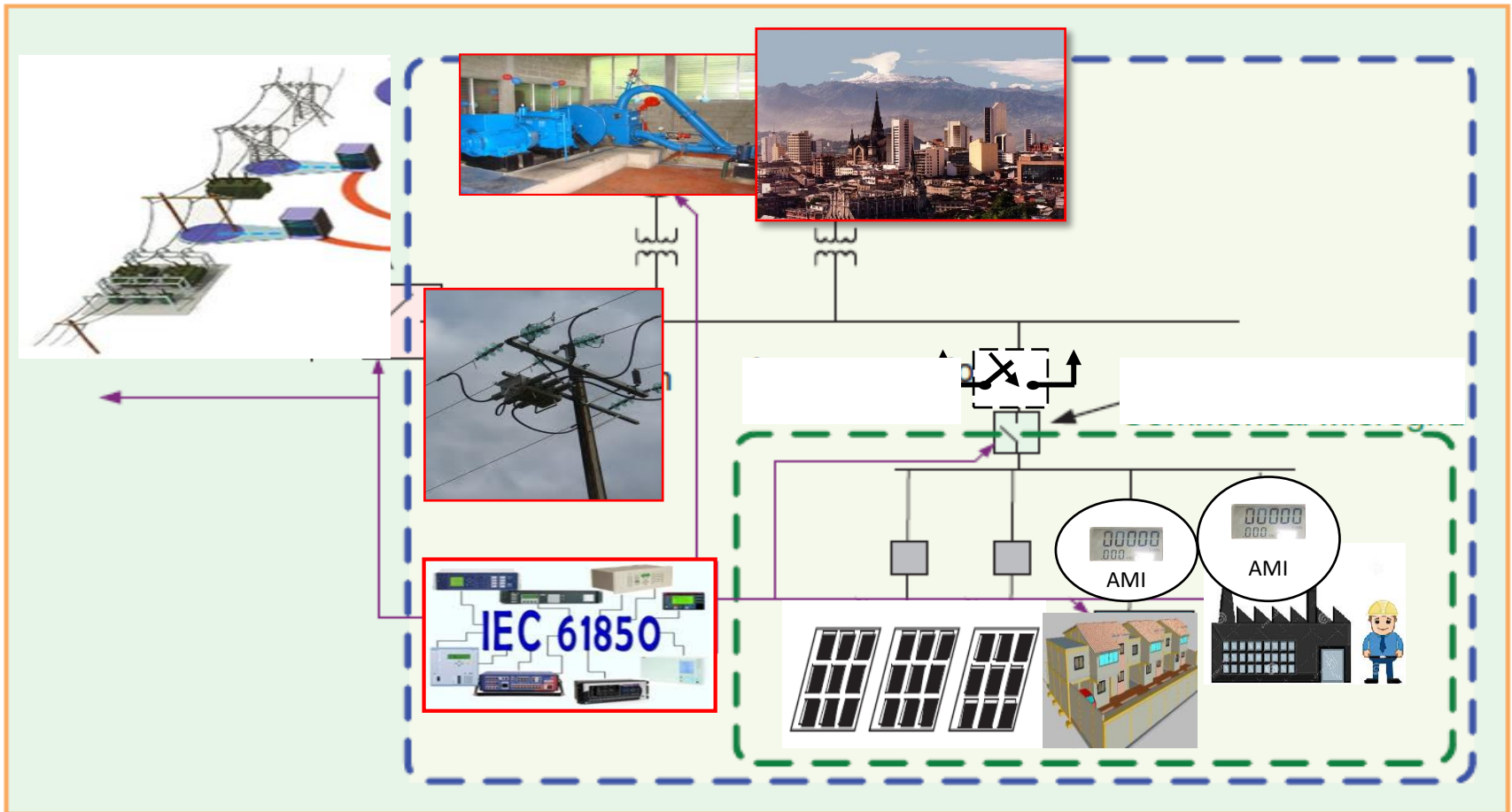


- Laboratorio potencial en las Zonas No Interconectadas (ZNI).
- Ley 1715 de 2014 - Integración de las energías renovables al sistema energético Nacional.
- Sostenibilidad técnica, económica y ambiental.

