



Agencia Nacional del Espectro



## Espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IOT

Documento de Análisis de Impacto Normativo  
Formulación del problema

[www.ane.gov.co](http://www.ane.gov.co)

JULIO DE 2022

## TABLA CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	IV
LISTA DE FIGURAS .....	V
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	VI
INTRODUCCIÓN .....	7
1. CONTEXTO GENERAL.....	9
1.1 DEFINICIONES DE IoT.....	11
1.2 PRINCIPALES SOLUCIONES IoT.....	12
1.3 PROYECCIONES SOBRE USO DE REDES DE COMUNICACIONES Y CRECIMIENTO DE IoT .....	17
2. ANTECEDENTES.....	20
3. MARCO LEGAL Y REGULATORIO .....	26
3.1 RÉGIMEN LEGAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES... 26	
3.2 MECANISMOS DE ACCESO AL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. ....	27
3.2.1 Acceso al Espectro Radioeléctrico licenciado. ....	27
3.2.2 Acceso al Espectro Radioeléctrico no licenciado.....	29
4. ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS RELEVANTES .....	31
4.1 ASPECTOS TÉCNICOS.....	31
4.1.1 Modelo de referencia para IoT: .....	31
4.1.2 Redes de comunicación utilizadas: .....	32
4.1.3 Bandas de frecuencia de operación: .....	35
4.1.4 Gestión del espectro: .....	37
4.2 ASPECTOS ECONÓMICOS.....	39
4.2.1 La industria 4.0 y su impacto en la economía .....	39
4.2.2 Rol de IoT para alcanzar las metas de los objetivos de desarrollo sostenible.....	42
4.2.3 Sobre el mercado de dispositivos y la conectividad de soluciones IoT	44
4.2.4 Sobre el uso intensivo del espectro no licenciado .....	47
5. IDENTIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS .....	48
6. ÁRBOL DEL PROBLEMA.....	50
6.1 CAUSAS .....	52
6.1.1 Existen falencias en la identificación de las condiciones del mercado de soluciones IoT en Colombia.....	52
6.1.1.1 Los habilitadores y algunos demandantes dentro de la cadena de valor de soluciones IoT desconocen el uso que se le puede dar al espectro disponible .....	53
6.1.1.2 Los habilitadores desconocen los despliegues de redes de comunicación para soluciones IoT.....	54

6.1.1.3	La administración y los habilitadores desconocen la totalidad de tecnologías en las cuales se pueden desarrollar las soluciones de IoT.....	54
6.1.1.4	La administración y los habilitadores desconocen la totalidad de agentes que intervienen en el mercado de IoT .....	55
6.1.1.5	La administración desconoce el uso que se da a las bandas definidas para uso libre .....	55
6.1.2	Existen limitaciones de conectividad para apalancar la implementación de soluciones IoT.....	56
6.1.2.1	Algunos proveedores de soluciones IoT también deben desplegar la red de comunicaciones .....	56
6.1.2.2	Algunos proveedores de conectividad ofrecen cobertura solo donde se va a implementar IoT.....	57
6.1.2.3	Algunos PRST no satisfacen las necesidades para implementar IoT	57
6.1.3	La normatividad existente en materia de espectro no está actualizada para atender el despliegue de IoT.....	57
6.1.3.1	Las tecnologías emergentes están sujetas a cambios permanentes	58
6.2	CONSECUENCIAS.....	58
6.2.1	Baja inversión en la adopción de soluciones IoT .....	58
6.2.1.1	Rezago en la implementación de soluciones IoT en Colombia .....	60
6.2.1.1.1	Se mantiene la brecha en la adopción de tecnologías.....	62
6.2.1.1.2	Pérdida de competitividad en los sectores productivos.....	63
7.	IDENTIFICAR DE MANERA GENERAL SI LA ANE TIENE LA COMPETENCIA PARA ABORDAR EL PROBLEMA .....	67
8.	OBJETIVOS .....	69
8.1	OBJETIVO PRINCIPAL .....	69
8.2	OBJETIVOS GENERALES.....	69
8.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	69
	CONSULTA PÚBLICA.....	70
	REFERENCIAS .....	73
	ANEXO 1.....	84

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplos de definiciones de IoT.....	11
Tabla 2. Resumen de tecnologías para aplicaciones de IoT.....	34
Tabla 3. Modelos de gestión, servicios y bandas de frecuencia.....	39
Tabla 4 Impactos económicos de la implementación de IoT.....	41
Tabla 5. Grupos de interés.....	48
Tabla 6. Implementación de las TIC en los procesos productivos o comerciales.....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descripción técnica de IoT.....	9
Figura 2. Actores orgánicos de la cadena de valor de IoT.....	11
Figura 3. Principales aplicaciones IoT.....	13
Figura 4. Tarjetas M2M con suscripción móvil .....	17
Figura 5. Cadena de valor de IoT propuesta por la CRC .....	21
Figura 6. Modelo de referencia para IoT.....	31
Figura 7. Algunas tecnologías para el desarrollo de IoT .....	32
Figura 8. Frecuencias de operación de algunos dispositivos de IoT .....	36
Figura 9. Funciones básicas de la gestión nacional de espectro .....	38
Figura 10. Impactos de la adopción de IoT en la economía.....	41
Figura 11. Efectos económicos encadenado de la implementación de IoT.....	42
Figura 12. Cadena de valor de IoT.....	44
Figura 13. Clasificación de problemáticas según actores .....	51
Figura 14. Árbol del problema. ....	52
Figura 15. Expectativa de crecimiento en la demanda empresarial de servicios debido a la pandemia de COVID-19 .....	59
Figura 16. Categorías de IoT del IGC .....	60
Figura 17. Penetración tecnológica móvil en relación con la penetración máxima (Global y Latinoamérica). ....	61
Figura 18. Ranking de competitividad por factores.....	65
Figura 19. Ranking de la región de las Américas (2020) .....	66



## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AIN	Análisis de Impacto Normativo
ANE	Agencia Nacional del Espectro
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CNABF	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas y Frecuencias
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ENTIC	Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en empresas
FUTIC	Fondo Único de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
IMT	Telecomunicaciones Móviles Internacionales (por sus siglas en inglés)
ICG	Índice de Competitividad Global
IGC	Índice Global de Conectividad
IoT	Internet de las Cosas (por sus siglas en inglés)
M2M	Maquina a Máquina (por sus siglas en inglés)
Mintic	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
NB-IoT	Internet de las Cosas de Banda Estrecha (por sus siglas en inglés)
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PMGE	Plan Maestro de Gestión del Espectro
PRST	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones
PRSTM	Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones Móviles
SIC	Superintendencia de Industria y Comercio
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNB	Banda Ultra Estrecha (por sus siglas en inglés)
WEF	Foro Económico Mundial (por sus siglas en inglés)

## INTRODUCCIÓN

En el marco del Plan Maestro de Gestión de Espectro (PMGE) a 5 años, que tiene como objetivo que la planeación del espectro se realice con una visión prospectiva de largo plazo, con un enfoque hacia mercados, servicios y aplicaciones soportados sobre el espectro radioeléctrico, en lugar de un enfoque hacia bandas de frecuencias específicas, se consideró pertinente el desarrollo de un estudio que atienda la necesidad identificada como “Disponibilidad de espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT”, tema que se abordará en el presente documento.

El objetivo de este documento es presentar los análisis preliminares respecto de la necesidad de espectro para apalancar el desarrollo de Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) en Colombia, a partir de los cuales se plantea el problema que se espera resolver en el marco del presente estudio. Tal como lo señala la Metodología de Análisis Normativo (AIN) en la formulación del problema se deben identificar también las causas que generan la situación o problema y las consecuencias de este, y a partir de estos elementos construir el árbol del problema.

En la primera sección del documento se expone un contexto general sobre IoT que incluye la visión de algunos organismos internacionales respecto de la definición y requerimientos para su desarrollo, la descripción de las principales aplicaciones y el panorama internacional en relación con los avances en IoT. Por su parte, la segunda sección contempla un recuento de las acciones que se han llevado a cabo en el país para impulsar el desarrollo de esta tecnología, la tercera sección contiene el marco legal y regulatorio enmarcado en las políticas públicas asociadas a la transformación digital y la cuarta sección incluye los aspectos técnicos o económicos relevantes.

En la quinta sección se incluye la relación de los grupos de interés identificados en el marco de este estudio y en la sexta sección se encuentra la descripción del problema identificado con sus causas y consecuencias, las cuales se describen de manera detallada de forma que haya claridad respecto de su relación con el problema planteado.

Finalmente, en las últimas secciones se identifican las competencias de la Agencia Nacional del Espectro (ANE) para abordar el problema, se plantean los objetivos con los cuales la ANE, en el marco de sus competencias, busca atacar las causas que generan el problema identificado, y se presenta una consulta pública, guiada a

través de un cuestionario, en aras de contar con observaciones de los agentes interesados respecto de la formulación del problema.

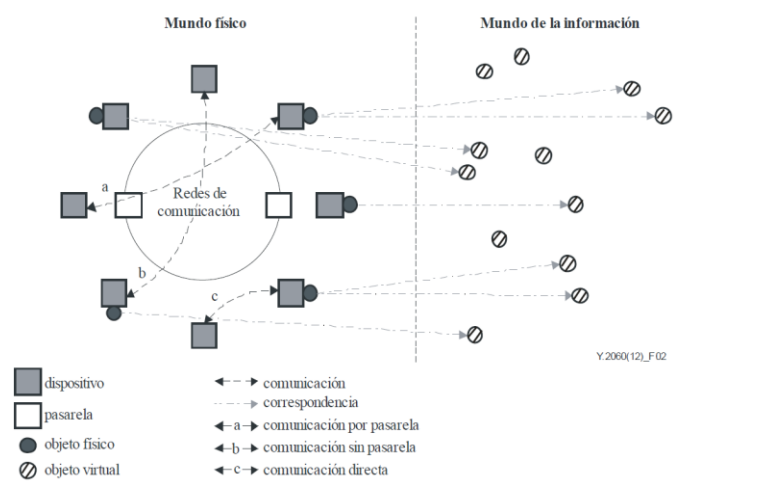


## 1. CONTEXTO GENERAL

Organismos internacionales tales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la GSMA<sup>1</sup> han señalado que el IoT va más allá del Machine to machine (M2M, por sus siglas en inglés) [1]<sup>2</sup>, toda vez que adicionalmente a la conexión de cosas, en esta tecnología también se debe considerar la infraestructura que soporta las plataformas *in situ* o en la nube, los requerimientos de analítica de datos que se pueden recopilar a partir de la interacción de los diferentes dispositivos y las herramientas de gestión y control que permiten la automatización de procesos, entre otros aspectos.

Así las cosas, la UIT presenta la descripción técnica de IoT [2] (Ver Figura 1), resaltando la importancia de la correspondencia entre los objetos físicos y los virtuales, pues si bien un objeto físico puede estar representado por uno o varios objetos virtuales, un objeto virtual podría existir sin necesidad de estar asociado a un objeto físico.

Figura 1. Descripción técnica de IoT



Fuente: Recomendación UIT-T Y.2060 de 2012 [2]

Por otra parte, la UIT [2] considera como ventajas del IoT, la identificación de los objetos, la adquisición y el procesamiento de los datos generados y las capacidades

<sup>1</sup> Asociación GSM: Organización mundial que representa los intereses de operadores móviles y compañías del ecosistema móvil e industrias adyacentes.

<sup>2</sup> Conexión e interacción de cosas sin la intervención humana

de comunicación garantizando la seguridad y privacidad de la información. Así mismo, se resalta la importancia de que todos los dispositivos IoT tengan la capacidad de conectarse y comunicarse, mientras que las capacidades de detección, acción, adquisición, almacenamiento y procesamiento de datos dependerán de la aplicación en la cual sean utilizados, y establece como características fundamentales de esta tecnología, la interconectividad, el suministro de servicios relacionados con objetos IoT, la heterogeneidad y los cambios dinámicos de los dispositivos, y el número de dispositivos que deben gestionarse.

Por otro lado, la GSMA [3] considera que la elección de la conectividad<sup>3</sup> para el dispositivo debe estar sujeta a:

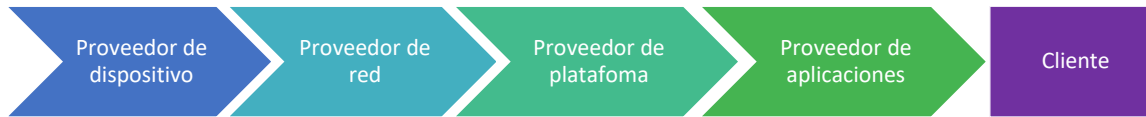
- I. Características intrínsecas
- II. Movilidad
- III. Ubicación
- IV. Requerimientos de ancho de banda
- V. Complejidad

Dado lo anterior, para que el ecosistema del IoT funcione correctamente se deben considerar al menos los siguientes elementos: I) la conectividad de las redes que soportan las aplicaciones de IoT, ya sean redes alámbricas o inalámbricas; II) el espectro radioeléctrico necesario para soportar el funcionamiento de las redes inalámbricas; III) la capacidad necesaria para la analítica y manejo de la información generada por los dispositivos conectados, así como para la gestión y control de estos dispositivos y IV) la latencia requerida por las diferentes aplicaciones y dispositivos.

Ahora bien, en relación con los agentes que hacen parte de la cadena de valor, se considera pertinente mencionar el planteamiento que realiza la UIT en el Apéndice I de la Recomendación Y.2060 [2], donde considera los siguientes actores orgánicos:

<sup>3</sup> En este documento se considera la conectividad como la capacidad de establecer una comunicación o crear un vínculo entre diferentes dispositivos haciendo uso de cables o de manera inalámbrica, con el fin de intercambiar información.

**Figura 2. Actores orgánicos de la cadena de valor de IoT**



Fuente: Elaboración ANE a partir de la Recomendación UIT-T Y.2060 de 2012

Asimismo, la UIT presenta algunos de los modelos orgánicos que evidencian la participación de uno o varios agentes en el suministro de soluciones IoT, en el primer modelo un solo agente suministra el dispositivo, la aplicación, la plataforma y la red, mientras que en los demás modelos el suministro de estos elementos está a cargo de dos o tres agentes [2].

Ahora bien, para abordar otros aspectos relevantes asociados al desarrollo de IoT, a continuación se presenta la visión de algunos organismos internacionales respecto de la definición de IoT, la descripción de algunas aplicaciones IoT de importancia para la cuarta revolución industrial<sup>4</sup>, los resultados de la revisión de ofertas de conectividad para apalancar el desarrollo de esta tecnología y algunas cifras de proyecciones tanto del uso de redes de comunicaciones como del crecimiento de IoT en diferentes regiones del mundo y en Colombia.

## 1.1 DEFINICIONES DE IOT

A pesar de que en diferentes espacios se habla de IoT, aún no hay un consenso sobre su definición, como se puede apreciar en la Tabla 1.

**Tabla 1. Ejemplos de definiciones de IoT**

UIT	GSMA	OCDE
Infraestructura mundial para la sociedad de la información que propicia la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) [2].	“Dispositivos habilitados para IP capaces de transmisión bidireccional de datos”, que incluye todas las tecnologías de acceso [1].	Dispositivos y objetos cuyo estado puede ser alterado a través de Internet, con o sin la

<sup>4</sup> La cuarta revolución industrial o industria 4.0 hace referencia a un cambio industrial guiado hacia el uso de tecnologías para la automatización de los procesos.

		participación de las personas <sup>5</sup> [1].
--	--	---

Fuente: Elaboración ANE

Independientemente de la definición de IoT, se espera que gracias a esta disrupción tecnológica tanto las ciudades como los diferentes sectores de la economía hagan uso de las soluciones de IoT y avancen en la era digital, gracias al aprovechamiento de los datos que pueden suministrar los dispositivos IoT, tanto para la toma de decisiones como para la gestión de procesos. De allí la importancia de la conectividad, la analítica de datos y la computación de borde<sup>6</sup> y en la nube<sup>7</sup>.

## 1.2 PRINCIPALES SOLUCIONES IOT

En el marco del presente estudio se ha evidenciado la incursión del IoT en los diferentes sectores de la economía global, por lo que se considera pertinente describir algunas soluciones IoT implementadas en varias regiones del mundo, las cuales han sido mencionadas por organismos tales como UIT [2], OCDE [1] y GSMA [4] y son de gran importancia para la cuarta revolución industrial. En la Figura 3 se muestra un resumen de las principales soluciones implementadas alrededor del mundo.

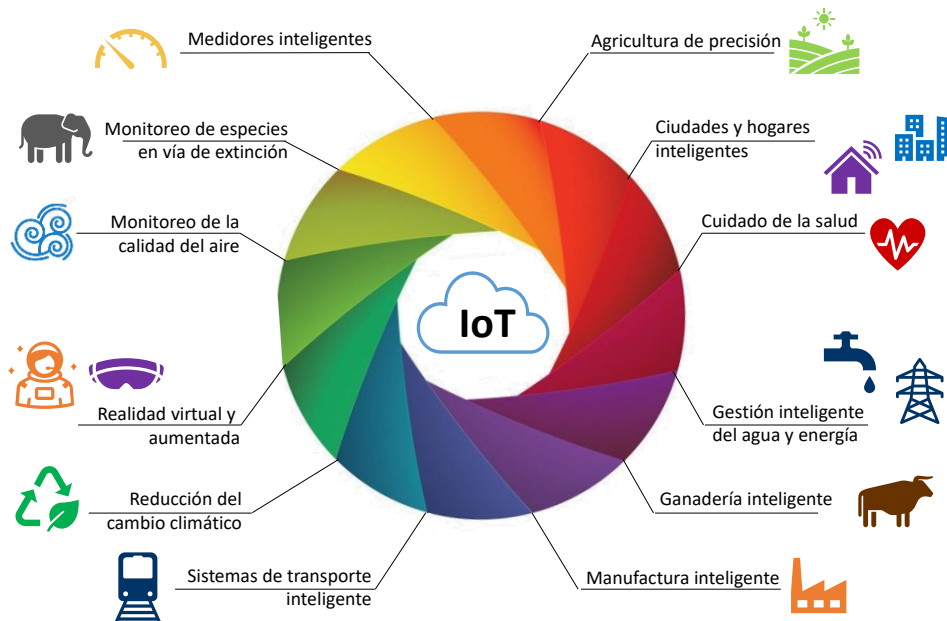
<sup>5</sup> Este enfoque permite la inclusión de dispositivos como laptops, enrutadores, servidores, tabletas y teléfonos inteligentes.

<sup>6</sup> En la computación de borde la infraestructura de computación está cerca de los orígenes de datos, como dispositivos de IoT o servidores locales de borde, lo que mejora los tiempos de respuesta y libera ancho de banda.

<sup>7</sup>La computación en la nube es un modelo en el que se usa una red de servidores remotos conectados a internet para almacenar, administrar y procesar datos, servidores, bases de datos, redes y software.



Figura 3. Principales aplicaciones IoT



Fuente: Elaboración ANE

A continuación, se describen las aplicaciones mostradas en la figura anterior.

- I. Agricultura de precisión: Haciendo uso de sensores IoT permite hacer seguimiento de magnitudes tales como temperatura, humedad, luminosidad y demás factores que pueden influir en la producción como presencia de plagas, de forma que los agricultores puedan predecir y cuantificar cada cosecha antes de recogerla, así como tomar las acciones necesarias para el control de factores que puedan afectar la producción.
- II. Ciudades inteligentes: Se caracterizan por el uso intensivo de las TIC en la creación y perfeccionamiento de los sistemas que componen la ciudad para mejorar la calidad de vida de los habitantes, aumentar la eficiencia de los procesos, aprovechar la información generada por la ciudad, mejorar la sostenibilidad y competitividad y responder a nuevas necesidades. Se espera que IoT aporte al desarrollo de las ciudades inteligentes, de forma que las administraciones puedan gestionar adecuadamente los suministros, el tráfico, los residuos, los recursos básicos (agua, energía y gas), la seguridad, la calidad del aire y el alumbrado público, entre otros.



