

# *Smart Grid/Smart Metering*

- **INTRODUCCIÓN**
- **¿QUÉ ES LA *SMART GRID*?**
- **¿POR QUÉ IMPLEMENTAR LA *SMART GRID* AHORA?**
- **INICIATIVAS TEMPRANAS EN *SMART GRID***
- **REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA *SMART GRID***
- ***SMART METERING***
- **ESTÁNDARES EN *SMART METERING***
- **INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES Y PROTOCLOS PARA *SMART METERING***
- **INTEGRACIÓN DE LA DEMANDA**

## INTRODUCCIÓN

- La infraestructura del sistema eléctrico ha sido desarrollada en los últimos 80 años.
- La alimentación eléctrica ha sido suministrada desde grandes generadores centrales, pasando por líneas de alta tensión y por centros de transformación (alta tensión/media tensión y media tensión/baja tensión).
- Las anteriores plantas de generación (nuclear, fósil, hidráulica, etc.) son de potencias superiores a 1000MW.
- El transporte y distribución de la electricidad ha sido, en ocasiones, necesarios hacerlos a través de grandes líneas hasta los consumos finales.
- La parte de generación y transporte de energía tiene los sistemas de comunicación suficientes para funcionar. En cambio, el sistema de distribución y alimentación de las cargas dispone de escasos sistemas de comunicación y dispone de control de cargas limitadas.
- La monitorización de las cargas no es en tiempo real y, además, hay escasa interacción entre las cargas y los sistemas de suministro, exceptuando el propio flujo de la energía.
- La *Smart Grid* es una oportunidad para emplear *Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs)* y así revolucionar el sistema de energía eléctrica. Hay que tener en cuenta, que cualquier cambio en la vasta infraestructura eléctrica supone un coste elevado.

## ¿QUÉ ES LA SMART GRID?

- El concepto **Smart Grid** combina un número de tecnologías, soluciones al usuario final y aborda una serie de orientaciones políticas y regulatorias.
- La European Technology Platform define la **Smart Grid**:

*“(...) is an electricity network that can intelligently integrate the actions of all users connected to it – generators, consumers and those that do both – in order to efficiently deliver sustainable, economic and secure electricity supplies (...)”*
- El US Department of Energy define la **Smart Grid**:

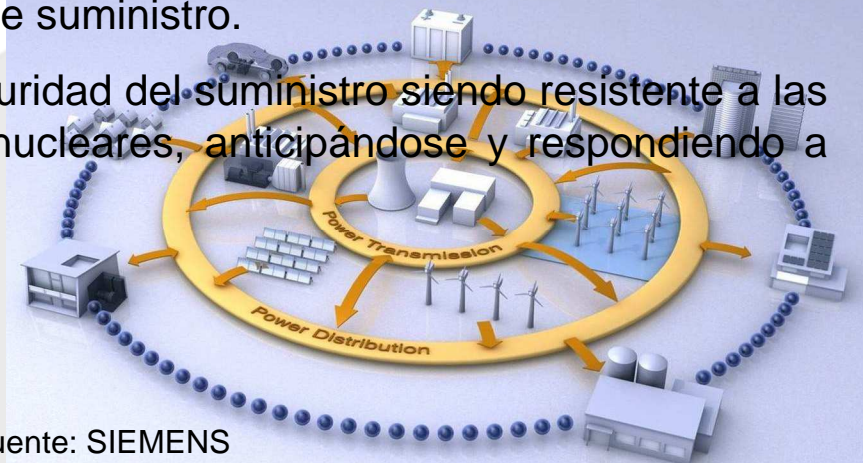
*“(...) uses digital technology to improve reliability, security, and efficiency (economic and energy) of the electric system from large generation, through the delivery systems to electricity consumers and a growing number of distributed-generation and storages resources (...)”*
- El Department of Energy and Climate Change UK define la **Smart Grid**:

*“(...) uses sensing, embedded processing and digital communications to enable the electricity grid to be observable, controllable, automated and fully integrated (...)”*

## ¿QUÉ ES LA SMART GRID?

- La literatura sugiere los siguientes atributos a la *Smart Grid*:

- Permitirá *Demand Response (DR)* y *Demand Side Management (DSM)* a través de la integración de *Smart Meters (SM)*, dispositivos inteligentes, cargas inteligentes, micro-generación, almacenamiento eléctrico (incluido el vehículo eléctrico) y proporcionando a los consumidores con información a su energía usada, precios y posibilidades de cambios en sus hábitos de consumo para conseguir una mayor eficiencia.
- Posibilitará la integración de recursos de energía renovable, *Distributed Generation (DG)*, micro-generación residencial y almacenamiento variado, con lo que se reducirá el impacto medio ambiental del sector eléctrico.
- Posibilitará sistemas de interconexión “*plug-and-play*”.
- Optimizar y operar de manera eficiente los activos existentes en la red mediante una operación inteligente del sistema de suministro.
- Asegurar y mejorar la fiabilidad y seguridad del suministro siendo resistente a las perturbaciones, ataques y desastres nucleares, anticipándose y respondiendo a aquéllos.



Fuente: SIEMENS



## ¿POR QUÉ IMPLEMENTAR LA *SMART GRID* AHORA?

- Desde 2005 se ha puesto de moda el interés por la *Smart Grid*, las *Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs)* ofrecen oportunidades para modernizar la operación de las redes eléctricas.
- Envejecimiento de los activos y falta en la capacidad de los circuitos. En la mayoría de US y Europa, las redes eléctricas se expandieron rápidamente y la mayoría del equipamiento existente debe de ser sustituido. El crecimiento de las grandes plantas de generación renovable ha hecho que la mayoría de los circuitos no estén preparados para evacuar la energía producida.
- Limitaciones térmicas. Las limitaciones térmicas de las líneas de transporte y distribución son otro límite en las actuales redes, deteriorándose además de forma rápida los equipos disponibles.
- Límites operacionales. Los límites de tensión y frecuencia deben de ser supervisados y controlados, teniendo en cuenta el impacto de las fuentes de generación renovable en estos límites.
- Seguridad de suministro. Las sociedades modernas requieren un incremento del suministro eléctrico fiable y seguro, sobre todo con ciertas cargas conectadas. La *Smart Grid* puede conseguir ciertas reconexiones automáticas tras procesos de fallos (*self-healing - auto-sanación*) e incluso reconfiguración de las líneas para el suministro de energía consiguiendo reducción de pérdidas.