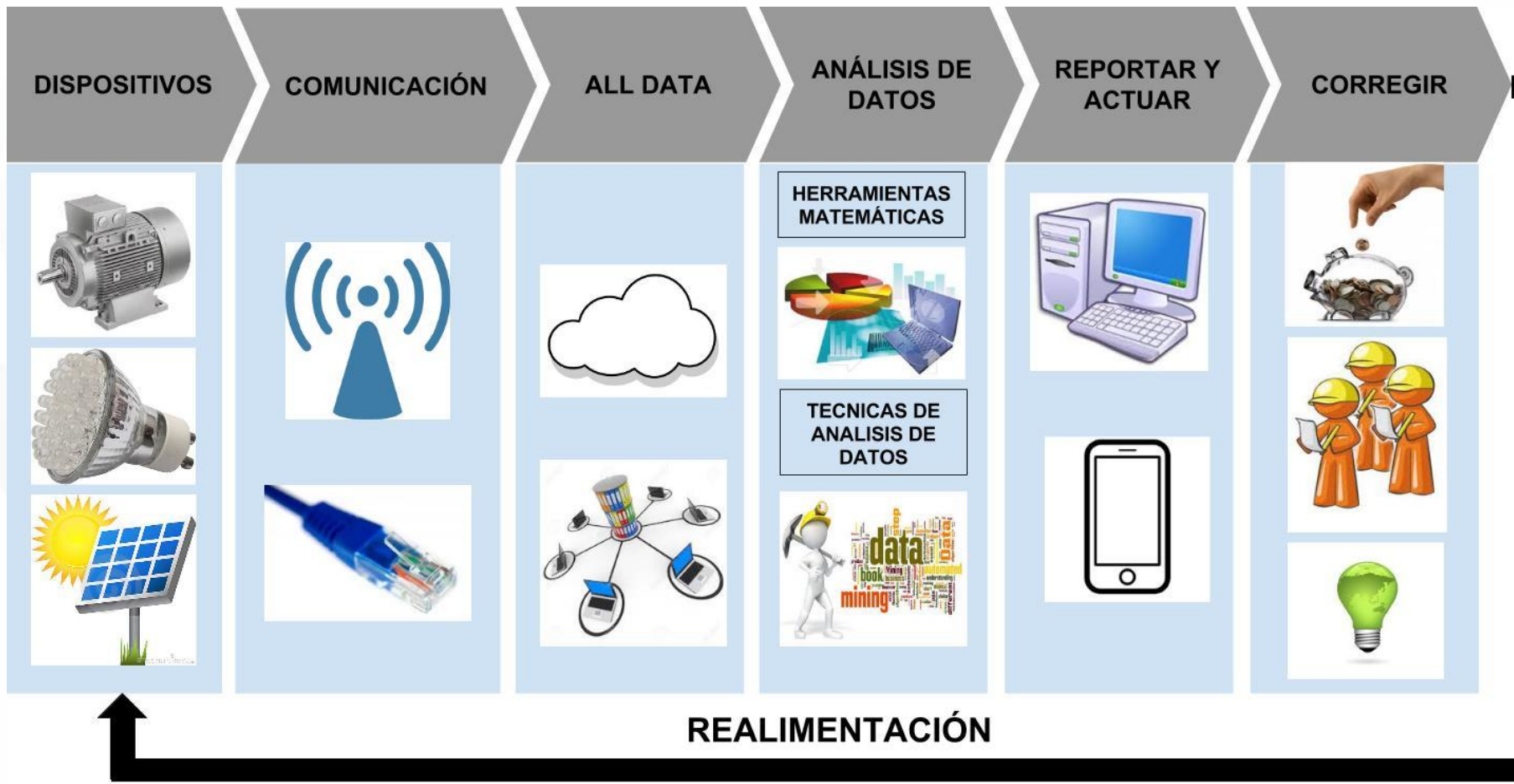
# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



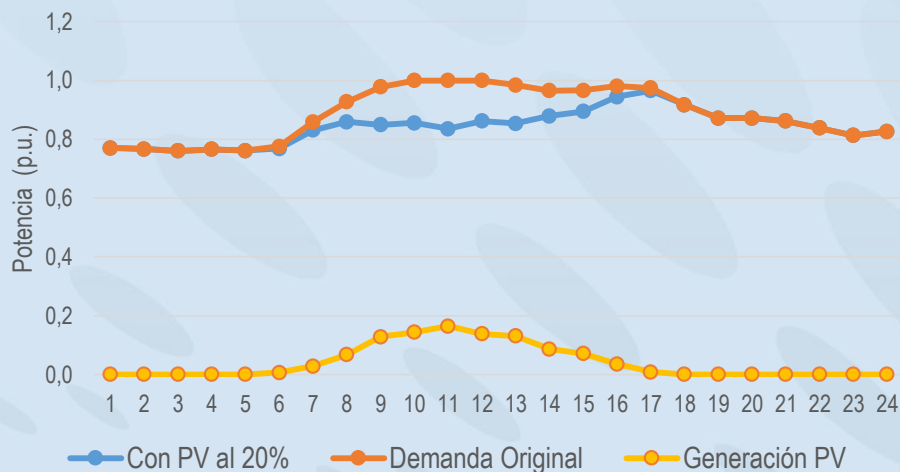
# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