- III. Cuidado de la salud: Permite la provisión de telesalud remota (diagnosticar condiciones médicas más rápidamente y promover regímenes de tratamiento) y el monitoreo a distancia de las constantes vitales<sup>8</sup> de los pacientes. También da la posibilidad a las personas de controlar su salud y mejorar su bienestar haciendo uso de dispositivos de acondicionamiento físico IoT.
- IV. Ganadería inteligente: A través de dispositivos IoT se puede realizar el seguimiento biométrico y la geolocalización de los animales; entre tanto, la instalación de balanzas inteligentes permite contralar el peso del ganado (para tomar acciones tendientes a modificar las raciones de alimentación o realizar el aprovechamiento cárnico), y el uso de cámaras en drones ayuda a identificar su estado (pre-parto, celo, etc).
- V. Gestión inteligente del agua: Permite hacer seguimiento a la calidad y el consumo del agua, así como a la infraestructura que soporta su tratamiento y abastecimiento (detección de fugas en las tuberías, monitoreo del nivel de los tanques, etc.) y gestionar adecuadamente este recurso, evitando su desperdicio para aportar al cuidado del medio ambiente. Un ejemplo son los sistemas de riego que suministran la cantidad adecuada de agua en el momento adecuado y solamente donde se requiere, teniendo en cuenta las condiciones del terreno (humedad y salinidad), ambientales (temperatura y viento) y las necesidades de las plantas.
- VI. Gestión inteligente de la energía: Una red eléctrica inteligente integra las acciones tanto de consumidores como de generadores de este recurso con el fin de que su suministro sea sostenible, económico y eficiente, para lo cual se utilizan productos y servicios innovadores y dispositivos de monitoreo y control, lo que facilita la conexión y operación de todas las fuentes de energía (renovables y no renovables), permite la optimización en el consumo y reduce el impacto medioambiental.
- VII. Hogares inteligentes: Son viviendas conformadas por equipos electrónicos y electrodomésticos controlados remotamente mediante cualquier dispositivo conectado a Internet, ya sea a través de una aplicación o un programa

<sup>8</sup> Las constantes vitales son indicadores que permiten conocer el estado de salud de las personas y animales. Dentro de las constantes vitales se encuentran la tensión arterial, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno y la temperatura.

específico, que permite reducir el consumo de recursos y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Esta aplicación se conoce como domótica<sup>9</sup>.

- VIII. Manufactura inteligente: Se construye a partir de la automatización de procesos y una combinación de nuevas tecnologías, que incluyen el IoT (sensores, computación en la nube y computación de borde); la Inteligencia Artificial; el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo y la visión artificial. La inclusión de IoT (sensores, gemelos digitales, etc.) en los procesos de fabricación incrementa la eficiencia y productividad gracias a la integración y analítica de datos.
- IX. Medidores inteligentes: Adicionalmente al registro del consumo del servicio, estos medidores permiten conocer de manera precisa el consumo en las diferentes horas del día, gestionar remotamente la potencia de la red, detectar fallas o manipulaciones en el sistema para tomar oportunamente las acciones necesarias. Con la información que generan estos dispositivos se pueden tomar mejores decisiones en pro de una gestión más sostenible y eficaz de la red.
- X. Monitoreo de especies en vía de extinción: haciendo uso de GPS, drones, cámaras y otros dispositivos conectados se está trabajando en 1) colmenas inteligentes, 2) el conteo y localización de animales y 3) el seguimiento de la cría de algunas especies en vía de extinción. En el primer caso se busca garantizar la adecuada producción de miel y proteger a las abejas; en el segundo caso se ha hecho el monitoreo de elefantes, rinocerontes y focas monjes en África, vacas marinas en Australia y pingüinos emperador en varios lugares del mundo; entre tanto, respecto al tercer caso se encuentra el seguimiento a la cría de jaguares en su hábitat natural en Argentina. La información suministrada permite conocer comportamientos e identificar anomalías para tomar las medidas necesarias.
- XI. Monitoreo de la calidad del aire: La información generada por los sensores de IoT que miden la calidad del aire permite a las administraciones tomar medidas tendientes a reducir la contaminación, lo que contribuye a disminuir el cambio climático. Dentro de dichas medidas se encuentra la limitación del tránsito de vehículos alimentados por combustibles contaminantes, la

<sup>9</sup>Conjunto de herramientas o sistemas capaces de automatizar una vivienda o edificación aportando servicios de gestión, integrados por medio de redes de comunicaciones, con el fin de permitir el control de los diferentes dispositivos desde cualquier lugar.

promoción del uso de vehículos que funcionan sin combustible o cuyo combustible no genera gases contaminantes.

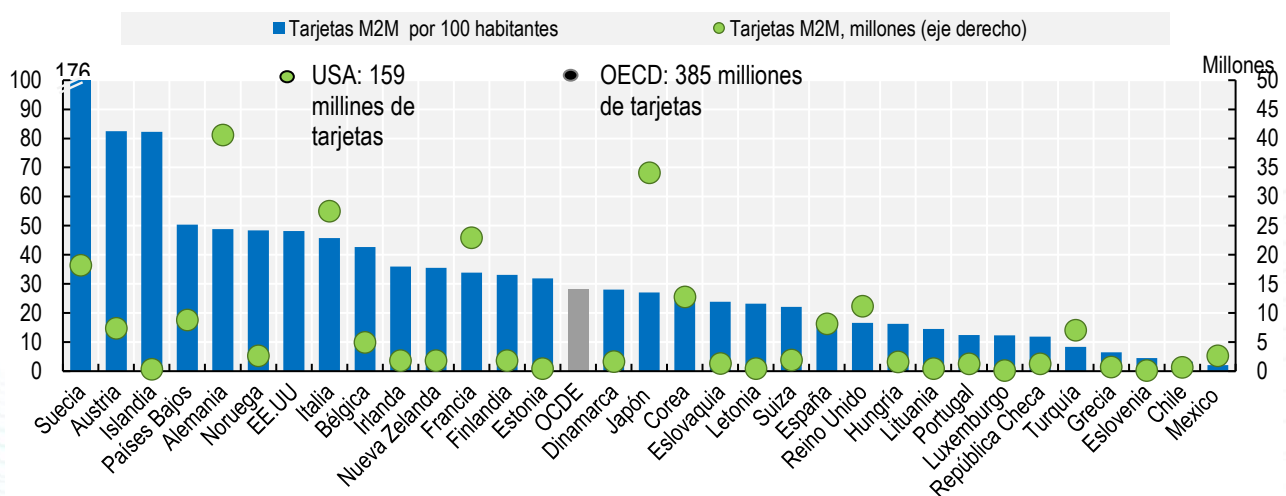
- XII. Realidad aumentada: Permite añadir información gráfica a una visión del mundo real integrando la virtualidad a la realidad con el fin de comprender mejor nuestro entorno; como ejemplos prácticos se encuentran: 1) seguimiento por parte de un cirujano a los signos vitales del paciente en el momento de una intervención, 2) la posibilidad de tener información sobre los pasos de un proceso al momento de su ejecución (configuración y mantenimiento de equipos) y 3) entrenamiento de personal para la ejecución de algunas tareas.
- XIII. Realidad virtual: Simulación, a través de ordenadores, de escenas y objetos de apariencia real que permiten la inmersión de las personas haciendo uso de cascos, gafas y otros elementos, de forma que la experiencia sea lo más completa posible. La realidad virtual se ha utilizado en entrenamiento militar, el desarrollo de gemelos digitales, práctica de deportes de riesgo, prototipado de vehículos, simulación de cirugías, tratamiento del Parkinson, videojuegos y visitas a museos desde cualquier lugar del mundo, entre otras aplicaciones.
- XIV. Reducción del cambio climático: Se espera aprovechar las bondades de IoT para monitorear el consumo de recursos y las condiciones climáticas y a partir de los datos obtenidos tomar decisiones que conlleven a disminuir la huella de carbono y por ende aumentar el uso eficiente de los recursos. Dentro de las acciones para disminuir la huella de carbono se encuentran entre otras: 1) usar fuentes de energía renovables y medios de transporte que no generen emisiones, 2) implementar la agricultura de precisión y 3) eliminar el uso del carbón en procesos industriales.
- XV. Sistemas de Transporte inteligente (ITS, por sus siglas en inglés): son sistemas que utilizan aplicaciones y tecnologías emergentes que permiten gestionar eficientemente los sistemas de transporte con el fin de mejorar su operación y seguridad, así como el tráfico de una vía. Dentro de los desarrollos que hacen parte de estos sistemas se encuentran las comunicaciones V2V (Vehicle to Vehicle) y V2I (Vehicle to Infraestructure), la captura y gestión de datos en tiempo real y las aplicaciones dinámicas para la movilidad.

### 1.3 PROYECCIONES SOBRE USO DE REDES DE COMUNICACIONES Y CRECIMIENTO DE IOT

La adopción de IoT se ha dado de manera heterogénea alrededor del mundo, mientras en algunos países ya cuentan con estudios de caso sobre el uso de aplicaciones IoT en diferentes actividades económicas como se explicó en el numeral 1.2 , en otros países las empresas aún no reconocen esta tecnología o los beneficios asociadas a esta, como se expondrá más adelante.

De acuerdo con la OCDE, el promedio de tarjetas M2M por cada 100 habitantes en los países miembros corresponde a 28,1, sin embargo, hay una alta dispersión entre países (Ver Figura 4). Entre los países con mayor número de tarjetas M2M se encuentran Suecia, Austria e Islandia, Suecia, por ejemplo, cuenta con 176 tarjetas por cada 100 habitantes, mientras que los países latinoamericanos, Chile y México, se encuentran en las últimas posiciones de este ranking con valores menores a 5 tarjetas por cada 100 habitantes. Aunque no se cuenta con datos para la economía colombiana, se espera que presente un comportamiento similar a los países de la región latinoamericana, lo que significa que, en comparación con economías no emergentes, la implementación de IoT ha sido más lenta.

Figura 4. Tarjetas M2M con suscripción móvil



Fuente: OCDE [5]

Ahora bien, en cuanto a las proyecciones de dispositivos conectados en la región de Latinoamérica, se espera un crecimiento de más de un 50% para 2025. GSMA, por ejemplo, estimó 1.200 millones de conexiones IoT [4] en la región para 2025 lo



que representa un incremento del 76,4% respecto a 2020 [4]. En cuanto a las tecnologías, la GSMA afirma que mientras se realice el despliegue de 5G, las tecnologías LTE-M y Narrow Band IoT (NB-IoT) seguirán soportando el desarrollo de IoT, lo que va en línea con las proyecciones de Ericsson Mobility para 2027, donde estiman que el 40% de las conexiones móviles de IoT serán de banda ancha (4G/5G); y que las tecnologías NB-IoT y Cat-M seguirán desplegándose de manera global mientras avanza el despliegue de 5G [4] [6].

Aunque la implementación masiva de IoT se prevé como la principal tendencia que ayudará a cambiar el mundo [7], se espera que la adopción de esta tecnología en las diferentes actividades económicas ocurra de manera más acelerada en sectores específicos, esto dependerá de los impactos económicos que se estimen a partir de la implementación de estas soluciones. Para 2025, McKinsey estimó que el sector económico líder correspondía a manufactura con un impacto estimado de entre USD\$1.2 y USD\$3.7 billones, seguido de ciudades inteligentes con un impacto estimado de entre USD\$0.9 y USD\$1.7 billones<sup>10</sup> [8].

Las proyecciones sugieren que el mercado de soluciones IoT tendrá un alto potencial de crecimiento para los próximos años, la GSMA destaca que hasta ahora el 63% de las empresas que se encuentran desplegando esta tecnología lo están haciendo en el marco de iniciativas de transformación digital, donde los operadores móviles han jugado un papel importante en el despliegue de redes IoT móviles<sup>11</sup>.

A medida que crece la demanda de IoT, los operadores móviles utilizan sus redes IMT para ofrecer un portafolio a sus clientes en una red de baja potencia empleando el espectro con el que ya cuentan para utilizar tecnologías estandarizadas. En Norteamérica, por ejemplo, AT&T ofrece soluciones para bienes como lavadoras, estufas, secadoras, aires acondicionados, entre otros<sup>12</sup>, mientras que TELSTRA, en Australia, ofrece soluciones de IoT en el sector de logística para que las empresas puedan hacer seguimiento a sus contenedores en tiempo real. Los operadores tienen, entonces, un interés por apostarle a las necesidades de este mercado y usar su espectro para ofrecer soluciones a diferentes usuarios [9], así lo evidencian las cifras de los operadores, de acuerdo con OMDIA, en 2020 los ingresos de los operadores internacionales por IoT en redes móviles estuvieron alrededor de los USD\$1000 millones, en el caso de AT&T y China Mobile los ingresos por estas

<sup>10</sup> Las cifras corresponden a un estimado con base al dólar de 2015.

<sup>11</sup> Claro y Telefónica desplegaron redes NB-IoT y LTE-M en Argentina y Colombia; y TIM está brindando acceso a su red de 700 MHz en Brasil

<sup>12</sup> Estos bienes se conocen en inglés como “white goods” o bienes blancos.



tecnologías estuvieron cerca de los USD\$1200 millones y USD\$1400 millones respectivamente [10].

Teniendo en cuenta la tendencia internacional, se espera que en Colombia se registre un crecimiento de la demanda en IoT y un incremento en la oferta por parte de los operadores móviles, en lo que respecta a la conectividad a través de redes IMT, y de los agentes que ofrecen conectividad haciendo uso de espectro no licenciado. Ante este panorama, se hace necesario que la ANE revise los retos en materia de gestión de espectro y lleve a cabo los estudios para atender los requerimientos desde el espectro radioeléctrico.

## 2. ANTECEDENTES

En esta sección se relacionan las actividades identificadas en el marco del presente estudio, que han sido desarrolladas por el gobierno, la academia y la empresa privada en aras de promover el desarrollo de IoT en el país.

En abril de 2016, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic), creó el primer Centro de Excelencia y Apropiación (CEA) en IoT [11], en el cual, tanto el sector privado como la academia y el Estado buscaban impulsar la investigación aplicada y el desarrollo de capacidades en IoT para resolver problemáticas reales y crear oportunidades hacia el futuro.

Así las cosas, se esperaba que el Centro de Excelencia y Apropiación en IoT se convirtiera en un centro de apropiación liderado por la Universidad Javeriana, con la participación de las universidades Autónoma de Bucaramanga, Javeriana de Cali, Tecnológica de Bolívar y Santo Tomás de Bogotá; de las multinacionales HP, Intel y Microsoft; y las empresas nacionales Banco Pichincha, Ennove Group, Hospital Universitario San Ignacio, Logyca, Zona Franca de Bogotá, SAJE Montreal Metro, Tutto y Ubidots.

Dentro de los proyectos planteados inicialmente para ser desarrollados por el CEA, se encontraban: el monitoreo remoto de pacientes del Hospital San Ignacio (Bogotá); el desarrollo de un sistema de información para observar la trazabilidad de los productos desde su tránsito en puerto hasta su llegada a la zona franca y el desarrollo de un morral inteligente de Tutto.

En agosto de ese mismo año, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) realizó un estudio sobre las condiciones normativas para la adopción del IoT [12], en el cual presentó una caracterización del mercado colombiano y la siguiente cadena de valor:

Figura 5. Cadena de valor de IoT propuesta por la CRC



Fuente: Estudio de la CRC [13]

La CRC encontró que para 2016 los PRSTM solo ofrecían planes corporativos a grandes y medianas empresas, por lo que las pequeñas empresas debían acudir a los planes de Internet que se ofrecían a las personas naturales, sin embargo, en el citado estudio no se hace referencia a la conectividad que pueden ofrecer proveedores de redes que hacen uso de espectro no licenciado.

Luego, en mayo de 2018, en el marco del décimo Congreso BICSI<sup>13</sup> Andino [14], algunos expertos plantearon que Colombia iba por un buen camino rumbo al IoT toda vez que ya se estaba dando la digitalización de las empresas y ya existían la tecnología y los estándares necesarios para su implementación, de allí la importancia en ese momento de proyectar y fortalecer las redes de transporte del país, con el fin de lograr una conectividad escalable y segura de extremo a extremo.

En línea con lo anterior, uno de los expertos resaltó la gran ventaja que traería el IoT a la industria, al proporcionar un nivel de información y capacidad de análisis de datos para reducir las paradas de las plantas, incrementar la productividad, y evolucionar para mantenerse competitivos en un entorno cada vez más disruptivo, por lo que se consideró de vital importancia enfocarse en la capacidad de cómputo y por ende en la evaluación de la operatividad de los centros de datos.

<sup>13</sup> Asociación global que impulsa la comunidad de tecnologías de la información y la comunicación

Frente al desarrollo de ciudades inteligentes [15], en el mismo evento se resaltó la importancia de que Colombia (país que concentra el 74% de su población en las ciudades) trabaje en la construcción de ciudades inteligentes, para lo cual debía tener en cuenta los siguientes ejes fundamentales: I) crear una verdadera conciencia del significado de una *smart city*, II) crear normas especializadas con el fin de unificar conceptos y empezar a estandarizar procesos, III) contar con una infraestructura de fibra óptica para transformar la infraestructura tradicional de una ciudad en un ecosistema vivo, IV) aplicar el Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones, considerado un factor básico para desarrollar ciudades inteligentes y V) contar con administración de Big Data que permita centralizar y unificar toda la información generada por la ciudad.

Entendiendo la importancia de la digitalización del sector empresarial y su alta capacidad de generación de datos con impacto en los procesos productivos y en la competitividad, el Gobierno Nacional expidió el documento CONPES 3920 del 2018 de política nacional de explotación de datos (Big Data) [16], cuyo objetivo fundamental se centra en aumentar el aprovechamiento de datos mediante el desarrollo de condiciones que permitan gestionarlos como activos generadores de valor social y económico. Adicionalmente, ante el potencial evidenciado en los datos, se estructuraron estrategias y líneas de acción que apuntan a la *datificación*<sup>14</sup> de los sectores públicos y privados; facilitando la innovación y apropiación tecnológica para la transformación digital empresarial y social.

A su vez, la ANE en 2018 desarrolló un modelo de predicción de demanda de espectro para servicios basados en tecnologías IoT en Colombia, a partir del cual se hicieron predicciones a 10 años respecto a las necesidades de espectro para la implementación de soluciones IoT en los sectores de salud, agricultura, *wearables* y ciudades inteligentes, en las cuales, en un escenario optimista, se espera que en 2025 exista una penetración de IoT en redes LPWAN del 93%, mientras que en un escenario pesimista dicha penetración sería del 51%.

Adicionalmente, en agosto de ese mismo año la ANE publicó el documento "*Definición de los parámetros técnicos para promover el internet de las cosas en Colombia*" [17], en el cual se hizo una aproximación a las condiciones técnicas de conectividad para IoT y M2M y se presentó un resumen de las diferentes tecnologías inalámbricas sobre las cuales se pueden desplegar redes IoT, dentro de estas

<sup>14</sup> Palabra que resulta de la combinación de los conceptos de datos y cuantificación, lo que conlleva el aprovechamiento de datos dentro del contexto de la creciente transformación de la vida diaria en datos digitales cuantificables y procesables. (CONPES 3920 de 2019)



tecnologías se encuentran 6LoWPAN<sup>15</sup>, ANT+ ultra-low power (ULP), NFC, RFID, Thread, WIFI, Bluetooth, Zigbee, HaLow, Symphony Link, Nwave, RPMA Ingenu, Sigfox, Weightless, LoRa, Alliance, Dash 7, Neul, LTE-M eMTC, Narrow-Band IoT (NB-IoT), 2G, 3G y 4G.

