

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Informe UIT-R SM.2351-3
(06/2021)

Sistemas de gestión de servicios públicos por red inteligente

Serie SM
Gestión del espectro



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de los Informes UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REP/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro

Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2023

© UIT 2023

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

INFORME UIT-R SM.2351-3

Sistemas de gestión de servicios públicos por red inteligente

(2015-2016-2017-2021)

ÍNDICE

Página

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR).....	ii
1 Introducción.....	4
2 Comunicaciones y particularidades de las redes inteligentes	5
3 Tecnologías de red inteligente por redes de comunicación	6
4 Objetivos y ventajas de las redes inteligentes	6
4.1 Reducción de la demanda global de electricidad mediante la optimización del sistema	6
4.2 Integración de recursos energéticos renovables y distribuidos.....	7
4.3 Fomento de las redes inteligentes a través de la medición inteligente	7
4.4 Creación de una red de redes eléctricas inteligentes resiliente.....	7
5 Descripción general de la arquitectura de referencia de la red inteligente (fuera del hogar).....	10
6 Normas sobre cables y líneas eléctricas para telecomunicaciones por la red eléctrica ..	12
6.1 Comunicaciones de red eléctrica por las líneas eléctricas	12
6.2 Comunicaciones de la red eléctrica inteligente por redes de cable.....	12
7 Normas inalámbricas para telecomunicaciones de la red eléctrica inteligente.....	12
7.1 Red doméstica.....	12
7.2 WAN/NAN/FAN/WASN	13
8 Consideraciones sobre la interferencia asociada con el despliegue de tecnologías alámbricas e inalámbricas de transmisión de datos que se emplean en sistemas de gestión de la red eléctrica	15
8.1 IEEE.....	15
8.2 3GPP	15
8.3 3GPP2.....	16
8.4 PMR/PAMR de 12,5/25 kHz.....	16
9 Impacto del despliegue generalizado de redes alámbricas e inalámbricas utilizadas para sistemas de gestión de redes eléctricas en la disponibilidad del espectro	17

10	Resumen	19
	Anexo 1 – Ejemplos de normas existentes relativas a sistemas de gestión de redes eléctricas	20
	A1.1 Normas del ETSI	20
	A1.2 Normas del IEEE	20
	A1.3 Normas del UIT-T	25
	A1.4 Normas 3GPP	26
	A1.5 Normas 3GPP2	42
	Anexo 2 – Red inteligente en Norteamérica	44
	A2.1 Introducción	44
	A2.2 Motivos de la implantación de redes inteligentes	45
	Anexo 3 – Red inteligente en Europa	46
	A3.1 Introducción	46
	A3.2 Actividades europeas en algunos Estados Miembros	47
	A3.2.1 Iniciativa industrial europea sobre redes eléctricas	47
	A3.3 Disposición del espectro para redes inteligentes en algunas partes de Europa ..	51
	Anexo 4 – Red inteligente en Brasil	52
	A4.1 Introducción	52
	A4.2 Sector energético brasileño	52
	A4.3 Comisión de Estudio sobre la red inteligente brasileña	53
	A4.4 Cuestiones de telecomunicaciones	54
	A4.5 Datos técnicos	54
	A4.6 Mediciones en ondas kilométricas	55
	A4.7 Conclusión	55
	Anexo 5 – Red inteligente en la República de Corea	55
	A5.1 Hoja de ruta para una red inteligente en Corea	55
	A5.2 Red de comunicaciones	58
	Anexo 6 – Red inteligente en Indonesia	59
	A6.1 Introducción	59
	A6.2 Desarrollo de la red inteligente y sus problemas	59

Página

Anexo 7 – Investigación sobre tecnologías de acceso inalámbrico para red inteligente en China.....	61
A7.1 Introducción.....	61
A7.2 Tecnologías de acceso inalámbrico para red inteligente en China	61
A7.3 Conclusión	64
Anexo 8 – Sistemas de comunicaciones (voz/datos) PMR/PAMR	64
A8.1 Descripción general de los sistemas PMR/PAMR con anchos de banda de canal de 25 kHz, 12,5 kHz y 6,25 kHz.....	64
A8.2 Servicios que utilizan anchos de banda de canal de hasta 25 kHz	64
A8.3 Sistemas con anchos de banda de canal de hasta 25 kHz	65
A8.4 Normativa aplicable a las PMR/PAMR.....	65
Anexo 9 – Ejemplo de lista de bandas de frecuencias utilizadas por contadores inalámbricos inteligentes y sistemas de red inteligente	66
Anexo 10 – Recomendaciones e informes del UIT-R pertinentes.....	67
Adjunto – Acrónimos y abreviaturas	68

Alcance

En el presente Informe se ofrece una visión general de los sistemas de redes inteligentes, así como información detallada sobre la amplia gama de tecnologías disponibles para la supervisión y el control de las redes de redes inteligentes y las redes de contadores inteligentes. Entre estas últimas figuran tecnologías de comunicación por cable, como pueden ser las de comunicación por líneas eléctricas (PLT), e inalámbricas, como pueden ser desde tecnologías de banda estrecha de 6,25/12,5/25 kHz hasta tecnologías de banda ancha de múltiples MHz.

A modo de ejemplo, se incluyen aplicaciones que van desde la lectura de contadores privados hasta el control crítico de múltiples centrales eléctricas de alta potencia conectadas directamente al sistema de distribución de alta tensión a nivel de gigavatios.

En los anexos también se abordan las normas en materia de banda estrecha, banda amplia y banda ancha en vigor para las tecnologías de redes y contadores inteligentes.

El texto principal incluye información general sobre el espectro disponible en varios países para los sistemas de redes y contadores inteligentes. Los anexos contienen más información al respecto.

Aunque este Informe se centra principalmente en la industria eléctrica, donde los cambios son más rápidos y extensos, se están produciendo avances similares en las infraestructuras de gas y agua (lo que incluye agua limpia, aguas residuales y alcantarillado, y agua caliente).

Acrónimos y abreviaturas

En el adjunto final se enumeran los acrónimos y abreviaturas utilizados en el presente Informe.

1 Introducción

Una «red inteligente» es una red bidireccional de suministro de energía eléctrica conectada a una red de información y control a través de sensores y dispositivos de control, lo que permite un funcionamiento/optimización inteligente y eficiente de la misma, incluidas las redes de generación, transmisión, distribución y usuario final.

El sistema global consta de dos componentes básicos (fuera del hogar y dentro del hogar). El objetivo del primero es recopilar información de todos los consumidores, que suman varios millones, y el del segundo es utilizar la información recopilada para alimentar la red de control que gestiona la generación, transmisión y distribución de energía a través del sistema de suministro. Estos dos componentes presentan distintos requisitos operativos, pero necesitan trabajar juntos de forma cooperativa e integran la seguridad entre sus necesidades intrínsecas.

Un contador inteligente es un dispositivo electrónico que registra el consumo de energía eléctrica en intervalos periódicos de una hora (o menos) y transmite la información recopilada a una compañía eléctrica a efectos de control y facturación. Un contador inteligente permite una comunicación bidireccional entre el contador y la compañía eléctrica. Además de la función de lectura automatizada del contador, también puede recibir y manejar información de control relativa a la gestión de la energía procedente de la compañía eléctrica y comunicar información de seguimiento de la calidad de la energía. Los usuarios no pueden acceder libremente a las funciones de los contadores inteligentes, con independencia de donde se hallen físicamente las instalaciones (en una planta exterior, en un edificio, en un hogar, etc.).

Los objetivos principales de las redes inteligentes son los siguientes:

- garantizar un abastecimiento seguro de electricidad, gas y agua;
- facilitar el paso hacia una economía con bajas emisiones de carbono;
- mantener precios estables y asequibles.

Las tecnologías de la comunicación son una herramienta fundamental, que muchas empresas de servicios públicos están utilizando para construir su infraestructura de red inteligente. Unas comunicaciones seguras son un componente esencial de una red inteligente, como demuestran algunas de las instalaciones de red inteligentes más grandes y avanzadas que se están desarrollando actualmente. Además, con la superposición de tecnologías de la información, una red inteligente puede ser predictiva y autorregenerable, lo que permite evitar automáticamente los problemas. En muchos casos, una medición inteligente efectiva permite supervisar el consumo casi en tiempo real y comunicar con los centros de control de la red de modo que, conforme a otros métodos de ajuste del uso de la energía, consumo y producción correspondan y el abastecimiento se pueda efectuar por un nivel de precio apropiado.

En la UIT, la implementación de redes inteligentes se ha vinculado con diversas tecnologías alámbricas e inalámbricas desarrolladas para numerosos casos de conexión en red. Los servicios de red inteligente fuera del hogar comprenden infraestructuras de medición avanzada (AMI), gestión de medición automática (AMM), lectura automatizada de medidores (AMR), control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), teleprotección, sincrofasores y automatización del abastecimiento.

En el hogar, las aplicaciones de red inteligente servirán sobre todo para medir, supervisar y controlar las comunicaciones entre el servicio público, los medidores inteligentes y aparatos inteligentes como radiadores, acondicionaron desde aire, lavadoras y otros aparatos. Una aplicación importante prevista es la recarga y facturación de las comunicaciones intercambiadas entre vehículos eléctricos y sus estaciones de recarga. Los servicios de red inteligente en el hogar permitirán un control granular de aparatos inteligentes, gestionar la distancia aparatos eléctricos y presentar datos de consumo y costes asociados para informar mejor a los consumidores y motivarlos así a ahorrar energía.

2 Comunicaciones y particularidades de las redes inteligentes

La red inteligente prevé una conectividad ubicua en todos los puntos de las redes de transmisión y distribución de los servicios públicos, desde las fuentes de abastecimiento, pasando por los centros de gestión de red y, en su caso, hasta instalaciones y aparatos individuales. La red inteligente exigirá caudales de datos bidireccionales y una conectividad compleja. Las velocidades de los flujos de datos oscilarán entre varios kbit/s para sistemas de banda estrecha y múltiples Mbit/s para sistemas de banda amplia/ancha. Para más información sobre los flujos de comunicación previstos a través de la red de suministro eléctrico que utilizan la propia red como medio de comunicación, véase el Documento técnico del UIT-T «Applications of ITU-T G.9960, ITU-T G.9961 transceivers for Smart Grid applications: Advanced metering infrastructure, energy management in the home and electric vehicles»¹. En el documento técnico del UIT-T sobre la aplicación de la tecnología G.hn en redes inteligentes se exponen otros trabajos del UIT-T sobre el uso de la tecnología de redes domésticas (proyecto G.hn) en favor de las comunicaciones de las redes inteligentes².

Las redes inteligentes proporcionarán la infraestructura de superposición y control de información, creando así una red integrada de comunicación y detección. La red de transmisión y distribución habilitada para la red inteligente facilita más información a la empresa de servicios públicos para ayudarla a controlar el uso de la electricidad, el agua y el gas, y los sistemas de medición inteligente cumplen una función análoga para los clientes. Además, gracias a las redes, las redes eléctricas de servicios públicos funcionan con una eficacia nunca vista.

¹ <https://www.itu.int/pub/T-TUT-HOME-2010>

² [GSTP-HNSG – Technical paper on the use of G.hn technology for smart grid \(itu.int\)](#)

3 Tecnologías de red inteligente por redes de comunicación

Varios tipos de redes de comunicación se pueden utilizar en la implementación de redes inteligentes. Ahora bien, esas redes de comunicación deben ofrecer una capacidad suficiente para las aplicaciones de red inteligente básicas y avanzadas que existen hoy y las que estarán disponibles en un futuro cercano.

La red de distribución eléctrica es un sistema de suministro en el que el producto (energía eléctrica) se caracteriza por un tiempo entre la producción y el consumo prácticamente nulo: la generación, suministro y consumo se produce «todo» casi al mismo tiempo. El problema de equilibrar la producción y la demanda se multiplicará con la integración de nuevas tecnologías destinadas a lograr de manera sostenible la independencia energética y la modernización de la red de distribución avejentada, por ejemplo, fuentes de energía renovable, recursos energéticos distribuidos (RED), vehículos eléctricos recargables, gestión de la demanda y respuesta, almacenamiento y participación del consumidor, etc. A fin de equilibrar la generación y la demanda de un «sistema oportuno perfecto» es necesario integrar tecnologías adicionales de protección y control que garanticen la estabilidad de la red, modificación de la actual red que dista de ser trivial y supone un verdadero reto de diseño, dada la naturaleza estocástica de la generación y de la carga.

Para dar soporte a las tecnologías y aplicaciones anteriormente mencionadas, es necesario garantizar la disponibilidad de una red de comunicaciones moderna, flexible y ampliable que reúna las funciones de «vigilancia» y «control». Las tecnologías de la información y la comunicación permiten ubicar, aislar y restaurar a distancia, y de una manera más rápida, las interrupciones de energía, mejorando de este modo la estabilidad de la red. Asimismo, las tecnologías de la información y de la comunicación facilitan la incorporación a la red de fuentes renovables de energía que varían con el tiempo, permiten controlar mejor y de una manera más dinámica la carga y dotan a los consumidores de herramientas para optimizar el consumo de energía.

Estos objetivos tienen que basarse en normas que garanticen que las diversas tecnologías y equipos que dan soporte a las comunicaciones de red inteligente son adecuados para su fin y no interfieren entre sí o con otros sistemas de telecomunicaciones y que dichos componentes radioeléctricos no causan interferencia a otros servicios de radiocomunicaciones.

La UIT y las organizaciones de normalización colaboran para alcanzar estos objetivos.

4 Objetivos y ventajas de las redes inteligentes

4.1 Reducción de la demanda global de electricidad mediante la optimización del sistema

Los sistemas tradicionales de transmisión y distribución de electricidad fueron concebidos para suministrar energía en una única dirección, pero carecían de la inteligencia necesaria para optimizar el abastecimiento. Durante el actual proceso de transición hacia las redes inteligentes, los proveedores deben seguir siendo capaces de generar una cantidad de electricidad suficiente para atender crestas de demanda energética, aunque esas crestas sólo se produzcan en momentos aislados de unos pocos días al año y la demanda media sea muy inferior. En la práctica, eso significa que los días en que esperan que la demanda sea superior a la media, los proveedores deben volver a poner en marcha generadores poco utilizados, menos eficientes y, por lo general, más onerosos, pero capaces de arrancar rápidamente bajo demanda.

Las redes inteligentes revisten una importancia crucial para mejorar la fiabilidad y reducir el impacto medioambiental del consumo eléctrico.

4.2 Integración de recursos energéticos renovables y distribuidos

La conectividad y las comunicaciones por red inteligente resuelven el problema inherente a la integración de la energía generada por los consumidores y por múltiples fuentes diversas, por ejemplo, parques eólicos, en los principales sistemas centrales de distribución de energía. Dado el aumento de los costes de la energía y la siempre creciente sensibilidad medioambiental, cada vez más personas y empresas se encargan ellas mismas de generar su propia electricidad a partir de fuentes de energía renovables, como eólicas o solares. Dada la imprevisibilidad de las fuentes de energía renovables, a menudo es difícil, oneroso o incluso imposible contar con la energía que generan en la red. Además, aun cuando se vuelve a introducir energía renovable en la red, las redes de distribución de todo el mundo tienen dificultades para anticipar o reaccionar a este retorno de electricidad. Las técnicas de medición de la red ayudarán a integrar fuentes de energía renovable dispares en la red. La generación y distribución descentralizada de energía es una de las nuevas capacidades que ofrece la red inteligente.

La red inteligente ofrece la solución porque comunica al centro de control cuanta energía se necesita y cuanta se recibe de fuentes autogeneradoras. De este modo, la capacidad de generación principal se puede equilibrar para tener en cuenta el insumo adicional para atender la demanda. Como la red inteligente permite hacerlo en tiempo real, las empresas de servicios públicos pueden equilibrar las discrepancias de suministro derivadas de la imprevisibilidad de las fuentes de energía renovable.

En un informe sobre el interés de la automatización de la distribución, encargado por la California Energy Commission a Energy and Environmental Economics, Inc. (E3) y EPRI Solutions, Inc., se indica que ese almacenamiento distribuido de electricidad que puede gestionarse en tiempo real (como baterías o vehículos eléctricos con enchufe de alimentación) representaría un interés hasta 90% superior con respecto a un activo similar que no estuviera conectado a una red inteligente³.

4.3 Fomento de las redes inteligentes a través de la medición inteligente

Una de las aplicaciones que permiten equilibrar la red eléctrica es la medición inteligente. Las funciones de medición inteligente son, entre otras:

- infraestructura de medición avanzada (AMI, *advanced metering infrastructure*);
- gestión de medición automática (AMM, *automated meter management*);
- lectura de medición automática (AMR, *automated meter reading*).

El Anexo 9 contiene una lista de ejemplos de bandas de frecuencias utilizadas para sistemas inalámbricos de contadores inteligentes y redes eléctricas inteligentes en algunas partes del mundo.

4.4 Creación de una red de redes eléctricas inteligentes resiliente

Una de las prioridades a la hora de diseñar una red de redes eléctricas inteligentes es garantizar que la red pueda resistir a las perturbaciones y recuperarse de ellas. Las siguientes definiciones suelen aplicarse a fin de alcanzar los objetivos requeridos en la fase de diseño:

- Se entienden por mejores prácticas aquellas medidas que pueden adoptarse para garantizar la resiliencia, independientemente de su coste.
- Se entienden por buenas prácticas aquellas medidas que pueden adoptarse para lograr un grado de resiliencia acorde a la estrategia de riesgos de la empresa. Es importante que las organizaciones entiendan cuándo deben aplicar las mejores prácticas y cuando es preferible optar por buenas prácticas.

³ *California Energy Commission on the Value of Distribution Automation*, [«California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report»](#), p. 95 (abril de 2007) (CEC Report)

Las compañías eléctricas suelen emplear sistemas de telecomunicaciones específicos para la integración de diversas aplicaciones inteligentes en sus redes. Entre estos sistemas, cabe destacar los siguientes:

- Los sistemas de teleprotección permiten aislar una parte de la red cuando se detecta una avería o una anomalía en el sistema y evitar al mismo tiempo interrupciones del suministro a otros usuarios de la red. Estos sistemas minimizan las interrupciones del suministro y reducen el riesgo de daños a las infraestructuras por flujos de corriente excesivos.
- Los sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) se utilizan para iniciar controles y supervisar los niveles de tensión, corriente y temperatura, así como las posiciones de los conmutadores en toda la red, y brindan la posibilidad de reconfigurar la red a distancia en respuesta a cambios en la demanda, fallos en la red y otras condiciones de funcionamiento.
- Las funciones de supervisión y control pueden integrarse en la red para controlar a distancia los equipos y reconfigurar la red automáticamente sin intervención del operador, e informar de las acciones del sistema de automatización de la distribución a la sala de control.
- Las aplicaciones de gestión dinámica de activos (DAM) supervisan de forma constante y dinámica el estado y la carga de los activos, a fin de aumentar la capacidad y evitar la necesidad de reforzar las redes. Las mediciones en tiempo real también pueden ayudar a predecir fallos, previniendo así averías e interrupciones del suministro a los clientes.
- Los sistemas de comunicaciones de voz móviles resilientes permiten la comunicación entre la sala de control y el personal sobre el terreno para realizar las tareas rutinarias, garantizar la seguridad y restablecer los suministros en situaciones de emergencia, especialmente en caso de inclemencias meteorológicas o cortes de suministro eléctrico, cuando las redes comerciales pueden no estar disponibles (para obtener más información sobre estos sistemas, véase el Anexo 8).
- La televisión en circuito cerrado (CCTV) se utiliza para vigilar lugares remotos, con objeto de garantizar la seguridad y controlar activos a distancia.

Aunque recientes avances en el ámbito de las redes de telecomunicaciones comerciales permiten mantener cierta capacidad de comunicación crítica, los servicios públicos esenciales presentan una serie de requisitos particularmente exigentes:

- Crecimiento de los servicios públicos de telecomunicaciones debido al aumento de la cobertura geográfica de las redes de control, el número de puntos de conexión y la velocidad de respuesta, y no necesariamente al aumento de la velocidad de transmisión de datos.
- Requisitos de disponibilidad de cobertura geográfica (por ejemplo, hasta el 99,999% para la protección de líneas eléctricas y el 99,9% para los sistemas de teledistribución por exploración) dentro de la zona de servicio definida, incluidas, en algunos casos, zonas remotas y despobladas. Por ejemplo, las líneas eléctricas atraviesan regiones remotas y poco pobladas. Las energías renovables y los recursos hídricos también se encuentran a menudo en lugares remotos. Estas zonas remotas y despobladas pueden resultar poco atractivas para los operadores de telecomunicaciones comerciales.
- Mayor resiliencia para permitir que las redes funcionen en ausencia del suministro de energía eléctrica principal durante un periodo prolongado, que puede ir desde unos minutos hasta 72 horas, e incluso más.
- Red reforzada para garantizar su resiliencia ante condiciones meteorológicas adversas, por ejemplo, vientos fuertes, inundaciones, nieve, hielo, temperaturas extremas y perturbaciones electromagnéticas como descargas eléctricas.
- La fiabilidad del sistema debe diseñarse con arreglo a unos requisitos técnicos exactos y no para obtener un beneficio económico, véase la resiliencia basada en *las mejores prácticas*.

- Encaminamiento redundante separado, independiente y diverso. Nota: cuando se interrumpe la ruta primaria, es fundamental que la otra ruta funcione inmediata y correctamente. Ello aplica en especial cuando se requiere acceso instantáneo al espectro radioeléctrico.
- Se prefiere el acceso a un espectro atribuido adecuado para que las ampliaciones y mejoras de la red de control de la red eléctrica puedan planificarse con confianza y llevarse a cabo con rapidez.
- Los servicios públicos requieren altos niveles de seguridad para sus redes de telecomunicaciones e infraestructuras, no solo en términos de integridad, para evitar interrupciones malintencionadas del funcionamiento de los servicios públicos, sino también de garantía de acceso en caso de denegación de servicio, ya sea por congestión de la red o por intervenciones malintencionadas, que impidan a dichos servicios visibilizar sus redes.
- Los ciclos de los productos de telecomunicaciones de consumo se están reduciendo de tal manera que estos pueden quedar obsoletos en un año, mientras que la infraestructura física de los servicios públicos tiene una vida media de 50 años. Los equipos de telecomunicaciones integrados en las grandes instalaciones funcionan de manera continua, de modo que la sustitución de aquellos que se quedan obsoletos supone un gran esfuerzo. Cabe la posibilidad de que el ciclo de vida y soporte estándar de los equipos de comunicaciones de las redes tenga que ser de entre 10 a 20 años.
- En el sector eléctrico, los requisitos de latencia y asimetría de las señales de telecomunicaciones están vinculados a los niveles de tensión/potencia, y se exigen latencias tan bajas como 6 ms con una asimetría asociada inferior a 300 us si se pretende que los sistemas de protección funcionen correctamente. Estos requisitos surgen de la necesidad de comparar valores «en ciclo» en el conjunto de la red eléctrica en tiempo real, siendo la duración de un semiciclo necesaria para mantener la estabilidad e identificar con precisión los fallos.
- Mientras que las redes comerciales están intrínsecamente centradas en las descargas, las redes de servicios públicos están centradas en las cargas y cuentan con un pequeño número de salas de control que supervisan a distancia un gran número de activos en amplias zonas geográficas.

