



Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica  
y de Telecomunicaciones

Prof. Gabriel Ordóñez Plata  
gaby@uis.edu.co

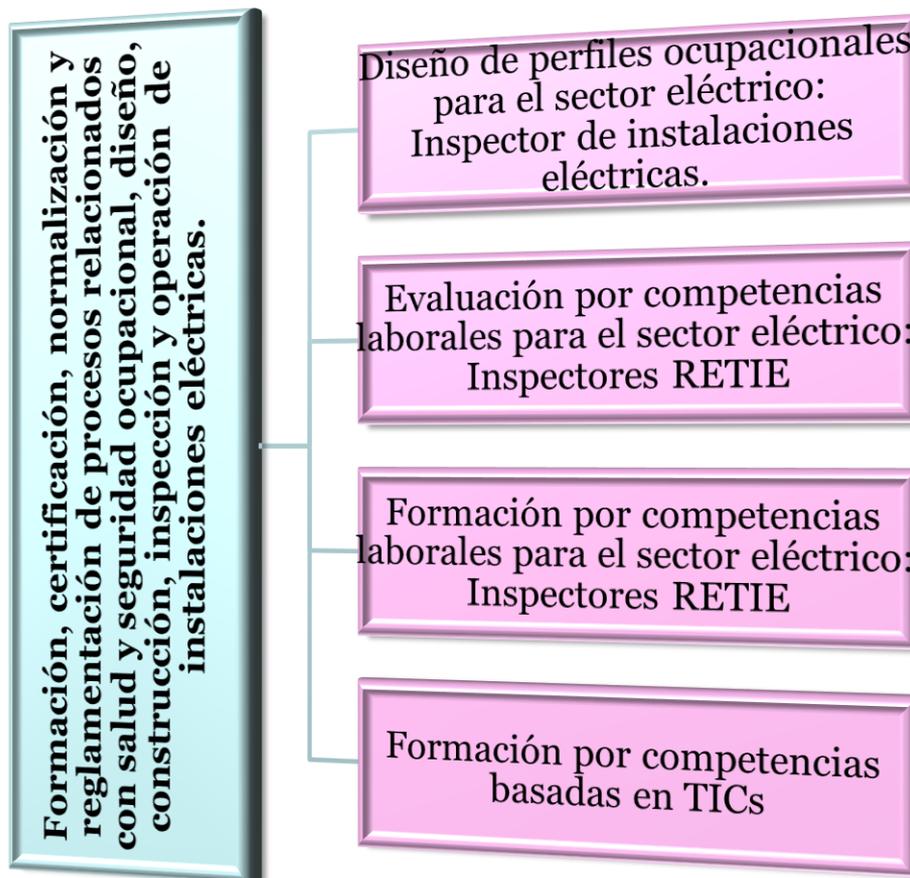
## Especialización en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica Septiembre de 2014

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Instalaciones eléctricas



# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Instalaciones eléctricas

**Diseño y construcción de la normas de la Empresa de Energía de Boyacá S.A**

**Estudio, revisión y propuesta de Normas Técnicas Colombianas y resoluciones para el sector eléctrico.**

**Diseño de instalaciones eléctricas, domótica y seguridad para el sector residencial, comercial e industrial.**

**Modelado y simulación de instalaciones eléctricas de tipo residencial, comercial e industrial.**

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Instalaciones eléctricas

### Compatibilidad electromagnética en instalaciones eléctricas

- Impacto de la compatibilidad electromagnética en instalaciones eléctricas de uso final.
- Estrategias de mitigación de perturbaciones electromagnéticas durante la operación de instalaciones eléctricas.
- Buenas practicas en el diseño orientadas a la mitigación de fenómenos CEM, en sistemas de protección contra-rayos, sistemas de puesta a tierra, instalaciones con canalizaciones y cableado de conductores, transformadores, motores y equipos asociados

# Experiencias UIS

## *Aplicaciones para el ahorro de energía*

- Iluminación natural
- Ventilación natural
- Techos verdes
- Sistemas fotovoltaicos
- Micro-sistema eólico

## *Aplicaciones para el ahorro de agua*

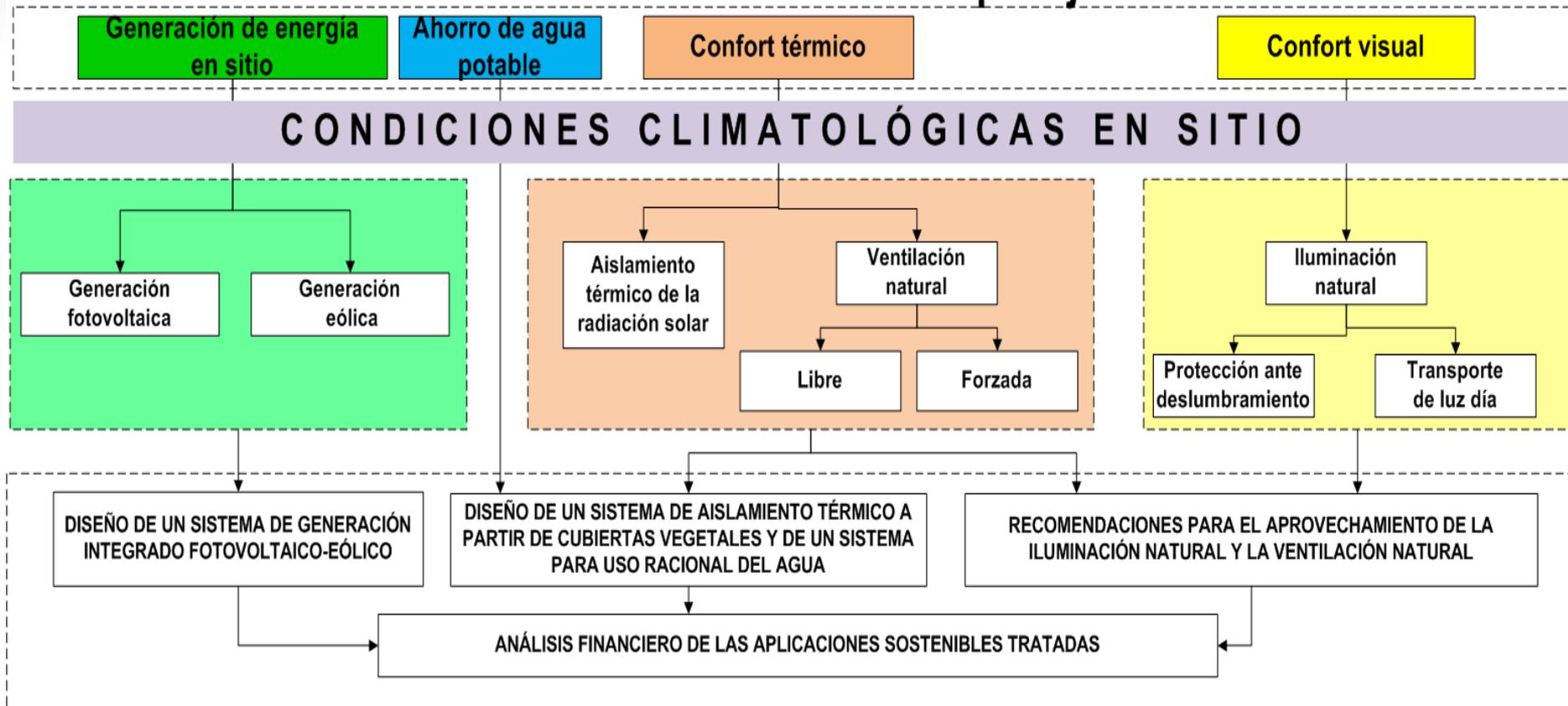
- Captación de aguas lluvias
- Re-uso de aguas grises
- Dispositivos ahorradores de agua



# Experiencias UIS



## Necesidades del Complejo E3T



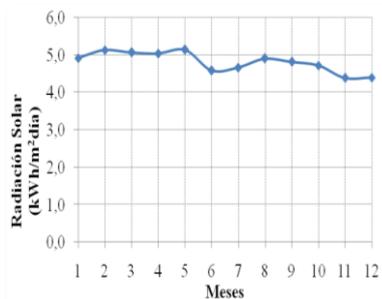
# Experiencias UIS



Latitud: 7,1° NORTE  
Longitud: 73,1° OESTE

## Potencial energético solar

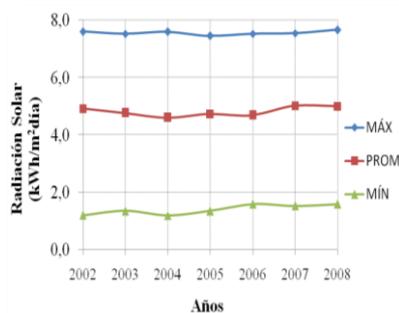
### Comportamiento mensual histórico



*Influencia de la posición geográfica y condiciones climatológicas en sitio*



### Comportamiento anual histórico



### Radiación solar promedio

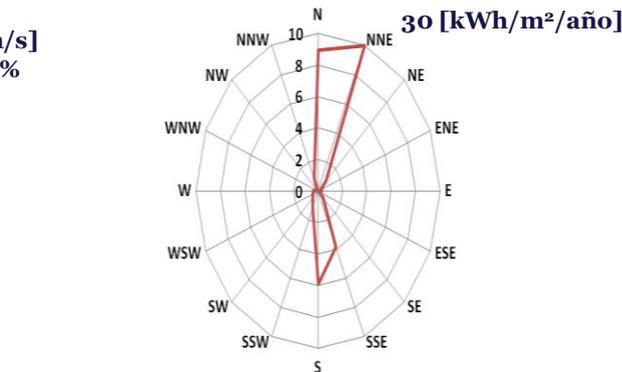
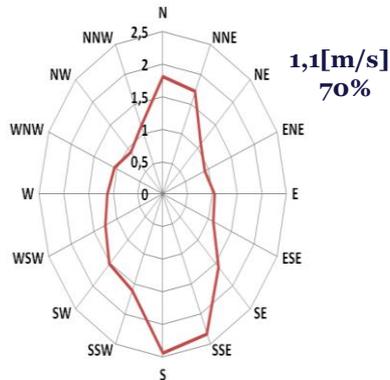
<i>Diaria</i>	<i>Anual</i>
4,9[kWh/m <sup>2</sup> ]	1,82[MWh/m <sup>2</sup> ]

# Experiencias UIS



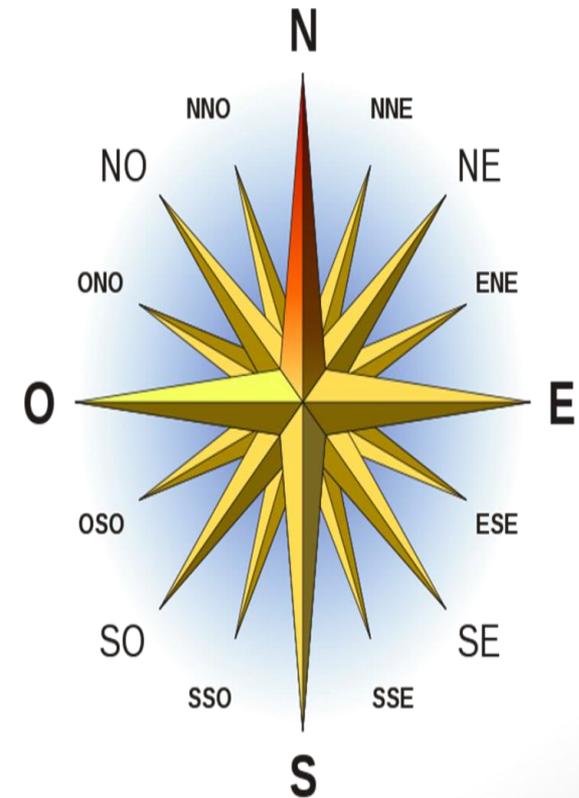
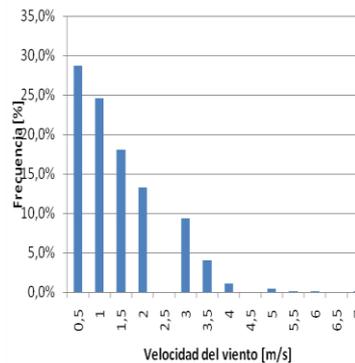
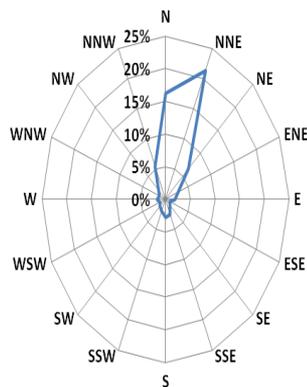
CONSTRUIMOS FUTURO

## Potencial energético eólico



Rosa de velocidad promedio y dirección del viento

Rosa de energía [kWh/m²/año]  
Altura = 16 [m]



# Experiencias UIS



## Sistema híbrido PV-

### Subsistemas

1. SE-EE1 → 0,7 [kW]

Subsistema Eólico - Edificio Eléctrica 1

2. SFV-EE1 → 5,4 [kW]

Subsistema Fotovoltaico - Edificio Eléctrica 1

3. SFV-EE2 → 17,5 [kW]

Subsistema Fotovoltaico - Edificio Eléctrica 2

4.  $\mu$ red-AC → 2,0 [kW]

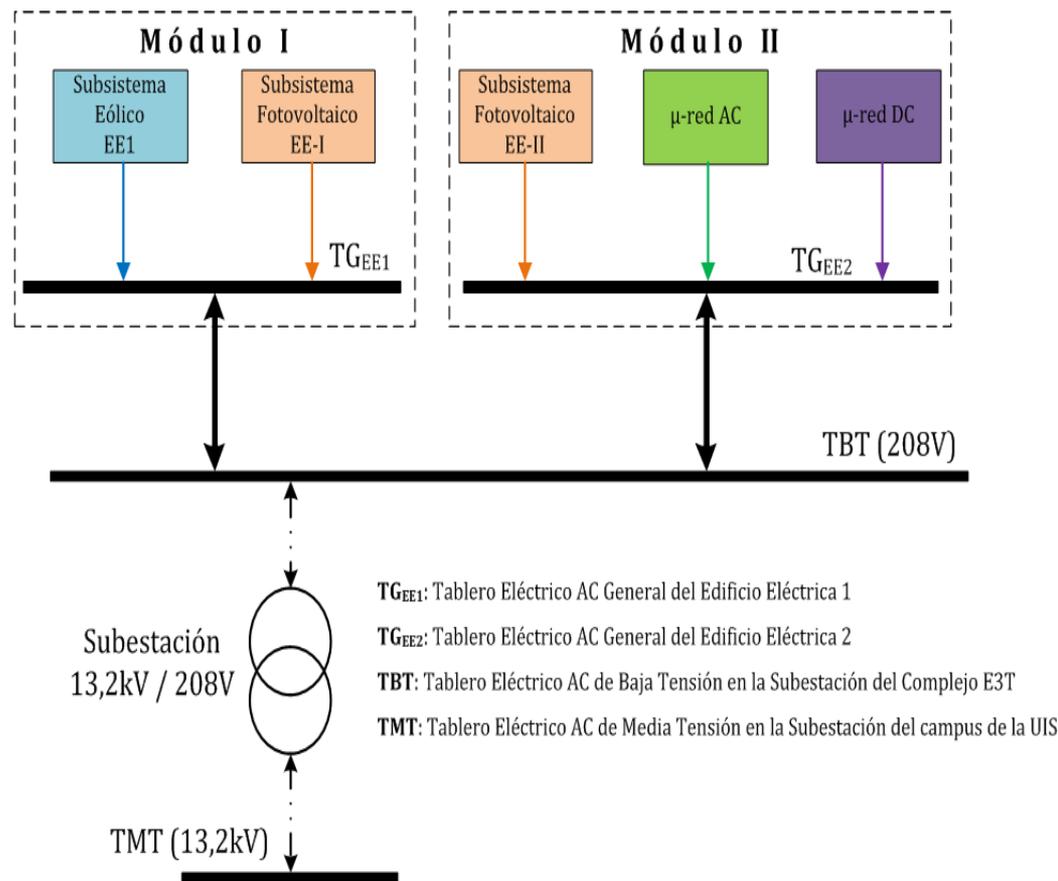
Subsistema Micro-red AC - Edificio Eléctrica 2

5.  $\mu$ red-DC → 2,0 [kW]

Subsistema Micro-red DC - Edificio Eléctrica 2

**Capacidad total instalada**  
**27,6 [kW]**

### COMPLEJO E3T



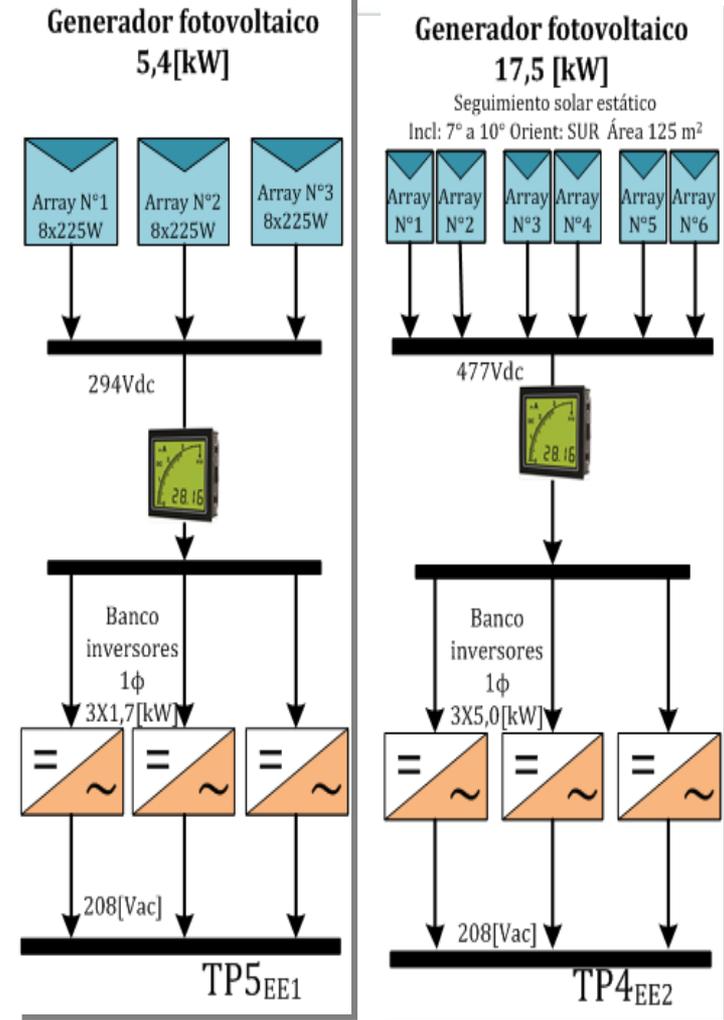
# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Subsistemas FV conectados a la red

- Conexión: **A la red – En tiempo real**  
*Inversores Grid-Tied (sincronismo con la red)*
- Configuración: **3F - Bancada en  $\Delta$**
- Medición: **Híbrida**  $\rightarrow$  (1) DC independiente  
*para salida de paneles FV*



# Experiencias UIS



## Micro-red de corriente alterna

- Conexión: **A la red – En tiempo real**

*Unidad FLEXPOWER ONE (sincronismo con la red)*

*Con baterías*

*Atención de cargas especiales (Iluminación)*

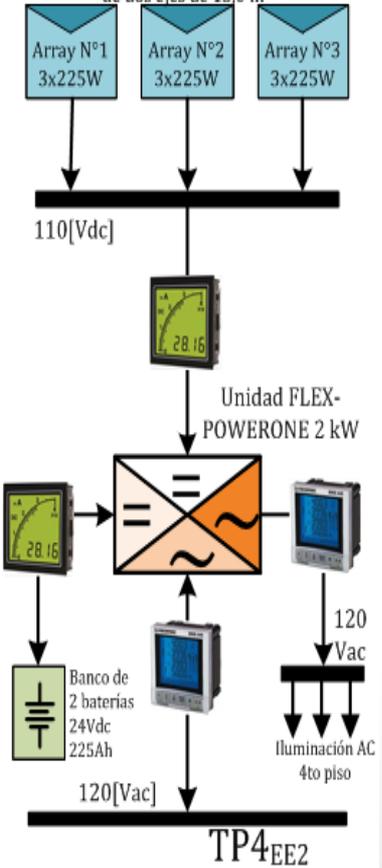
- Configuración: **F-N (120 V)**

- Medición: Independiente → **(2) AC y (2) DC**

Generador fotovoltaico

2,0 [kW]