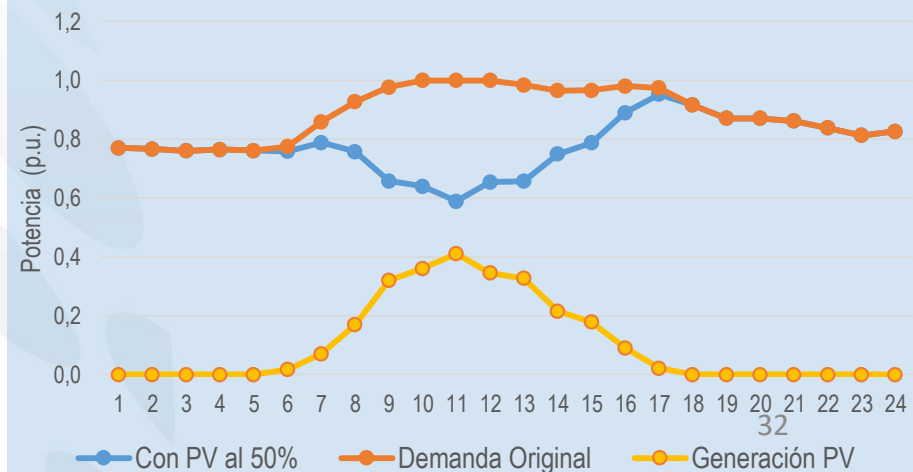
# Oportunidades para la integración de la Generación Distribuida

## Sector Industrial alimentos y Generación Solar fotovoltaica Manizales

Curva de demanda característica sector Industrial  
Penetración del 20% PV



Curva de demanda característica sector Industrial  
Penetración del 50% PV

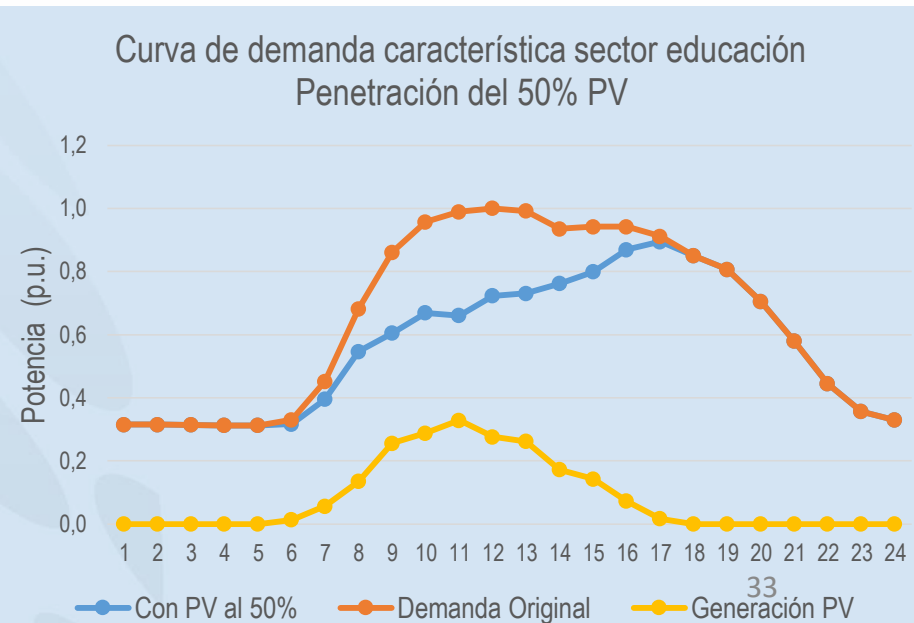
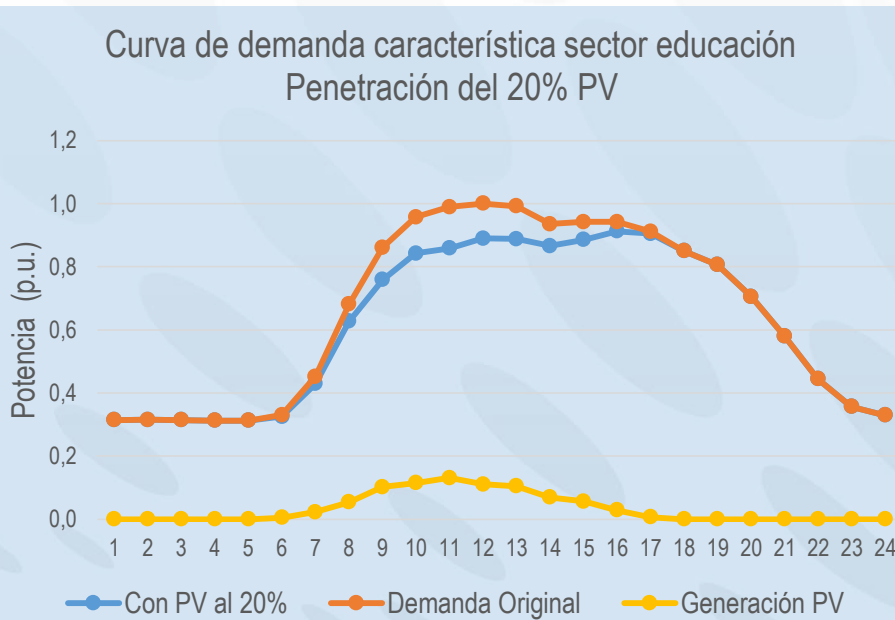




# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.

## Sector Educación y Generación Solar fotovoltaica Manizales

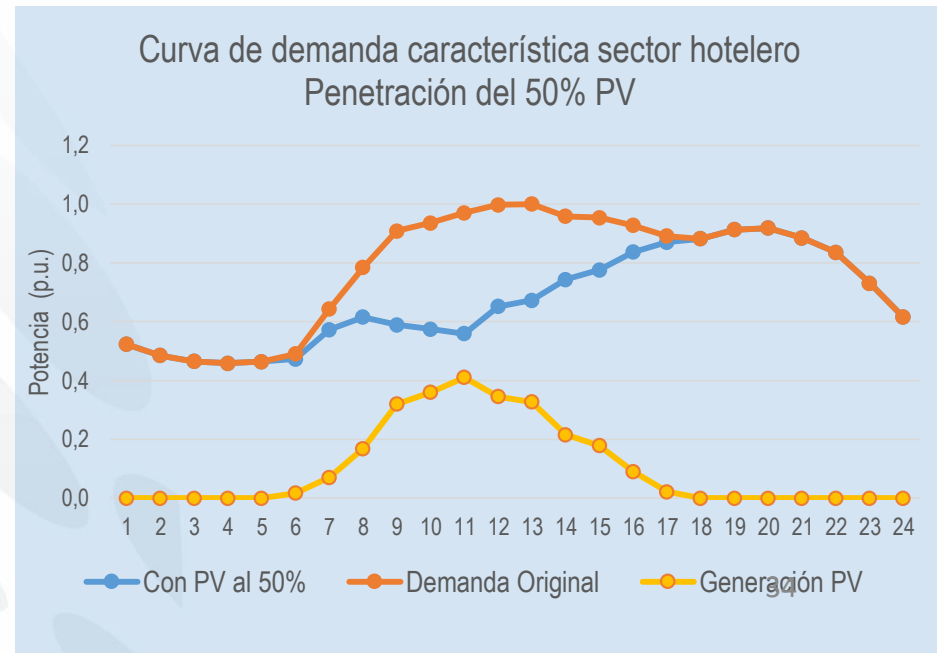
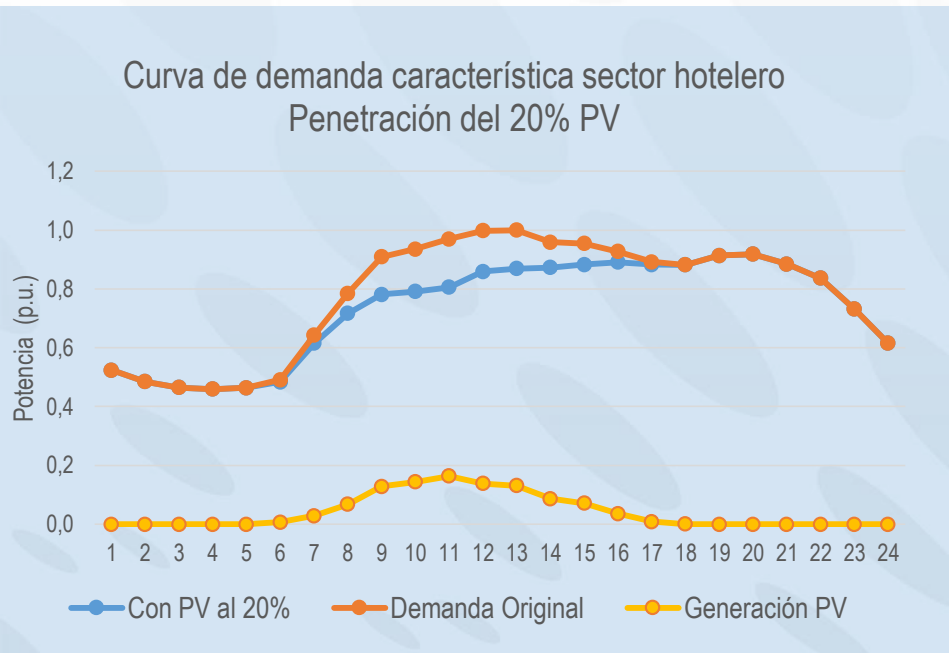
- Manizales ciudad Universitaria



