Comunicaciones: Interoperabilidad y Ciberseguridad – Retos para la transición hacia la Red Inteligente

Bayron Andrés Calvache M.Sc

Metrum
Soluciones Inteligentes SAS

PERÚ Ministerio de Energía y Minas

CORPORACIÓN FONAFE

cooperación alemana DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por giz

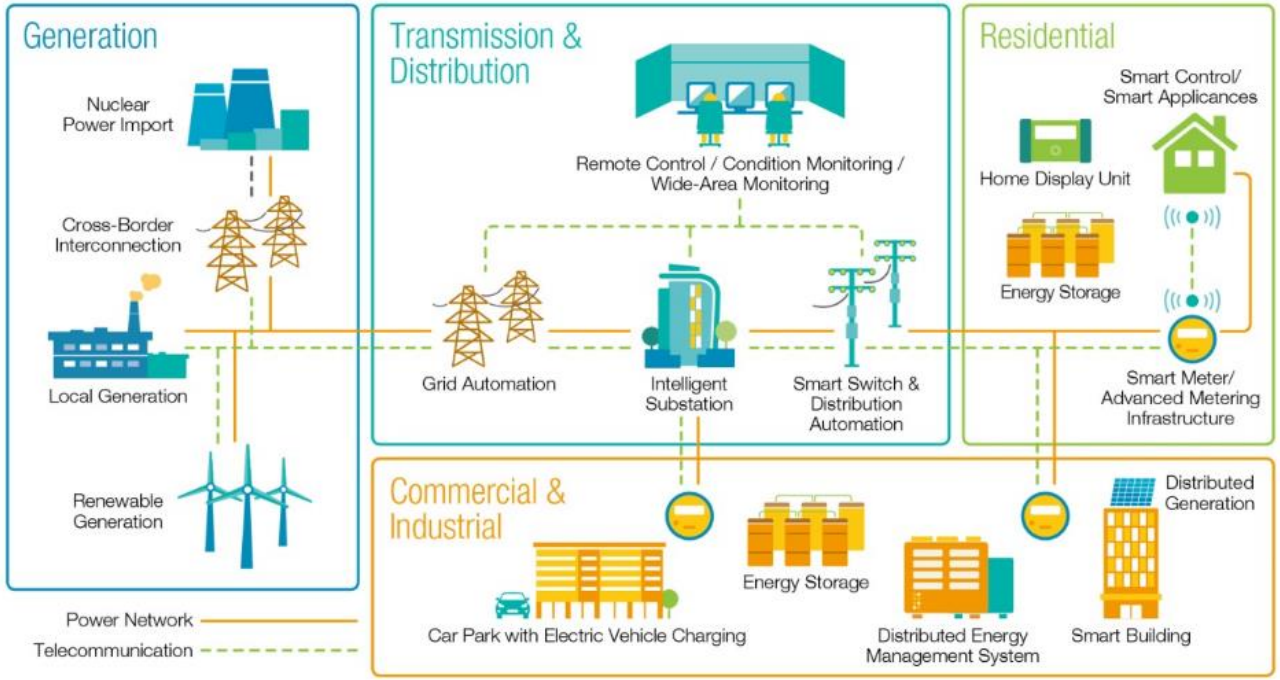
Septiembre 16 2021

Agenda

1. Transición hacia la Red Inteligente: desafíos y cambios
2. Interoperabilidad y Ciberseguridad en la Red Inteligente
3. Criterios para la selección de tecnologías de comunicación

1. Transición hacia la Red Inteligente: desafíos y cambios

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

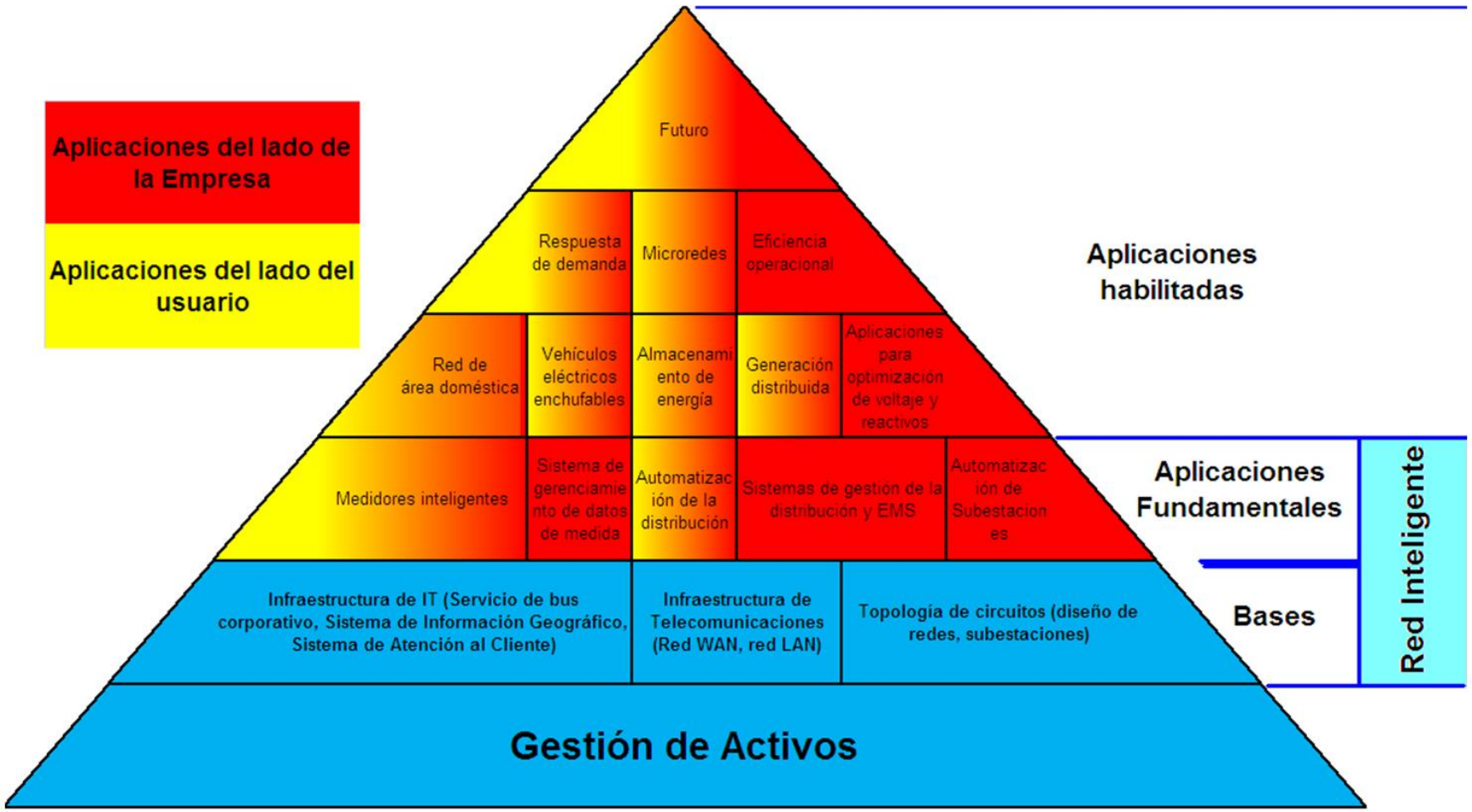


Tomado de: www.elprocus.com

"Es una red que **integra** de manera **inteligente** las acciones de los **usuarios** que se encuentran conectados a ella – generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas a la vez-, con el fin de conseguir un suministro eléctrico **eficiente**, **seguro** y **sostenible**"

Plataforma Tecnológica Europea de *SmartGrids*

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

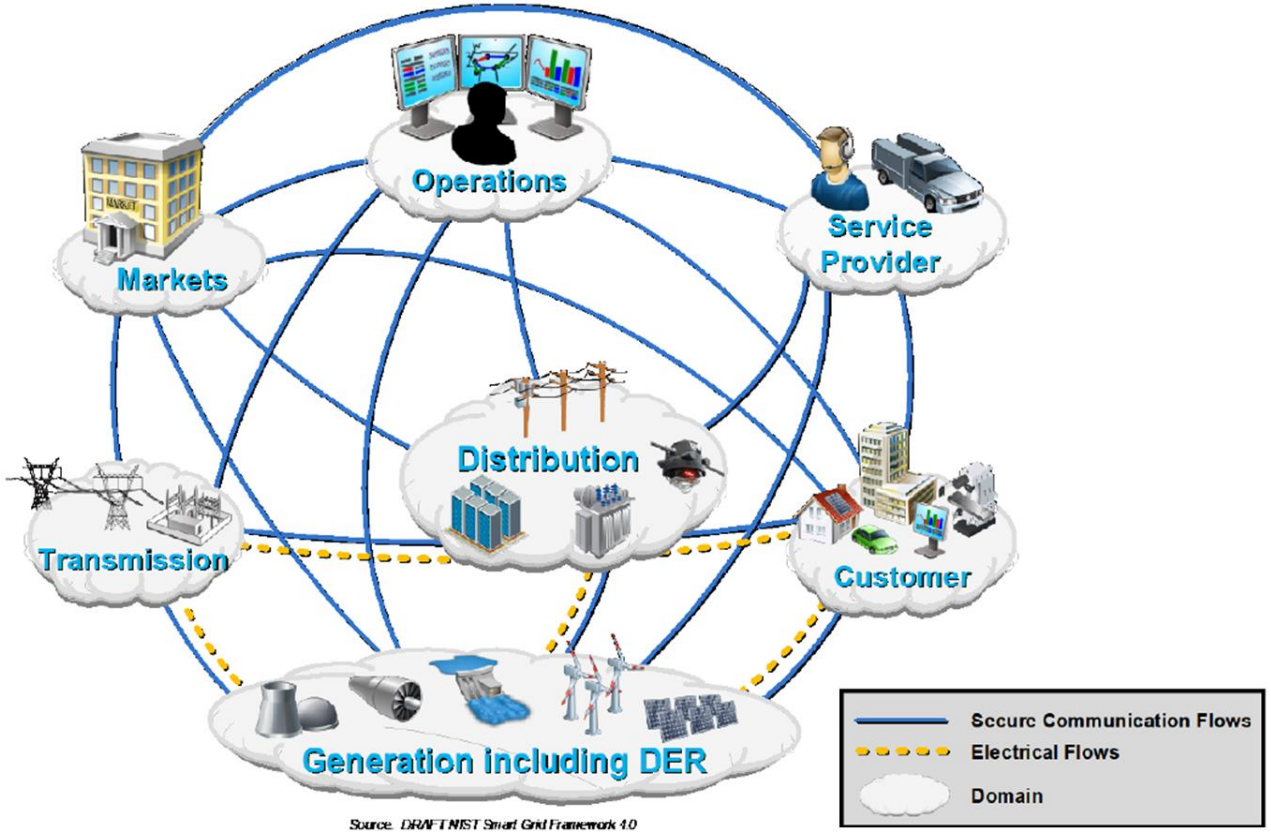


Tomado de: The path of the smart grid. Farhangi, H. (2010).