De otra parte, en julio de 2019, el Mintic presentó el Plan TIC 2018-2022 [18]: “*El Futuro Digital es de Todos*”, documento que incluye un diagnóstico respecto de los elementos del ecosistema digital, particularmente, en relación con el uso de valor agregado. El citado diagnóstico muestra los resultados de una encuesta realizada en 2017 por dicha cartera, en donde se evidenció que el nivel de penetración de tecnologías avanzadas en las empresas era incipiente<sup>16</sup>, así las cosas, en el caso de IoT, se encontró una penetración del 9 %, seguido por Big Data con 3,2 %, la impresión en 3D con el 2,2 %, la Inteligencia Artificial (IA) con el 1,8 %, el Blockchain con el 1,6%, la robótica con el 1,5 % y la realidad virtual con el 1,0%.

Posteriormente, en octubre de 2019 se puso a disposición de los emprendedores el primer Laboratorio de IoT [19], creado por Telefónica Movistar y Wayra con el objetivo de brindar a estos agentes un espacio en el cual se puedan desarrollar aplicaciones y herramientas basadas en IoT, las cuales se puedan probar en una red de comunicaciones establecida, para lo que se recreó un ambiente operativo de redes LPWA, NB-IoT/LTE y LTE-M, para de esta manera contribuir en la transformación digital de la sociedad. Dentro de los emprendimientos desarrollados se encuentran: I) casilleros inteligentes para edificios y sótanos y II) un sistema de transporte masivo en el occidente de Medellín.

En línea con los procesos para una transformación digital de la sociedad, el Gobierno Nacional presentó el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la Equidad [20], aprobado mediante la Ley 1955 de 2019 [21], el cual establece un pacto por la transformación digital, orientado a estrategias que apuntan hacia el desarrollo productivo, innovación y adopción tecnológica para la productividad y competitividad en el marco de la revolución industrial 4.0, a partir del cual se desarrolló el documento CONPES 3975 de 2019 de política pública para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial [22], mediante el cual se definen

<sup>15</sup> IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks

<sup>16</sup> “Este estudio tiene el propósito de generar insumos que permitan la estructuración de proyectos tipo orientados al uso productivo de IoT, IA y Blockchain en los procesos de transformación digital empresarial en Colombia.” (...):” (i) Analizar las tendencias globales en materia de políticas públicas para fomentar el uso productivo de IoT, IA y Blockchain (ii) Realizar mapeo de oportunidades de política pública y proyectos para fomentar el uso productivo de IoT, IA y Blockchain y (iii) La estructuración de tres proyectos basados en Blockchain, IoT e IA.”



estrategias y líneas de acción para la implementación de condiciones habilitantes que conlleven a cambios económicos bajo la implementación de la Inteligencia Artificial y el desarrollo de aplicaciones IoT como aceleradores de la transformación digital.

De ahí que, en julio de 2021, Mintic creó el primer Centro de Servicios Compartidos de Tecnologías Avanzadas y Emergentes para la Transformación Digital de Colombia (TecDigital) [23], con el fin de incrementar la generación de valor social y económico mediante la transformación digital avanzada del sector público y privado, para de esta manera contribuir con la disminución de la brecha tecnológica, el fortalecimiento del capital humano y contar con las condiciones necesarias para afrontar los retos y oportunidades derivados de la Cuarta Revolución Industrial (4RI). Así las cosas, esta iniciativa buscaba atender durante ese año a más de 1.000 pymes colombianas interesadas en fortalecer su ruta de transformación digital avanzada a partir de la adopción o apropiación de las Tecnologías Avanzadas y Emergentes (TAE), dentro de las cuales se encuentran la inteligencia artificial, *machine learning*, la robótica, la computación en la nube, el IoT y Big Data.

A su vez, en octubre de 2021 la ANE presentó para comentarios del sector, el PMGE a 5 años, el cual fue aprobado en febrero de 2022 [27]. En este documento se presentó un panorama sobre las conexiones de IoT, que incluyó la revisión de prácticas internacionales respecto del uso de la banda de 900 MHz para aplicaciones IoT, lo anterior, teniendo en cuenta que actualmente en Colombia solo una porción de esta banda (915-928 MHz) está destinada para uso libre y, de acuerdo con la disponibilidad de dispositivos y las necesidades de espectro para la implementación de esta tecnología en el país, se podría ampliar [27]. Así pues, en el marco del PMGE se identificó como necesidad la disponibilidad de espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT.

Por otro lado, en enero de 2022 el Mintic publicó para comentarios de los interesados el proyecto de resolución mediante el cual se definen los lineamientos generales para la adopción e implementación de estrategias de Ciudades y Territorios Inteligentes [28], en el marco de la Política de Gobierno Digital, con el fin de impulsar la transformación digital en los territorios, proceso que culminó con la expedición de la Resolución 01117 [29] en abril de ese mismo año. Esta iniciativa ofrece a las alcaldías y gobernaciones: I) un modelo de madurez que consiste en una herramienta de autodiagnóstico que permite identificar problemáticas de ciudad que pueden resolverse mediante las TIC; II) acompañamiento técnico en la formulación de iniciativas de ciudades inteligentes y III) cofinanciación de iniciativas

de ciudades y territorios inteligentes con los recursos del Fondo Único de TIC (FUTIC), teniendo en cuenta ciertos criterios de selección.

Así las cosas, la administración, a partir de la información que ha recogido respecto de esta tecnología y su desarrollo e implementación en otros países del mundo, ha establecido políticas públicas y expedido la normatividad con el objetivo de impulsar el desarrollo de IoT en los sectores económicos del país y en la sociedad.

### 3. MARCO LEGAL Y REGULATORIO

El marco normativo que rige el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Colombia se enmarca en la Ley 1341 de 2009 [24], modificada por la Ley 1978 de 2019 [25] y en los desarrollos reglamentarios y regulatorios de estas dos normas, las cuales para efectos del presente documento de AIN son el soporte de la temática relacionada con el espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT. A continuación, se describen elementos relacionados con el régimen legal de las TIC y los mecanismos de acceso al espectro radioeléctrico.

#### 3.1 RÉGIMEN LEGAL DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES.

El artículo 75 de la Constitución Política de Colombia señala que el “espectro electromagnético es un bien público inenajenable (sic) e imprescriptible sujeto a la gestión y control del Estado, y garantiza la igualdad de oportunidades en el acceso a su uso en los términos que fije la ley” [26]. Por tanto, su administración está sujeta a la gestión y control del Estado, facultades que han sido desarrolladas en la Ley 1341 de 2009 y el Decreto - Ley 4169 de 2011 [27], entre otros.

Así mismo, el artículo 2 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 3 de la Ley 1978 de 2019, presenta los principios orientadores para la formulación de las políticas públicas para el sector de las TIC, y lo concerniente a la regulación y fundamentos para el uso eficiente de las redes y del espectro radioeléctrico.

De otra parte, el artículo 6 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 5 de la Ley 1978 de 2019, define las TIC como “el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes”. En desarrollo del presente estudio, la mencionada definición se entenderá bajo carácter enunciativo debido a la permanente innovación disruptiva que involucra las TIC.

Consecuentemente con lo anterior, el artículo 9 de la Ley 1341 de 2009 establece que el sector de las TIC está conformado por las industrias manufactureras, comerciales y de servicios que incluyen en sus productos elementos asociados con los sistemas de información, por lo que dispone, que sus procesos productivos deben estar alineados con la función de tratamiento de la información y las comunicaciones.

Por consiguiente, atendiendo la importancia de las anteriores normas, el numeral 1 del artículo 2 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 3 de la Ley 1978 de 2019, contempla la necesidad de involucrar a todos los sectores y niveles de la administración pública, agentes del sector de las TIC y de la sociedad en general, para priorizar el acceso y uso de las TIC en procesos de producción de bienes y servicios, entre otros.

Bajo este contexto, el artículo 3 de la Ley 1341 de 2009 señala que el acceso y uso de las TIC son parte de los pilares fundamentales que consolidan las sociedades de la información y del conocimiento, y resalta la importancia del despliegue y uso eficiente de la infraestructura y recursos escasos, el desarrollo de contenidos y aplicaciones, la protección de usuarios, la formación de talento humano en las nuevas tecnologías como eje transversal de la innovación y adopción tecnológica y de herramientas digitales en las empresas [28].

Por último, el numeral 3 del artículo 4 de la Ley 1341 de 2009 establece que el Estado podrá intervenir en el sector de las TIC con la finalidad de promover el desarrollo de contenidos y aplicaciones, la prestación de servicios que usen o tengan como fundamento las TIC y la masificación del Gobierno en Línea.

## 3.2 MECANISMOS DE ACCESO AL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.

En lo relacionado con el acceso al uso del espectro radioeléctrico en Colombia, la Ley 1341 de 2009, modificada por la Ley 1978 de 2019, presenta a modo general dos mecanismos de acceso al espectro radioeléctrico, uno a través de un permiso de uso otorgado por la administración y el otro de manera libre en bandas de frecuencia establecidas por la administración de acuerdo con las recomendaciones de la UIT. Dichos lineamientos se describen a continuación:

### 3.2.1 Acceso al Espectro Radioeléctrico licenciado.

El artículo 11 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 8 de la Ley 1978 de 2019, dispone que el uso del espectro radioeléctrico requiere permiso previo y expreso, otorgado por el MinTIC mediante un proceso de selección objetiva, el cual se encuentra reglamentado en la sección 1 del capítulo 1 del título 2 del Decreto Único Reglamentario 1078 de 2015 [29].

Así mismo, el inciso segundo del artículo 11 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 8 de la Ley 1978 de 2019, establece que el permiso de uso del espectro radioeléctrico debe respetar el principio de neutralidad tecnológica y estar en



coordinación con las políticas del Mintic sobre la materia [24]; en este mismo sentido, el permiso de uso deberá encerrar la responsabilidad y obligación de no generar interferencias perjudiciales a usuarios ya autorizados, incluyendo comunicaciones sensibles como radionavegación aeronáutica, radioastronomía, operaciones de búsqueda y rescate y comunicaciones móviles, entre otras [30].

De igual forma, el permiso de uso del espectro radioeléctrico debe ser compatible con las tendencias internacionales del mercado, no afectar la seguridad nacional y contribuir al desarrollo sostenible [24].

La administración, en ejercicio de su potestad reglamentaria, ha expedido normas que contienen los diferentes mecanismos de acceso al espectro radioeléctrico para otorgar los respectivos permisos de uso a los agentes interesados, fijando para tal efecto condiciones técnicas y temporales para su uso. A continuación, se relacionan los diferentes mecanismos de acceso que guardan relación con la temática que se aborda en el presente estudio.

- I. Procedimiento de selección objetiva: Este mecanismo se encuentra Reglamentado en los artículos 2.2.2.1.1.1 al 2.2.2.1.1.8 del Decreto Único Reglamentario 1078 de 2015, los cuales establecen las condiciones, requisitos y trámite para otorgar o modificar permisos para el uso del espectro radioeléctrico en los segmentos atribuidos a los servicios fijo y/o móvil terrestre [29], exceptuando las bandas de frecuencias identificadas para servicios IMT.
- II. Asignación directa: Los artículos 2.2.2.1.2.1. al 2.2.2.1.2.3. del Decreto Único Reglamentario 1078 de 2015 establecen la asignación directa del permiso de uso radioeléctrico para aquellos casos en que prime la continuidad del servicio, bajo términos estrictamente necesarios con sujeción a criterios de temporalidad del mismo.
- III. Permisos temporales para pruebas técnicas: La Resolución 467 de 2020 [30], en desarrollo de lo dispuesto en el artículo 2.2.2.1.2.4. del Decreto Único Reglamentario 1978 de 2015, establece los procedimientos, requisitos y tiempos en que debe otorgarse el permiso de uso del espectro radioeléctrico para los fines que se indican en el artículo 2 de la mencionada resolución.
- IV. Proceso de asignación para servicios por satélite: La Resolución 376 de 2022 [31] establece los requisitos y el trámite para el otorgamiento de permisos para el uso del espectro asociado a los servicios satelitales fijo, móvil y radiodifusión por medio de estaciones terrenas.



Dentro de este contexto, la Resolución 1075 de 2020 [32] actualizó las condiciones, requisitos y el trámite para otorgar o modificar los permisos de uso del espectro radioeléctrico por el procedimiento de selección objetiva, exceptuando las bandas identificadas para la prestación de servicios IMT.

### 3.2.2 Acceso al Espectro Radioeléctrico no licenciado.

El artículo 11 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 8 de la Ley 1978 de 2019, en su inciso segundo dispone que el Gobierno Nacional puede establecer bandas de frecuencias de uso libre de acuerdo con las recomendaciones de la UIT, razón por la cual, la ANE en ejercicio de sus funciones y competencias definidas en los numerales 1, 5 y 7 del artículo 26 de la Ley 1341 de 2009, y lo dispuesto en el artículo 3 del Decreto-Ley 4169 de 2011, expidió la Resolución 105 de 2020 [33], la cual establece las bandas de frecuencia y condiciones técnicas respecto de las aplicaciones que no requieren permiso de uso del espectro radioeléctrico.

Es así, que en los artículos 4.1.1 al 4.1.4 de la Resolución 105 de 2020 [33] se definen las bandas de frecuencia, los límites de emisiones y las condiciones técnicas y operativas tanto generales como específicas para las aplicaciones cuya operación es permitida en el espectro radioeléctrico en la modalidad de uso libre dentro del territorio nacional.

En línea con lo anterior, el artículo 4.1.3. de la Resolución 105 de 2020 [33], establece que “Para garantizar el uso eficiente de las bandas de frecuencias radioeléctricas definidas en el Anexo 1 de la presente resolución, los aparatos deben funcionar de conformidad con los estándares técnicos de radiocomunicación establecidos o que establezca la Comisión de Regulación de Comunicaciones, o contar con los certificados de homologación que determine dicha entidad, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 22 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 19 de la Ley 1978 de 2019, en los casos a que haya lugar”.

Conforme con lo anterior, el párrafo del artículo citado en el párrafo anterior [33], establece que los aparatos que funcionen bajo la modalidad de uso libre del espectro radioeléctrico deben ser considerados para funcionar en un ambiente público e incontrolado y operados de tal forma que se asegure que el público no sea expuesto a niveles de radio frecuencia que excedan las normas que haya expedido o expida la ANE.

A modo de cierre del presente título, el artículo 4.1.4. de la Resolución 105 de 2020 [33] manifiesta que la utilización del espectro radioeléctrico en lo que corresponde

en la modalidad de uso libre, no podrá causar interferencia a las estaciones de un servicio primario o secundario a las que se le hayan asignado o se le asignen frecuencias, así mismo, no podrá reclamar protección ante interferencias.

## 4. ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS RELEVANTES

Para la implementación de soluciones IoT es importante considerar algunos aspectos relevantes que pueden impactar el desarrollo y masificación de esta tecnología en el país, por consiguiente, se describen algunos aspectos técnicos y económicos de interés.

### 4.1 ASPECTOS TÉCNICOS

Dentro de los aspectos técnicos se encuentran el modelo de referencia para IoT, planteado por la UIT, la descripción de algunas redes de comunicaciones utilizadas para el desarrollo de IoT, información de algunas bandas de frecuencia de operación de dispositivos IoT y elementos relevantes sobre la gestión del espectro.

#### 4.1.1 Modelo de referencia para IoT:

Este modelo fue definido por la UIT en la recomendación Y.2060 de junio de 2012 [2] e incluye las capas que se presentan a continuación.

Figura 6. Modelo de referencia para IoT



Fuente: Elaboración ANE a partir de la Recomendación UIT-T Y.2060 de 2012 [2]

- Capa de aplicación: Hace referencia a las aplicaciones IoT
- Capa de soporte de servicios y aplicaciones: contempla capacidades de soporte genéricas (por ejemplo, procesamiento o almacenamiento de datos) y específicas para atender necesidades particulares de las aplicaciones IoT.
- Capa de red: ofrece capacidades de red y capacidades de transporte de datos e información.

- Capa de dispositivo: contempla las capacidades del dispositivo en interacción directa o indirecta con la red de comunicaciones y las capacidades de la pasarela.

Asimismo, es importante tener en cuenta las capacidades de gestión, que incluyen la gestión de dispositivos, de la topología de red local, del tráfico y la congestión y las capacidades de seguridad en las capas de aplicación de red y de dispositivo [2].

De acuerdo con este modelo, la capa de dispositivo es la que tiene relación con las redes de comunicaciones que apalancan el desarrollo de IoT, que en el caso de las redes inalámbricas debe considerar la disponibilidad de espectro para soportar el despliegue de esta tecnología.

#### 4.1.2 Redes de comunicación utilizadas:

En el marco de estudios sobre IoT [1] [12] [17] [34] se ha planteado el uso de diferentes tecnologías para interconectar los dispositivos IoT con las plataformas de gestión, las herramientas de analítica y la nube, así las cosas, adicional a las redes inalámbricas (redes móviles) y alámbricas tradicionales, en el panorama surgieron redes de baja potencia y área extensa (LPWAN por sus siglas en inglés), tales como SigFox, LoRaWAN, LTE-M y NB-IoT; redes bluetooth de baja potencia (BLE por sus siglas en inglés); redes Wifi; redes ZigBee y redes 6LoWPAN entre otras.

Figura 7. Algunas tecnologías para el desarrollo de IoT



Fuente: Elaboración ANE

Respecto de las redes alámbricas, es importante considerar sus características, dentro de las cuales se encuentran las velocidades que soportan, así como los niveles de seguridad, la confiabilidad, la escalabilidad y disponibilidad, En el caso de redes de fibra óptica, éstas se pueden configurar en monomodo o multimodo y alcanzar velocidades que van desde 1 hasta 40 Gbps, sin embargo, generalmente las velocidades que se ofrecen en el mercado están muy por debajo de 1 Gbps, no obstante, son una alternativa ideal para la implementación de soluciones tales como la gestión inteligente de tráfico y la gestión de seguridad, aplicaciones esenciales en el desarrollo de ciudades inteligentes.



En el caso de las redes Sigfox, es importante indicar que utilizan la tecnología conocida como banda ultra estrecha (UNB por sus siglas en inglés) y operan en la banda de 868 a 869 MHz en Europa y en la banda 902 a 928 MHz en el resto del mundo. La velocidad de transmisión de los datos en estas redes oscila entre 0,1 kbps y 0,6 kbps.

Por su parte, LoRaWAN es una red de área amplia de baja potencia que proporciona conexiones bidireccionales seguras y se usa principalmente en aplicaciones IoT que no requieren altas velocidades de transmisión de los datos (de 0,3 a 50 kbps). Esta tecnología puede operar en las bandas de frecuencia de 434 MHz, 779 - 787 MHz, 863 - 870 MHz y 902 - 928 MHz.

En cuanto a la red LTE para máquinas (LTE.M, también conocida como CAT-M) se tienen las siguientes características: I) proporciona cobertura extendida, II) permite la reutilización de las estaciones base instaladas de LTE, ampliando la vida útil de la batería de algunos dispositivos IoT (dependiendo de los casos de uso), III) bajo costo de los dispositivos y IV) velocidad de subida y bajada de hasta 1 Mbps. Esta red puede coexistir con las redes móviles 2G, 3G y 4G gracias a la amplia gama de dispositivos que se están fabricando para operar en las bandas de frecuencia en que operan estas redes móviles.

Con respecto a NB-IoT es importante precisar que es una tecnología de bajo costo que puede soportar alrededor de 100.000 dispositivos y podría desplegarse directamente en las redes móviles tradicionales<sup>17</sup> [35], lo que permite contar con una amplia cobertura, adicionalmente, gracias a la escasa disipación de energía con que cuenta esta tecnología los periodos de utilización de los dispositivos IoT oscila entre cinco y diez años.