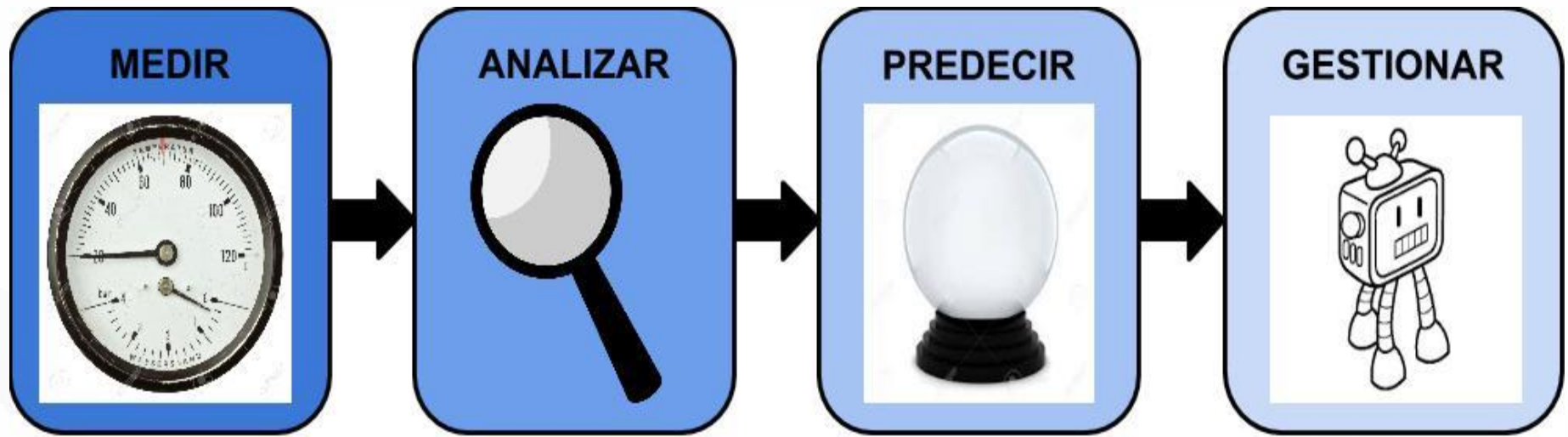
# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.