Seguimiento solar dinámico  
de dos ejes de 15,0 m<sup>2</sup>



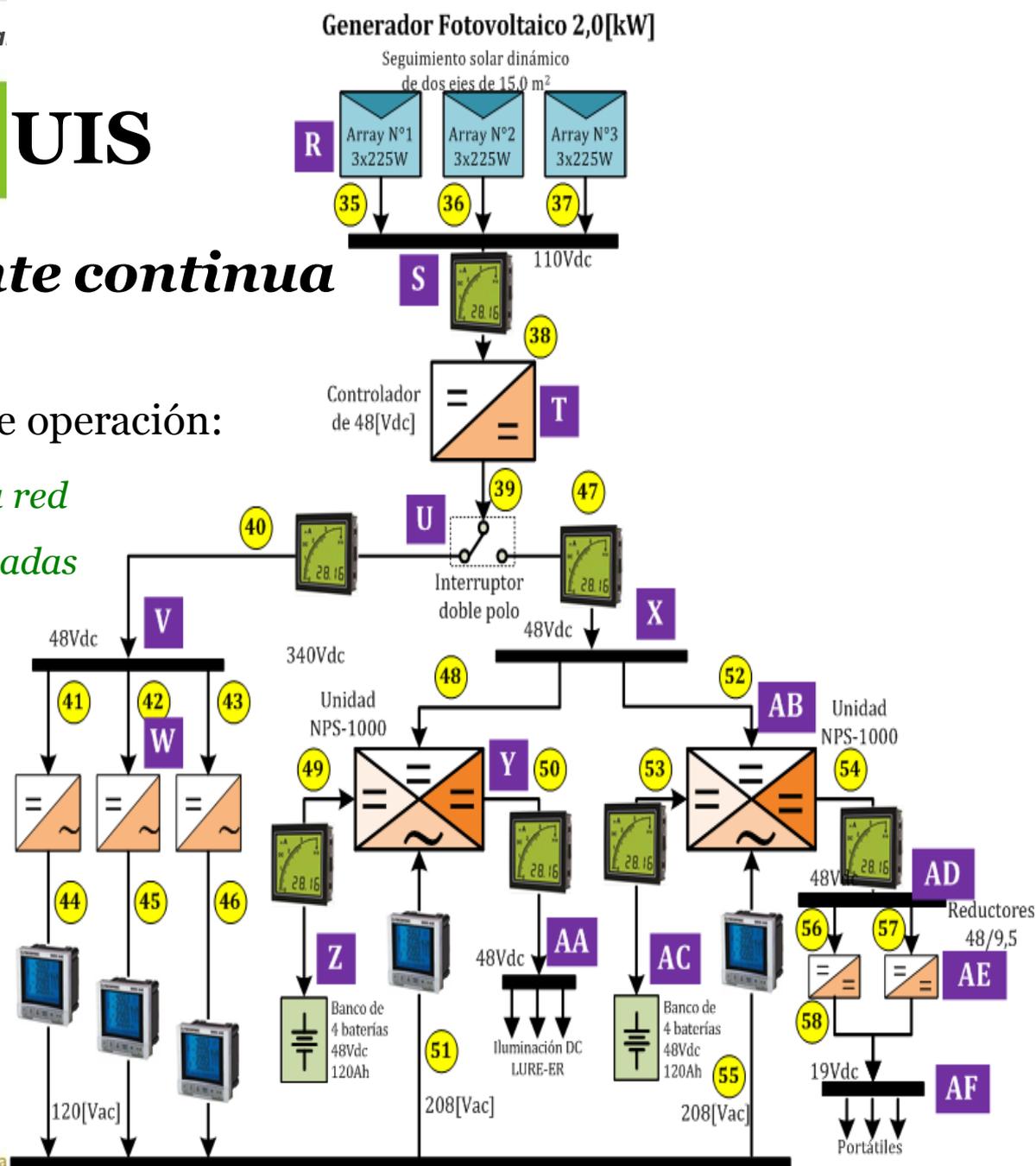
# Experiencias UIS

## Micro-red de corriente continua

Esta  $\mu$ -red tiene dos modos de operación:

- *Modo inyección de energía a la red*
- *Modo alimentación cargas aisladas*

*Sólo se activará el **modo 2** para investigación, dado que las cargas aisladas pueden ser atendidas desde la red eléctrica del edificio (flujos 51 y 55)*



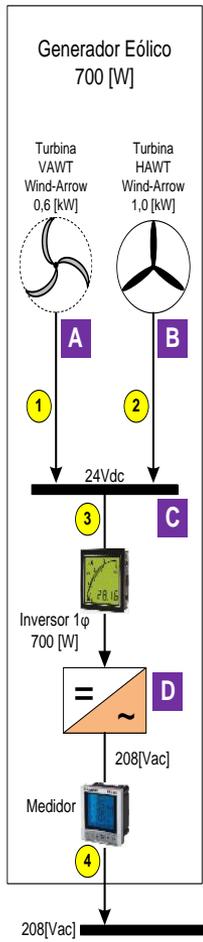
# Experiencias UIS



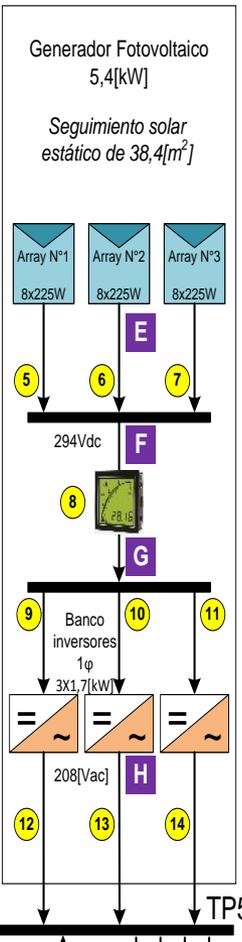
CONSTRUIMOS FUTURO

## EDIFICIO ELÉCTRICA 1

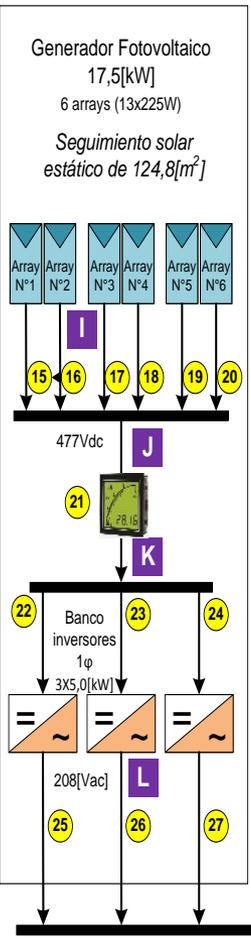
Subsistema Eólico conectado a la red en EE1



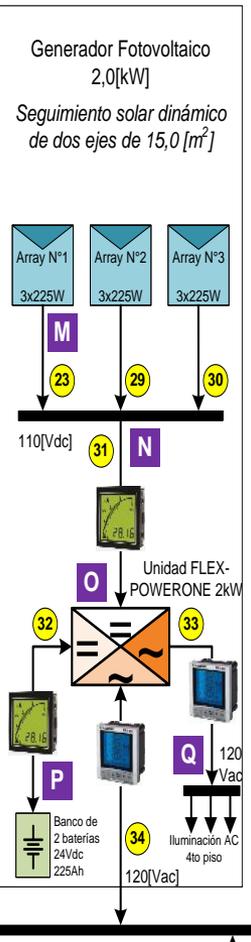
Subsistema Fotovoltaico conectado a la red en EE1



Subsistema Fotovoltaico conectado a la red en EE2

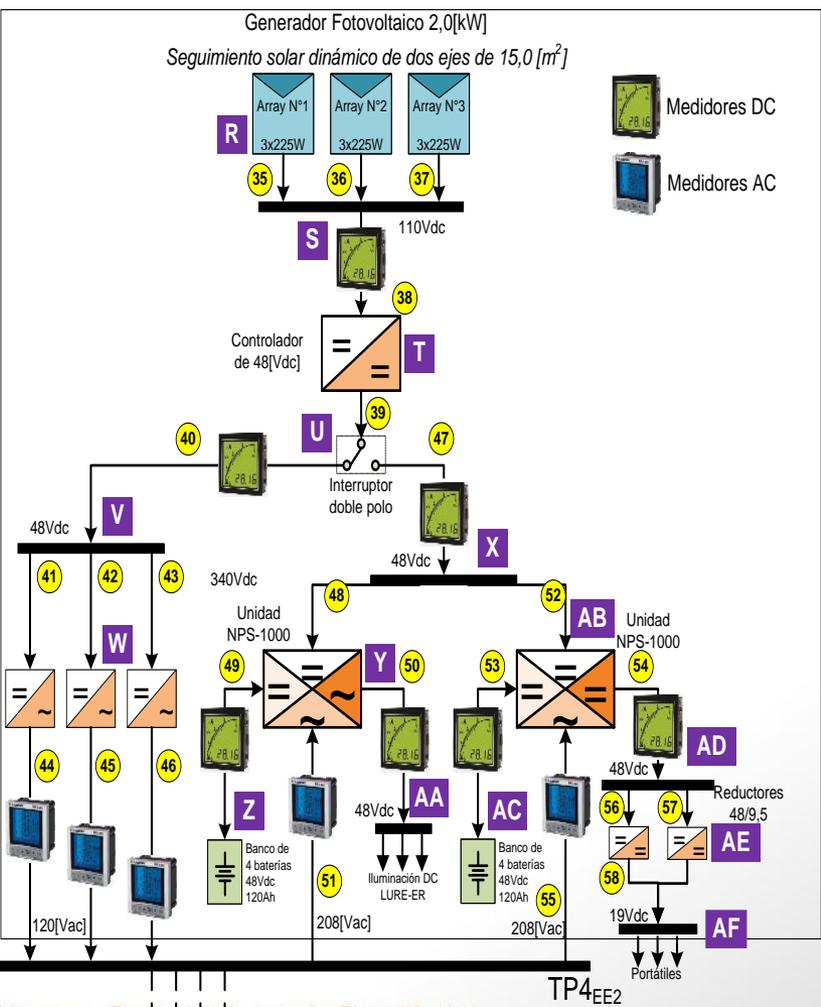


Subsistema Micro-red AC de generación fotovoltaica y con conexión a la red en EE2



## EDIFICIO ELÉCTRICA 2

Subsistema Micro-red DC de generación fotovoltaica y con conexión a la red en EE2



Cargas AC 5° piso

Cargas AC 4° piso

TG<sub>EE1</sub>

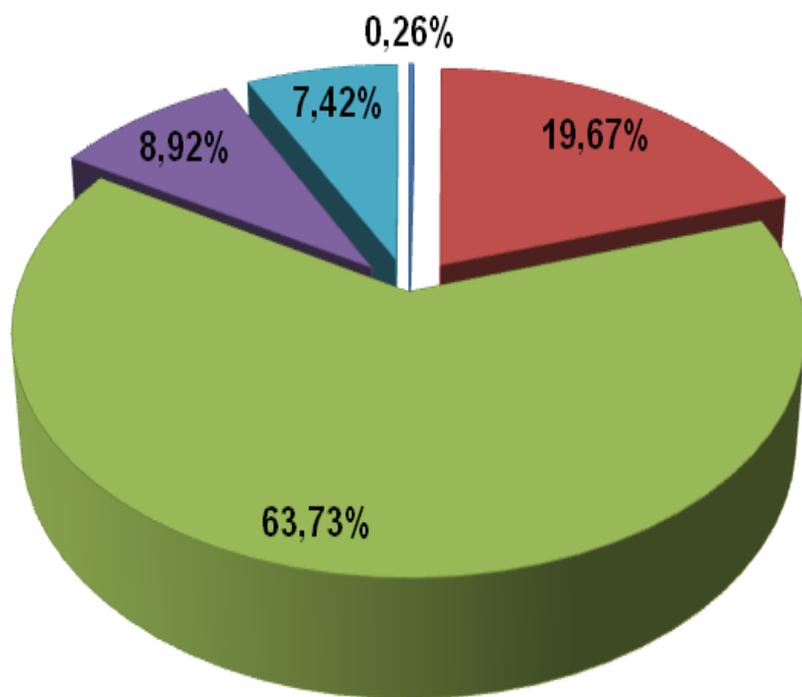
TG<sub>EE2</sub>

# Experiencias UIS



CONSTRUIAMOS FUTURO

## *Sistema híbrido PV-W*



- SS1: Generador eólico conectado a la red - EE1  
106 [kWh]
- SS2: Generador fotovoltaico conectado a la red - EE1  
7 927 [kWh]
- SS3: Generador fotovoltaico conectado a la red - EE2  
25 684 [kWh]
- SS4: Generador fotovoltaico con micro-red AC - EE2  
3 596 [kWh]
- SS5: Generador fotovoltaico con micro-red DC - EE2  
2 989 [kWh]

# Experiencias UIS



## Sistema híbrido PV-W

- Generación anual

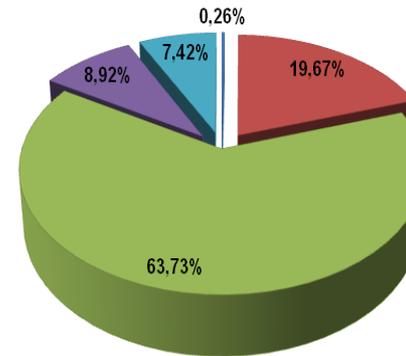
*Subsistemas del Módulo I → 8 MWh*

*Subsistemas del Módulo II → 32 MWh*

- Ahorro financiero anual

*Subsistemas del Módulo I → USD 1 800 ( \$ 3 200 000)*

*Subsistemas del Módulo II → USD 7 200 ( \$ 12 800 000)*

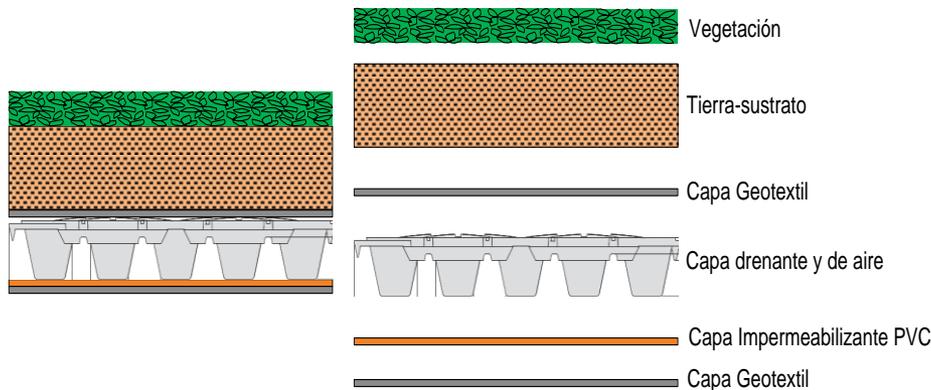


- SS1: Generador eólico conectado a la red - EE1  
106 [kWh]
- SS2: Generador fotovoltaico conectado a la red - EE1  
7 927 [kWh]
- SS3: Generador fotovoltaico conectado a la red - EE2  
25 684 [kWh]
- SS4: Generador fotovoltaico con micro-red AC - EE2  
3 596 [kWh]
- SS5: Generador fotovoltaico con micro-red DC - EE2  
2 989 [kWh]

**\$ 16 000 000**

# Experiencias UIS

## Cubiertas verdes



### Especie SEDUMS

Estudio conjunto con la Escuela de Biología



TERRAZA	ESPESOR	SUSTRATO	m <sup>2</sup>	kg / m <sup>2</sup>	kg		
5° nivel	Edificio Eléctrica	22 cm	12 cm	150	500	120	18 000
6° nivel				350			42 000
2° nivel	Edificio Eléctrica 2	25 cm	15 cm	100	800	150	15 000
3° nivel				100			15 000
4° nivel				100			15 000
5° nivel				500			75 000

# Experiencias UIS

## *Cubiertas verdes*



CONSTRUIMOS FUTURO



# Experiencias UIS

## Cubiertas verdes

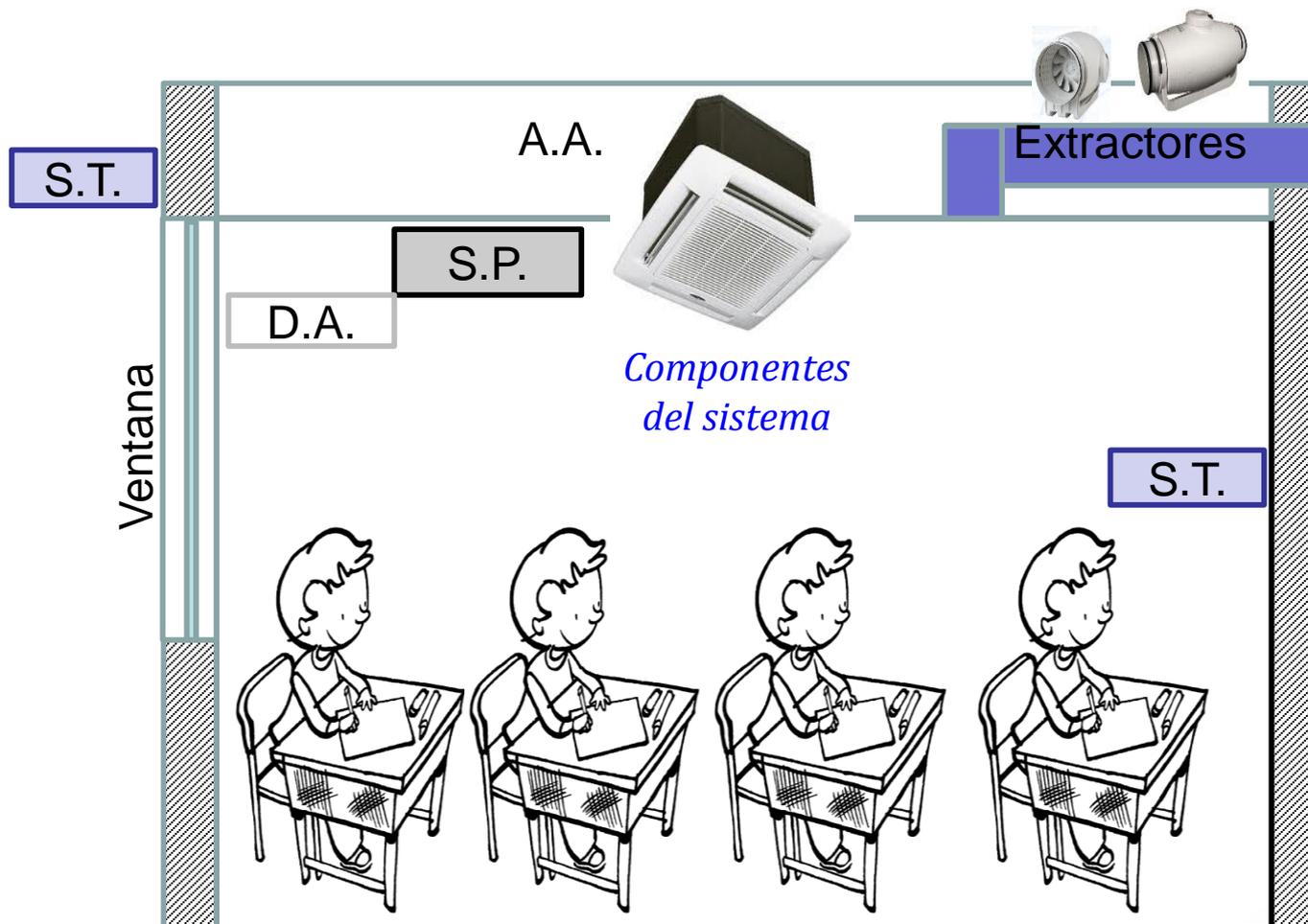


FUTURO



# Experiencias UIS

## Recomendaciones climatización mixta

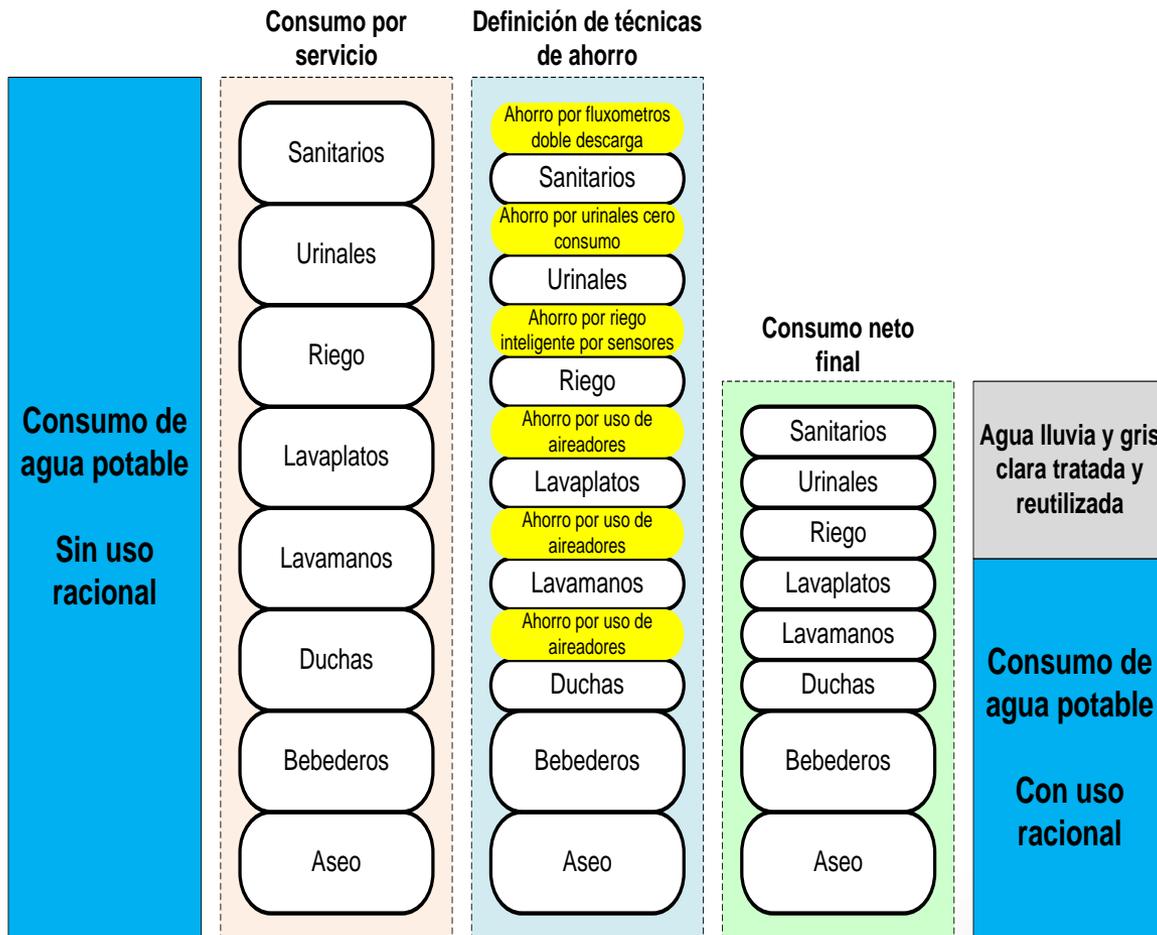
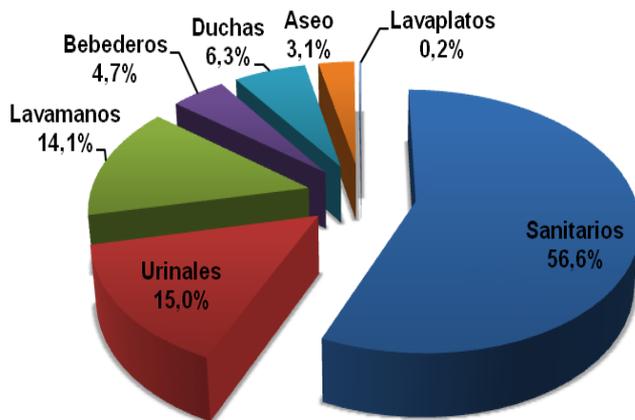


# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Uso racional del agua potable



# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Edificaciones sostenibles

- Generación de energía eléctrica **a partir de bicicletas estáticas.**
- Estudio técnico de **potenciales aplicaciones domóticas en seguridad** para el Edificio Eléctrica II.
- Diseño de un **sistema de generación eléctrica fotovoltaica** y de una red eléctrica en corriente continua de baja tensión para el posible nuevo Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander.
- Estudio de factibilidad técnica y financiera del uso del **biogás obtenido del excremento de ganado** para suplir necesidades energéticas del sector rural.

