DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS PARA PROMOVER EL INTERNET DE LAS COSAS EN COLOMBIA.

Elaboró	Revisó	Aprobó
RAFAEL ANTONIO NIÑO VARGAS rafael.nino@ane.gov.co	**JORGE BARRERA** jorge.barrera@ane.gov.co	**PAOLA HERRERA HERNÁNDEZ** paola.herrera@ane.gov.co
Profesional Grupo de Ingeniería.	Coordinador grupo de ingeniería 2016.	Subdirectora Gestión y Planeación Técnica del Espectro.

Bogotá, agosto 2018

www.ane.gov.co

EXPERTOS EN ESPECTRO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3
2. INICIATIVAS IoT – AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO 4
3. DEFINICIONES GENERALES 4
3.1 Concepto general de IoT 5
4. MODELO DE REFERENCIA PARA IoT – UIT. 6
4.1 Uso del espectro radioeléctrico en el modelo de referencia para IoT. 7
5. CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES DE CONECTIVIDAD PARA IoT Y M2M 8
5.1 Tipos de aplicaciones y prioridad para IoT en comunicaciones de área extendida. 9
5.2 Algunas tecnologías usadas para IoT. 11
5.3 Uso del espectro radioeléctrico para IoT actualmente en Colombia 12
5.4 Síntesis de las condiciones y parámetros técnicos de uso para IoT. 12
6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE TIPOS DE CONECTIVIDAD INALÁMBRICA Y POSIBLES BANDAS DE FRECUENCIA A SER USADAS PARA APLICACIONES DE IoT. 14

1. INTRODUCCIÓN

La Agencia Nacional del Espectro - ANE, es la entidad encargada de asesorar al Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en relación con la gestión, planeación, control y vigilancia del espectro radioeléctrico en Colombia. En este sentido, dentro de las políticas y lineamientos institucionales planteados por la entidad[1], se definieron entre otros, objetivos estratégicos que hacen referencia a la disponibilidad de espectro, esto incluye proyectos como: Mecanismos de gestión del espectro radioeléctrico - ERE para promover la conectividad, cuyo objetivo es: definir y proponer mecanismos de gestión de espectro radioeléctrico (ERE) para promover mayor conectividad en Colombia a través del estudio de diversas tecnologías y aplicaciones, como por ejemplo el Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés).

IoT es una de las aplicaciones de mayor expectativa en los últimos años, debido a que ofrece conexión a internet a dispositivos, sensores, actuadores y objetos en general, tanto de un mundo físico como virtual. Ello, permite soportar sistemas inteligentes, programables y capaces de interactuar con los seres humanos, este tipo de conectividad requiere el uso del espectro radioeléctrico.

Adicionalmente se propone el IoT como la plataforma para construir ciudades inteligentes (smart cities), lo que generará un impacto transversal en las necesidades relacionadas con educación, seguridad, agricultura, cadenas de distribución, salud, transporte, entre otros.

[1] Políticas y lineamientos institucionales 2016. Agencia Nacional del Espectro. Disponible en: http://www.ane.gov.co/index.php/2015-12-08-19-07-52/56-poliliman/34-politicas-y-lineamientos-institucionales

2. INICIATIVAS IoT – AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO

La ANE estableció como una de sus iniciativas del plan de acción 2016, *"la definición de parámetros técnicos para promover el Internet de las cosas*", con el propósito de analizar nuevos y alternativos usos del espectro en bandas de frecuencia donde sea factible, protegiendo de interferencias a los servicios existentes, como una opción de optimización y eficiencia en el uso del espectro, haciendo principal énfasis en las siguientes actividades:

- Apoyar técnicamente y desde las competencias de la ANE las iniciativas de otras entidades que promuevan la masificación del IoT de acuerdo con necesidades actuales y/o proyectadas que requieran como soporte para su desarrollo e implementación el uso del espectro.

- Realizar seguimiento a las tendencias internacionales y desarrollos tecnológicos relacionados con el uso de bandas de frecuencia y condiciones técnicas que soportan el despliegue de IoT.

- Determinar los requerimientos para la actualización de parámetros técnicos de las bandas de frecuencia disponibles o nuevas bandas de frecuencia que sean recomendadas y/o identificadas por la UIT como soporte al despliegue del IoT.