## Sector Hotelero y Generación Solar fotovoltaica Manizales

- Sector hotelero



# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos

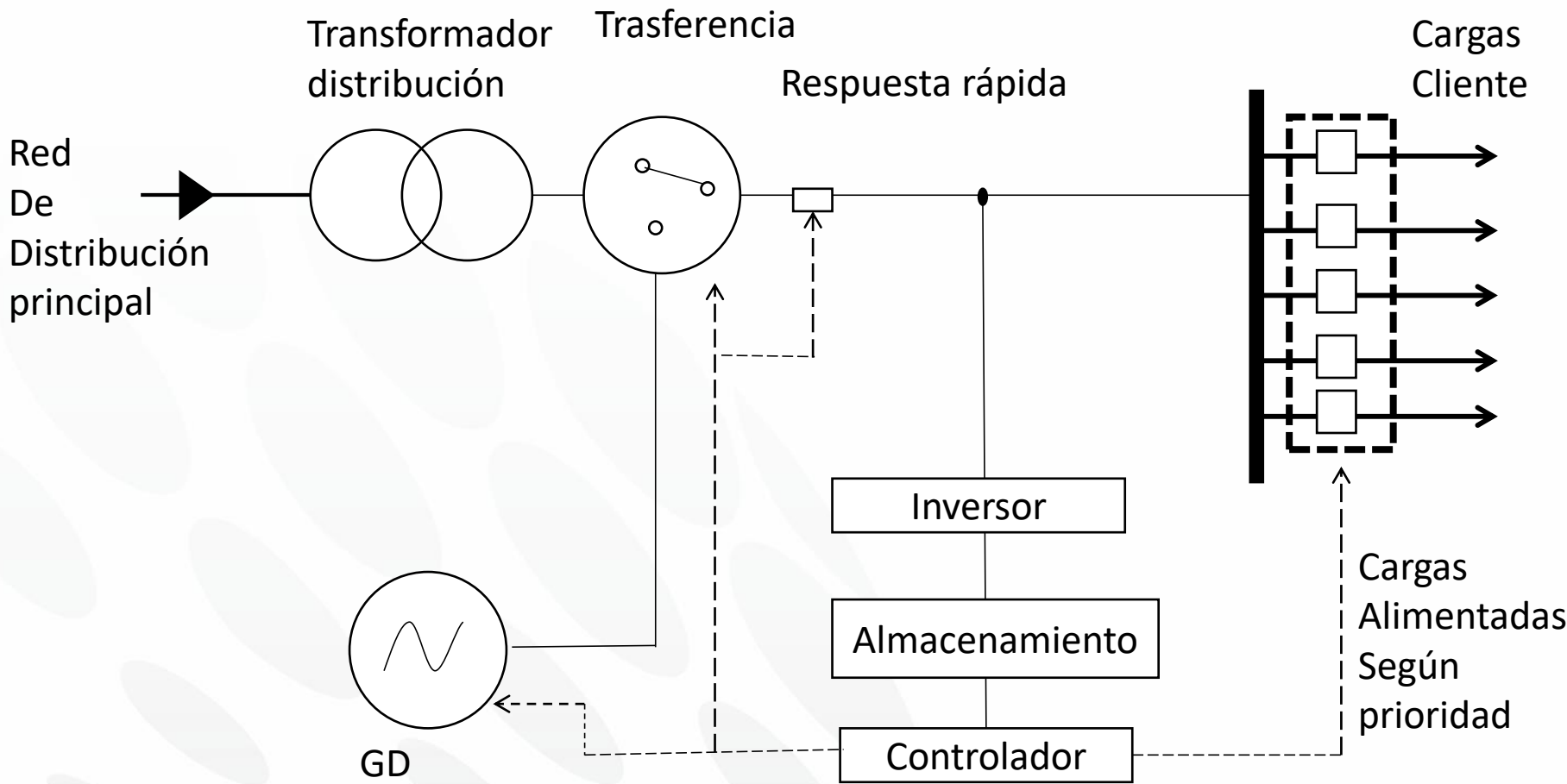
## SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE MANIZALES BLOQUE W