Entre tanto, Bluetooth es una tecnología que permite la transmisión de voz y datos haciendo uso de la banda de 2.4 GHz, con velocidades de 1 Mbps en la versión v4.0 o BLE y 2 Mbps para dispositivos de la versión v5.0. Estas versiones requieren menor tiempo para encontrar y sincronizar dispositivos gracias a la cantidad de canales que tienen para realizar el emparejamiento.

En cuanto a las redes Wifi, cabe precisar que son redes inalámbricas de área local que permiten la conexión de varios dispositivos (con un alcance máximo de 100 metros) a través de un enrutador que funciona como *hub*, estas redes pueden operar en las bandas de 2.4 GHz, 5 GHz y 6 GHz. La banda más usada es la de 2.4

<sup>17</sup> Las redes móviles tradicionales se conocen como GSM, UMTS y LTE.

GHz por su cobertura y por el alto poder de penetración que ofrece, sin embargo, es la que presenta más interferencia. Entre tanto, la banda de 5GHz ofrece mayor velocidad, pero hay menos dispositivos disponibles para operar, al igual que en el caso de la banda de 6 GHz, cuyo estándar se caracteriza por ofrecer amplia cobertura y alta velocidad.

Acerca de la tecnología ZigBee, ésta funciona en estructura de malla principalmente en la frecuencia de 2.4 GHz, se utiliza para aplicaciones que requieren comunicaciones con una baja tasa de envío de datos (alrededor de 250 kbps), como es el caso de hogares inteligentes, sensores médicos y juguetes. Esta tecnología busca maximizar la vida útil de las baterías de los dispositivos y su alcance es de alrededor de 100 metros.

De otra parte, las redes 6LoWPAN son redes de malla inalámbricas y escalables, de área personal y baja potencia, basadas en IPv6 que permiten la comunicación entre los nodos y los dispositivos IP y ofrece libertad de banda de frecuencia. Fueron diseñadas especialmente para aplicaciones de hogares y edificios inteligentes

Respecto de las tecnologías descritas en este numeral, en la Tabla 2 se presentan las características técnicas más relevantes y el tipo de uso de espectro que aplica.

**Tabla 2. Resumen de tecnologías para aplicaciones de IoT**

Característica	Fibra óptica	SigFox	LoRaWAN	LTE-M	NB-IoT	Bluetooth	WIFI	ZigBee	6LoWPAN
<b>Estándar</b>	IEEE 802.3ae	SigFox	LoRaWAN	LTE M	NB-IoT	Bluetooth V4.0	IEEE 802.11ah	IEEE 802.15.4	
<b>Frecuencia de operación (MHz)</b>	NA	902 868	434 863-870 779-787 902-928	LTE	LTE	2400	2400 5000 6000	868 915 2400	868-868.6 902-929 2400
<b>Canales</b>	-	360 (40 reservadas)	80 (902-928) 10 (otras bandas)	-	-	40 (en FDMA)	26 (en base a 802.11a/g)	1 (868) 10 (915) 16 (2400)	1 (868.3) 10 (915) 16 (2400)
<b>Ancho de banda</b>	200 MHz - 1 THz	(100 Hz) (1.2 KHz)	0.125 0.25 0.5	14 MHz	180 KHz	2	1-16	2	0.6 2 5
<b>Alcance (Km)</b>	.	3-10 (Urbano)	5-15 (Urbano)	10-12	3	0.01-0.5	1	0.01-0.1	0.01-0.1

<b>Velocidad de datos (kbps)</b>	1.000.000 - 40.000.000	0.1-06	0.3-50	384	<100	1000	100 (min.)	20-250	20-250
<b>Topología de red</b>	Anillo	Estrella	Estrella	-	-	P2P Estrella	Árbol Estrella	P2P, Malla Estrellar Árbol	Malla
<b>Tipo de uso de espectro</b>	NA	No licenciado	No licenciado	Licenciado	Licenciado	No licenciado	No licenciado	No licenciado	No licenciado

Fuente: Elaboración ANE a partir de información de ARDUINO Internet de las cosas [36]

Dado lo anterior, es claro que el desarrollo de IoT puede apalancarse en redes alámbricas e inalámbricas y que estas últimas pueden operar en espectro licenciado o no licenciado, dependiendo de los requerimientos de las soluciones respecto del alcance y cantidad de datos suministrados por los dispositivos conectados.

Así las cosas y a manera de ejemplo, una solución para monitorear la red de acueducto de un municipio debe contar con cobertura en dicho territorio y alta capacidad para el transporte de los datos generados en tiempo real (hasta el centro de gestión y control) por los sensores de flujo, nivel y presión instalados a lo largo de la infraestructura y por los medidores instalados en cada una de las viviendas que reciben el recurso hídrico. En este caso en particular, se podría hacer uso de una red de fibra óptica o de una red móvil que haga uso de la tecnología LTE-M que satisfaga estas necesidades.

Ahora bien, si se trata de una solución para un pequeño cultivo se debe contar con la cobertura del terreno y bajos requerimientos de capacidad, toda vez que no se requiere realizar seguimiento en tiempo real a las variables de interés, a diferencia del caso anterior. En este caso, se podría hacer uso de una red Bluetooth, Wifi, LORA o Sigfox.

#### 4.1.3 Bandas de frecuencia de operación:

En este apartado se consideran las bandas de frecuencias en que operan los dispositivos, como sensores<sup>18</sup> y actuadores<sup>19</sup> que se utilizan en soluciones IoT y las

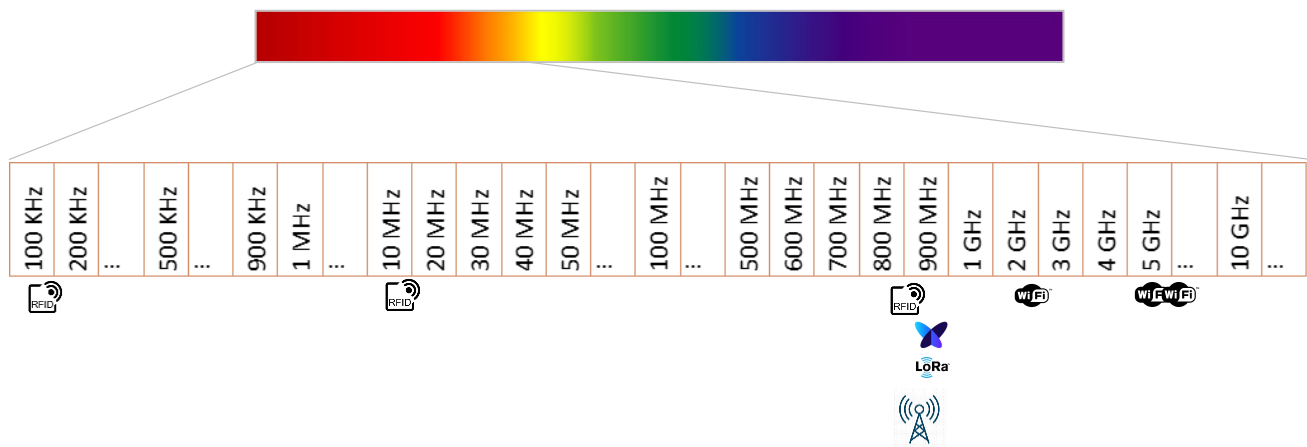
<sup>18</sup> Son dispositivos que permiten monitorear, medir y recolectar datos respecto de variables tales como presión, nivel, humedad, temperatura, radiación, movimiento, proximidad, velocidad, salinidad y flujo.

<sup>19</sup> Son dispositivos que realizan una acción en cumplimiento de una orden dada por un sistema de gestión y control, por ejemplo, poner en marcha un motor, encender una luz.

bandas de operación de las redes que permiten la conectividad entre dichos dispositivos, así como también la nube y las herramientas de analítica y gestión.

En algunos casos las bandas en que pueden operar los dispositivos de IoT difieren de las bandas de frecuencia aceptadas en Colombia para el funcionamiento de esta tecnología en espectro no licenciado. Por esta razón, en la Figura 8 se presenta la relación entre algunas tecnologías de dispositivos IoT y las bandas de frecuencia disponibles en el país.

**Figura 8. Frecuencias de operación de algunos dispositivos de IoT**



Fuente: Elaboración ANE a partir de información de ARDUINO Internet de las cosas [36]

La tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID por sus siglas en inglés), es una tecnología de bajo costo que permite identificar y monitorear cualquier objeto en tiempo real, y se puede utilizar en las frecuencias de 125 kHz, 13,56 MHz y 800-960 MHz [37]. Sin embargo, en Colombia, las bandas de 125 kHz y 13,56 MHz están asignadas para servicios fijos y la banda de frecuencias de 800-960 MHz está dividida en una fracción destinada para IMT (850-900 MHz) y otra porción (915-928 MHz) destinada para uso no licenciado, por lo que esta tecnología podría implementarse en el rango de frecuencias no licenciadas para evitar interferencias con otros servicios.

Entre tanto, los dispositivos que son fabricados para operar en redes Sigfox utilizan la banda de 868 MHz en Europa y la banda de 902 MHz en Estados Unidos; en el caso de LORA, los dispositivos se diseñan para operar en las bandas de 863 a 870 MHz en Europa y de 902 a 928 MHz en Estados Unidos y para 6LoWPAN, los dispositivos se diseñan para operar en las bandas de 865.3 a 868.3 MHz en Europa y 906 a 924 MHz



en Estados Unidos. Lo anterior implica que en Colombia estos dispositivos deberían funcionar únicamente en el rango de 915 a 928 MHz, espectro que no requiere licenciamiento, no cuenta con protección ante interferencias y para su uso se deben atender ciertos requerimientos técnicos.

#### 4.1.4 Gestión del espectro:

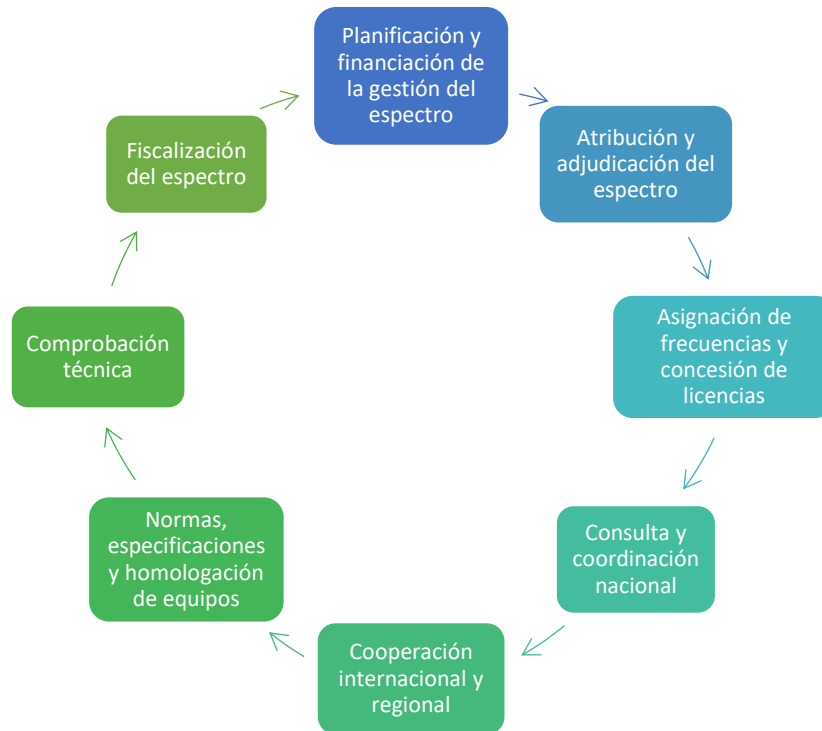
El espectro radioeléctrico es un recurso escaso y fundamental para la prestación de los servicios de radiocomunicaciones, por lo que la administración de este recurso escaso es esencial para evitar interferencias entre servicios, garantizar la continuidad, disponibilidad de los servicios y la provisión de servicios que generan beneficios a la sociedad, entre otros aspectos.

A nivel mundial, la UIT es la encargada de la gestión del espectro radioeléctrico, para lo cual ha dado lineamientos claros respecto a la gestión que debe realizarse en el ámbito nacional [38]. De acuerdo con estos lineamientos, la gestión del espectro debe garantizar la disponibilidad del espectro a corto y largo plazo necesario para el cumplimiento de la misión de organizaciones públicas y el correcto funcionamiento de las comunicaciones comerciales privadas y de la radiodifusión.

Dentro de los objetivos de la gestión del espectro se destacan: impulsar las innovaciones en el desarrollo de infraestructuras y prestación de servicios de radiocomunicaciones, fomentar la conservación de los recursos naturales, ofrecer servicios de telecomunicaciones eficaces, a escala nacional y a escala mundial para usos personales y comerciales, promover la investigación científica, el desarrollo de recursos y su prospección, procurar la reducción de la brecha digital, entre otros.

Para trabajar en línea con estos objetivos la UIT [38] plantea las funciones básicas de la gestión nacional del espectro que se resumen en la Figura 9.

Figura 9. Funciones básicas de la gestión nacional de espectro



Fuente: Elaboración ANE a partir del Manual sobre la Gestión nacional del espectro de la UIT [38]

Si bien existen diferentes modelos de gestión del espectro, para el presente estudio se considera pertinente describir los modelos de comando y control, orientado al mercado y de uso común o no licenciado. En el caso del modelo de comando y control, el uso del espectro está atado a un permiso mediante una licencia donde se detalla el uso que se le puede dar a este recurso, los niveles de potencia permitidos y en algunos casos la tecnología y ubicación de los equipos de transmisión y su objetivo es la minimización de interferencias [39].

Por su parte, en el modelo orientado al mercado, la oferta y demanda influyen en la atribución y asignación del espectro radioeléctrico, pues la licencia para su uso es otorgada mediante subasta. Mientras que en el modelo de uso común o no licenciado algunas bandas de frecuencia pueden ser usadas de manera libre por parte del público en general, sin embargo, para ello deben tener en cuenta algunas características técnicas, dentro de las cuales se encuentran los niveles de potencia de transmisión, con el fin de evitar o disminuir la probabilidad de interferencias.

A continuación, se presenta una relación de los modelos antes descritos con las bandas de frecuencia y algunas aplicaciones o servicios TIC.

**Tabla 3. Modelos de gestión, servicios y bandas de frecuencia**

Modelo	Servicios o aplicaciones	Bandas de frecuencia
<b>Comando y control</b>	Los 41 servicios de radiocomunicaciones definidos en el UIT-RR	Desde 3 kHz hasta 300 GHz, exceptuando las bandas que hacen parte del modelo orientado al mercado.
<b>Orientado al mercado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IMT</li> <li>- Radiodifusión</li> </ul>	Bandas específicas en UHF (300 MHz a 3 GHz) y algunas bandas en SHF (3 a 30 GHz)
<b>Uso común o no licenciado</b>	Las aplicaciones y servicios contenidos en el Anexo 1 de la Resolución 105 de 2020	Las bandas de frecuencia relacionadas en el Anexo 1 de la Resolución 105 de 2020

Fuente: Elaboración ANE a partir del documento "Conceptualización, principios y objetivos de los modelos de gestión de espectro" [39]

Frente al desarrollo de IoT en Colombia, la conectividad a través de redes inalámbricas podría darse a través de cualquiera de los tres modelos del espectro presentados en la Tabla 3.

## 4.2 ASPECTOS ECONÓMICOS

En esta sección se explican los aspectos económicos relevantes en relación con las soluciones IoT y el mercado colombiano, para tal efecto se abordan las siguientes temáticas: I) la industria 4.0 y su impacto en la economía, II) el rol de IoT para alcanzar las metas de los objetivos de desarrollo sostenible, III) el mercado de dispositivos y conectividad de soluciones IoT y IV) Uso del espectro no licenciado.

### 4.2.1 La industria 4.0 y su impacto en la economía

La industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, hace referencia a la cuarta etapa industrial más importante desde el inicio de la revolución industrial. El uso de este concepto ha aumentado en los últimos años y,

como se explicó previamente, hace referencia a un cambio industrial guiado hacia el uso de tecnologías para la automatización de procesos. La cuarta revolución industrial podría tener un alto impacto en la vida diaria y no solamente en procesos manufactureros o industriales.

En concreto, la cuarta revolución industrial pretende integrar el mundo físico con el digital y así transformar los productos, las cadenas de valor y la experiencia de los usuarios. En el caso de los productos, las tecnologías emergentes podrían convertir la forma como se diseñan y se desarrollan, además se espera que la incorporación de nuevas tecnologías amplie la oferta de nuevos productos. Por su parte, en las cadenas de valor, se podrán desarrollar capacidades de logística y suministro para contar con fábricas inteligentes, mientras que en el caso de los usuarios, la recolección de datos conllevará a un mayor entendimiento de los clientes para adaptar las estrategias de mercado de acuerdo con sus preferencias para ofrecerles una mejor experiencia [40].

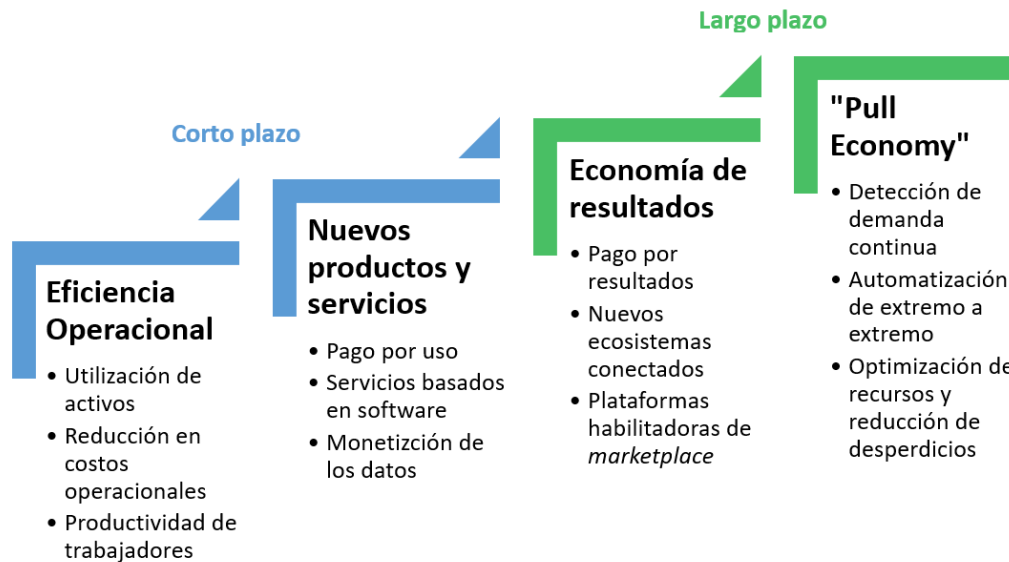
A medida que se avanza en la industria 4.0 se espera una transformación de los mercados y que la forma como los agentes de cada mercado integran información y nuevas tecnologías les permita tomar decisiones más acertadas. El IoT corresponde a una de las tecnologías relevantes para el desarrollo de la industria 4.0 en las economías, ya que permite capturar datos para usarlos en la toma de decisiones incluso en tiempo real si se requiere.

De ahí que, el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés) considera que la implementación de IoT tiene cuatro efectos sobre la economía, los cuales se resumen en la Figura 10. Los primeros dos corresponden a la mejora en la eficiencia de operaciones y en los nuevos productos y servicios, y se podrían percibir en el corto plazo. Mientras que en el largo plazo se espera una transición hacia una economía de resultados, que se caracterice por un ecosistema digital conectado con tecnologías, seguido de una transformación hacia una “Pull Economy”<sup>20</sup> que hace referencia a un cambio de la producción en masa por una producción personalizada de acuerdo con las necesidades de los clientes.