Esto con el propósito de adelantar los estudios que permitan identificar tanto las necesidades de normalización como los estudios relativos para definir los parámetros técnicos que soporten y promuevan el desarrollo del Internet de las cosas – IoT en Colombia.

3. DEFINICIONES GENERALES

Internet de las cosas – Internet of things (IoT): IoT se puede definir como una infraestructura global de la sociedad de la información, que permite ofrecer servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) gracias a la interoperabilidad de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Lo anterior, basado en identificación, adquisición y procesamiento de datos, comunicación de objetos y garantizando a su vez requisitos de seguridad y privacidad, de modo tal que sea el soporte para ofrecer servicios y aplicaciones en diferentes sectores de la sociedad.[2]

Comunicaciones máquina a máquina M2M: Se pueden encontrar diferentes maneras de nombrar este concepto como: **M2M** (Machine to machine), **MOC** (Machine-Oriented Communications), o **MTC** (Machine Type Communication), estas hacen referencia a la misma definición, y se conocen inicialmente como sistemas de comunicación entre dispositivos con conexiones uno a uno, sin embargo debido a la evolución de las redes de telecomunicaciones se define como la capacidad de un dispositivo de comunicarse a través de una red gestionada, sea inalámbrica o cableada; actualmente también hace referencia a dispositivos conectados a la red móvil.

Telemetría: Utilización de las radiocomunicaciones para indicar o registrar automáticamente medidas a cierta distancia del instrumento de medida.

[2] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), Recomendación UIT-T Y.2060. Descripción general de Internet de los objetos (Overview of the Internet of things). Junio de 2012. Disponible en: http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559

Telecontrol: Utilización de radiocomunicaciones para la transmisión de señales que inician, modifican o finalizan funciones de equipos a distancia.

Sensor: Dispositivo electrónico que detecta una condición física o un componente químico y entrega una señal electrónica proporcional a la característica observada.[3]

Actuador - Accionador: Dispositivo que activa una acción física tras recibir el estímulo de una señal de entrada.[4]

Red de sensores: Red compuesta de nodos de sensores interconectados que intercambian los datos detectados mediante comunicaciones cableadas o inalámbricas.[5]

Modo de comunicación de IoT: Iot añade la dimensión "Comunicación con cualquier objeto - cosa" a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que ya ofrecen la comunicación "en todo INSTANTE" y "en cualquier LUGAR".

Proveedor de redes y servicios de telecomunicaciones: Persona jurídica responsable de la operación de redes y/o de la provisión de servicios de telecomunicaciones a terceros.

Servicios de telecomunicaciones: Servicios ofrecidos por los proveedores de redes y servicios para satisfacer una necesidad específica de telecomunicaciones de los usuarios.[6]

Atribución (de una banda de frecuencias): Inscripción en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrenal o espacial.

Servicio de radiocomunicación, **o servicio radioeléctrico**: Que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación.[7]

3.1 Concepto general de IoT

En el contexto de IoT, las cosas son objetos del mundo físico (objetos físicos) o del mundo de la información, (objetos virtuales) que se pueden identificar e integrar en redes de comunicaciones. Es posible identificar, actuar y conectar los objetos físicos pertenecientes al mundo físico. Ejemplos de estos objetos físicos son el entorno que nos rodea, los robots industriales, los bienes y los equipos eléctricos.[8]

[3] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), Recomendación UIT-T Y.2221. Requisitos para el soporte de los servicios y aplicaciones de redes de sensores ubicuos en el entorno de las redes de próxima generación. Enero de 2010. Disponible en: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2221/es

[4] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), Recomendación UIT-T Y.2061. Requisitos para soportar aplicaciones de comunicación orientada a las máquinas en el entorno de las redes de próxima generación. Junio de 2012. Disponible en: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2061

[5] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T). Recomendación UIT-T Y.2221. Requisitos para el soporte de los servicios y aplicaciones de redes de sensores ubicuos en el entorno de las redes de próxima generación. Enero de 2010. Op. cit.,

[6] Resolución 000202 del 08 de marzo de 2010 , "Por la cual se expide el glosario de definiciones conforme a lo ordenado por el inciso segundo del artículo 6 de la ley 1341 de 2009" Disponible en: http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3762_documento.pdf

[7] Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia – CNABF. Agencia Nacional del Espectro, Disponible en: http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/images/documento/CNABF2014.pdf

[8] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T). Recomendación UIT-T Y.2060. Descripción general de Internet de los objetos (Overview of the Internet of things). Junio de 2012. Op. cit

Los objetos virtuales en cambio, existen en el mundo de la información y se pueden almacenar, procesar y acceder. Ejemplos de objetos virtuales son el contenido multimedios y el software de aplicaciones.