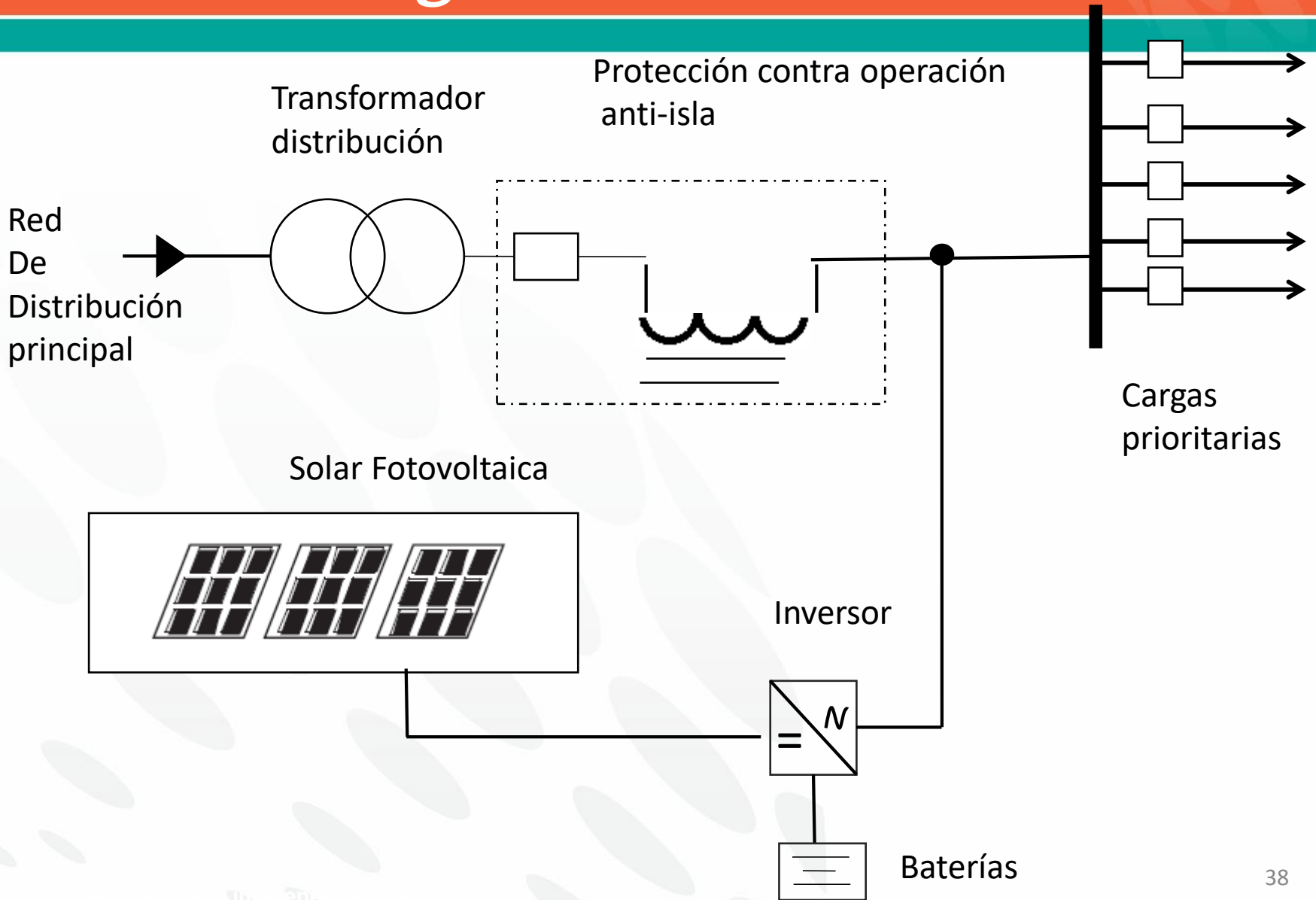
The image shows a software interface for monitoring a photovoltaic system. The interface is overlaid on a photograph of solar panels installed on a green metal roof. The interface includes several numbered buttons and panels:

- 1** **Abrir día**: A button to open the day selection menu.
- 2** **Seleccione el día con el que desea trabajar**: A panel with a dropdown menu and a **Limpiar** button.
- 3** **Filtrar columnas**: An oval button to filter columns.
- 4** **Graficar día** and **Guardar grafica**: Buttons to generate and save a daily graph.
- 5** **Ver dinero ahorrado hasta el día seleccionado**: A panel showing a pie chart and text to view savings up to the selected day.
- 6** **GRAFICAR MESES** and **GRAFICAR AÑO**: Buttons to generate monthly and yearly graphs.
- Eliminar hojas**: A panel with a dropdown menu and a **Limpiar** button to delete sheets.
- info**: An information icon in the bottom left corner.

# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



# Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.



# Agenda

1. Introducción.
2. Instalación de Recursos Energéticos Distribuidos.
3. Recursos Energéticos Distribuidos y las Redes Inteligentes.
4. Oportunidades para la integración de los Recursos Energéticos Distribuidos.
5. **Conclusiones.**