<sup>20</sup> John Hagel plantea como ejemplo el consumo de medios de comunicación para entender la diferencia entre una “Push Economy” y una “Pull Economy”: ver un noticiero de una cadena de televisión corresponde al concepto “push”, mientras que usar un motor de búsqueda para consumir las noticias de interés representa el concepto “pull”. Así, la “Pull Economy” hace referencia al uso de softwares para anticiparse a ofrecer productos de manera correcta que satisfagan la demanda. [96]



Figura 10. Impactos de la adopción de IoT en la economía



Fuente: Adaptado de documento del documento del WEF [41] (traducción propia)

En la misma línea, el BID explica que la infraestructura digital en TIC y IoT puede tener impactos directos e indirectos en la productividad y el crecimiento económico, como se muestra en la Tabla 4 [42].

Tabla 4 Impactos económicos de la implementación de IoT

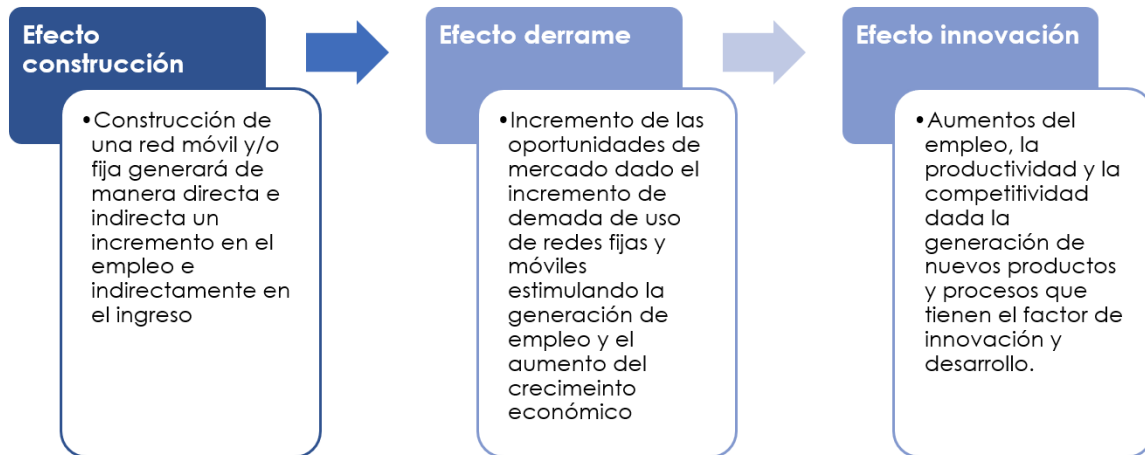
Impacto directo	Impacto indirecto
Puede generar un gasto de capital, dado que los agentes del mercado tendrán incentivos a realizar inversiones para aprovechar el uso de IoT. Lo anterior producirá un crecimiento del Producto Interno Bruto PIB	Puede generar el desarrollo de encadenamientos horizontales intra-industrias y verticales entre industrias. Asimismo, permite un aumento en la calidad del capital y el desarrollo de habilidades, conllevando a una mejora en la productividad.

Fuente: BID [42]

Estos impactos se pueden ver reflejados en un aumento de la eficiencia en el uso de los insumos de capital y trabajo en los procesos de producción. En suma, estos recursos destinados a la aplicación y desarrollo de IoT forman parte de la inversión

en las TIC y genera efectos sobre el crecimiento económico y el mercado laboral de la siguiente manera [42] [43]:

**Figura 11. Efectos económicos encadenado de la implementación de IoT**



Fuente: BID [42]

De esta manera, se espera que la implementación de IoT no solo ayude a la eficiencia de procesos sino también a tener un impacto sobre el desarrollo de la economía, e incluso un cambio en los métodos de producción tradicionales, en la experiencia del usuario y mucho más.

#### 4.2.2 Rol de IoT para alcanzar las metas de los objetivos de desarrollo sostenible

El impacto de la implementación de IoT sobre el desarrollo también se evidencia en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los ODS fueron planteados en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas y corresponden a objetivos interconectados que los gobiernos deben cumplir a 2030 para asegurar un futuro más sostenible, que incluye la mejora conjunta del bienestar de la sociedad en aspectos sociales, ambientales, económicos, transparencia gubernamental, etc.

Los ODS son un conjunto de 17 objetivos generales, asociados a temáticas tales como industria, innovación e infraestructura; ciudades y comunidades sostenibles, energía asequible y no contaminante, salud y bienestar, y producción y consumo responsables. Cada objetivo cuenta con al menos cuatro (4) metas que permiten a los países avanzar en ese objetivo en particular. La institucionalización de los ODS se

da a partir de la planeación, monitoreo y evaluación que cada gobierno realice a través de políticas públicas, planes, acciones y programas. [44]

En relación con el desarrollo de soluciones IoT, el objetivo nueve “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación” hace referencia de manera específica a las TIC y cómo estas pueden contribuir al desarrollo sostenible. En particular, la meta 9.b busca “Apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales en los países en desarrollo, incluso garantizando un entorno normativo propicio para la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas”.

El desarrollo de IoT proporciona la interconexión de dispositivos en diferentes ambientes como el hogar, trabajo, locaciones y vehículos, entre otros, a través del uso de sensores y aplicaciones que permiten recopilar información, la cual puede utilizarse para realizar seguimiento y gestión de procesos y aplicación de procesos de analítica que fortalezcan la toma de decisiones en función del desarrollo sostenible. Como resultado, la versatilidad sectorial en la aplicación y desarrollo de IoT contribuye de manera transversal en el avance de las metas de la mayoría de los ODS.

En este sentido, el foro anual de IoTweek<sup>21</sup> en 2017 identificó una relación directa entre el desarrollo de IoT y la consecución de metas de los ODS dado el potencial de crear una sociedad eficiente, efectiva y segura que aproveche los dispositivos conectados para gestionar los principales desafíos globales que enfrentan esta generación y las futuras [45] [46]. De forma general, el foro establece la relación de 10 actividades de desarrollo de IoT y como estas pueden contribuir en el avance del cumplimiento de los 17 ODS como se observa en el Anexo 1.

En el mismo sentido, la WEF también ha estudiado la relación entre IoT y los ODS. En su estudio “Internet of Things Guidelines for Sustainability”, evaluaron 640 proyectos de IoT y su relación con los 17 ODS y encontraron que el 84% de estas iniciativas de IoT están encaminadas o tienen un importante potencial de abordar las metas de los ODS y el 75% están enfocadas en ODS relacionados con industria y comercio. Por esta razón, el WEF afirma que el desarrollo de IoT podrá traer grandes beneficios a la economía sin comprometer la viabilidad comercial de estos proyectos.

<sup>21</sup> Es una organización internacional independiente que tiene como objetivos promover el dialogo internacional y la cooperación del IoT, organizar eventos y conferencias relacionadas con IoT y desarrollar actividades y sinergias entre los miembros de la organización.

De esta manera, la expansión de proyectos IoT se ha convertido en una estrategia del WEF para acelerar el progreso en el cumplimiento de los 17 ODS. Específicamente, el uso de IoT tiene como objetivo medir y controlar remotamente objetos que antes estaban desconectados, llegando a personas que no tenían acceso a la tecnología y, de esta manera, se apoya implícitamente el cumplimiento de dichos objetivos [47].

#### 4.2.3 El mercado de dispositivos y conectividad de soluciones IoT

Diferentes organizaciones, como la UIT, han caracterizado la cadena de valor de las soluciones IoT en el mundo (ver Figura 2). En el caso colombiano, como se presentó previamente, la CRC en su estudio de mercado que incluye un primer acercamiento a las cifras de esta tecnología en el país, presenta la cadena de valor definida por la secuencia de servicios posibles de la oferta (Figura 5).

Con estas referencias, para el presente estudio se plantea una propuesta de cadena de valor para el mercado de IoT, agrupada en tres grandes eslabones que corresponden a dispositivos, conectividad y aplicación (Ver Figura 12).

**Figura 12. Cadena de valor de IoT**



Fuente: Adaptado a partir de OMDIA [48] y Analysys Mason [49]

**Dispositivos:** Este eslabón de la cadena contempla los elementos de hardware (dispositivos, sensores y otros equipos de IoT), por ejemplo: un medidor inteligente, que incluye sensores para capturar datos y hacer cambios de acuerdo con el desempeño. En este eslabón de la cadena encontramos a las empresas oferentes de dispositivos IoT, que también incluyen a los fabricantes de hardware (equipos, sensores y SIM para comunicaciones), por lo que en el ejercicio de la gestión del



espectro que lleva a cabo la ANE se debe tener en cuenta, como se dijo en la sección 4.1.3, la frecuencia de operación para la cual son fabricados los dispositivos IoT. Por su parte, los demandantes de soluciones IoT corresponden a personas, empresas de diferentes actividades económicas, entidades gubernamentales e iniciativas específicas transversales a varios sectores, como ciudades y territorios inteligentes.

Conectividad: Corresponde al diseño y despliegue de la infraestructura que permite la conectividad para la implementación de IoT. Entre las tecnologías de conectividad para IoT se encuentran las mencionadas en la Tabla 2. y los oferentes en este eslabón de la cadena son los proveedores que ofrecen conectividad a través de redes de comunicación públicas alámbricas (proveedores de servicios a través de redes fijas) e inalámbricas (proveedores de servicios a través de redes móviles o a través de redes que hacen uso de espectro no licenciado), que en algunos casos corresponde a los mismos proveedores de soluciones IoT, mientras que la demanda corresponde a las empresas proveedoras de soluciones IoT que tercericen los temas de conectividad, así como a las personas y empresas de diferentes sectores económicos, entidades gubernamentales y sectores específicos que necesiten de conectividad para la implementación de estas soluciones.

Aplicación: Corresponde a la parte final de la cadena que puede integrar uno o varios servicios: *backend*<sup>22</sup>, tales como procesamiento de los datos recolectados, integración de las soluciones IoT en el ecosistema TI. En este eslabón de la cadena, los oferentes son las empresas que ofrecen servicios relacionados con aplicaciones para soluciones IoT, usualmente las empresas proveedoras de dispositivos o de conectividad, también ofrecen aplicaciones de IoT, por lo que se suele ofrecer estos servicios de manera “empaquetada”. Mientras que los demandantes corresponden a las personas, las empresas de diferentes sectores económicos, entidades gubernamentales y sectores específicos que ya cuenten con soluciones IoT y la conectividad.

A pesar de que los eslabones de dispositivos y aplicaciones están compuestos a su vez por tres servicios diferentes, en algunos casos estos servicios podrían ser prestados por una misma empresa o por varias. Es usual encontrar que algunas empresas se dedican a prestar más de un servicio, sin embargo, no siempre sucede así. De

<sup>22</sup> Se hace referencia a *backend* como aquella parte de un sistema o aplicación al que el usuario no tiene acceso directo. Por ejemplo, el proceso para el almacenamiento de datos que captura algún dispositivo.

acuerdo con lo planteado por la UIT<sup>23</sup>, pueden existir varios modelos de interacción entre los agentes de la cadena de valor y el cliente final [2]:

- Todos los servicios de la cadena son suministrados por la empresa A.
- Los dispositivos y la conectividad son suministradas por la empresa A, mientras que la aplicación es suministrada por la empresa B.
- Los dispositivos y la aplicación son suministradas por la empresa A, mientras que la conectividad es suministrada por la empresa B
- Los servicios de dispositivos son suministrados por la empresa A, la conectividad es suministrada por la empresa B y la aplicación es suministrada por la empresa C.

A partir de estas interacciones, se utiliza en adelante en este documento el concepto de proveedores de soluciones IoT que contempla aquellos actores que suministran dispositivos o aplicación de soluciones IoT. Aunque se reconoce que en algunos casos el proveedor de conectividad podría ser el mismo oferente en el eslabón previo o siguiente de la cadena de valor, se identifica como un actor por separado para facilitar la identificación de la problemática.

El presente estudio se enfocará en los dos primeros eslabones de la cadena de valor, teniendo en cuenta que en éstos el espectro radioeléctrico tiene un impacto directo. En el eslabón de dispositivos, por ejemplo, la gestión del espectro debería contemplar los requerimientos técnicos de los dispositivos IoT para una planificación que permita el despliegue de esta tecnología en el país. Adicionalmente, la oferta de conectividad por parte de operadores móviles o empresas especializadas dependerá del acceso que los mismos tengan a este recurso escaso, ya sea de uso libre o licenciado. De esta manera en adelante se hablará del mercado de dispositivos y de conectividad para las soluciones IoT.

Ahora bien, en cuanto a la demanda de dispositivos y conectividad para las soluciones IoT, no se cuenta con datos oficiales reportados para Colombia. Sin embargo, como se presentó previamente en la sección 1.3, se espera en los próximos años un crecimiento acelerado, lo que evidencia la importancia del espectro radioeléctrico como insumo para la implementación de esta tecnología. Por esta razón, se hace necesario tener un mejor entendimiento del mercado de IoT en el país, y así utilizar esta información para mejorar la planificación del espectro radioeléctrico en los próximos años, de forma que se garantice un uso más eficiente.

<sup>23</sup> La UIT plantea cinco modelos posibles para su cadena de valor (ver Figura 2). Se presentan los modelos que apliquen para la cadena de valor planteada en la Figura 12.

#### 4.2.4 Uso del espectro no licenciado

Actualmente las soluciones de IoT se implementan en espectro licenciado (IMT) y en espectro no licenciado, sin embargo, una de las desventajas del espectro no licenciado es que su uso es susceptible de interferencias, especialmente cuando sus usuarios lo utilizan de manera intensiva [50].

En el caso del espectro radioeléctrico, se hace referencia a un bien público limitado por lo tanto su oferta es rígida, mientras que su demanda es creciente. Específicamente, el espectro no licenciado podría considerarse un bien no excluyente<sup>24</sup> en su acceso, es decir que cualquier persona puede hacer uso de este bien siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones técnicas generales. Por ejemplo, cualquier persona puede hacer uso del espectro por medio de tecnologías tales como Wi-Fi o Bluetooth [53] [54] [55] [56] [57].

Además, el espectro no licenciado podría considerarse un bien rival<sup>25</sup>, ya que varios dispositivos conviven en una misma banda de frecuencia y el aumento de usuarios o un uso incorrecto del espectro podrían llevar a un menor aprovechamiento.

Dado lo anterior, ante un incremento en el número de usuarios, como se estima en el caso de las conexiones de dispositivos IoT, se podría experimentar degradación en las comunicaciones bajo ciertas condiciones [53] [58] [59] [60] [61] [62].

No obstante, el espectro no licenciado es un modelo de gestión exitoso alrededor del mundo, ya que evidencia la capacidad de convivencia de diferentes dispositivos y aplicaciones en una misma banda de frecuencia sin la necesidad de intervención de un tercero. También su gran atractivo se apoya en los millones de usuarios con diferentes intereses que hacen uso de este recurso.

<sup>24</sup> Bienes cuyo consumo no es posible excluir a ninguna persona y por cuyo uso es difícil o imposible de cobrar [115]

<sup>25</sup> Bien cuyo coste marginal de provisión a un consumidor adicional es cero [115]

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS

Teniendo en cuenta que en los diferentes sectores de la economía del país se pueden implementar aplicaciones IoT y que el IoT es la base fundamental para la implementación de ciudades inteligentes, se identificaron los siguientes grupos de interés:

**Tabla 5. Grupos de interés**

Grupo	Descripción	Interés
Ministerio de tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Mintic)	Definió los lineamientos generales para la adopción e implementación de la estrategia de Ciudades y Territorios Inteligentes (CTI).	Contar con información del espectro que puede utilizarse para la implementación de soluciones IoT que apalancan la implementación de la estrategia de CTI.
Centro de la cuarta revolución industrial (C4IR)	Genera lineamientos para el desarrollo de pilotos por parte de las ciudades para contribuir a la construcción de propuestas de marco normativo que respondan a una estrategia unificada de ciudades y territorios inteligentes, incluyentes y sostenibles.	Contar con información del espectro que puede utilizarse para la implementación de soluciones IoT, que contribuyan a la transformación digital del país.
Proveedores de soluciones IoT	Empresas que suministran soluciones basadas en aplicaciones IoT	Contar con condiciones idóneas para la implementación de soluciones IoT en diferentes bandas de frecuencia.
Demandantes de soluciones IoT	Empresas o personas que requieren soluciones de IoT para optimizar sus procesos o mejorar su bienestar	Contar con condiciones idóneas para su transformación digital y mejorar su competitividad
Proveedores de conectividad	Empresas que proveen la conectividad necesaria para la implementación de soluciones IoT, a través de redes alámbricas e inalámbricas.	Divulgación respecto de los beneficios de las soluciones IoT



Grupo	Descripción	Interés
Centros de innovación de Impulsa	Apalanca proyectos de innovación	La masificación de IoT en Colombia
Superintendencia de Industria y Comercio (SIC)	Toman medidas que eviten prácticas restrictivas de la competencia y abusos a los usuarios	Una libre competencia en el mercado de IoT y el bienestar de los usuarios
Departamento Nacional de Planeación (DNP)	Define políticas tendientes a promover el desarrollo de tecnologías emergentes	Avance en la transformación digital del país

Fuente: Elaboración ANE

## 6. ÁRBOL DEL PROBLEMA

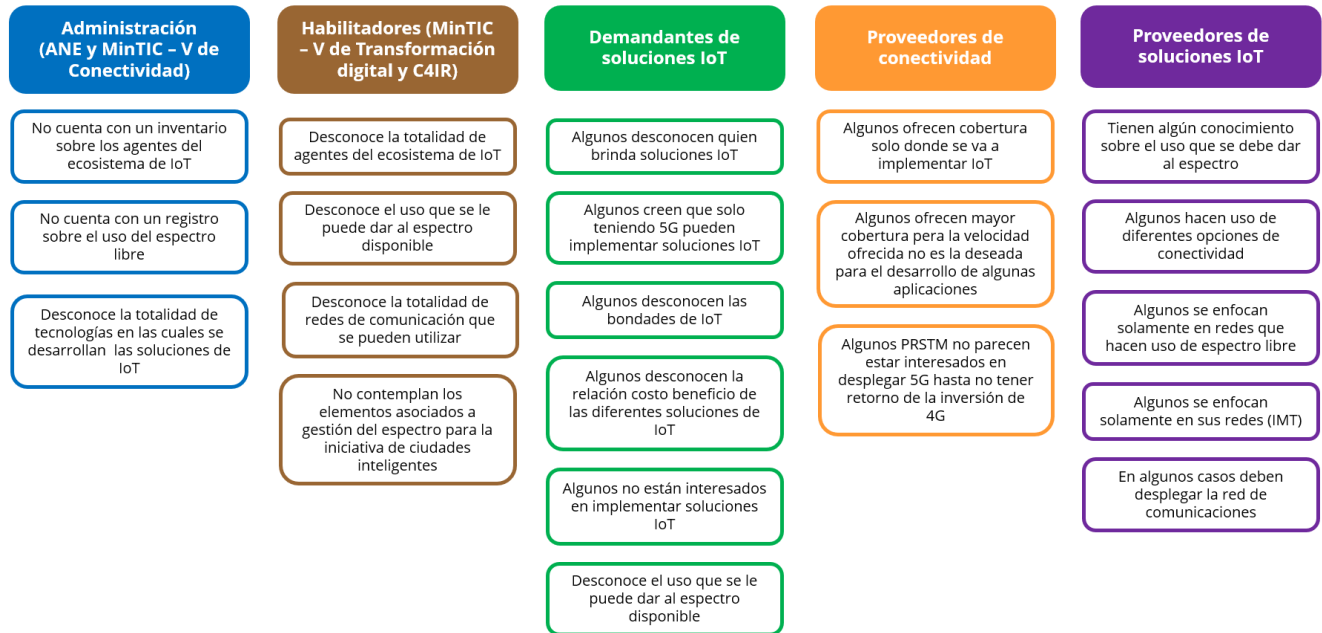
Luego de analizar las necesidades identificadas en el marco de la construcción del PMGE, la ANE durante los meses de marzo y abril de 2022 adelantó mesas de trabajo con algunos agentes del ecosistema de IoT con el fin de evidenciar los diferentes aspectos a tener en cuenta en el abordaje de las necesidades de espectro para la implementación de soluciones IoT en el país, lo que dio como resultado la clasificación de problemáticas por tipo de agente, como se presenta en la Figura 13.