## INICIATIVAS TEMPRANAS EN SMART GRID

- **China:** el Gobierno Chino ha declarado que para 2020 las emisiones de carbono se reducirán entre un 40~45%, tomando como punto de partida el 2008. La *State Grid Corporation of China (SGCC)* ha realizado un plan a medio-largo plazo para el desarrollo de las *Smart Grids*. La *SGCC* interpreta la *Smart Grid* cómo:

*“(...) a strong and robust electric power system, which is backboneed with Ultra High Voltage (UHV) networks; based on the coordinated development of power grids at different voltage levels; supported by information and communication infrastructure; characterised as an automated, and interoperable power system and the integration of electricity, information, and business flows (...)”*

- **Unión Europea:** la visión de la red de futuro desde la *SmartGrids Technology Platform of the European Union (UE)* es:

*“(...) it is vital that Europe’s electricity networks are able to integrate all low carbon generation technologies as well as to encourage the demand side to play an active part in the supply chain. This must be done by upgrading and evolving the networks efficiently and economically (...)”*

**Las áreas clave según la UE para la reducción de emisiones en 2020 y 2050 son:**

- **Fortalecimiento de la red y extensión de *offshore*.**
- **Desarrollo de una arquitectura descentralizada para el control del sistema.**

## INICIATIVAS TEMPRANAS EN *SMART GRID*

- Despliegue de infraestructura de comunicaciones.
  - Permitir una demanda activa.
  - Integración de la generación intermitente.
  - Mejorar la inteligencia de generación, demanda y red.
  - Catapultar los beneficios de la *DG* y el almacenamiento.
  - Preparación e integración del vehículo eléctrico.
- **Japón:** en 2009 el Gobierno Japonés declaró que para 2020 las emisiones de carbón serían reducidas al 75% de las medidas en 1990 o dos tercios de las habidas en 2005; para esta consecución, se adquirirán 28GW fotovoltaicos para 2020 y 53GW fotovoltaicos para 2050.

Un proyecto nacional llamado “*The Field Test Project on Optimal Control Technologies for the Next-Generation Transmission and Distribution System*”, es conducido por 26 *utilities*, compañías manufactureras y laboratorios de investigación.

Otro proyecto actual es “*Fujisawa Sustainable Smart Town*”, en este proyecto, se ha adoptado un nuevo concepto y proceso de construcción de la ciudad mediante el diseño de espacios de primera. En *Fujisawa SST*, Panasonic ofrecerá sus soluciones únicas desde el punto de vista ecológico y Smart proporcionando ocho servicios inteligentes que conformarán cinco categorías para los estilos de vida inteligentes (energía, seguridad, movilidad, cuidado de la salud, y de la comunidad).



## INICIATIVAS TEMPRANAS EN *SMART GRID*

- **UK:** el *Department of Energy and Climate Change* plantea como objetivo global proporcionar de flexibilidad a la actual red de electricidad, permitiendo así una transición rentable y segura hacia un sistema de energía bajo en carbono.

El mapa de ruta de la *Smart Grid* reconoce un número de desarrollos críticos que impulsará el sistema eléctrico de UK a un sistema bajo en carbono, incluyendo:

- Expansión rápida de la renovable intermitente y menos flexible (gestionable) que otras fuentes de generación tomadas como base.
  - Electrificación de calor y transporte.
  - Penetración de *DG*, *DR* y almacenamiento.
  - Incremento de la penetración del vehículo eléctrico.
- **USA:** de acuerdo con la Ley Pública 110-140-DEC. 19, 2007:

*“(...) is supporting modernisation of the electricity transmission and distribution networks to maintain a reliable and secure electricity infrastructure that can meet future demand growth and to achieve increased use of digital information and controls technology; dynamic optimisation of grid operations and resources; deployment and integration of distributed resources and generation; development and incorporation of demand response, demand-side resources, and energy-efficient resources; development of ‘smart’ appliances and consumer devices (...)”*

## REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA *SMART GRID*

- La distinción entre red *backbone* y *access* es a menudo muy confusa. La primera es parte de la red de agregación de grandes cantidades de datos y su transporte entre puntos distantes, mientras que la segunda es la red cercana a los puntos finales.
- *Backbone networks*: están formadas por todos los medios de comunicación y dispositivos de conexión que hay en la generación, transporte y distribución de la energía.

Lo más empleado son radioenlaces y fibra óptica para la capa física, en la capa de transporte se emplean tecnologías del tipo *Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH)*, *Synchronous Digital Hierarchy (SDH)* y *Coarse o Dense Wavelength Division Multiplex (C o DWDM)*. El rango en la capacidad de transporte en estos enlaces varía de 2Mbps a 2,5Mbps o incluso los 10Gbps.

- *Access networks*: formados por todos los elementos conectados en los centros de transformación y los medidores de los consumos/generadores. Mientras que en *backbone* se precisan grandes capacidades, *access* necesitan capacidades moderadas pero fuerte distribución de los elementos.

En la capa física aparecen tecnologías para escenarios *point-to-point* tales como fibra óptica y radioenlace y soluciones *point-to-multipoint* como *TETRA*, *WiMAX*, *Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)*, *General Packet Radio Service (GPRS)* y *Power Line Communication (PLC – MV PLC y LV PLC)*. En la capa de transporte y/o *switching/routing* podemos encontrar *PDH*, *SDH*, *C/DWDM* pero también *Ethernet* sobre fibra óptica y soluciones mixtas.

## REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA *SMART GRID*

- **Switching y Routing:** muchos de los sistemas de telecomunicaciones empleadas hoy por las *utilities* no siguen el estándar *Open Systems Interconnection (OSI)* e incluso la interoperabilidad no es posible en algunos casos.

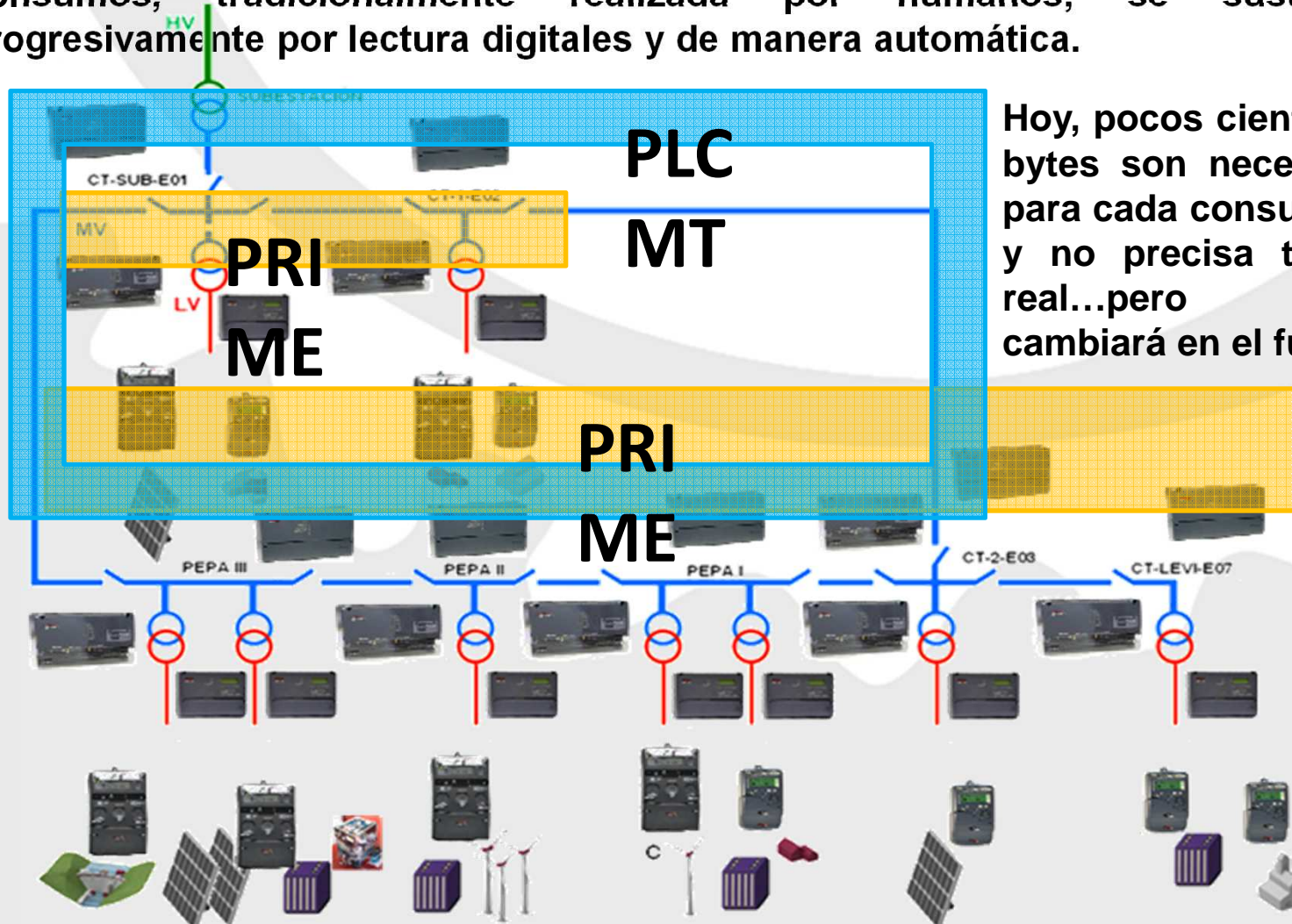
Con respecto a *OSI*, las capas 2 y 3 son las piedras angulares sobre las cuales se basan muchas de las modernas redes. Muchos sistemas y aplicaciones emplean *Ethernet* o *Internet Protocol (IP)*; a menudo se asocia *Ethernet* con *switches* e *IP* con *routers*.

Hola, tecnologías de capa 2 tales como *MV PLC*, *Ethernet* sobre *SDH/C* o *DWDM*, *Fiber To The Home (FTTH)* y tecnologías *switching MPLS*, *LV PLC*, *switches* con *QinQ* permiten redes de capa 2 ser extendidas sin introducir la complejidad y sobrecarga de *IP* en todos los puntos de la red, obteniendo sinergias en el despliegue de grandes *routers* en las instalaciones centrales, sin pérdida de capacidad.

- **Características del servicio:** *Smart Grid* prevé un gran número de servicios diferentes, algunos de los cuales no podrán ser soportados (o al menos con dificultad) con las tecnologías de comunicación disponibles. Es importante desplegar tecnologías que sirvan los diferentes propósitos en cada una de las etapas

## REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA *SMART GRID*

- **Remote Metering:** servicio básico y primero en llegar a escena. La lectura de consumos, tradicionalmente realizada por humanos, se sustituirá progresivamente por lectura digitales y de manera automática.



Hoy, pocos cientos de bytes son necesarios para cada consumidor y no precisa tiempo real...pero esto cambiará en el futuro.

