

Proyecto

**DIGITALIZACIÓN**

El valor de la digitalización en  
las redes eléctricas

Esther Torres

Pablo Eguia

Bilbao, 13 Julio 2021



[www.ehu.eus/gisel](http://www.ehu.eus/gisel)

eman ta zabal zazu



Universidad  
del País Vasco

Euskal Herriko  
Unibertsitatea

NAZIOARTEKO  
BIKAINASUN  
CAMPUSA

CAMPUS DE  
EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

# Índice

- ¿Qué es la digitalización?
- La digitalización del sector eléctrico
- Impacto de la digitalización en el consumidor
- Impacto de la digitalización en la red
- Otros impactos
- Conclusiones

# Introducción

- Definición de digitalización
- La digitalización en el sector eléctrico
- Análisis coste-beneficio

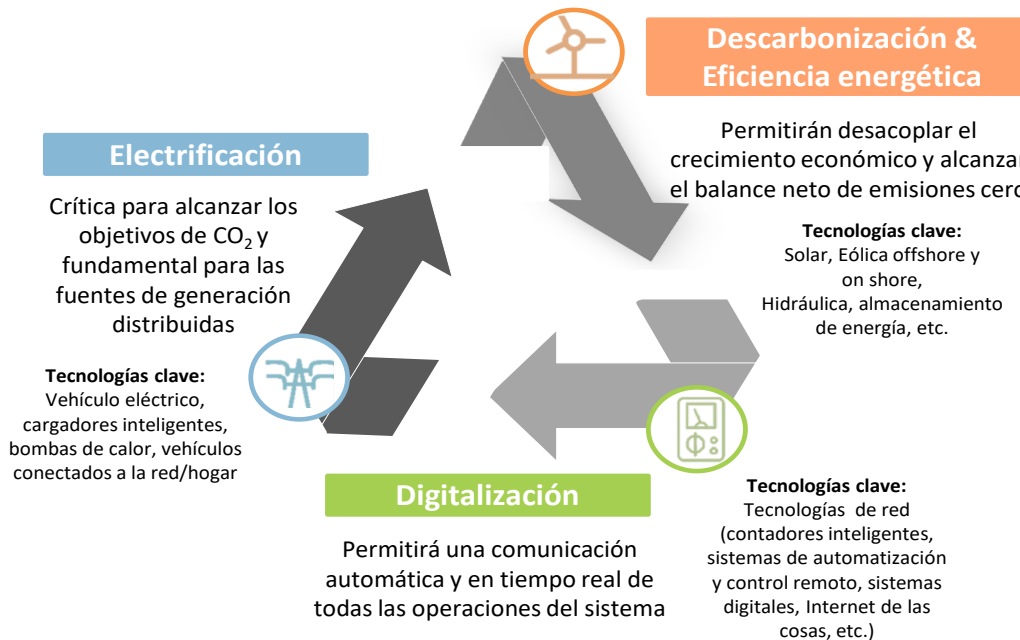
## Definición de digitalización

- Uso de tecnologías digitales para transformar un modelo de negocio y proporcionar nuevas oportunidades de beneficio y de producción de valor. Actualmente engloba nuevos conceptos (internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial (IA), etc.)
- **Aceleradores:** Reducción de coste de sensores, capacidad de cálculo y almacenamiento de datos, aumento de velocidad en redes de comunicación
- **Beneficios:** mejora en la operación, predicción y prevención de fallos, reducción del ciclo de diseño, mayor contacto con el cliente, etc.
- **Cuarta Revolución Industrial, Industria 4.0**

# La digitalización en el sector eléctrico

**Oportunidad de transformación:** modelo energético sostenible basado en la concienciación ambiental, la integración de las energías renovables y la orientación al cliente

- Superar los retos del sector eléctrico (incremento de renovables, generación descentralizada, eficiencia energética) mediante el aumento de la inteligencia de la red
- Cubrir las necesidades del cliente activo
- Integrar y potenciar nuevos modelos de negocio eficientes y de creación de valor



# La digitalización en el sector eléctrico

Iniciativas digitales más prometedoras [WEF 2016]:

- Gestión del ciclo de vida de los activos
- Optimización y agregación de la red
- Servicios integrados al consumidor
- Otros servicios más allá del electrón



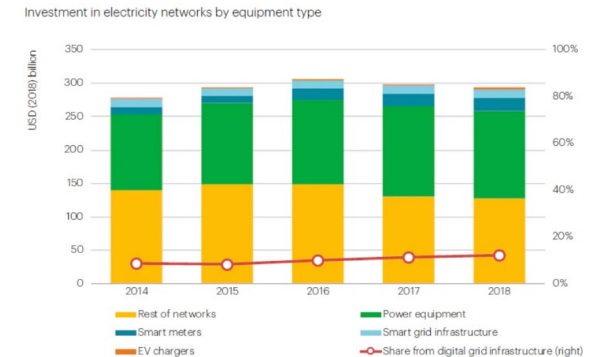
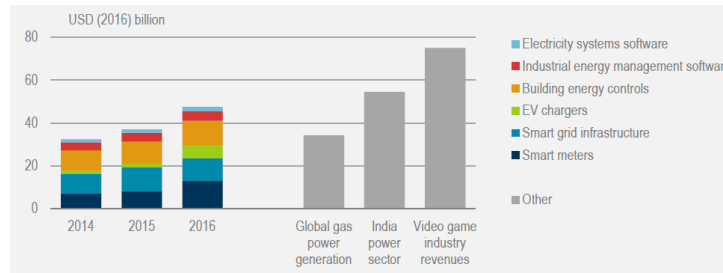
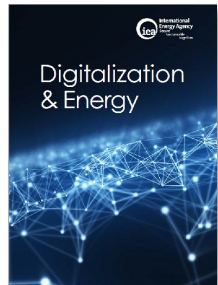
*Digital Transformation of Industries: Electricity*  
World Economic Forum, 2016

Las inversiones se han concentrado de forma tradicional en la generación y el transporte, por lo que el efecto de la digitalización será más notable en las redes de distribución