Los operadores de redes utilizan tecnologías de teledetección en las líneas de transmisión y distribución del tendido eléctrico para reunir información en tiempo real sobre la situación de la red. De este modo, los proveedores de infraestructuras nacionales esenciales pueden impedir interrupciones antes de que se produzcan y, si se producen, localizar rápidamente su emplazamiento. Para ello, la red inteligente utiliza diversas herramientas informáticas que reúnen y analizan datos de sensores repartidos en toda la red eléctrica que indican donde se degrada el rendimiento. Las empresas de transmisión y distribución pueden maximizar sus programas de mantenimiento para impedir fallos y enviar rápidamente ingenieros al lugar del incidente, sin necesidad de recibir información del consumidor. Los esquemas de teleprotección, los sincrofasores, los sistemas SCADA y las unidades de automatización están diseñados para detectar problemas en las redes de transmisión y distribución y, en el mejor de los casos, identificar el fallo y reconfigurar dinámicamente la red sin interrumpir el suministro a los clientes, o al menos minimizando el periodo de interrupción. En estos últimos años, cortes de corriente muy comentados en redes norteamericanas y europeas han convertido la seguridad del tendido eléctrico en una cuestión política, y con el envejecimiento de las redes, es probable que el número de interrupciones y de las consiguientes perturbaciones para los usuarios no haga más que

aumentar. Las redes eléctricas inteligentes serán una auténtica arma en esta lucha constante por el control⁴.

5 Descripción general de la arquitectura de referencia de la red inteligente (fuera del hogar)

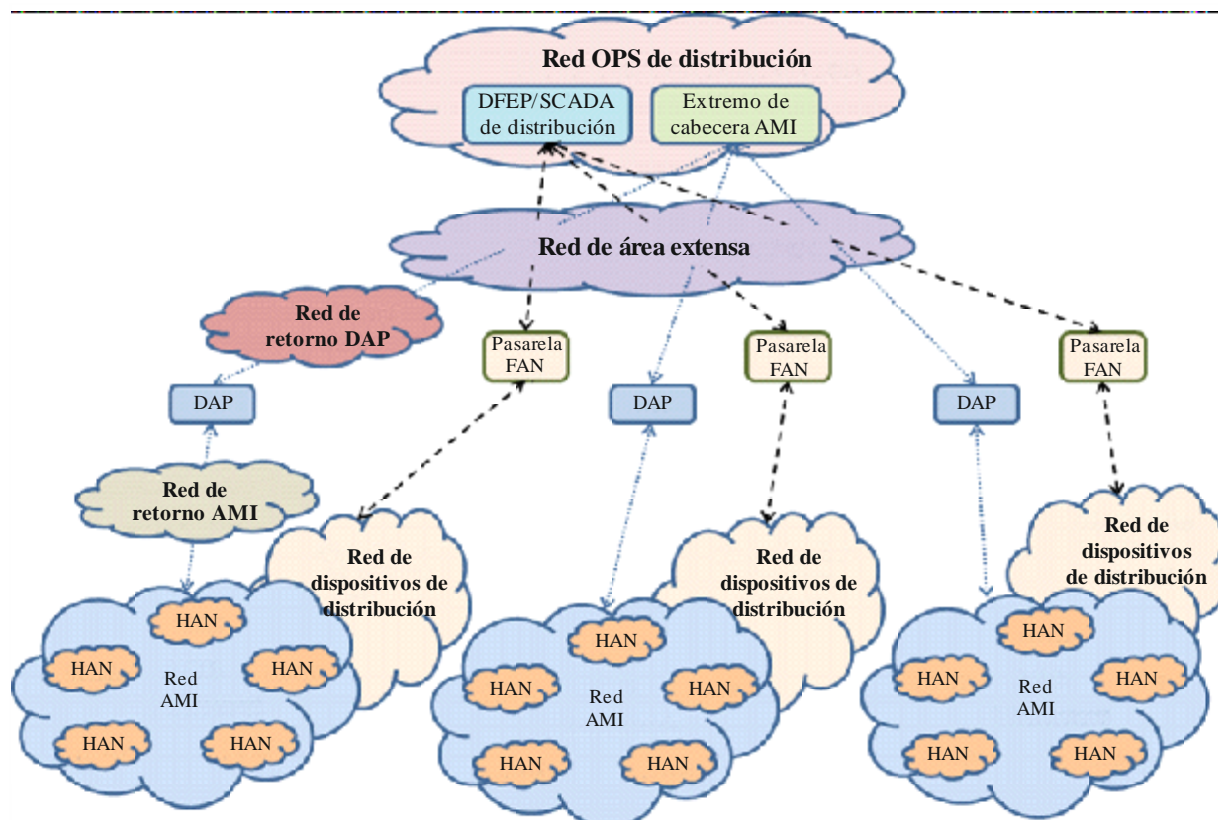
A continuación se muestra un ejemplo de arquitectura de referencia de red inteligente. Se ilustran los elementos siguientes⁵:

- Red doméstica (HAN, *home area network*) – Red de dispositivos de gestión de energía, dispositivos digitales de consumo, aparatos controlados o permitidos por señal y aplicaciones en un entorno doméstico que se encuentra en el lado doméstico del medidor eléctrico.
- Red de campo (FAN, *field area network*) – Red concebida para proporcionar conectividad a dispositivos de automatización distribuida (DA) en el terreno. La FAN puede proporcionar un trayecto de conectividad de retorno a la subestación que se encuentra antes de los dispositivos DA en el terreno o conectividad que contorna las subestaciones y enlaza los dispositivos DA en el terreno en un sistema centralizado de gestión y control (comúnmente llamado sistema SCADA).
- Red de barrio (NAN, *neighborhood area network*) (denominada «red de dispositivos de distribución» en el diagrama siguiente) – Sistema de red destinado a proporcionar conectividad directa con dispositivos finales de red inteligente en una zona geográfica relativamente pequeña. En la práctica, una NAN puede abarcar una zona de varias manzanas en un entorno urbano, o zonas de varios kilómetros de lado en un entorno rural.
- Red de área extensa (WAN, *wide area network*) – Red sumamente resiliente, altamente disponible y segura, diseñada para transmitir datos desde el punto DAP y la red FAN al centro de control de la red, y transmitir comandos de control del centro de control de la red a los dispositivos sobre el terreno. La WAN también puede interconectarse directamente con elementos fundamentales de la red, como pueden ser los esquemas de teleprotección y los sincrofasores. La WAN puede consistir en enlaces fijos de cobre o fibra, enlaces fijos de microondas y, ocasionalmente, tecnologías satelitales.
- Punto de agregación de datos (DAP, *data aggregation point*) – Este dispositivo es un actor lógico que representa una transición en la mayoría de las redes AMI entre redes de área local y redes de barrio (por ejemplo: colector, retransmisión de célula, estación de base, punto de acceso, etc.).
- Infraestructura de medición avanzada (AMI, *advanced metering infrastructure*) – Sistema de red concebido específicamente para soportar conectividad bidireccional con medidores eléctricos, de gas y agua, o más concretamente para medidores AMI y, potencialmente, la interfaz de servicio energético para el servicio público.
- Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA, *supervisory control and data acquisition*) – Sistema utilizado para supervisar rutinariamente operaciones de red de distribución eléctrica y realizar controles supervisados, en su caso.
- Procesador frontal (FEP, *front-end processor*) – Este dispositivo sirve de conducto primario para enviar comandos desde DMS/SCADA y recibir información desde dispositivos en el terreno desplegados en la red de distribución.

⁴ El siguiente informe ofrece ejemplos de casos en los que la tecnología de red eléctrica inteligente ha reducido los cortes de red: <http://www.jrc.co.uk/sites/default/files/JRC-EUTC%20Report%20on%20socio-economic%20value%20of%20spectrum-Jan2014-issue1.pdf>.

⁵ Las definiciones y la Figura proceden de [NISTIR 7761 2013-07-12](#).

FIGURA 1
Ejemplo de red inteligente



Informe SM.2351-01

Una norma inalámbrica determinada puede aplicarse en más de uno de esos ámbitos. Además, en algunas aplicaciones se puede obtener un cierto número de enlaces con soluciones alámbricas.

Se han formulado diversas opiniones (por ejemplo, durante las consultas del Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido⁶) sobre si las frecuencias utilizadas para las componentes inalámbricas de las comunicaciones de red inteligente deberían encontrarse en bandas de frecuencias atribuidas y protegidas a tal efecto o en bandas exentas de licencia. Debe tenerse en cuenta que los datos de facturación y tarificación se consideran datos personales en varios países y, por consiguiente, están estrictamente protegidos por legislaciones de protección de datos personales.

Muchas tecnologías inalámbricas ofrecen una fuerte seguridad y privacidad para proteger los datos de los usuarios en el marco de las redes de contadores inteligentes y la información de supervisión y control en el marco de las aplicaciones de las redes eléctricas inteligentes. Por ejemplo, las normas IEEE 802 proporcionan privacidad y seguridad robustas a nivel de enlace, apropiada para proteger datos personales en redes alámbricas e inalámbricas (en bandas con licencia y sin licencia), y las tecnologías 3GPP ofrecen medios para autorización, autenticación, privacidad y seguridad a escala de la red.

⁶ http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart_mtr_imp/smart_mtr_imp.aspx

6 Normas sobre cables y líneas eléctricas para telecomunicaciones por la red eléctrica

Las redes inteligentes recurrirán a tecnologías alámbricas e inalámbricas para proporcionar los trayectos de conectividad y comunicación necesarios para tratar los ingentes flujos de datos que generan las redes de distribución de servicios públicos.

6.1 Comunicaciones de red eléctrica por las líneas eléctricas

Al principio, para las redes eléctricas inteligentes, se contemplaron las comunicaciones/telecomunicaciones por línea eléctrica (PLC), partiendo de la hipótesis simplista de que el propio tendido eléctrico ofrecía una conectividad ubicua en todos los puntos de la red de abastecimiento eléctrico y que los datos necesarios se podían enviar de un extremo a otro de las propias líneas eléctricas. Cabe señalar que, si el sistema falla en un momento en el que la conexión física de suministro está abierta, este enlace deja de estar disponible en un instante que podría ser crítico y requerir el envío de un informe.

6.2 Comunicaciones de la red eléctrica inteligente por redes de cable

Además de las telecomunicaciones por línea eléctrica, se utilizan frecuentemente soluciones por cable tradicionales, como fibra óptica y cobre, para redes de área extensa cuando se dispone de derechos de paso. No obstante, resulta prohibitivo desde un punto de vista económico instalar cables fijos o de fibra específicos para cada dispositivo individual de «extremo de red», a menos que estas conexiones ya existan para otros fines.

Estos enlaces se pueden desplegar directamente por el proveedor de servicio público sobre los activos de transmisión y distribución, enterrados en zanjas o canalizaciones en el derecho de paso, o el operador puede arrendarlas.

Los enlaces Ethernet alámbricos suelen estar concebidos para cumplir los códigos locales y nacionales para la limitación de las interferencias electromagnéticas de sistemas no transmisores.

7 Normas inalámbricas para telecomunicaciones de la red eléctrica inteligente

7.1 Red doméstica

Existen diversas soluciones de conexión en red que ya se utilizan para HAN, dependiendo de las necesidades energéticas, la velocidad de datos, la movilidad y los costes de instalación. Las HAN más comunes que utilizan soluciones por cable son IEEE 802.3 (Ethernet); para soluciones inalámbricas las más utilizadas son la IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.4 (ZigBee, Thread, Wi-SUN EchoNet HAN), UIT-T G.9959 (Z-Wave).

Las tecnologías inalámbricas permiten crear redes inteligentes para todos los servicios públicos y pueden conectarse fácil y directamente a una infraestructura basada en IP cuando consideraciones de seguridad eléctrica o jurídicas impiden conexiones alámbricas directas, como por ejemplo cuando se trata de medidores de gas o de agua.

El UIT-T ha elaborado la Recomendación UIT-T G.9959, *Transceptores de radiocomunicación digital de corto alcance y banda estrecha*, sobre funcionalidad LAN inalámbrica de banda estrecha adecuada para aplicaciones de red inteligente. Durante las primeras etapas de ese trabajo hubo algunos debates entre el UIT-R y el UIT-T sobre las bandas de frecuencias adecuadas para esas aplicaciones. Se trataba de las ventajas y los inconvenientes que entrañaría la identificación de frecuencias en bandas sujetas a ciertas formas de control normativo de las administraciones o en bandas designadas para ISM, o designadas a escala regional o nacional para uso sin necesidad de licencia individual. Gran parte del debate giró en torno a inquietudes de seguridad y fiabilidad con respecto a bandas de

frecuencias que están libremente disponibles para diversos usos no reglamentados, ya que las comunicaciones de red inteligente pueden contener datos de facturación y personales.

Se ha determinado que algunas frecuencias en bandas alrededor de 900 MHz, sujetas a designaciones nacionales y regionales para uso exento de licencia, son adecuadas para uso con arreglo a la Recomendación UIT-T G.9959. Uno de los criterios de diseño de los transceptores conformes a G.9959 es que deberían soportar uno, dos o tres canales (estando cada canal asociado con una frecuencia central), dependiendo de la disponibilidad de canales en el país/región de que se trate.

En lo que respecta a la elección e idoneidad de frecuencias mundiales para G.9959, el requisito básico para G.9959 es que sea retrocompatible con la tecnología Z-Wave⁷ que funciona en el terreno desde hace más de 10 años. Cuando se contemple la asignación de nuevas frecuencias para uso por G.9959, deberá tenerse en cuenta que eso puede volver futuros productos basados en G.9959 incompatibles con dispositivos Z-Wave existentes y, por consiguiente, impedir que nuevos dispositivos G.9959 aprovechen el extenso ecosistema interoperable que ya existe.

También debe señalarse que IEEE 802.11 e IEEE 802.15.4 se utilizan ampliamente para aplicaciones HAN y que tanto los sistemas basados en G.9959 como los basados en la IEEE 802.15.4 pueden emplear saltos de frecuencia y enrutamiento en malla si la transmisión directa no es posible a causa de largas distancias, atenuación, distorsión o interferencias temporales. Esto aumenta la robustez del sistema cuando funciona en bandas sin licencia.

Además de las consideraciones de gestión del espectro y compatibilidad que incumben al UIT-R, también habrá que considerar cuestiones legislativas, de privacidad y seguridad en los foros apropiados sobre la integridad de los dispositivos inalámbricos utilizados en redes inteligentes. Esas consideraciones podrían tener consecuencias en la identificación de frecuencias para uso en comunicaciones inalámbricas de red inteligente, y en particular la necesidad de evitar interceptaciones, robos de identidad, corrupción o pérdida de datos en relación con datos de tarificación y facturación.

Todas las normas inalámbricas mencionadas en esta sección incluyen encriptación para ofrecer privacidad y seguridad. La posibilidad de interferencia es una consecuencia inevitable de la utilización del espectro no sujeto a licencias individuales. Por regla general, las aplicaciones HAN no requieren una gran fiabilidad. Las aplicaciones WAN y FAN que utilizan conexiones inalámbricas que requieren gran fiabilidad y disponibilidad resultan más adecuadas en partes del espectro sujetas a licencia individual, normas obligatorias u otras formas de reglamentación.

7.2 WAN/NAN/FAN/WASN

Las redes de comunicación WAN/NAN/FAN/WASN tienen en común la necesidad de transmitir datos desde distancias relativamente grandes (vecindarios, ciudades) hasta centros de operaciones. Esas redes pueden prestar servicio directamente al nodo final o servir de retroceso. El tipo de solución seleccionado depende de numerosas consideraciones como, entre otras:

- longitud del enlace, por ejemplo, se utilizan bandas de frecuencias más bajas para distancias más largas;
- disponibilidad de derecho de paso (para soluciones cableadas);
- capacidad del enlace;
- dispositivos no conectados a la red eléctrica;

⁷ Z-Wave es una tecnología inalámbrica de baja potencia y bajo coste que permite productos de grado de consumidor con características de red. Se trata, por ejemplo, de variado es de luz controlados a distancia, sensores de temperatura conectados en red, cerraduras electrónicas y sistemas AV. Un nodo compatible con Z-Wave funcionará en las bandas RF sin licencia tales como las bandas ISM (http://www.z-wave.com/what_is_z-wave).

- disponibilidad del enlace radioeléctrico, por ejemplo, hasta el 99,999%;
- fiabilidad, por ejemplo, *mejores prácticas, buenas prácticas*, mecanismo de resiliencia;
- requisitos de reserva de energía, por ejemplo, hasta 96 horas;
- espectro sujeto a licencia o exento de ella;
- requisitos de encaminamiento redundante separados, independientes y diversos;
- ciclo de vida y soporte de los equipos, por ejemplo, hasta 20 años; y
- seguridad de las infraestructuras y los emplazamientos.

El UIT-R ha elaborado la Recomendación UIT-R M.2002 – Objetivos, características y requisitos funcionales de los sistemas de sensores de área amplia y/o redes de activadores (WASN), y el Informe UIT-R M.2224 – Directrices para el diseño de sistemas de redes de sensores y/o actuadores de área extensa (WASN).

El Comité de normas LAN/MAN IEEE 802 ha elaborado varias normas que se utilizan para soportar aplicaciones de red inteligente.

Estas soluciones comprenden:

- Normas inalámbricas que soportan transmisiones inalámbricas de punto a multipunto:
 - IEEE 802.11
 - IEEE 802.16
 - IEEE 802.20
 - IEEE 802.22
- Normas inalámbricas que soportan redes inalámbricas en malla:
 - IEEE 802.15.4
 - IEEE 802.11

Para obtener más información sobre estas normas del IEEE, véase el § A1.2.

También pueden contribuir a requisitos de red inteligente otras tecnologías de comunicaciones inalámbricas tales como tecnologías celulares, las de radiodifusión sonora y las satelitales. Redes celulares bajo responsabilidad 3GPP (es decir, GSM/EDGE, WCDMA/HSPA y LTE) han pasado de proporcionar servicios telefónicos a soportar numerosas aplicaciones de datos, con seguridad incorporada y apoyo de calidad de servicio. En versiones recientes de 3GPP, también se han introducido mejoras de normalización para comunicación de tipo máquina (MTC), incluido soporte para control de congestión, vida útil mejorada de las baterías, dispositivos de ultrabaja complejidad, un número creciente de dispositivos y una cobertura en interiores mejorada según se detalla en el § 9. Medidores inteligentes están disponibles con funciones individuales de supervisión y control proporcionadas utilizando tecnología 3GPP.

Para obtener más información sobre las normas del 3GPP, véase el § A1.4.

El 3GPP2 ha elaborado diversas normas en materia de tecnologías inalámbricas aplicables a los sistemas de gestión de redes eléctricas; véase el § A1.5.

Por otra parte, se llevan utilizando desde hace decenios subportadoras inaudibles para conmutación simple de área extensa entre medidores de tarificación utilizando redes de radiodifusión FM en EE.UU. y el servicio de radiodifusión de cobertura nacional LF en 198 kHz en el Reino Unido.

También se utilizan tecnologías de banda estrecha en ondas métricas y decimétricas para vigilar y controlar redes inteligentes de electricidad, gas y agua. Actualmente, estas tecnologías se basan en sistemas con anchos de banda de 12,5 kHz y 25 kHz y configuraciones punto a multipunto y móviles. Normas nacionales de la índole de las especificaciones MPT 1411 y MPT 1327 están siendo

sustituidas principalmente por sistemas basados en normas armonizadas del ETSI, como Tetra y DMR.

Estos sistemas de banda estrecha funcionan con arreglo a una serie de normas del ETSI, como pueden ser las especificaciones EN 300 113 y EN 302 561, y los acuerdos de planificación del espectro punto a punto y punto a multipunto.

Los sistemas de comunicaciones vocales esenciales y para casos de emergencia funcionan en canales de 6,25 kHz (dPMR), 12,5 kHz (DMR) y 25 kHz (TETRA). En algunos casos, las nuevas inversiones en redes están integrando servicios vocales esenciales y datos operativos en las mismas redes de comunicaciones.

En cuanto a las redes fijas y móviles por satélite, cabe señalar que los satélites geosíncronos en órbita terrestre media y baja complementan las redes de redes eléctricas inteligentes, para la prestación de servicios tanto vocales como de datos, especialmente en las zonas remotas, donde ofrecen la solución más rentable y, al ser independientes de los servicios basados en infraestructuras terrestres, mejoran la resiliencia y la redundancia.

8 Consideraciones sobre la interferencia asociada con el despliegue de tecnologías alámbricas e inalámbricas de transmisión de datos que se emplean en sistemas de gestión de la red eléctrica

8.1 IEEE

El Comité de normas LAN/MAN IEEE 802 ha desarrollado numerosas tecnologías inalámbricas que han demostrado ser resistentes a las interferencias y permiten una gestión de la red eléctrica sin causar interferencias a otras.

Características típicas de la familia de normas IEEE 802:

- Por ejemplo, IEEE 802.11 (Wi-Fi™) e IEEE 802.15.1 (Bluetooth™) demuestran desde hace años que pueden coexistir funcionando en la misma banda de frecuencias.
- Aunque se desplegarán miles de dispositivos de red inteligente, sus necesidades de velocidad de datos pueden ser limitadas y es muy probable que todos los dispositivos no transmitan al mismo tiempo. Por consiguiente, pueden compartir eficazmente el mismo espectro.
- Las tecnologías cognitivas de compartición radioeléctrica desarrolladas con arreglo a las normas IEEE 802 pueden utilizar en cierta medida el espectro haciendo todo lo posible por no perjudicar a otros usuarios primarios que funcionan en esas bandas de frecuencias o en bandas adyacentes.
- Las características incorporadas en las normas IEEE 802, tales como detección del espectro, etiqueta del espectro, gestión de disposición de canales y coexistencia garantizarán interferencias mínimas entre ellas y con otras.

8.2 3GPP

Las tecnologías 3GPP celulares utilizan bandas de espectro con licencia y, por lo tanto, tienen una interferencia controlada. Además, se utilizan técnicas avanzadas de gestión de la interferencia para múltiples dispositivos, tales como la cancelación mejorada de interferencias.

Las soluciones 3GPP proporcionan tecnologías celulares de redes de telecomunicaciones, incluidos acceso radioeléctrico, red de transporte central y capacidades de servicio, incluidos trabajos sobre códecs, seguridad, calidad de servicio, y por lo tanto proporcionan especificaciones de sistema completas. Las especificaciones también proporcionan conexiones para acceso no radioeléctrico a la red central, y para interfuncionamiento con redes Wi-Fi.

Finalidad principal de todas las versiones de 3GPP:

- Lograr que el sistema sea compatible con versiones anteriores y futuras siempre que sea posible, para garantizar un funcionamiento ininterrumpido de los equipos de usuario.
- Realizar estudios exhaustivos de coexistencia y desarrollar especificaciones para garantizar la compartición de bandas de frecuencias por sistemas que utilizan tecnologías de acceso 3GPP diferentes, con un impacto mínimo en la calidad de funcionamiento.
- Cumplir requisitos globales de reglamentación de las emisiones.
- Proporcionar y mantener tecnologías de acceso que soportan numerosas velocidades y capacidades de datos.

Además, las tecnologías 3GPP pueden recurrir a diversas técnicas, tales como el salto de frecuencias, para aumentar la protección contra interferencias y reducir la interferencia causada a otros sistemas que funcionan en la misma banda. Las tecnologías también utilizan técnicas de planificación y coordinación de interferencias, tales como la planificación de frecuencias a escala de todo el sistema, y la coordinación de interferencias intercelulares para garantizar una utilización eficiente del espectro. También se utiliza la supresión avanzada de interferencias en los receptores, lo cual aumenta la protección contra las interferencias.

8.3 3GPP2

3GPP2 ha desarrollado numerosas tecnologías inalámbricas que han demostrado ser resistentes a las interferencias y permiten una gestión de la red eléctrica sin causar interferencias a otras. La familia de normas 3GPP2 cdma2000 multiportadoras comprende:

- cdma2000 1x;
- cdma2000 datos en modo paquete de alta velocidad (HRPD/EV-DO);
- paquetes de datos de alta velocidad extendida (xHRPD).