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

Modelo de Referencia



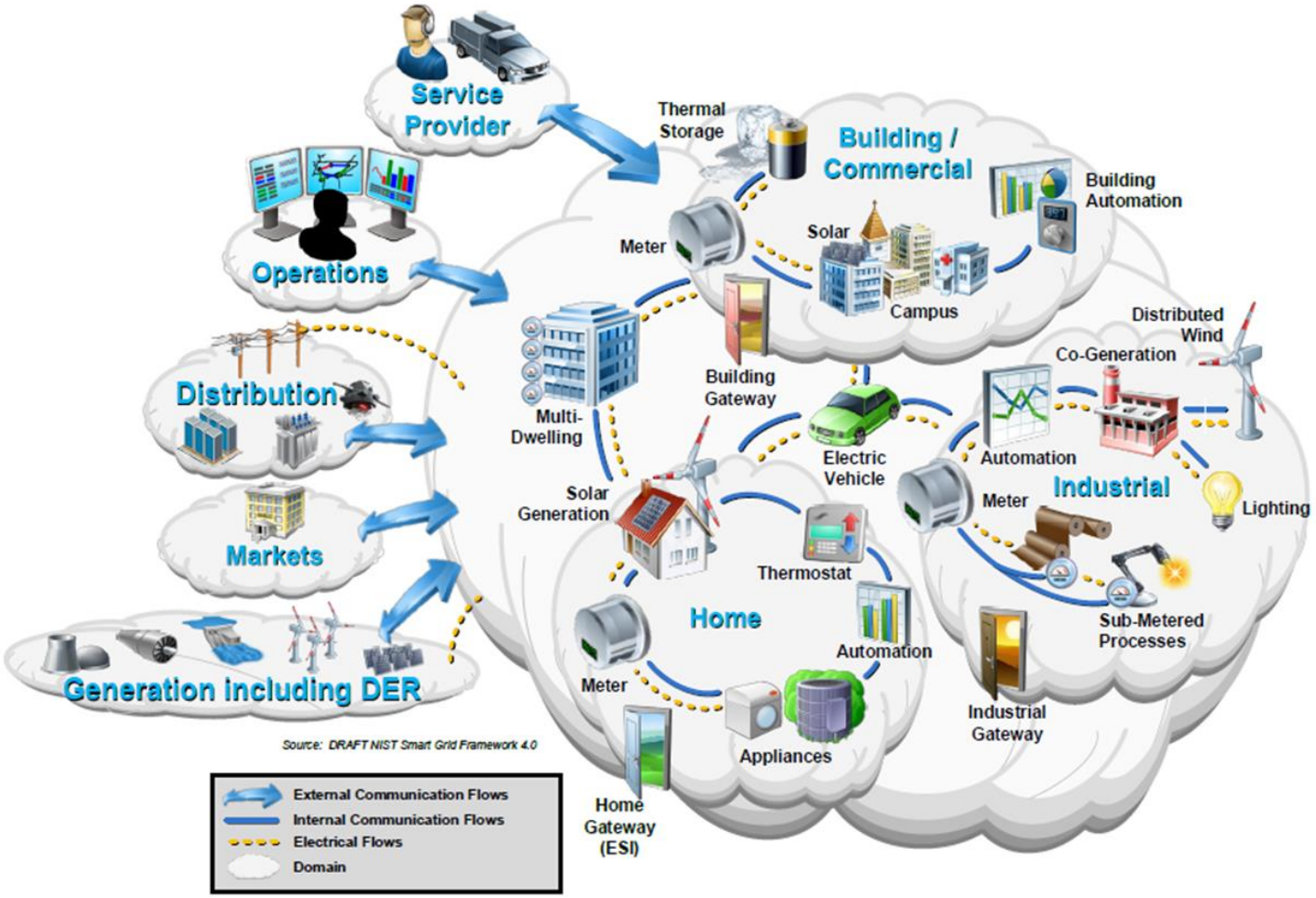
Consideraciones:

- Incremento en el número y tipos de recursos distribuidos que se pueden encontrar en la red.
- Aumento de la importancia y la automatización de los sistemas de distribución.
- Nuevos activos e interacciones de los clientes.

Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

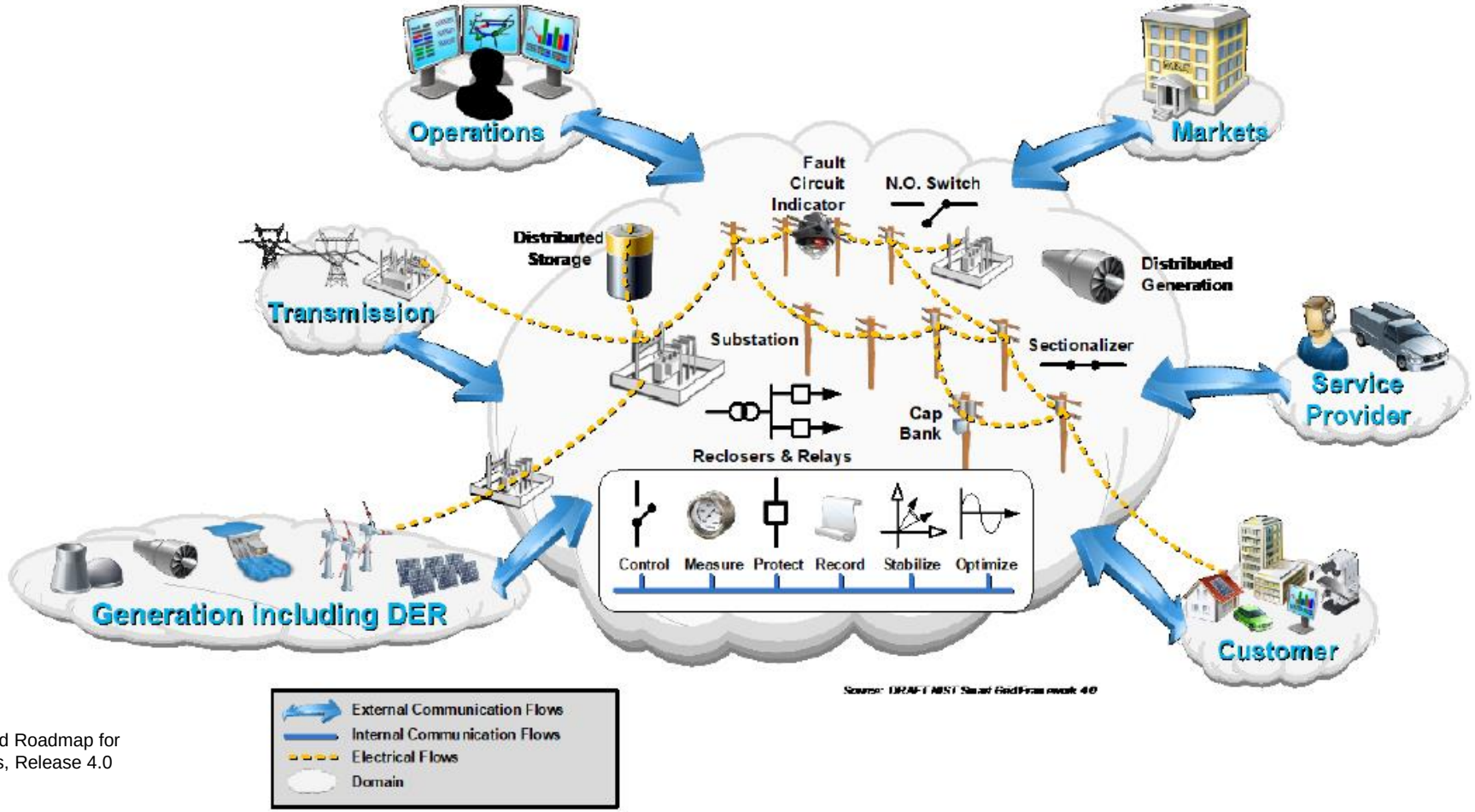
Evolución Dominio del Cliente



Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

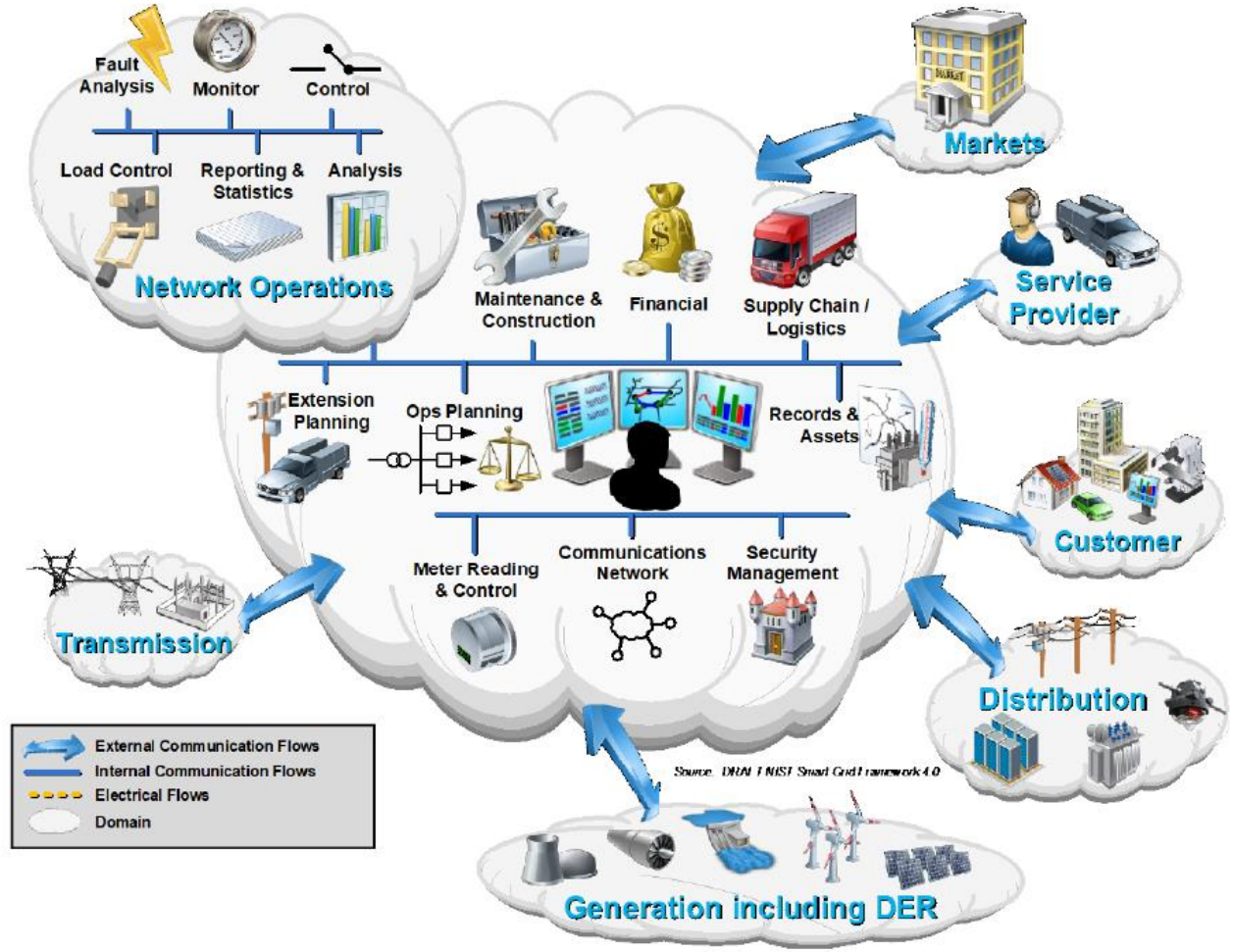
Evolución Dominio de Distribución



Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

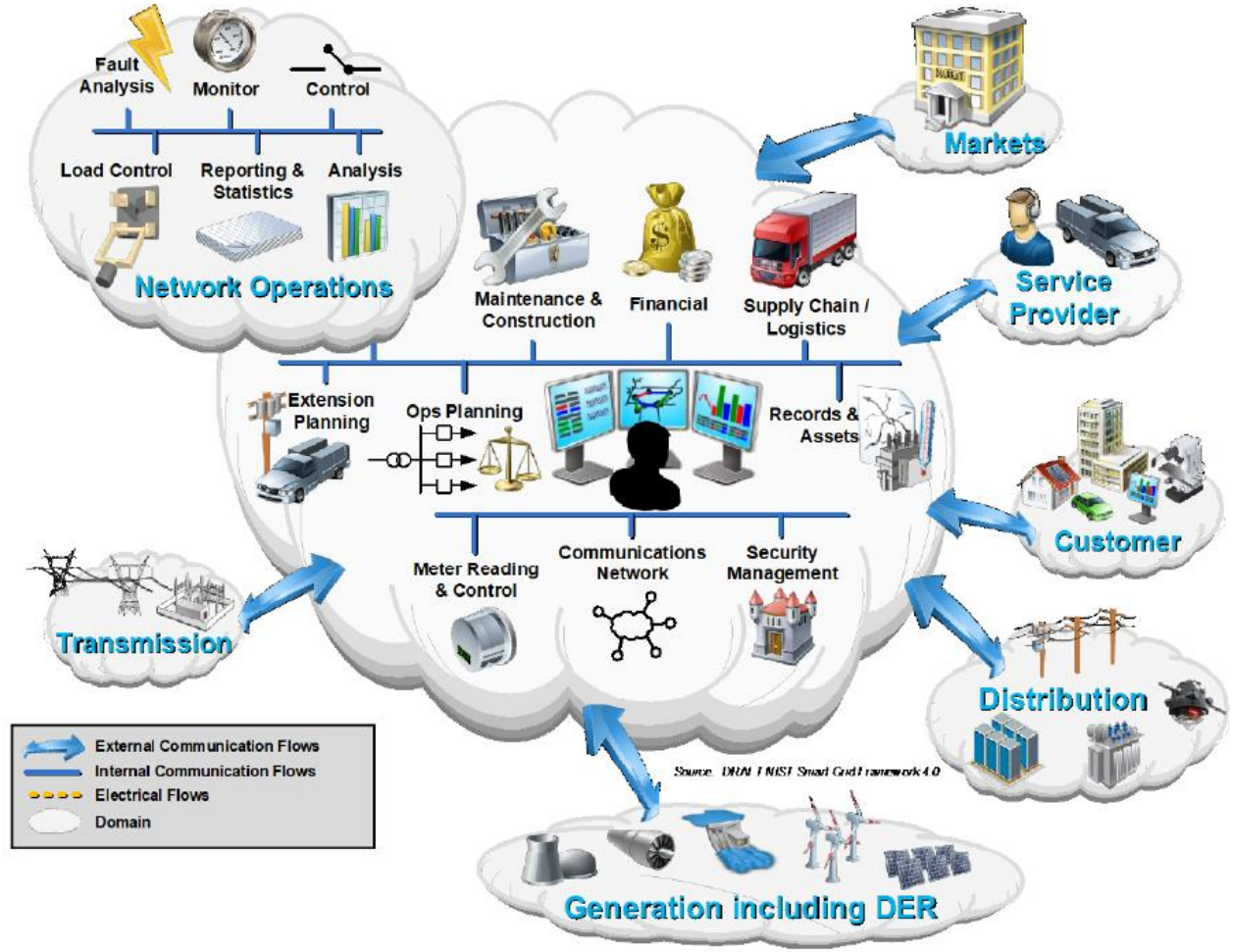
Evolución Dominio de Operación



Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

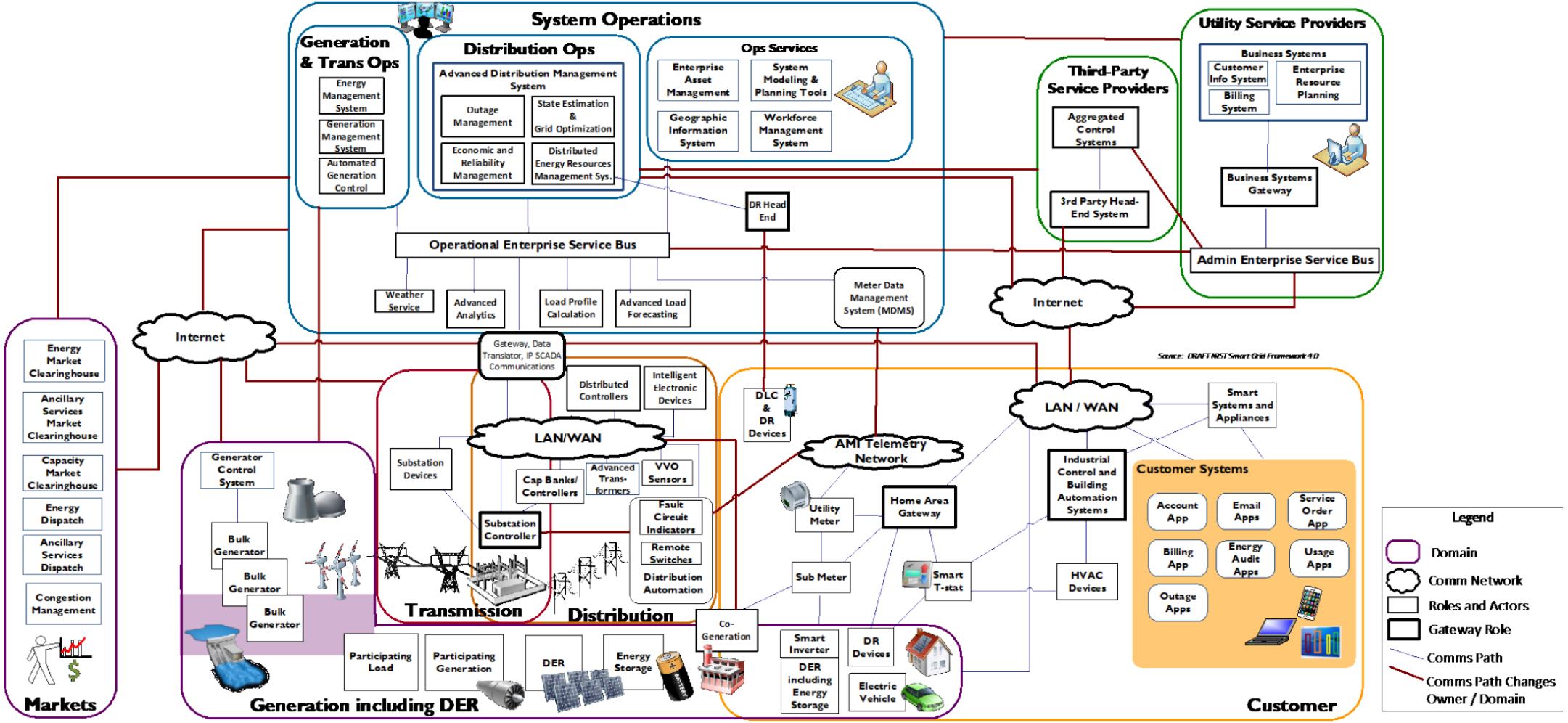
La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

Evolución Dominio de Operación



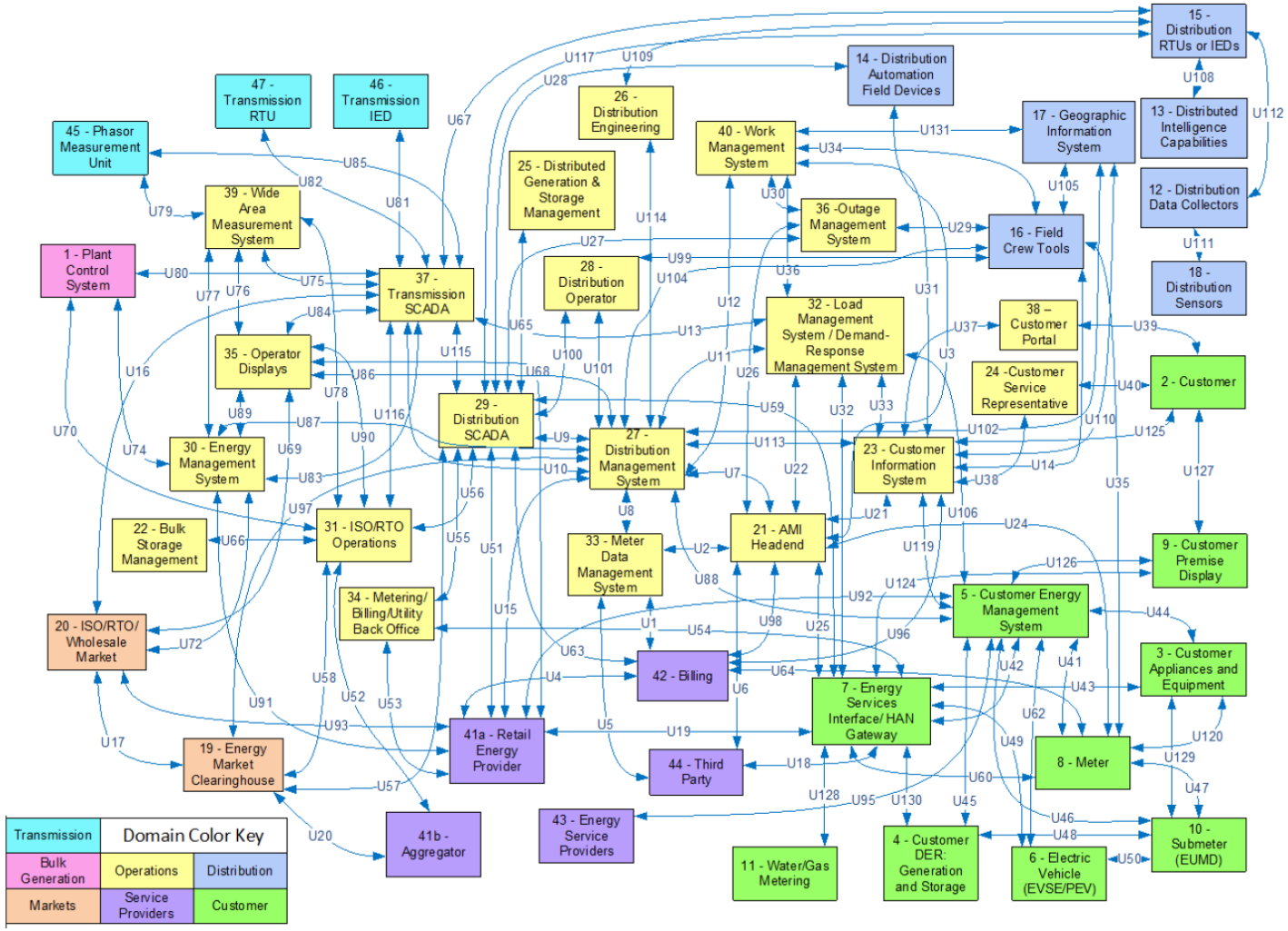
Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid



Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

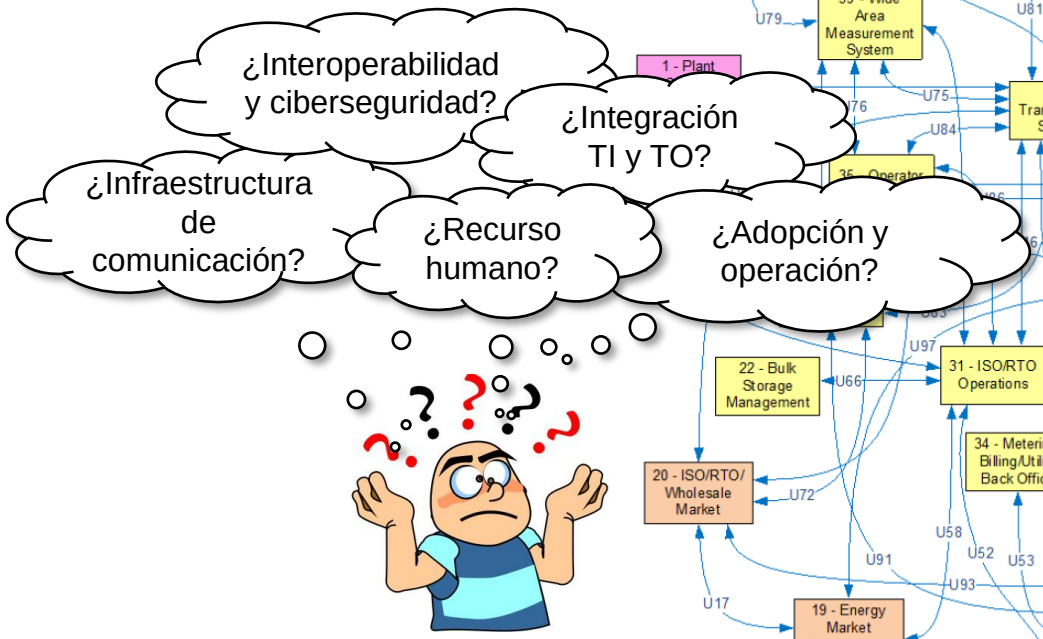
La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

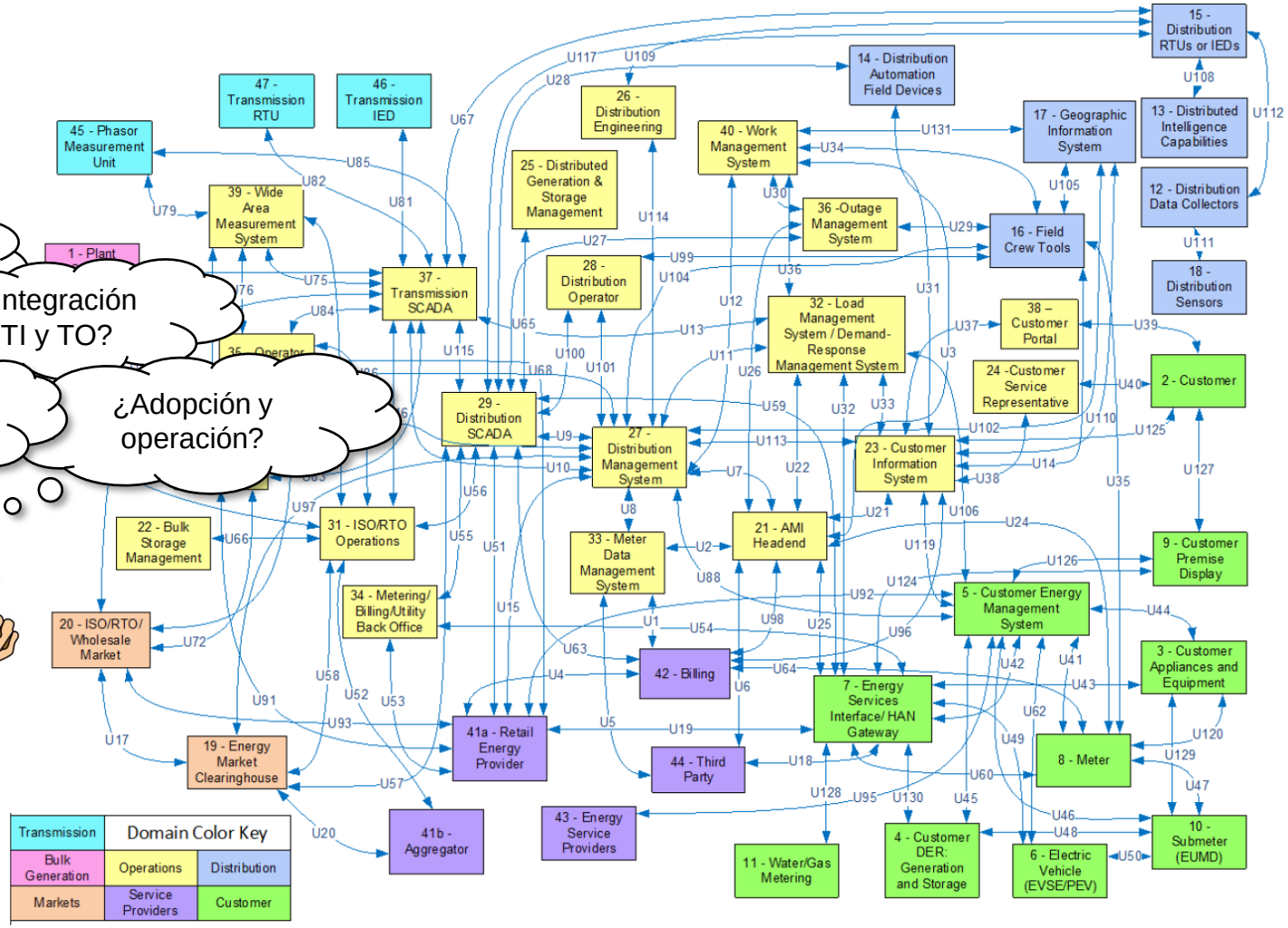


Principales Actores por Dominio

Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid





Principales Actores por Dominio

Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

La Red Eléctrica Inteligente – Smart Grid

Mapa de ruta…

Caso de negocio (servicios, procesos, roles..) → Casos de uso (prepago, facturación,...) → Funcionalidades (monitoreo, adquisición de datos,..) → Información (medidas, señales de precio, TOU...) → Comunicaciones (protocolos, servicios, flujos...) → Componentes (sistemas, dispositivos,...)

Contexto Regulatorio y de mercado

Normas técnicas

Condiciones y necesidades de la empresa

COMUNICACIONES

INTEROPERABILIDAD

CIBERSEGURIDAD

WiMAX FORUM, 4G LTE, 3GPP, LTE-M, INDUSTRIAL ETHERNET, LoRa, Wi SUN, Wi Fi, NB-IoT, BACnet, TWACS, PRIME, G3-PLC, dnp3, zigbee, LoWPAN, sigfox, SEP 3.0 IEEE 2030.5, OMS, M-Bus, meters and more OPEN TECHNOLOGIES, DLT 645, IEC 61850, IEC, dlms device language message specification, ANSI, IEEE, ITU, GREEN BUTTON ALLIANCE, smart energy by zigbee alliance, OSGP ALLIANCE, openADR ALLIANCE

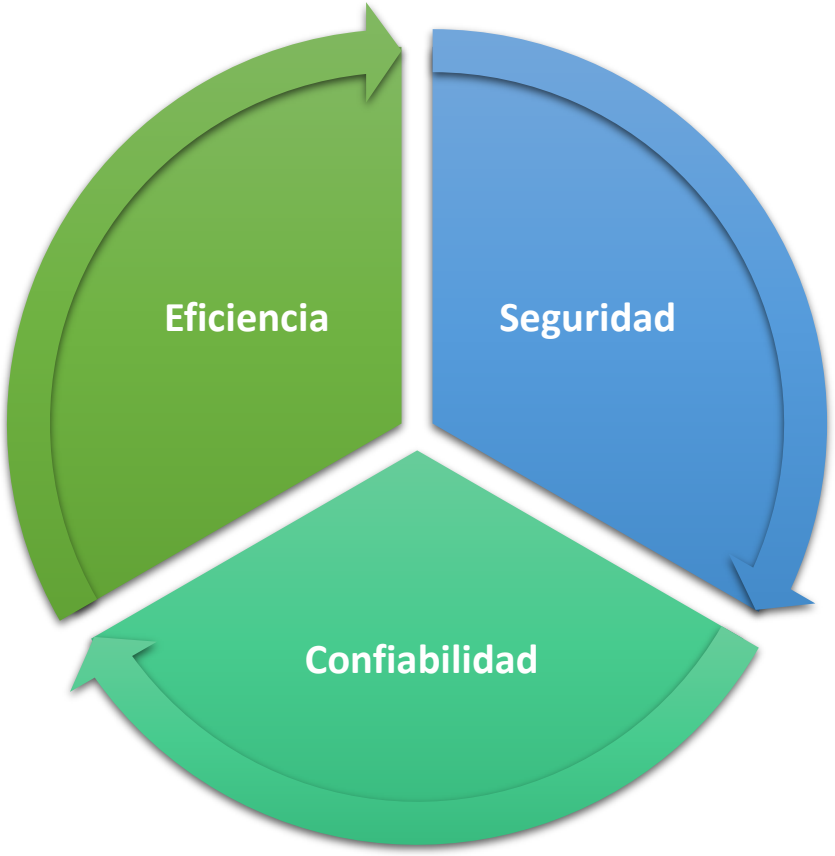
2. Interoperabilidad y Ciberseguridad en la Red Inteligente

Interoperabilidad en la Smart Grid
Definición

La Red Inteligente será un sistema de sistemas interoperables:

Diferentes sistemas habilitados para intercambiar información significativa y procesable, como soporte de la operación segura, confiable y eficiente de la red.

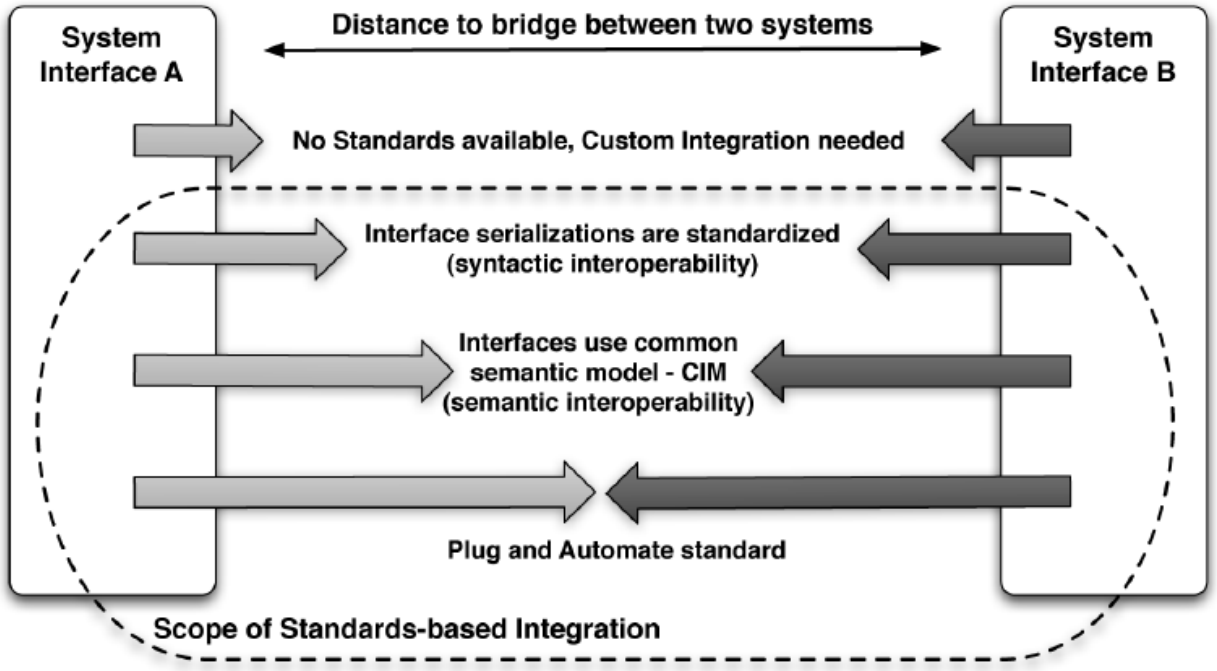
Interoperabilidad: Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada, de forma segura, efectiva y con poco o ningún inconveniente para el usuario (NIST).