# Análisis coste-beneficio de digitalizar el sector eléctrico

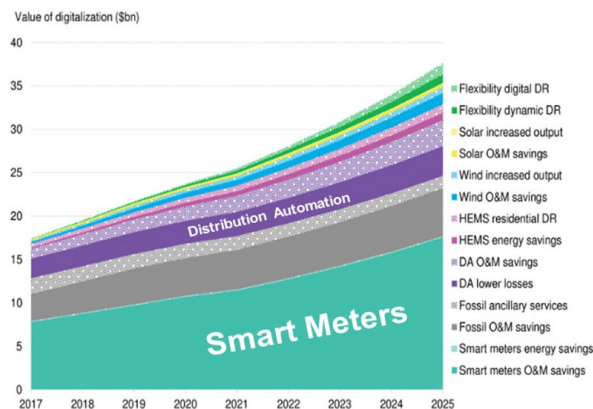
- Inversión en digitalización:



“Digitalization & Energy”, IEA: aumento del 20% entre 2014 y 2016, 47 billones de dólares en 2016

“World Energy Investment 2019”, IEA: 50 billones de dólares en 2018 (20% de la inversión total en redes eléctricas)

- Beneficio de la digitalización:



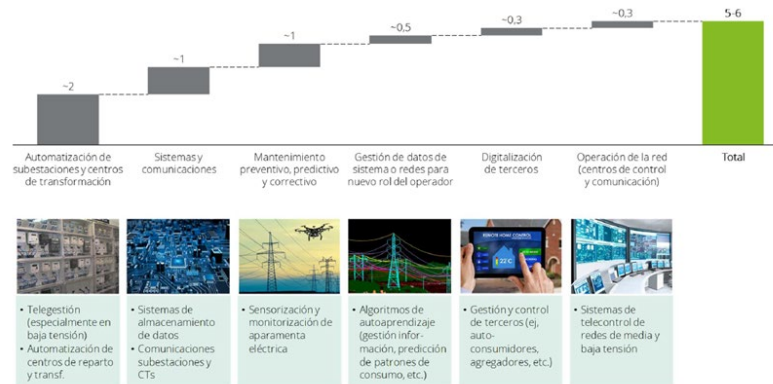
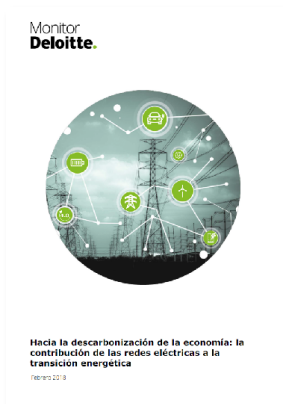
Bloomberg New Energy Finance: 38 billones de dólares en ahorros y nuevos ingresos

<https://about.bnef.com/blog/digitalization-provide-38b-benefits-energy/>



# Análisis coste-beneficio de digitalizar el sector eléctrico

- Análisis por tecnologías

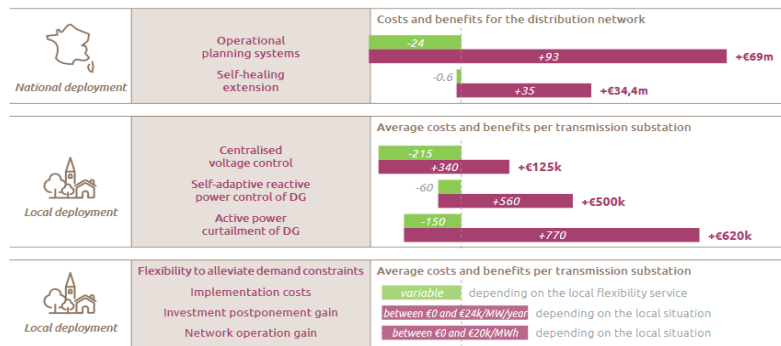


España: inversión en digitalización y automatización hasta 2030 de 5—6 miles de millones de € (~18% de la inversión en redes para cumplir los objetivos medioambientales)

Fuente: Monitor Deloitte



Benefits and costs of the solutions studied up to 2030



Francia: beneficio de 100 millones de € hasta 2030 como resultado de la inversión en redes inteligentes

Fuente: Enedis

■ Costs: assets, development, curtailed energy ...  
 ■ Benefits: diminution of lost load/curtailment, postponed investments

De los estudios analizados se concluye que los beneficios de la digitalización son de difícil y dispersa cuantificación





## **Impacto en el consumidor**

- El contador inteligente
- Calidad de suministro
- El hogar inteligente
- Big data

## Impacto de la digitalización en el consumidor

- Transformación del consumidor: Más **informado y conectado**
  - Acceso a la información desde cualquier dispositivo
  - Comunicación bidireccional y trato personalizado
  - Protección de su privacidad y control de sus datos
- Desarrollo del autoconsumo: **Prosumidor**
  - Consumidor y generador de energía
  - Adaptación a precios horarios mediante la incorporación de almacenamiento y aparatos inteligentes
- Factor de diferenciación: capacidad de adaptarse a las necesidades de un cliente más sofisticado y con requisitos cambiantes
  - Satisfacer las expectativas del nuevo consumidor
  - Aumentar la participación del consumidor en el sistema eléctrico

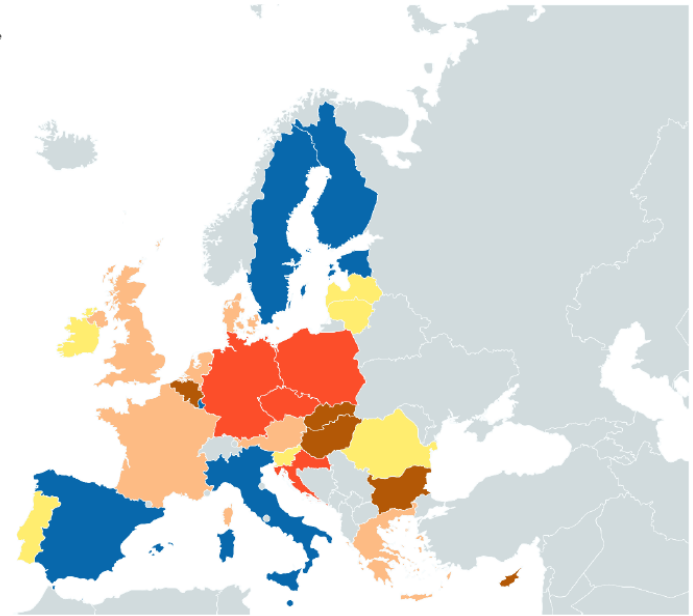
**El contador inteligente, los sistemas de gestión de la demanda y los productos digitalizados son clave en el desarrollo de nuevos servicios al cliente**