La UIT reconoce que la familia de normas 3GPP2 cdma2000 multiportadoras es una tecnología IMT documentada en la Recomendación UIT-R M.1457. Características típicas de la familia de normas 3GPP2 cdma2000 multiportadoras:

- Tecnología comprobada con control de acceso avanzado para soportar un gran número de usuarios en modos de acceso aleatorio y de tráfico con interferencias mínimas.
- Desplegada ya en todo el mundo para proporcionar conectividad a zonas geográficas extensas.
- Cada estación de base está concebida para una gran zona de cobertura.
- Un conjunto completo de especificaciones, incluidas especificaciones de red, seguridad, prueba y calidad de funcionamiento.

8.4 PMR/PAMR de 12,5/25 kHz

Los sistemas de datos de baja velocidad pueden planificarse con el objetivo de hacer un uso muy eficiente del espectro con licencia y funcionar las 24 horas del día en un canal de banda estrecha de 12,5/25 kHz a efectos de la supervisión y el control de numerosos emplazamientos remotos en un radio de 30 km.

Gracias a las técnicas normalizadas de planificación de sistemas de banda estrecha y gestión de la interferencia en la banda de 400 MHz, la tasa de disponibilidad de los radioenlaces suele ser del 99,9%. La diversidad de enlaces puede aumentar la disponibilidad y mejorar la protección frente a interferencias.

Como ejemplo de técnicas de planificación de sistemas y gestión de la interferencia, cabe citar el sistema central de control de las redes de electricidad y gas del Reino Unido, que funciona con tan solo 48 canales de banda estrecha de 12,5 kHz en la banda de 400 MHz (Nota: las velocidades de transmisión de datos más elevadas suelen conseguirse con ayuda de radioenlaces fijos de microondas y de 1,4 GHz).

9 Impacto del despliegue generalizado de redes alámbricas e inalámbricas utilizadas para sistemas de gestión de redes eléctricas en la disponibilidad del espectro

Uno de los objetivos de las tecnologías inalámbricas celulares 3GPP y la familia de normas IEEE 802 es que la interferencia asociada con el despliegue generalizado de esos dispositivos y tecnologías no afecte a la disponibilidad del espectro, cuando se despliegan tecnologías similares en la misma zona, o en zonas adyacentes, y dentro del espectro perteneciente al mismo canal.

Se trata de una consideración vital, dado que:

- Están instalados actualmente en diversos países y regiones, como Europa, Australia y Norteamérica, millones de dispositivos inalámbricos de red inteligente que funcionan en el mismo espectro compartido. El número de esas instalaciones aumenta, y hay más planificadas en esas regiones geográficas porque han tenido éxito y son eficaces.
- Diversas normativas vigentes de reguladores como la Comisión Federal de Comunicaciones para los dispositivos inalámbricos de redes eléctricas inteligentes (en el hogar) y la Ofcom del Reino Unido para los dispositivos inalámbricos de contadores inteligentes (en el hogar) han permitido que millones de estos dispositivos funcionen con éxito sin perjudicarse entre sí.
- La utilización de dispositivos inalámbricos móviles de consumo general se ha generalizado en todo el mundo. Cada dispositivo puede transferir varios gigabytes de datos cada mes. La utilización de datos por dispositivos inalámbricos de red inteligente es inferior, en varios órdenes de magnitud, a la capacidad de las redes inalámbricas móviles modernas.
- Por tanto, el espectro inalámbrico móvil sujeto a licencia, que suelen gestionar los operadores de servicios inalámbricos, puede, en los casos en que el servicio esté disponible, gestionar fácilmente ese aumento de tráfico, siempre que se trate de tráfico esencial.
- Por el contrario, los países cuyos sistemas de redes eléctricas se supervisan y controlan utilizando solo unos pocos MHz de espectro de banda estrecha podrían necesitar una pequeña cantidad de espectro adicional para satisfacer esa necesidad de transferencia de datos adicionales.

De las predicciones realizadas por el Consejo Europeo de Servicios Públicos de Telecomunicaciones (EUTC)⁸ se infiere que 2×3 MHz de espectro exclusivo sujeto a licencia en la banda de 400 MHz (por ejemplo, 120 canales dúplex de 25 kHz o 2 canales dúplex LTE de 1,4 MHz) deberían ser suficientes.

NOTA – El acceso continuo a la banda de 400 MHz conlleva la posibilidad de reutilizar la infraestructura del sistema radioeléctrico existente, incluidas medidas de resiliencia como las 72 horas de energía de reserva disponibles en las estaciones base.

⁸ <http://eutc.org/wp-content/uploads/2016/04/EUTC-Spectrum-Position-Paper.pdf>

El uso continuo de una banda existente resulta asimismo de interés para los sistemas de redes eléctricas de banda amplia y ancha que funcionan actualmente en el territorio continental de Europa. Muchos buscan un mayor acceso al espectro de la banda de frecuencias 450-470 MHz, por ejemplo, la banda 72 (451-456 MHz vinculada con 461-466 MHz). En el § A3.3 figura un diagrama de los acuerdos de acceso al espectro de esta banda de diversos países europeos.

Cabe señalar que, debido al volumen relativamente pequeño de tráfico de datos esenciales que requieren los servicios públicos para la gestión y el control de sus redes, la cantidad de espectro que se prevé necesita la mayoría de las empresas de servicios públicos a escala mundial es de 20 MHz o menos, lo que representa en torno al 1% del espectro que probablemente se atribuya a los servicios móviles de aquí a 2020. Además, las empresas de servicios públicos pueden hacer un uso significativo del espectro disponible para servicios móviles terrestres profesionales por debajo de 500 MHz.

Conviene tener en cuenta asimismo lo siguiente:

- Las normas inalámbricas IEEE 802 recurren a diversas tecnologías como, por ejemplo, saltos de frecuencia, enrutamiento en malla, fragmentación, codificación y alta velocidad de ráfagas, así como cancelación y mitigación de interferencias, además de MIMO, que permite crear redes inalámbricas de red inteligente fiables.
- Además, las redes de redes eléctricas inteligentes inalámbricas pueden diseñarse con miras al cumplimiento de requisitos de resiliencia reforzados, como cortes de enlaces a corto plazo, mediante la diversificación de enlaces, y cortes de energía, mediante el uso de sistemas de almacenamiento energético de reserva.
- Las tecnologías inalámbricas celulares 3GPP recurren a diversas técnicas tales como modulación y codificación de alto nivel, atribución de bloques de recursos, cancelación y mitigación de interferencias, y MIMO para utilizar eficazmente el espectro atribuido. Además, multipunto coordinado ofrece una robustez adicional.
- Nuevas tecnologías cognitivas de compartición radioeléctrica desarrolladas en las normas IEEE 802 pueden utilizar eficazmente el espectro sin perjudicar a otros usuarios primarios que funcionan en esas bandas.
- Las características incorporadas en las normas IEEE 802, tales como detección del espectro, etiqueta del espectro, gestión de disposición de canales y coexistencia, ayudan a reducir al mínimo las interferencias entre estos sistemas y con otros, cuando se desplieguen tecnologías similares en la misma zona, o en zonas adyacentes, y dentro del espectro perteneciente al mismo canal.
- Las tecnologías inalámbricas celulares 3GPP evolucionan constantemente y en diferentes versiones de 3GPP se han introducido nuevas características pertinentes para los contadores inteligentes (véase el véase el § A1.4).
- Los enlaces Ethernet alámbricos no utilizan espectro inalámbrico y suelen estar concebidos para cumplir los códigos locales y nacionales aplicables para la limitación de las interferencias electromagnéticas de sistemas no transmisores. Por consiguiente, la utilización de Ethernet no debería dar lugar a consideraciones adicionales sobre la interferencia causada a las radiocomunicaciones en la implementación de tecnologías y dispositivos alámbricos e inalámbricos utilizados en apoyo de sistemas de gestión de red eléctrica.

Uno de los objetivos de la familia de normas 3GPP es que la interferencia asociada con el despliegue generalizado de esos dispositivos y tecnologías no afecte a la disponibilidad del espectro, considerando:

- el despliegue mundial generalizado de sistemas que proporcionan itinerancia mundial a millones de equipos de usuario;

- la cobertura fiable de las redes celulares en las zonas pobladas de prácticamente todo el mundo.

10 Resumen

Este Informe se basa principalmente en el ejemplo de las empresas de suministro eléctrico, pero tiene equivalentes directos similares para las empresas de gas y agua.

Una «red inteligente» es una red bidireccional de suministro de energía eléctrica conectada a una red de información y control a través de sensores y dispositivos de control, lo que permite un funcionamiento/optimización inteligente y eficiente de la misma, incluidas las redes de generación, transmisión, distribución y usuario final.

Un contador inteligente es un dispositivo electrónico que registra el consumo de energía eléctrica en intervalos periódicos de una hora (o menos) y transmite la información recopilada a una compañía eléctrica a efectos de control y facturación. Un contador inteligente permite una comunicación bidireccional entre el contador y la compañía eléctrica. Además de la función de lectura automatizada del contador, también puede recibir y manejar información de control relativa a la gestión de la energía procedente de la compañía eléctrica y comunicar información de seguimiento de la calidad de la energía. Los usuarios no pueden acceder libremente a las funciones de los contadores inteligentes, con independencia de donde se hallen físicamente las instalaciones (en una planta exterior, en un edificio, en un hogar, etc.).

Las redes de redes eléctricas inteligentes permitirán a las compañías eléctricas facilitar flujos bidireccionales en redes preexistentes que no fueron diseñadas para ese modo de funcionamiento. En particular, las redes eléctricas inteligentes permitirán a las redes de distribución de electricidad facilitar la conexión de la generación incorporada a sus redes, donde se encuentra gran parte de las fuentes renovables de suministro de energía eléctrica, y posibilitarán nuevos modos de funcionamiento, como la gestión de la demanda. Los conceptos nuevos y emergentes, como las microrredes eléctricas, las redes aisladas, el almacenamiento y los vehículos eléctricos, junto con la transmisión de corriente continua de alta tensión (HVDC), podrán entonces integrarse en las redes futuras.

El objetivo global es que se puedan supervisar y controlar esas redes interactivas de redes eléctricas inteligentes para aumentar la eficiencia, fiabilidad y seguridad de las redes de distribución de electricidad, gas y agua, garantizando a los consumidores un abastecimiento continuo. A tal efecto, cabe distinguir claramente entre dos cuestiones muy distintas:

- los sistemas de supervisión y control de la transmisión y distribución de los servicios públicos esenciales, que requieren una capacidad de interacción dinámica muy rápida y unos niveles de fiabilidad y seguridad extremadamente altos, capaces de funcionar durante muchos días sin suministro eléctrico y en entornos difíciles, pero con muchos menos puntos de interactividad y, de nuevo, con volúmenes de datos relativamente pequeños; y
- la recopilación de información sobre el consumidor y la interactividad, es decir, la «red inteligente» de flujo de información a nivel del consumidor, que consiste en cantidades relativamente pequeñas de datos individuales de contadores inteligentes, combinados a partir de millones de hogares.

Anexo 1

Ejemplos de normas existentes relativas a sistemas de gestión de redes eléctricas

A1.1 Normas del ETSI

El ETSI ha elaborado diversas normas en materia de tecnologías inalámbricas aplicables a los sistemas de gestión de redes eléctricas. En el Cuadro A1.1 se resumen las características técnicas de las normas pertinentes del ETSI.

A título informativo, la especificación ETSI TR 103 401 V1.1.1 versa sobre las redes eléctricas inteligentes y otros sistemas radioeléctricos adecuados para el funcionamiento de los servicios públicos, y sus necesidades de espectro a largo plazo.

CUADRO A1.1

Características técnicas de las normas del ETSI

Especificación	Canal (kHz)	Velocidad de transmisión (kbit/s)	Selectividad del receptor del canal adyacente (dBm)	Rechazo cocanal (dB)	Sensibilidad del receptor para pruebas de rendimiento (dBm)
EN 301 166	6,25	Hasta 4,8	-50	Superior a -15	-107
EN 301 166	El nivel de bloqueo del receptor no será inferior a 90,0 dB μ V (-68 dBm).				
ES 300 113	12,5	De 9,6 a 16	-47	Entre 17 y 0	-105
ES 300 113	12,5	>16 a 38,4	-47	Entre 24 y 0	-98
ES 300 113	12,5	Superior a 38,4	-47	Entre 29 y 0	-93
ES 300 113	25	De 9,6 a 38,4	-37	Entre 12 y 0	-105
ES 300 113	25	>38,4 a 76,8	-37	Entre 19 y 0	-98
ES 300 113	25	Superior a 76,8	-37	Entre 24 y 0	-93
ES 300 113	Para todos los anchos de canal, el nivel de bloqueo del receptor no será inferior a -23 dBm.				
EN 302 561	25	De 38,5 a 76,8	-63	-19	-104
EN 302 561	25	Superior al 76,8	-63	-24	-99
EN 302 561	50	De 76,9 a 153,6	-66	-19	-101
EN 302 561	50	Superior a 153,6	-66	-24	-95
EN 302 561	100	De 153,7 a 307,2	-67	-19	-98
EN 302 561	100	Superior a 307,2	-67	-24	-93
EN 302 561	150	De 230,5 a 460,8	-67	-19	-97
EN 302 561	150	Superior a 460,8	-67	-24	-91
EN 302 561	Para todos los anchos de canal, el nivel de bloqueo del receptor no será inferior a -27 dBm.				

A1.2 Normas del IEEE

La norma IEEE 802 contiene varias normas inalámbricas aplicables a aplicaciones del primer kilómetro para sistemas de gestión de redes eléctricas. En los cuadros siguientes se resumen las

características técnicas y operacionales de las normas inalámbricas IEEE 802 pertinentes. Véase el Cuadro 2-1 de la Recomendación UIT-R M.1450, para obtener más información sobre los parámetros técnicos asociados a la especificación IEEE Std 802.11.

CUADRO A1.2

Características técnicas y operacionales de la norma IEEE 802.15.4

Ítem	Valor
Bandas de frecuencias soportadas, con o sin licencia (MHz)	Sin licencia: 169, 450-510, 779-787, 863-870, 902-928, 950-958, 2 400-2 483,5 Con licencia: 220, 400-1000, 1427
Gama de funcionamiento nominal	OFDM – 2 km MR-FSK – 5 km DSSS – 0,1 km
Capacidades de movilidad (nómada/móvil)	Nómada y móvil
Velocidad de datos de cresta (enlace ascendente/descendente si es diferente)	OFDM – 860 kb/s MR-FSK – 400 kb/s DSSS – 250 kb/s
Método dúplex (FDD, TDD, etc.)	TDD
Ancho de banda RF nominal	OFDM – Gamas de 200 kHz a 1,2 MHz MR-FSK – Gamas de 12 kHz a 400 kHz DSSS – 5 MHz
Técnicas de diversidad	Espacio temporal
Soporte para MIMO (sí/no)	No
Orientación/conformación de haz	No
Retransmisión	ARQ
Corrección de errores en recepción	Convolutional
Gestión de interferencias	Escuchar antes de hablar, selección de canal de frecuencias, espectro ensanchado con saltos de frecuencia, agilidad de frecuencia
Gestión de potencia	Sí
Topología de conexión	Punto a punto, multisaltos, estrella
Métodos de acceso a medios	CSMA/CA
Múltiples métodos de acceso	CSMA/TDMA/FDMA (en sistemas de saltos)
Método de descubrimiento y asociación	Exploración activa y pasiva
Métodos QoS	Etiquetado de datos de paso y prioridad de tráfico
Conocimiento de la ubicación	Sí
Determinación de la distancia	Sí
Criptación	AES-128
Autenticación/protección contra reproducción	Sí
Intercambio de claves	Sí
Detección de nodos falseados	Sí
Identificación unívoca de dispositivo	Identificador único de 48 bits

CUADRO A1.3

Características de la norma IEEE 802.16

Ítem	Valor
Bandas de frecuencias soportadas (con o sin licencia)	Bandas de frecuencias con licencia entre 200 MHz y 6 GHz
Gama de funcionamiento nominal	Optimizado para un alcance de hasta 5 km en un entorno PMP típico, funcional hasta 100 km
Capacidades de movilidad (nómada/móvil)	Nómada y móvil
Velocidad de datos de cresta (enlace ascendente/descendente si es diferente)	802.16-2012: 34,6UL/60DL Mbit/s con 1 antena Tx BS (10 MHz BW), 69,2 UL/120DL Mbit/s con 2 antenas Tx BS (10 MHz BW) 802.16.1-2012: 66,7UL/120DL Mbit/s con 2 antenas Tx BS (10 MHz BW), 137UL/240DL Mbit/s con 4 antenas Tx BS (10 MHz BW)
Método dúplex (FDD, TDD, etc.)	Definido por TDD y FDD, TDD utilizado más comúnmente, TDD adaptativo para tráfico asimétrico
Ancho de banda RF nominal	Seleccionable: 1,25 MHz a 10 MHz
Técnicas de diversidad	Espacio-temporal
Soporte para MIMO (sí/no)	Sí
Orientación/conformación de haz	Sí
Retransmisión	Sí (ARQ y ARQ híbrida (HARQ))
Corrección de errores en recepción	Sí (codificación convolucional)
Gestión de interferencias	Sí (reutilización fraccional de frecuencias)
Gestión de potencia	Sí
Topología de conexión	Punto a multipunto, punto a punto, retransmisión multisaltos
Métodos de acceso a medios	Contienda coordinada seguida por QoS orientada a conexión es soportada mediante la utilización de 5 disciplinas de servicio
Múltiples métodos de acceso	OFDMA
Método de descubrimiento y asociación	Descubrimiento autónomo, asociación a través de CID/SFID
Métodos QoS	Diferenciación QoS (5 clases soportadas), y soporte QoS orientado a conexión
Conocimiento de la ubicación	Sí
Determinación de la distancia	Opcional
Criptación	AES128 – CCM y CTR
Autenticación/protección contra reproducción	Sí
Intercambio de claves	PKMv2 (§ 7.2.2)
Nodos fraudulentos	Sí, código cifrado de autenticación de mensaje (CMAC)/código de autenticación de mensaje troceado (HMAC), derivación de clave para protección de integridad de mensajes de control. Además ICV de AES-CCM para protección de integridad de MPDU.
Identificación unívoca de dispositivo	Dirección MAC, certificados X.509, tarjeta SIM opcional

CUADRO A1.4

Características técnicas y operacionales de la norma IEEE 802.20 625k-MC

Ítem	Valor
Bandas de frecuencias soportadas (con o sin licencia)	Bandas con licencia por debajo de 3,5 GHz
Gama de funcionamiento nominal	12,7 km (máx.)
Capacidades de movilidad (nómada/móvil)	Móvil
Velocidad de datos de cresta (enlace ascendente/descendente si es diferente)	Velocidades de cresta de datos de usuario de enlace descendente de 1 493 Mbit/s y velocidades de cresta de datos de usuario de enlace ascendente de 571 kbit/s en un ancho de banda de portadora de 625 kHz.
Método dúplex (FDD, TDD, etc.)	TDD
Ancho de banda RF nominal	2,5 MHz (acomoda cuatro portadoras separadas 625 kHz), 5 MHz (acomoda ocho portadoras separadas 625 kHz)
Velocidad de modulación/codificación – ascendente y descendente	Modulación y codificación adaptativas, BPSK, QPSK, 8-PSK, 12-PSK, 16QAM, 24QAM, 32QAM y 64QAM
Técnicas de diversidad	Diversidad espacial
Soporte para MIMO (sí/no)	Sí
Orientación/conformación de haz	Selectividad de canal espacial y procesamiento adaptativo
Retransmisión	ARQ rápida
Corrección de errores en recepción	Bloqueo y codificación convolucional/decodificación Viterbi
Gestión de interferencias	Procesamiento adaptativo de señal de antena
Gestión de potencia	Sistema adaptativo de control de potencia (bucle abierto y cerrado). El control de potencia mejorará la capacidad de la red y reducirá el consumo de potencia en los enlaces ascendente y descendente.
Topología de conexión	Punto a multipunto
Métodos de acceso a medios	Acceso aleatorio, TDMA-TDD
Múltiples métodos de acceso	FDMA-TDMA-SDMA
Método de descubrimiento y asociación	Por autenticación mutua BS-UT
Métodos QoS	El modo 625k-MC define las tres clases de QoS que implementan el modelo Diffserv del IETF: reenvío acelerado (EF), reenvío asegurado (AF) y encaminamiento sin garantías (BE). Comportamientos por salto basados en los puntos de código Diffserv (DSCP).
Conocimiento de la ubicación	Sí
Determinación de la distancia	Sí
Criptación	Criptación de tren RC4 y AES
Autenticación/protección contra reproducción	Autenticación BS y autenticación UT basadas en la utilización de certificados digitales firmados conforme a la norma ISO/CEI 9796 utilizando el algoritmo Rivest, Shamir and Adleman (RSA)
Intercambio de claves	Criptografía de curva elíptica (utilizando las curvas K-163 y K-233 en la norma FIPS-186-2)

CUADRO A1.4 (*fin*)

Ítem	Valor
Detección de nodos falseados	Protegido contra nodos fraudulentos
Identificación unívoca de dispositivo	Sí

CUADRO A1.5

Características técnicas y operacionales de la norma IEEE 802.22

Ítem	Valor
Bandas de frecuencias soportadas (con o sin licencia)	54-862 MHz
Gama de funcionamiento nominal	Optimizada para un alcance de hasta 30 km en entornos típicos punto a multipunto (PMP), funcional hasta 100 km
Capacidades de movilidad (nómada/móvil)	Nómada y móvil
Velocidad de datos de cresta (enlace ascendente/descendente si es diferente)	22-29 Mb/s, superior a 40 Mb/s con MIMO
Método dúplex (FDD, TDD, etc.)	TDD
Ancho de banda RF nominal	6, 7 u 8 MHz
Técnicas de diversidad	Espacio, tiempo, códigos de bloques, multiplexión espacial
Soporte para MIMO (sí/no)	Sí
Orientación/conformación de haz	Sí
Retransmisión	ARQ, HARQ
Corrección de errores en recepción	Convolutacional, turbo y LDPC
Gestión de interferencias	Sí
Gestión de potencia	Sí, diversos estados de baja potencia
Topología de conexión	Punto a multipunto
Métodos de acceso a medios	TDMA/TDD OFDMA, MAC basada en reserva
Múltiples métodos de acceso	OFDMA
Método de descubrimiento y asociación	Sí, a través de dispositivos MAC ID, CID y SFID
Métodos QoS	Diferenciación QoS (5 clases soportadas), y soporte QoS orientado a conexión
Conocimiento de la ubicación	Geolocalización
Determinación de la distancia	Sí
Criptación	AES128 – CCM, ECC y TLS
Autenticación/protección contra reproducción	AES128 – CCM, ECC, EAP y TLS, protección contra reproducción mediante criptación, autenticación, así como etiquetado de paquetes
Intercambio de claves	Sí, PKMv2
Detección de nodos falseados	Sí
Identificación unívoca de dispositivo	Identificador único de dispositivo de 48 bits, certificado X.509

Se especifica el funcionamiento de la red de área local IEEE Std 802.3 Ethernet para velocidades de funcionamiento seleccionadas de 1 Mbit/s a 100 Gbit/s por diversos medios ópticos y de cobre especializados para uso separado en diversas distancias:

- IEEE 802.3 EPON;
- IEEE 802.3 Ethernet en el primer kilómetro.

A1.3 Normas del UIT-T

La familia de Recomendaciones UIT-T G.990x (G.9901, G.9902, G.9903, G.9904) sobre NB-PLC se ha elaborado para soportar la conectividad y las comunicaciones de red inteligente. En el Cuadro A1.6 se enumeran las Recomendaciones UIT-T relacionadas con las comunicaciones de red inteligente.