De acuerdo con la cadena de valor planteada en el numeral 4.2, se identificó a los demandantes de soluciones IoT, proveedores de conectividad y proveedores de soluciones IoT. Como se mencionó previamente, los demandantes de soluciones IoT hacen referencia a personas, empresas de diferentes actividades económicas, entidades gubernamentales e iniciativas específicas transversales a varios sectores como ciudades inteligentes.

Por su parte, los proveedores de conectividad hacen referencia a las empresas que ofrecen redes de comunicación públicas alámbricas e inalámbricas. Por último, los proveedores de soluciones IoT contemplan aquellos actores que suministran dispositivos o aplicaciones para estas soluciones y, como se indicó previamente, aunque se reconoce que en algunos casos una misma empresa podría ofrecer tanto las soluciones como la conectividad, se hace la diferenciación para facilitar la identificación de las problemáticas.

Adicionalmente, en el marco de la formulación del problema, se incluyen los agentes que participan de manera transversal en el mercado, como son la administración y los habilitadores. En el primer grupo se encuentra la ANE y el Viceministerio de Conectividad del Mintic como entidades del gobierno encargadas de la administración del espectro radioeléctrico, insumo primordial para el suministro de conectividad a través de redes inalámbricas, mientras que dentro de los habilitadores se encuentran las entidades habilitadoras como es el caso del Viceministerio de Transformación digital del Mintic y empresas habilitadoras tales como el C4IR, que se encargan de promover el desarrollo de IoT en el país.

Figura 13. Clasificación de problemáticas según actores

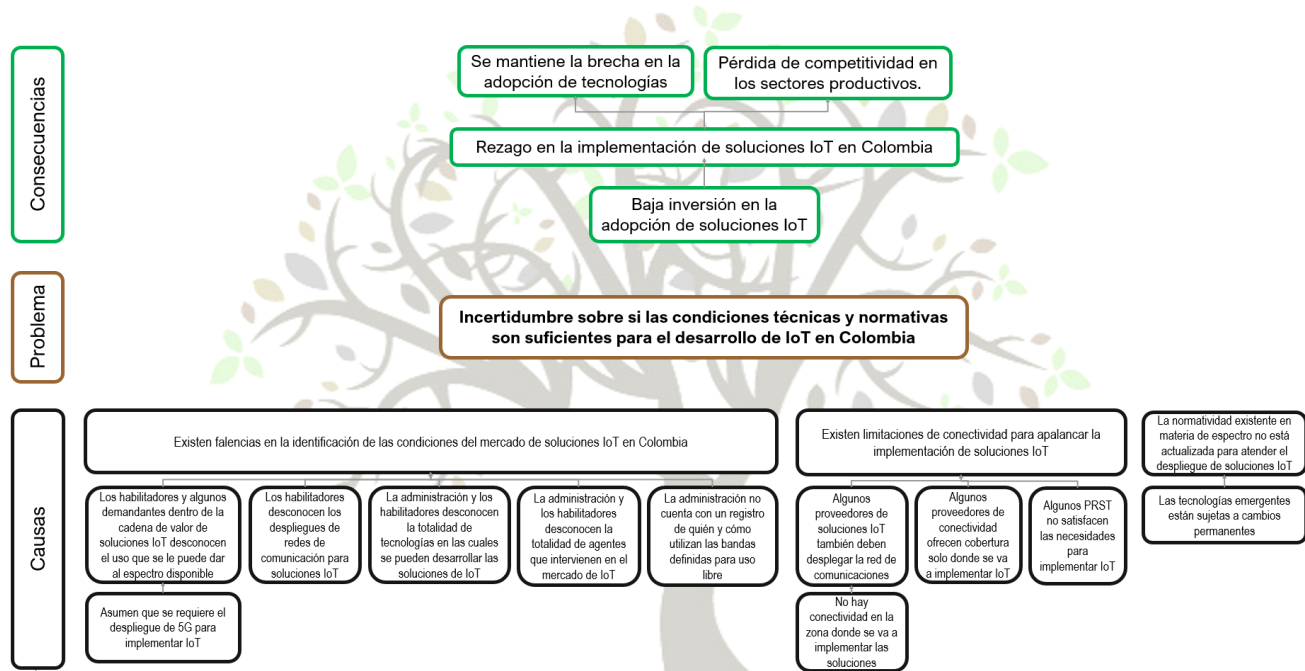


Fuente: Elaboración ANE

Si bien, algunas de las problemáticas identificadas no tratan específicamente el tema que nos atañe, es decir, la disponibilidad de espectro para la implementación de IoT en Colombia, tal como se indicó en la sección 4, es importante tener presente dichas situaciones, toda vez que tienen relación con el desarrollo de esta tecnología y en otros casos con las bandas de frecuencia que soportan su funcionamiento.

Así pues, a partir de estos ejercicios y de la revisión de algunos de los casos de uso que se encuentran en desarrollo en el país, así como de las proyecciones de crecimiento para el IoT en Colombia, se identificaron algunas problemáticas que confluyen en el árbol del problema que se presenta a continuación, en donde se considera como problema a resolver la "Incertidumbre sobre si las condiciones técnicas y normativas son suficientes para el desarrollo de IoT en Colombia".

Figura 14. Árbol del problema.



Fuente: Elaboración ANE

En aras de dar claridad respecto de la relación existente entre los elementos que hacen parte del árbol del problema, a continuación, se describen las causas del problema y las consecuencias o efectos generados por su materialización.

## 6.1 CAUSAS

En el marco de la construcción del árbol del problema se identificaron tres (3) causas principales, de las cuales se desprenden subcausas que permiten explicar el motivo por el cual dichas situaciones generan el problema planteado. A continuación, se describen las causas y subcausas identificadas.

### 6.1.1 Existen falencias en la identificación de las condiciones del mercado de soluciones IoT en Colombia

Como se explicó previamente en la sección 1.3, las proyecciones sugieren que el mercado de soluciones IoT tiene un alto potencial de crecimiento para los próximos años, específicamente en la región latinoamericana se espera que haya un crecimiento de 76,4% entre 2020 y 2025. Sin embargo, no existen cifras actualizadas



sobre el mercado de soluciones de IoT en Colombia, pues actualmente no se conoce una parte de los agentes que participan en el mercado y no se cuenta con estimaciones sobre el comportamiento de la demanda en los próximos años. A pesar de que en 2016 la CRC realizó un estudio en el que presentó cifras sobre inversión de IoT en algunos sectores de la economía del país y planteó recomendaciones a algunas entidades para promover el desarrollo de Internet de las Cosas [12], los últimos años han sido críticos para el impulso de la transformación digital, razón por la cual no es claro si el análisis llevado a cabo en su momento sigue vigente para el desarrollo de este estudio.

Asimismo, es necesario tener en cuenta que la identificación de condiciones de oferta y demanda es un insumo necesario para facilitar la planeación del espectro radioeléctrico con relación a las necesidades que se presentan en diferentes sectores, o de acuerdo con las tecnologías y su compatibilidad con ciertas bandas de frecuencia, como se explicó en la sección 4.1.3. Teniendo en cuenta la relevancia del avance en la implementación de IoT en los sectores de la economía, es importante que la ANE cuente con información actualizada para asegurar que el espectro no se convierta en un obstáculo para la implementación de esta tecnología en Colombia.

#### 6.1.1.1 *Los habilitadores<sup>26</sup> y algunos demandantes dentro de la cadena de valor de soluciones IoT desconocen el uso que se le puede dar al espectro disponible*

Si bien en algunos escenarios<sup>27</sup> se ha enfatizado la importancia del despliegue de 5G para el desarrollo y masificación de IoT en el mundo, cabe precisar que actualmente existen soluciones IoT que pueden ser implementadas en bandas de espectro no licenciado haciendo uso de tecnologías tales como Sigfox, LORA, Wifi y Bluetooth (dependiendo de las necesidades propias de la aplicación) o, incluso en las bandas de espectro licenciado a través de las redes IMT que actualmente están operando en el país, así como apalancarse en las redes alámbricas, especialmente las que hacen uso de fibra óptica.

No obstante, en los escenarios de discusión sobre la implementación de soluciones IoT en el marco de la iniciativa de Ciudades y Territorios Inteligentes (CTI), al igual que con sectores de la economía que buscan implementar tecnologías disruptivas para mejorar sus procesos, se ha evidenciado que dichos agentes condicionan la

<sup>26</sup> Corresponden al Viceministerio de Transformación digital del Mintic, como entidad habilitadora y al C4IR, como empresa habilitadora; que se encargan de promover el desarrollo de IoT en el país.

<sup>27</sup> Reuniones con el Viceministerio de Transformación Digital de MinTIC y con el C4IR, llevadas a cabo el 1, 8, 15 y 24 de marzo de 2022.

implementación de sus soluciones de conectividad al despliegue de 5G en el país o a un acceso exclusivo de espectro, a pesar de que actualmente existen soluciones que pueden implementarse en tecnologías diferentes a 5G o en espectro no licenciado.

#### 6.1.1.2 *Los habilitadores<sup>28</sup> desconocen los despliegues de redes de comunicación para soluciones IoT*

En Colombia existen soluciones de IoT implementadas a través redes Wifi, LORA, Sigfox y en otros casos a través de las redes IMT, por ejemplo, en las redes 2G, 3G y 4G de los operadores móviles<sup>29</sup>, sin embargo, de las interacciones con habilitadores de la economía digital en el país<sup>30</sup>, se evidenció que se desconoce el despliegue respecto de algunas redes LPWAN en el país y de la existencia de otras redes de comunicación para aportar la conectividad a las soluciones IoT.

#### 6.1.1.3 *La administración<sup>31</sup> y los habilitadores<sup>32</sup> desconocen la totalidad de tecnologías en las cuales se pueden desarrollar las soluciones de IoT*

Adicionalmente a las tecnologías mencionadas en el numeral 4, los proveedores de soluciones IoT afirman que en Europa el próximo uso de tecnología satelital estará enfocado en atender necesidades de conectividad en IoT<sup>33</sup>. Esto sugiere que en la medida que se identifiquen nuevas necesidades podrían surgir nuevas formas de conectividad para soportar las tecnologías disruptivas de la industria 4.0, dentro de las cuales se encuentra el IoT.

<sup>28</sup> Específicamente se hace referencia al Viceministerio de Transformación digital del Mintic, como entidad habilitadora; que se encarga de promover el desarrollo de IoT en el país

<sup>29</sup> El uso de redes móviles se ha evidenciado en el monitoreo del clima y alertas tempranas, así como en la geolocalización de personas y objetos gracias a dispositivos de ubicación con GPS en tecnologías 2G y 3G.

<sup>30</sup> Reuniones llevadas a cabo con el C4IR y el Viceministerio de Transformación Digital de MinTIC el 1, 8, 15 y 24 de marzo de 2022.

<sup>31</sup> Corresponden a la ANE y el Viceministerio de Conectividad del Mintic como encargados de la administración del espectro radioeléctrico.

<sup>32</sup> Corresponden al Viceministerio de Transformación digital del Mintic, como entidad habilitadora y al C4IR, como empresa habilitadora; que se encargan de promover el desarrollo de IoT en el país.

<sup>33</sup> Reunión llevada a cabo el 24 de marzo de 2022.

#### 6.1.1.4 La administración<sup>34</sup> y los habilitadores<sup>35</sup> desconocen la totalidad de agentes que intervienen en el mercado de IoT

Actualmente se conoce que en el país los operadores móviles ofrecen algunas soluciones IoT y que también existen empresas especializadas en la oferta de estas soluciones. Como se mencionó en el numeral 4.2.3, las soluciones IoT se pueden ofrecer de manera segmentada o empaquetada y se encuentran agentes que ofrecen los servicios de los tres eslabones de la cadena (dispositivos, conectividad y aplicación), mientras que otros agentes se especializan únicamente en uno o dos eslabones. Sin embargo, no se conoce una parte de las empresas que participan en este mercado, y el modelo de negocio con el que cuentan.

#### 6.1.1.5 La administración no cuenta con un registro de quién y cómo utilizan las bandas definidas para uso libre

Tal como se evidenció en la sección 4, algunas tecnologías utilizadas en la implementación de soluciones IoT hacen uso de espectro no licenciado, especialmente en las bandas de 900 MHz y 2.4 GHz, sin embargo, de conformidad con el Anexo 1 de la Resolución 105 de 2020 de la ANE, en la banda de 900 MHz también pueden funcionar las aplicaciones RCA no específicas, los sensores de perturbación de campo, las señales intermitentes de control, los sistemas radioeléctricos en túneles, los teléfonos fijos inalámbricos y los servicios para dispositivos de salto en frecuencia, modulación digital o híbridos, de medición de características de materiales, de RFID, y de transmisiones periódicas. Por su parte, en la banda de 2,4 GHz también funcionan las aplicaciones RCA no específicas, los dispositivos de salto en frecuencia, modulación digital o híbridos, los radios de operación itinerante, los sensores de perturbación de campo, los sistemas radioeléctricos en túneles y los teléfonos fijos inalámbricos.

No obstante, para el caso del espectro no licenciado no se cuenta con información respecto del uso y nivel de ocupación de las bandas, que podría ser un insumo para la toma de decisiones en la gestión del espectro, específicamente sobre la suficiencia de las bandas para atender la demanda, la viabilidad de coexistencia de diferentes usos, y los posibles problemas asociados a un uso intensivo de estas bandas.

<sup>34</sup> Corresponden a la ANE y el Viceministerio de Conectividad del Mintic como entidades del gobierno encargadas de la administración del espectro radioeléctrico.

<sup>35</sup> Corresponden al Viceministerio de Transformación digital del Mintic, como entidad habilitadora y al C4IR, como empresa habilitadora; que se encargan de promover el desarrollo de IoT en el país.

## 6.1.2 Existen limitaciones de conectividad para apalancar la implementación de soluciones IoT

Como resultado de las mesas de trabajo llevadas a cabo en el marco del PMGE y de las interacciones con agentes del ecosistema de IoT se identificó la existencia de limitaciones respecto de la conectividad en algunas zonas del país, las cuales se explican a partir de las siguientes subcausas.

### 6.1.2.1 Algunos proveedores de soluciones IoT también deben desplegar la red de comunicaciones

En el caso de las tecnologías que hacen uso de espectro no licenciado es importante tener presentes los modelos de despliegue de red que se permiten, por ejemplo, LoRA permite el despliegue de redes privadas<sup>36</sup> y redes públicas<sup>37</sup> mientras que el despliegue de Sigfox se realiza a través de redes públicas. Las redes privadas son para uso particular, donde es el usuario quien está encargado de diseñar e implementar la red, así como de su mantenimiento, y las redes públicas son desplegadas por uno o varios operadores que se encargan del diseño, implementación y mantenimiento de la red y brindan cobertura a los usuarios.

Respecto de LoRa, en Colombia se ha venido desarrollando el modelo de redes privadas, lo cual quedó evidenciado a partir de la experiencia de algunos proveedores de soluciones IoT basadas en tecnologías que hacen uso del espectro no licenciado<sup>38</sup>, quienes han tenido que desplegar la red para contar con la conectividad necesaria para los dispositivos que hacen parte de la solución a implementar, dado que en ciertas zonas del país no existe cobertura.

No obstante, pese a la disposición de las compañías a la implementación de redes privadas, existen barreras en términos financieros en el momento de usar soluciones de IoT, dada la baja capacidad adquisitiva de las empresas [64] [65] [34]..

Sin embargo, si se evalúa la implementación de IoT en el largo plazo traería un importante ahorro en términos de costos y un potencial en términos de oportunidades de negocio al combinar IoT con técnicas de analítica de datos para potencializar los sistemas y procesos de la cadena de valor [66].

<sup>36</sup> También conocidas como redes propias

<sup>37</sup> Conocidas como redes comerciales

<sup>38</sup> Reunión llevada a cabo el 24 de marzo de 2022



### 6.1.2.2 Algunos proveedores de conectividad ofrecen cobertura solo donde se va a implementar IoT

En el caso de tecnologías que hacen uso de espectro no licenciado, actualmente no existe una red pública con cobertura nacional que apalanque el desarrollo de IoT. Si bien, algunos proveedores iniciaron el despliegue de su red en algunas regiones del país, luego de un tiempo de no lograr rentabilidad por el bajo uso de la red, optaron por ofrecer cobertura solamente donde se requiera desarrollar proyectos de IoT que ameriten dicha inversión<sup>39</sup>.

En esta misma línea, en un estudio de análisis normativo sobre la disponibilidad de recursos de identificación para dispositivos IoT conectados a redes móviles [67], se expuso que “los recursos de números no geográficos no son suficientes para atender la demanda de IoT para los próximos 20 años”, lo que se constituiría en una limitante para desplegar esta tecnología en dichas redes.

### 6.1.2.3 Algunos PRST no satisfacen las necesidades para implementar IoT

Las redes inalámbricas que hacen uso de espectro no licenciado ofrecen menor cobertura que las redes alámbricas o las redes inalámbricas que operan con permiso de uso de espectro, sin embargo, algunos agentes de sectores productivos (demandantes de soluciones IoT) han manifestado<sup>40</sup> que la velocidad y capacidad entregada por los PRSTM no permite la implementación de las tecnologías disruptivas que hacen parte de la industria 4.0 dentro de las cuales se encuentra IoT y con las cuales esperan mejorar sus procesos y ser más competitivos.

Lo anterior también fue identificado por la CRC, que ha indicado que para el desarrollo y el despliegue de las aplicaciones de IoT, no basta solo con tener proveedores de red, sino que hay que contar con la dinámica del mercado para su implementación, por tanto, los PRSTM “deben estar a la vanguardia tecnológica y acompañar a las empresas en su proceso de transformación digital” [68]

### 6.1.3 La normatividad existente en materia de espectro no está actualizada para atender el despliegue de soluciones IoT

Dado que la implementación de soluciones IoT se puede llevar a cabo haciendo uso de tecnologías que se soportan en espectro no licenciado, se debe considerar el anexo técnico de la Resolución 105 de 2020 en el cual se indican las condiciones

<sup>39</sup> Evidenciado en reuniones llevadas a cabo el 24 y 29 de marzo de 2022

<sup>40</sup> Comentarios recogidos en las mesas realizadas en el marco del PMGE

técnicas y operativas de las aplicaciones permitidas para el uso de este tipo de espectro, así las cosas, cabe aclarar que dicho anexo es de carácter taxativo en lo que corresponde a las descripciones de potencias en relación con equipos o las tecnologías descritas.

Por otra parte, la normatividad vigente en materia de espectro contempla la posibilidad de otorgar permisos de uso del espectro temporales para la realización de pruebas técnicas, dentro de las cuales se encuentran los ensayos, pilotos, experimentos, demostraciones, homologaciones de equipos o validaciones funcionales sobre dispositivos de radio, sin embargo, en dicho ámbito no se permite la comercialización de servicios.

No obstante, es posible que las condiciones establecidas en materia de gestión del espectro radioeléctrico no sean suficientes para la masificación de IoT en el país.