# El contador inteligente en Europa

- Despliegue del contador inteligente:
  - Directiva 2009/72/EC: condicionado por resultado CBA. Si positivo, despliegue del 80% de los contadores para 2020
  - Directiva (UE) 2019/944: Revisión de CBA cada 4 años si negativo. Despliegue del 80% de contadores en 7 años desde evaluación positiva

Target period for a wide-scale rollout of electricity smart meters



Created with escharts.net

Previsión de cuota de penetración del 80% [Tractebel, 2019]

## ***Cost-benefit analyses & state of play of smart metering deployment in the EU-27 (EU, 2014):***

195 millones de contadores inteligentes a instalar hasta 2020 (~ 72% de consumidores europeos) con inversión acumulada de 35 millones €

***European smart metering benchmark (Tractebel, 2019):*** 99 millones de contadores instalados hasta 2018 (~ 34%). Penetración prevista del 42,5% en 2020 y 84% en 2024

**Informe sobre el seguimiento del plan de sustitución de contadores (CNMC, 2020):** 99,64% de contadores sustituidos en España hasta diciembre de 2020 (27,37 millones de contadores)



## El contador inteligente

- Características funcionales mínimas (Recomendación 2012/148/UE relativa a los preparativos para el despliegue de los sistemas de contador inteligente):
  - Para el cliente
    - a) proporcionar lecturas directamente al cliente
    - b) actualizar las lecturas con frecuencia suficiente (mínimo 15 minutos)
  - Para el operador de la medición:
    - c) permitir la lectura de contadores a distancia
    - d) comunicación en ambos sentidos
    - e) realización de lecturas con frecuencia suficiente
  - Para los aspectos comerciales del suministro de energía
    - f) aceptar sistemas de tarificación avanzados
    - g) permitir el control a distancia del encendido/apagado del suministro y/o la limitación de la potencia
  - Para la seguridad y protección de los datos
    - h) proporcionar unas comunicaciones de datos seguras
    - i) Prevención y detección de fraude
  - Para la generación distribuida
    - j) facilitar la importación/exportación y la medición de reactiva

Ante el debate sobre qué funcionalidad debe tener a futuro el contador inteligente, lo más razonable es tener presente que se trata de un dispositivo oficial de medida y no de un instrumento de control. No debería por tanto recurrirse al contador inteligente para realizar funciones que se pueden vehicular de manera más eficaz por la vía de la domótica o a través de agregadores

## El contador inteligente

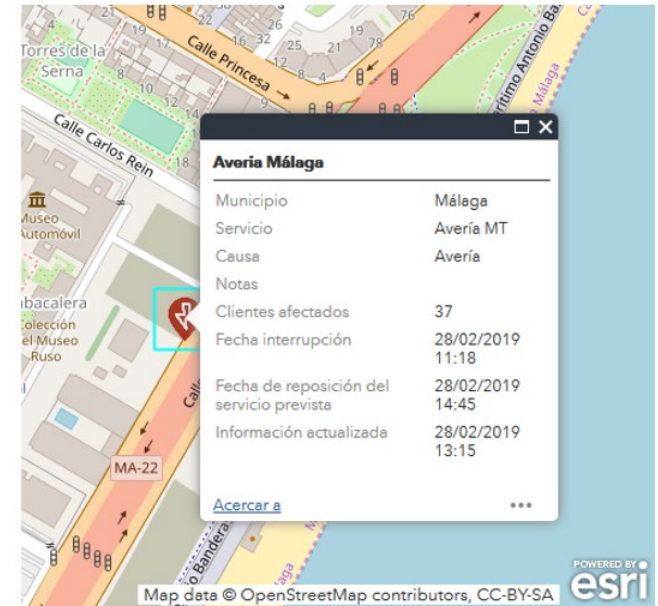
- Además de su función como instrumento de medida, el contador puede actuar como elemento sensor en la red:
  - Detección y localización más rápida de averías
  - Redes de distribución MT y BT más eficientes
  - Control a distancia del punto de suministro
- Facilita al consumidor la gestión de su consumo eléctrico:
  - Realización y/o programación de mediciones instantáneas
  - Estimación de potencia máxima necesaria
  - Información de consumo (horario, diario, semanal y mensual)
  - Comparación de consumo en distintos periodos
  - Solicitud de nuevo punto de suministro de forma remota
- Permite el desarrollo de nuevos servicios personalizados:
  - Envío de alertas y ofertas personalizadas adaptadas al consumo del cliente
  - Recomendaciones de eficiencia energética adaptadas a cada cliente
  - Asesoramiento y auditoría energética

**El beneficio económico para el consumidor dependerá de su implicación en el uso del contador, lo que puede facilitarse mediante un plan de concienciación**



## Calidad de suministro

- Detección y resolución de incidencias con mayor rapidez, compartiendo la información con el cliente
- Tecnologías de redes inteligentes: mayor nivel de calidad a costa de una operación más compleja
- Nuevos problemas de compatibilidad: aumento de distorsión en el rango 2-150 kHz (supra-armónicos)
- Nuevas formas de demanda y generación: mayor variabilidad en las condiciones de operación del sistema. Deterioro de la calidad si no hay una gestión adecuada