CUADRO A1.6

Recomendaciones UIT-T relacionadas con las comunicaciones de red inteligente

Recomendación/ Documento técnico	Título
<u>G.9901</u>	<u>Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexión por división de frecuencia ortogonal – Especificación de la densidad espectral de potencia</u>
<u>G.9902</u>	<u>Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexión por división de frecuencia ortogonal para redes UIT-T G.hnem</u>
<u>G.9903</u>	<u>Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexión por división de frecuencia ortogonal para redes G3-PLC</u>
<u>G.9904</u>	<u>Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexión por división de frecuencia ortogonal para redes PRIME</u>
<u>G.9905</u>	<u>Encaminamiento de origen centralizado basado en unidades métricas</u>
<u>G.9958</u>	<u>Arquitectura genérica de las redes domésticas para la gestión de la energía</u>
<u>G.9959</u>	<u>Transceptores de radiocomunicación digital de corto alcance y banda estrecha – Especificaciones de las capas PHY y MAC</u>
<u>Documento técnico del UIT-T</u>	<u>Aplicaciones de los transceptores UIT-T G.9960 y UIT-T G.9961 para aplicaciones de redes inteligentes: Infraestructura de medición avanzada, gestión de la energía en el hogar y vehículos eléctricos</u>
<u>Documento técnico UIT-T GSTP-HNSG</u>	<u>GSTP-HNSG – Documento técnico sobre el uso de la tecnología G.hn en redes eléctricas inteligentes</u>

En los siguientes cuadros se resumen las características técnicas y operativas de las dos tecnologías NB-PLC especificadas en el UIT-T y probadas en el terreno.

CUADRO A1.7

Características técnicas y operacionales de las Recomendaciones UIT-T G.9903 y G.9904

Ítem	Valor G.9903	Valor G.9904
Bandas de frecuencias soportadas	35-488 kHz	42-89 kHz
Velocidad de datos de cresta	42 kbit/s	128 kbit/s
Múltiples métodos de acceso	OFDM	OFDM
Corrección de errores en recepción	Reed Solomon, convolucional, aleatorizador, intercalador, código de repetición	Convolucional, aleatorizador, intercalador
Topología de la red	Malla	Árbol
Retransmisión	ARQ	ARQ
Métodos de acceso a medios	CSMA y prioridad	CSMA y exenta de contienda o prioridad
Método de descubrimiento y asociación	Basado en 6loWPAN y EAP-PSK	Procedimiento específico de inscripción de red
Métodos QoS	Diferenciación de QoS con 2 prioridades	Diferenciación de QoS con 4 prioridades
Criptación	AES128 – CCM	AES128 – GCM
Autenticación/protección contra reproducción	Mecanismo de autenticación y protección contra reproducción	Mecanismo de autenticación y protección contra reproducción
Intercambio de claves	Sí	Sí
Identificación unívoca de dispositivo	Identificador único de dispositivo de 64 bits	Identificador único de dispositivo de 64 bits

A1.4 Normas 3GPP

3GPP tiene varias normas inalámbricas aplicables a aplicaciones del primer kilómetro para sistemas de gestión de redes eléctricas. En versiones recientes de las normas 3GPP se han introducido mejoras para las comunicaciones de tipo máquina (*machine type communications – MTC*), por ejemplo:

Versión 10:

- Introducción de la causa de establecimiento de acceso tolerante del retardo e indicación de baja prioridad de acceso para dar soporte al control del sistema en dispositivos MTC con requisitos de latencia relajados. Esto puede resultar especialmente útil en caso de escenarios de sobrecarga (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Bloqueo de acceso extendido y rechazo implícito para dar soporte a dispositivos de bloqueo de dispositivos tolerantes al retardo configurados para baja prioridad de acceso (GSM/EDGE).

Versión 11:

- Bloqueo de acceso extendido (UMTS, HSPA+, LTE).

Versión 12:

- Modo de ahorro de energía de UE para apoyar baterías de larga vida de hasta varios años en caso de los dispositivos caracterizados por pequeñas transmisiones de datos poco frecuentes (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).

- Categoría de UE de baja complejidad para permitir coste de dispositivo reducido a fin de dar soporte a la utilización flexible en toda una gama de aplicaciones de MTC (LTE).

Versiones 13 y 14:

- DRX ampliada para dar soporte a la batería de larga vida al tiempo que se mantiene la accesibilidad terminada en móvil bajo control de red (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Cobertura ampliada de GSM de Internet de las cosas (EC-GSM-IoT) (GSM/EDGE), mejoras de la capa física de LTE para MTC (eMTC) (LTE), Internet de las cosas de banda estrecha (NB-IoT) para dar soporte dispositivos de baja complejidad, pérdida de acoplamiento de 164 dB, 10 años de vida de la batería, latencia de 10 segundos y una capacidad de sistema de al menos 60 000 dispositivos por kilómetro cuadrado.

Versión 15:

- Mejora de las tecnologías eMTC y NB-IoT para potenciar la capacidad del sistema, la latencia de usuario, la velocidad de transmisión de datos y la eficiencia energética. También se especifica el funcionamiento NB-IoT TDD.

En el siguiente Cuadro se facilita un resumen de las características técnicas y operativas, incluidas las mejoras arriba enumeradas para las MTC, de las correspondientes normas 3GPP inalámbricas hasta la versión 15 inclusive.

CUADRO A1.8

Características técnicas y operacionales de las tecnologías 3GPP

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Capacidad de establecer fiablemente un enlace de dispositivo apropiado	% de tiempo	Depende del despliegue (típico > 99%)	Depende del despliegue (típico > 99%)	Depende del despliegue (típico > 99%)	Depende del despliegue (típico > 99%)	Depende del despliegue (típico > 99%)	Depende del despliegue (típico > 99%)	Depende del despliegue (típico > 99%)
Capacidad de mantener una conexión apropiada	Tasa de fallo por 1 000 sesiones	Depende del despliegue (típico < 1%)	Depende del despliegue (típico < 1%)	Depende del despliegue (típico < 1%)	Depende del despliegue (típico < 1%)	Depende del despliegue (típico < 1%)	Depende del despliegue (típico < 1%)	Depende del despliegue (típico < 1%)
Voz		Sí	Mensajería de voz soportada	Sí	Sí	Sí	Sí (posiblemente con cobertura reducida)	Mensajería de voz soportada

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Datos	Velocidad máxima de datos de usuario por usuario en Gbit/s/Mbit/s/kbit/s	GPRS: 172 kbit/s UL/DL EGPRS: 491 kbit/s UL/DL EGPRS2-A: 811 kbit/s DL 638 kbit/s UL	98 kbit/s UL/DL (teniendo en cuenta las limitaciones de protocolo)	1,92 Mbit/s DL 0,96 Mbit/s UL (asumiendo únicamente la conexión de datos)	294 Mbit/s DL 58,65 Mbit/s UL (asumiendo una reducción del 15% del caudal comparada con la cresta respecto a la velocidad de datos hertzianos)	DL: entre 0,85 Mbit/s y 21,2 Gbit/s dependiendo de la categoría de UE UL: entre 0,85 Mbit/s y 11,6 Gbit/s dependiendo de la categoría de UE (asumiendo una reducción del 15% del caudal comparada con la cresta respecto a la velocidad de datos hertzianos)	Cat. M1: FD-FDD: 800 kbit/s – 1 Mbps DL 1 Mbit/s – 2,98 Mbit/s UL HD-FDD: 300 kbit/s – 588 kbit/s DL 375 kbit/s – 1119 kbit/s UL (teniendo en cuenta las limitaciones de protocolo) Cat. M2: FD-FDD: 4 Mbit/s DL 7 Mbit/s UL HD-FDD: 1,2 Mbit/s – 2,35 Mbit/s DL 2,6 Mbit/s UL (teniendo en cuenta las limitaciones de protocolo)	Cat. NB1: 21,3 kbit/s DL 62,5 kbit/s UL (teniendo en cuenta las limitaciones de protocolo) Cat. NB2 con 2 procesos HARQ: 126,8 kbit/s DL 158,5 kbit/s UL (teniendo en cuenta las limitaciones de protocolo)
Vídeo		Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí (posiblemente con cobertura reducida)	No

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Zona de cobertura geográfica	km ²	Radio de 35 km con avance de temporización normal; radio de 120 km con avance de temporización extendido	Radio de 35 km con avance de temporización normal	Radio de 120 km para células de alcance extendido	Radio de 120 km para células de alcance extendido	Radio de 100 km	Radio de 100 km	Radio de 4 120 km
Presupuesto de enlace	dB	EGPRS (Veh A50): 146,36/133,39 dB GPRS/EGPRS/EGPRS2-A: 144 dB	164 dB (supone clase de potencia de la EM de 33 dBm. Además, véase 3GPP TR 45.820 para otros supuestos)	Hasta 147 dB	Hasta 147 dB	Hasta 143 dB DL; hasta 133 dB UL	155,7 dB (supone clase de potencia del UE de 20 dBm. Además, véase 3GPP TR 36.888 para otros supuestos)	164 dB (supone clase de potencia del UE de 23 dBm. Véase 3GPP TR 45.820 para otros supuestos)
Velocidad máxima de movimiento relativo	km/s	350 km/h	~100 km/h (no hay soporte para el traspaso)	350 km/h	350 km/h	350 km/h	~100 km/h	~100 km/h (no hay soporte para el traspaso)
Doppler máximo	Hz	1 000 con ecualizador de seguimiento de canal		648	648	648	70	

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Cresta con respecto a la velocidad de datos de enlace ascendente hertziano	Velocidad de datos de cresta instantánea en Gbit/s/Mbit/s/kbit/s	GPRS: 172 kbit/s EGPRS: 491 kbit/s EGPRS2-A: 638 kbit/s (sobre la base del número de bits de información por bloque de radiofrecuencias , véase 3GPP TS 45.003)	491 kbit/s (sobre la base del número de bits de información por bloque de radiofrecuencias , véase 3GPP TS 45.003)	1 024 Mbit/s UL (suponiendo conexiones simultáneas de voz (64 kbit/s) y datos (0,96 Mbit/s))	69 Mbit/s UL (suponiendo dobles portadoras, 64QAM y 2 capas MIMO)	Entre 1 Mbit/s y 13,6 Gbit/s dependiendo de la categoría UE (véase 3GPP TS 36.306 para categorías UE hasta Cat.)	Cat. M1: FD-FDD: 1 – 2,98 Mbit/s HD-FDD: 1 – 2,98 Mbit/s Cat. M2: FD-FDD: 6,97 Mbit/s HD-FDD: 6,97 Mbit/s (véase 3GPP TS 36.306 para las categorías de UE)	Cat. NB1: 250 kbit/s Cat. NB2: 258 kbit/s (véase 3GPP TS 36.306 para las categorías de UE)
Cresta con respecto a la velocidad de datos de enlace descendente hertziano	Velocidad de datos de cresta instantánea en Gbit/s/Mbit/s/kbit/s	GPRS: 172 kbit/s EGPRS: 491 kbit/s EGPRS2-A: 811 kbit/s (sobre la base del número de bits de información por bloque de radiofrecuencias , véase 3GPP TS 45.003)	491 kbit/s (sobre la base del número de bits de información por bloque de radiofrecuencias , véase 3GPP TS 45.003)	2 048 Mbit/s DL (suponiendo conexiones simultáneas de voz (128 kbit/s) y datos (1,92 Mbit/s))	346 Mbit/s DL (suponiendo 15 códigos HS-PDSCH, cuatro portadoras, 64QAM y 4 capas MIMO)	Entre 1 Mbit/s y 25 Gbit/s dependiendo de la categoría de UE (véase 3GPP TS 36.306 para las categorías de UE)	Cat. M1: FD-FDD: 1 Mbit/s HD-FDD: 1 Mbit/s Cat. M2: FD-FDD: 4,01 Mbit/s HD-FDD: 4,01 Mbit/s (véase 3GPP TS 36.306 para las categorías de UE)	Cat. NB1: Funcionamiento LTE en banda: 170 kbit/s Funcionamiento autónomo: 226,7 kbit/s Cat. NB2: Funcionamiento LTE en banda: 174,4 kbit/s Funcionamiento autónomo: 258 kbit/s (véase 3GPP TS 36.306 para las categorías de UE)

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Velocidad de datos de enlace ascendente, caudal eficaz de cresta	Velocidad de datos de usuario máxima sostenible en Gbit/s/Mbit/s/kbit/s	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos
Velocidad de datos de enlace descendente, caudal eficaz de cresta	Velocidad de datos de usuario máxima sostenible en Gbit/s/Mbit/s/kbit/s	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos	Véase la fila de datos
Norma radioeléctrica pública que funciona en bandas sin licencia	GHz L/UL	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Sí (acceso asistido con licencia)	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente
Norma radioeléctrica pública que funciona en bandas con licencia	GHz L/UL	Múltiples bandas conforme a 3GPP 45.005	Múltiples bandas conforme a 3GPP 45.005	Múltiples bandas conforme a 3GPP 25.101	Múltiples bandas conforme a 3GPP 25.101	Múltiples bandas conforme a 3GPP 36.101 y 36.104	Múltiples bandas conforme a 3GPP 36.101 y 36.104	Múltiples bandas conforme a 3GPP 36.101 y 36.104
Norma radioeléctrica privada que funciona en bandas con licencia	GHz L/UL	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Sí, incl. tecnología pulsar para hablar y de dispositivo a dispositivo	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente	Puede ser explotada, pero no especificada actualmente
Método dúplex	TDD/FDD	FDD de semidúplex	FDD de semidúplex	FDD y TDD	FDD y TDD	FDD y TDD, incl. FDD de dúplex completo y de semidúplex	FDD y TDD, incl. FDD de dúplex completo y de semidúplex	FDD de semidúplex, TDD

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Ancho de banda portadora	kHz	200 kHz	200 kHz	5 MHz para FDD	5 MHz para FDD	1,4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz Hasta 640 MHz de ancho de banda agregados utilizando agregación de ancho de banda	1,4 MHz, 5 MHz	180 kHz
Separación de canales	kHz	200 kHz	200 kHz	5 MHz para FDD	5 MHz para FDD	Separación nominal entre canales = (ancho de banda del canal(1) + ancho de banda del canal(2))/2, siendo el ancho de banda del canal(1) y el ancho de banda del canal(2) los anchos de banda de las dos portadoras respectivas	Separación nominal entre canales = (ancho de banda del canal(1) + ancho de banda del canal(2))/2, el siendo ancho de banda del canal(1) y el ancho de banda del canal(2) los anchos de banda de los canales	Funcionamiento LTE en banda: 180 kHz Funcionamiento autónomo: 200 kHz
Número de canales no superpuestos en la banda de explotación		Véase 3GPP 45.005	Véase 3GPP 45.005	Véase 3GPP 25.101	Véase 3GPP 25.101	Véase 3GPP 36.101 y 36.104		Véase 3GPP 36.101 y 36.104

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Eficiencia espectral máxima	bits/sec/Hz	GPRS: 0,86 bit/s/Hz EGPRS: 2,46 bit/s/Hz EGPRS2-A: 4,05 bit/s/Hz DL 3,19 bit/s/Hz UL	2,46 bit/s/Hz	0,2048 bit/s/Hz UL; 0,4096 bit/s/Hz DL	2,2 bit/s/Hz UL; 5,6 bit/s/Hz DL	15 bit/s/Hz UL; 40 bit/s/Hz DL	Cat. M1: Funcionamiento LTE en banda: 1,56-2,77 bit/s/Hz UL 1,56 bit/s/Hz DL Funcionamiento autónomo: 1,56-2,77 bit/s/Hz UL 1,56 bit/s/Hz DL	Cat. NB1: Funcionamiento LTE en banda: 1,39 bit/s/Hz UL 0,94 bit/s/Hz DL Funcionamiento autónomo: 1,25 bit/s/Hz UL 1,13 bit/s/Hz DL Cat. NB2: Funcionamiento LTE en banda: 1,43 bit/s/Hz UL 0,97 bit/s/Hz DL Funcionamiento autónomo: 1,29 bit/s/Hz UL 1,29 bit/s/Hz DL
Eficiencia espectral media de célula	bits/s/Hz/célula	1,1760 Mbit/s/MHz/célula (Veh. A50) (EGPRS)	Dependiendo del escenario de despliegue	0,67 DL (con diversidad); 0,47 UL (peatón A)	Dependiendo de la situación de despliegue, los ejemplos de gamas de valores son 1,1-1,6 DL; 0,7-2,3 UL	Dependiendo de la situación de despliegue, los ejemplos de gamas de valores son 1,8-3,2 DL; 0,7-1,05 UL para la versión 8	Dependiendo del escenario de despliegue	Dependiendo del escenario de despliegue

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Duración de trama	Ms	120/26 ms GPRS de trama TDMA: 20 ms TTI EGPRS/ EGPRS2-A: 10, 20 ms TTI	20-80 ms TTI	10 ms (2 ms TTI)	10 ms (2 ms TTI)	10 ms (1 ms TTI)	10 ms (1 ms TTI)	10 ms (1 ms TTI mínimo)
Tamaño máximo de paquete	Bytes	1 560 bytes en la interfaz RLC	1 560 bytes en la interfaz RLC	Ningún tamaño fijo para FDD (depende del nivel de modulación y del número de códigos de canalización); TDD (3,84 Mbit/s) = 12 750 bytes (véase 3GPP 25.321)	42 192 bits por tren en DL; 22 996 bits para UL	8 188 bytes para DL/UL	8 188 bytes para DL/UL	1 600 bytes para DL/UL
Soporte de segmentación	Sí/no	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Técnica de diversidad	Antena, polarización, espacio, tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Orientación de haz	Sí/no	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No
Retransmisión	ARQ/HARQ/-	Sí, por ejemplo, ARQ, HARQ – redundancia incremental	Sí, por ejemplo, ARQ, HARQ – redundancia incremental	Sí, por ejemplo, ARQ/HARQ	Sí, por ejemplo, ARQ/HARQ	Sí, por ejemplo, ARQ/HARQ	Sí, por ejemplo, ARQ/HARQ	Sí, por ejemplo, ARQ/HARQ

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Técnica de corrección de errores		Codificación convolucional con perforación Turbo añadido en EGPRS2-A	Codificación convolucional con perforación	Codificación convolucional y turbo	Codificación convolucional y turbo	Turbo; convolución en BCH con recorte de cola	Turbo; convolución en BCH con recorte de cola	Convolución en DL con recorte de cola; Turbo en UL
Supresión de interferencia		Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Radiofrecuencia de explotación		Múltiples bandas según 3GPP 45.005	Múltiples bandas según 3GPP 45.005	Especificado en 3GPP 25.101	Especificado en 3GPP 25.101	Especificado en 3GPP 36.101	Especificado en 3GPP 36.101	Especificado en 3GPP 36.101
Reintentos		Configurable	Configurable	Configurable	Configurable	Configurable	Configurable	Configurable
Indicación de intensidad de señal recibida (RSSI, <i>receive signal strength indication</i>)		Sí; 64 niveles entre -110 dBm + escala y -48 dBm + escala	EC-GSM-IoT comunica señales útiles recibidas en 75 niveles entre -122 dBm y -48 dBm	Sí; 77 niveles entre -100 dBm y -25 dBm	Sí; 77 niveles entre -100 dBm y -25 dBm	LTE comunica potencia recibida de señal de referencia (RSRP) para células vecinas LTE y de RSSI (77 niveles entre -100 dBm y -25 dBm) para células vecinas HSPA y EDGE. Véase 3GPP TS 36.133.	LTE comunica potencia recibida de señal de referencia (RSRP) para células vecinas LTE. Véase 3GPP TS 36.133.	NB-IoT mide la potencia recibida de la señal de referencia de banda estrecha (NRSRP) basándose en las señales de referencia de banda estrecha, la señal de sincronización secundaria de banda estrecha o las transmisiones del canal de radiodifusión físico de banda estrecha. Véase 3GPP TS 36.214.

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Paquetes perdidos		Depende del punto de explotación pero típicamente RBER residual de 1% después de HARQ	Depende del punto de explotación pero típicamente RBER residual de 1% después de HARQ	RBER residual = 1% después de HARQ	Depende del punto de explotación, pero típicamente RBER residual de 1% después de HARQ	Depende del punto de explotación pero típicamente RBER residual de 1% después de HARQ	Depende del punto de explotación pero típicamente RBER residual de 1% después de HARQ	Depende del punto de explotación pero típicamente RBER residual de 1% después de HARQ
Mecanismos para reducir el consumo energético		Sí, por ejemplo, DTX, DRX, DRX ampliado, modo ahorro de energía y control de potencia	Sí, por ejemplo, DRX ampliado y modo ahorro de energía	Sí, por ejemplo, DTX, DRX, DRX ampliado y modo ahorro de energía	Sí, por ejemplo, DTX, DRX, DRX ampliado y modo ahorro de energía	Sí, por ejemplo, DTX, DRX, DRX ampliado y modo ahorro de energía	Sí, por ejemplo, DRX ampliado, modo ahorro de energía, señalización de activación, transmisión precoz de datos, señal de resincronización y terminación anticipada de la transmisión PUSCH.	Sí, por ejemplo, DRX ampliado, modo ahorro de energía, señalización de activación y transmisión precoz de datos.
Apoyo de estado de baja potencia		Sí, por ejemplo, DRX ampliado, modo ahorro de energía	Sí, por ejemplo, DRX ampliado, modo ahorro de energía	Sí	Sí, por ejemplo, ciclos DTX/DRX más largos en todos los estados	Sí, por ejemplo, DRX ampliado, modo ahorro de energía	Sí, por ejemplo, DRX ampliado, modo ahorro de energía y compatibilidad con arquitecturas de UE basadas en receptores de activación.	Sí, por ejemplo, DRX ampliado, modo ahorro de energía y compatibilidad con arquitecturas de UE basadas en receptores de activación.