Objetivos de la Red Inteligente

Interoperabilidad en la Smart Grid
Beneficios

Lograr interoperabilidad reduce los costos de instalación e **integración**, acelera la implementación y proporciona la **escalabilidad** y **flexibilidad** necesaria para que el sistema pueda evolucionar.



Tomado de: The Common Information Model CIM, 2012

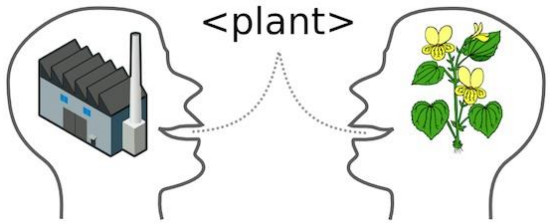
Interoperabilidad en la Smart Grid

Tipos

Interoperabilidad Sintáctica

- Habilidad de dos o mas sistemas de comunicarse e intercambiar datos

Requiere del uso de formatos de datos específicos y protocolos de intercambio.



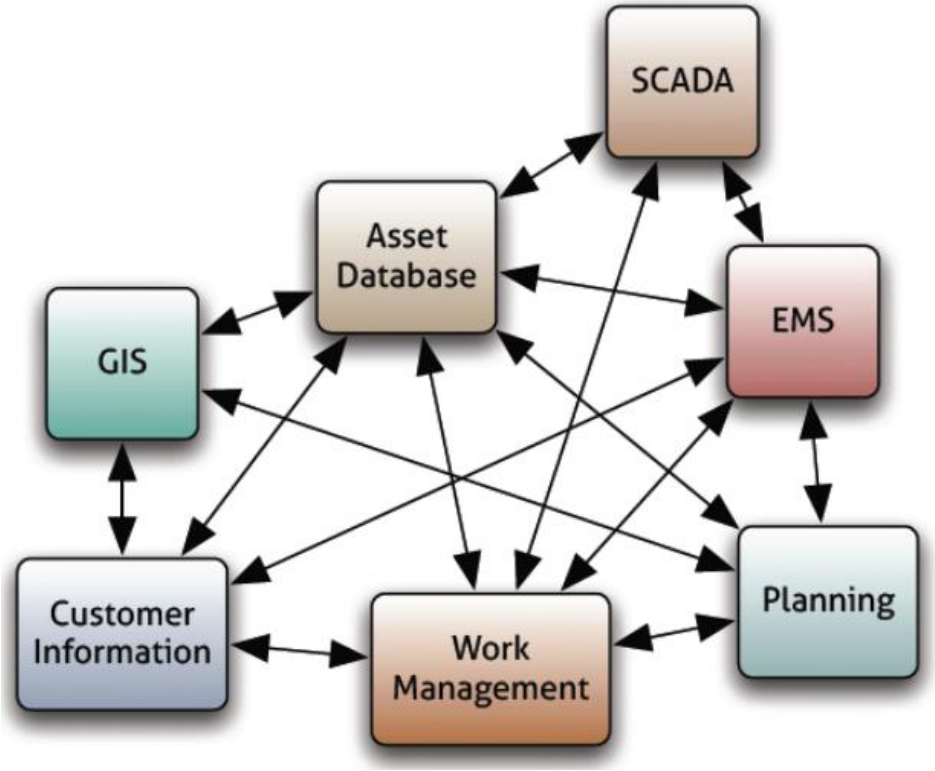
Interoperabilidad Semántica

- Habilidad para interpretar el significado preciso de la información intercambiada

Requiere que las partes en comunicación acuerden un modelo común de información.

Interoperabilidad en la Smart Grid

Contexto

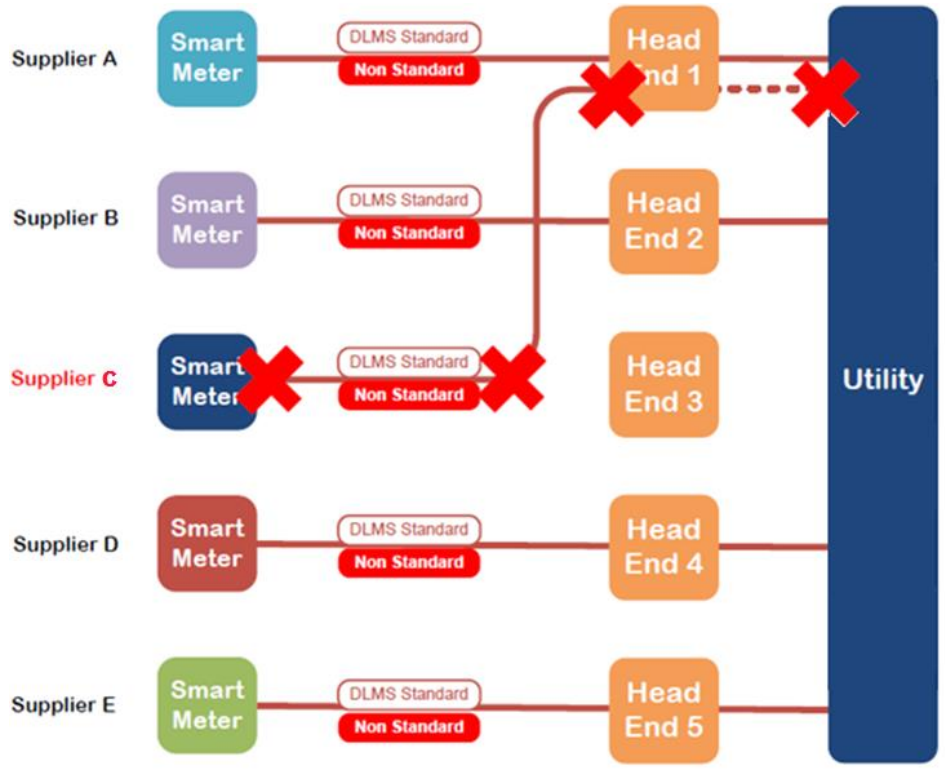


Modelo de información tradicional

- La información de salida que genere una determinada aplicación puede ser vista como información de entrada para otra aplicación
- Aplicaciones desarrolladas por distintos fabricantes.
- Cada aplicación tiene su propia manera de organizar la información y que cuenta con un formato propio para intercambiarla.
- Para cada dos aplicaciones que deban intercambiar información es necesario un conversor de formato

Interoperabilidad en la Smart Grid

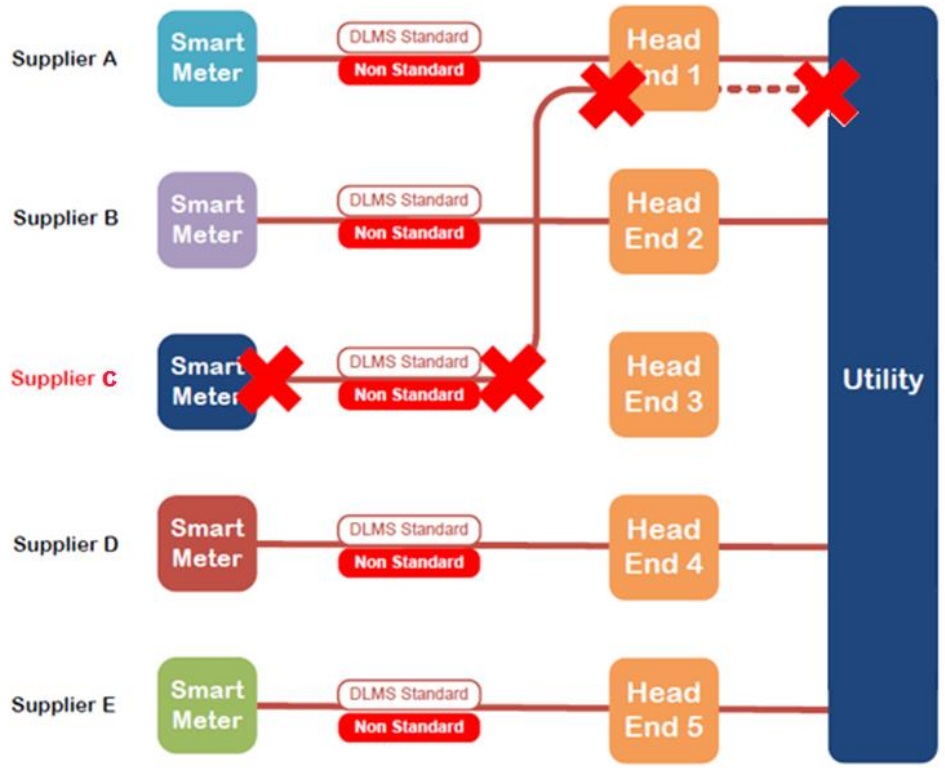
Principales retos



Fuente: "DLMS Demystified"., Energy Retail Association., 2010

- Asegurar la interoperabilidad de una población heterogénea de sistemas/dispositivos:
  - Sistemas y dispositivos desarrollados por distintos fabricantes.
  - Uso de formatos y modelos de datos no estandarizados.
  - Múltiples interacciones posibles entre sistemas y dispositivos.
- Gestionar las generaciones de software de sistemas y de firmware y hardware de dispositivos.
- Múltiples canales de comunicación.
- Proporcionar escalabilidad y desempeño.

Interoperabilidad en la Smart Grid
Principales obstáculos



Fuente: "DLMS Demystified"., Energy Retail Association., 2010

Estándares

- Errores y ambigüedades en los estándares.
- Uso de estándares incompatibles (estándares con diferentes QoS, prioridades de tráfico…).

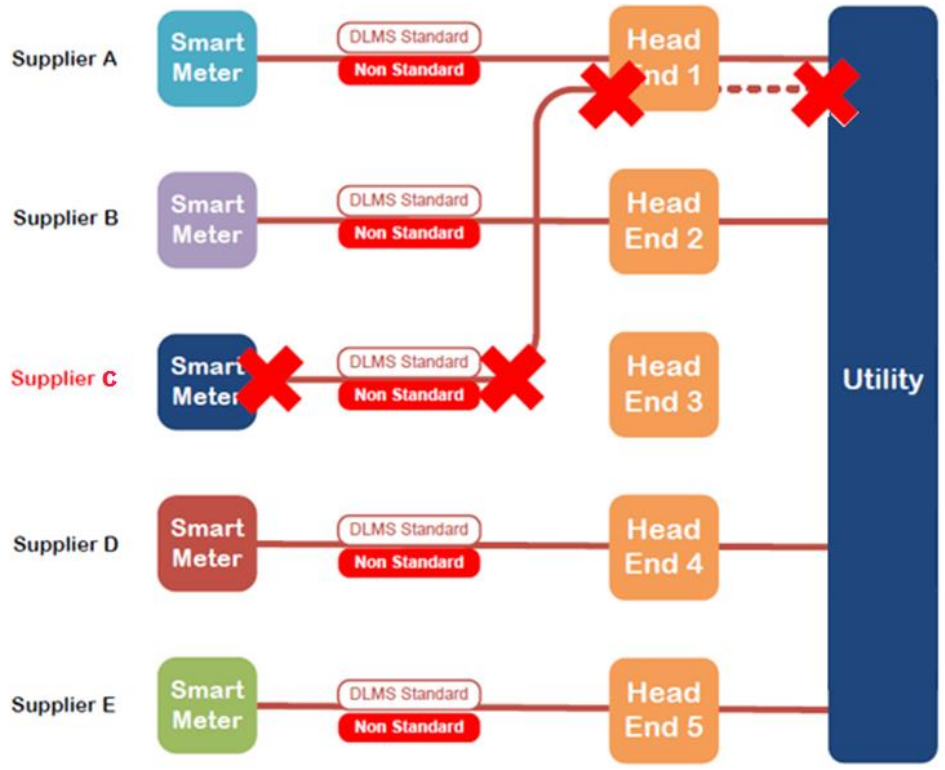
Implementaciones

- Errores humanos, por ejemplo errores de programador.
- Diferentes interpretaciones del estándar.
- Diferentes opciones seleccionables permitidas por el estándar.