<https://www.edistribucion.com/es/averias.html>

**La relevancia de la calidad de suministro será mayor en las futuras redes eléctricas**



## Hogar inteligente (Smart Home)

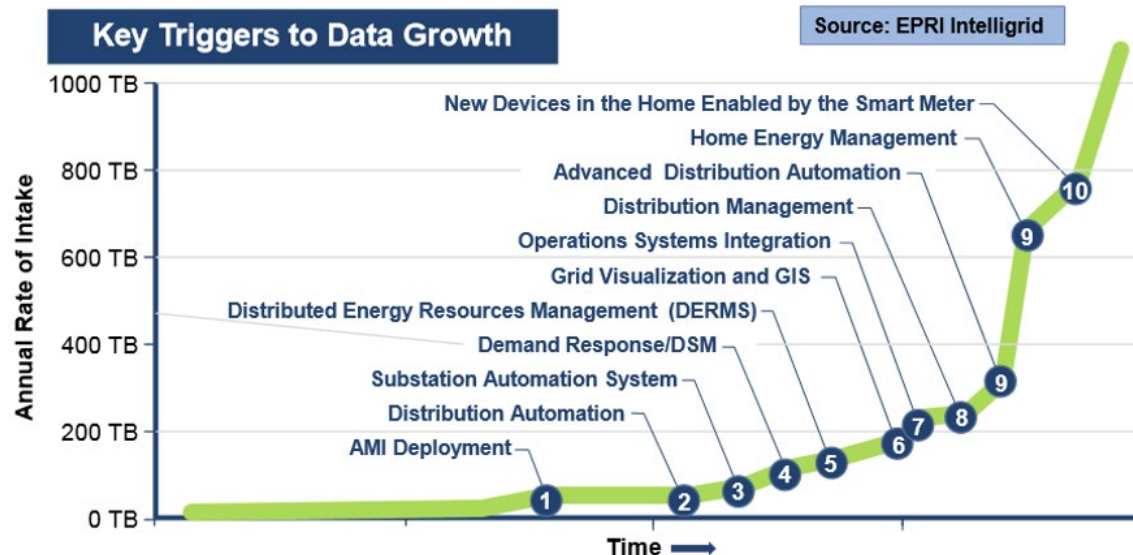
- Amplia oferta de dispositivos: electrodomésticos, iluminación, calefacción, climatización, seguridad, etc.
  - Tendencia actual: integración de control mediante voz, inteligencia artificial y aprendizaje automático para mejorar/aumentar la interacción con el usuario
  - Barreras: coste elevado, falta de interoperabilidad, instalación compleja, problemas de usabilidad, preocupación por la privacidad y seguridad de los datos, etc.
- Beneficios para el consumidor:
  - Confort, seguridad y ahorro energético
- Beneficios para el sistema:
  - Contribución al ahorro de energía en el sector residencial
  - Aprovechamiento de la flexibilidad de la demanda doméstica (respuesta de la demanda)
  - Integración del autoconsumo fotovoltaico y el vehículo eléctrico
- Nuevos servicios y/o modelos de negocio:
  - Oferta de dispositivos por NYSEG, servicio re:dy de EDP, uso de Alexa como canal de comunicación por EDF Energy, etc.
  - Plataformas P2P centralizadas (Vandebrom, SonnenCommunity) o descentralizadas basadas en blockchain (LO3Energy, ELECTRON)

**La participación activa del consumidor en el sistema eléctrico a gran escala se implementará a través del contador inteligente y de aplicaciones digitales**



# Big Data

- Big Data: volumen masivo de datos estructurados y no estructurados que no pueden procesarse mediante técnicas tradicionales de análisis de bases de datos
- Nuevas fuentes de datos en el sistema eléctrico



*Solving big data challenges US Electric Utility Industry, Lockheed Martin*

- Análisis mediante técnicas de minería de datos para extraer valor de los datos

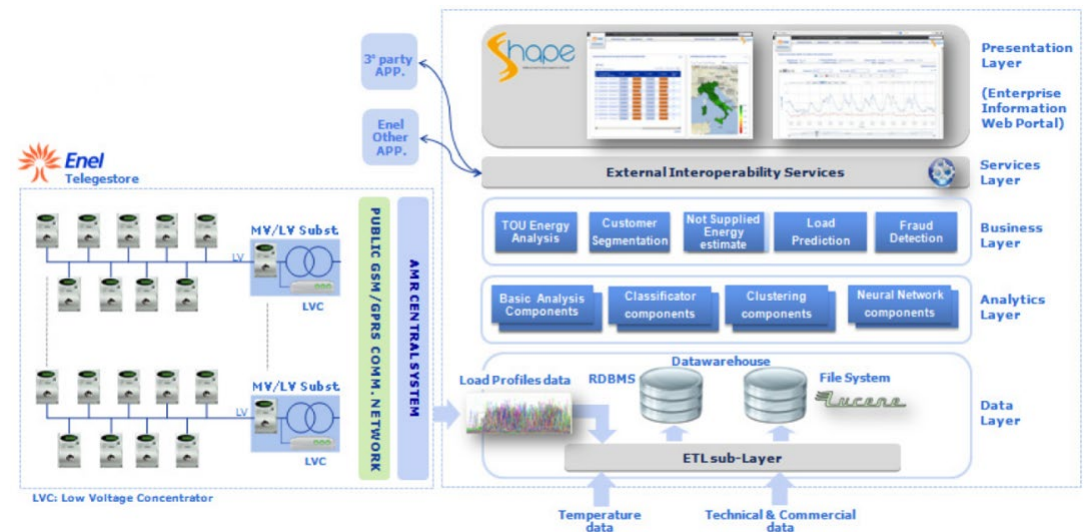




# Big Data

- Los datos de los contadores inteligentes pueden ser procesados junto con otros datos (socioeconómicos y demográficos, geográficos, meteorológicos, etc.). Aplicaciones:
  - Desagregación de consumo eléctrico por aplicación
  - Segmentación de clientes
  - Tratamiento personalizado de clientes
  - Respuesta de la demanda
  - Predicción de la demanda
  - Detección de fraude

Plataforma SHAPE (Statistical Hybrid Analysis for load Profile) de ENEL



- Soluciones SaaS de inteligencia artificial basadas en la nube para el análisis de los datos de los contadores inteligentes (Innowatts, Opower, etc.)
- Las empresas distribuidoras y suministradoras con acceso a datos de cliente deberán estar sometidas a normas estrictas de respeto a la seguridad y privacidad de la información