### 6.1.3.1 Las tecnologías emergentes están sujetas a cambios permanentes

Tal como se ha mencionado, nos encontramos en la era de la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0, que vincula los sistemas físicos con los sistemas digitales y los sistemas virtuales. Esta revolución trajo consigo una disrupción tecnológica con la incursión y adopción de tecnologías tales como inteligencia artificial, IoT, robótica, impresión 3D, sistemas autónomos, nanotecnología, blockchain y ciberseguridad.

Ahora bien, si se da una mirada a las etapas de la revolución industrial que han ocurrido a lo largo de la historia, se evidencia que aquellas que tienen relación con las TIC se dieron a un ritmo más acelerado, debido a la continua evolución de estas tecnologías y se espera que esta dinámica se siga dando, lo que conlleva a que la normatividad en materia de gestión de espectro quede rezagada.

## 6.2 CONSECUENCIAS

A continuación, se explican cada una de las consecuencias identificadas para el problema expuesto anteriormente, describiendo cada una de ellas con sus respectivas evidencias y el análisis realizado.

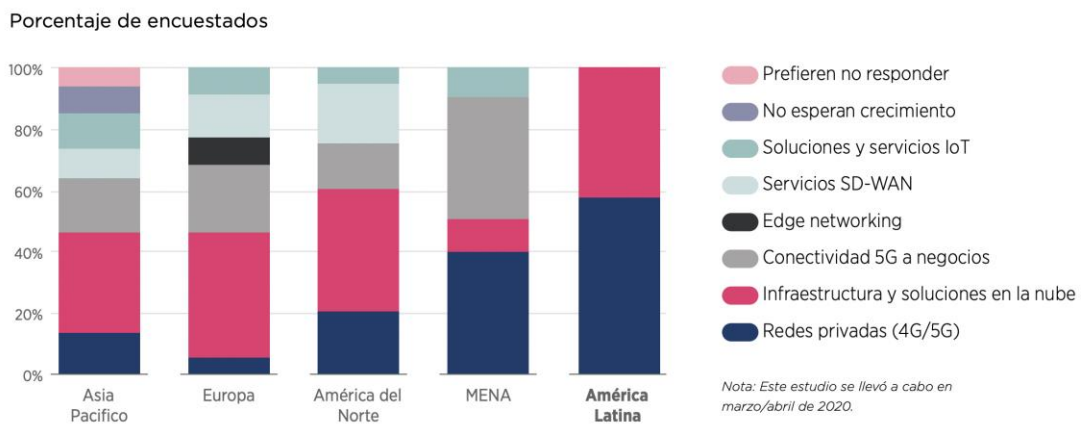
### 6.2.1 Baja inversión en la adopción de soluciones IoT

Las expectativas globales del desarrollo de IoT sugieren que las empresas experimentarán una tendencia creciente en la inversión para la implementación de las nuevas tecnologías. De acuerdo con el IoT Business Index, el 82 % de las empresas

encuestadas afirmó que su inversión para la implementación de soluciones IoT creció, esta cifra significó un crecimiento de 20 puntos porcentuales en comparación con el año 2017.

Sin embargo, esta tendencia alcista en la inversión se pudo ver pausada a partir de los confinamientos por la pandemia del Covid-19. Así lo evidencia la Figura 15, que presenta las expectativas de los operadores móviles en cuanto a los servicios que tendrían mayor crecimiento en su demanda en el segmento empresarial debido a la pandemia, el principal servicio en el que se estimaba aumento corresponde a la infraestructura y soluciones en la nube, entre tanto, en el caso de soluciones IoT se esperaba un crecimiento de la demanda de este servicio en la mayoría de las regiones, a excepción de América Latina donde las expectativas estaban enfocadas principalmente en los servicios de redes privadas e infraestructura y soluciones en la nube, situación que se puede apreciar en la siguiente figura.

**Figura 15. Expectativa de crecimiento en la demanda empresarial de servicios debido a la pandemia de COVID-19**

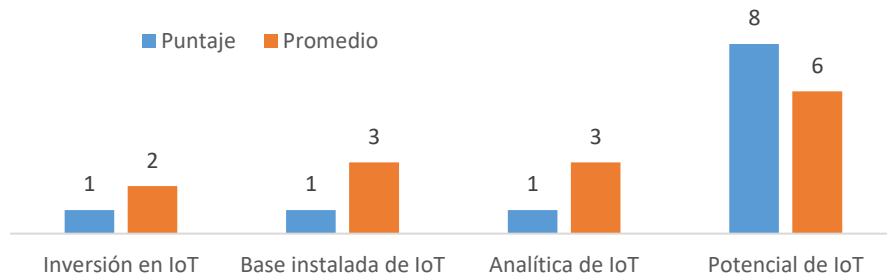


Fuente: GSMA [4]

En el caso colombiano específicamente, el Índice Global de Conectividad<sup>41</sup> (IGC) sugiere que la inversión en IoT en el país es baja en comparación con el resto del mundo.

<sup>41</sup> Índice producido por Huawei, una de las empresas líderes en oferta de soluciones IoT.

**Figura 16. Categorías de IoT del IGC**



Fuente: Elaboración ANE con base en IGC 2020 [69].

El índice muestra que a pesar de que el país cuenta con un alto potencial de crecimiento en la adopción de IoT, su desempeño en cuanto a la oferta, demanda y experiencia en estas soluciones es bajo en comparación con el conjunto de economías analizadas en el índice. En general, Colombia presenta un desempeño inferior al del resto del mundo y, como otras economías emergentes, el país cuenta con un alto potencial de desarrollo de IoT, que necesitará ser alcanzado para mejorar la productividad.

Ahora bien, como lo menciona la ONU y la UIT, las TIC contribuyen a acelerar el cumplimiento de cada una de las metas de los 17 ODS en dos vías, brindan los medios para suministrar los bienes y servicios de calidad como la educación, comercio, gobernanza y agricultura, etc. y ayudan a reducir problemáticas sociales como son la pobreza la hambruna, el desempleo, la insostenibilidad urbana y ambiental [70]. Por tanto, en un contexto de baja inversión en la adopción de soluciones IoT, significaría una desaceleración en el uso de las TIC que representaría una ralentización del cumplimiento de las metas de los 17 ODS, reduciendo el desarrollo sostenible de la sociedad.

### 6.2.1.1 Rezago en la implementación de soluciones IoT en Colombia

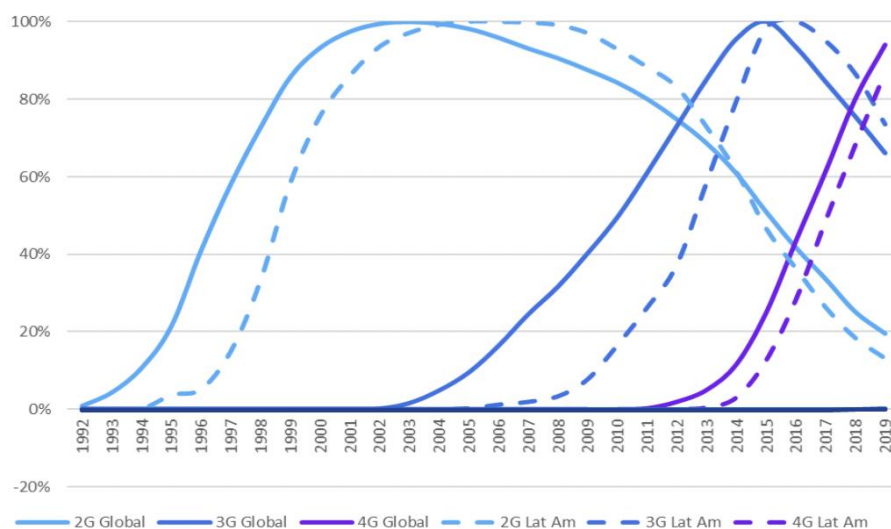
La preparación tecnológica en Colombia está atrasada en comparación con otras economías a nivel mundial.

Sobre la penetración tecnológica, históricamente Latinoamérica ha presentado un rezago en comparación con los niveles de penetración tecnológica en el mundo (ver Figura 17). Este rezago ocurrió en las tecnologías 2G, 3G y 4G; lo que hace que la región latinoamericana se encuentre en una posición de desventaja, ya que la capacidad de ser más competitivos a partir de innovaciones tecnológicas o de



ingresar a cadenas de valor global es menor. Sin embargo, esto también tiene como ventaja que la adopción de tecnologías en Latinoamérica ocurre de manera más acelerada, por tenerse en cuenta la experiencia previa de otras regiones en este mismo proceso.

**Figura 17. Penetración tecnológica móvil en relación con la penetración máxima (Global y Latinoamérica).**



Fuente: OMDIA [71].

En línea con este escenario, la Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Empresas (ENTIC-Empresas) 2019 del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) [72] reafirma que un gran porcentaje de empresas en el país no ha adoptado tecnologías digitales en sus procesos productivos. El sector de servicios tiene el mayor porcentaje de número de empresas con un área para la coordinación de la implementación de las TIC, que corresponde al 65% del total de empresas de este sector que respondieron la encuesta, seguido del sector de comercio donde esta cifra corresponde al 56% de las empresas, y por último se encuentra el sector de industria donde tan solo el 52% de las empresas encuestadas cuentan con un área para coordinar la implementación de las TIC. En la Tabla 6, se presenta el estado de implementación de TIC para los sectores antes mencionados.

**Tabla 6. Implementación de las TIC en los procesos productivos o comerciales**

Sector	Empresas que cuentan o tercerizan un área encargada de coordinar la implementación de las TIC en los procesos productivos o comerciales	Empresas que no cuentan con un área	Total empresas
Comercio	5152	4.089	9.241
	56,0%	44,2%	
Industria	3539	3.337	6.876
	52,0%	48,5%	
Servicios	4.177	2.283	6.460
	65,0%	35,3%	

Fuente: Elaboración ANE con base en datos ENTIC-Empresas 2019 [72].

Así las cosas, las cifras en cuanto a implementación de tecnologías en general evidencian un rezago en el país, sin embargo, los datos son más dramáticos cuando se habla específicamente de IoT, dado que, más de la mitad de las empresas no cuenta actualmente con estas soluciones. De acuerdo con el estudio que realizó Intel<sup>42</sup> sobre la industria de la tecnología con foco en canales de distribución, para conocer su performance tras el impacto del Covid-19, tan solo el 26% de las empresas encuestadas en el país de las industrias de software, hardware y servicios, habría ingresado a su segmento de IoT<sup>43</sup>. Sin embargo, el 92% de las empresas encuestadas prevé que la cantidad de dispositivos IoT conectados estará cercano a triplicarse en los próximos años.

A nivel internacional, los estudios e informes sobre casos de adopción de tecnologías evidencian la existencia de opciones respecto a la implementación de IoT en una diversidad de sectores, como se expuso en la sección 1.1. Sin embargo, las cifras de ENTIC e INTEL sugieren que hay un rezago por parte de las empresas colombianas para la adopción de tecnología IoT para la transformación de procesos productivos.

#### 6.2.1.1.1 Se mantiene la brecha en la adopción de tecnologías

Si bien la transformación digital presenta una oportunidad para el desarrollo de las economías, también podría aumentar la brecha de acceso a tecnologías entre las

<sup>42</sup> Los países en estudio fueron Colombia, Argentina, México, Chile y Canadá, y contó con más de 1.200 encuestados en total de la industria de software, hardware y servicios.

<sup>43</sup> <https://newsroom.intel.la/news-releases/estudio-con-canales-de-distribucion-realizado-por-intel-refleja-tendencias-y-expectativas-del-sector-tecnologico-en-colombia/#gs.3nt034>

grandes y pequeñas empresas, así como entre las empresas ubicadas en zonas rurales y en zonas urbanas, ya que éstas últimas suelen tener acceso a servicios de mayor calidad.

La brecha digital se define como la diferencia socioeconómica entre poblaciones que tienen acceso a tecnologías y poblaciones que no lo tienen. Esta diferencia puede estar explicada por su capacidad de utilizar las TIC de manera eficaz de acuerdo con los niveles de alfabetización y capacidad tecnológica [73].

De acuerdo con la OCDE, a pesar de que la mayoría de las empresas en el país cuentan con conexión a banda ancha, esta corresponde principalmente a una velocidad baja; solo una minoría de empresas cuenta con velocidades superiores a 30 megabits por segundo [74]. De acuerdo con la encuesta ENTIC, en 2019 solo el 40% de las empresas encuestadas del sector de comercio y el sector industria tenía un servicio de Internet con velocidad de descarga mayor a 30 Mbps [75], esto evidencia poca capacidad tecnológica para la implementación de soluciones TIC.

Por su parte, respecto del nivel de habilidades digitales con el que cuenta el talento humano de las empresas para su implementación y uso, en Colombia, la mayoría de las personas cuenta únicamente con habilidades básicas<sup>44</sup> de uso del computador, correspondiente al 31%, seguido de un 22% que cuentan con habilidades estándares<sup>45</sup>; mientras que solo el 5% de personas cuentan con habilidades avanzadas<sup>46</sup> [76].

#### 6.2.1.1.2 Pérdida de competitividad en los sectores productivos

Una lenta adopción de IoT podría tener efecto sobre la competitividad del país en el mundo. La definición de competitividad planteada por el WEF, corresponde al conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país, y a la capacidad de una economía de crecer de manera más sostenible e incluyente y así alcanzar un mayor bienestar social [77].

Para medir la competitividad, el WEF calcula anualmente el Índice de Competitividad Global (ICG) y, aunque su metodología varía, suele incluir diferentes pilares de la economía para obtener una medición más completa. Este índice se ha

<sup>44</sup> Esta categoría incluye habilidades como copiar o mover archivos de una carpeta, usar las herramientas de copiar y pegar, enviar e-mails, entre otros.

<sup>45</sup> Esta categoría incluye habilidades como utilizar fórmulas aritméticas en hojas de cálculo, conectar o instalar nuevos dispositivos, descargar, instalar y configurar softwares; entre otros.

<sup>46</sup> Esta categoría incluye habilidades de programación en lenguajes especializados.

convertido entonces, en un insumo de los gobiernos para identificar qué tan competitivos son en comparación con el resto del mundo, y a su vez, para identificar los aspectos que están siendo un obstáculo para mejorar su productividad. De acuerdo con la edición 2019 del ranking, Colombia ocupa el puesto 57 de 141 economías medidas, y el pilar con principal retraso corresponde a las instituciones, donde ocupa el puesto 92, seguido del pilar de mercado de producto (puesto 90) [78].

A pesar de que Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en la región latinoamericana en los últimos años, aún es una economía altamente dependiente de los *commodities* y la productividad de sus empresas es muy baja, por eso, el aumento de la productividad y la diversificación de la economía deben ser prioridad del gobierno para aumentar el bienestar social.

Ante este panorama, la OCDE afirma que la transformación digital es una oportunidad para impulsar la productividad y la innovación de las empresas en Colombia, sin embargo, hay muchos desafíos para lograr la transformación digital del país [79]. Así lo evidencia el Ranking de Competitividad Digital Mundial<sup>[2]</sup> que, como medida complementaria al ICG, mide la capacidad de una economía para adoptar y explorar tecnologías digitales como un aspecto clave para la transformación en la economía y la sociedad [80].

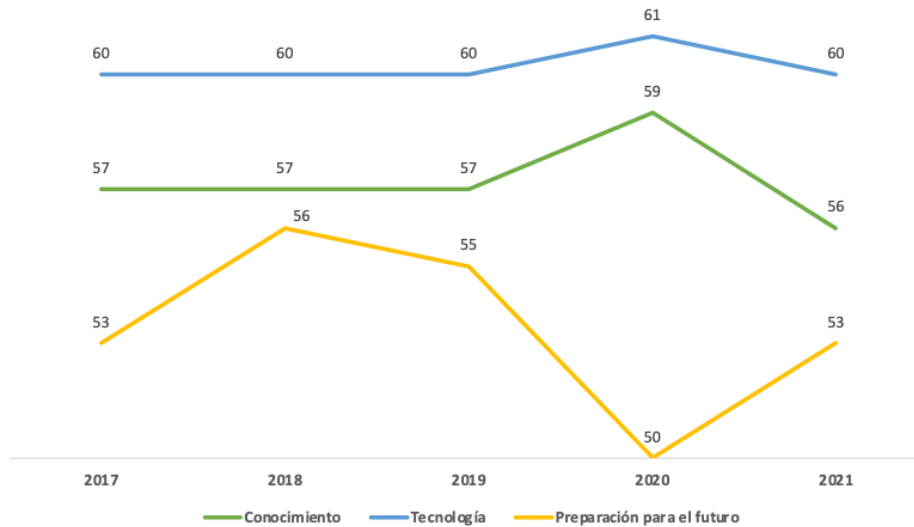
El Ranking de Competitividad Digital consta de tres factores de análisis: 1) Conocimiento, 2) Tecnología y 3) Preparación para el futuro. El factor de conocimiento está medido por tres subfactores: talento, entrenamiento y educación y concentración científica. Mientras que el factor tecnología está medido por el marco regulatorio, el capital y el marco tecnológico. Por último, el factor de preparación para el futuro se mide por las actitudes adaptativas, agilidad de negocios e integración. Actualmente, Colombia se encuentra en la posición 59 de 64 países incluidos en el cálculo, dos posiciones arriba en comparación con 2020, sin embargo, en 2020 el país ocupó su peor posición (61) desde 2017, esto podría sugerir que, en comparación con el resto del mundo, Colombia adoptó tecnologías de manera más lenta durante el inicio de la pandemia del COVID-19.

El análisis del ranking del índice de competitividad digital por factores evidencia que Colombia ha tenido su peor desempeño histórico en el factor de conocimiento y tecnología, ambos factores se mantuvieron estables entre 2017 y 2019, sin embargo, entre 2019 y 2020 el factor de conocimiento retrocedió 2 posiciones mientras que el factor de tecnología descendió una posición y, por el contrario, el factor de



preparación para el futuro mejoró en cinco posiciones en el mismo periodo para después retroceder tres posiciones en el año siguiente.

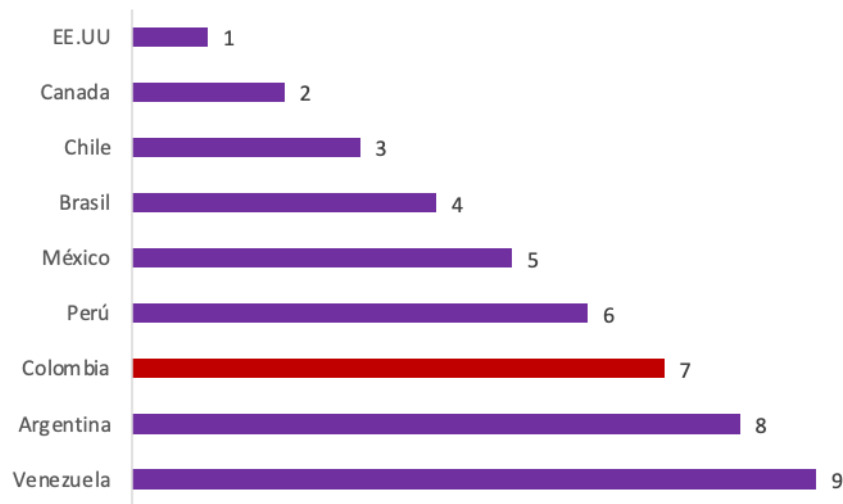
**Figura 18. Ranking de competitividad por factores**



Fuente: Elaboración ANE con base en datos Ranking del índice de competitividad digital global 2021 [80].

En cuanto al desempeño de Colombia en la región de las Américas (ver Figura 18), al igual que en el ranking internacional, se encuentra entre los últimos puestos. Históricamente los dos primeros puestos en la región corresponden a Norteamérica, seguido de Chile que se ha mantenido en el tercer puesto a través de los años. Colombia obtuvo su mejor posición (6) en 2019, sin embargo, en 2020 y 2021 ocupó el octavo y séptimo puesto respectivamente, de los nueve países de las Américas incluidos en el índice, superando únicamente a Argentina y Venezuela.