# Conclusiones

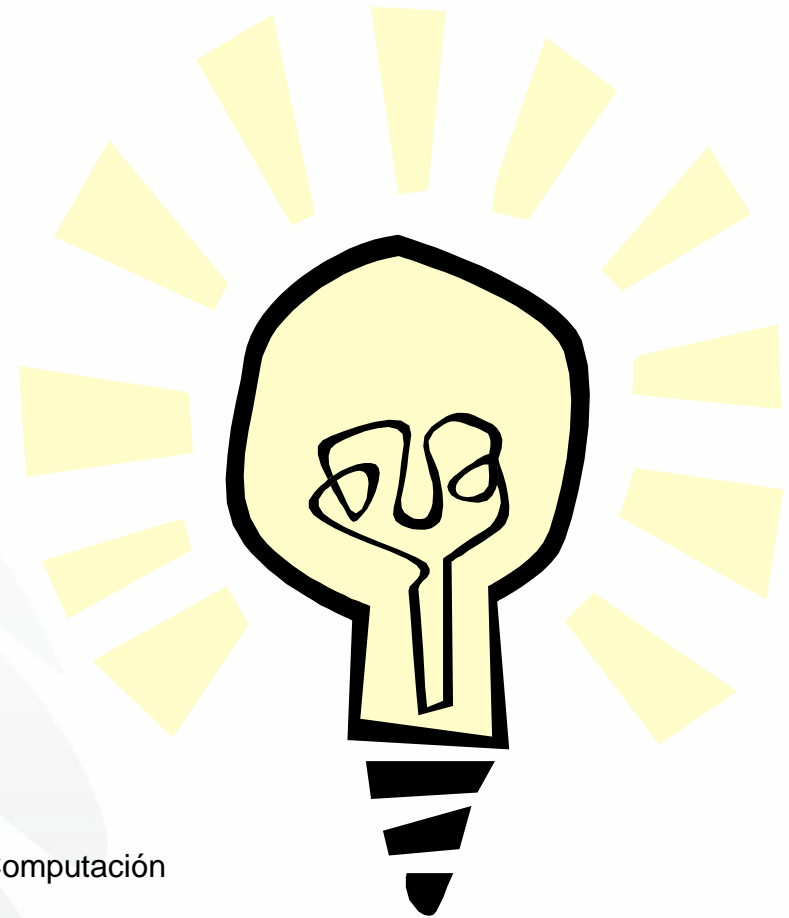
- La oferta de recursos distribuidos, la automatización y el control del sistema de distribución permite una gestión eficiente de la energía, lo que resulta en una optimización de los recursos y costos de la implementación de mini-redes.
- La operación de las mini-redes en un sistema de distribución flexible, cambia el esquema tradicional de operación dando énfasis en las fuentes de generación distribuida instalada cerca a los centros de consumo y a la demanda que participa activamente del mercado transformando el sistema de distribución en un sistema activo.



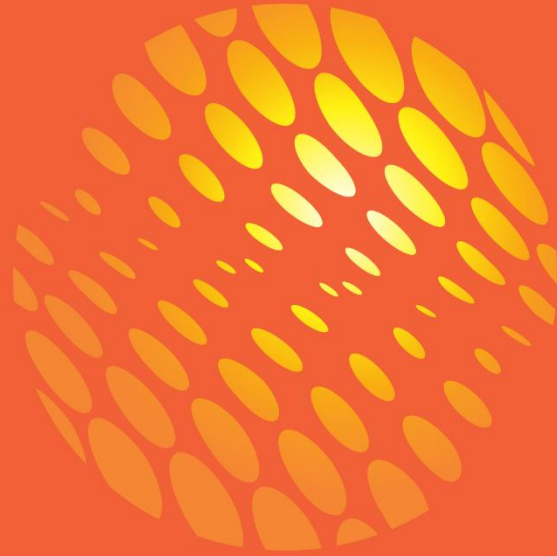
# Conclusiones

- Los beneficios económicos actuales para los Recursos Energéticos Distribuidos están relacionados exclusivamente con la venta de energía. Un incentivo regulatorio o económico por la provisión de servicios complementarios permitiría responder a los requisitos de calidad, seguridad y confiabilidad de los SEP modernos.
- Existen desafíos económicos y regulatorios los cuales deberían ser estudiados en proyectos realizados en conjunto la academia con la industria, con el fin de que las soluciones propuestas sean aplicables en el sector productivo.

Gracias por su atención



**Sandra Ximena Carvajal Quintero**  
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación  
Universidad Nacional de Colombia  
[sxcarvajalq@unal.edu.co](mailto:sxcarvajalq@unal.edu.co)



[www.feriaexposolar.com](http://www.feriaexposolar.com)  
[info@feriaexposolar.com](mailto:info@feriaexposolar.com)

Mayo  
**19, 20 y 21**

Centro Internacional  
de Convenciones y  
Exposiciones Plaza Mayor  
de Medellín



ExpoSolarColombia



@ExpoSolarCol