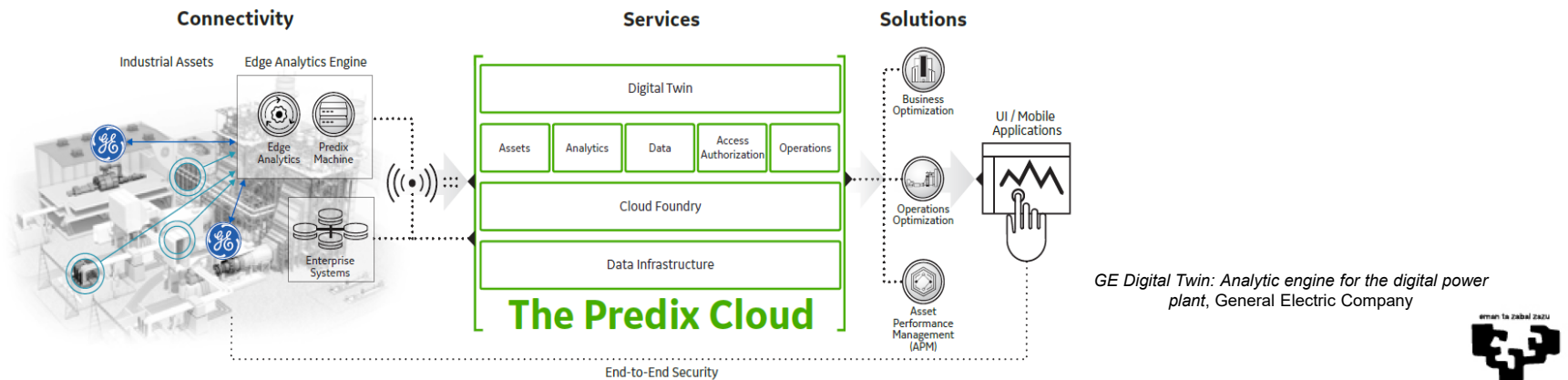


## **Impacto en la red**

- Operación
- Integración de recursos distribuidos
- Operador del Sistema de Distribución (DSO)
- Microrredes
- Corriente continua

# Sensorización y simulación

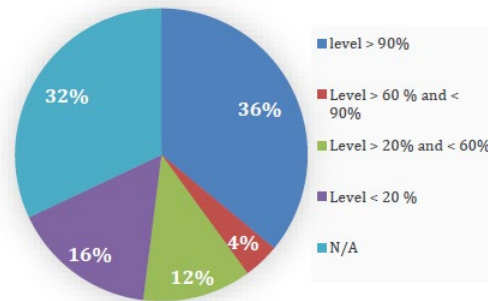
- Aumento de la monitorización en redes de distribución de MT y BT:
  - Tecnología IoT de bajo coste
  - Medidas del contador inteligente
  - Nuevos productos: interruptor digital, sensores de ampacidad, transformadores de medida no convencionales,  $\mu$ PMU (Micro Phasor Measurement Unit), etc.
- Gemelo digital:
  - Análisis de datos de sensores mediante técnicas de big data e inteligencia artificial
  - Réplica digital de un activo físico
  - Aplicaciones avanzadas para operación y mantenimiento



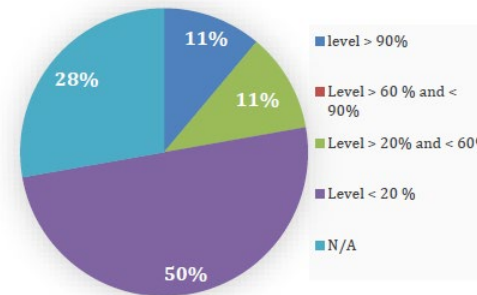
# Sensorización y simulación

- Control y automatización de la red de distribución. Cuestionario del JWG C6/B5.25/CIREN<sup>(1)</sup> (respuestas de 36 DSOs)
  - Control y automatización de la red: superior al 60% en MT (40% DSOs), limitada todavía en BT
  - Monitorización de CTs: inferior al 20% (50% DSOs)

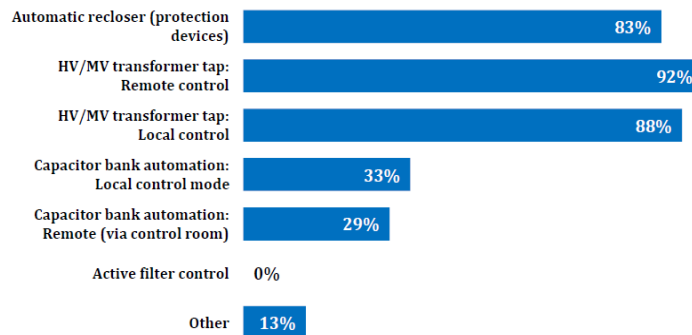
Automatización en MT



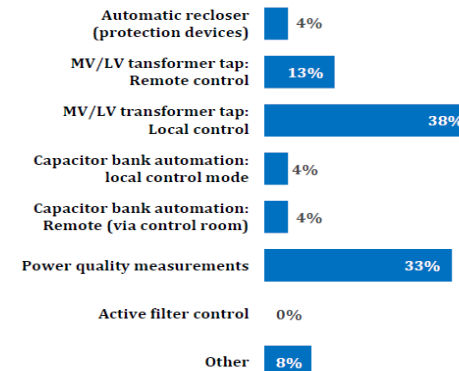
Monitorización de CTs



Tecnologías de automatización MT



Tecnologías de automatización BT



**Hay un amplio margen de mejora en MT y mayor aún en BT**

(1): JWG C6/B5.25/CIREN, Control and automation systems for electricity distribution networks (EDN) of the future, 2017



# Sensorización

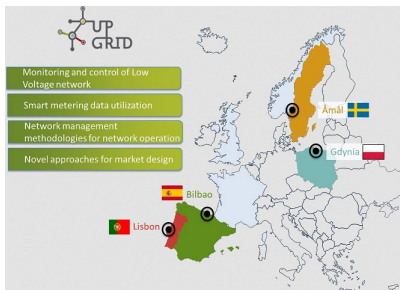
## Iniciativas STAR, UPGRID y MONICA

**Proyecto STAR (Sistema de Telegestión y Automatización de la Red)<sup>(1)</sup>:** Instalación de más de 11,1 millones de contadores inteligentes, adaptación de 90,000 CTs para la incorporación de capacidades de telemedida y telegestión de contadores y automatización MT



**Proyecto UPGRID<sup>(2)</sup>:** Soluciones para la integración flexible de demanda activa y generación distribuida a través de redes MT y BT controlables

- Demostrador español: sistema para la gestión de la red BT (representación de la red BT, análisis de eventos de contadores inteligentes para operación y mantenimiento de la red)



**Spanish Demo**

Tools to help in the O&M of LV network:

- LV Network Management System
  - Visualization, analysis and control
  - Secure communications
  - Intelligent devices
- Multiservice (metering and control) and Manageable PRIME subnetworks
  - Smart Metering Appliances
  - Gate Control Appliances
  - PRIME Gateway devices at field (Base Node and Service Node)
- Smart meter events analysis for grid operation and maintenance