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Punto a punto		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Punto a multipunto		Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Radiodifusión		Sí	No	Sí	Sí	Sí	ETWS, CMAS, información del tiempo de SIB16	Información del tiempo de SIB16
Traspaso		Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Método de acceso al medio		TDMA/FDMA con conmutación de circuitos; TDMA/FDMA programado por paquetes	TDMA/FDMA programado por paquetes	CDMA con conmutación de circuitos	CDMA programado por paquetes	OFDMA programado por paquetes	OFDMA programado por paquetes	OFDMA programado por paquetes
Descubrimiento		Sincronización y canal de radiodifusión	Sincronización y canal de radiodifusión	Sincronización y canal de radiodifusión	Sincronización y canal de radiodifusión	Sincronización y canal de radiodifusión	Sincronización, canal de radiodifusión y señal de activación	Sincronización, canal de radiodifusión y señal de activación
Asociación		Flujo temporal de bloques (TBF)	Flujo temporal de bloques (TBF)	A través de varias RNTI	A través de HRNTI y ERNTI asignados a UE	A través de CRNTI	A través de CRNTI	A través de CRNTI
Prioridad de tráfico	diffserv, reserv	Prioridades definidas por 3GPP	Prioridades definidas por 3GPP	Prioridades definidas por 3GPP	Prioridades definidas por 3GPP	Prioridades definidas por 3GPP	Prioridades definidas por 3GPP	Prioridades definidas por 3GPP
Prioridad de cola radioeléctrica		Planificador en estación de base	Planificador en estación de base	Sí en el planificador del Nodo B	Sí en el planificador del Nodo B	Sí en el planificador del Nodo B	Sí en el planificador del Nodo B	Sí en el planificador del Nodo B

CUADRO A1.8 (continuación)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
<ul style="list-style-type: none"> – Interferencia cocanal – Interferencia de canal adyacente – Interferencia del canal alterno – Prevención de colisiones – Mecanismos de protección – Sensibilidad a otras tecnologías radioeléctricas interferentes – Grado de interferencia causada a otras tecnologías radioeléctricas – Sensibilidad a emisiones RF de líneas eléctricas 		Gestionado según especificaciones e implementación de 3GPP	Gestionado según especificaciones e implementación de 3GPP	Gestionado según especificaciones e implementación de 3GPP	Gestionado según especificaciones e implementación de 3GPP	Gestionado según especificaciones e implementación de 3GPP	Gestionado según especificaciones e implementación de 3GPP	Gestionado según especificaciones e implementación de 3GPP
Dirección MAC				Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tarjeta SIM		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Otra identidad		IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI
Detección de fraudes		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Norma de base, organización de normalización (SDO)	Nombre SDO	ATIS (asociado organizacional de 3GPP)	ATIS (asociado organizacional de 3GPP)	ATIS (asociado organizacional de 3GPP)	ATIS (asociado organizacional de 3GPP)	ATIS (asociado organizacional de 3GPP)	ATIS (asociado organizacional de 3GPP)	ATIS (asociado organizacional de 3GPP)
Organizaciones de creación de perfiles y aplicación	Nombre de la Asociación/ Foro							

CUADRO A1.8 (fin)

Característica de funcionalidad	Unidad de medición	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Gama de temperaturas		Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104
Fuentes de ruido RF – Otras radios		Según 3GPP 45.005 y 45.050	Según 3GPP 45.005 y 45.050	Según 3GPP 25.942	Según 3GPP 25.942	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104
Fuentes de ruido RF – Otros equipos radioeléctricos		Según 3GPP 45.005 y 45.050	Según 3GPP 45.005 y 45.050	Según 3GPP 25.943	Según 3GPP 25.943	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104
Sensibilidad Rx	dBm	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104
Cresta de potencia Tx	dBm	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Clase de potencia de UE más baja de 14 dBm Según 3GPP 36.101 y 36.104	Clase de potencia de UE más baja de 14 dBm Según 3GPP 36.101 y 36.104
Pasos de potencia Tx	dB	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104
Ganancia de antena	dBi	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104
Ruido de fondo	dBm	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 45.005	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 25.101 y 25.102	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104	Según 3GPP 36.101 y 36.104
Modulación	GFSK, OFDM, BPSK, GMSK	GMSK, 8-PSK 16QAM/32QAM añadido en EGPRS2-A	GMSK, 8-PSK	BPSK/QPSK	QPSK, 16QAM/64QAM	QPSK, 16QAM/64QAM/256QAM	pi/2-BPSK, QPSK, 16QAM, 64 QAM	pi/2-BPSK, pi/4QPSK, QPSK
Codificación de errores en recepción		Código convolucional con perforación	Código convolucional con perforación	Convolucional y turbo	Convolucional y turbo	Turbo; convolución retorno a cola en BCH	Turbo; convolución retorno a cola en BCH	Turbo; convolución retorno a cola en BCH

A1.5 Normas 3GPP2

3GPP2 tiene diversas normas inalámbricas aplicables a sistemas de gestión de red eléctrica.

La familia de tecnologías 3GPP2 cdma2000 Multiportadoras también se puede utilizar para aplicaciones de gestión de red eléctrica. Las bandas aplicables se definen en la especificación de clase de banda 3GPP2 C.S0057-E v1.0 para sistemas de espectro ensanchado cdma2000.

En el Cuadro A1.9 *infra* se resumen las características técnicas y operacionales de las normas inalámbricas 3GPP2 pertinentes.

CUADRO A1.9

Características técnicas y operacionales de la familia de normas 3GPP2 cdma2000 multiportadoras

Ítem	Valor		
	cdma2000 1x	Paquetes de datos cdma2000 de alta velocidad (HRPD/EV-DO)	Paquetes de datos de alta velocidad extendida (xHRPD)
Bandas de frecuencias soportadas (con o sin licencia)	Con licencia, múltiples bandas posibles (véase 3GPP2 C.S0057-E)	Con licencia, múltiples bandas posibles (véase 3GPP2 C.S0057-E)	Con licencia, múltiples bandas posibles (véase 3GPP2 C.S0057-E)
Gama de funcionamiento nominal	Pérdida de trayecto de 160 dB (para implantación urbana un alcance máximo típico es de 5,7 km a 2 GHz según metodología de evaluación 3GPP2 C.R.1002-B. Para implantaciones especiales se puede conseguir un alcance de hasta 144 km con valores de parámetros optimizados)	Pérdida de trayecto de 160 dB (para implantación urbana un alcance máximo típico es de 5,7 km a 2 GHz según metodología de evaluación 3GPP2 C.R.1002-B. Para implantaciones especiales se puede conseguir un alcance de hasta 144 km con valores de parámetros optimizados)	Norteamérica cubierta en el caso de implantación de geosatélite; 11,4 km en implantación terrenal; 2 GHz
Capacidades de movilidad (nómada/móvil)	Nómada y móvil	Nómada y móvil	Nómada y móvil
Velocidad de datos de cresta (enlace ascendente/descendente si es diferente)	3,1 Mbit/s (portadora de 1,23 MHz) en enlace descendente; 1,8 Mbit/s (portadora de 1,23 MHz) en enlace ascendente	4,9 Mbit/s por portadora de 1,23 MHz, con hasta 16 portadoras posibles en enlace descendente; 1,84 Mbit/s por portadora de 1,23 MHz, con hasta 16 portadoras posibles en enlace ascendente	3,072 Mbit/s por portadora de 1,23 MHz en enlace descendente; 0,0384 Mbit/s por canal de 12,8 kHz, hasta 96 canales de 12,8 kHz soportados en 1,23 MHz en enlace ascendente
Método dúplex (FDD, TDD, etc.)	FDD	FDD	FDD

CUADRO A1.9 (continuación)

Ítem	Valor		
	cdma2000 1x	Paquetes de datos cdma2000 de alta velocidad (HRPD/EV-DO)	Paquetes de datos de alta velocidad extendida (xHRPD)
Ancho de banda RF nominal	1,25 MHz	1,25 a 20 MHz (1 a 16 portadoras)	1,25 MHz
Técnicas de diversidad	Antena, polarización, espacio, tiempo	Antena, polarización, espacio, tiempo	Antena, polarización, espacio, tiempo
Soporte para MIMO (sí/no)	No	Sí	No
Orientación/ conformación de haz	Sí	No	No
Retransmisión	HARQ	HARQ	HARQ
Corrección de errores en recepción	Convolutacional y turbo	Convolutacional y turbo	Convolutacional y turbo
Gestión de interferencias	Sí, múltiples técnicas como compensación de interferencia en el receptor, control de potencia, etc.	Sí, múltiples técnicas como compensación de interferencia en el receptor, control de potencia, etc.	Sí, múltiples técnicas como compensación de interferencia en el receptor, control de potencia, etc.
Gestión de potencia	Sí, varios estados de baja potencia	Sí, varios estados de baja potencia	Sí, varios estados de baja potencia
Topología de conexión	Punto a multipunto	Punto a multipunto	Punto a multipunto
Métodos de acceso a medios	CDMA	CDMA (RL)/TDMA (FL)	FDMA (RL)/TDMA (FL)
Método de descubrimiento y asociación	Sí, el móvil busca continuamente la estación base más fuerte. El móvil se registra con un grupo de estaciones base y se asocia con la estación base más fuerte cuando transmite/recibe datos. El móvil se registra y recibe potencialmente una ID MAC.	Sí, el móvil busca continuamente la estación base más fuerte. El móvil se registra con un grupo de estaciones base y se asocia con la estación base más fuerte cuando transmite/recibe datos. El móvil se registra y recibe una ID MAC.	Sí, el móvil busca continuamente la estación base más fuerte. El móvil se registra con un grupo de estaciones base y se asocia con la estación base más fuerte cuando transmite/recibe datos.
Métodos QoS	Sí, prioridades definidas por 3GPP2	Sí, prioridades definidas por 3GPP2	Sí, prioridades definidas por 3GPP2
Conocimiento de la ubicación	Sí, GNSS y AFLT	Sí, GNSS y AFLT	No
Determinación de la distancia	Sí, basado en la medición del retardo de ida y vuelta	Sí, basado en la medición del retardo de ida y vuelta	No especificado

CUADRO A1.9 (fin)

Ítem	Valor		
	cdma2000 1x	Paquetes de datos cdma2000 de alta velocidad (HRPD/EV-DO)	Paquetes de datos de alta velocidad extendida (xHRPD)
Criptación	Algoritmo de criptación de mensaje celular (CMEA); AES	AES	AES
Autenticación/protección contra reproducción	Sí; CAVE y AKA	Sí; CHAP y AKA	Sí; CHAP y AKA
Intercambio de claves	CAVE, SHA-1 y SHA-2 para AKA	SHA-1, SHA-2 y MILENAGE	SHA-1, SHA-2 y MILENAGE
Detección de nodos falseados	Sí, la estación de base puede ser autenticada	Sí, la estación de base puede ser autenticada	Sí, la estación de base puede ser autenticada
Identificación unívoca de dispositivo	Utiliza MEID y tarjeta SIM de 60 bits (opcional)	Utiliza MEID y tarjeta SIM de 60 bits (opcional)	Utiliza MEID y tarjeta SIM de 60 bits (opcional)

Anexo 2

Red inteligente en Norteamérica

A2.1 Introducción

En los Estados Unidos de América y Canadá, organismos públicos han reconocido que, gracias a las grandes capacidades de reacción de la red inteligente, las empresas de servicios públicos y los usuarios podrán cosechar todos los beneficios económicos y medioambientales de recursos renovables y, especialmente, renovables distribuidos⁹. Del mismo modo, se esperan que esas capacidades permitan aprovechar las posibles ventajas de estructuras de tarificación dinámicas y

⁹ A finales de 2008, la California Air Resources Board (CARB) declaró que «una red interactiva y una infraestructura de comunicación «inteligentes» permitirían la circulación bidireccional de energía y datos necesarios para el despliegue generalizado de recursos energéticos renovables y distribuidos, vehículos híbridos con enchufe o eléctricos, y dispositivos para mejorar la eficiencia. Las redes inteligentes pueden acomodar un número creciente de fuentes distribuidas de generación de energía ubicadas cerca de los puntos de consumo, lo cual reduce las pérdidas eléctricas globales del sistema y las emisiones correspondientes de GEI. Este sistema permitiría generalizar la generación distribuida de energía..., soportaría la utilización de vehículos eléctricos con enchufe como dispositivos de almacenamiento de energía... [y] ofrecería entonces a los operadores de redes más flexibilidad para responder a fluctuaciones de la generación de energía, lo que ayudaría a solventar las dificultades actuales que plantea la integración de recursos intermitentes tales como la energía eólica». *California Air Resources Board Scoping Plan, Appendix Vol. I at C-96, 97, CARB* (diciembre de 2008).

aplicaciones de respuesta a la demanda que deben poder interactuar con muchos miles de dispositivos en tiempo real¹⁰.

A2.2 Motivos de la implantación de redes inteligentes

Las autoridades estadounidenses y canadienses ya reconocen que una red de comunicación plenamente integrada forma parte integrante de una red inteligente. Por ejemplo, según la iniciativa de red inteligente respaldada por el Departamento de Energía de EE.UU., «la implementación de comunicaciones integradas es una necesidad fundamental [de una red inteligente], necesaria para otras tecnologías clave y esencial para la red eléctrica moderna...»¹¹.

El Departamento añade que «tecnologías de comunicación bidireccionales, totalmente integradas y de alta velocidad permitirán un intercambio indispensable de información y potencia en tiempo real»¹².

Autoridades públicas¹³ y otras empresas interesadas han insistido de manera similar sobre la funcionalidad de las comunicaciones avanzadas. Por ejemplo, el Ontario Smart Grid Forum declaró hace poco que «la tecnología de comunicaciones está al centro de la red inteligente. [Esa tecnología] lleva los datos generados por medidores, sensores, controladores de tensión, unidades de trabajo móviles y un sinnúmero de otros dispositivos en la red a sistemas informáticos y otros equipos necesarios para convertir esos datos en información utilizable»¹⁴.

¹⁰ Véase por ejemplo, *Enabling Tomorrow's Electricity System – Report of the Ontario Smart Grid Forum, Ontario Smart Grid Forum* (febrero de 2009) en el que se previene que «las iniciativas sobre conservación, generación renovable y medidores inteligentes son los albores de un nuevo sistema eléctrico, pero todas las promesas no se cumplirán sin las tecnologías avanzadas que posibilitan la red inteligente».

¹¹ Véase *A Systems View of the Modern Grid at B1-2 and B1-11, Integrated Communications*, realizado por el National Energy Technology Laboratory para el U.S. Department of Energy Office of Electricity Delivery and Energy Reliability (febrero de 2007). Esas comunicaciones integradas «[conectarán]» componentes arquitecturas abiertas para información y control en tiempo real, lo que permitirá que todas las partes de la red «hablen» y «escuchen». *The smart grid: An Introduction at 29, U.S. Department of Energy* (2008).

¹² *Id.*

¹³ «Modernizar la red eléctrica con comunicaciones bidireccionales, sensores y tecnologías de control adicionales, que son componentes fundamentales de una red inteligente, puede suponer ventajas considerables para los consumidores.» *California PUC Decision Establishing Commission Processes for Review of Projects and Investments by Investor-Owned Utilities Seeking Recovery Act Funding at 3* (10 de septiembre de 2009), en http://docs.cpuc.ca.gov/word_pdf/FINAL_DECISION/106992.pdf. Véase también, *California Energy Commission on the Value of Distribution Automation, California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report at 51* (abril de 2007), en <http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-100-2007-008/CEC-100-2007-008-CTF.PDF>. «Las comunicaciones son el fundamento de casi todas las aplicaciones y consisten en comunicaciones bidireccionales de alta velocidad en todo el sistema de distribución y con los clientes privados».

¹⁴ Véase *Enabling Tomorrow's Electricity System – Report of the Ontario Smart Grid Forum at 34, Ontario Smart Grid Forum* (febrero de 2009). En el Informe también se indica que «los sistemas de comunicación que las empresas de servicios públicos están desarrollando para medidores inteligentes no serán adecuados para soportar el desarrollo completo de la red inteligente. Las necesidades de comunicación que entraña la compilación de datos de medidores son diferentes de las del funcionamiento de la red. Se necesitará ancho de banda adicional y servicios redundantes para operaciones de red a causa del volumen de datos operacionales, la velocidad necesaria para utilizarlos y su importancia. *Id.* en 35.

Anexo 3

Red inteligente en Europa

A3.1 Introducción

En 2019, la UE completó una actualización exhaustiva de su marco de política energética¹⁵. El paquete *Clean Energy for All Europeans* (energía limpia para todos los europeos) incluye los siguientes ocho actos legislativos:

- la Directiva (UE) 2018/844 relativa a la eficiencia energética de los edificios;
- la Directiva (UE) 2018/2001 relativa al uso de energía procedente de fuentes renovables;
- la Directiva (UE) 2018/2002 relativa a la eficiencia energética;
- el Reglamento (UE) 2018/1999 sobre la gobernanza;
- la Directiva (UE) 2019/944 sobre la electricidad;
- el Reglamento (UE) 2019/943 sobre la electricidad;
- el Reglamento (UE) 2019/941 sobre la preparación frente a los riesgos;
- el Reglamento (UE) 2019/942 relativo a la Agencia de la Unión Europea para la Cooperación de los Reguladores de la Energía.

Se han dedicado amplios conocimientos y recursos europeos para comprender y promover que las redes inteligentes son una solución a las dificultades que Europa afronta en materia de cambio climático y eficiencia energética, véanse por ejemplo las iniciativas siguientes:

- Las Redes Inteligentes para la Transición Energética de la Plataforma Europea de Tecnología e Innovación (ETIP SNET)¹⁶ orientan los trabajos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en pos de la transición energética de Europa. La Visión 2050 de la ETIP SNET compendia las opiniones consolidadas y cualitativas de las partes interesadas en dichas redes sobre el sistema energético de 2050 y los correspondientes retos de alto nivel que planteará la I+D+i. También esboza el marco en el que debería inscribirse la labor de I+D+i en las próximas décadas¹⁷.
- BRIDGE¹⁸ es una iniciativa de la Comisión Europea que conjuga los proyectos en materia de redes eléctricas inteligentes y almacenamiento energético del programa Horizonte 2020, a fin de crear una visión estructurada de las cuestiones transversales que se plantean en los proyectos de demostración y que pueden constituir un obstáculo para la innovación.

¹⁵ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

¹⁶ <https://www.etip-snet.eu/>

¹⁷ ETIP SNET VISION 2050 – Integrating Smart Networks for the Energy Transition: Serving Society and Protecting the Environment, disponible en <https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2018/05/VISION2050-v10PTL.pdf>

¹⁸ <https://www.h2020-bridge.eu/>

A3.2 Actividades europeas en algunos Estados Miembros¹⁹

El Centro Común de Investigación (JRC), el servicio de ciencia y conocimiento de la Comisión Europea, publicó el informe *Smart grid projects outlook 2017* (visión general de los proyectos en materia de redes inteligentes de 2017)²⁰. En él se llega a la conclusión de que existen grandes diferencias en cuanto al número de proyectos emprendidos por cada Estado Miembro de la UE, así como al nivel y el ritmo de las inversiones conexas. Este estudio va acompañado de herramientas de visualización interactivas, que permiten al usuario generar mapas, gráficos y cuadros personalizables para seguir los avances de los proyectos en materia de redes eléctricas inteligentes tanto en los Estados Miembros de la UE, como en el Reino Unido, Suiza y Noruega²¹.

Posteriormente, el JRC publicó el informe *Smart Grid Laboratories Inventory 2018* (inventario de laboratorios de redes eléctricas inteligentes de 2018)²², que recoge información de 89 laboratorios de todo el mundo. Dicho informe presenta información combinada sobre distintos temas de investigación relacionados con las redes eléctricas inteligentes, las tecnologías, las normas y la infraestructura utilizada por las principales organizaciones que llevan a cabo actividades en el ámbito de las redes eléctricas inteligentes a nivel de laboratorio.

La iniciativa Smart Grids Plus de ERA-Net SES²³ apoya el intercambio de conocimientos entre diversas iniciativas regionales y europeas sobre redes eléctricas inteligentes mediante la promoción y financiación de proyectos conjuntos y actividades de acompañamiento conjuntas, aprovechando el acervo de conocimientos disponible, las iniciativas de I+D emprendidas y las instalaciones de investigación y demostración existentes a escala regional, nacional y europea.

A3.2.1 Iniciativa industrial europea sobre redes eléctricas

La Comisión Europea puso en marcha la Iniciativa industrial europea sobre redes eléctricas²⁴ en el marco del Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE)²⁵.

¹⁹ Origen de todo el párrafo: *European Regulators' Group for Electricity and Gas Position Paper on Smart Grids* – Ref.: E09-EQS-30-04, Anexo III https://www.ceer.eu/documents/104400/3751729/E09-EQS-30-04_SmartGrids_10+Dec+2009_0.pdf/c481db2a-3cfb-6d6f-4b58-da3dee68de4a?version=1.0&previewFileIndex

²⁰ Disponible en https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ces.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/sgp_outlook_2017-online.pdf

²¹ <https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ces.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/org.html>

²² http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC114966/jrc114966_kjna29649enn_track_changes_v12.pdf

²³ https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Calls/SG_Plus_Calls/Focus_Initiative_Smart_Grids_Plus

²⁴ Referencias: Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, «Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE) – Hacia un futuro con baja emisión de carbono», COM(2007) 723 final, 22 de noviembre de 2007, Comisión Europea, «Energía para el Futuro de Europa: Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE)», MEMO/08/657, 28 de octubre de 2008.

²⁵ Referencias: Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, «Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE) – Hacia un futuro con baja emisión de carbono», COM(2007) 723 final, 22 de noviembre de 2007, Comisión Europea, «Energía para el Futuro de Europa: Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE)», MEMO/08/657, 28 de octubre de 2008.

El Plan EETE se creó en 2007 con el objetivo de mejorar la coordinación de los trabajos de investigación e innovación emprendidos a escala nacional y europea y fomentar la cooperación entre los países, las empresas y los institutos de investigación de la UE, así como en el seno de la propia organización europea. A tal efecto, apoya tecnologías de alto impacto que ayudarán a transformar el sistema energético europeo, al tiempo que promueve la realización de actividades conjuntas, especialmente entre los países que participan en el Plan.

En septiembre de 2015, la Comisión Europea publicó una nueva estrategia para el Plan EETE²⁶ con 10 acciones estructuradas conforme a las prioridades en materia de I+D de la Unión de la Energía. El nuevo enfoque se articula en torno a dos elementos principales: un planteamiento más integrado que trasciende el concepto de «silos tecnológicos»; y una asociación reforzada entre la comunidad del Plan EETE, que integran la Comisión Europea, los países del Plan EETE y las partes interesadas de los ámbitos empresarial y académico.

En 2016, la comunidad del Plan EETE acordó una serie de objetivos ambiciosos en consonancia con sus 10 acciones de I+D. Los importantes avances logrados hasta la fecha se recogen en la edición 2016 del informe del proceso del Plan EETE integrado, titulado *Transforming the European Energy System through INNOVATION* (Transformar el sistema energético europeo a través de la INNOVACIÓN)²⁷. También en 2016, las actividades del Plan EETE se vieron impulsadas por la comunicación titulada «Acelerar la innovación en energías limpias²⁸», que proporciona un marco propicio para acelerar la asimilación comercial de los productos de I+D. Los resultados de los planes de aplicación del EETE se publicaron en 2018²⁹.

Las Iniciativas Industriales Europeas (IIE) creadas en el marco del Plan EETE se basan en:

- la energía eólica (Iniciativa eólica europea);
- la energía solar (Iniciativa solar europea – energía solar fotovoltaica y concentrada);
- las redes eléctricas (Iniciativa europea de redes eléctricas);
- la captura y el almacenamiento de carbono (Iniciativa europea de captura, transporte y almacenamiento de CO₂);
- la fisión nuclear (Iniciativa para una energía nuclear sostenible);
- la bioenergía (Iniciativa europea de bioenergía industrial); y
- las ciudades inteligentes (Eficiencia energética – Iniciativa dedicada a las ciudades inteligentes).

Además de:

- las pilas de combustible y el hidrógeno (Iniciativa tecnológica conjunta); y
- la fusión nuclear (Programa Internacional + Comunitario – ITER).

Las IIE son proyectos conjuntos de desarrollo tecnológico a gran escala por instituciones académicas, institutos de investigación e industrias. El objetivo de las IIE es concentrar y armonizar los esfuerzos de la Comunidad, los Estados Miembros y la industria para alcanzar objetivos comunes y crear una masa crítica de actividades y agentes, reforzando así la investigación y la innovación en tecnologías energéticas industriales para las que trabajar a nivel comunitario suponga un mayor valor añadido.

²⁶ https://setis.ec.europa.eu/system/files/Communication_SET-Plan_15_Sept_2015.pdf

²⁷ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan_progress_2016.pdf

²⁸ COM/2016/0763 final: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52016DC0763>

²⁹ https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/setis%20reports/setplan_delivering_results_2018.pdf

A3.2.2 Plataforma tecnológica nacional – Redes inteligentes en Alemania

Alemania promueve actualmente diversos proyectos y actividades en favor de la transformación de su red de distribución en una red inteligente. En 2016, el despliegue de contadores inteligentes, una importante fuente de datos en los niveles de tensión más bajos, se recogió oficialmente en la ley sobre la digitalización de la transición energética (*Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende*). La unidad de comunicación de estos dispositivos, la denominada pasarela de contador inteligente, debe atenerse a estrictas normas en materia de protección de datos, seguridad de datos e interoperabilidad. De ahí que los fabricantes tengan que pasar por un exhaustivo proceso de certificación. La primera pasarela de contador inteligente completó este proceso y estuvo disponible para su instalación en diciembre de 2018. En Alemania, el despliegue obligatorio, cuyo inicio requería una serie de pasarelas de contador inteligente certificadas de tres fabricantes independientes, pudo comenzar en febrero de 2020. En la primera fase de este proceso de despliegue de contadores inteligentes se incluyen todos los consumidores cuyo consumo anual oscila entre 6 000 kWh y 100 000 kWh, lo que supone unos 3,7 millones de casos de instalación. Los grupos de consumidores cuyo consumo supere los 100 000 kWh/a y aquellos que dispongan de dispositivos de consumo flexible se incluirán en fases posteriores, junto con los sistemas de generación, pues ello requiere un mayor desarrollo de las pasarelas de contador inteligente o un ajuste del marco jurídico.