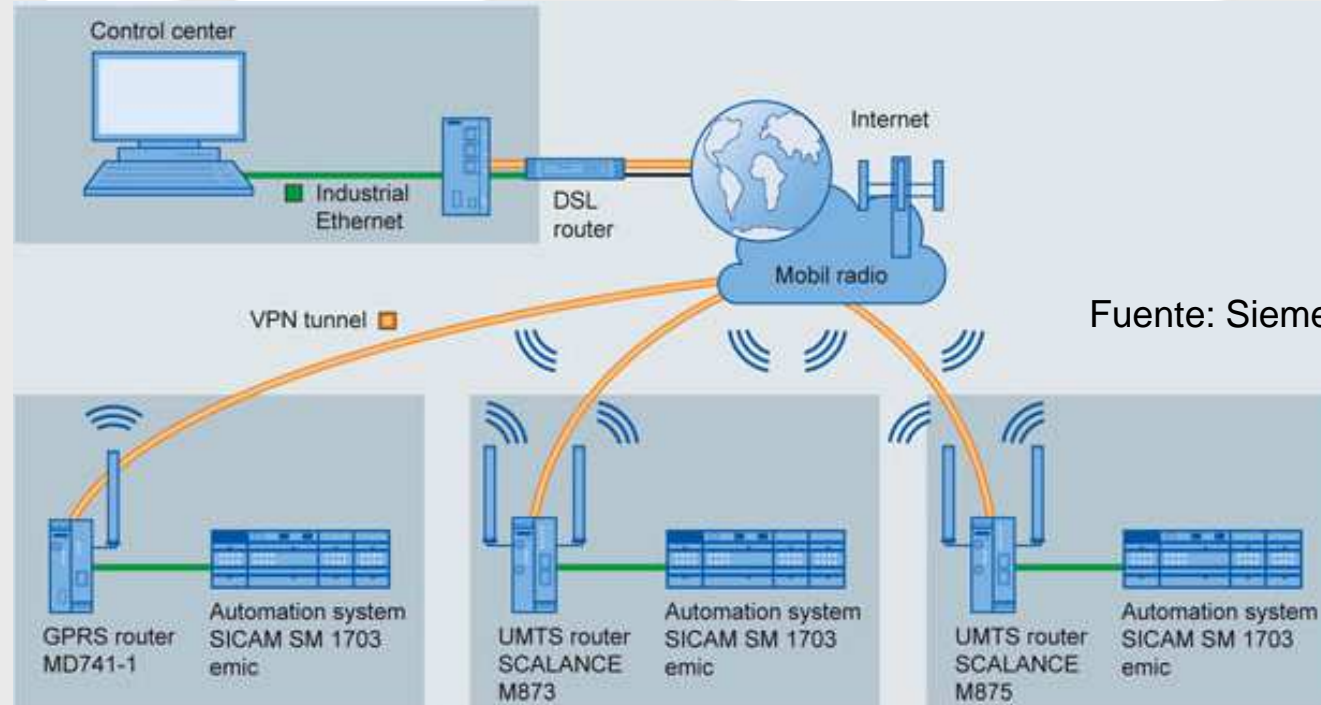


## REDES DE TELECOMUNICACIONES PARA *SMART GRID*

- **Remote Control:** la operación de la red es otro de los rasgos de especial interés en la *Smart Grid*. Dentro de los parámetros de las comunicaciones, para el control remoto son fundamentales el *delay* y *maximun data rate*.

Adicionalmente, la capacidad y el *jitter* son fundamentales en servicios que requieran comunicaciones en tiempo real.

Otros aspectos de interés en la *Smart Grid* que tienen que ver con el control remoto son la automatización, auto-configuración para *self-healing*, *DG* y balance de consumos/generaciones en *microgrids*.



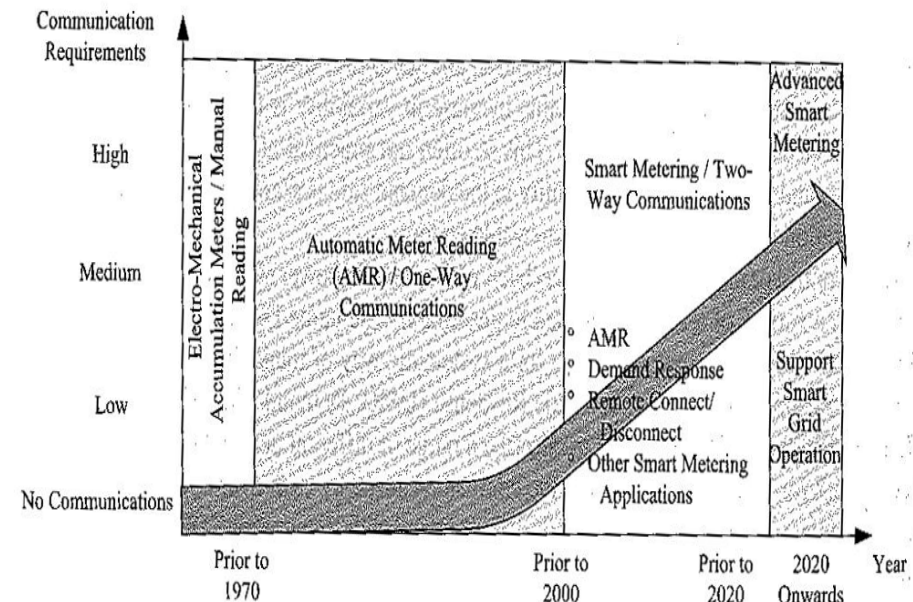
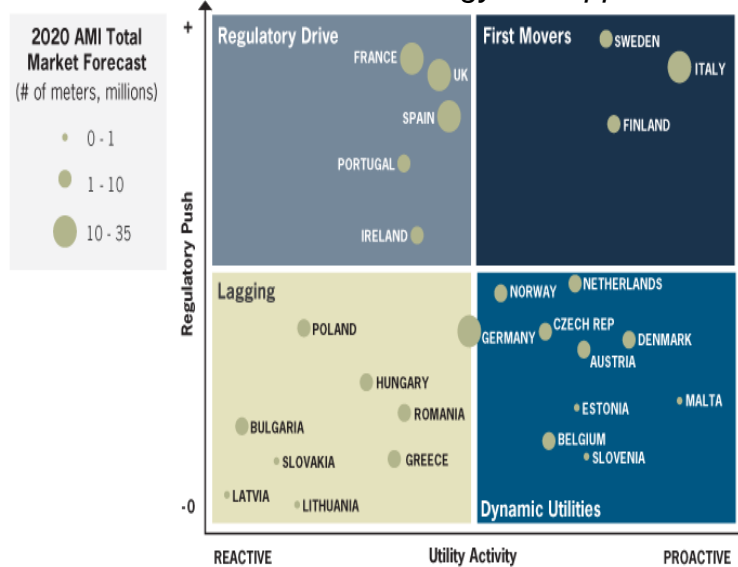
Fuente: Siemens