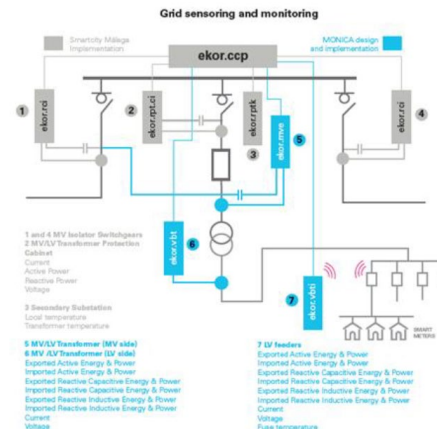
Empowering Consumers by providing information through a web-based tool

Demo developed leveraging on **bidelek**

Location key information: Bilbao, North of Spain

- 1.075 secondary substations (SS)
- > 3.500 LV feeders supervised
- > 190.000 consumers
- Urban area

**Proyecto MONICA (MONitorización y Control Avanzado de las redes MT/BT)<sup>(3)</sup>:** Herramientas de monitorización y diagnóstico en MT y BT similares a las que empleadas en AT (despliegue de sensores y equipos de medida en MT y BT, estimador de estado MT y BT)



Málaga Smart City Lab



(1): <https://www.iberdrola.com/conocenos/lineas-negocio/proyectos-emblematicos/proyecto-star>

(2): <https://cordis.europa.eu/project/id/646531/results>

(3): <https://www.endesa.com/es/proyectos/todos-los-proyectos/transicion-energetica/redes-inteligentes/monica-redes-distribucion-lineas-media-baja-tension>

# Pérdidas eléctricas

- Hasta el 9% de la energía generada
- Mayor potencial de reducción de pérdidas en las redes MT y BT
  - Reducción de pérdidas técnicas (variables):
    - Optimización de equipos y mayor información sobre el estado de la red
    - Control de recursos distribuidos y gestión más eficiente de la red

Type of measures	Scenario with SG opportunity	Scenario without SG opportunity
<b>Component replacement</b>	H	H
Energy efficient transformers	H	H
Increasing line capacity	H	H
Increasing voltage level	H	H
<b>Feed in control</b>	H	M
Distributed Generation	H	M
Energy storage	H	M
<b>Grid management</b>	H / M	M / L
Transformer switching	M	L
Network reconfiguration	H	M
Reactive power management	M	M
DER voltage control	M	M
Elimination of imbalance	H	M
Demand response management / Load smoothing	H	L
Regular inspection of the distribution equipment	M	M

Potencial de reducción de pérdidas de tecnologías relacionadas con las redes inteligentes (Rojo: Alto, Amarillo: Medio, Verde: Bajo)  
*(Reduction of Technical and Non-Technical Losses in Distribution Networks, CIRED WG CC-2015-2)*

- Reducción de pérdidas no técnicas (fraude):
  - Análisis de los datos de los contadores inteligentes

**La reducción máxima de pérdidas que puede obtenerse está limitada por las características físicas de la red**



## Reposición del servicio

- Responsabilidad del TSO (fallos en transporte) y del DSO (fallos en distribución)
- La digitalización de la distribución facilita la reposición ante fallos:
  - Detección y localización de averías en BT
  - Reconfiguración de redes de distribución MT y BT
  - Automatización de CTs
  - Inspección mediante drones
- Investigación de nuevas estrategias:
  - Tener en cuenta la presencia de recursos energéticos distribuidos, no visibles para el TSO
  - Mayor coordinación TSO-DSO
- Impacto de nuevos esquemas de organización de recursos energéticos distribuidos:
  - Constitución de microrredes (resiliencia) bajo control del DSO durante el proceso de reposición

**El papel del DSO deberá ser más activo ya que no se limitará sólo a conectar cargas pasivas sino que deberá gestionar generación y almacenamiento distribuidos**



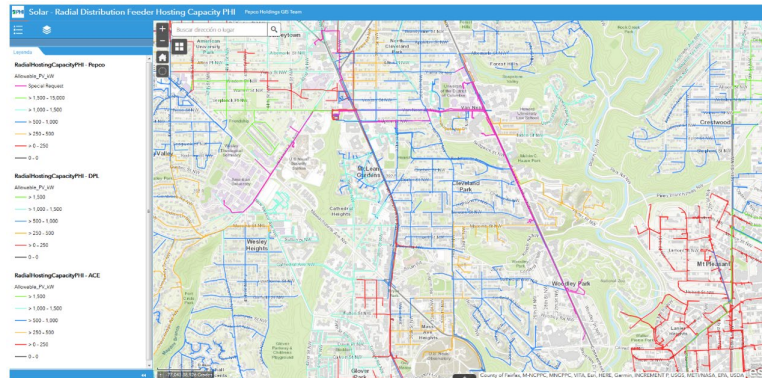
## Protecciones

- Subestación digital. IEC 61850 *Communication networks and systems for power utility automation*
  - Intercambio digital de información
  - Integración de funciones (protección, control, medida, supervisión)
  - Ahorro de costes (capital, O&M)
- Nuevas necesidades de protección en el sistema eléctrico:
  - Mayor rapidez de actuación (Menor inercia)
  - Mayor variabilidad en las condiciones de operación (Generación renovable)
  - Soluciones de red no convencionales (FACTS, HVDC)
- Adaptación de la protección del sistema eléctrico:
  - Mayor comunicación entre dispositivos: Protección con comunicaciones en distribución, WAMPAC (*Wide Area Monitoring, Protection and Control*)
  - Mayor sensorización y capacidad de computación: Nuevos algoritmos de protección
  - Cálculo en tiempo real, inteligencia artificial y análisis de datos: Algoritmos adaptativos



# Hosting capacity (HC)

- Evaluación de HC por nudo, circuito y/o subestación:
  - Eliminar reglas simplificadas demasiado conservadoras que limitan la capacidad de generación no gestionable que puede conectarse en función de la potencia de cortocircuito
  - Acelerar el desarrollo de la generación distribuida
  - Gestión más eficiente de nuevas peticiones
  - Identificación de refuerzos de red