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Edificaciones sostenibles

- Estudio de factibilidad técnica y financiera de utilización de **biomasa** para suplir necesidades energéticas en el **Edificio de Bienestar Universitario**.
- **Tecnología LED**: Revisión de aplicaciones como alternativa para entornos sostenibles.
- Diseño de la automatización y control de un **sistema de ventilación natural forzada a partir de tubos enterrados** para espacios interiores en el Edificio Eléctrica II.
- Diseño de un **sistema de iluminación natural y artificial** para el Edificio Eléctrica II.

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Edificaciones sostenibles

- Evaluación de las estrategias de confort visual y térmico establecidas para el **Edificio de Ingeniería Eléctrica** según lineamientos del sistema de certificación leed a partir de la herramienta *Designbuilder*. Creación del modelo virtual.
- Análisis energético del **Edificio de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales** según lineamientos del sistema de certificación LEED a partir del uso de la herramienta *Autodesk Ecotect Analysis*: Creación del Modelo de Información de la Edificación (BIM) e identificación preliminar de puntos críticos de potencial consumo.
- Evaluación de la plataforma **EnergyPlus** como **herramienta para el análisis energético** en un **entorno tropical**: Caso Bucaramanga.

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Edificaciones sostenibles

- Influencia de **parámetros de diseño** de aplicaciones sostenibles sobre el consumo energético de las instalaciones del **quinto piso del Edificio de Ingeniería Eléctrica** a partir de simulaciones con *DesignBuilder*.
- Análisis energético del **Edificio de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales** según lineamientos del sistema de certificación LEED a partir del uso de la herramienta *Autodesk Ecotect Analysis: Calibración del Building Information Model (BIM)*.
- Consideraciones para el planteamiento del problema de optimización del **aislamiento de la radiación solar** a partir del **recubierta vegetal** de la envolvente de viviendas de interés social.
- Diseño de una herramienta computacional en *Matlab* para el análisis energético de sistemas fotovoltaicos.

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## UIS CAMPUS VERDE

**Diagnóstico de la situación actual  
y formulación del plan estratégico  
que promueva el desarrollo  
sostenible en la Universidad  
Industrial de Santander**

# Experiencias UIS



## Reporte Brundtland – Nuestro futuro común



Desarrollo Sostenible es aquel que “Satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 1987).



Gro Harlem Brundtland

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO



**Ambiente**

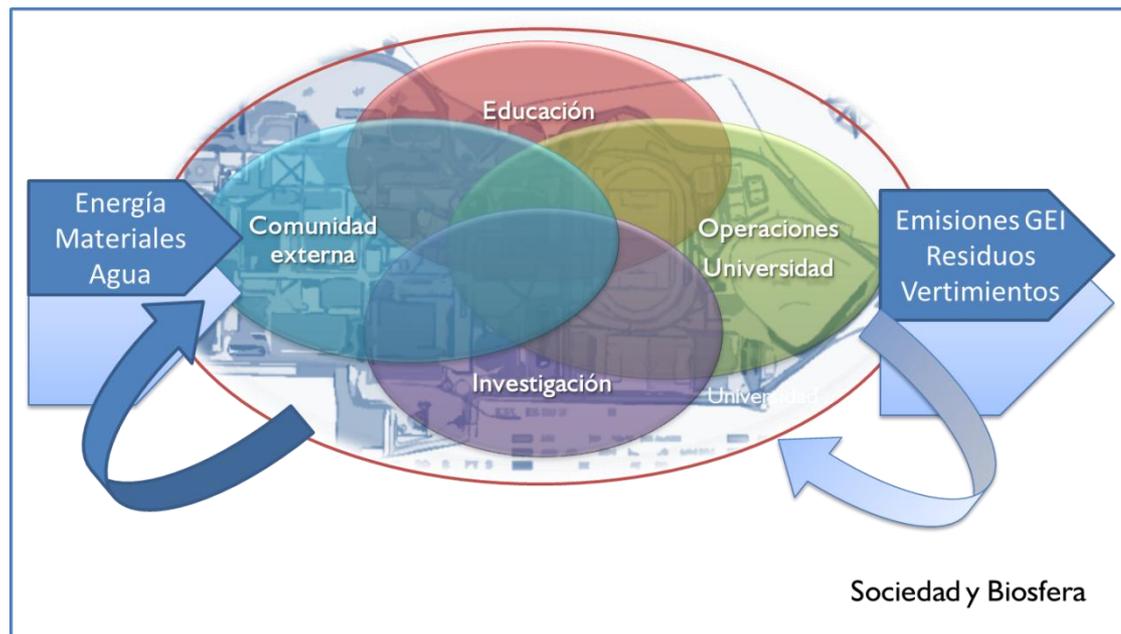
- Energía
  - Agua
  - Emisiones, efluentes y residuos
  - Transporte
  - Edificios
  - Materiales
  - Biodiversidad
- Productos y servicios
  - Conformidad con la ley
  - General
  - Clima
  - Suelos
  - Compras

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Evaluación de la sostenibilidad en las instituciones



- De concepción lineal a concepción circular
- De dependencia a autosuficiencia
- Ahorro en entradas y en salidas
- Universidad de futuro
- Laboratorio vivo
- Fortalecimiento imagen institucional

# Experiencias UIS



## PRINCIPALES TEMÁTICAS ENERGÉTICAS – INDICADORES:

### Consumo energético

- Mantener información actualizada
- Consumo – flujo de personas y área.
- Variaciones porcentuales anuales y mensuales
- Metas con respecto a periodos académicos específicos: clases.

$$\frac{\text{Consumo total campus}}{\text{Número de personas promedio en el campus}}$$

$$\frac{\text{Consumo total campus}}{\text{Área construida incluyendo zonas exteriores energizadas}}$$

$$\frac{[\text{Consumo mes } x \text{ año } i + 1] - [\text{Consumo mes } x \text{ año } i]}{[\text{Consumo mes } x \text{ año } i]} \times 100\%$$

$$\frac{[\text{Consumo año } i + 1] - [\text{Consumo año } i]}{[\text{Consumo año } i]} \times 100\%$$

# Experiencias UIS



## PRINCIPALES TEMÁTICAS ENERGÉTICAS – INDICADORES:

- Porcentaje de energías renovables
  - Proyectos de E.R.

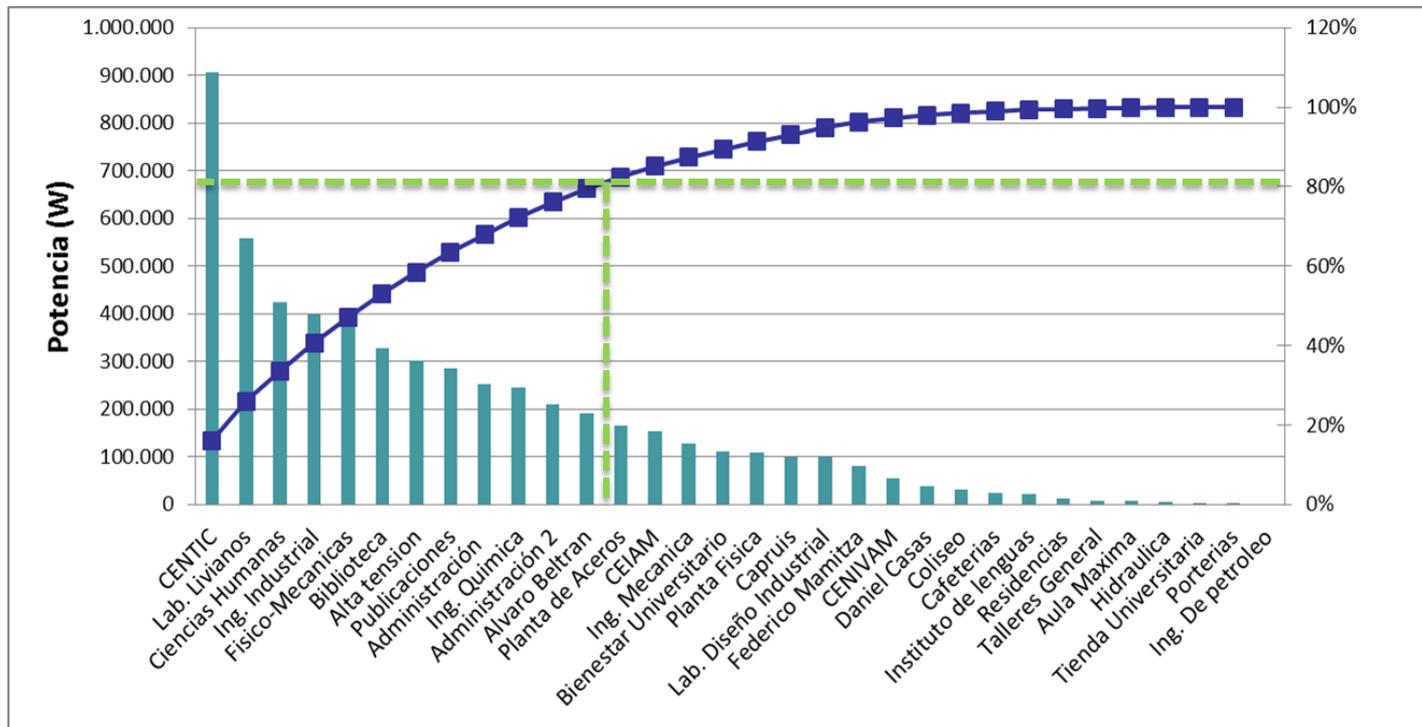
$$\frac{kw - h \text{ Energías renovables}}{kw - h \text{ Energías renovables} + kw - h \text{ consumo red}} \times 100\%$$

- Programas que promuevan la eficiencia energética, URE y sus impactos.
  - Nuevos programas deben incluir con claridad la manera como se van a medir sus impactos.
  - Categorías: Control de temperatura en A.A. / Sensores de movimiento / LED / Construcciones verdes / Eficiencia / Movilidad / Hábitos de consumo.

# Experiencias UIS



## CARGA INSTALADA



# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Propuesta de proyectos

### Corto

Sistema de medición inteligente de consumo de energía en **puntos críticos**

Actualización de la **tecnología de iluminación** de exteriores de los senderos peatonales y exteriores del campus, como también de los edificios con la mayor carga instalada en iluminación.

Energía

### Mediano

Sistema de monitorización central del consumo de energía del campus y otros indicadores (Temperatura, humedad, etc)

**Sistema de Gestión Integral de la Energía** con base a la norma ISO 50001 para los edificios del campus

Adaptación de conceptos de arquitectura bioclimática y orientada al ahorro del consumo en los diseños y re-potencialización de los nuevos edificios (Ej. Ejercicios pilotos de **cubiertas verdes**, Instalación de **sensores de presencia/dimers**, para el control de iluminación en pasillos, baños, salones y oficinas, **tecnologías de iluminación**, etc. Implementaciones con seguimiento de cambios en condiciones ambientales y de consumo de energía.)

### Largo

Integración de una **red inteligente** en el campus central.

Instalación de **plantas fotovoltaicas y de biomasa** tipo piloto para generación local de energía.

Desarrollo de micredes en los edificios del campus central.

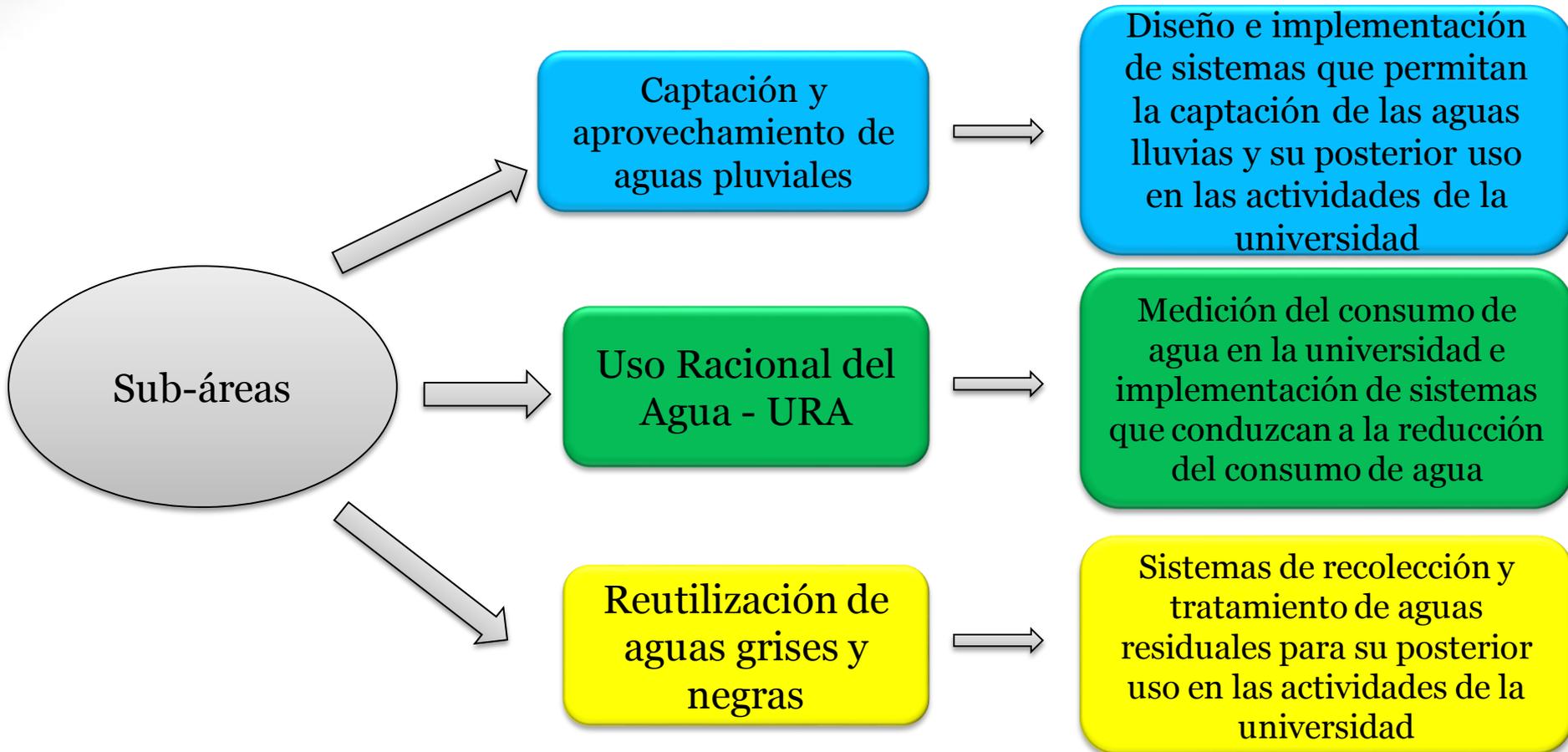
Sistemas inteligentes de compensación de energía reactiva para mejorar la eficiencia.

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Área agua

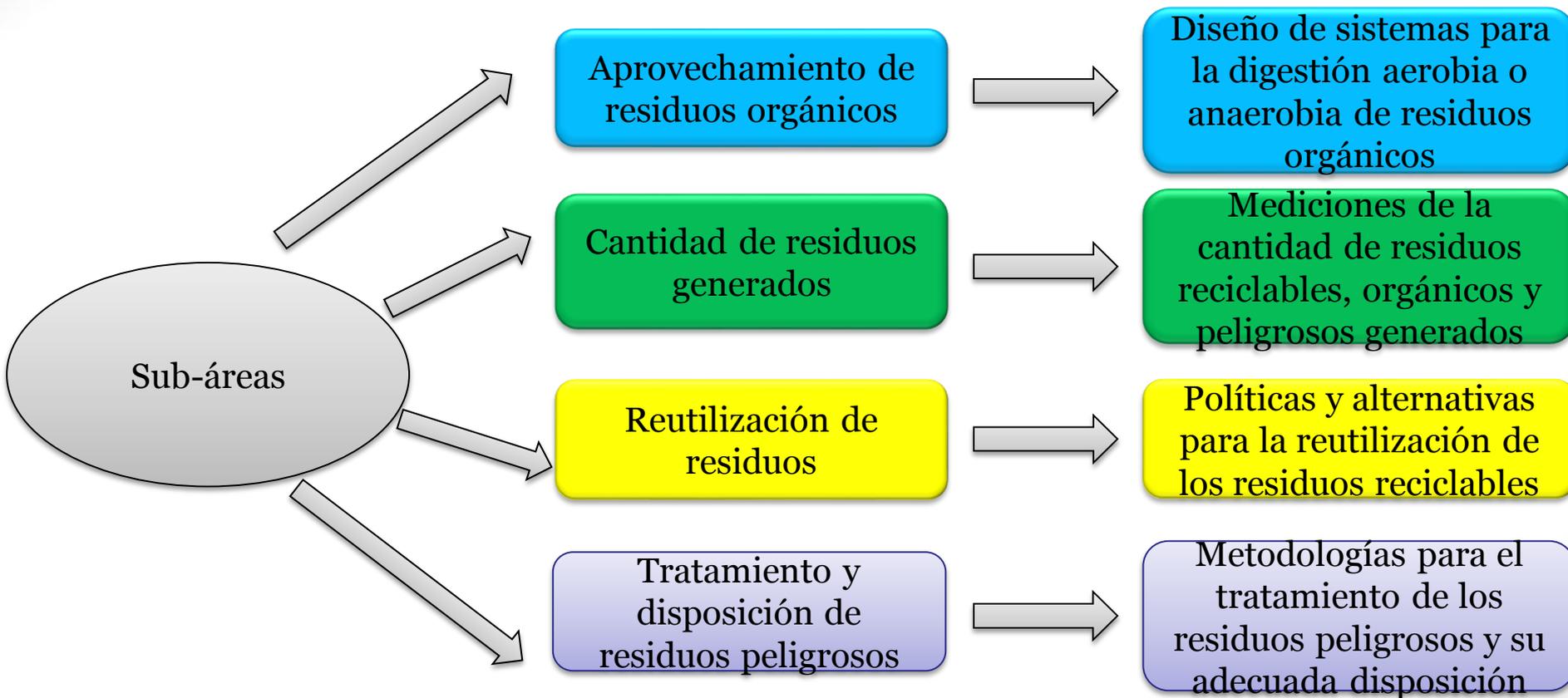


# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Área residuos



# Experiencias UIS



## Estimados de emisiones

Total de GEI [Ton CO<sub>2</sub> equivalentes]: **1332,3**

Al tener el dato de emisiones se ingresó a una herramienta de la EPA para extraer equivalencias que llamen la atención como la de los automóviles y árboles que se requieren sembrar para compensar:

<http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/calculator.html#results>



Corresponde a las emisiones de GEI de **2.776** autos en un año



Carbono secuestrado por **341.615** plántulas de árboles en crecimiento por 10 años