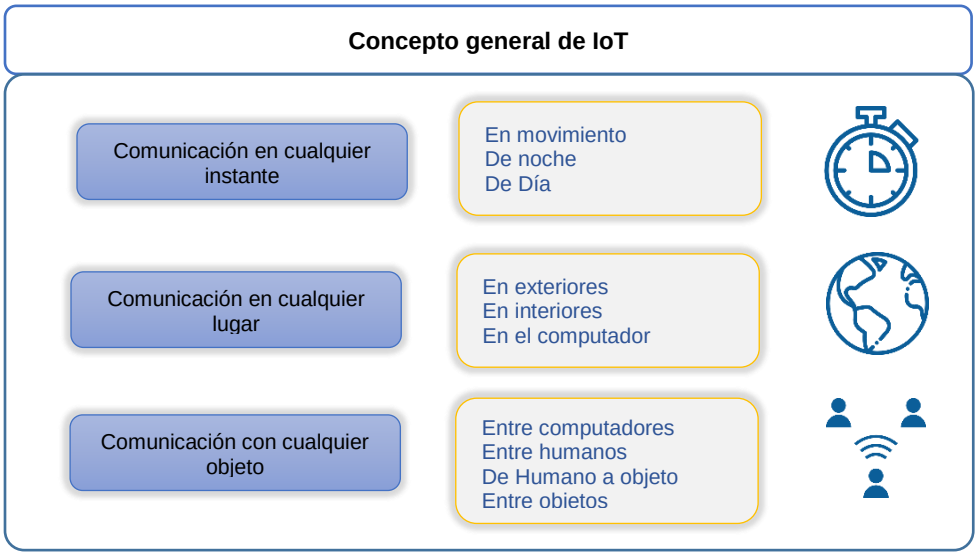


Figura 1 Concepto general de IoT [9] Elaboración ANE basada en UIT-T Y.2060.

Adicionalmente IoT busca ofrecer un entorno de comunicación entre cualquier cosa, en todo instante y en cualquier lugar.

4. MODELO DE REFERENCIA PARA IoT – UIT.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) plantea un modelo de referencia IoT en la recomendación UIT-T Y.2060. Descripción general de Internet de los objetos (Overview of the Internet of things), la cual describe en diferentes capas la forma de operación y funcionamiento de IoT, de manera general, consta de capacidades de gestión y seguridad relacionadas con dichas capas.

Las cuatro capas son las siguientes:
– Capa de aplicación
– Capa de apoyo a servicios y aplicaciones
– Capa de red
– Capa de dispositivo.

[9] La nueva dimensión que introduce Internet de las cosas. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T). Recomendación UIT-T Y.2060. Descripción general de Internet de los objetos (Overview of the Internet of things). Junio de 2012, Op. cit p. 09. Icon made by Freepik from www.flaticon.com



Figura 2 Modelo de referencia IoT. Elaboración ANE, Basado en: UIT-T Y.2060[10].

En las capas del modelo de referencia IoT, la capa que requiere del uso de bandas de frecuencia para soportar las comunicaciones es la capa de dispositivo, las otras capas no hacen referencia al uso del espectro, sin embargo, son las que soportan la gestión de los datos en la red, los servicios y aplicaciones para el usuario final.

La capa de dispositivo se subdivide en hardware y conectividad; el hardware incluye sensores y actuadores, la interacción directa o indirecta con la red de comunicaciones, las topologías de red, los tiempos de ocupación del canal de comunicación, e incluso las condiciones de ahorro de energía. Por otro lado, la conectividad permite soportar los dispositivos conectados mediante diferentes tecnologías cableadas e inalámbricas. Particularmente, en los sistemas inalámbricos se hace referencia a uso de bandas de frecuencias, interferencias, ocupación, aplicaciones con uso compartido y uso exclusivo o dedicado del espectro radioeléctrico.

4.1 Uso del espectro radioeléctrico en el modelo de referencia para IoT.

Existen diferentes actores que integran el desarrollo de aplicaciones IoT, desde los dispositivos hasta la interacción con el usuario final, esto incluye los proveedores de red y los proveedores de dispositivos. Estos, hacen uso del espectro radioeléctrico como soporte para prestar servicios de telecomunicaciones.