Tecnología

- Las redes utilizan diferentes técnicas de transmisión.
- Compatibilidad del dispositivo.
- Configuraciones de los componentes del sistema.

Interoperabilidad en la Smart Grid
Especificaciones complementarias - Perfiles



Fuente: "DLMS Demystified"., Energy Retail Association., 2010

La adopción de estándares abiertos es una condición necesaria para lograr la interoperabilidad, pero <u>no es suficiente</u>.

Los **estándares no describen soluciones personalizadas** para las necesidades especificas de un usuario. Los estándares **describen soluciones universales** que pueden ser personalizadas para las necesidades específicas de un usuario.

La personalización se logra a través de la configuración de varias opciones avaladas por el estándar. Esta configuración es descrita en lo que se conoce como un documento de **especificación complementaria (perfil),** que no es ni desarrollada ni publicada por el organismo de estandarización.

Interoperabilidad en la Smart Grid

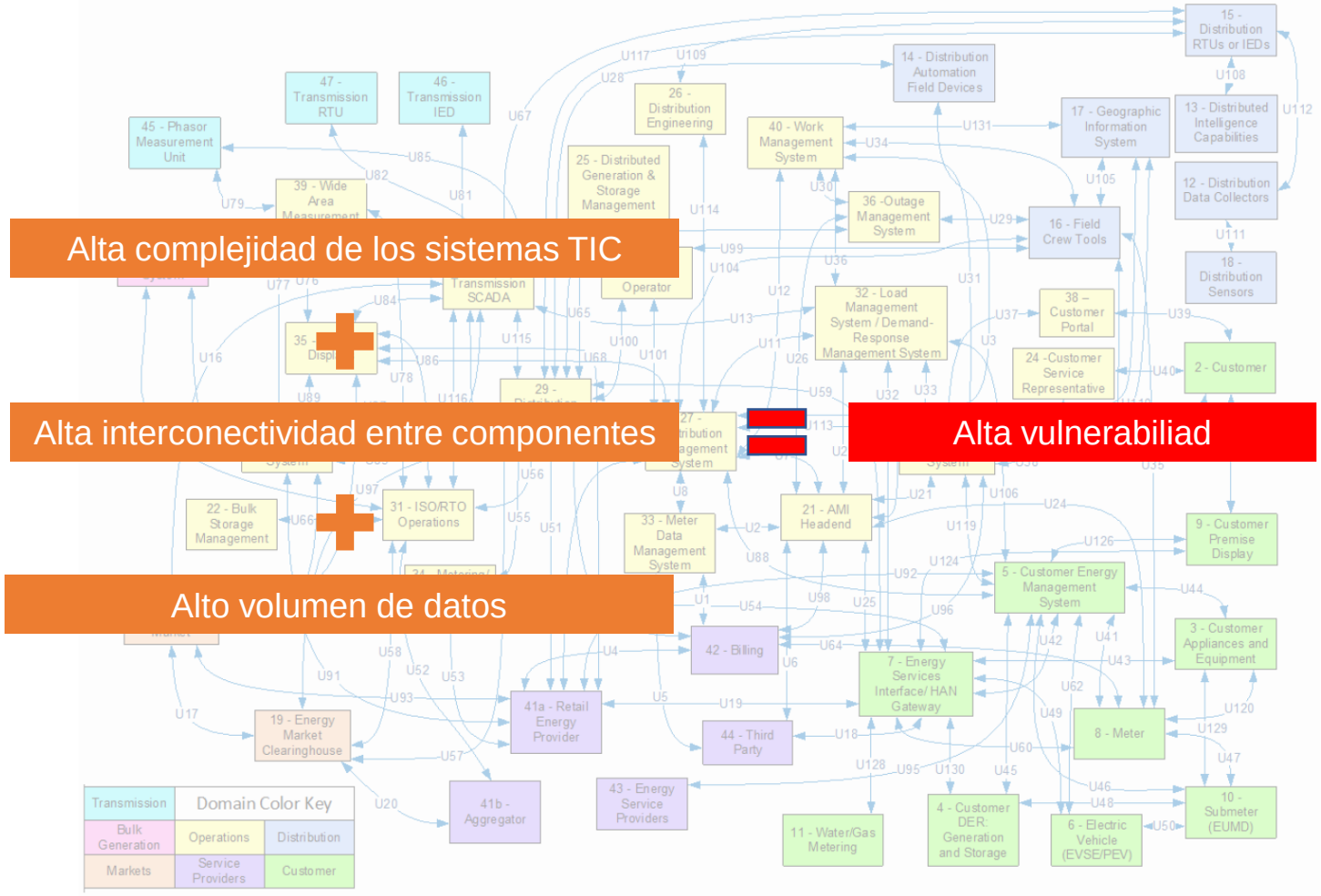
Especificaciones complementarias - Perfiles

Metodología IOP - SGAM

Expert Group 1 'Standards and Interoperability for Smart Grids Deployment' of the European Smart Grids Task Force

Ciberseguridad en la Smart Grid

Contexto

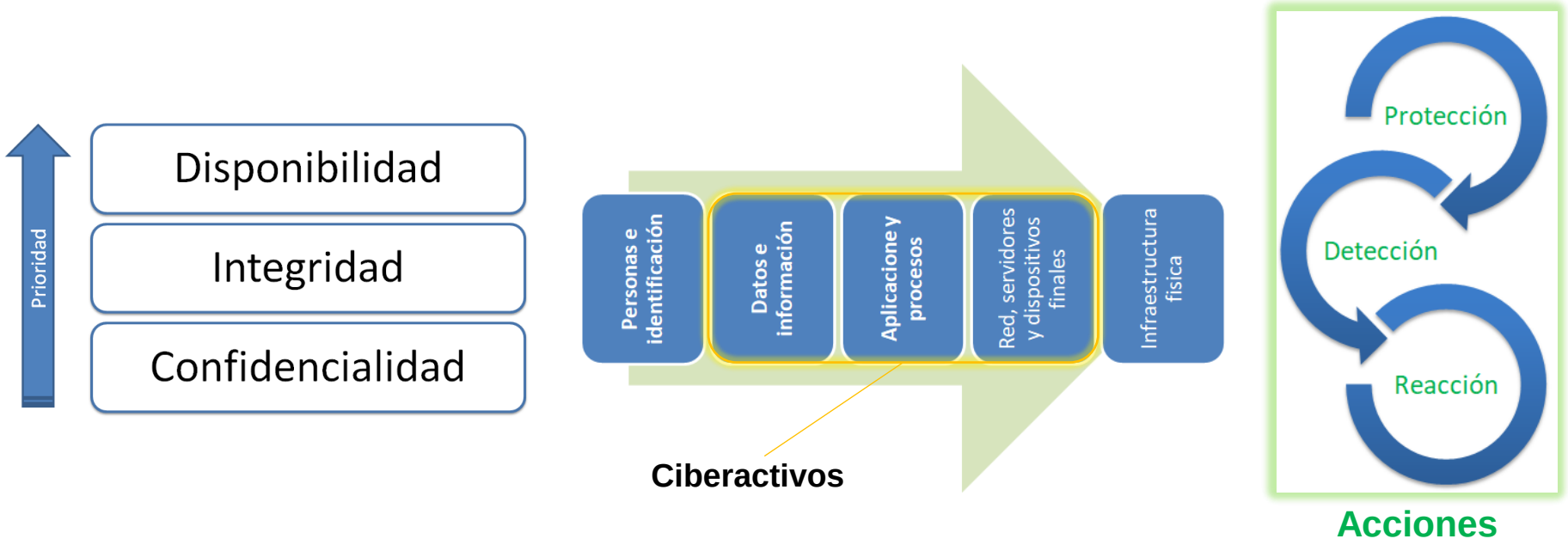


Fuente: DRAFT NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0

Ciberseguridad en la Smart Grid

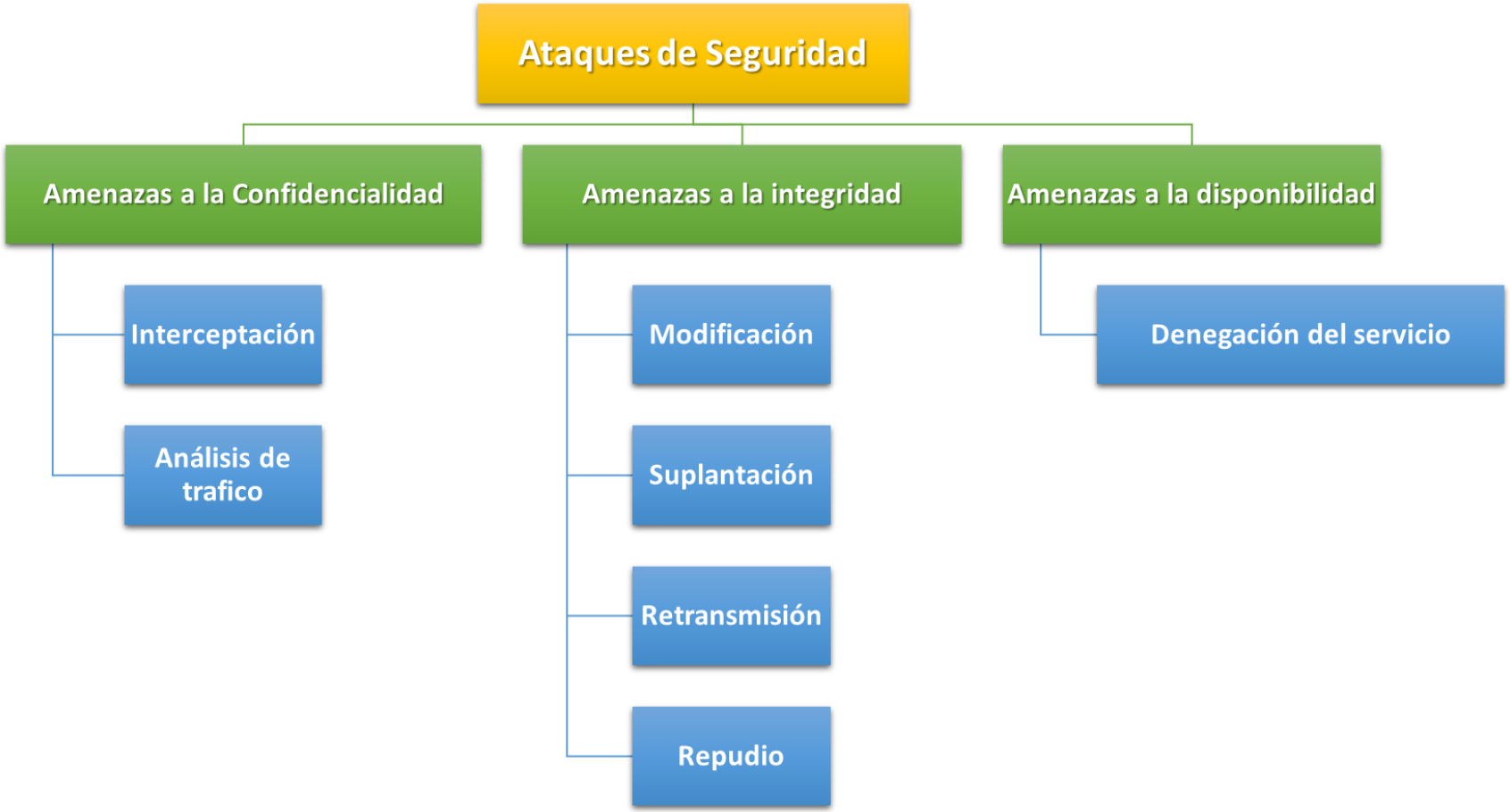
Objetivo

Garantizar la **confidencialidad**, **integridad** y **disponibilidad** de los sistemas electrónicos de comunicación de información y los sistemas de control necesarios para la gestión, operación y protección de las infraestructuras de la red inteligente, tecnologías de la información y telecomunicaciones.