A fin de conectar los contadores inteligentes para la comunicación de forma generalizada, es fundamental crear recursos de telecomunicaciones adecuados. Hasta ahora, los operadores de infraestructuras esenciales no disponían de frecuencias de banda ancha, ni de gamas de frecuencias exclusivas. Por tanto, la banda de frecuencias de 450 MHz está y estará dedicada a las infraestructuras esenciales y su uso real se adjudicará con la condición de que se establezca una red de comunicación para las infraestructuras esenciales y los contadores inteligentes. Con la dedicación de la banda de frecuencias de 450 MHz a las infraestructuras esenciales se puede marcar el rumbo de la digitalización de la transición energética. Estas frecuencias son especialmente adecuadas para construir una infraestructura de red radioeléctrica completa, de alta disponibilidad y, al mismo tiempo, a prueba de apagones en los sectores de la electricidad, el gas, el agua (residual) y la calefacción urbana. Ya se han llevado a cabo con éxito varios proyectos piloto.

Además, el Ministerio Federal de Economía y Energía puso en marcha un programa de financiación denominado Modelos de Energía Inteligente – Agenda Digital para la Transición Energética (SINTEG), que se extendió hasta el año 2021. Este programa ofreció a las regiones la posibilidad de erigirse en modelos a gran escala para el desarrollo y la puesta en práctica de soluciones capaces de facilitar un suministro energético seguro, eficiente y compatible con el medio ambiente, en cuyo marco la electricidad se generase en gran medida a partir de fuentes volátiles como la eólica o la solar. Las soluciones desarrolladas podrían ampliarse a mayor escala.

El programa se centró claramente en la construcción de redes inteligentes que conectasen la oferta y la demanda de energía, así como en el uso de tecnologías de red y estrategias operativas innovadoras. De este modo, abordó retos clave de la transición energética como la integración de las energías renovables en el sistema, la flexibilidad, la digitalización, la seguridad de los sistemas, la eficiencia energética y el establecimiento de estructuras de mercado y sistemas energéticos inteligentes. El proyecto contribuyó en gran medida al avance de la transformación digital y la transición energética.

A3.2.3 Control de redes, redes inteligentes y contadores inteligentes en el Reino Unido

El Reino Unido utiliza sistemas de telemetría por exploración (*scanning telemetry*, ST) de banda estrecha de 12,5 kHz para supervisar y controlar los sistemas de suministro eléctrico. Estos sistemas de banda estrecha suelen funcionar de forma eficaz y lo habitual es que solo ocupen el mínimo espectro en los canales disponibles. Además, suelen llevar a cabo actividades de control y supervisión las 24 horas del día. Por ejemplo, pueden utilizar un único canal de 12,5 kHz y cubrir una zona con un radio de 35 km.

Las redes de control básicas del Reino Unido de los actuales sistemas inteligentes de control de las redes de electricidad, gas y agua comparten 2×1 MHz en la banda de frecuencias 450-470 MHz. Recientemente, la Ofcom (Reino Unido) anunció que, en los próximos diez años, no se modificarían las atribuciones correspondientes a la banda de frecuencias 450-470 MHz. De ese modo, se garantizaba el acceso continuado de los usuarios de los servicios de electricidad, gas y agua a las soluciones de control de redes inteligentes en la banda de 400 MHz (406,2-470 MHz).

En cada caso, el núcleo de los sistemas de control de las redes del Reino Unido utiliza canales de banda estrecha de 12,5 kHz. Véase el documento OfW49 de la Ofcom (Reino Unido). Recientemente, el documento OfW49 ha sido objeto de actualización para dar cabida a sistemas de banda estrecha de 25 kHz. Este cambio permitirá aumentar la velocidad de transmisión de datos de 9,6 kbit/s a 64 kbit/s, entre otras cosas, y elimina la posible necesidad de migrar de la banda de 400 MHz.

Los sistemas de telemedida por exploración de 12,5 kHz son sistemas punto a multipunto y pueden integrar el núcleo de un sistema SCADA. Como ejemplo de un requisito típico en el Reino Unido, los servicios públicos de energía (electricidad y gas) y agua tienen acceso a título primario a 80 canales de 12,5 kHz para sistemas ST.

Los parámetros básicos de estos sistemas son:

- disponibilidad del sistema cercana al 99,9%;
- células de 25 km de radio cada una;
- seis canales por célula, lo que supone dos canales por servicio;
- doce células por agrupación, lo que supone una distancia de reutilización cocanal de 150 km.

Los canales podrían reutilizarse 23 veces en todo el Reino Unido. Las necesidades actuales del sistema de control inteligente de la red eléctrica se acrecentarán desde la supervisión actual de aproximadamente 10 000 emplazamientos hasta más de un millón de activos, como consecuencia de la ampliación de la red inteligente en aproximadamente 250 000 emplazamientos. En dicha cifra está previsto incluir las subestaciones de baja tensión de 11 kV/240 V que alimentan a los usuarios finales. Esta expansión requerirá una transición a una solución de red que ofrezca un ancho de banda mucho mayor que el que aportaría un aumento del número de enlaces de banda estrecha, pero permitirá supervisar y controlar el consumo eléctrico hasta el mismo extremo de la red. Esto permitirá a su vez medir con precisión las necesidades energéticas, casi en tiempo real, y cotejar ciclos de demanda de energía muy localizados en toda la red. (Los contadores inteligentes de banda estrecha y explotados por operadores móviles públicos en el Reino Unido también podrían utilizarse para complementar y confirmar la identificación de estas necesidades en materia de demanda energética localizada. Nota: Los contadores inteligentes no transmitirán la información en tiempo real). A tal efecto, también se están probando en el Reino Unido varias tecnologías de banda ancha en la banda de 400 MHz para sistemas de redes inteligentes. Estas tecnologías de banda ancha varían en amplitud de 2×3 MHz a 2×5 MHz.

Al Reino Unido incumbe una responsabilidad única, pues ha de proteger el funcionamiento de un sistema de radar que funciona en la banda de 400 MHz. En ese sentido, puede que no convenga utilizar la banda de 400 MHz para explotar sistemas de redes inteligentes de banda ancha situados en las proximidades geográficas de dicho radar. Es posible que la citada ampliación del sistema de banda estrecha existente sea la única solución disponible para seguir utilizando la banda de 400 MHz.

En la especificación ETSI TR 103 401 V1.1.1 se ofrece más información sobre los sistemas de redes inteligentes.

El Anexo 8 contiene información relativa a los sistemas de radiocomunicaciones móviles privadas (PMR) del Reino Unido.

A3.3 Disposición del espectro para redes inteligentes en algunas partes de Europa

Muchos países europeos ya tienen acceso a 2 canales de 3 MHz para redes inteligentes en de la banda de 400 MHz, lo que, en general, ha permitido el funcionamiento de dos canales CDMA adyacentes.

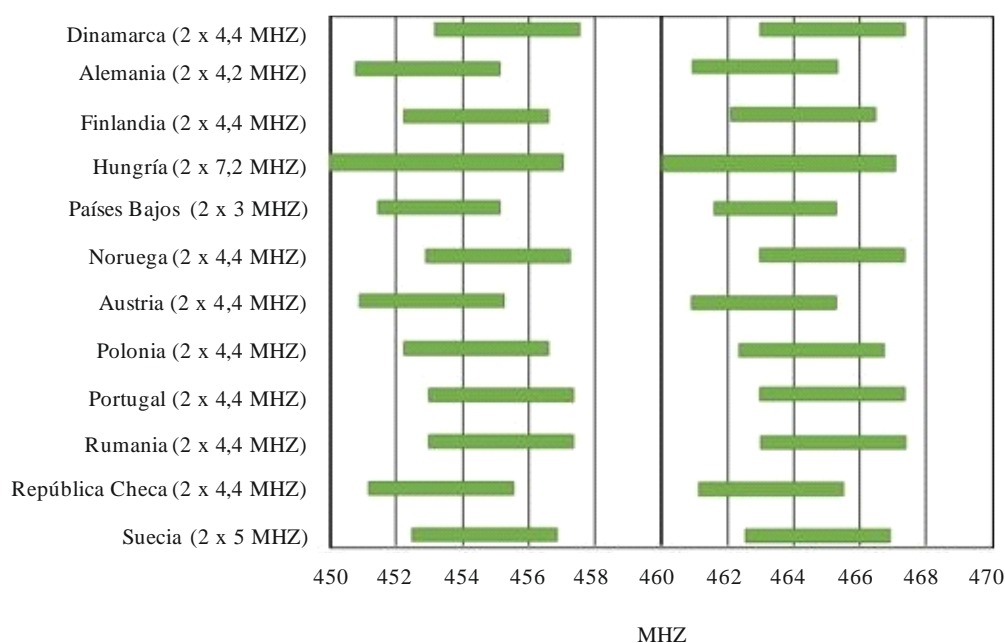
La Fig. A3-1 ilustra la atribución de espectro en la banda 450-470 MHz a servicios de banda ancha en varios países europeos.

La Fig. A3-2 muestra las bandas 3GPP armonizadas pertinentes para la banda de frecuencias 450-470 MHz.

FIGURA A3-1

Ejemplo de disposición del espectro en la banda de 400 MHz en Europa

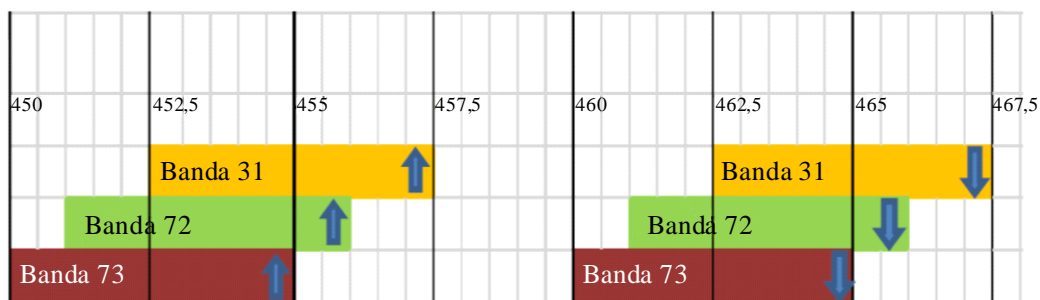
Utilización de la banda 450-470 MHz por distintos servicios públicos en Europa



Informe SM.2351- A3-01

Varios de los operadores de redes inteligentes afincados en estos países están intentando migrar a sistemas LTE de 2×5 MHz. Para simplificar el proceso, suelen tratar de obtener un aumento del ancho de banda del espectro al que acceden actualmente, por ejemplo, en la banda 72 (451-456 MHz combinado con 461-466 MHz).

FIGURA A3-2
Bandas 3GPP armonizadas para el espectro de la banda 450-470 MHz



Informe SM.2351- A3-02

Anexo 4

Red inteligente en Brasil

A4.1 Introducción

El Ministerio de Minas y Energía ha promovido estudios sobre tecnologías que se puedan utilizar para el concepto de red inteligente. Esos estudios son motivados por la necesidad de reducir las pérdidas técnicas y no técnicas, y mejorar el rendimiento de todo el sistema para aumentar la fiabilidad, resistencia, seguridad, etc. Recientemente, una Comisión de Estudio apoyada por el Ministerio brasileño señaló problemas en el sistema energético actual y presentó tecnologías y soluciones que podrían reducir las pérdidas y mejorar el rendimiento de esos sistemas energéticos. En esos estudios se tenían en cuenta los aspectos económicos y esencialmente el coste aceptable de la instalación de más de 45 millones de metros en el país.

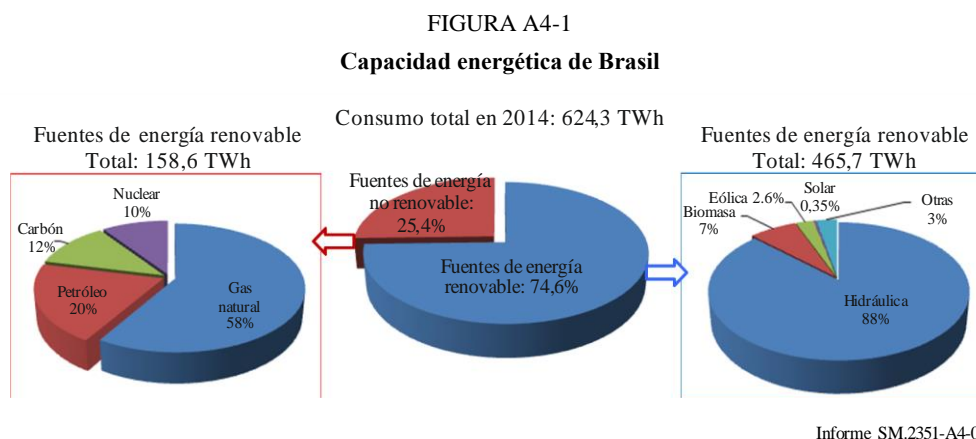
Por otra parte, instituciones privadas con financiación pública han llevado a cabo otros estudios, como el dirigido por ABRADDEE y APTEL, asociaciones sin ánimo de lucro del sector eléctrico.

- APTEL – Asociación de Empresas Privadas de Infraestructura y Sistemas de Telecomunicaciones, creada el 7 de abril de 1999.
- ABRADDEE – Asociación Brasileña de Distribuidores de Energía Eléctrica, creada en agosto de 1975.

A4.2 Sector energético brasileño

Brasil dispone actualmente de más de 142 GW de capacidad energética y tiene más de 75 millones de usuarios. Como se indica en la Fig. A4-1 [1], el consumo energético en Brasil es de unos 624,3 TWh.

El porcentaje de energía renovable producida es del 74,6%, mientras que la generada por fuentes no renovables es del 25,4%.



El consumo medio en Brasil es de 68 GW con crestas de más de 80 GW. Hace poco, el sector eléctrico informó de que prevé que el consumo aumentará aproximadamente un 44%, por lo que es necesario aumentar la eficiencia energética del sistema eléctrico.

En la primera etapa de este proceso, el Ministerio considera prioritario reducir las pérdidas técnicas y no técnicas de los sistemas energéticos. Las pérdidas técnicas del sistema de transmisión y el sistema de distribución son respectivamente del 5% y 7%. Además, las pérdidas no técnicas, tales como conexiones no autorizadas a los sistemas de distribución representan hasta el 7%.

Con esas cifras, cabe suponer que Brasil tendrá grandes dificultades para desarrollar un sistema energético que aumente la eficiencia y reduzca pérdidas.

A4.3 Comisión de Estudio sobre la red inteligente brasileña

A fin de comprender el concepto de red inteligente, en mayo de 2010 el Ministerio de Minas y Energía creó una Comisión de Estudio integrada por miembros de los sectores de la electricidad y las telecomunicaciones. Uno de los objetivos de ese grupo es evaluar las posibilidades de aplicar ese concepto en la red energética brasileña para aumentar la eficiencia del sistema.

A mediados de marzo de 2011 se presentó un informe al Ministerio de Minas y Energía sobre la situación de esa tecnología. El informe contiene información sobre los conceptos de red inteligente e información técnica sobre cuestiones económicas, de facturación y telecomunicaciones.

En lo que hace a las telecomunicaciones, en el estudio se tuvieron en cuenta los recursos y tecnologías disponibles en Brasil y los tipos de tecnologías utilizados en otros países que se podrían aplicar en Brasil. El Gobierno brasileño, en su estrategia inicial, se interesa especialmente por el despliegue de una infraestructura de medición avanzada.

En el marco de ese estudio, un grupo técnico visitó Estados Unidos en octubre de 2010 para reunir información sobre la red inteligente. Se observó que, en general, casi todas las tecnologías de telecomunicaciones desplegadas en apoyo de funcionalidades de red inteligente se podrían aplicar en Brasil.

El grupo de estudio ABRADDEE/APTEL presentó su informe en diciembre de 2011 a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), el regulador nacional de energía. El estudio se concentró en planificar el despliegue de funcionalidades de red eléctrica inteligente en todo el sector eléctrico brasileño en un plazo de diez años y prever las inversiones y beneficios relacionados con estas previsiones. El estudio utilizó la base de datos de más de 50 servicios de distribución que están asociados con los líderes del proyecto y las previsiones se basan en la situación real de empresas brasileñas.

A4.4 Cuestiones de telecomunicaciones

Se ha observado que se pueden aplicar varios tipos de tecnologías de telecomunicaciones para el mismo fin. Por ejemplo, Zig-Bee y Mesh Grid se pueden utilizar para leer los contadores de consumo energético de los usuarios. Para las conexiones al núcleo de red se puede utilizar WiMax, GPRS, 3G, 4G etc. Cada solución depende de aspectos técnicos como espectro disponible, propagación, caudal, etc.

Actualmente sigue habiendo dudas acerca del caudal de conexión al núcleo de red necesario para aplicaciones de red inteligente. Es indudable que esa información es estratégica en los proyectos de red inteligente, a fin de poder elegir la solución adecuada y las necesidades de recursos de espectro como ancho de banda, límites de interferencia perjudicial causada a otros servicios, límites de potencia y aspectos de propagación. Hasta la fecha no ha habido ningún estudio sobre requisitos de sistemas de telecomunicaciones que se puedan aplicar a redes inteligentes.

Estamos interesados en técnicas de medición de campo eléctrico en la utilización de comunicaciones por línea eléctrica en banda de ondas kilométricas en aplicaciones de red inteligente. Hace poco, varias empresas brasileñas han expresado interés en la certificación de equipos de comunicación por línea eléctrica con portadoras de unos 80 kHz con 20 kHz de banda para medición inteligente. Las emisiones alrededor de esa frecuencia están limitadas por normativa y el límite de campo eléctrico indicado corresponde a mediciones tomadas a 300 m de la fuente.

El estudio de ABRADDEE/APTEL ha estimado que se requiere una inversión de unos 19 000 millones de «reais» en activos de telecomunicaciones y 3 000 millones de «reais» en activos de tecnologías de la información para desplegar las funcionalidades básicas de red eléctrica inteligente, como medición inteligente, red de distribución automática, autoreparación, fuentes renovables de generación distribuidas y vehículos eléctricos.

El modelo de referencia para la arquitectura de comunicación utilizada es el propuesto por IEE P2030. La arquitectura propuesta define una jerarquía lógica y una interfaz normalizada para interconexiones interoperables que puede desplegarse mediante tecnologías de red de comunicaciones, como las utilizadas en el estudio: inalámbrica (Wi-Fi 802.11, WIMAX 802.16), GPRS, 3G, MPLS, VPN y fibra óptica y enlaces radioeléctricos para la red de campo (FAN) y para la red de conexión.

Según la investigación realizada sobre las redes de telecomunicaciones existentes en los servicios brasileños, el 69% de los sistemas de la red de conexión utilizan fibra óptica, GPRS es la tecnología dominante en el último kilómetro y el 44% de las empresas utilizan enlaces por microondas (400 MHz a 900 MHz) principalmente para conectar equipos de datos instalados en postes. El 50% aproximadamente de los servicios utilizan líneas dedicadas de operadores de telecomunicaciones públicos.

A4.5 Datos técnicos

Es esencial obtener datos sobre caudal, latencia, resistencia, fiabilidad, etc. de conexión al núcleo de red que se consideren adecuados para red inteligente a fin de planificar los recursos de infraestructura y espectro necesarios y evitar obsolescencias y derroches de recursos.

Utilizando el modelo de información común (CIM) adoptado por el CEI y definido en CEI 61970, el estudio de ABRADDEE/APTEL destaca la necesidad de desarrollar una estrategia específica en materia de ciberseguridad en las redes inteligentes, habida cuenta de los posibles riesgos siguientes:

- elevada complejidad de la red eléctrica;
- nuevas vulnerabilidades de las redes interconectadas;
- aumento del número de puntos de acceso;
- protección de la privacidad del consumidor.

A4.6 Mediciones en ondas kilométricas

Además, a efectos de aplicación de las normativas, a fin de evitar pesadas mediciones de campo eléctrico en zonas urbanas y teniendo en cuenta normativas rigurosas, se reconoce que otros procedimientos tales como la medición de potencia podrían ser menos pesados que utilizar analizadores de espectro conectados a antenas de ondas kilométricas.

A4.7 Conclusión

Dado el carácter estratégico de la instalación de redes inteligentes en países en desarrollo, recabamos contribuciones de otras administraciones sobre los datos técnicos y mediciones en ondas kilométricas mencionados *supra*.

En cuanto al tamaño y complejidad de la red de telecomunicaciones necesario para dar soporte al despliegue del concepto de red inteligentes en la red eléctrica brasileña, el estudio de ABRADDE/APTEL recomienda, entre otras cosas, un análisis profundo del espectro con el fin de identificar y reservar bandas de frecuencias específicas para aplicaciones en el terreno y en zonas metropolitanas.

Referencias

- [1] Presentación: Generación distribuida, por Rodrigo Campos de Souza – Seminario de APTEL para la generación de minipotencia y micropotencia– Rio de Janeiro – RJ – 8 de diciembre de 2015.

Anexo 5

Red inteligente en la República de Corea

A5.1 Hoja de ruta para una red inteligente en Corea

Frente al cambio climático, Corea ha reconocido que es necesario instalar una infraestructura de red inteligente para crear una industria ecológica con bajas emisiones de carbono, a fin de preparar las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero a las que se ha comprometido. Por consiguiente, el Gobierno coreano ha adoptado la iniciativa de red inteligente como política nacional para alcanzar la visión de «Bajas emisiones de carbono, crecimiento ecológico».

En 2009, el Comité de crecimiento ecológico de Corea presentó su visión «Crear un país ecológico avanzado»³⁰ y anunció por primera vez la hoja de ruta para una red inteligente.

En 2012 se establecieron los primeros planes básicos para la red inteligente. De acuerdo con estos últimos, se han construido infraestructuras relacionadas con energías renovables, sistemas de almacenamiento de energía (EES) y contadores inteligentes. Además, se introdujeron infraestructuras de medición avanzada (AMI), energías renovables, vehículos eléctricos (EV), ESS y un mercado de energía virtual en 6 000 hogares de Gujwa-eup, en la isla de Jeju, para hacer realidad los planes de red inteligente.

³⁰ http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Koreas-Green-Growth-Experience_GGI.pdf

En 2018, establecieron los segundos planes básicos para la red inteligente a fin de impulsar, durante los cinco años sucesivos, cuatro áreas en favor de la racionalización del consumo de energía, la producción eficiente de energía y la creación de una nueva industria energética, a saber:

- 1) la promoción de nuevos servicios de red inteligente;
- 2) la experimentación de primera mano en el centro de red inteligente;
- 3) la ampliación de la infraestructura y las instalaciones de la red inteligente; y
- 4) el establecimiento de una base para ampliar la red inteligente.

En primer lugar, la promoción de nuevos servicios de red inteligente incluirá:

- facilitar diferentes sistemas de potencia nominal en función de las estaciones y los husos horarios;
- transformar el mercado de transacciones de recursos, de un mercado destinado a grandes centrales a un mercado basado en la demanda de alcance nacional;
- proporcionar a los agentes empresariales datos relativos al consumo eléctrico nacional procedentes de la plataforma de macrodatos; y
- operar un mercado de corretaje de energía en el que puedan negociarse recursos energéticos de pequeñas dimensiones, como las energías renovables, los ESS y los EV.