Proveedor de dispositivos: Son los responsables de los equipos (sensores, actuadores, procesadores, interfaz de comunicación) que suministran datos y/o contenido primario al proveedor de red o de aplicación, Ejemplo, importadores y fabricantes de dispositivos y módulos de comunicación alámbricos e inalámbricos.

Proveedor de red: Permite el acceso y la integración de recursos facilitados por otros proveedores, la interconectividad mediante sistemas cableados e inalámbricos, y la gestión de los datos para su transporte e integración con otras redes de mayor capacidad de datos, incluye también direccionamiento y

[10] Recomendación UIT-T Y.2060. Descripción general de Internet de los objetos (Overview of the Internet of things).

enrutamiento, protocolos, etc (IPv4, IPv6) Ejemplo: Proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones.

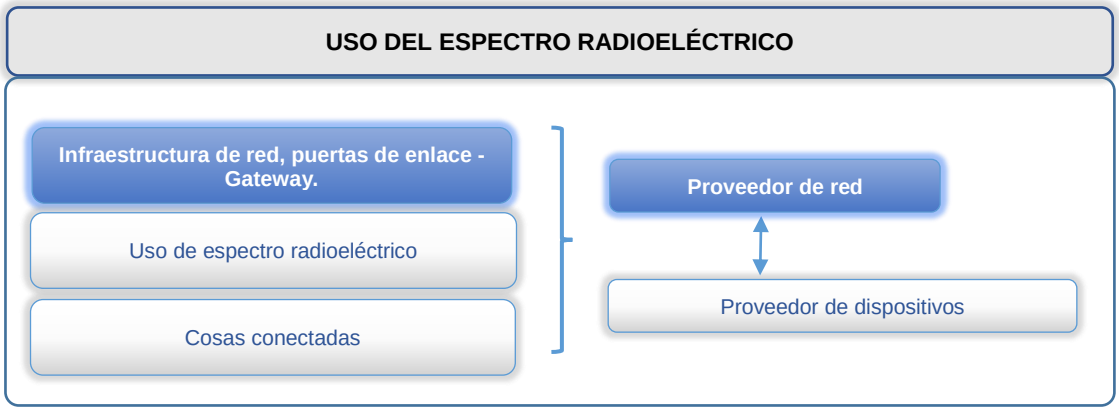


Figura 3 Uso del espectro radioeléctrico en el modelo de referencia para IoT. Elaboración ANE.

Si bien la ANE entre sus funciones tiene la atribución de bandas de frecuencia para servicios de radiocomunicación, es de aclarar que IoT no es un servicio de radiocomunicación, sino una de las muchas aplicaciones que hacen uso del espectro atribuido a diferentes servicios de radiocomunicaciones[11].

Por esta razón es importante aclarar que no se atribuyen bandas de frecuencia para IoT, al ser esta una aplicación particular y no corresponder a un servicio radioeléctrico, sin embargo, la ANE gestiona, planea, vigila y controla el espectro con el fin de permitir la disponibilidad de este recurso para nuevas aplicaciones y servicios de telecomunicaciones.

Es posible usar diferentes bandas de frecuencia para IoT según las necesidades y la normatividad asociada, estas pueden clasificar en dos segmentos, por un lado, bandas de frecuencia de uso libre para dispositivos de baja potencia y corto alcance; y por otro, bandas de frecuencia que requieren permiso previo, expreso y otorgado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones MINTIC.[12].

5. CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES DE CONECTIVIDAD PARA IoT Y M2M

Actualmente existen proyecciones sobre un incremento del número de dispositivos por usuario, el cual está estimado entre 1.7 a 4.3 dispositivos conectados por persona[13] para el año 2020, adicionalmente

[11] Términos y definiciones – 1.2.1 Servicios radioeléctricos. CNABF – ANE. Disponible en: http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/index.php/terminos-y-definiciones
[12] Ley 1341 de 2009, Artículo 11. Acceso al uso del espectro radioeléctrico Disponible en: http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-3707.html
[13] Mobile World Live, 16 Octubre 2014, Number of devices to hit 4.3 per person by 2020 – report, Disponible en: http://www.mobileworldlive.com/featured-content/home-banner/connected-devices-to-hit-4-3-per-person-by-2020-report/ Consultado 2016

existen recomendaciones como la UIT-R M.2002[14] que trata sobre sistemas de sensores para área amplia; mostrando una proyección y un precedente que se constituye como soporte para definir las condiciones que permiten identificar sistemas M2M y redes para IoT.