Ciberseguridad en la Smart Grid

Tipos básicos de ataques

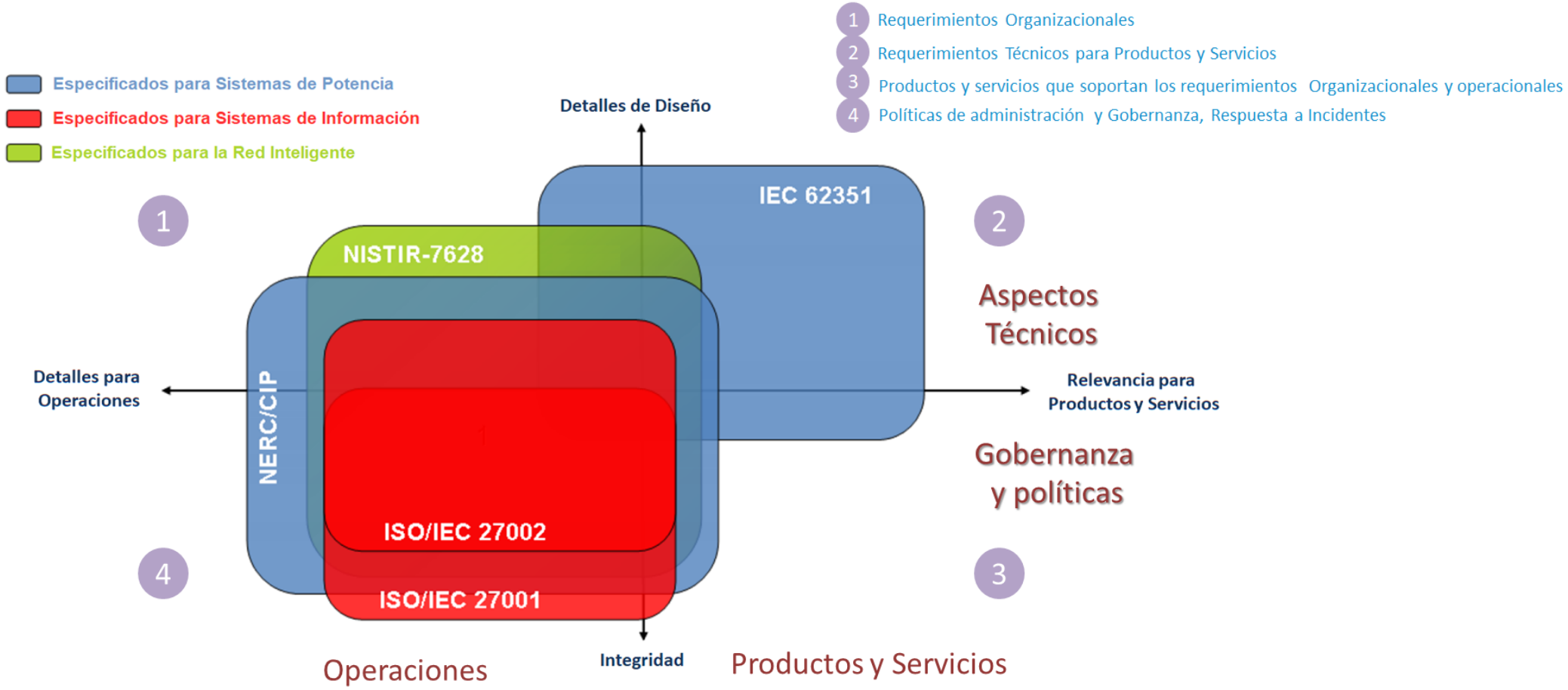


Ciberseguridad en la Smart Grid
Implementación

Característica	Técnicas y/o herramientas de ciberseguridad aplicables
Confidencialidad	Cifrado (AES, TLS, SSL, etc.) por clave simétrica, por clave pública, redes privadas virtuales (VPNs)
Integridad	Firmas digitales, códigos de autenticación de mensajes, estampa de tiempo
Disponibilidad	Protecciones contra ataques, protecciones contra usuarios no autorizados, resistencia a fallos
Identificación	ID de usuario y contraseña, numero de PIN, identificación biométrica
Autenticación	Tokens seguros, Tarjetas inteligentes, autenticación por contraseña, autenticación por reto/respuesta, autenticación biométrica, autenticación por localización, autenticación dispositivo-dispositivo
Autorización	Certificados, herramientas de autorización basadas en roles, atributos de usuario
Control de acceso	Control de acceso basado en roles, contraseñas, firewalls de red, redes virtuales, protección física, personal de seguridad
No repudio	Firmas digitales, estampa de tiempo, autoridades de certificación

Ciberseguridad en la Smart Grid

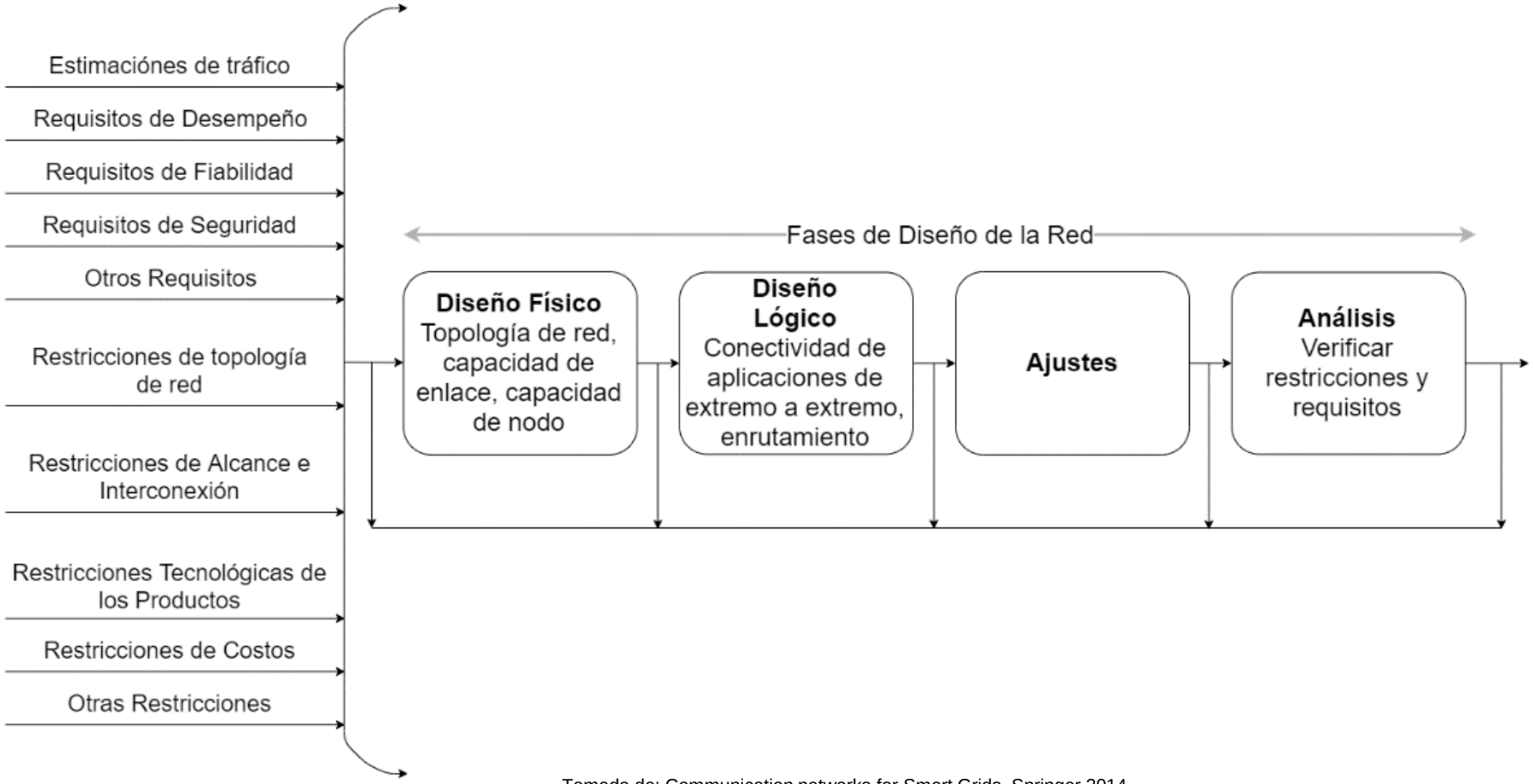
Estándares relacionados



3. Criterios para la selección de tecnologías de comunicación

Tecnologías de comunicación para la SG

Proceso de diseño de una red de comunicaciones



Tomado de: Communication networks for Smart Grids, Springer 2014

Tecnologías de comunicación para la SG

Requisitos aplicaciones SG

Overview of typical latency requirements for different smart grid functionality.

Functionality	Typical latency requirement
Service disconnect	1–10 min
Classical meter reading	10–30 s
Load control	< 5 s
Distriubtion automation	1–2 s
Substation protection and transformer monitoring	< 5 ms
Voltage phasor measurement in generation	< 1 ms

Tomado de: Smart meter communication standards in Europe – a comparison, ELISEVER 2014

TABLE 2. CHARACTERISTICS OF SELECTED SMART GRID APPLICATIONS [19]

	Package Size (bytes)	Data Sampling Frequency (time per day)	Latency (seconds)
On-demand DR [44]	100	1 per event	< 60
Real-time DR	100	As needed	< 5
Pricing	100	2-6	< 60
On-demand metering	100	As needed	< 15
Metering with scheduled time intervals	1600 - 2400	4-6 per residential; 12-24 commercial	< 4 hours
EV Application	100	2-4	< 15
Distribution Automation	100	As needed	< 5

Tomado de: Performance Evaluation of Communication Technologies and Network Structure for Smart Grid Applications, IET Communications, 2019

Application	Bandwidth	Latency	Availability
AMI	10-100 kbps/node, 500 kbps for backhaul	2 - 15 s	99 - 99.9%
Demand-Response	14 kbps - 100 kbps per node/device	500 ms - several minutes	
Wide Area Situational Awareness	600 - 1500 kbps	20 ms - 200 s	
Distribution Energy Resources and Storage	9.6 - 56 kbps	20 ms - 15 s	
Electric Transportation	100 kbps	2 s - 5 min	
Distribution Grid Management	9.6-100 kbps	100 ms - 2 s	

Tomado de: Traffic modelling, communication requirements and candidate network solutions for real-time smart grid control, SUNSEED 2015

Tecnologías de comunicación para la SG

Criterios de selección

- Tipo: tecnologías licenciadas vs. Libres.
  - **Espectro libre:** bajo costo, limitaciones regulatorias, QoS no garantizado, interferencias.
  - **Espectro licenciado:** mejor gestión de las interferencias, seguridad de red, fiablilidad.
- Costo total: costo de instalación y costo de operación según el numero esperado de dispositivos desplegados en la red, incluyendo costos de instalación y operación de las interfaces de comunicación con el cliente.
- Despliegue: facilidad de instalación, configuración y puesta en marcha: redes auto-formadas (self-forming) y auto-reparadas (self-healing).
- Integración con sistemas heredados.
- Escalabilidad: la infraestructura de comunicación debe estar en capacidad de proporcionar una cobertura completa y una capacidad de red suficiente para alojar el número dispositivos proyectados.