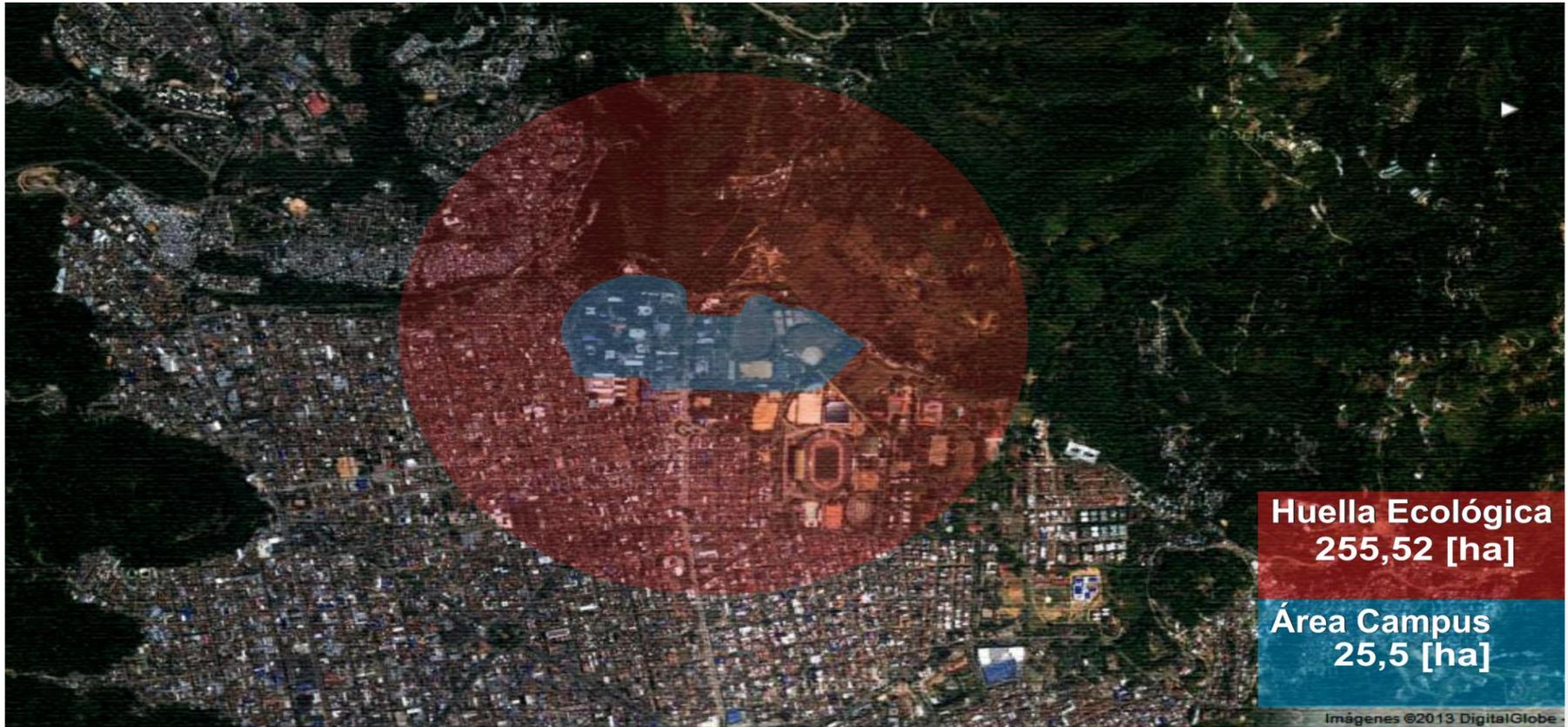
GEI dejados de emitir al reciclar **4.990** toneladas de basura, en vez de enviarlas al relleno sanitario

# Experiencias UIS



CONSTRUIMOS FUTURO

## Estimativo huella de carbono del campus central de la UIS



# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



# Proyectos en ejecución



Generación de electricidad a partir de recursos no renovables como carbón, petróleo, gas natural y uranio



Emisiones de gases de efecto invernadero

Energías renovables



Reducción del impacto medioambiental

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIAMOS FUTURO

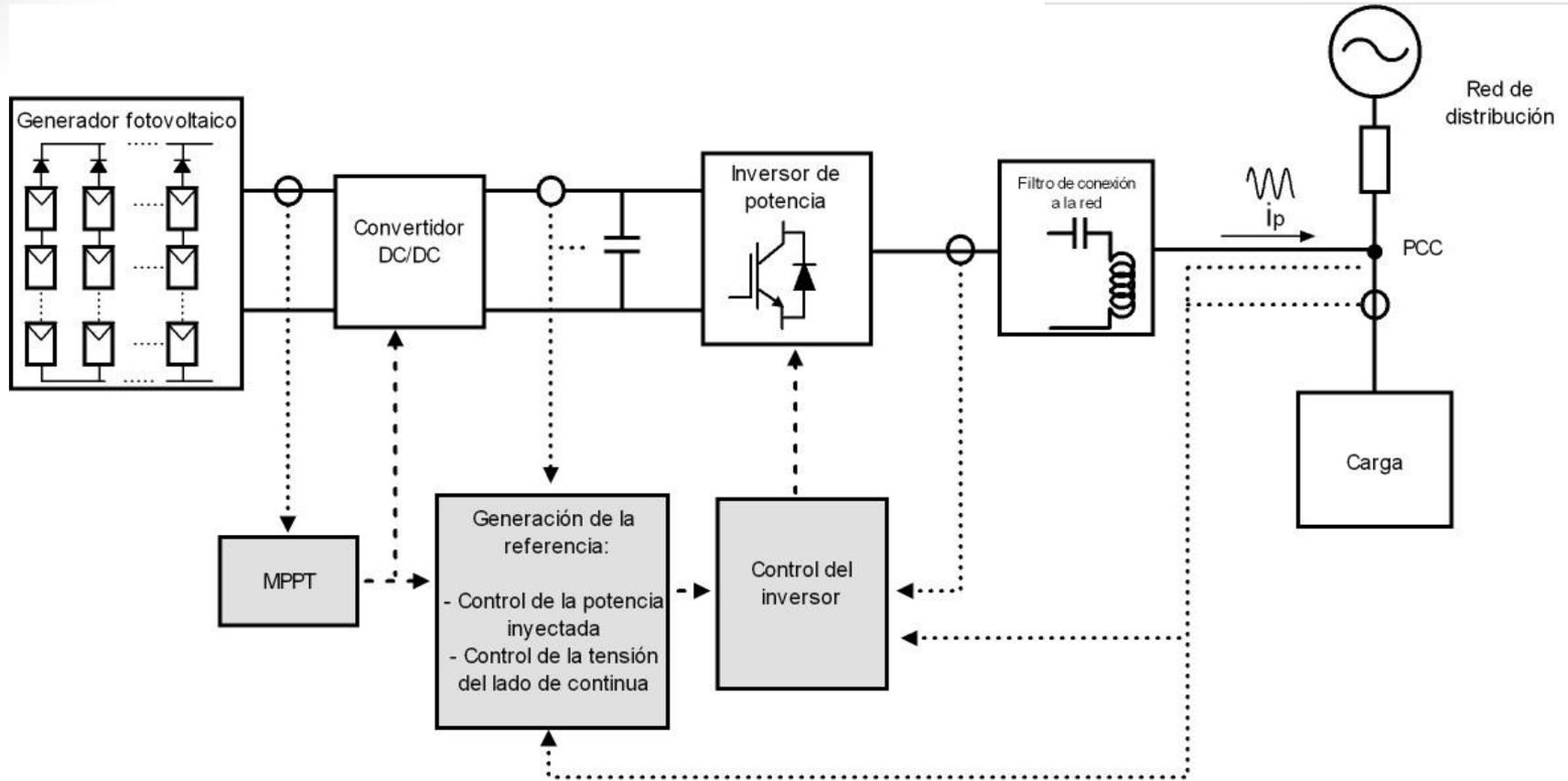


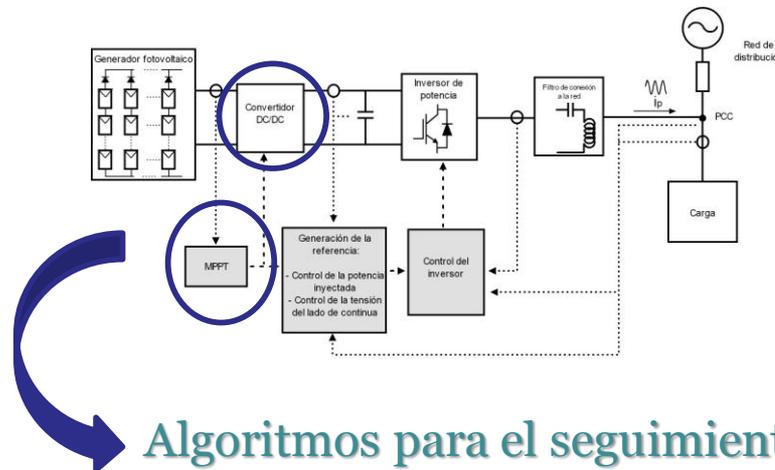
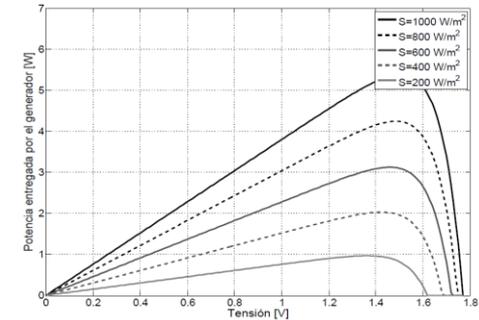
Diagrama simplificado de un sistemas de generación fotovoltaica conectado a red

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

✓ C. Castellanos, G. Quiñones. Integración de sistemas fotovoltaicos a la red: técnicas de control para el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT). Universidad Industrial de Santander. Tesis de pregrado. 2013.



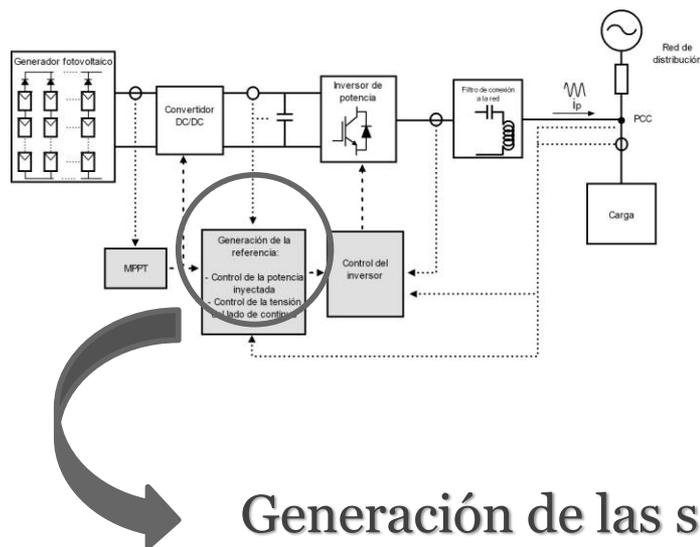
# Proyectos en ejecución



CONSTRUIAMOS FUTURO

✓ D. Rincón. Integración de generadores fotovoltaicos a la red eléctrica: Análisis comparativo de algoritmos utilizados para el control de las potencias activa y reactiva. Universidad Industrial de Santander. Tesis de pregrado. 2014.

✓ N. Mendoza, J. Pardo. Control directo de potencia aplicado a inversores trifásicos conectados a la red. Universidad Industrial de Santander. Tesis de pregrado. 2013.

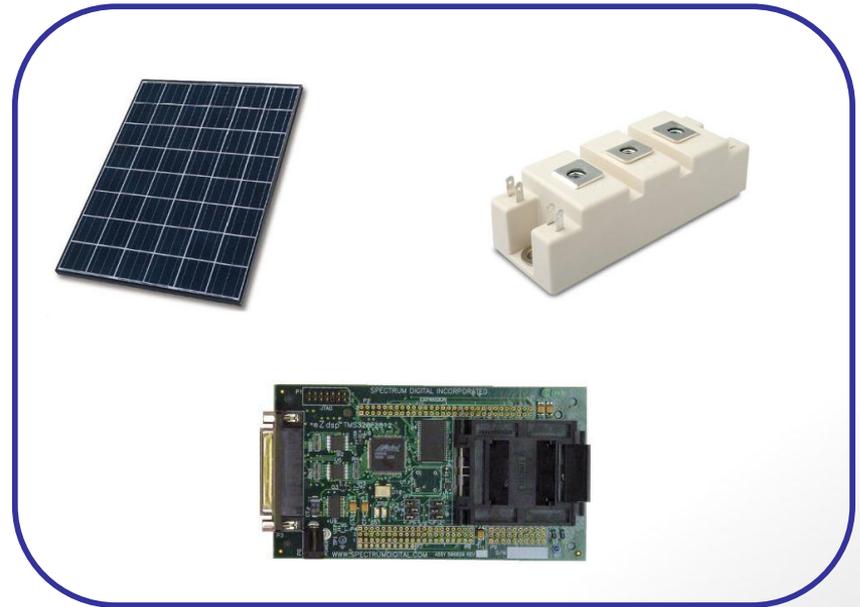
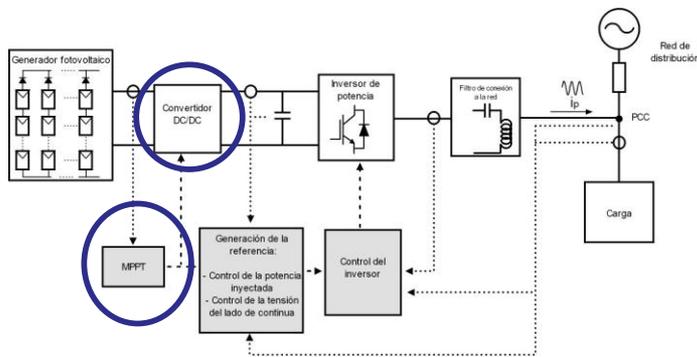


## Generación de las señales de referencia

# Proyectos en ejecución



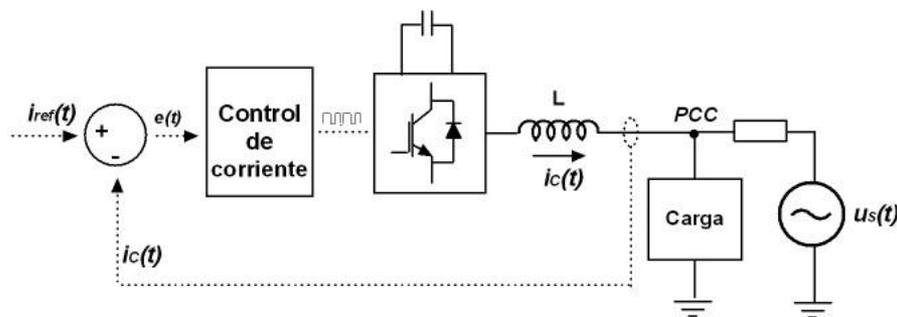
✓ Y. García, J. Mantilla. Implementación de un convertidor DC/DC para el seguimiento del punto de máxima potencia de generadores fotovoltaicos. Universidad Industrial de Santander. Tesis de pregrado. Actualmente en desarrollo.



# Proyectos en ejecución



- ✓ F. Vásquez, D. Siaucho. Prototipo monofásico de fuente programable de corriente utilizando el módulo SEMITEACH-IGBT de SEMIKRON. Universidad Industrial de Santander. Tesis de pregrado. 2014



DSPACE  
1104



SEMITEACH-  
IGBT



# Proyectos en ejecución



- ✓ M. Mantilla. Control de generadores fotovoltaicos con funciones de filtrado activo de potencia en sistemas trifásicos distorsionados y desequilibrados . Universidad Industrial de Santander. Tesis de doctorado en desarrollo.

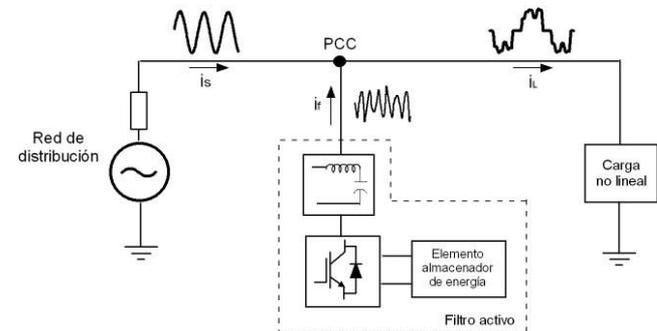
Sistemas de generación fotovoltaica interconectados a red



Fuente de energía limpia



Funciones de filtrado activo potencia



Mejoramiento de la calidad de la energía y de la eficiencia energética

# Proyectos en ejecución



## Calidad de la energía eléctrica

**Monitorización inteligente en sistemas eléctricos de distribución.**

**Estrategias para el diagnóstico, caracterización y valoración de perturbaciones eléctricas en los sistemas eléctricos de distribución.**

**Análisis de eventos electromagnéticos transitorios en las redes eléctricas**

**Estudios de propagación de eventos electromagnéticos y la influencia de los elementos de los sistemas eléctricos sobre la misma.**

**Estrategias avanzadas para el diagnóstico, caracterización y valoración de perturbaciones eléctricas en "Smart Grids".**

# Proyectos en ejecución



## Eficiencia energética

**Divulgación y capacitación de talento humano en el estándar ISO 50001.**

**Generación de herramientas que faciliten la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) al interior de una organización.**

**Caracterización energética de organizaciones usando la metodología del Modelo de Gestión Integral de la Energía.**

**Desarrollo del Programa Nacional para llevar a cabo la caracterización energética de 6 empresas de la región.**

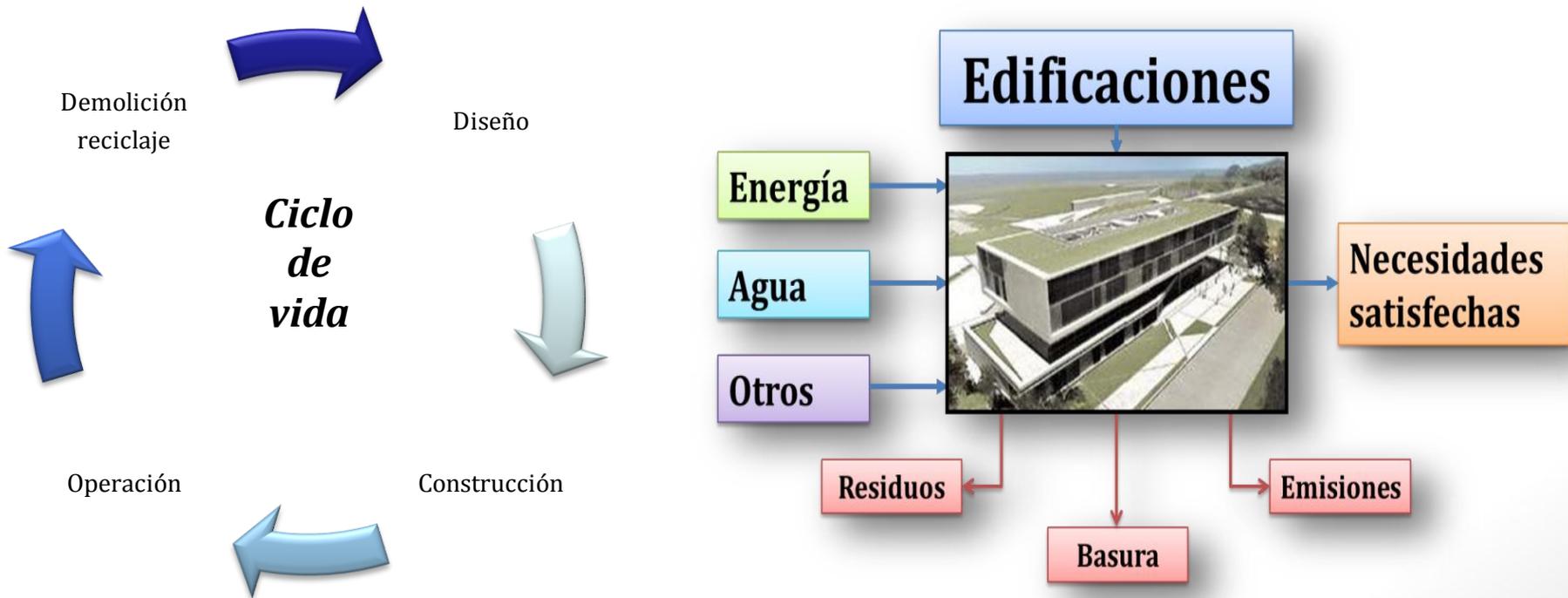
**Desarrollo del Programa Nacional para llevar a cabo la implementación del SGIE en 2 empresas de la región.**

# Proyectos en ejecución



## Edificaciones:

Estructuras permanentes de uso residencial, comercial, industrial, etc.