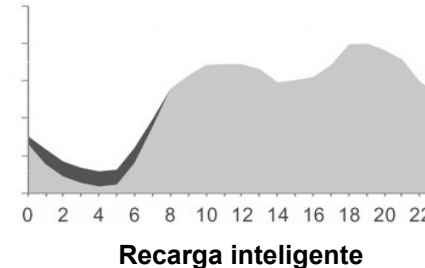
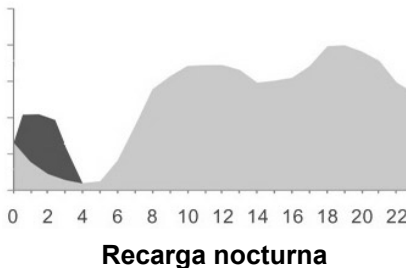
Mapa de hosting capacity (www.pepco.com)

- Nuevas tecnologías (mayor uso de instalaciones de red y aumento de HC durante la operación):
  - Monitorización en tiempo real de temperatura de conductores
  - Detección y corrección de desequilibrio en redes BT
  - Gestión activa de la red y acuerdos de conexión flexible



## Vehículo eléctrico

- *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030: Estimación en España de 3,5 millones de vehículos eléctricos en 2030 (demanda adicional diaria de **6.000 MWh** y anual de **2,19 TWh**, por cada millón de vehículos eléctricos)*
- Mayor impacto en la red BT. Posible desarrollo desigual del VE
- Impacto depende de la estrategia de recarga (no controlada, nocturna, inteligente)



- Beneficios de la recarga inteligente:
  - Minimizar el impacto del VE sobre el sistema eléctrico
    - Evita refuerzos de red
    - Evita capacidad de generación adicional
  - Flexibilidad de recarga del VE: Tecnologías V2G (“Vehicle to Grid”) y V2H (“Vehicle to Home”)

**La implementación de la recarga inteligente requerirá la modernización y digitalización de la red BT**



## Almacenamiento mediante baterías

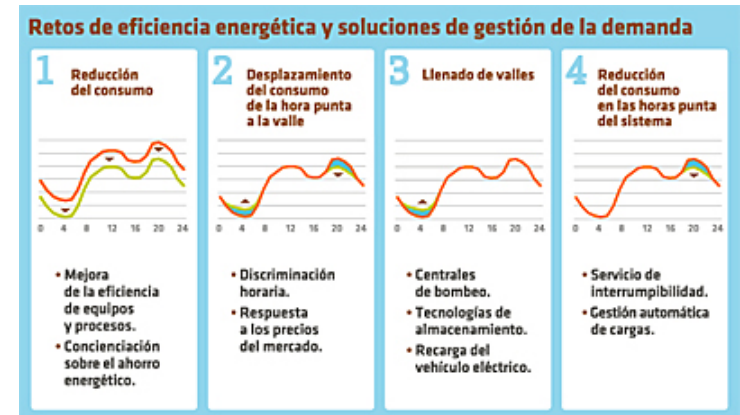
- Integración masiva de generación renovable. **Flexibilidad** y reducción de vertidos
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030: Penetración escalonada de baterías (2,5 GW en 2030, mínimo 2h a Pmax) mediante subastas de capacidad
- Servicios de energía:
  - Arbitraje de energía
  - Gestión de la demanda
- Servicios de red:
  - Servicios complementarios (regulación de frecuencia)
  - Alternativas de red (congestiones)
  - Apoyo durante incidencias
- Dimensionamiento y servicios de las baterías dependerán de su ubicación en el sistema (transporte, distribución, detrás del contador)

**La ubicación en la red de distribución permitirá maximizar los servicios que pueden prestar las baterías para la integración de GD y requerirá proporcionar al DSO mecanismos para su operación**



## Gestión de la demanda

- Reducción/alisamiento de la curva de carga
- Beneficios para el sistema:
  - Reducción de inversión en nueva generación
  - Reducción de reserva de generación
- Métodos tradicionales: eficiencia energética, interrumpibilidad (grandes consumidores), tarifa nocturna y discriminación horaria (resto demanda)
- Nuevos dispositivos para el aprovechamiento de la flexibilidad de la demanda (implícita y explícita):
  - Contador inteligente: modificación de hábitos, sistemas de tarificación avanzados, control del suministro y/o limitación de potencia de forma remota
  - Electrodomésticos inteligentes: inercia térmica, uso diferido
  - Vehículo eléctrico: modulación de la carga
- Gestión de la flexibilidad de la demanda a través del DSO y/o agregadores: tarifas, mercado de flexibilidad, etc.



**La digitalización facilitará el aprovechamiento de la flexibilidad de la demanda residencial siendo fundamental el papel del DSO, pero deberán desarrollarse los mecanismos apropiados que incentiven la modificación del consumo**

## Operador del Sistema de Distribución (DSO)

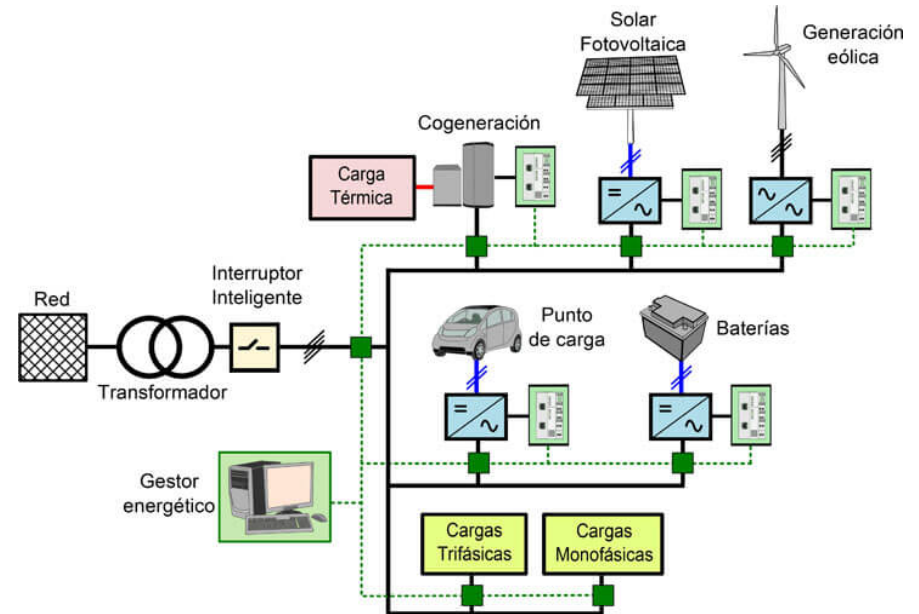
- Hasta hoy las empresas de distribución han operado como DNOs: (*Distribution Network Operator*) desarrollo, mantenimiento y operación de la red de distribución
- La transición energética requiere su evolución a DSOs (*Distribution System Operator*):
  - Operación: servicios de flexibilidad y resolución de restricciones
    - Gestión de generación renovable (maximizar integración), demanda eléctrica (contador inteligente), baterías (servicios a la red), recarga del vehículo eléctrico (no superar capacidad de red)
    - Mercados de flexibilidad (facilitador de mercado)
    - Otros mecanismos (carácter local de restricciones)
  - Desarrollo de la red de distribución:
    - Flexibilidad requerida a m/p y l/p
    - Integración de generación renovable y del vehículo eléctrico, gestión de la punta de demanda
    - Soluciones tradicionales de refuerzo de red y soluciones no convencionales de monitorización y automatización
  - Mayor coordinación con TSO