Tecnologías de comunicación para la SG

Criterios de selección

- Seguridad: integridad, confidencialidad y disponibilidad.
- Interoperabilidad: tecnologías basadas en estándares abiertos o propietarios, interoperabilidad entre diferentes fabricantes y certificación.
- Calidad de servicio: latencia, tasas de transmisión y confiabilidad adecuadas para el tipo de aplicación.
- Ambiente de instalación: rural, urbano, o urbano densamente poblado.
- Ciclo de vida de la tecnología: comparable con la vida útil esperada de los sistemas/dispositivos.
- Control: dependencia de terceros o despliegue de infraestructuras de comunicación propias.

Tecnologías de comunicación para la SG
Criterios de selección – Tecnologías PLC

- *Ventajas:* Reúso de la las líneas de potencia, distancias de comunicación.
- *Contras:* Bajas ratas de transferencia de datos, interferencia por ruido, necesidad de repetidores.

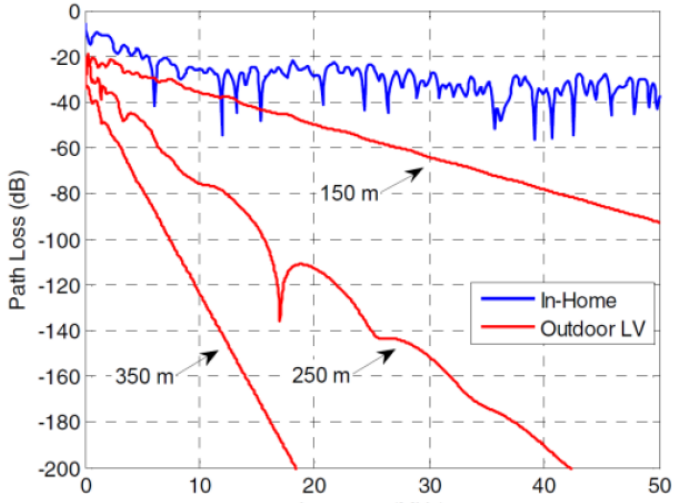


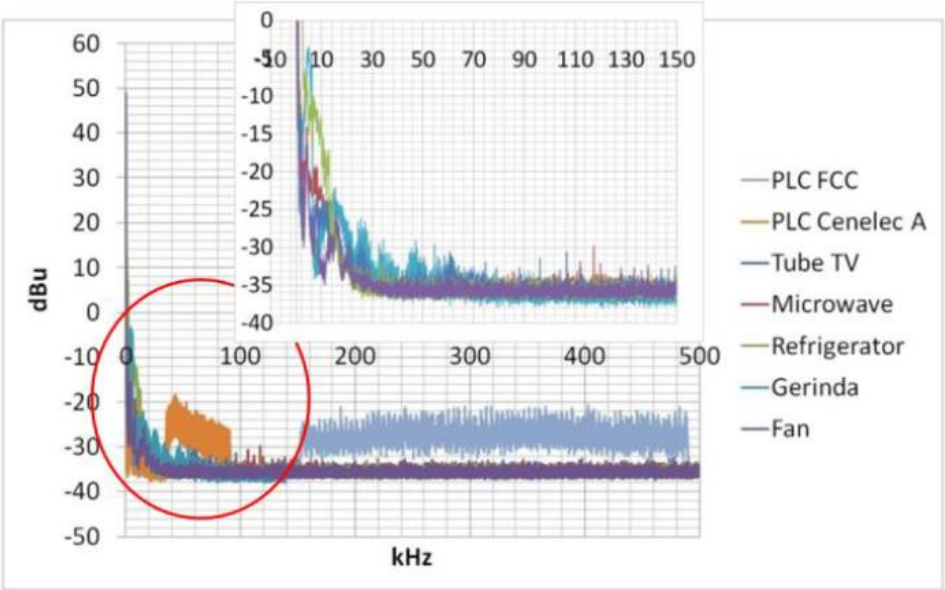
Figure: Attenuation in the MHz range for in-home and outdoor low voltage networks

CAPACITY IN THE MV SCENARIO.

	PRIME	G3-PLC	G3-FCC
min [kbps]	0.002	0.006	8.002
mean [kbps]	3.337	3.905	393.9
max [kbps]	55.52	41.20	1593

CAPACITY IN THE O-LV SCENARIO.

	PRIME	G3-PLC	G3-FCC
min [kbps]	0.584	1.978	1286
mean [kbps]	103.9	114.8	2295
max [kbps]	265.4	302.2	3373



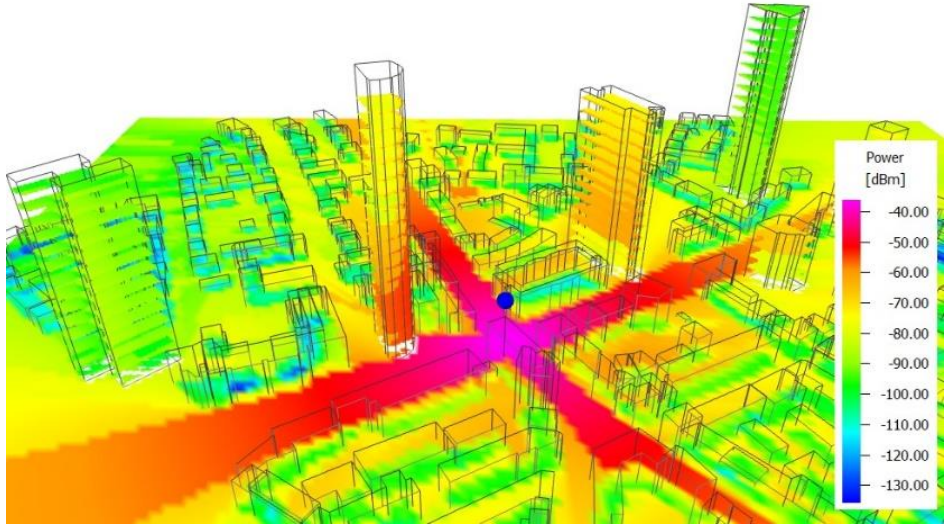
Tomado de: Narrow Band Power Line Communication (NB-PLC) frequency band review under residential load noise, 2019

Tecnologías de comunicación para la SG
Criterios de selección – Tecnologías RF

- *Ventajas:* Tasas de transmisión altas, flexibles, redundancia si se utilizan redes mesh.
- *Contras:* Se necesita planear bien la instalación para evitar interferencia e inconvenientes de seguridad. Puede requerir de grandes inversiones.

Attribute	Bluetooth® Low Energy Technology	Wi-Fi	Z-Wave	IEEE 802.15.4 (Zigbee, Thread)	LTE-M	NB-IoT	Sigfox	LoRaWAN
Range	10 m – 1.5 km	15 m – 100 m	30 m - 50 m	30 m – 100 m	1 km – 10 km	1 km – 10 km	3 km – 50 km	2 km – 20 km
Throughput	125 kbps – 2 Mbps	54 Mbps – 1.3 Gbps	10 kbps – 100 kbps	20 kbps – 250 kbps	Up to 1 Mbps	Up to 200 kbps	Up to 100 bps	10 kbps – 50 kbps
Power Consumption	Low	Medium	Low	Low	Medium	Low	Low	Low
Ongoing Cost	One-time	One-time	One-time	One-time	Recurring	Recurring	Recurring	One-time
Module Cost	Under $5	Under $10	Under $10	$8-$15	$8-$20	$8-$20	Under $5	$8-$15
Topology	P2P, Star, Mesh, Broadcast	Star, Mesh	Mesh	Mesh	Star	Star	Star	Star
Shipments in 2019 (millions)	~3,500	~3,200	~120	~420	~7	~16	~10	~45

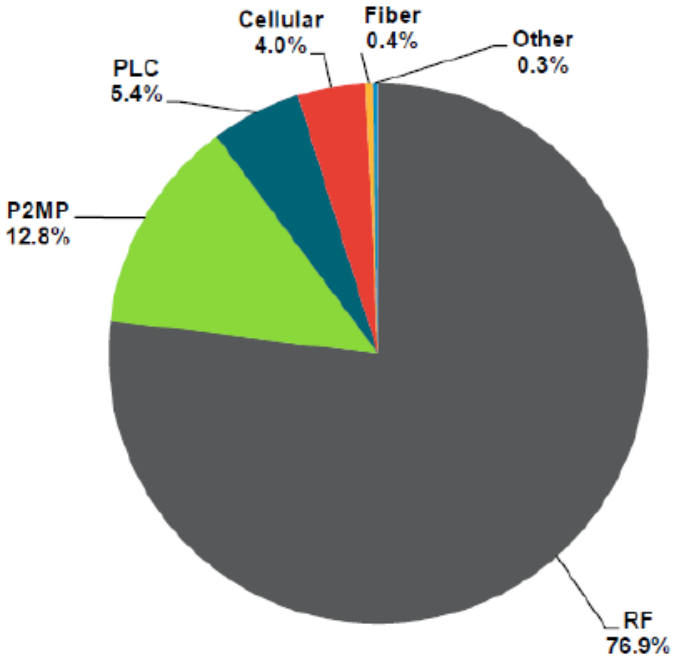
Tomado de: https://www.bluetooth.com/blog/wireless-connectivity-options-for-iot-applications-technology-comparison/



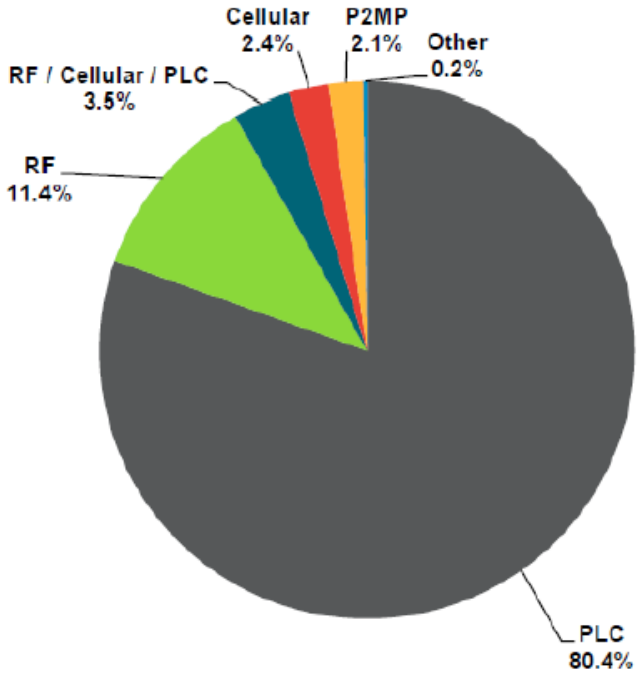
Tecnologías de comunicación para la SG

Criterios de selección – Adopción de tecnologías

Communications Technology Selection Share, North America: 1Q 2017



Communications Technology Selection Share, RoW (excluding US and China): 1Q 2017



Europe and China have large number of PLC deployments

Tomado de: Wi-SUN Technology and Certification, Wi-SUN Alliance 2018

Gracias por su atención!

Contacto:
innovacion@metrum.com.co
www.metrum.com.co