Teniendo en cuenta lo anterior, se relaciona a continuación las condiciones técnicas de conectividad que describen a un sistema para IoT, delimitado entre otros por sus características de bajo consumo de energía, baja tasa de transmisión de datos, densidad variable de dispositivos, entre otros, esto con el fin de delimitar el concepto de capacidades para IoT, respecto a sistemas que proveen mayor velocidad de datos, movilidad y diseñadas para aplicaciones más robustas.

Respecto al uso del espectro radioeléctrico, las condiciones generales identificadas son:

a. Re-uso de frecuencias, sistemas con topologías de compartición de infraestructura (Ej red móvil)
b. Ocupación de espectro, densidad de dispositivos conectados por área y tiempo de operación.
c. Potencia de transmisión, densidad de potencia en una zona particular.
d. Sensibilidad de los receptores [potencia rx], margen de degradación para el manejo de interferencia cocanal.
e. Área de cubrimiento, para redes locales (LAN), de área amplia o extendida (WAN), y/o redes de cubrimiento global (GAN) entre otras.
f. Ancho de banda [MHz] necesario para la transmisión.
g. Uso exclusivo o compartido de una banda de frecuencia para permitir conectividad.
h. Utilización de bandas de frecuencia para uso libre, y otras bandas que requieren permiso y registro para su operación.
i. Control de interferencias y propagación de la señal radioeléctrica tanto en interiores como exteriores.

En consecuencia, para el despliegue de IoT existen particularidades respecto a tecnologías, usos y necesidades de cobertura. Por ello se relaciona a continuación los elementos que describen diferentes perspectivas y requisitos de operación.

5.1 Tipos de aplicaciones y prioridad para IoT en comunicaciones de área extendida.

Internet de las cosas hace parte de los diferentes escenarios para las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT por sus siglas en inglés), ya que permiten comunicaciones entre máquinas con restricciones de potencia, frecuencia y cobertura. En este sentido, se definieron tipos de capacidades para las IMT, entre las que se incluyen en su conceptualización: **comunicaciones de alta fiabilidad y baja latencia o servicios de misión crítica** y **comunicaciones masivas entre máquinas o uso masivo de Internet de las Cosas**[15],

[14] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R), Sector de Radiocomunicaciones de la UIT/Serie M, Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos. Recomendación UIT-R M.2002. Objetivos, características y requisitos funcionales de los sistemas de sensores de área amplia y/o redes de activadores (WASN). Marzo de 2012.
[15] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R), Sector de Radiocomunicaciones de la UIT/Serie M, Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos. Recomendation ITU-R M.2083-0. IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. Septiembre de 2015. Disponible en: http://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083 p. 15

Por esta razón se clasifica IoT y M2M en dos grupos o sectores, definidos por los tipos de aplicaciones y prioridad de sus comunicaciones en área amplia o extendida, así: Comunicaciones masivas entre máquinas y comunicaciones de misión crítica.



Figura 4 Requisitos para comunicaciones de área extendida: Comunicaciones masivas y comunicaciones críticas.[16] Elaboración ANE.

5.1.1 Comunicaciones masivas entre máquinas. MASSIVE MTC.

Es un escenario de alta densidad de conexiones con el fin de soportar un gran número de dispositivos conectados a la red. Sus características principales incluyen: transmisiones periódicas, baja velocidad de

[16] Figura basada en Wireless Connectivity technologies evolution for Internet of Things and Machine-to-Machine communication. International Conference: Regulatory activity in electronic communications sector" , 28 - 29 September 2015 Budva, Montenegro. Disponible en: https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Europe/Documents/Events/2015/09%20Regulatory%20Conference/Wireless%20Connectivity%20technologies%20evolution%20for%20Internet%20of%20Things%20ZELJKO%20P.pdf y en La importancia clave de capacidades en diferentes escenarios para IMT. Recomendation ITU-R M.2083-0. IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. Septiembre de 2015. Disponible en: http://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083 Op. cit., p. 15 Iconos: Icon made by Freepik from www.flaticon.com

transmisión de datos y nula o muy baja movilidad. Esto a su vez, determina las condiciones de los dispositivos, permitiendo que sean de bajo costo y con un tiempo de vida operacional alto[17]. Además, el conjunto de estas condiciones permite usar **bandas de frecuencias compartidas** con otras aplicaciones de la misma categoría u otros servicios, teniendo en cuenta en su comunicación, sistemas de corrección de errores y retransmisiones de datos.