## SMART METERING

- Los medidores eléctricos son empleados para medir la cantidad de energía suministrada a los clientes así como calcular cargos de energía y transporte aplicadas por las *utilities*. El medidor típico es el que registra consumos de energía sobre bases de tiempos. Tradicionalmente, operadores humanos leían “in situ” la lectura de los medidores para poder facturar posteriormente.
- Los actuales *SMs* proporcionan comunicación bi-direccional y disponen de un display en tiempo real para la visualización del uso de la energía, información de precios, tarifas dinámicas y facilitan el control automático de dispositivos eléctricos; vemos la evolución de los medidores, desde los primeros electro-mecánicos hasta los actuales *SMs*.

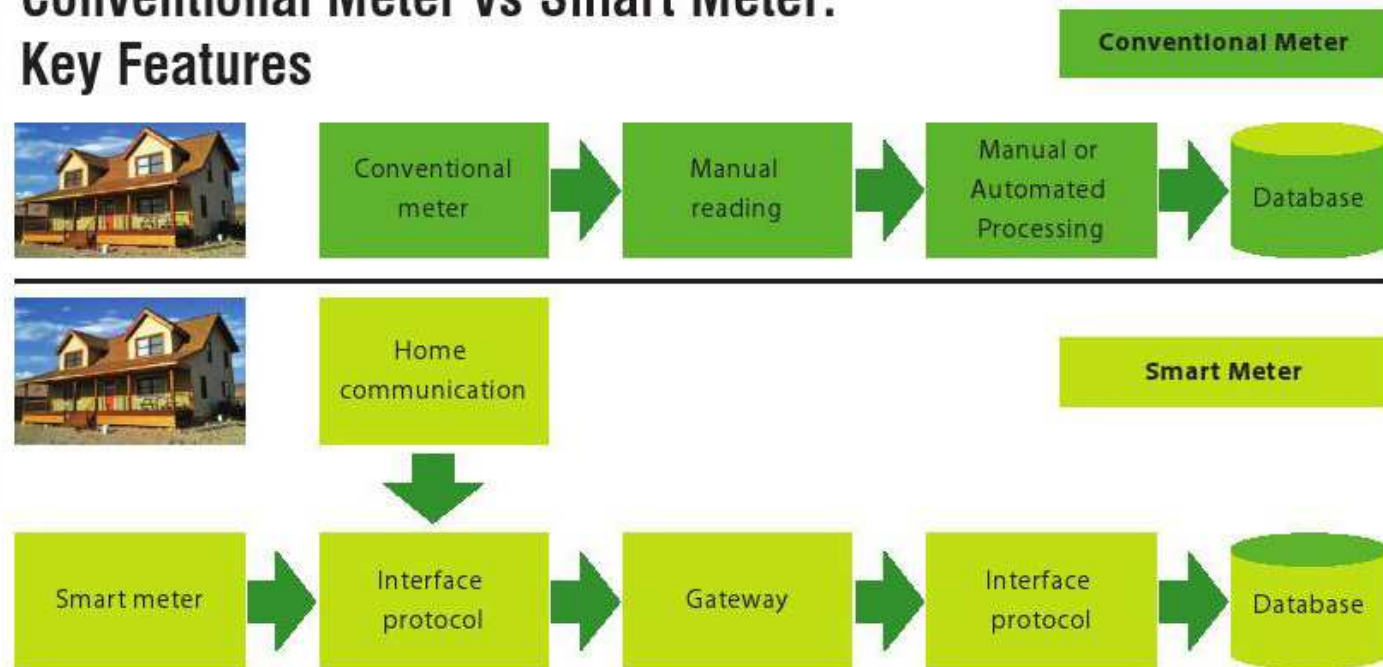
Fuente: *Smart Grid Technology and Applications*



## SMART METERING

- A continuación se aprecia las diferencias principales entre los medidores convencionales y los medidores empleados en *Smart Metering*. Los SMs tienen *two-way* comunicación, con la *utility (Gateway)* y/o *Home Area Network (HAN)*. La *Gateway* permite la transferencia de datos a *Energy Suppliers, Distribution Network Operators (DNOs)* y otros (agregadores).