**Evolución del DNO a DSO, no siendo equivalente a un TSO a nivel de tensión inferior al desarrollar otras funciones (gestión de contadores inteligentes, integración generación y almacenamiento distribuidos, integración del vehículo eléctrico)**



# Microrredes

- Ventajas:
  - Suministro eléctrico en zonas remotas
  - Fiabilidad
  - Recursos locales
  - Reducción de emisiones
  - Entidad única y controlable
- Inconvenientes:
  - Mayores variaciones de frecuencia en isla
  - Detección de fallos en isla
  - Mantenimiento de la calidad en isla
  - Transición entre conexión a red y funcionamiento en isla



**El desarrollo de microrredes está asociado al progreso de la digitalización ya que permitirá su automatización lo que facilitará su operación**

## Corriente continua

- HVDC
  - Transporte de mayor potencia y a mayores distancias, con menores pérdidas
  - Tecnologías: LCC-HVDC (madura) y VSC-HVDC (control de P y Q, capacidad black-start)
  - Interconexión entre sistemas asíncronos
  - Enlaces submarinos
  - Interconexión eólica offshore
  - Retos: protección de redes HVDC malladas, interruptores HVDC
- MVDC
  - Eólica offshore. Sistema colector
  - Alternativa de refuerzo de la red de distribución (Proyecto Angle-DC<sup>(1)</sup>)
- LVDC
  - Generalización de equipos que emplean corriente DC: cargas electrónicas, generación fotovoltaica, almacenamiento, vehículo eléctrico
  - Evita la conversión AC/DC (mayor eficiencia)
  - No necesaria sincronización



(1): [https://www.spenetworks.co.uk/pages/angle\\_dc.aspx](https://www.spenetworks.co.uk/pages/angle_dc.aspx)

## Otros impactos

- Impacto social
- Ciberseguridad
- Blockchain



## Impacto social

- Consumidor/sociedad:
  - Ahorro de tiempo y esperas
  - Gestión más ágil del suministro eléctrico
  - Beneficio medioambiental
  - Transformación del mercado laboral
- Operario eléctrico:
  - Eliminación de tareas rutinarias
  - Mayor seguridad y rapidez en las actuaciones
  - Rápido acceso y gestión de la información
- Empresa eléctrica:
  - Sistema eléctrico más sostenible: Aumento de eficiencia e integración de generación renovable
  - Oportunidad de proporcionar servicios innovadores y personalizados para adaptarse a sus necesidades particulares y contribuir a su bienestar
  - Adopción de la cultura digital

# Ciberseguridad

- Ucrania, 2016: Primer ataque con éxito a un sistema eléctrico. Acceso al SCADA de tres empresas de distribución
- Nuevos riesgos y vulnerabilidades en el sector eléctrico:
  - Utilización de soluciones software y hardware comerciales
  - Mayor conectividad entre instalaciones y equipos
  - Larga vida útil de los activos eléctricos
  - Aumento del nivel de exposición (GD, contadores inteligentes, IoT, etc.)
  - Vulnerabilidad de dispositivos IoT por su reducida capacidad de almacenamiento y procesamiento
- Soluciones de ciberseguridad del sistema eléctrico deben tener en cuenta sus características particulares
  - operación en tiempo real
  - interconexión de las redes eléctricas
- Normativa de ciberseguridad

# Blockchain

- Propuesto inicialmente para el sistema financiero. Ventajas:
  - Elimina la figura de agente central
  - Evita errores humanos o de pérdida de información
  - Potencia la colaboración entre nodos
  - Transparencia
- Aplicación en multitud de sectores, en combinación con “Smart Contracts”
- Posibles áreas de aplicación en el sector eléctrico:
  - Mercados eléctricos
  - Mercados P2P
  - Mercados de emisiones y garantías de origen
  - Carga inteligente del VE
  - Servicios de flexibilidad
  - IoT
- Consideraciones:
  - Necesidad de la red eléctrica (entrega física de la energía)
  - Carácter de *commodity* indistinguible de la energía eléctrica: Pool vs. P2P
  - Ventaja en caso de gran desconfianza en la transacción
  - Limitación: ralentización en alcanzar la solución final
  - Escalabilidad y coste

# Conclusiones



## Conclusiones

- La digitalización constituye para el sistema eléctrico una **oportunidad de transformación**, actuando como palanca de un modelo energético sostenible y con un **impacto directo en el consumidor, la red eléctrica y la sociedad**
  - Papel protagonista del consumidor
  - Eficiencia energética: Optimización de la red eléctrica
  - Descarbonización: Integración masiva de generación renovable y movilidad eléctrica
- La **inversión en tecnologías digitales** se concentrará mayoritariamente en las **redes de distribución**. El primer paso es la adopción del contador inteligente:
  - Base para el desarrollo de las redes inteligentes
  - Beneficios para empresas eléctricas y consumidores
  - Desarrollo de nuevos servicios basados en el contador inteligente
  - Incentivar el uso del contador inteligente por el consumidor
- La digitalización del sector eléctrico plantea **nuevos retos**:
  - Adaptación de las empresas eléctricas: Cambio cultural y de organización
  - Interoperabilidad entre equipos: Esfuerzo regulatorio y de estandarización
  - Ciberseguridad: Seguridad y privacidad de información y sistemas