5.1.2 Comunicaciones críticas entre máquinas. CRITICAL MTC.

Es un escenario donde la latencia entre las transmisiones debe ser muy baja, y así mismo la pérdida de datos. En algunos casos dicha capacidad requiere una movilidad alta, ser altamente fiable y mantener una excelente disponibilidad en la comunicación (es de aclarar que una alta velocidad de datos no es tan importante como las demás características dichas anteriormente). Estas condiciones requieren en algunos casos sistemas de comunicaciones que permitan protección contra interferencias, o uso en lugares y/o tiempo de baja o mínima ocupación, esto puede ser soportado haciendo uso de **bandas de frecuencia dedicadas.**

5.2 Algunas tecnologías usadas para IoT.

En muchos casos los requerimientos para servicios particulares de IoT estarán influenciados por la tecnología existente, la cual determinará los lineamientos de necesidades de espectro; Algunas de las tecnologías que están emergiendo para proveer servicios de IoT pueden ser particularizadas así:

- Tecnologías de área personal o local: cortos rangos de conectividad con propósitos generales como wifi o bluetooth y sus respectivas versiones optimizadas.
- Tecnologías de área amplia y bajo consumo de energía (**LPWAN wide area low power technologies**): Tecnologías hechas a la medida de la necesidad para ciertas aplicaciones de IoT usando espectro menor a 1GHz (sub-1GHz spectrum), estas tecnologías son capaces de proveer cobertura a un área amplia, adicionalmente están habilitadas para usar espectro licenciado o de uso libre.
- Tecnología móvil. Redes móviles existentes, como GSM, las cuales han sido usadas por varios años para proveer conectividad inalámbrica, adicionalmente se han propuesto mejoras técnicas para soportar servicios IoT más eficientes usando la infraestructura existente. Dichas mejoras incluyen interfaces para soportar eficientemente servicios IoT como NB-IoT y variantes del estándar LTE usado para servicios 4G optimizado para IoT, adicionalmente en un largo plazo las redes 5G emergerán para soportar eficientemente un gran rango de servicios los cuales incluyen IoT.[18]
- Soluciones con redes privadas (PMR Professional mobile radio / PAMR Public Access Mobile Radio, o LMR Land Mobile Radio) usando atribuciones nacionales en bandas VHF y UHF[19]
- Tecnologías satelitales, usadas comúnmente en el sector logístico y la industria de aviación.

[17] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R), Sector de Radiocomunicaciones de la UIT/Serie M, Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos. Recomendation ITU-R M.2083-0. IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. Septiembre de 2015. Disponible en: http://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083 p. 15

[18] BEREC, Body of European Regulators for Electronic Communications. Report Enabling the Internet of Things. 12 Febrero 2016. Disponible en: http://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/download/0/5755-berec-report-on-enabling-the-internet-of_0.pdf Consultado 2016

[19] EUROPEAN COMMISSION RSPG RSPG13-540 (rev2) Report on Strategic Sectorial Spectrum Needs – Radio spectrum Policy Group – 12 Noviembre 2013. p14. Disponible en: https://circabc.europa.eu/d/d/workspace/SpacesStore/3958ecef-c25e-4e4f-8e3b-469d1db6bc07/RSPG13-538_RSPG-Opinion-on-LSA%20.pdf Consultado 2016.

5.3 Uso del espectro radioeléctrico para IoT actualmente en Colombia

El derecho a utilizar el espectro radioeléctrico comprende la potestad de emplear el recurso con sujeción a los principios y normas constitucionales y legales, es decir, a hacer un uso eficiente, racional y eficaz del recurso. Naturalmente, el reconocimiento de dichos derechos comporta, desde luego, el cumplimiento de las obligaciones instituidas en el ordenamiento legal y reglamentario, entre ellas, cumplir las normas y recomendaciones internacionales y demás que se establezcan.