### Conventional Meter vs Smart Meter: Key Features



Fuente:  
Smart Grid  
Technology  
and  
Applications

Source: CyberMedia Research, 2012

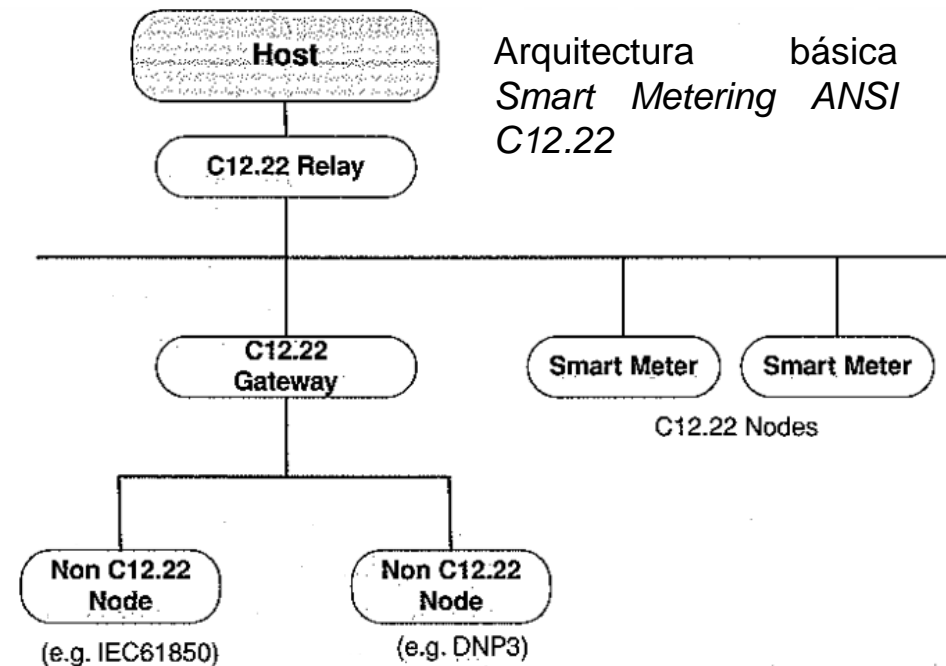
## SMART METERING

- Los principales beneficios de *Smart Metering* a corto plazo son:
  - Lecturas más frecuentes de los consumos.
  - Detección de fraudes eléctricos.
  - Esquemas de precios variables.
  - Facilitarán la integración de la *DG* y cargas flexibles.
  - Ahorro de la energía como resultado de la mejora de información.
  - Facturas más exactas y frecuentes.
- Los principales beneficios de *Smart Metering* a largo plazo son;
  - Reducción de la demanda pico por medio de *Demand Side Integration (DSI)*.
  - Mejor planificación de generación, red y mantenimiento.
  - Operación en tiempo real en el lado de distribución.
  - Capacidad para vender otros servicios (*broadband* y video).
  - Control remoto de la *DG*, recompensas a clientes y costes bajos para la *utility*.
  - Integración del vehículo eléctrico mientras se minimiza el incremento de la demanda pico.



## ESTÁNDARES EN SMART METERING

- **Automated Meter Reading (AMR)** requiere sólo transmisiones ocasionales para el sistema de comunicación de medida (quizás una o dos veces por mes).
- **Advanced Metering Infrastructure (AMI)** requiere comunicación frecuente bi-direccional (quizás cada 30 minutos o menos).
- **IEC 62056 y ANSI C12.22** son dos conjuntos de estándares que describen sistemas de comunicación abiertos para *SMs*.
- **IEC 62056** define las capas de Transporte y Aplicación para *Smart Metering* bajo un conjunto de especificaciones llamadas *Comparison Specification for Energy Metering (COSEM)*.
- **ANSI C12.22** especifica el envío y la recepción de los datos de medida hacia y desde sistemas externos.



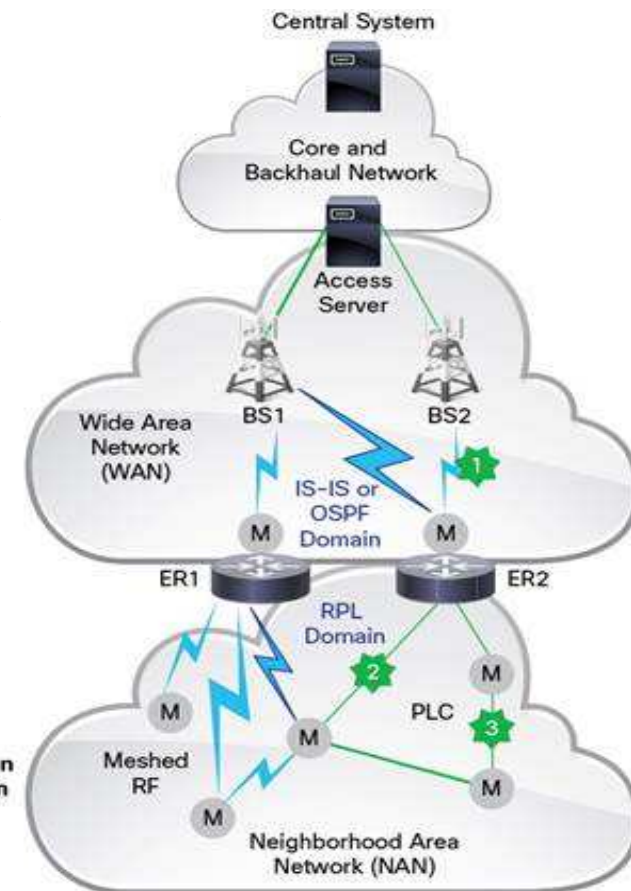
Fuente: *Smart Grid Technology and Applications*



## INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES Y PROTOCLOS PARA SMART METERING

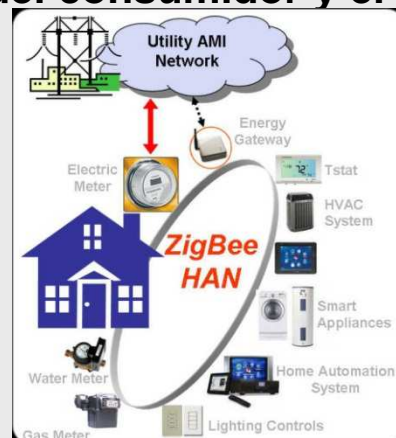
- Una arquitectura típica para *Smart Metering* tiene tres interfaces de comunicación: *Wide Area Network (WAN)*, *Neighbourhood Area Network (NAN)* y *Home Area Network (HAN)*.
- *HAN*: está formado por un sistema integrado de *SM*, *home display*, micro-generación, dispositivos inteligentes, enchufes inteligentes, *HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning)* y vehículos eléctricos. Una *HAN* puede emplear comunicaciones cableadas o *wireless* y protocolos de *networking* para asegurar la interoperabilidad de los dispositivos de la red y la interfaz del *SM*. También dispone de mecanismos de seguridad para proteger los datos del consumidor y el sistema de medida.