# Proyectos en ejecución

## Edificaciones tradicionales



### PROBLEMAS

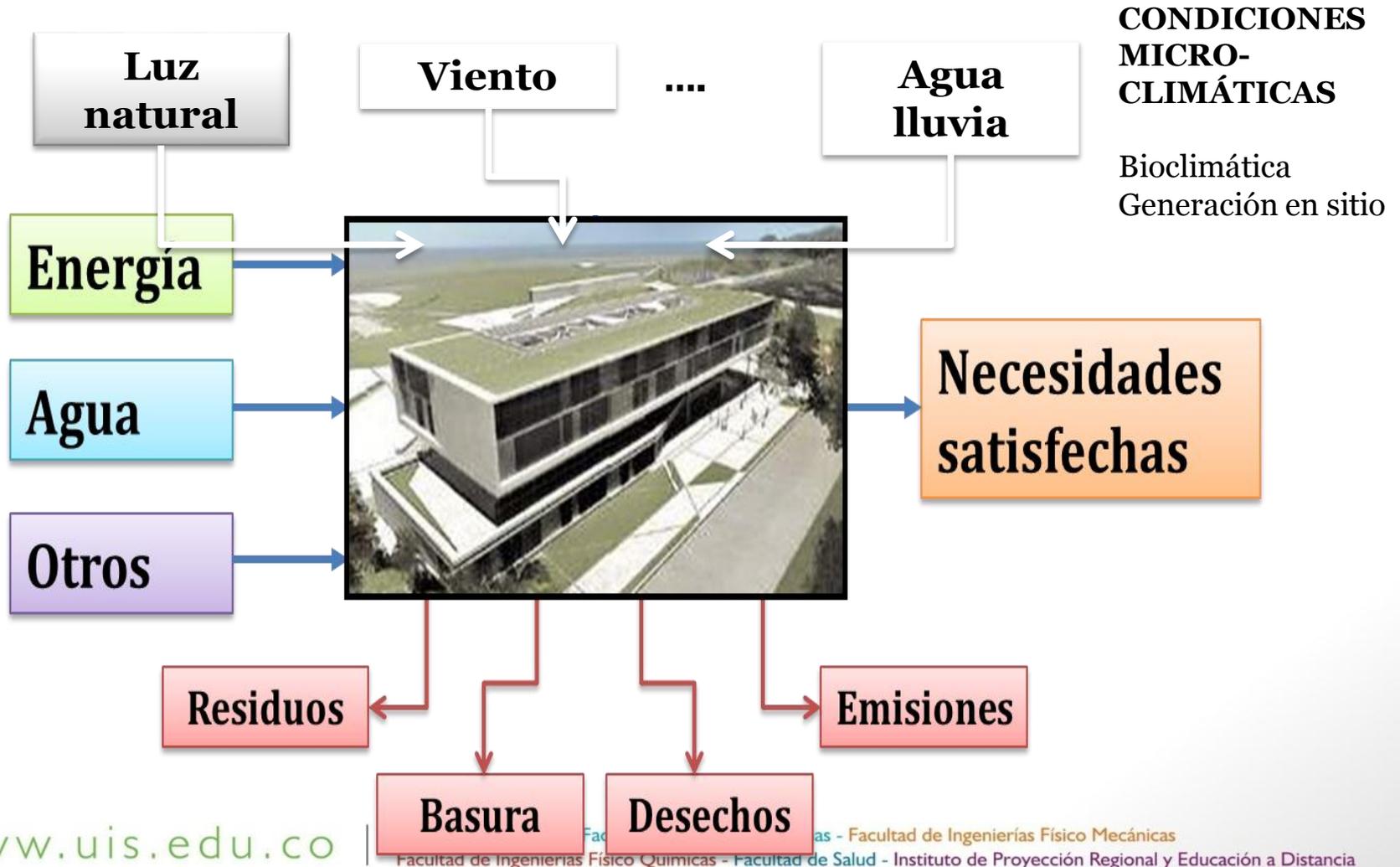
- *Consumo intensivo de recursos*
- *Diseñan sin criterios de sostenibilidad*
- *Consumo significativo de energía*
- *Responsables de grandes emisiones de CO<sub>2</sub>*



# Proyectos en ejecución



## Edificaciones verdes



# Proyectos en ejecución



## Edificaciones verdes

Doctorado:  
Modelado y optimización del diseño exergético de viviendas a partir de aplicaciones URE

Maestría: Uso racional de la energía en edificaciones en un entorno tropical a partir de aplicaciones inmóticas

Maestría:  
Análisis energético de edificaciones en un entorno tropical a partir de software de simulación energética

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Edificaciones verdes Trabajo de grado

- Factibilidad técnica de **aplicaciones energéticas** para viviendas de interés social según el enfoque de viviendas *Net Zero Energy*.
- Consideraciones para la optimización de un **sistema de poligeneración** en sitio para una vivienda de interés social.
- Iluminación natural a partir de **botellas PET**.
- Identificación de **soluciones tecnológicas** de vanguardia para el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos.

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Edificaciones verdes Trabajo de grado

- Generación de energía eléctrica a partir de una **bicicleta estática**: montaje de una unidad generadora **piloto**.
- Descripción del **comportamiento energético** de una vivienda de interés social a partir de la **simulación** con *Designbuilder*.
- Aplicabilidad de **técnicas en iluminación natural** para viviendas de interés social.

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Edificaciones verdes

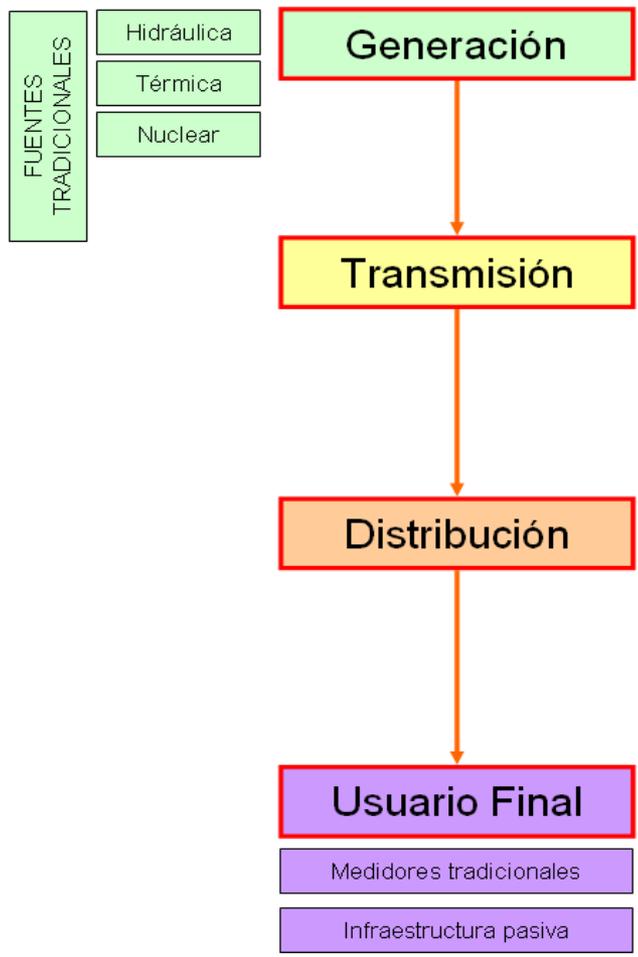
### Trabajo de grado

- Diseño e implementación de **sistema riego automático** con monitorización del nivel de humedad.
- **Herramientas computacionales** para análisis energético de viviendas de interés social.



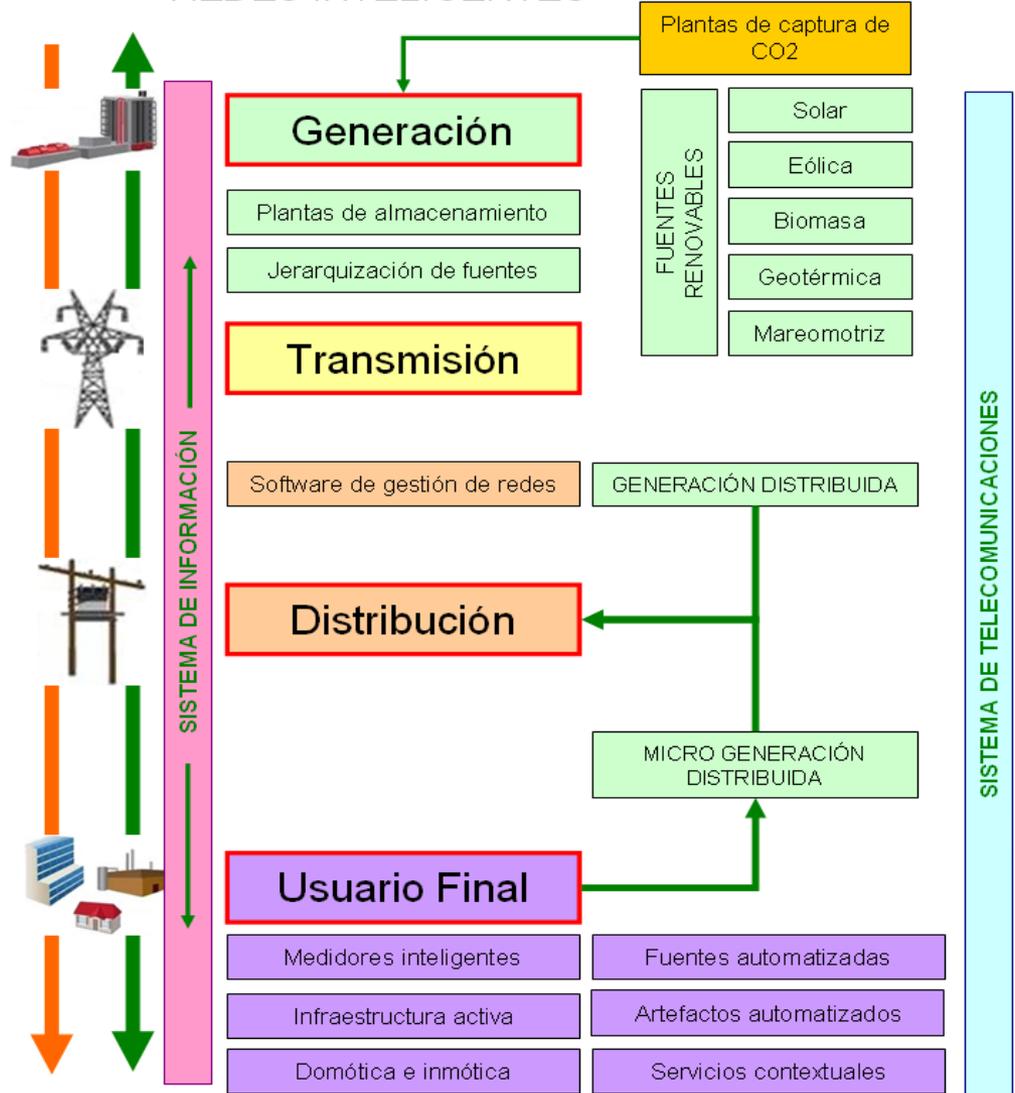
# Proyectos en ejecución

## SISTEMAS TRADICIONALES



INTEGRACIÓN VERTICAL UNIDIRECCIONAL

## REDES INTELIGENTES



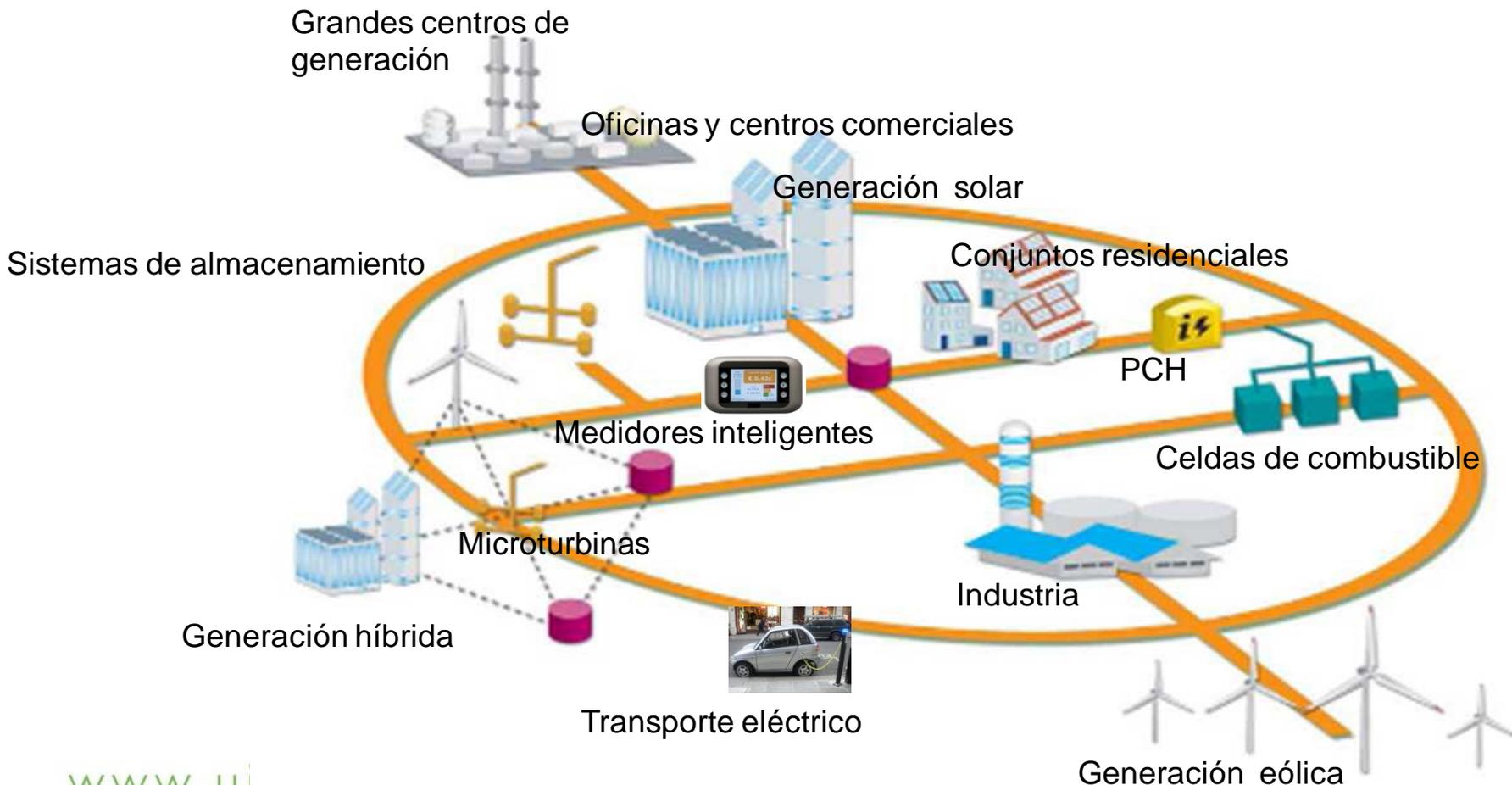
INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL MULTIDIRECCIONAL



CONSTRUIMOS FUTURO

# Proyectos en ejecución

## Las redes inteligentes amplían las posibilidades de integración del sistema eléctrico



# Proyectos en ejecución



## Con las redes inteligentes se tiene:

- La posibilidad de una generación distribuida en la red de baja tensión.
- Que los clientes pueden estar interconectados a diversas oferta de energía eléctrica.
- La posibilidad de un sistema eléctrico descentralizado que requiere de una infraestructura diferente para la operación, protección, supervisión y facturación.
- La oferta de nuevos enfoque de la gestión energética con interacción del cliente.

# Proyectos en ejecución



## Las redes inteligentes permiten:

- Optimizar la operación del sistema con opciones de: mantenimiento preventivo de los elementos del sistema, lectura remota de los sistemas de medición, restauración de la red de forma remota, .....
- La integración sistemas de energía renovables tanto a pequeña como gran escala, debido a que hay opciones de balancear la red en tiempo, de acuerdo a los cambios de los sistemas de generación renovables.
- La oferta de nuevos servicios para los clientes del sistema eléctrico como: Servicios de seguridad, control remoto de electrodomésticos, gestión de la demanda, administración de la energía, .....

## Proyectos en ejecución



# Beneficios de las redes inteligentes

### Para el sistema:

**Mejor confiabilidad**

**Reducción de necesidades de generación**

**Reducción de necesidades de transmisión**

### Para el cliente:

**Ahorros por eficiencia energética**

**Mejor calidad del servicio**

**Servicios de valor agregado**

### Para el medio ambiente:

**Reducción directa de la huella de CO<sub>2</sub> – carga (~10%) y pérdidas (~5%)**

**Reducción indirecta de la huella de CO<sub>2</sub> por la posibilidad de la generación distribuida**

**FUENTE:** Conferencia 2009 sobre el Cambio Climático de la ONU, Comisión de la UE; NREL

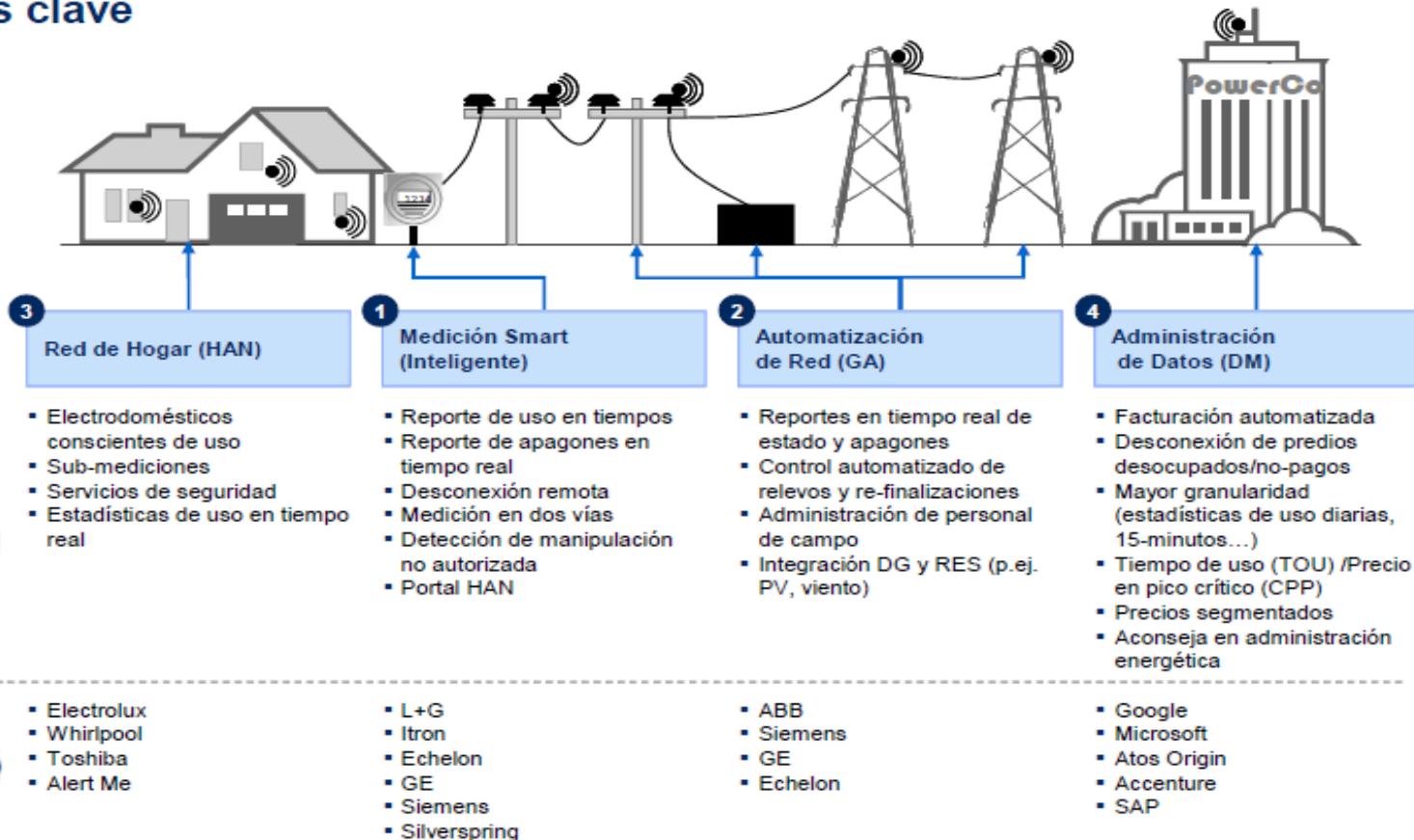
# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO  
BOG-PXD003-21-01

NO EXHAUSTIVO

El Smart Grid está compuesto de cuatro elementos clave – cada uno de ellos con funcionalidades precisas y diferentes actores clave