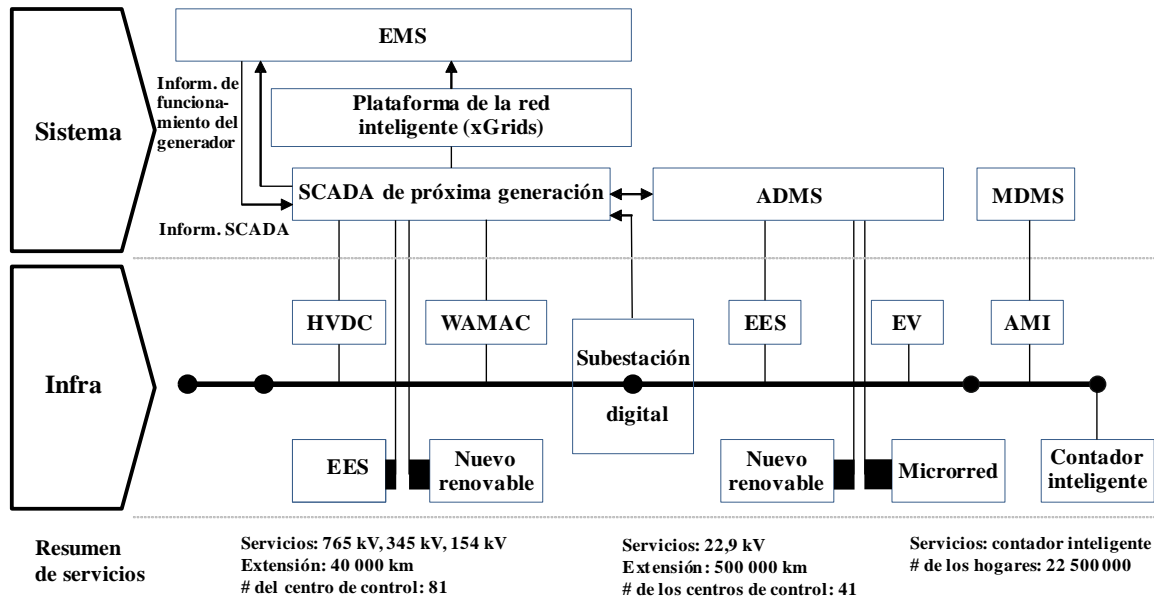
En segundo lugar, se construirá un centro de experimentación de primera mano en redes inteligentes para que las personas puedan experimentar con los nuevos servicios.

En tercer lugar, se van a ampliar las líneas de transmisión y distribución, las subestaciones, la AMI y la infraestructura de TIC, y se construirá un sistema de control de los recursos energéticos de distribución (DER) en el sector público.

En cuarto lugar, se formará un grupo asesor compuesto por los sectores público y privado para formar expertos en el desarrollo de tecnologías básicas como la IA y la cadena de bloques.

Desde un punto de vista nacional, el proyecto de red inteligente servirá para aumentar la eficiencia energética y crear infraestructuras energéticas ecológicas que reduzcan las emisiones de CO₂. Desde un punto de vista industrial, el proyecto constituirá un nuevo motor de crecimiento con el que Corea pasará a la era del crecimiento ecológico. Desde un punto de vista individual, reducirá las emisiones de carbono de la población, que podrá experimentar una vida ecológica.

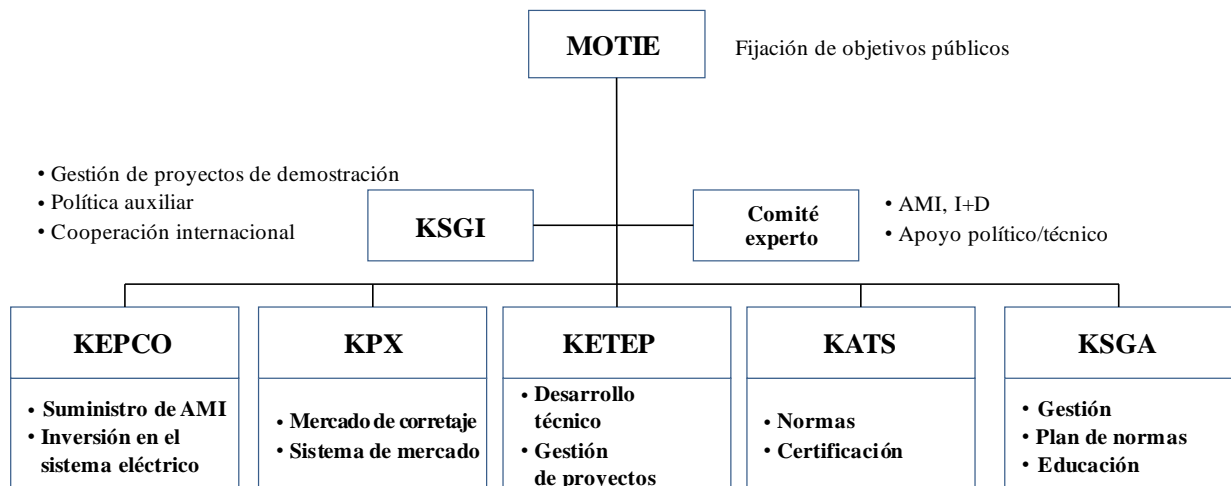
FIGURA A5-1
Diagrama conceptual del sistema de red inteligente



Informe SM.2351- A5-01

- * EMS: Sistema de gestión de la energía
- * SCADA: Control de supervisión y adquisición de datos
- * ADMS: Sistema avanzado de gestión de la distribución
- * MDMS: Sistema de gestión de datos de contadores
- * HVDC: Corriente continua de alta tensión
- * WAMAC: Vigilancia y control de zona amplia

FIGURA A5-2
Consejo Consultivo de Política de Redes Inteligentes



Informe SM.2351- A5-02

- * MOTIE: Ministerio de Comercio, Industria y Energía
- * KSGI: Instituto Coreano de Redes Inteligentes
- * KATS: Agencia Coreana de Tecnología y Normas
- * KSGA: Asociación Coreana de Redes Inteligentes

El Consejo Consultivo de Política está formado por la empresa KEPCO (*Korea Electric Power Corporation*), el organismo KPX (*Korea Power Exchange*), un grupo de trabajo sobre redes inteligentes, el instituto KETEP (*Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning*), asociaciones afines y expertos. Las principales funciones del Consejo son ejercer las veces de centro de control de los planes de redes inteligentes, fijar el rumbo de las políticas, elaborar estrategias de aplicación, revisar los resultados de cada instituto y detectar las normativas que cabe mejorar y las actividades susceptibles de exportación.

A5.2 Red de comunicaciones

Debido a la expansión de la red inteligente, existe una creciente demanda de comunicación inalámbrica. En particular, el entorno actual de comunicación de la red inteligente se combina con una zona de sistema de control donde la fiabilidad, la seguridad y la velocidad deben estar garantizadas y una zona de IoT en la que varios terminales se comunican entre sí. Actualmente, se utiliza un método de comunicación que conjuga comunicaciones alámbricas e inalámbricas. A medida que se va ampliando la gama de servicios, se hace necesaria una red de comunicación óptima y adecuada al nuevo entorno.

CUADRO A5.1

Métodos de comunicación de la red inteligente

Clasificación	Red alámbrica	Red inalámbrica
Control de potencia	Óptica	TRS (380 ~399,9 MHz)
Contadores inteligentes	PLC, HPGP	Wi-SUN (917 ~ 923,5 MHz)
		LTE (800 MHz, 900 MHz, 1,8 GHz, 2,1 GHz, 2,6 GHz)
Generación de energía nueva y renovable	Óptica	TRS (380 ~ 399,9 MHz)

La red alámbrica basada en cables de fibra óptica se utiliza principalmente para el control de potencia y requiere un alto grado de fiabilidad. Se utilizan redes PLC alámbricas y otros métodos de comunicación inalámbrica para las mediciones inteligentes y las comunicaciones ópticas. Las comunicaciones inalámbricas TRS se utilizan para la generación de energía renovable.

Se aplican varios métodos de comunicación inalámbrica y la banda de 320 MHz se utilizará como banda de frecuencias IoT para satisfacer la demanda de comunicación inalámbrica.

Anexo 6

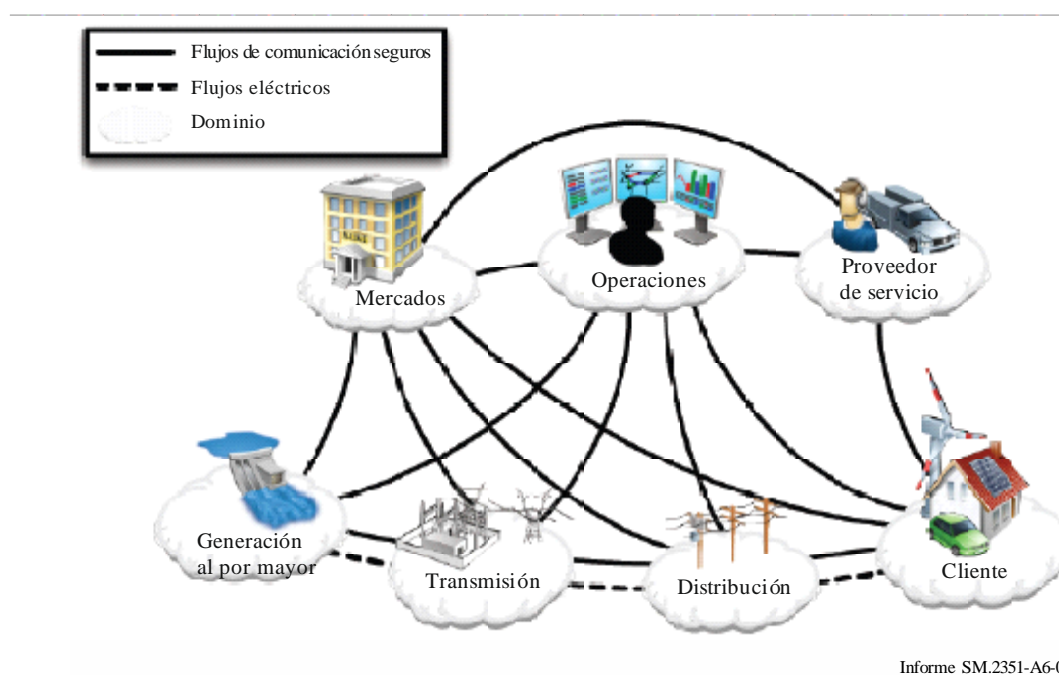
Red inteligente en Indonesia

A6.1 Introducción

La implementación de redes inteligentes comprende equipos tecnológicos que cambian el servicio entre la planta de producción y el cliente y consisten en siete dominios importantes: generación al por mayor, transmisión, distribución, clientes, operación, mercado y proveedor de servicio. Cada dominio consiste a su vez de eventos de red inteligente que están conectados unos con otros por comunicaciones bidireccionales analógicas o digitales para reunir información y transportar electricidad. Las conexiones son fundamentales para aumentar la eficiencia, fiabilidad, seguridad y economía de la red inteligente y una producción y distribución de electricidad sostenible.

FIGURA A6-1

Interacciones entre actores de la red inteligente



El sistema de la red inteligente tiene tres capas principales: capa de potencia y energía, capa de comunicación y capa TI. Esas capas son fundamentales para la circulación de la electricidad y las comunicaciones.

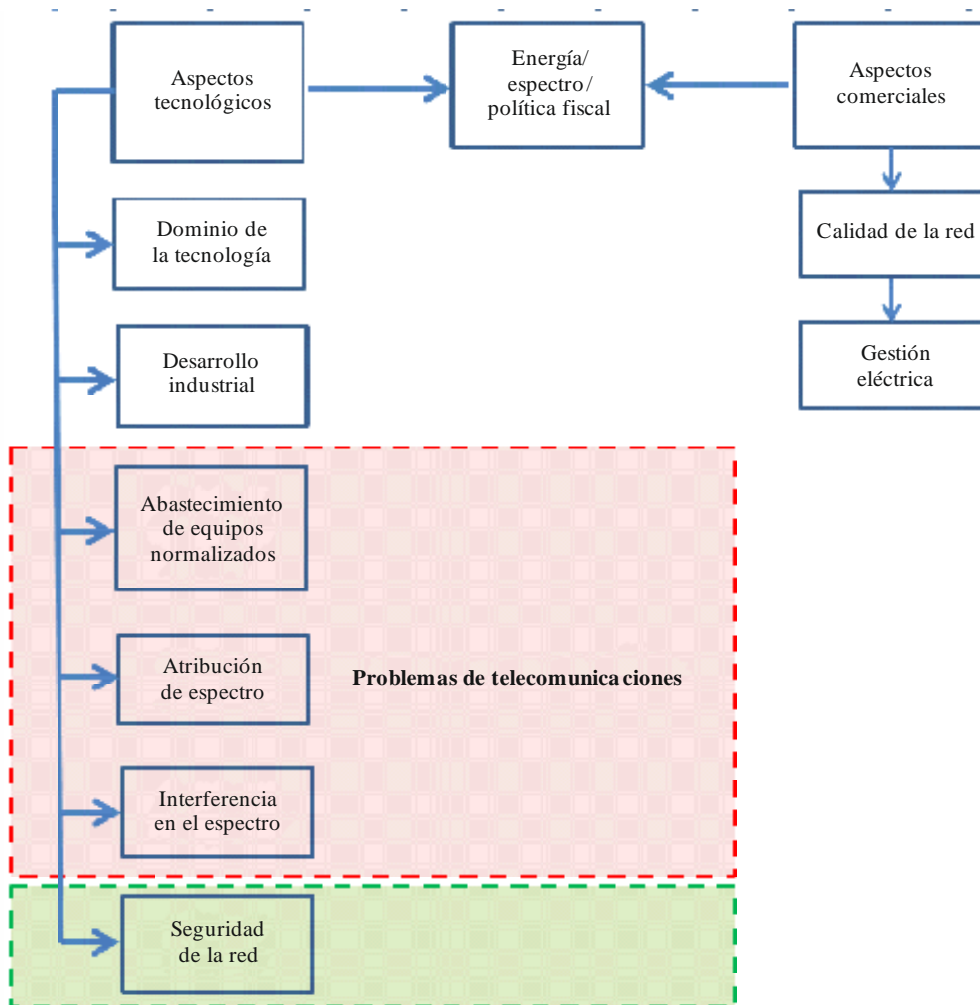
El precio del consumo y la energía tiende a aumentar. Esta condición corresponde a los abonados del servicio móvil.

A6.2 Desarrollo de la red inteligente y sus problemas

El Gobierno indonesio es consciente de que la red inteligente podría ser una solución alternativa para una utilización eficiente de la electricidad. Por ese motivo, el organismo público ha creado un proyecto piloto de instalación de una red inteligente en la parte oriental de Indonesia. El proyecto piloto fue llevado a cabo por la Agencia de evaluación y aplicación tecnológicas en cooperación con PLN (Compañía Eléctrica Nacional).

El desarrollo de la red inteligente plantea varias dificultades. Aspectos tecnológicos y comerciales que se podrían utilizar como referencia fundamental para desarrollar políticas y normativas.

FIGURA A6-2
Problemas



Informe SM.2351-A6-02

En lo que concierne a la Fig. A6-2, los dos problemas principales que influyen el desarrollo de la red inteligente, nos preocupan varios problemas en aspectos de telecomunicaciones y TI, a saber:

- a) Equipo normalizado y abastecimiento:
Proporcionar una breve descripción de la especificación técnica del equipo a fin de comprobar su compatibilidad.
- b) Recursos de espectro:
Disponer de un plan estratégico sobre atribución de espectro y ancho de banda necesario para esa aplicación. Es importante para utilizar eficientemente recursos escasos.
- c) Interferencia en el espectro:
Asegurarse de que esa tecnología no causa interferencias a otros servicios.
- d) Seguridad de la red:
Asegurarse de la seguridad del flujo de datos.

Dado que esta aplicación se puede utilizar en varios servicios (de banda ancha) móviles, se propone que la Comisión de Estudio siga examinando los requisitos de telecomunicaciones para ayudar a los países en desarrollo a determinar un plan estratégico que sirva de orientación para políticas y normativas adecuadas en relación con la implementación de una red inteligente.

Anexo 7

Investigación sobre tecnologías de acceso inalámbrico para red inteligente en China

A7.1 Introducción

La tecnología inalámbrica es una parte importante del sistema de gestión de potencia en el que diversas informaciones de gestión y control son transmitidas bidireccionalmente en tiempo real. Al principio, la capacidad de comunicación requerida por la red de distribución y utilización es generalmente pequeña. Los dispositivos inalámbricos de banda estrecha tradicionales que utilizan frecuencias fijas son utilizados esencialmente como medio privado de comunicación inalámbrica en sistemas de gestión de potencia. Con el desarrollo de la red inteligente, el control de la carga con una precisión de milisegundos, la adquisición de datos sobre energía eléctrica, la gestión de la demanda y los servicios de vigilancia vídeo *in situ* requeridos por la distribución de energía y la red de comunicación imponen mayores exigencias de ancho de banda, retardo de transmisión y fiabilidad. Para ello, China está investigando y construyendo una nueva generación de red de comunicación de potencia en la construcción de la red inteligente.

A7.2 Tecnologías de acceso inalámbrico para red inteligente en China

A7.2.1 Introducción

En China, tanto el sistema SWIN (sistema de comunicación inalámbrica de potencia multiportadora discreta de 230 MHz: SWIN) como el sistema IoT-G 230 (sistema de comunicación inalámbrica eléctrica multiportadora discreta de 230 MHz: IoT-G 230) son opciones válidas para las aplicaciones inalámbricas de redes inteligentes y se han utilizado para lograr una transmisión de banda ancha mediante la agregación de múltiples portadoras discretas de banda estrecha de 25 kHz en la gama de frecuencias 223-235 MHz (también denominada aquí banda de 230 MHz) y proporcionar así servicios inalámbricos para redes inteligentes. El espectro de 230 MHz ofrece unas características de propagación adecuadas para satisfacer los requisitos de cobertura de zona amplia que presentan muchas aplicaciones de redes inteligentes.

Los sistemas SWIN e IoT-G están diseñados para tener plenamente en cuenta las demandas de servicio de las redes inteligentes. Además, tienen muchas ventajas con respecto a sistemas de comunicación inalámbrica de banda estrecha, como una mayor cobertura, accesos masivos de abonado, alta eficiencia espectral, tiempo real, alta seguridad y fiabilidad, grandes capacidades de gestión de red, etc.

A7.2.2 Características técnicas principales

La banda 223-235 MHz fue atribuida en segmentos de 25 kHz por el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información de China. Ambos sistemas comprenden una serie de tecnologías clave que tienen en cuenta las características únicas del espectro.

SWIN puede agregar múltiples frecuencias de banda estrecha discretas para proporcionar transmisión de datos en banda ancha. Por otra parte, la tecnología de detección de espectro que permite detectar interferencias inter RAT en bandas adyacentes para mejorar la capacidad de coexistencia es una de

las tecnologías clave de SWIN. Puede garantizar la coexistencia con sistemas de banda ancha existentes en la misma banda de frecuencias 223-235 MHz.

IoT-G 230 también admite la transmisión de banda ancha mediante la agregación de múltiples portadoras de banda estrecha de 25 kHz para cada transmisión. Además, a fin de ampliar aún más la cobertura, IoT-G 230 soporta el uso de antenas múltiples en aras de la ganancia en diversidad espacial y en combinación de potencia. Asimismo, para garantizar la seguridad de la red eléctrica, IoT-G 230 admite el aislamiento de servicios de extremo a extremo para los servicios incluidos en la zona de producción I/II y en las zonas de gestión III/IV. Por último, aunque no por ello menos importante, para garantizar la coexistencia con otros sistemas de banda estrecha, IoT-G 230 admite los saltos de frecuencia entre portadoras en toda la banda de 230 MHz y con una granularidad de 10 ms para mejorar la fiabilidad y solidez de las comunicaciones.

CUADRO A7.1

Características técnicas y operacionales de SWIN e IoT-G 230

Ítem	SWIN	IoT-G 230
Bandas de frecuencias soportadas, con o sin licencia (MHz)	Bandas de frecuencias con licencia: 223-235 MHz	Bandas de frecuencias con licencia: 223-235 MHz
Gama de funcionamiento nominal	3~30 km	3~30 km
Longitud de trama	25 ms	10 ms
Separación entre subportadoras	2 kHz	3,75 kHz
Capacidades de movilidad (nómada/móvil)	Móvil	Móvil
Velocidad de datos de cresta (enlace ascendente/descendente si es diferente)	1,5 UL/0,5 DL Mbit/s (1 M BW) 13 UL/5 DL Mbit/s (8,5 M BW)	11,27 UL/9,92 DL Mbit/s (7M BW)
Método dúplex (FDD, TDD, etc.)	TDD	TDD
Ancho de banda RF nominal	Seleccionable: 25 kHz-12 MHz	Seleccionable: 25 kHz – 12 MHz
Soporte para MIMO	No	Sí
Retransmisión	HARQ	HARQ
Corrección de errores en recepción	Convolucional, turbo	Convolucional, Turbo
Gestión de interferencias	Reutilización fraccional de frecuencias, detección del espectro	Salto de frecuencia en toda la banda Detección de espectro
Gestión de potencia	Sí	Sí
Topología de conexión	Punto a multipunto	Punto a multipunto
Métodos de acceso a medios	Acceso aleatorio (con contención o sin contención)	Acceso aleatorio (con contención o sin contención)
Múltiples métodos de acceso	SC-FDMA (enlace ascendente) y OFDMA (enlace descendente)	TDMA y FDMA

CUADRO A7.1 (fin)

Ítem	SWIN	IoT-G 230
Codificación de canales	Codificación turbo, codificación convolucional con recorte de cola	Codificación turbo, codificación convolucional con recorte de cola, codificación Reed-Muller
Modulación	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM
Método de descubrimiento y asociación	Descubrimiento autónomo, asociación a través de portadora	Descubrimiento autónomo, asociación a través de portadora
Métodos QoS	Diferenciación de QoS (5 clases soportadas, adaptable)	Diferenciación de QoS (5 clases soportadas, adaptable)
Conocimiento de la ubicación	Sí	Sí
Criptación	ZUC	ZUC/SNOW3G/AES
Autenticación/protección contra reproducción	Sí	Sí
Intercambio de claves	Sí	Sí
Detección de nodos falseados	Sí	Sí
Identificación unívoca de dispositivo	15 cifras (IMEI)	15 dígitos (IMEI)

A7.2.3 Industrialización y aplicación

Actualmente, el sistema SWIN consiste en microcircuitos de banda de base, terminales, estaciones de base, una red central y equipos de gestión de red. La red de prueba SWIN se ha desplegado en varias de las redes de distribución y utilización de energía de algunas provincias de China, a fin de proporcionar servicios de red inteligente de adquisición de información, control de carga, automatización de distribución de electricidad, etc. Tras el periodo de prueba, se ha demostrado que SWIN puede satisfacer los requisitos de servicio de la medición inteligente y la automatización de la distribución.

Las pruebas de laboratorio de IoT-G 230 se completaron en octubre de 2018 y las pruebas sobre el terreno del mismo sistema se completaron en noviembre de 2018 en Suzhou (provincia china de Jiangsu). IoT-G 230 superó todas las pruebas sobre el terreno, incluidas las pruebas de interferencias, seguridad del sistema, estabilidad, etc.

A7.2.4 Normalización

Tanto la tecnología SWIN como la IoT-G 230 se inscriben en las especificaciones de la serie Q/GDW11806.

Las especificaciones del sistema SWIN, tituladas *Q/GDW11806.2 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 2: Technical specification for LTE-G 230 MHz* y *Q/GDW11806.3 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 3: Test specification for LTE-G 230 MHz*, se publicaron en noviembre de 2018.