Basado en lo anterior, la ANE adelantó un estudio que propuso modificar las bandas de frecuencias de uso libre y las condiciones técnicas de las mismas en Colombia, las cuales son parte de los recursos de espectro donde puede funcionar el denominado internet de las cosas. Este partió con un análisis internacional, pasando por la observación de la normatividad nacional, las restricciones y la definición de las bandas de frecuencia. Adicionalmente se realizaron mesas de trabajo conjuntas con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - MINTIC y la Comisión de Regulación de Comunicaciones – CRC. Como resultado de estas mesas de trabajo, se obtuvo el proyecto de Resolución para establecer bandas de frecuencia de uso libre, el cual fue aprobado por la instancia correspondiente. En consecuencia, la ANE publicó la **Resolución No. 711 de 11 de octubre de 2016** "*Por la cual se establecen las bandas de frecuencia de libre utilización dentro del territorio nacional y se derogan algunas disposiciones*".

Ahora bien, las aplicaciones asociadas con IoT también están siendo utilizadas en distintas bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico que requieren permiso expreso y otorgado por el Ministerio de TIC.

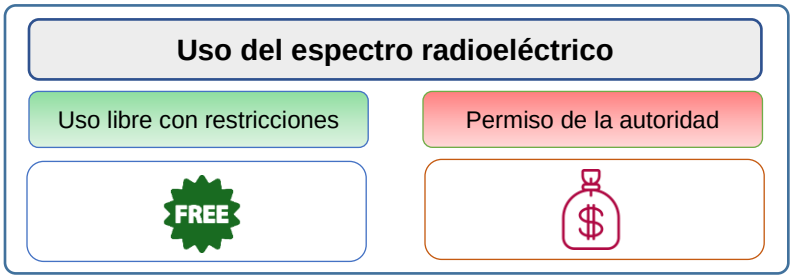


Figura 5 Características por uso del espectro radioeléctrico actualmente en Colombia. Elaboración ANE.

5.4 Síntesis de las condiciones y parámetros técnicos de uso para IoT.

Se presenta a continuación los lineamientos generales respecto al uso del espectro para IoT, M2M, telemetría y telecontrol, como síntesis al documento presentado:

Aplicaciones y prioridad en las comunicaciones de área extendida.

- Masivas entre máquinas, objetos o cosas. IoT Masivo - Massive MTC
- Críticas entre máquinas, objetos o cosas. IoT Crítico - Critical MTC

Área de cubrimiento y tecnologías usadas

- PAN y LAN usando bandas de frecuencia de uso libre
- LPWAN usando bandas de frecuencia de uso libre
- LPWAN usando bandas de frecuencia que requieren asignación.
- WAN usando bandas de frecuencia para IMT.
- Privadas de radios móviles en VHF – UHF (PMR Professional mobile radio / PAMR Public Access Mobile Radio, o LMR Land Mobile Radio) para telemetría, telecontrol, M2M e IoT.
- Satelitales.
- Redes de IoT usando uso oportunista del espectro, ejemplo espacios en blanco (White Spaces)

Prestación de servicios de telecomunicaciones comerciales.

- Público: Proveedores de redes y servicios IoT u operadores IoT.
- Privado: Redes y servicios IoT de carácter particular y de propiedad del usuario, sin una dependencia de terceros u operadores.

Tipos de zonas de cobertura

- Rurales o alejadas.
- Urbanas o densamente pobladas.

Uso del espectro radioeléctrico actualmente en Colombia

- Espectro de uso libre.
- Espectro con permiso de la autoridad competente.

Teniendo en cuenta estas condiciones es posible realizar diferentes opciones de aplicaciones para IoT, entre las cuales están:

- Industria.
- Smart Grid (Utilities, servicios de energía, gas, agua y otros).
- Transporte.
- Agricultura.
- Medicina.
- Construcciones.
- Seguridad, prevención y atención de emergencias.
- Eventos multitudinarios.
- Otros.

6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE TIPOS DE CONECTIVIDAD INALÁMBRICA Y POSIBLES BANDAS DE FRECUENCIA A SER USADAS PARA APLICACIONES DE IoT.

Se presenta a continuación un cuadro resumen que incluye y organiza las diferentes tecnologías inalámbricas sobre las cuales se pueden desplegar redes IoT, teniendo en cuenta los tipos de red por área de cubrimiento, el uso del espectro, los tipos de servicios comerciales, las posibles bandas de frecuencia y tecnologías que son usadas en diferentes países alrededor del mundo. Estas se identificaron teniendo en cuenta una revisión internacional para aplicaciones de telemetría y telecontrol, M2M e IoT. Sin embargo, no son las únicas existentes debido a la continua definición de nuevas bandas de frecuencia, exclusivas o compartidas y al constante crecimiento de la industria IoT.