FUENTE: Taller Sector Energía, bienes y servicios conexos. Junio de 2011 Bogotá

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

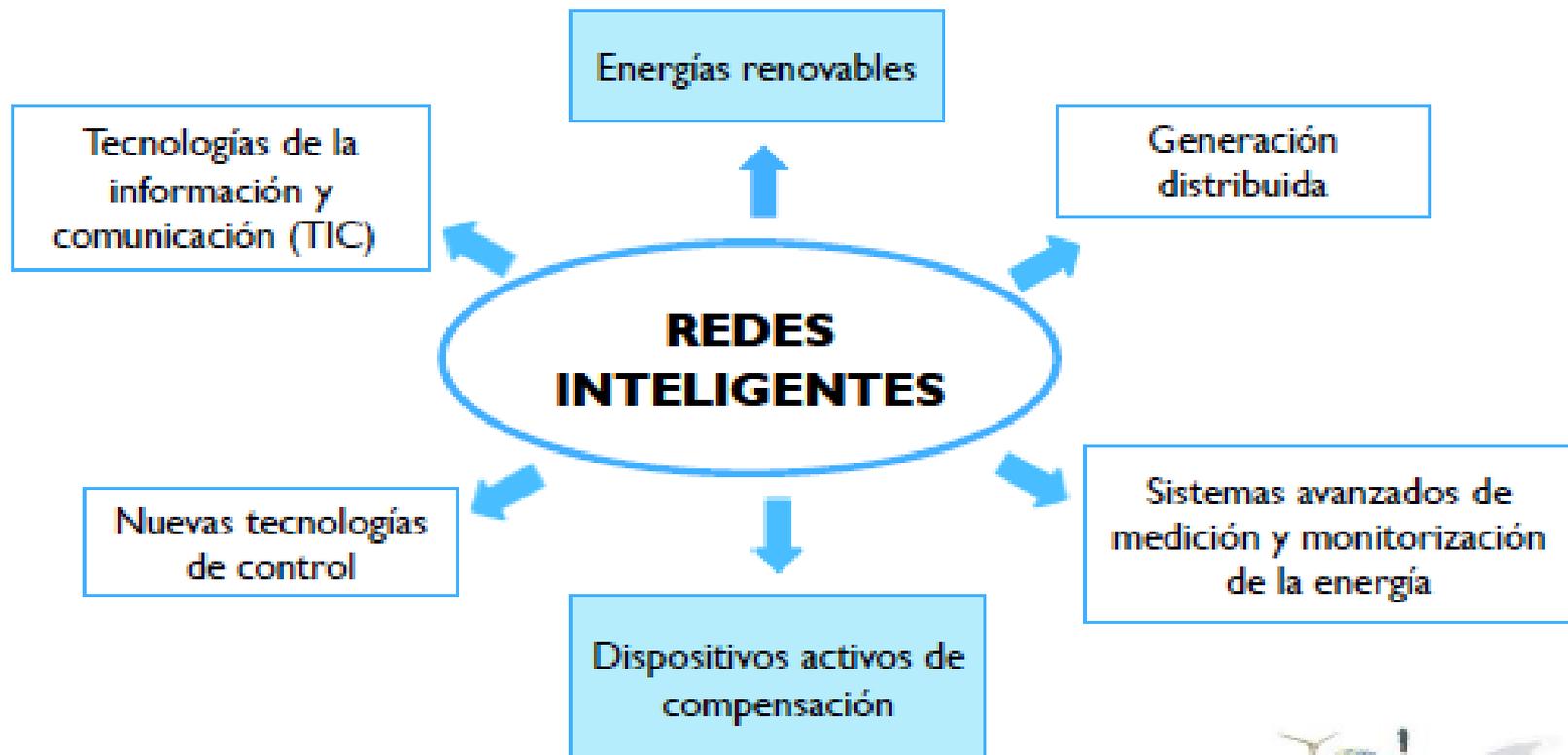
Iniciativa	Descripción	Impacto
1 Sistema masivo transporte eléctrico / vehículos eléctricos	▪ Sistema masivo alimentado por la red, vehículos y desarrollo de tecnología para su mantenimiento	▪ Uso de vehículos para almacenar energía, integración con red eléctrica
2 Medidores inteligentes	▪ Administración remota, gestión de la demanda vía precios, servicios adicionales para usuario	▪ Reducción robos, mejor servicio al cliente, administración remota
3 Generación distribuida	▪ Flujos bidireccionales desde/hacia usuario	▪ Cobertura de ZNI, integración de renovables
4 Automatización de red	▪ Tecnología para administrar la red de forma remota	▪ Mejora eficiencia operacional, reduce mantenimientos, reduce interrupciones
5 Sistemas de información	▪ Integración de las redes eléctrica, de comunicaciones y de sistemas informáticos	▪ Mejor servicio al cliente, disponibilidad de información, diferenciación clientes
6 HANS (red doméstica)	▪ Sistema de administración electrónico en los hogares	▪ Uso eficiente de energía, reducción de uso en hora pico y servicios de valor agregado al usuario (ej. seguridad)
7 Fuentes renovables	▪ Promoción fuentes eólicas, solares, biomasa	▪ Reducción de emisión de gas carbónico, aprovechar nuevas fuentes
8 Sistema Fasorial	▪ Consolidar una red de PMU's a nivel nacional en un sistema de medición fasorial	▪ Tecnología de punta
9 Gestión de activos	▪ Conocimiento y administración de los activos instalados en el sistema	▪ Conocimiento del estado y necesidades de los activos

**FUENTE: Taller Sector Energía, bienes y servicios conexos. Junio de 2011 Bogotá**

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO





CONSTRUIMOS FUTURO

# Proyectos en ejecución



Medición Analógica



AMR



AMI



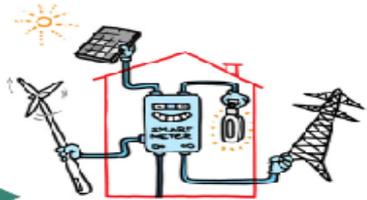
Comunicación



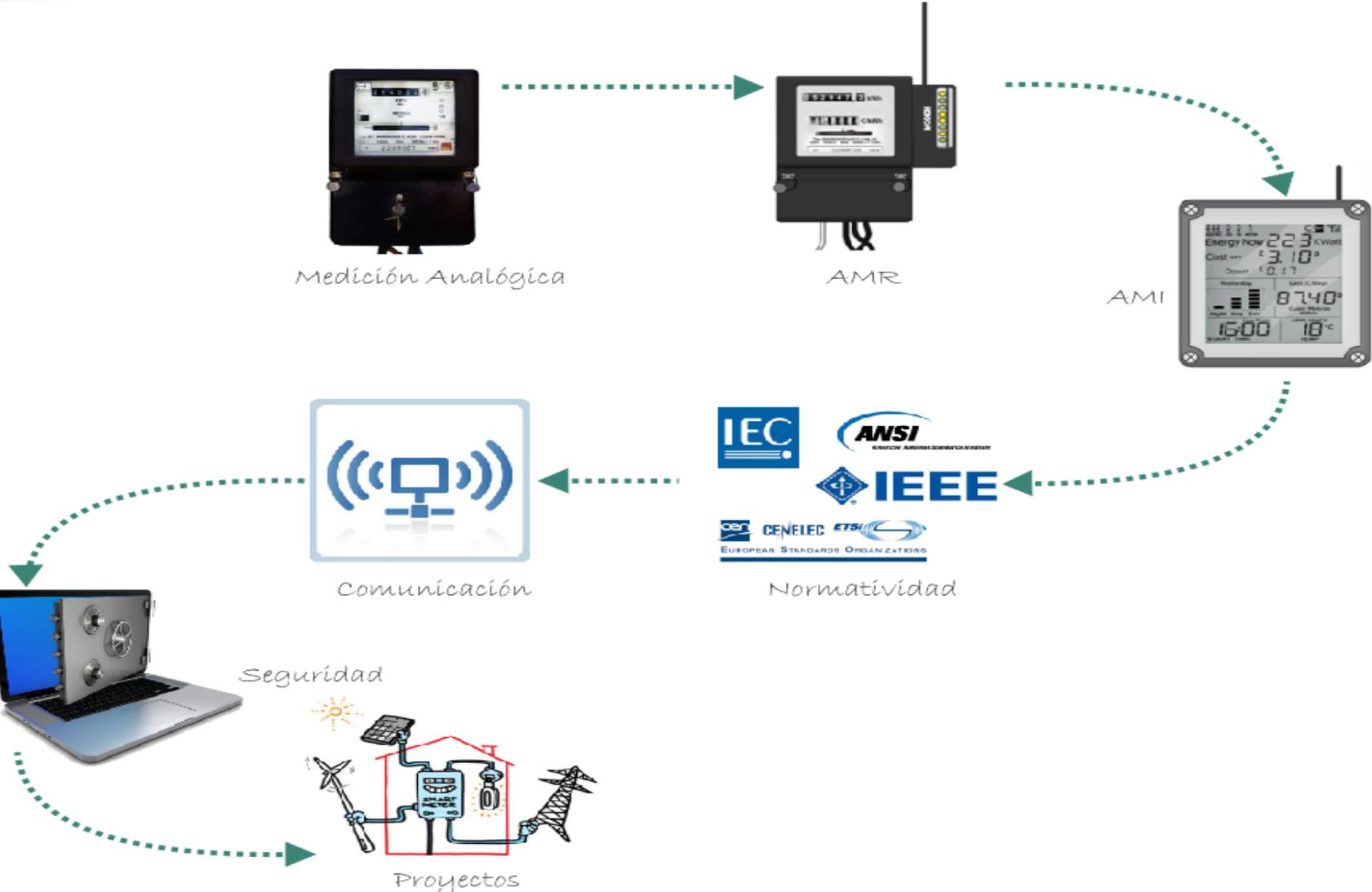
Normatividad



Seguridad



Proyectos

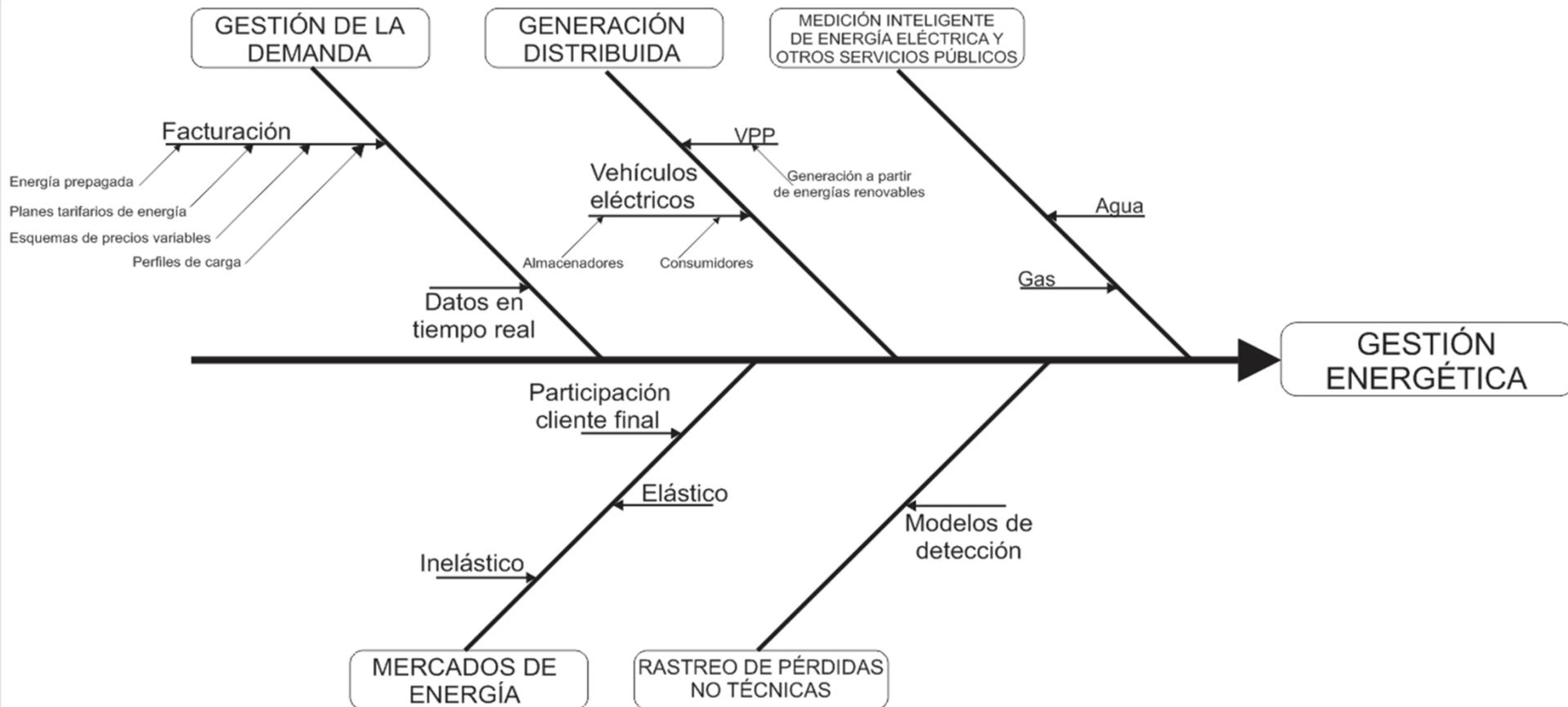


# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Funcionalidades en los sistemas de medición inteligente

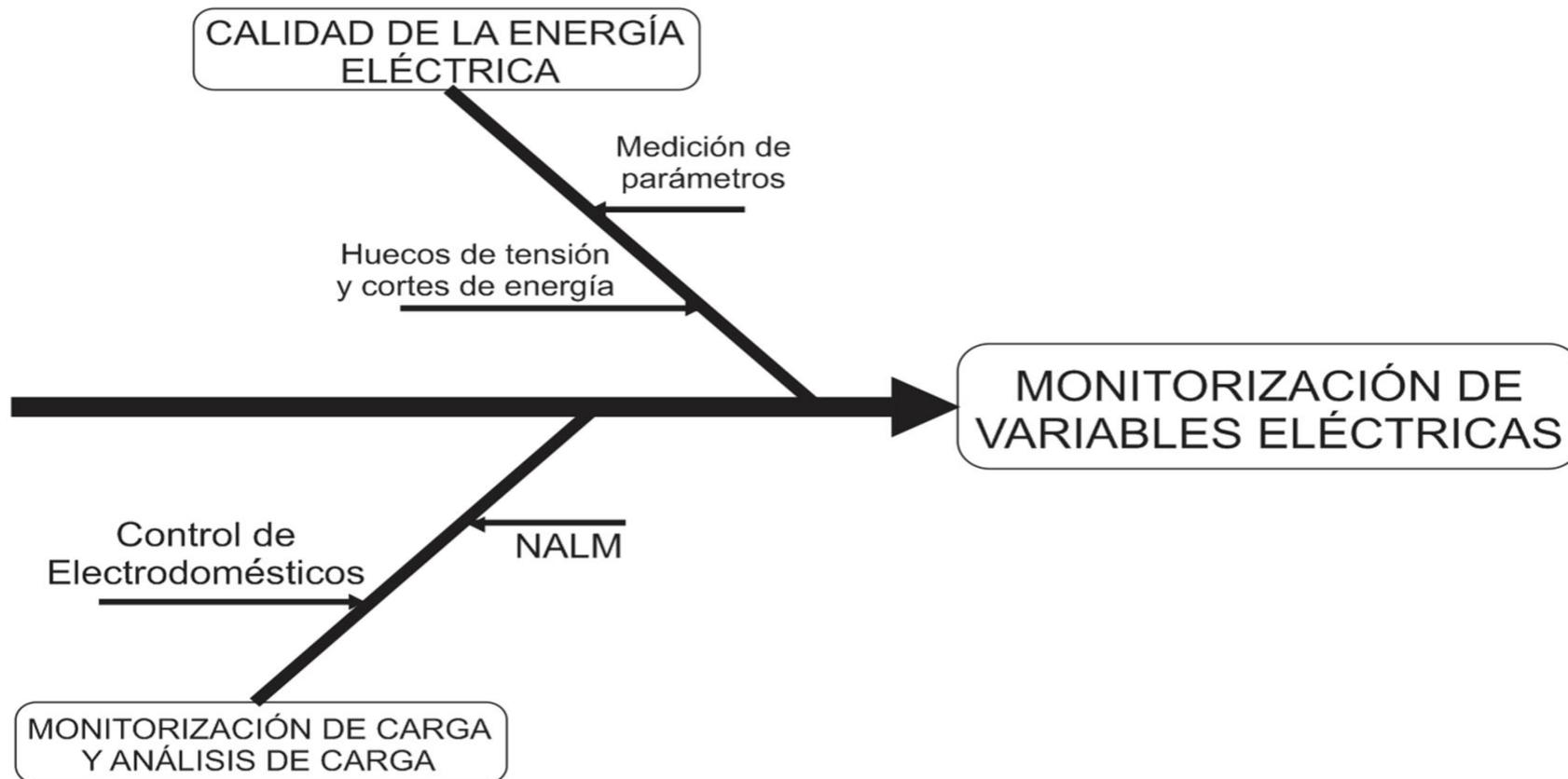


# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Funcionalidades en los sistemas de medición inteligente



# Proyectos en ejecución



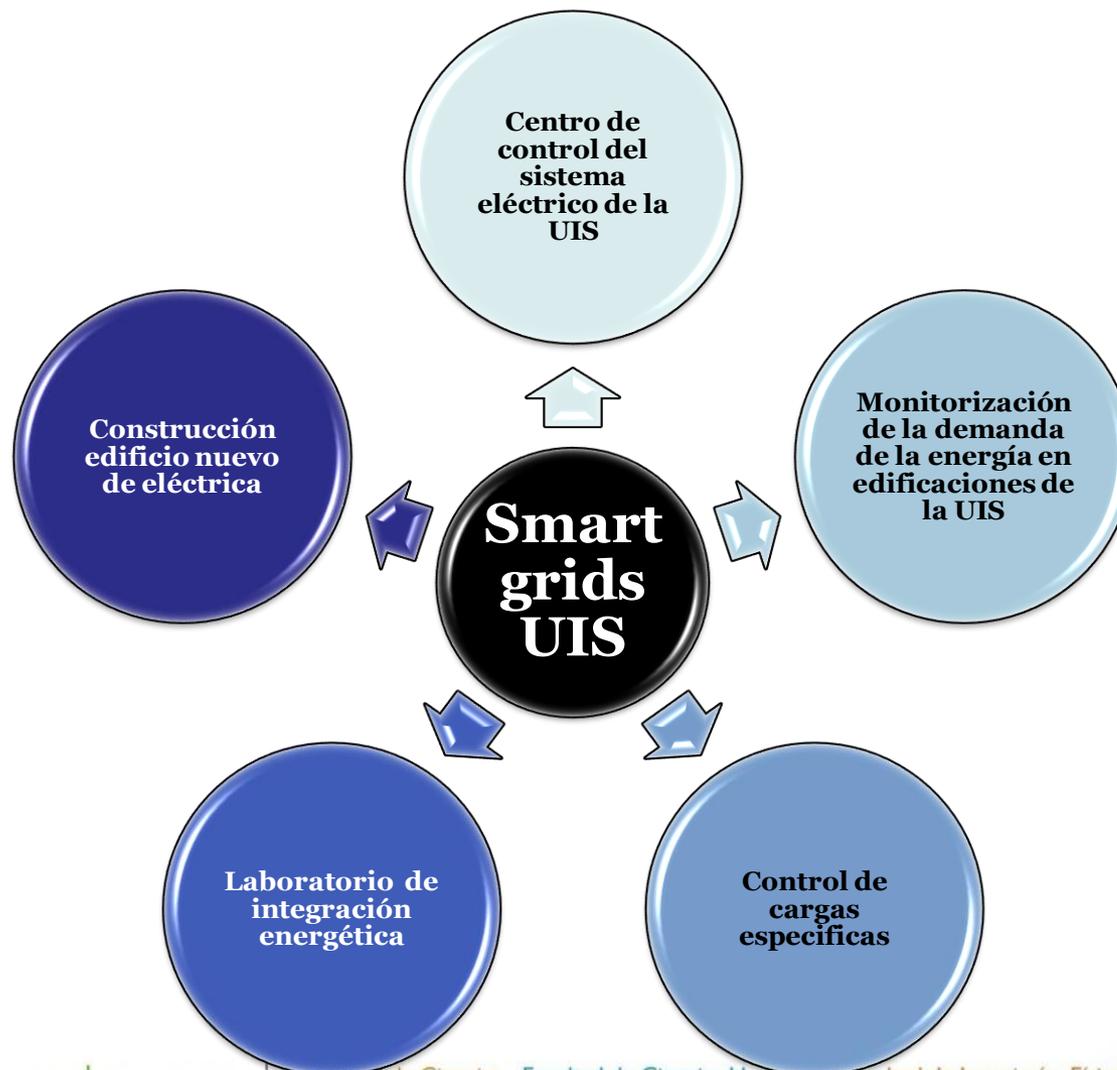
CONSTRUIMOS FUTURO



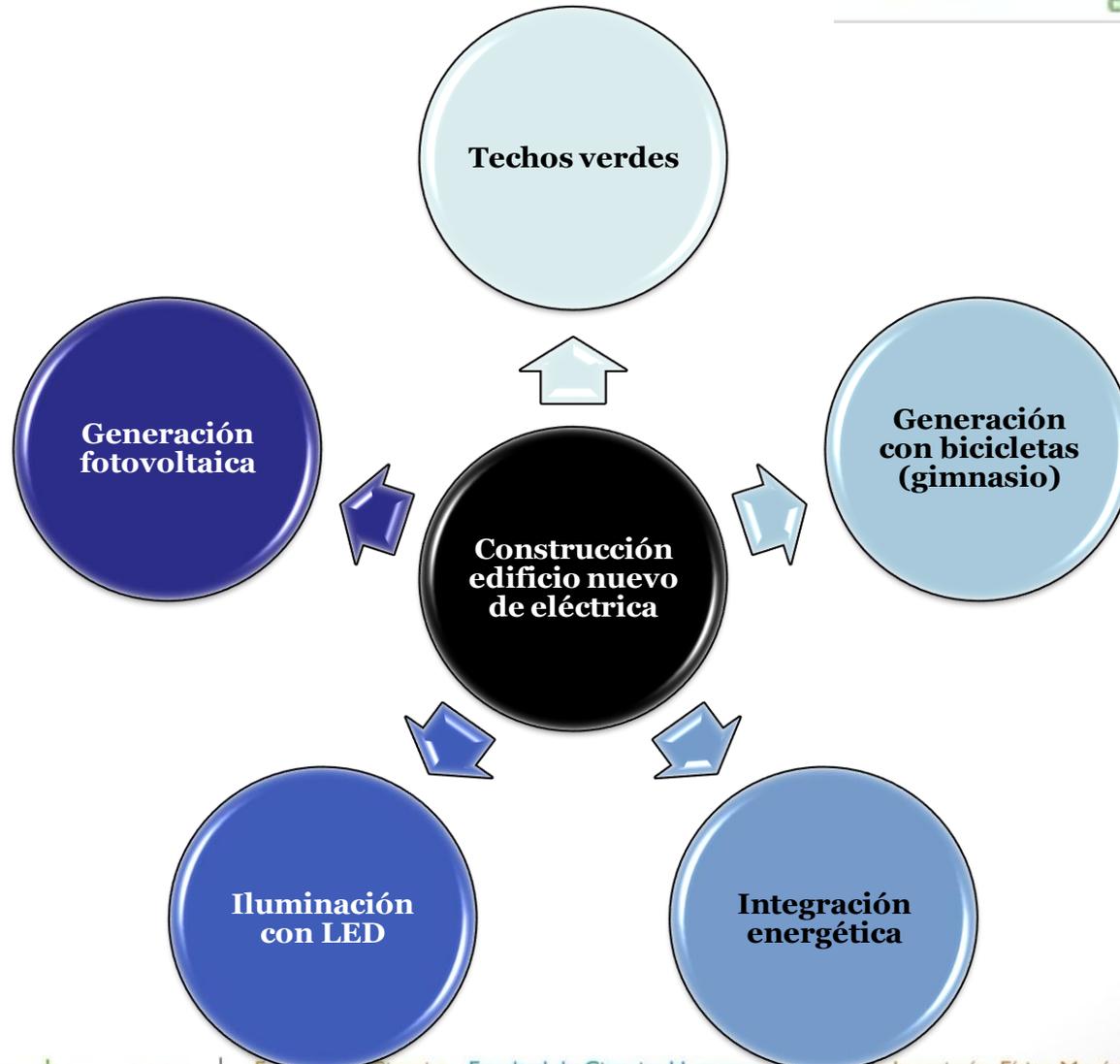
# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO



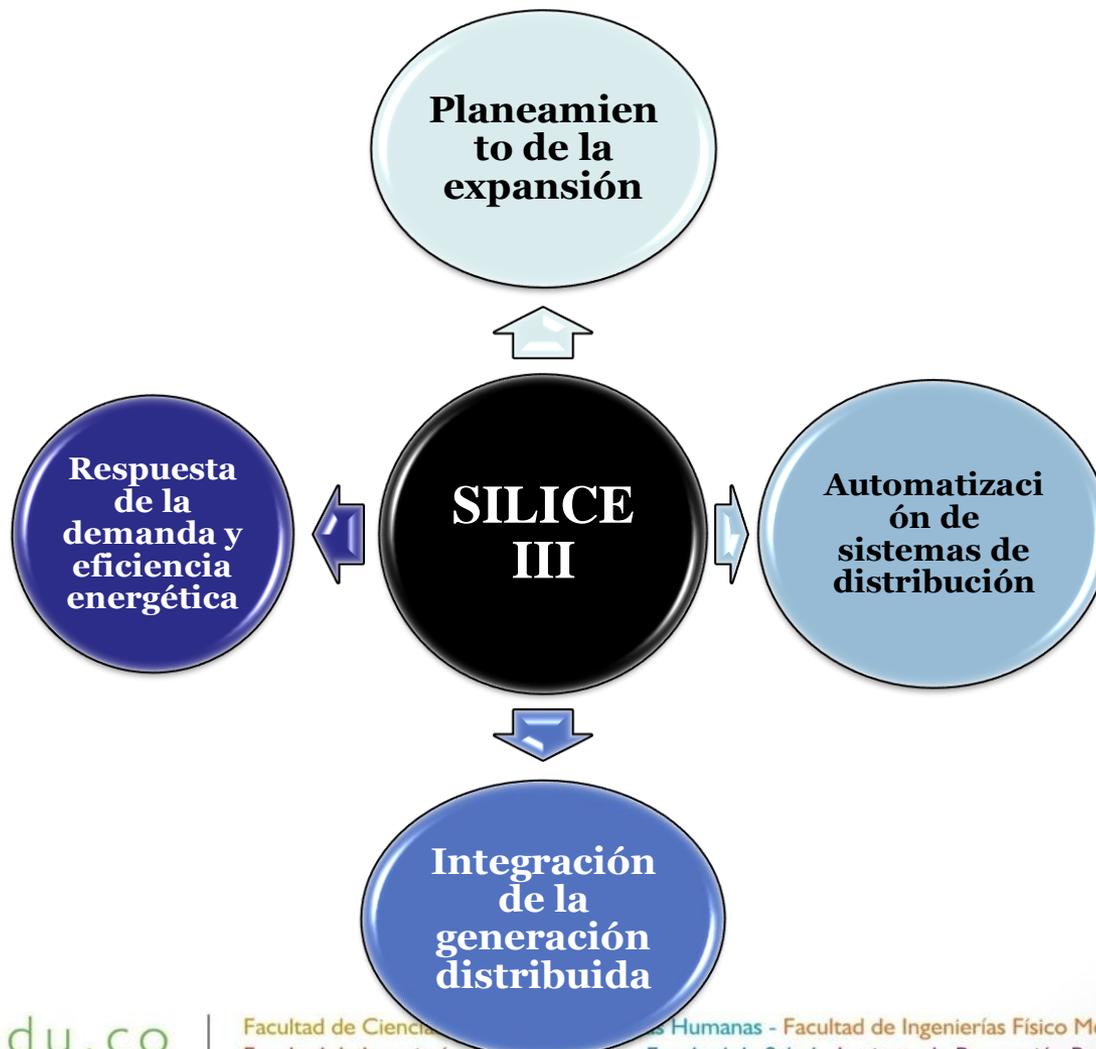
# Proyectos en ejecución



# Proyectos en ejecución



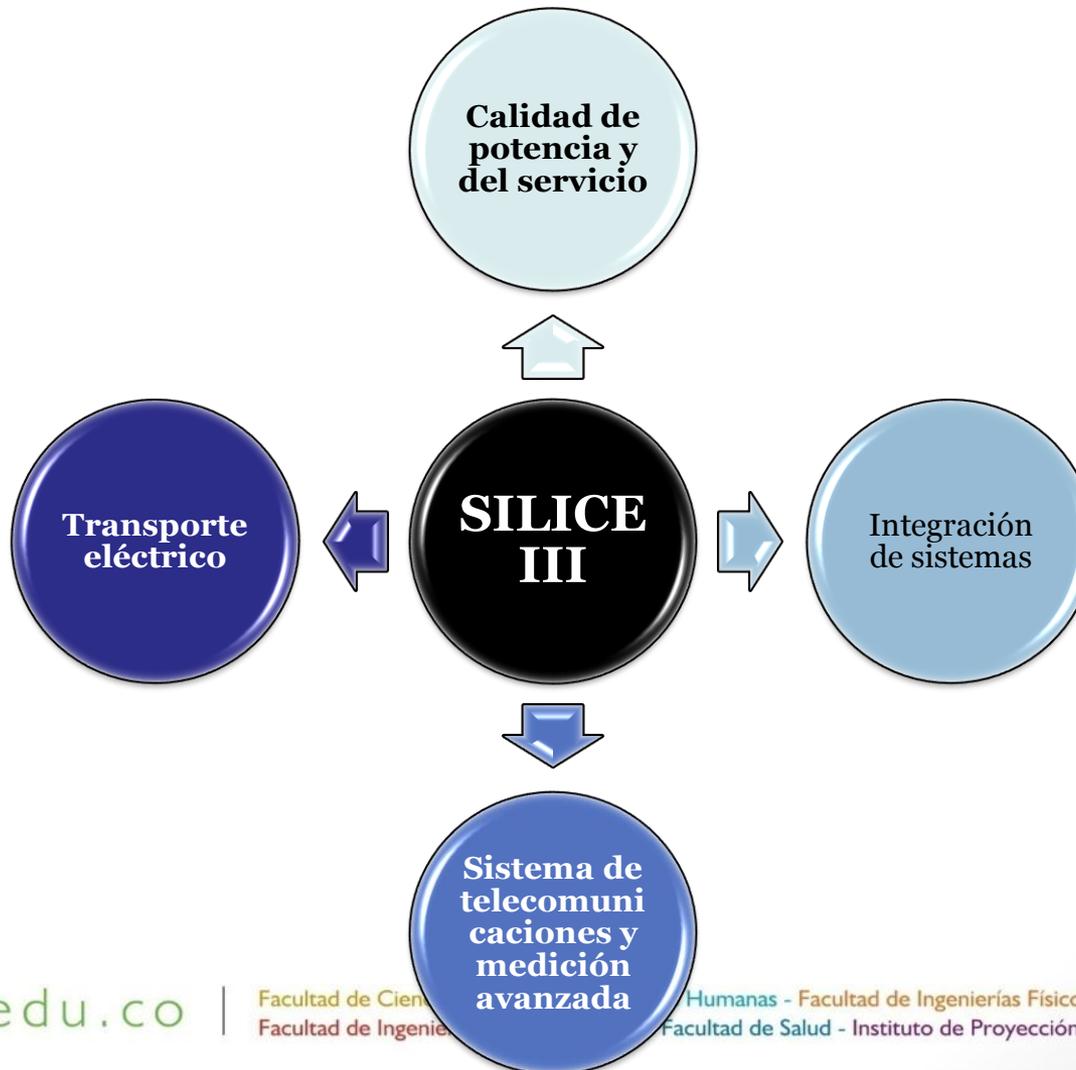
**CODENSA- UNAL- ANDES -UIS - COLCIENCIAS**



# Proyectos en ejecución



**CODENSA- UNAL- ANDES -UIS - COLCIENCIAS**



# Proyectos en ejecución



## Hacia una ciudad inteligente: diseño de una micro red inteligente piloto Proyecto SILICE III

Diseñar una red inteligente piloto en un circuito de media tensión, que incluya aplicaciones de generación distribuida, almacenamiento, eficiencia energética, medición avanzada, respuesta de la demanda y vehículos eléctricos con las herramientas tecnológicas de soporte como control, telecomunicaciones, manejo de información y de datos.



# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Hacia una ciudad inteligente: diseño de una micro red inteligente piloto Proyecto SILICE III

### Respuesta de la demanda y eficiencia energética

Diseñar y modelar una red inteligente doméstica (smart home) que incluya aplicaciones de micro generación distribuida, almacenamiento local, uso eficiente de la energía, infraestructura de medición avanzada, puertos y artefactos inteligentes, domótica, con herramientas de soporte como telecomunicaciones y caracterización de las actividades humanas en ámbitos domésticos.

Definición de usuarios típicos residenciales por estrato socioeconómico de acuerdo al análisis de la oferta inmobiliaria y los datos de consumo de energía..

Definición de dos escenarios de gestión energética residencial en función de la topología, los equipos y los estratos socioeconómicos.

Definición de una alternativa para el sistema de medición avanzado con opción de incorporación de fuentes de generación alternativas locales como los sistemas fotovoltaicos y el vehículo eléctrico, así como las fuentes tradicionales como las plantas de emergencia.

# Proyectos en ejecución

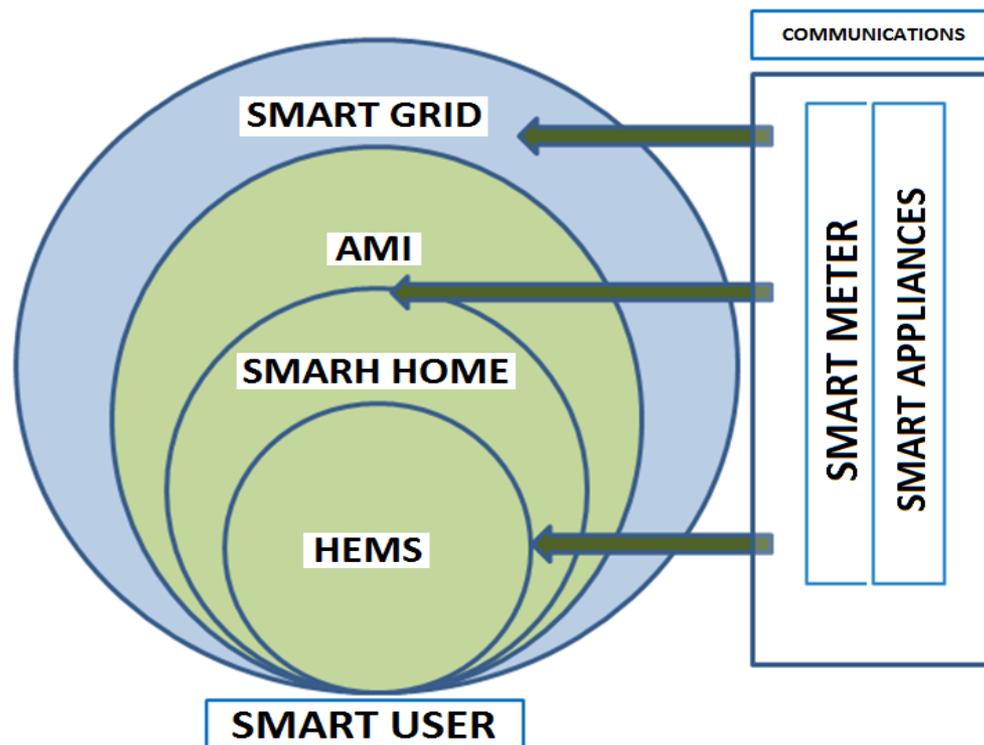


CONSTRUIMOS FUTURO

## Hacia una ciudad inteligente: diseño de una micro red inteligente piloto Proyecto SILICE III

### Gestión energética residencial en el ámbito de una Smart Grid

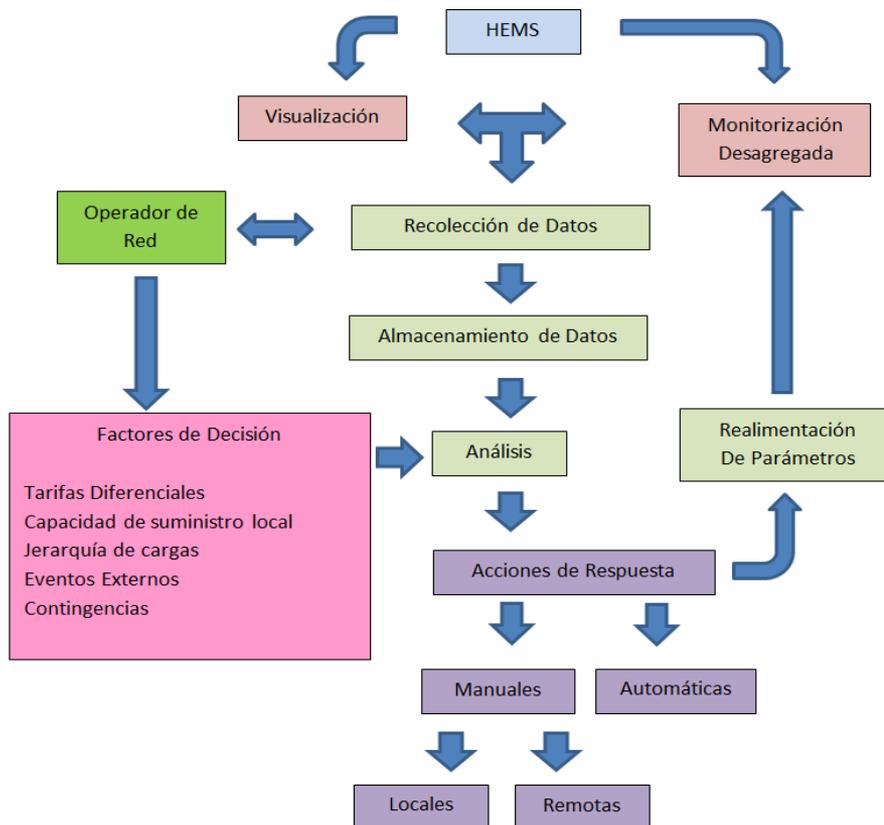
La tecnología de las redes inteligentes no supone restricciones tecnológicas importantes tanto como las de carácter legal, normativo y cultural.



# Proyectos en ejecución



## Hacia una ciudad inteligente: diseño de una micro red inteligente piloto Proyecto SILICE III



### MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL

Basado en la submedición por circuito de acuerdo a la distribución genérica de cargas para unidades residenciales típicas.

Electrodomésticos inteligentes  
Almacenamiento local de energía  
Modelos computacionales  
Fuentes de respaldo energético  
Tarifa diferencial

# Proyectos en ejecución



## Smart Grid: Microrredes

### Smart Grid

- Se refiere a la modernización del sistema eléctrico actual.
- Integra generadores y consumidores.
- Suministro eficiente, económico y seguro.
- Requiere de una modernización de la transmisión y la distribución.
- Integración de «pequeños sistemas de potencia»

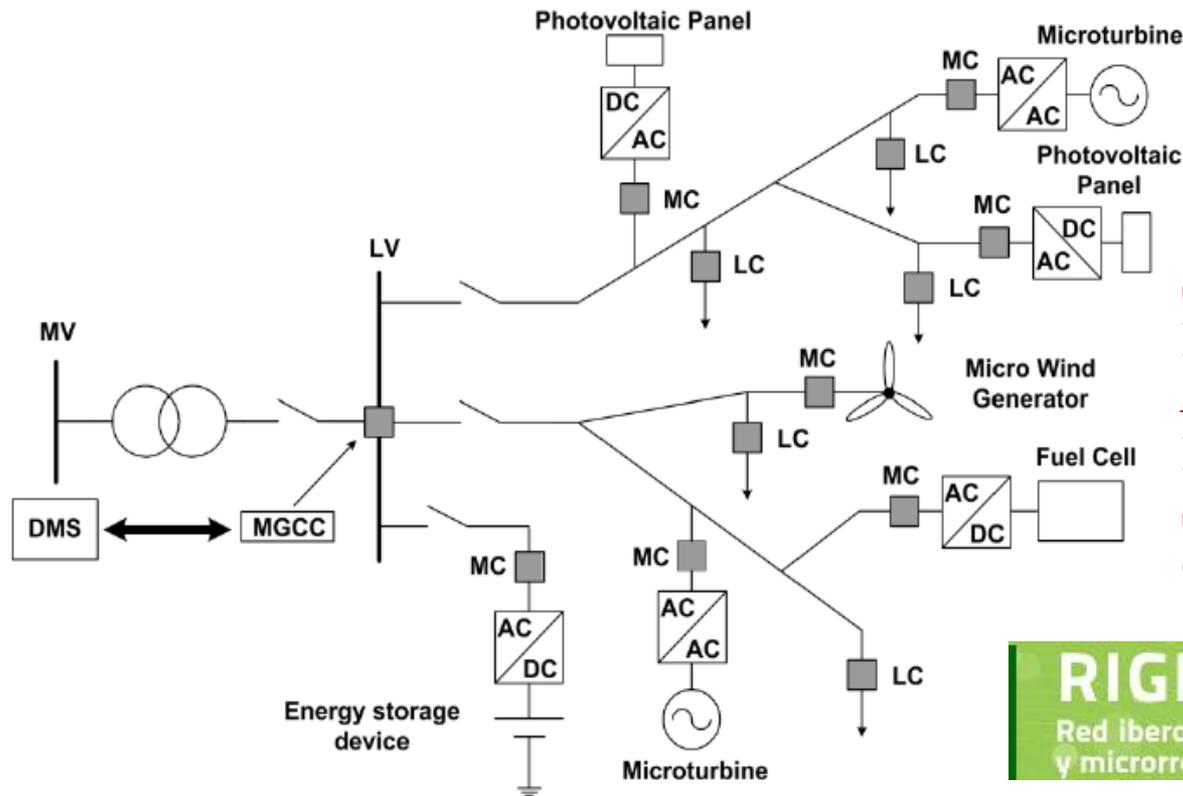
### Microgrid

- Red eléctrica integrada.
- Incorpora generación distribuida: principalmente energías renovables.
- Elementos de almacenamiento de energía.
- Funcionamiento aislado y con conexión a la red
- Infraestructura de medición avanzada.