Las especificaciones del sistema IoT-G 230, tituladas *Q/GDW11806.4 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 4: Technical specification for IoT-G 230 MHz* y *Q/GDW11806.5 230 MHz discrete multi-carrier electric wireless communication system – Part 5: Test specification for IoT-G 230 MHz*, se hallan en fase de estudio.

A7.3 Conclusión

China ha comenzado a investigar tecnologías de acceso inalámbrico para red inteligente. Tanto SWIN como IoT-G 230 pueden proporcionar comunicaciones inalámbricas satisfactorias para red inteligente, que permitirán reducir el coste de construcción y explotación de redes inteligentes.

Anexo 8

Sistemas de comunicaciones (voz/datos) PMR/PAMR

A8.1 Descripción general de los sistemas PMR/PAMR con anchos de banda de canal de 25 kHz, 12,5 kHz y 6,25 kHz

Los sistemas de radiocomunicaciones móviles profesionales/privadas (PMR) pueden utilizarse para sistemas de comunicaciones cotidianos y/o de emergencia.

Las PMR se caracterizan por ser de acceso privado (autorizado a título individual), facilitar comunicaciones de grupo específicas del sector profesional, estar diseñadas a medida, utilizar estaciones portátiles, móviles, base y fijas remotas (incluidos, por ejemplo, terminales de datos y sistemas SCADA), lo que permite a los usuarios con licencia mantener el pleno control de sus tareas y gestionar y ofrecer aplicaciones esenciales para las actividades o empresas, incluidas comunicaciones vocales y grupales instantáneas, con el fin de optimizar sus operaciones.

A8.2 Servicios que utilizan anchos de banda de canal de hasta 25 kHz

Los servicios PMR/PAMR incluyen servicios vocales para llamadas de grupo (comúnmente denominados «de información a toda la red» y/o «llamadas de grupo»). En el contexto de las radiocomunicaciones portátiles, este servicio a veces se utiliza con un auricular activado por voz (VOX) para permitir al usuario tener ambas manos libres mientras se comunica (por ejemplo, en centrales nucleares).

Entre otros servicios figuran las llamadas con prioridad preferente (llamadas de emergencia), la retención de llamadas, las llamadas prioritarias, la asignación dinámica de números de grupo (DGNA), la escucha por altavoz, las llamadas autorizadas por el operador, la selección de zona, la entrada tardía, el modo directo, los servicios de datos cortos y los de datos por paquetes.

Cuando sea necesario y esté especialmente autorizado, también pueden utilizarse canales de comunicación cifrados.

Existe un sector de abastecimiento especializado que atiende a este mercado con soluciones que van desde sistemas muy pequeños para un solo emplazamiento hasta ingentes redes PMR/PAMR de ámbito nacional que, a menudo, están ampliamente adaptadas a las necesidades específicas de los usuarios de dichas redes, por ejemplo, desde sistemas *in situ* en estaciones eléctricas individuales hasta sistemas de zona amplia que cubren toda una región de la red eléctrica.

Entre los principales servicios de estos sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres PMR/PAMR figuran los siguientes:

- Pulsar para hablar, soltar para escuchar: con tan solo pulsar un botón se abre la comunicación en un canal de radiofrecuencias.
- Amplias zonas de cobertura.

- Grupos de usuarios cerrados.
- Muchos sistemas funcionan en conjunción con estaciones remotas o móviles, que pueden oír todas las llamadas que se realizan. Esto puede resultar inconveniente en algunos casos y entrañar la necesidad de implantar un sistema de llamada selectiva.
- En general, el tiempo de establecimiento de la comunicación se considera corto en comparación con los sistemas celulares.

A8.3 Sistemas con anchos de banda de canal de hasta 25 kHz

Estos sistemas de banda estrecha se utilizan casi exclusivamente para las PMR e incluyen sistemas analógicos, MPT 1327, y digitales (dPMR, DMR, TETRA y TETRAPOL).

Las redes PMR/PAMR esenciales para las actividades suelen requerir un cierto nivel de adaptación en función de los requisitos clave de sus usuarios, entre los que se incluyen:

- un alto grado de disponibilidad de cobertura dentro de la zona de servicio definida, incluso, en algunos casos, en zonas remotas y despobladas;
- con frecuencia, un diseño específico para satisfacer requisitos técnicos exactos, más que para obtener beneficios económicos;
- un diseño específico para cubrir las zonas necesarias, incluidas regiones aisladas y despobladas situadas más allá de las zonas de servicio de telefonía móvil, etc.;
- una capacidad de resiliencia basada en las mejores prácticas/funcionamiento resiliente entre máquinas (RM2M);
- un acceso instantáneo y garantizado a los canales;
- el sistema y los datos transmitidos gozan de altos niveles de seguridad e integridad en la red, lo que puede incluir: cero conexiones a sistemas de comunicaciones externos y/o públicos, como redes móviles públicas e Internet pública;
- un refuerzo de la red para garantizar la fiabilidad de su funcionamiento en condiciones ambientales adversas, incluidas perturbaciones electromagnéticas como descargas eléctricas;
- una reserva de energía de hasta 96 horas; y
- un ciclo de vida útil y soporte longevo, por ejemplo de entre 10 y 20 años.

A8.4 Normativa aplicable a las PMR/PAMR

En el Cuadro A8.1 se enumeran las normas que suelen aplicarse a las PMR de banda estrecha de 6,25/12,5/25 kHz.

CUADRO A8.1

Normas en materia de PMR que suelen aplicar las compañías eléctricas

Tecnología	Ancho de canal (kHz)	Norma/Especificación
Digital	6,25	ETSI EN 301 166
Analógica	12,5	ETSI EN 300 086
Digital	12,5	ETSI EN 300 113
Digital	25	ETSI EN 300 113, ETSI EN 302 561

Anexo 9

Ejemplo de lista de bandas de frecuencias utilizadas por contadores inalámbricos inteligentes y sistemas de red inteligente

El Cuadro A9.1 ilustra un ejemplo de lista de bandas de frecuencias utilizadas por contadores inalámbricos inteligentes y sistemas de red inteligente en algunas partes del mundo.

CUADRO A9.1

Ejemplo de bandas de frecuencias utilizadas por contadores inalámbricos inteligentes para la gestión de la red eléctrica y sistemas de red inteligente

Frecuencia (MHz)	Zona/Región	Comentarios relacionados con el uso real
40-230 (parte de), 470-694/698	Norteamérica, Reino Unido, numerosas partes de Europa, África y Japón	Espacios en blanco de TV: normativa elaborada en EE.UU. y el Reino Unido, y en fase de elaboración en Europa
169,4-169,8125	Europa	MBus inalámbrico
220-222	Algunas partes de la Región 2 de la UIT	En la Región 1 de la UIT + Irán, esta gama forma parte de la banda utilizada para la radiodifusión terrenal en virtud del acuerdo GE06 y no se utiliza para AMR/AMI.
223-235	China	Banda sujeta a licencia
410-430	Partes de Europa	Reino Unido: 412-414 MHz combinado con 422-424 MHz
450-470	Norteamérica y numerosas partes de Europa	Europa: incluye Austria, Dinamarca, Finlandia, Hungría, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumanía y Suecia Reino Unido: 457,5-458,5 MHz combinado con 463-464 MHz
470-510	China	Banda de dispositivos de corto alcance (SRD)
470-698	Norteamérica y Europa	En la Región 1 de la UIT + Irán, esta gama forma parte de la banda utilizada para la radiodifusión terrenal en virtud del acuerdo GE06 y no se utiliza para AMR/AMI.
868-870	Europa	Recomendación 70-03 del Comité Europeo de Radiocomunicaciones (CER)
873-876	Partes de Europa	Recomendación 70-03 del CER Reino Unido: redes móviles públicas que incorporan las bandas exentas de licencia de 868 y 870 MHz, para ampliar el alcance de los contadores inteligentes en el centro y el sur del Reino Unido
896-901	Norteamérica	Banda sujeta a licencia, Parte 90 en EE.UU.
901-902	Norteamérica	Banda sujeta a licencia, Parte 24 en EE.UU.
902-928	Norteamérica, Sudamérica, Australia	ISM exento de licencia. En Australia y algunos países de Sudamérica, sólo se atribuye la mitad superior de la banda.
915-921	Partes de Europa	Recomendación 70-03 del CER

CUADRO A9.1 (*fin*)

Frecuencia (MHz)	Zona/región	Comentarios relacionados con el uso real
917-923,5	Corea	
920-928	Japón	
928-960	Norteamérica	Banda sujeta a licencia, Parte 22, 24, 90 y 101 en EE.UU.
950-958	Japón	Compartido con RFID pasiva
1 427-1 518	Estados Unidos de América y Canadá	En partes de la Región 1, concretamente en Europa: <ul style="list-style-type: none"> – la gama 1 452-1 479,2 MHz está planificada para uso por el servicio de radiodifusión terrenal conforme al Acuerdo Ma02revCO07 (registrado en la UIT como acuerdo regional) y por el servicio móvil para enlaces descendentes suplementarios únicamente con arreglo a una decisión pertinente de la CE; – la gama 1 492-1 518 MHz se utiliza para micrófonos inalámbricos conforme al Anexo 10 a la Recomendación 70-03 del CER; – no utilizada para AMR/AMI.
2 400-2 483,5	En todo el mundo	
3 550-3 700	Estados Unidos de América	Sujeto a licencia regional
5 250-5 350	Norteamérica, Europa, Japón	
5 470-5 725	Norteamérica Europa, Japón	
5 725-5 850	Norteamérica	Exento de licencia, banda ISM

Anexo 10

Recomendaciones e informes del UIT-R pertinentes

Informe UIT-R M.2440 – *The use of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications for narrowband and broadband machine-type communications*. La Sección 5 contiene información sobre los aspectos técnicos y operativos de los sistemas y redes radioeléctricos basados en las IMT terrenales necesarios para soportar las MTC de banda estrecha y de banda ancha.

Informe UIT-R M.2479 – *The use of land mobile systems, excluding IMT, for machine-type communications*.

Informe UIT-R M.2441 – *Emerging usage of the terrestrial component of International Mobile Telecommunication (IMT)*. La sección 5.4 contiene información relacionada con las redes inteligentes.

Recomendación UIT-R M.1036 – *Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas identificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones para las IMT.*

Las Recomendaciones UIT-R M.1457 y UIT-R M.2012 contienen las especificaciones relativas a las IMT-2000 y las IMT-Avanzadas, respectivamente.

Recomendación UIT-R M.2002 – *Objetivos, características y requisitos funcionales de los sistemas de sensores de área amplia y/o redes de activadores (WASN).*

Informe UIT-R M.2224 – *System design guidelines for wide area sensor and/or actuator network (WASN) systems.*

Adjunto

Acrónimos y abreviaturas

3G	Tercera generación (<i>third generation</i>)
3GPP	Proyecto común de tecnologías inalámbricas de la tercera generación (<i>third generation partnership project</i>)
3GPP2	Proyecto común de tecnologías inalámbricas de la tercera generación 2 (<i>third generation partnership project 2</i>)
4G	Cuarta generación (<i>fourth generation</i>)
ABRADEE	Asociación Brasileña de Distribuidores de Energía Eléctrica (<i>Brazilian Association of Distributors of Electric Power</i>)
AES	Norma de encriptación avanzada (<i>advanced encryption standard</i>)
AES-CCM	Norma de encriptación avanzada – Codificación y modulación constantes (<i>advanced encryption standard – constant coding and modulation</i>)
AKA	Acuerdo de autenticación y claves (<i>authentication and key agreement</i>)
AMI	Infraestructura de medición avanzada (<i>advanced metering infrastructure</i>)
AMM	Gestión de medición automática (<i>automated meter management</i>)
AMR	Lectura automatizada de medidores (<i>automated meter reading</i>)
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APTEL	Asociación de Empresas Privadas Propietarias de Infraestructura y Sistemas de Telecomunicaciones (<i>Association of Private Companies Proprietary of Infrastructure and Telecommunications Systems</i>)
ARIB	Asociación de Industrias y Empresas de Radiocomunicaciones (<i>Association of Radio Industries and Businesses</i>)
ARQ	Petición automática de repetición (<i>automatic repeat request</i>)
AS	Reenvío asegurado (<i>assured forwarding</i>)
BE	Encaminamiento sin garantías (<i>best effort</i>)

BPSK	Modulación por desplazamiento de fase bivalente (<i>binary phase shift keying</i>)
BS	Estación base (<i>base station</i>)
CA	Acceso de portadora (<i>carrier access</i>)
CARB	Consejo de Recursos del Aire de California (<i>California Air Resources Board</i>)
CAVE	Autenticación celular y cifrado de voz (<i>cellular authentication and voice encryption</i>)
CC	Cambio climático (<i>climate change</i>)
CCM	Codificación y modulación constantes (<i>constant coding and modulation</i>)
CCSA	Asociación de Normalización de las Comunicaciones de China (<i>China Communications Standards Association</i>)
CCTV	Televisión en circuito cerrado (<i>closed-circuit television</i>)
CDMA	Acceso múltiple por división de código (<i>code-division multiple access</i>)
CE	Comisión Europea
CEC	Comisión de Energía de California (<i>California Energy Commission</i>)
CER	Comité Europeo de Radiocomunicaciones
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i>)
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (<i>European Conference of Postal and Telecommunications Administrations</i>)
CHAP	Protocolo de autenticación de invitación de toma de contacto (<i>challenge handshake authentication protocol</i>)
CID	Identificador de célula (<i>cell identifier</i>)
CIM	Modelo de información común (<i>common information model</i>)
CISPR	Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (<i>Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques</i>)
CMAC	Código cifrado de autenticación de mensaje (<i>cypher-based message authentication code</i>)
CMEA	Algoritmo de criptación de mensaje celular (<i>cellular message encryption algorithm</i>)
CSMA	Acceso múltiple con detección de portadora (<i>carrier sense multiple access</i>)
DA	Automatización distribuida (<i>distributed automation</i>)
DAM	Gestión dinámica de activos (<i>dynamic asset management</i>)
DAP	Punto de agregación de datos (<i>data aggregation point</i>)
dB	Decibelio (<i>deci bel</i>)
DECC	Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido (<i>United Kingdom Department of Energy and Climate Change</i>)
DER	Recursos energéticos de distribución (<i>distributed energy resources</i>)
DGNA	Asignación dinámica de número de grupo (<i>dynamic group number assignment</i>)
DMR	Radiocomunicaciones móviles digitales (<i>digital mobile radio</i>)
DMS	Sistema de gestión de la distribución (<i>distribution management system</i>)

DOE	Departamento de Energía de los Estados Unidos (<i>U.S. Department of Energy</i>)
dPMR	Radiocomunicaciones móviles digitales privadas (<i>digital private mobile radio</i>)
DSCP	Punto de código de servicio diferenciado (<i>differentiated service code point</i>)
DSSS	Sincronizador de símbolos de espectro cruzado (<i>cross-spectrum symbol synchronizer</i>)
E3	Energy and environmental economics, Inc.
EAP	Protocolo de autenticación extensible (<i>extensible authentication protocol</i>)
ECC	Comité Europeo de Comunicaciones (<i>European Communications Committee</i>)
EDGE	Entorno GSM de datos mejorados (<i>enhanced data GSM environment</i>)
EE.UU.	Estados Unidos de América
EETE	Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética
EF	Retransmisión rápida (<i>expedited forwarding</i>)
eMTC	Comunicación mejorada tipo máquina (<i>enhanced machine-type communications</i>)
EPON	Red óptica pasiva Ethernet (<i>Ethernet passive optical network</i>)
EPRI	Instituto de Investigación de la Energía Eléctrica (<i>electric power research institute</i>)
ESFF	Marco del sector eléctrico para el futuro (<i>electricity sector framework for the future</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (<i>European Telecommunications Standards Institute</i>)
EUTC	Consejo Europeo de Servicios Públicos de Telecomunicaciones (<i>European Utilities Telecoms Council</i>)
EV	Vehículos eléctricos (<i>electric vehicles</i>)
EVDO	Evolución de datos optimizada (<i>evolution-data optimized</i>)
FAN	Red de campo (<i>field area network</i>)
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones (<i>Federal Communications Commission</i>)
FDD	Dúplex por división de frecuencia (<i>frequency division duplex</i>)
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia (<i>frequency division multiple access</i>)
FEP	Procesador frontal (<i>front-end processor</i>)
FG	Grupo Temático (<i>focus group</i>)
FM	Frecuencia modulada (<i>frequency modulation</i>)
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite (<i>global navigation satellite system</i>)
GPRS	Servicio general de radiocomunicaciones por paquetes (<i>general packet radio service</i>)
GSI	Iniciativa estratégica mundial (<i>global strategic initiative</i>)
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles (<i>global system for mobile communications</i>)
GW	Gigavatio (<i>giga watts</i>)
HAN	Red doméstica (<i>home area network</i>)

HARQ	Petición de repetición automática híbrida (<i>hybrid automatic repeat request</i>)
HMAC	Código de autenticación de mensaje troceado (<i>hashed message authentication code</i>)
HN	Creación de redes domésticas (<i>home networking</i>)
HRPD	Datos en paquetes a alta velocidad (<i>high-rate packet data</i>)
HSPA	Acceso de alta velocidad por paquetes (<i>high speed packet access</i>)
HVDC	Corriente continua de alta tensión (<i>high voltage direct current</i>)
ICM	Industrial, científico y médico (<i>industrial, scientific, and medical</i>)
ICV	Valor de verificación de la integridad (<i>integrity check value</i>)
ID	Identidad
IEC	International Electro-technical Commission
IEEE	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
IIE	Iniciativas Industriales Europeas
IoT	Internet de las cosas (<i>Internet of things</i>)
IoT-G	Internet de las cosas-red eléctrica (<i>Internet of things-grid</i>)
ISO	Organización Internacional de Normalización (<i>International Organisation for Standardisation</i>)
JCA	Actividad de Coordinación Conjunta (<i>joint co-ordination activity</i>)
JRC	Centro Común de Investigación (<i>Joint Radio Company Limited</i>)
kHz	Kilohercio (<i>kilo hertz</i>)
LDPC	Verificación de paridad de baja densidad (<i>low-density parity-check</i>)
LF	Baja frecuencia (<i>low frequency</i>)
LTE	Evolución a largo plazo (<i>long-term evolution</i>)
M2M	Máquina a máquina (<i>machine to machine</i>)
MAC	Código de autenticación de mensajes (<i>message authentication code</i>)
MEID	Identificador de equipo móvil (<i>mobile equipment identifier</i>)
MEP	Diputado al Parlamento Europeo (<i>Member of the European Parliament</i>)
MHz	Megahercio (<i>mega hertz</i>)
MIMO	Entrada múltiple salida múltiple (<i>multiple input multiple output</i>)
MPDU	Unidad de datos del protocolo MAC (control de acceso a los medios) (<i>MAC (media access control) protocol data unit</i>)
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo (<i>multi-protocol label switching</i>)
MPT	Ministerio de Correos y Telecomunicaciones del Reino Unido (actualmente, Ofcom) (<i>United Kingdom Ministry of Posts and Telecoms (now Ofcom)</i>)
MR-FSK	Modulación por desplazamiento de frecuencia multirregional (<i>multi-regional frequency shift keying</i>)
MTC	Comunicación de tipo máquina (<i>machine-type communication</i>)

MW	Megavatios (<i>mega watts</i>)
NAN	Red de vecindad (<i>neighbourhood area network</i>)
NB	Banda estrecha (<i>narrow band</i>)
NB-PLC	Comunicaciones de banda estrecha por línea eléctrica (<i>narrow band power line communications</i>)
NISTIR	Informe interinstitucional o interno del Instituto Nacional de Normas y Tecnología (<i>National Institute of Standards and Technology Interagency/Internal Report</i>)
OFDM	Modulación por división de frecuencia ortogonal (<i>orthogonal frequency division modulation</i>)
PAMR	Red radioeléctrica móvil de acceso público (<i>public access mobile radio</i>)
PHY	Físico (<i>physical</i>)
PKMv2	Gestión de claves de privacidad, versión 2 (<i>privacy key management version 2</i>)
PLC	Comunicación por líneas eléctricas (<i>power line communication</i>) ³¹
PLT	Comunicación por líneas eléctricas (<i>power line communication</i>) ³²
PMP	Punto a punto (<i>point to point</i>)
PMR	Radiocomunicaciones móviles profesionales/privadas (<i>professional/private mobile radio</i>)
PRIME	Evolución de la medición inteligente de la línea eléctrica (<i>PoweRline Intelligent Metering Evolution</i>)
PSK	Modulación por desplazamiento de fase (<i>phase shift keying</i>)
PUC	Comisión de Servicios Públicos (<i>Public Utilities Commission</i>)
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RF	Radiofrecuencia (<i>radio frequency</i>)
RFID	Identificación por radiofrecuencia (<i>radio frequency identification</i>)
RM2M	Máquina a máquina resiliente (<i>resilient machine to machine</i>)
RSA	Algoritmo de Rivest, Shamir y Adleman (<i>Rivest, Shamir and Adleman algorithm</i>)
SCADA	Control de supervisión y adquisición de datos (<i>supervisory, control, and data acquisition</i>)
SDO	Organizaciones de normalización (<i>standards developing organizations</i>)
SDMA	Acceso múltiple por división espacial (<i>space division multiple access</i>)
SFID	Identificador de flujo de servicio (<i>service flow identifier</i>)
SG	Red inteligente (<i>smart grid</i>)
SGIP	Grupo sobre interfuncionamiento de redes eléctricas inteligentes (<i>smart grid interoperability panel</i>)
SHA	Algoritmo de generación numérica Seguro (<i>secure hash algorithm</i>)

³¹ Los términos PLT y PLC suelen utilizarse indistintamente.

SIM	Módulo de identidad de abonado (<i>subscriber identity module</i>)
SRD	Dispositivo de corto alcance (<i>short range device</i>)
ST	Telemida por exploración (<i>scanning telemetry</i>)
STI	Sistema de transporte inteligente
SWIN	Red inalámbrica inteligente y de amplia cobertura orientada a la industria (<i>smart and wide-coverage industry-oriented wireless network</i>)
TDD	Dúplex por división de tiempo (<i>time division duplex</i>)
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo (<i>time division multiple access</i>)
TETRA	Sistema europeo de radiocomunicaciones de radiotelefonía de grupo cerrado (<i>Trans European Trunked Radio</i>)
TI	Tecnología de la información
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
TLS	Seguridad de la capa de transporte (<i>transport layer security</i>)
TR	Informe técnico del ETSI (<i>ETSI technical report</i>)
TSAG	Grupo Asesor de Normalización de las Telecomunicaciones (<i>Telecommunications Standardization Advisory Group</i>)
UE	Unión Europea
UHF	Frecuencia ultraalta (<i>ultra-high frequency</i>)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-R	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiocomunicaciones
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Normalización
UK	Reino Unido (<i>United Kingdom</i>)
UMTS	Sistema universal de telecomunicaciones móviles (<i>universal mobile telecommunications system</i>)
UT	Terminal de usuario (<i>user terminal</i>)
UTC	Consejo de Tecnología de Servicios Públicos (<i>utilities technology council</i>)
VHF	Muy alta frecuencia (<i>very high frequency</i>)
VOX	Conmutador accionado por voz (<i>voice operated switch</i>)
VPN	Red privada virtual (<i>virtual private network</i>)
WAN	Red de área extensa (<i>wide area network</i>)
WASN	Red de sensores ubicuos y/o activadores dispersos en áreas amplias (<i>wide-area sensor and/or actuator network</i>)
WCDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha (<i>wide band code-division multiple access</i>)
Wh	Vatios por hora (<i>watt hours</i>)
xHRPD	Paquetes de datos de alta velocidad extendida (<i>extended high-rate packet data</i>)