Fuente: CISCO



BS<sub>n</sub> = Base Station n  
 ER<sub>n</sub> = Edge Router n  
 M = Smart Meter

Source: Alllander





## INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES Y PROTOCLOS PARA **SMART METERING**

**HAN** proporciona funciones de gestión de la energía, incluyendo monitorización y visualización de la energía, control de los sistemas *HVAC* y control de dispositivos inteligentes y servicios *Smart Plugs*.

Los servicios de **HAN** para los habitantes incluyen programación de la operación remota de los dispositivos del hogar así como los sistemas de seguridad.

**HAN** ofrecerá a las *utilities* servicios de *DR* y gestión de la micro-generación y recarga de vehículos eléctricos.

- **NAN**: su principal función es transferir la lectura de los consumos de los *SMs*. También facilitará mensajes de diagnóstico, actualizaciones de *firmware* y mensajes en tiempo real o cuasi-tiempo real.

Se prevé que el volumen de datos transferido de un hogar para medición sencilla es de 100kB (1kB=1000bytes) por día y la actualización de *firmware* puede requerir 400kB de datos transferidos. Estos números pueden ser escalados rápidamente si funciones de *Smart Grid* en tiempo real o cuasi-tiempo real son añadidas en la infraestructura de *Smart Metering*.

La tecnología de comunicaciones empleada en **NAN** es basada en el volumen de datos transferidos. Por ejemplo, si *ZigBee* tiene una transferencia de datos de 250 kbps, entonces para hogar empleará el enlace de comunicación sólo una fracción de segundo por día para transferir el consumo de energía al concentrador de datos.

## INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES Y PROTOCLOS PARA **SMART METERING**

**Data Concentrator (DC – Concentrador de Datos):** el DC actúa como un puente entre el SM y la Gateway. Gestiona los SMs de manera automática detectándolos, crea, optimiza y repite las tramas de comunicación, coordina la entrega bi-direccional de datos, y monitoriza las condiciones de los meters.

**Base de datos:** la base de datos es el corazón del sistema de gestión de los datos. Proporciona servicios del tipo: adquisición de los datos, validación de los datos, ajuste de los datos, almacenamiento y cálculos intermedios; de esta forma proporcionará una información refinada para el servicio de clientes y operación del sistema, tal como facturación, predicción de la demanda y DR.

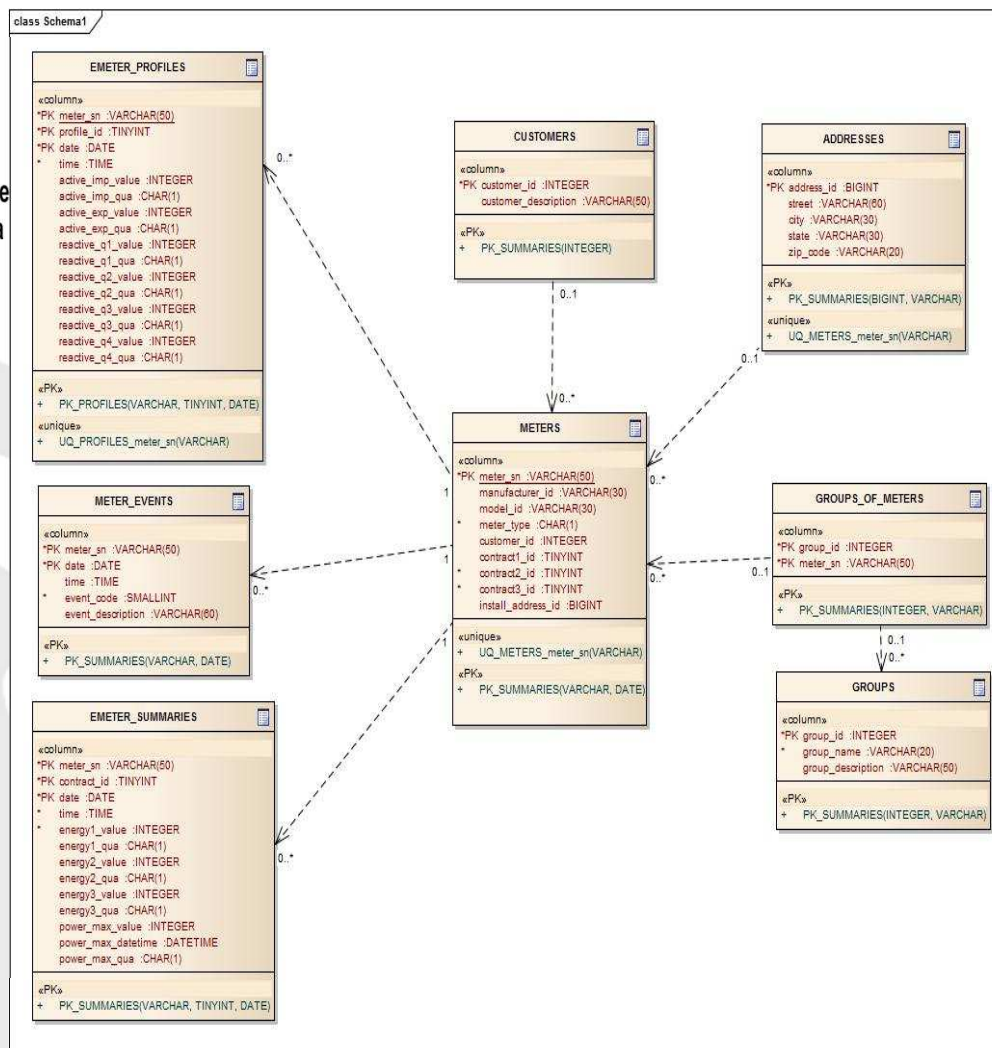
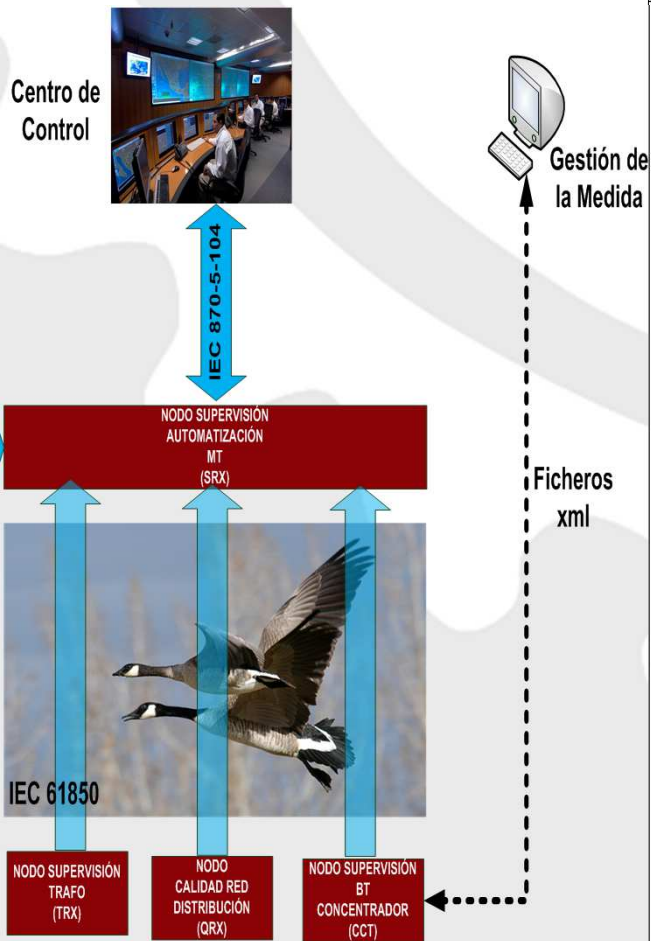
**Protocolos de comunicación:** en países como Finlandia, Italia, Dinamarca o España se emplea una combinación de PLC y GPRS. PLC es normalmente usado para comunicar los SMs con el DC, a través de la baja tensión (*last mile*); GPRS es empleado entre el DC y la Gateway para el sistema de gestión de los datos.