# Proyectos en ejecución



## Estructura típica de una micro-red



**Sistema de potencia**  
**Fuentes de energía**  
**Almacenamiento de energía**  
**Electrónica de potencia**  
**Sistemas de control**  
**Comunicaciones**

**RIGMEI**

Red iberoamericana de generación distribuida  
 y microrredes eléctricas inteligentes

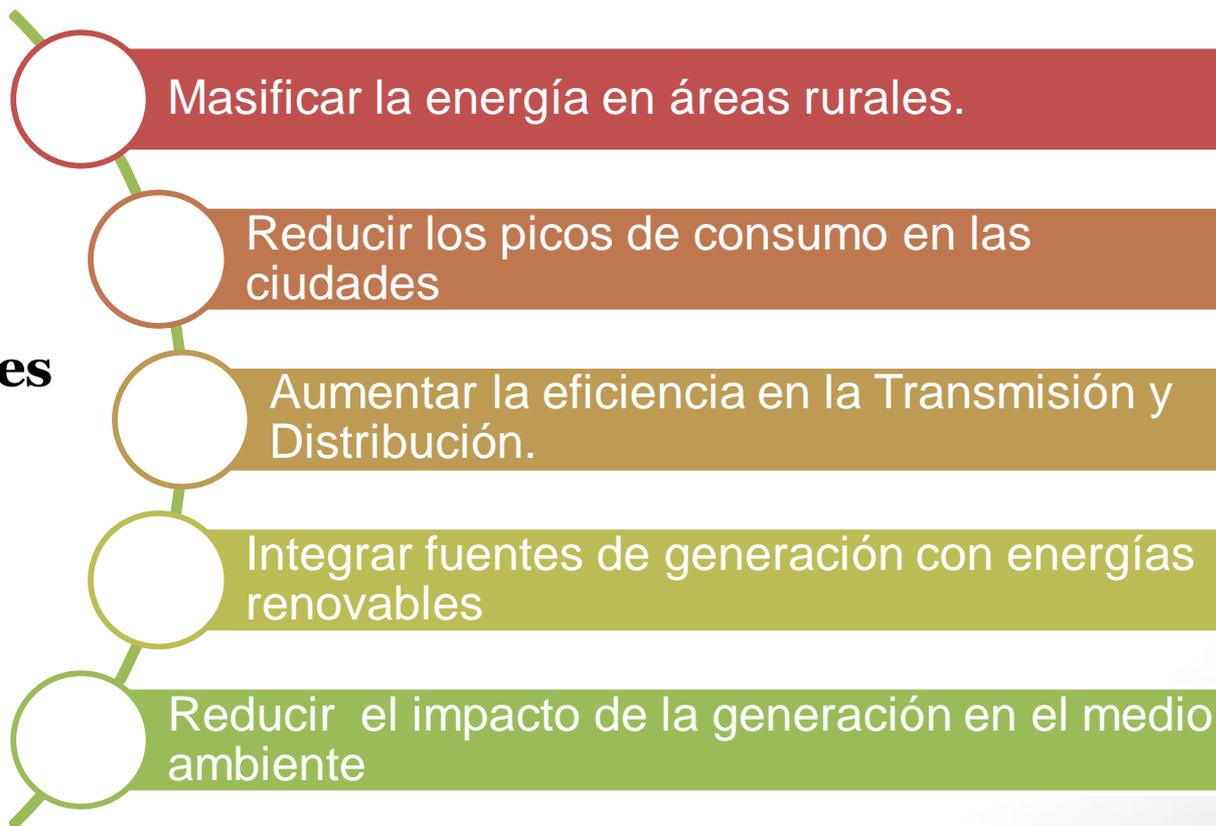
C.L. Moreira and J.A Peças Lopes, Microgrids operation and control under emergency conditions, chapter 12 of the book A. Keyhani and Marwali (eds.), Smart power grids, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2011.

# Proyectos en ejecución



## Smart Grid: Microrredes

**A futuro las microrredes permitirán...**

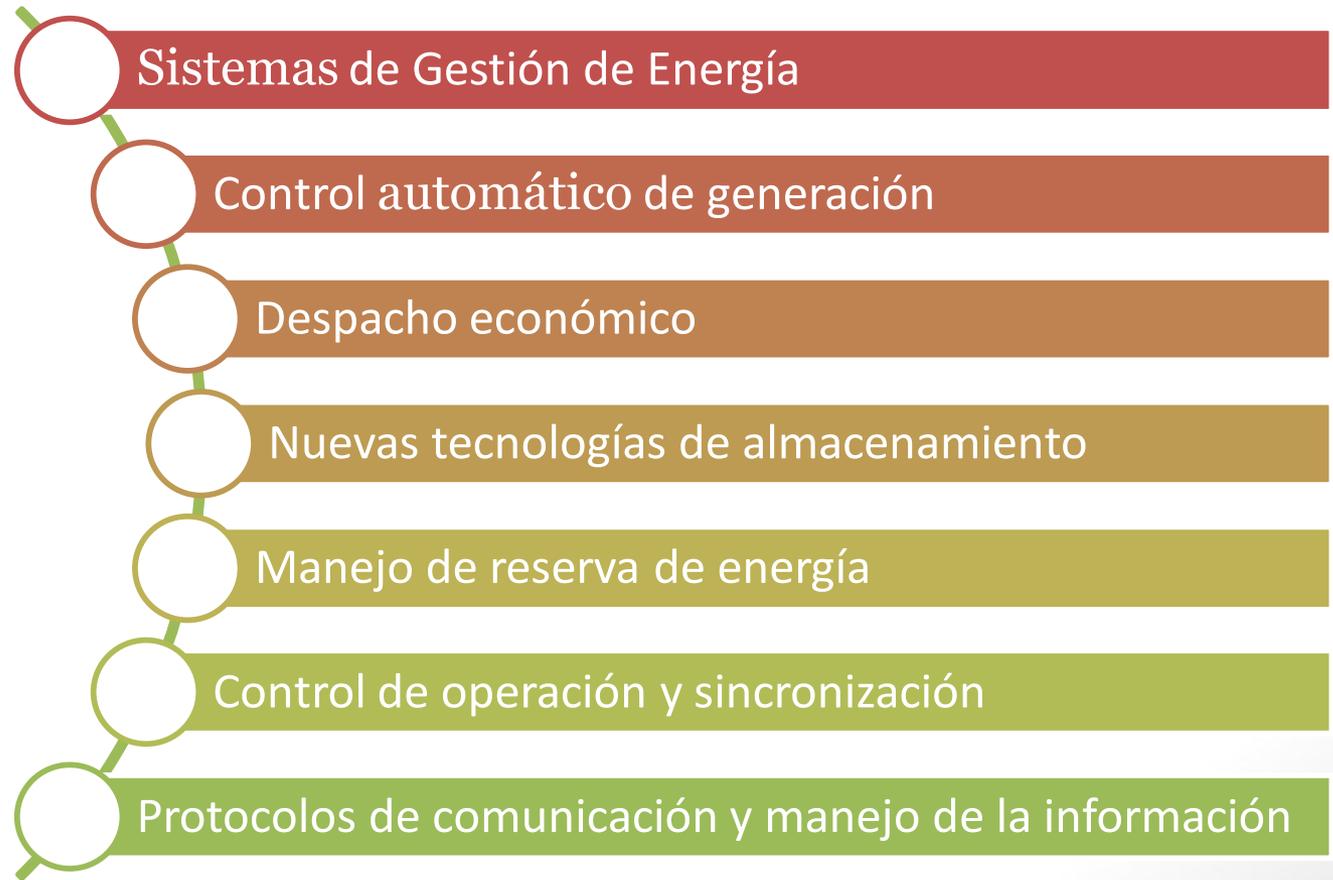


# Proyectos en ejecución



## Smart Grid: Microrredes

**Aún se requiere desarrollo en temáticas como...**



# Proyectos en ejecución



## Smart Grid: Microrredes

*Aumento de la eficiencia de operación y confiabilidad de suministro*

Los desarrollos en sistemas de gestión de energía, deben garantizar una operación de acuerdo al estado actual del mercado de energía, diferenciando tarifas de energía y priorizando la generación en sitio, reduciendo costos y aumentando la fiabilidad.



*Control de operación y reconfiguración ante desbalances en el sistema*

Los sistemas de control, deberán responder antes desbalances en la tensión o frecuencia del sistema, sin interrumpir el suministro.

# Proyectos en ejecución



## Smart Grid: Microrredes

*Aplicación de criterios de uso racional y eficiente de la energía:*

Las microrredes se caracterizan por integrar al usuario activamente en la operación, permitiendo el desarrollo del concepto «smart consumer».

*Integración de fuentes no convencionales de energía:*

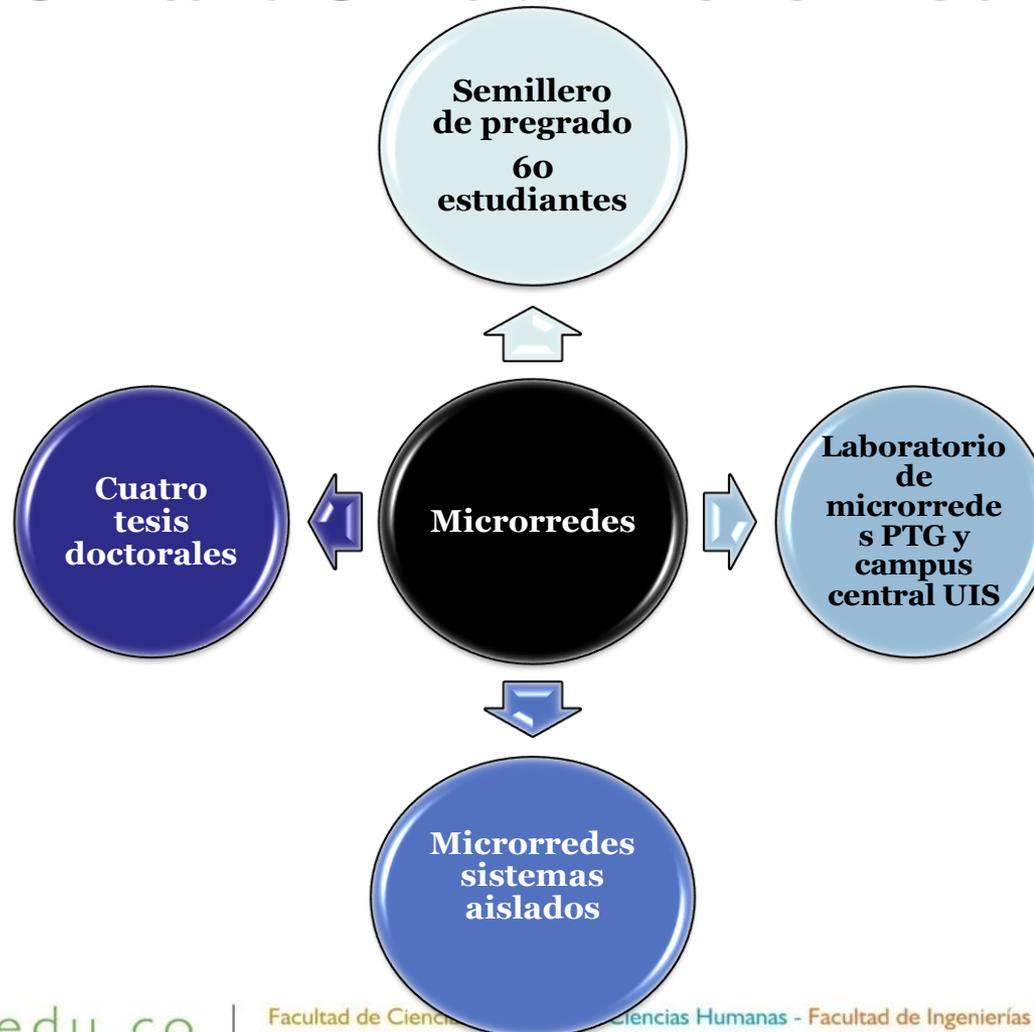
Al aprovechar al máximo los recursos energéticos disponibles en la zona cercana, las micro-redes permitirán integrar la generación con energías renovables, y ser base de todo el desarrollo tecnológico que se requiera para lo operación e integración de estos sistemas.



# Proyectos en ejecución



## Smart Grid: Microrredes



# Proyectos en ejecución



## Monitorización No Intrusiva de Carga (NILM)

- Obtención automática de información individual de los equipos.
- Menores esfuerzos de hardware: instalar un único sensor en lugar de tener sensores dedicados por aparatos.
- Procesamiento de señales y modelado matemático

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Monitorización No Intrusiva de Carga (NILM)

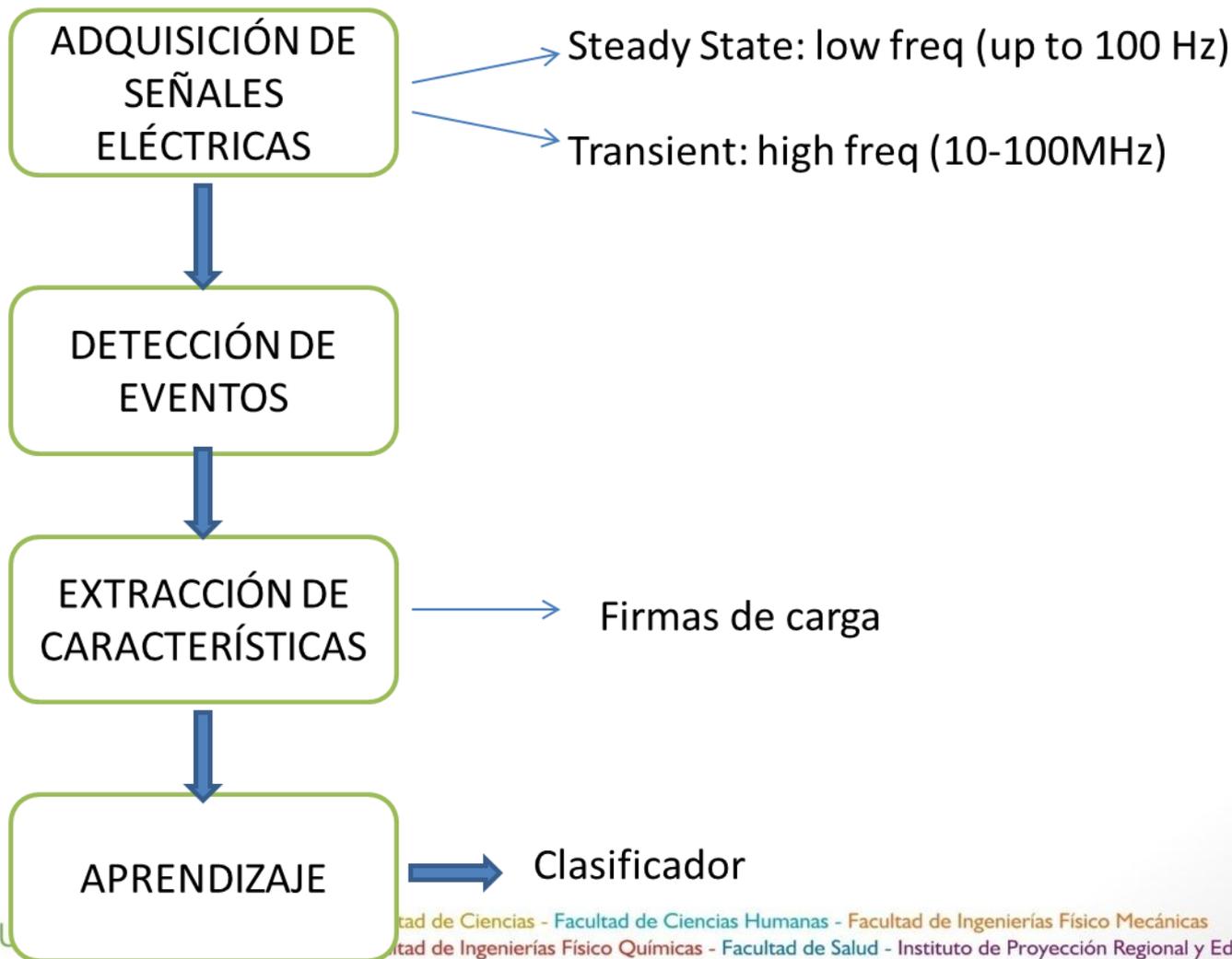
BASADO EN EVENTOS	NO BASADO EN EVENTOS
Detectar => clasificar	Detectar y clasificar al mismo tiempo
Enfoque discriminativo	Enfoque probabilístico
Decisiones secuenciales	Decisiones globales
TÉCNICAS: •Reconocimiento de Patrones •Optimización	TÉCNICAS: Probabilísticas
Preferiblemente medidores de alta frecuencia	Medidores de baja frecuencia

# Proyectos en ejecución



CONSTRUIMOS FUTURO

## Monitorización No Intrusiva de Carga (NILM)



# Proyectos en ejecución



## Monitorización No Intrusiva de Carga (NILM)

Los sistemas NILM pueden suministrar información detallada para:

### CONSUMIDORES

Recomendaciones personalizadas para mejorar comportamiento energético

### EMPRESAS PROVEEDORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Información para: desconexión de cargas, desagregación de facturas, predicción de carga, programas de gestión de demanda

### ESCO

Herramientas para auditorías energéticas, ISO 50001

### GOBIERNO Y OTROS

Legislación y Regulación

# Monografías



## Posible temáticas

### Monitorización no intrusiva de carga (NILM)

- Monitorización de funcionamiento de equipos
- Inferencia de ocupación y actividad
- Realimentación de consumo energético
- Gestión de la demanda
- Asignación de responsabilidad de perturbaciones de la calidad de la energía
- Detección de pérdidas no técnicas o “negras”

# Monografías



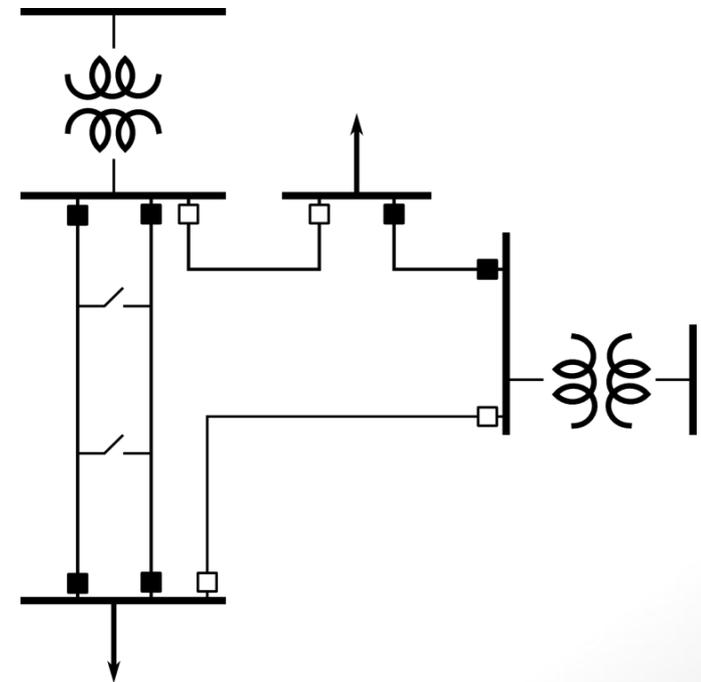
## Posible temáticas

La continuidad del servicio es fundamental:

- Operación radial pero con múltiples suplencias
- Líneas en paralelo con suplencias entre ellas cada cierta distancia

Estas características ofrecen oportunidades para:

- Diseño óptimo de sistemas de distribución
- Reconfiguración al interior del sistema de distribución y teniendo en cuenta sistemas de distribución adyacentes
- Disminución de tiempos de restablecimiento del sistema



# Monografías



## Posible temáticas

### Gestión de confiabilidad a través de microrredes: Reconfiguración automática del sistema

#### *Pasiva - estudio de la estabilidad*

Dada una serie de fuentes de energía locales y un factor de confiabilidad deseado, diseñar o rediseñar el actual sistema de distribución de manera que cumpla con los parámetros requeridos

#### *Activa - estudio de la resiliencia*

- Local: Ante una perturbación dentro del sistema de distribución encontrar y aplicar en tiempo real la configuración que minimiza la energía no suministrada
- Global: Gestionar recursos de sistemas de distribución adyacentes para minimizar la energía no suministrada

# Monografías



## Posible temáticas

### Gestión de confiabilidad a través de microrredes: Reconfiguración automática del sistema

*Gestión de la energía al interior de la microred para minimizar el riesgo*

La operación de una microred es más eficiente por la disponibilidad de energía en el centro de consumo. No obstante, la incertidumbre por la intermitencia de las FNCE puede afectar :

- Los costos mínimos de operación en un sistema interconectado
- La mínima energía no suministrada en un sistema aislado

*Localización de fallas en sistemas de distribución*

Para reducir los tiempos de restablecimiento, es clave la localización de fallas en sistemas de distribución en tiempo real con la menor cantidad de medidores posible. Menores tiempos de interrupción disminuyen la cantidad de energía no suministrada, menores puntos de observación disminuyen los costos de implementación

# Monografías



## Posible temáticas

- Detección y localización de fallas de red utilizando PMUs en sistemas de energía eléctrica.
- Impacto de los modelos de carga y de red en la estimación de estado de la calidad de potencia en sistemas de energía eléctrica.
- Localización de fallas utilizando la estimación de estado de la calidad de la potencia en sistemas de energía eléctrica.
- Optimización aplicada a la ubicación y selección del número de monitores de calidad de potencia en sistemas de energía eléctrica.

# Monografías



## Posible temáticas

- Optimización aplicada a la ubicación y selección del número de PMUs en sistemas de energía eléctrica.
- Optimización aplicada a la ubicación y selección del número de monitores para la estimación de estado de armónicos en sistemas de energía eléctrica.
- Optimización aplicada a la integración de PMUs con mediciones convencionales para la estimación de estado y la observabilidad de fallas de sistemas de energía eléctrica.

# Monografías

## Posible temáticas



- Viabilidad técnica y financiera de la integración de generación renovable en sitio según la disposición específica del sistema de distribución del Área Metropolitana de Bucaramanga
- Revisión normativa y reglamentaria de la integración de generación renovable a los sistemas de distribución según los principales sistemas eléctricos de América Latina.
- Impacto de edificaciones verdes en la planificación de los sistemas de distribución debido al menor consumo energético y a la variación de la curva de demanda energética característica.

# Monografías



## Posible temáticas

**SINTESIS DE NUEVOS MATERIALES EMPLEADOS EN CELDAS SOLARES DE MENOR COSTO Y MENOR IMPACTO AMBIENTAL**

Se propone investigar los compuestos  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  (CZTS) y  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$  (CZTSe), los cuales hacen parte de nuevos materiales fotovoltaicos que están siendo muy estudiados actualmente debido a sus excelentes propiedades fotovoltaicas y a que sus elementos precursores son abundantes en la naturaleza, de bajo costo y no tóxicos.

La síntesis de los materiales será mediante “*spin coating*”, un método que no emplea sistemas de vacío y que permite fácilmente hacer transito a nivel comercial.