La organización del cuadro, parte de los tipos de red por área de cubrimiento, identificados por redes PAN, LAN, WAN, GAN y LPWAN. Esta última en particular definida para aplicaciones de IoT y M2M con una baja tasa de transmisión de datos y bajo consumo de energía. Como ejemplo, se puede revisar, que, a través de las filas de la tabla, los tipos de redes LPWAN permiten ser usados con espectro de uso libre y espectro con permiso de la autoridad competente, y a su vez se relacionan las diferentes tecnologías y bandas de frecuencia para cada caso especial. La variedad de relaciones entre los parámetros generales como lo son: tipos de redes, uso del espectro, tipos de servicio, entre otros, permite ampliar las opciones para la implementación de IoT.

DESCRIPCIÓN DE TIPOS DE CONECTIVIDAD INALÁMBRICA QUE PUEDEN SER USADAS POR APLICACIONES IoT

Tipo de red por área de cubrimiento o alcance	Uso del espectro	Espectro	Tipo de servicios comerciales	Tecnologías para IoT M2M / Proveedores que pueden ser usadas en diferentes países del mundo	Posibles bandas de frecuencia que pueden ser usadas teniendo en cuenta la normatividad asociada.
PAN Corto alcance LAN Corto alcance	Libre o exento de licencia.	Espectro compartido	Privado	6LoWPAN (Fabricantes: Crossbow o Zolertia) ANT+ ultra-low power (ULP), NFC, RF ID, Thread basado en IEEE802.15.4 y 6LowPAN, WIFI Basado en 802.11n, Bluetooth 4.0 LE Low Energy, Zigbee basado en IEEE 802.15.4, Z-Wave	Bandas de uso libre según la Resolución ANE 711 de 2016. Uso oportunista del espectro (White Spaces) Otras bandas de frecuencia
LPWAN Área extendida, baja potencia	Libre o exento de licencia	Espectro compartido	Público \ Privado	Wi-Fi 802.11ah / Wi-Fi HaLow, Symphony Link, Nwave, RPMA Ingenu (formerly On-Ramp) Sigfox, Weightless LoRa Alliance, Dash 7 Neul , Wireless M BUS	
	Requiere permiso - IMT	Espectro dedicado	Público	LTE-MTC (LTE-M) eMTC (enhanced Machine Type Communication Narrow-Band IoT (NB-IoT) EC-EGPRS // EC-GSM-IoT. Extended Coverage GSM for the Internet of Things	Bandas de frecuencia para Telecomunicaciones móviles internacionales IMT Colombia.
WAN Área extendida	Requiere permiso - IMT	Espectro dedicado	Público	2G GSM/GPRS/EDGE, 3G UMTS/HSPA 4G LTE, 5G Futuro.	
	Requiere permiso	Espectro dedicado	Privado	PMR / LMR - Redes privadas de radios móviles en VHF - UHF	VHF bandas de 30 a 300 MHz UHF bandas de 300 y 400 MHz.
GAN Red de área global	Requiere permiso	Espectro de uso común, compartido y coordinado	Público	VSAT Very-small-aperture terminal for SCADA & M2M BGAN M2M .Broadband Global Area Network M2M Iridium Short Burst Data (SBD), IsatData Pro (IDP) SmartLNB, Automatic Identification System (AIS) Para Barcos, buques - Orbita baja Advanced Research and Global Observation Satellite" (Argos). Seguimiento de animales	Bandas de frecuencia satelitales: L, S, C, X, C, Ku, Ka, Q/V.

Tabla 1 Descripción de tipos de conectividad inalámbrica que pueden ser usadas por aplicaciones IoT. Elaboración ANE

Elaboró	Revisó	Aprobó
RAFAEL ANTONIO NIÑO VARGAS rafael.nino@ane.gov.co	**JORGE BARRERA** jorge.barrera@ane.gov.co	**PAOLA HERRERA HERNÁNDEZ** paola.herrera@ane.gov.co
Profesional Grupo de Ingeniería.	Coordinador grupo de ingeniería 2016.	Subdirectora Gestión y Planeación Técnica del Espectro.