En la siguiente tabla se resumen los protocolos más comunes empleados para las aplicaciones del lado de la demanda, incluyendo AMR local, AMR remota, Smart Metering y Home Area Automation. Una “S” significa aplicable y un blanco significa no aplicable o sin información.

## INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES Y PROTOCLOS PARA *SMART METERING*

<i>Protocol</i>	<i>Local AMR</i>	<i>Remote ARM</i>	<i>Smart Metering</i>	<i>HAN</i>	<i>Tamaño trama (bytes)</i>
TCP/IP		S	S	S	50
IEC 62056	S	S	S	S	14
SML	S	S	S	S	14
IEC 61334 PLC		S	S		45
EN 13757 M-bus	S	S	S	S	27
SITRED	S	S	S		45
PRIME	S	S	S		8
Zigbee			S	S	25
EverBlu	S	S	S		
OPERA/UPA		S	S		24
IEC 62056-21 "FLAG"	S	S			22
IEC 62056-21 "Euridis"	S	S			45
ANSI C12.22		S	S		64

# INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES Y PROTOCLOS PARA SMART METERING





## INTEGRACIÓN DE LA DEMANDA

- ***Demand Side Integration (DSI)*** es un conjunto de medidas para emplear las cargas y generación local para apoyar la gestión/operación de la red y mejorar la calidad de suministro eléctrico.
- ***DSI*** puede aplazar la inversión en nuevas infraestructuras reduciendo la demanda pico del sistema.
- El potencial de ***DSI*** depende de:
  - Disponibilidad y sincronización de la información prevista por los consumidores.
  - Disponibilidad y sincronización de su ***DR***.
  - Rendimiento de la infraestructura ***TIC***.
  - ***Smart Metering***.
  - Automatización de los dispositivos finales.
  - Contratos y ***pricing***.



Fuente: *Negocios*



## INTEGRACIÓN DE LA DEMANDA

- Hay varios términos en el lado de la demanda, cuyos significados están estrechamente ligados entre sí pero con ciertas diferencias:
  - ***Demand-Side Management (DSM)***: esto abarca la planificación, implementación y monitorización de actividades designadas a fomentar en los consumidores el cambio de uso de sus patrones eléctricos.
  - ***Demand Response (DR)***: mecanismos para gestionar la demanda en respuesta a las condiciones del suministro eléctrico.
  - ***Demand-Side Participation (DSP)***: un conjunto de estrategias empleadas en un mercado competitivo de la electricidad por los clientes finales para contribuir al desarrollo económico, seguridad del sistema y beneficios medio ambientales.
- Los principales servicios proporcionados por *DSI* son:
  - ***Load shifting (desplazamiento de la carga)***: movimiento de la carga entre tiempos del día.
  - ***Valley filling (relleno del valle)***: relleno de los valles de la curva de carga con recargas del almacenamiento eléctrico o vehículos eléctricos.
  - ***Peak clipping (recorte del pico)***: reducir la demanda pico de las cargas.
  - ***Energy efficiency improvement (mejora de la eficiencia energética)***: está destinada a reducir el global del uso de la energía. Puede ser ofreciendo incentivos para adoptar ciertos patrones en el empleo de los electrodomésticos o entregando *feedback* de costes y patrones a los consumidores.



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD

**Ciemat**  
Centro de investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas

# MUCHAS GRACIAS

  
**Ciemat  
ceder**  
centro de desarrollo de energías renovables

[luis.hernandez@ciemat.es](mailto:luis.hernandez@ciemat.es)