Figura 19. Ranking de la región de las Américas (2020)



Fuente: Elaboración ANE con base en datos Ranking del índice de competitividad digital global 2021 [80].

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario propender por las condiciones para que el desarrollo de estas tecnologías se dé de manera ágil en el país y los diferentes sectores de la economía puedan experimentar mejoras en su competitividad digital a partir de la adopción de soluciones IoT.

## 7. IDENTIFICAR DE MANERA GENERAL SI LA ANE TIENE LA COMPETENCIA PARA ABORDAR EL PROBLEMA

De acuerdo con el artículo 25 de la Ley 1341 de 2009, la ANE es el órgano encargado de brindar el soporte técnico para la gestión y planeación del espectro radioeléctrico, así como para ejercer la vigilancia y control sobre su uso, en coordinación con las diferentes autoridades que tengan funciones o actividades relacionadas con el mismo.

En línea con lo anterior, el artículo 26 de la Ley 1341 de 2009, asigna funciones en cabeza de la ANE, las cuales se presentan para efectos del presente estudio en la siguiente forma:

- I. Organismo asesor para el diseño y formulación de políticas, planes y programas relacionados con la administración del Espectro Radioeléctrico, incluyendo, el diseño y formulación de políticas, planes y programas relacionados con esquemas óptimos aplicables a la vigilancia y control de este recurso, atendiendo las tendencias y evoluciones tecnológicas como las políticas nacionales y sectoriales, y aquellas propuestas y recomendaciones de organismos internacionales competentes en temas de radiocomunicaciones.
- II. Realizar la gestión técnica del espectro radioeléctrico, y adelantar los estudios y propuestas de valoración en relación con el derecho a su uso y el esquema técnico y económico de contraprestaciones.
- III. Adelantar, con base en sus prerrogativas legales de vigilancia y control, las investigaciones administrativas sancionatorias a que haya lugar, por posibles infracciones al régimen de espectro contemplado en la Ley del sector TIC
- IV. Las demás que por su naturaleza le sean asignadas o correspondan por ley.

Para efectos de una adecuada y especializada gestión del espectro radioeléctrico, el presidente de la República de Colombia en uso de sus facultades extraordinarias conferidas por el artículo 18 de la Ley 1444 de 2011, expidió el Decreto -Ley 4169 de 2011, por el cual modificó la naturaleza jurídica de la ANE y reasignó funciones entre esta y el Mintic, destacando para efectos de la presente temática lo dispuesto en el numeral 1 y 3 del artículo 3 del decreto en mención, del cual se destaca lo siguiente:

- I. Realizar la planeación y atribución del espectro radioeléctrico, estableciendo como consecuencia la actualización del Cuadro Nacional de Atribución de Bandas y Frecuencias (CNABF), de acuerdo con las necesidades del país, el interés público y los planes técnicos que establezca el Mintic. y,
- II. Formular y ejecutar programas de investigación, conocimiento y divulgación sobre el espectro radioeléctrico.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se concluye que la ANE es competente para adelantar el presente estudio de acuerdo con los fines de la política de espectro 2020-2024 y el PMGE 2022-2026, en lo que corresponde a la identificación del espectro para atender el crecimiento futuro y masificación de aplicaciones IoT y asesorar al Mintic en materia de gestión del espectro.



## 8. OBJETIVOS

En el marco del desarrollo de este estudio y en aras de dar solución al problema planteado o de atacar las causas que lo generan, se plantean los siguientes objetivos:

### 8.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Identificar las condiciones técnicas y normativas necesarias que promuevan el acceso al espectro para el desarrollo de IoT en Colombia

### 8.2 OBJETIVOS GENERALES

- Plantear recomendaciones para promover el despliegue de infraestructura y el incremento de la conectividad incentivando una mayor inversión en la adopción de soluciones IoT.
- Identificar mecanismos que permitan dinamizar la normatividad en materia de espectro para que se adecúe a las necesidades inherentes al desarrollo de IoT.

### 8.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para contribuir al cumplimiento del objetivo general se plantean como objetivos específicos los siguientes:

- Identificar las condiciones de oferta y demanda de IoT en Colombia, que permitan tener mayor claridad respecto de las necesidades de espectro.
- Analizar las limitaciones de conectividad necesaria para el desarrollo de IoT en Colombia.
- Revisar la normatividad existente en materia de gestión de espectro para evidenciar vacíos que limiten el desarrollo de IoT en Colombia

## CONSULTA PÚBLICA

En la aplicación de la metodología AIN es de vital importancia contar con la participación de los agentes interesados y los grupos de valor identificados en la etapa de formulación del problema, toda vez que sus opiniones y observaciones contribuyen a la creación de medidas y a la toma de decisiones que atiendan las necesidades del país en materia de espectro radioeléctrico.

Así las cosas, para orientar la participación de todos los interesados, la ANE propone utilizar las siguientes preguntas respecto de la problemática identificada en el marco del presente estudio y de los agentes que participan en la cadena de valor de IoT.

- I. La Agencia Nacional del Espectro (ANE), como responsable del tratamiento de datos personales, informa al titular que, los datos suministrados serán recolectados, almacenados, procesados, usados, compilados, transmitidos o transferidos (según corresponda), actualizados y/o dispuestos conforme lo establecen la Ley 1581 de 2012, el Decreto 1377 de 2013, el capítulo 25 del Decreto Único Reglamentario 1074 de 2015 y la Política de Tratamiento de Datos Personales de la ANE, atendiendo de forma estricta los deberes de confidencialidad, privacidad y seguridad que ordena la ley.

La ANE usará los datos para los fines relacionados con el objeto social y, en especial para fines contractuales, invitaciones a eventos y/o gestión de trámites, los cuales se encuentran descritos en la Política de Tratamiento de Datos Personales de la entidad. Para conocer esta Política consulte el siguiente enlace:

<https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/POLITICA%20DE%20TRATAMIENTO%20Y%20PROTECCI%C3%93N%20DE%20DATOS%20PERSONALES%20ANE.pdf>

¿Acepta usted el tratamiento de los datos personales que serán suministrados en el presente formulario?

- II. Indique los nombres y apellidos de quien diligencia el cuestionario
- III. Indique el cargo o rol que desempeña dentro de la empresa u organización que representa
- IV. Indique un número de teléfono de contacto

- V. Indique un correo electrónico de contacto
- VI. Indique el nombre de la empresa u organización a la cual representa
- VII. Elija el sector al que pertenece la empresa u organización a la cual representa (Gobierno, academia, proveedor de conectividad, proveedor de soluciones IoT, fabricante de dispositivos IoT, otro ¿cuál?)
- VIII. En relación con el problema planteado “Incertidumbre sobre si las condiciones técnicas y normativas son suficientes para el desarrollo de IoT en Colombia”, ¿Considera que aborda las problemáticas y situaciones que pueden frenar el desarrollo de esta tecnología en el país? Explique su respuesta.
- IX. ¿Considera que las causas identificadas generan el problema planteado? Por favor explique su respuesta.
- X. En caso de que identifique una causa adicional, por favor indíquela y explique la relación que tendría con el problema planteado.
- XI. ¿Considera que las consecuencias planteadas son generadas por la materialización del problema? Por favor explique su respuesta.
- XII. En caso de que identifique una consecuencia adicional, por favor indíquela y explique la relación que tendría con el problema planteado.
- XIII. (Para proveedores de soluciones IoT) Mencione el nombre de las empresas que considera son sus competidores directos en el mercado de soluciones IoT en Colombia
- XIV. En caso de tener conocimiento sobre agentes de interés adicionales a los planteados en la sección 1.5 del documento de definición de problema publicado con la presente consulta, por favor indíquelos, incluya la descripción y el interés que tendrían en el estudio.
- XV. Respecto de los objetivos planteados, ¿Considera que permiten atacar las causas del problema para evitar su materialización y los posibles impactos o consecuencias?
- XVI. En caso de tener observaciones adicionales, por favor inclúyalas.

La ANE agradece su participación dando respuesta a estas preguntas a través del formulario dispuesto en el enlace [https://forms.office.com/r/5va9YsANQn\\_o](https://forms.office.com/r/5va9YsANQn_o) enviándolas al correo electrónico [masificaciondeiot@ane.gov.co](mailto:masificaciondeiot@ane.gov.co). El plazo máximo para remitir sus respuestas es el 12 de agosto de 2022.



## REFERENCIAS

- [1] OCDE, «IoT measurement and applications,» Octubre de 2018.
- [2] UIT, *Recomendación UIT-T Y.2060. Descripción general de Internet de los objetos*, 15 de julio de 2012.
- [3] GSMA, «Ciudades inteligentes e Internet de las Cosas: cómo fomentar su desarrollo en América Latina,» 2018.
- [4] GSMA, «La Economía Móvil en América Latina 2021,» 2021.
- [5] OCDE, «1.12. M2M/embedded mobile cellular subscriptions, June 2021,» 2021.
- [6] Ericsson Mobility Report, «Mobility reports,» November 2021. [En línea]. Available: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/reports>. [Último acceso: 19 May 2022].
- [7] OMDIA, «Digital Transformation. Benefits for Industries in Latin America,» 2021.
- [8] McKinsey, «Unlocking the potential of the Internet of Things,» 2015.
- [9] GSMA, «LTE-M Commercialisation Case Study. How AT&T and Telstra Connect Million More IoT Devices,» 2019.
- [10] OMDIA, «Cellular IoT Status of the Market Report – 2021,» 2021.
- [11] MINTIC, «Nace el primer Centro de Excelencia y Apropiación (CEA) en Internet de las Cosas,» 26 04 2016. [En línea]. Available: <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/15169:Nace-el-primero-Centro-de-Excelencia-y-Apropiacion-CEA-en-Internet-de-las-Cosas>. [Último acceso: 06 04 2022].
- [12] CRC, «Documento de análisis consultoría - Proyecto Revisión del marco regulatorio para la provisión de Contenidos y Aplicaciones (PCA) y

- condiciones normativas para la adopción del Internet de las Cosas (IoT),» Bogotá, 2016.
- [13] CRC, «Presentación foro sectorial sobre Internet de las Cosas,» Bogotá, 2016.
- [14] BICSI, «Gracias al avance en digitalización las industrias colombianas ya se están integrando al IIoT,» 07 05 2018. [En línea]. Available: <https://demo.bicsiconference.org.uk/gracias-al-avance-en-digitalizacion-las-industrias-colombianas-ya-se-estan-integrando-al-iiot/>. [Último acceso: 06 04 2022].
- [15] BICSE, «5 Factores que le faltan a Colombia para tener ciudades inteligentes,» 07 05 2018. [En línea]. Available: <https://demo.bicsiconference.org.uk/5-factores-que-le-faltan-a-colombia-para-tener-ciudades-inteligentes/>. [Último acceso: 06 04 2022].
- [16] DNP, «Documento Conpes 3920,» 17 04 2018. [En línea]. Available: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjz9WNkIr4AhVslIEHegaDOQQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Fcolaboracion.dnp.gov.co%2FCDT%2FConpes%2FEcon%25C3%25B3micos%2F3920.pdf&usg=AOvVaw3b5kylSnGcUegHu\\_awnvoR](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjz9WNkIr4AhVslIEHegaDOQQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Fcolaboracion.dnp.gov.co%2FCDT%2FConpes%2FEcon%25C3%25B3micos%2F3920.pdf&usg=AOvVaw3b5kylSnGcUegHu_awnvoR). [Último acceso: 06 04 2022].
- [17] ANE, «Definición de los parámetros técnicos para promover el internet de las cosas en Colombia,» 08 2018. [En línea]. Available: [https://www.ane.gov.co/\\_layouts/15/listform.aspx?PageType=4&ListId=%7BB7D33E%2DF1CE%2D42D3%2D9A12%2D8E39F6AFBD5A%7D&ID=8&ContentTypeId=0x0104004081771413572A47A4D3B66124322C02](https://www.ane.gov.co/_layouts/15/listform.aspx?PageType=4&ListId=%7BB7D33E%2DF1CE%2D42D3%2D9A12%2D8E39F6AFBD5A%7D&ID=8&ContentTypeId=0x0104004081771413572A47A4D3B66124322C02). [Último acceso: 09 03 2022].
- [18] MINTIC, «[www.mintic.gov.co](http://www.mintic.gov.co),» 07 01 2020. [En línea]. Available: [https://micrositios.mintic.gov.co/plan\\_tic\\_2018\\_2022/pdf/plan\\_tic\\_2018\\_2022\\_20200107.pdf](https://micrositios.mintic.gov.co/plan_tic_2018_2022/pdf/plan_tic_2018_2022_20200107.pdf). [Último acceso: 06 04 2022].
- [19] MINTIC, «Primer Laboratorio de Internet de las Cosas (IoT LAB) para emprendedores abre sus puertas en Colombia,» 30 10 2019. [En línea]. Available: <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/106960:Primer-Laboratorio-de-Internet-de-las-Cosas-IoT-LAB->

- para-emprendedores-abre-sus-puertas-en-Colombia. [Último acceso: 06 04 2022].
- [20] Departamento Nacional de Planeación, Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad, Bogotá, D.C., 2019.
- [21] Congreso de la República, Ley 1955 de 2019, Bogotá, D.C., 2019.
- [22] DNP, «Documento CONPES 397,» 08 11 2019. [En línea]. Available: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi6i9TRk4r4AhVVg3IEHSseDaUQFnoECAoQAAQ&url=https%3A%2F%2Fcolaboracion.dnp.gov.co%2FCDT%2FConpes%2FEcon%25C3%25B3micos%2F3975.pdf&usg=AOvVaw2XmeW0fpQifpZkP63RI89C>. [Último acceso: 06 04 2022].
- [23] MINTIC, «Primer centro de tecnologías avanzadas y emergentes para la transformación digital de las empresas,» 15 07 2021. [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/177962:Primer-centro-de-tecnologias-avanzadas-y-emergentes-para-la-transformacion-digital-de-las-empresas-fue-presentado-por-Karen-Abudinen-ministra-TIC>. [Último acceso: 06 04 2022].
- [24] Congreso de la República, «Ley 1341 de 2009,» Bogotá, 2009.
- [25] Congreso de la República, Ley 1978 de 2019, Bogotá, 2019.
- [26] Asamblea Nacional Constituyente, Constitución Política de Colombia, Bogotá, D.C., 1991.
- [27] Presidencia de la República de Colombia, *Decreto - Ley 4169 de 2011*, Bogotá, 2011.
- [28] Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Plan TIC 2018 - 2022. El Futuro Digital es de Todos, Bogotá, 2018.
- [29] Presidente de la Republica de Colombia, Decreto Único Reglamentario 1078 de 2015, Bogotá, D.C., 2015.

- [30] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Resolución 467 de 2020, Bogotá, D.C. , 2020.
- [31] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Resolución 367 de 2022, Bogotá, D.C., 2022.
- [32] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones , Resolución 1075 de 2020, Bogotá, D.C., 2020.
- [33] Agencia Nacional del Espectro (ANE), *Resolución 105 de 2020*, Bogotá D.C., 2020.
- [34] BID invest, GSMA y Frost & Sullivan, «Preparación para la disrupción del internet de las cosas,» 2019.
- [35] UIT, *Recomendación UIT-T X.1364. Requisitos y marco de seguridad de la Internet de las cosas de banda estrecha*, 2020.
- [36] B. O. Ganazhapa, ARDUINO Internet de las Cosas, Bogotá: Alpha, 2021.
- [37] UIT, «ITU,» Noviembre 2005. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/net/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>. [Último acceso: 30 marzo 2022].
- [38] UIT, «Manual sobre la Gestión nacional del espectro,» 2015. [En línea]. Available: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjxp6rt24r4AhXLgnIEHdfwww.itu.int%2Fdms\\_pub%2Fitu-r%2Fopb%2Fhdb%2FR-HDB-21-2015-PDF-S.pdf&usg=AOvVaw3WN7fMKRwkUF2IIDt5oPG1](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjxp6rt24r4AhXLgnIEHdfwww.itu.int%2Fdms_pub%2Fitu-r%2Fopb%2Fhdb%2FR-HDB-21-2015-PDF-S.pdf&usg=AOvVaw3WN7fMKRwkUF2IIDt5oPG1). [Último acceso: 12 05 2022].
- [39] U. -. A. 2020, «Conceptualización, principios y objetivos de los modelos de gestión de espectro,» Bogotá, 2020.
- [40] Deloitte, «Forces of change: Industry 4.0,» 2017.
- [41] WEF, «Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services,» 2015.



- [42] A. García, E. Iglesias y A. Adamowicz, «El impacto de la infraestructura digital en los Objetivos de Desarrollo Sostenible: un estudio para países de América Latina y el Caribe.» II. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Conectividad, Mercado y Finanzas, p. 117, 2019.
- [43] P. Marka y B. Williamson, «Spectrum Allocation, Spectrum Commons and Public Goods: the Role of the Market,» *International journal of digital economics*, vol. 67, 2007.
- [44] DNP, «La Comisión Ods,» 2019.
- [45] M. I. Rosca, C. Nicolae, E. Sanda and A. Madan, "Internet of Things (IoT) and Sustainability," *The Bucharest University of Economic*, 2021.
- [46] A. Salam, *Internet of Things for Sustainable Community Development*, Springer Nature Switzerland, 2020.
- [47] WEF, "Internet of Things Guidelines for Sustainability," *Future of Digital Economy and Society System Initiative*, 201.
- [48] OMDIA, «IoT Consultancy-2021 Analysis,» 2021.
- [49] Analysys Mason, «What is the IoT value chain and why is it important?,» 2020.
- [50] L. M. Feeney and P. Gunningberg, "Avoiding an IoT 'Tragedy of the Commons'," *MobiSys '18*.
- [51] THE CORE TEAM, *THE ECONOMY*, 2020.
- [52] J. C. Cárdenas, *Dilemas de lo colectivo instituciones, pobreza y cooperación en el manejo local de los recursos de uso común*, Ediciones Uniandes, 2010.
- [53] P. Bustamante, M. M. Gomez, M. Weiss, T. Znati, J.-M. (. Park, D. Das y J. S. Rose, *Agent-Based Modelling Approach for Developing Enforcement Mechanisms in Spectrum Sharing Scenarios: An application for the 1695-1710MHz band.,* 2018.

- [54] M. B. Weiss, W. H. Lehr, A. Acker and M. M. Gomez, Socio-Technical considerations for Spectrum Access System (SAS) design, IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), 2015.
- [55] C. Henrich-Franke, «Property rights on a Cold War battlefield: managing broadcasting transmissions through the Iron Curtain,» 2011.
- [56] P. Vamvakas, E. E. Tsiropoulou and S. Papavassiliou, "On Controlling Spectrum Fragility via Resource Pricing in 5G Wireless Networks".
- [57] S. Buck, "Replacing Spectrum Auctions with a Spectrum Commons," 2002.
- [58] M. M. Bykowsky, M. Olson and W. W. Sharkey, "Efficiency gains from using a market approach to spectrum management," *Information Economics and Policy*, 2010.
- [59] G. Z. Papadopoulos, F. Theoleyre and X. Vilajosana, "Industrial Internet of Things: Specifics and Challenges," 2020.
- [60] A. Zaki-Hindi, S.-E. Elayoubi y T. Chahed, «Multi-tenancy and URLLC on unlicensed spectrum: Performance and design,» *Computer Networks*, 2020.
- [61] T. Hazlett and B. Skorup, "Tragedy of regulatory commons: Lightsquared and the missing spectrum rights," *Duke law & technology review*, 2012.
- [62] M. Dal Borgo, "Tragedy of the Spectrum Commons | a myth or reality?," 2014.
- [63] Mass, «Utilisation of key licence exempt bands and the effects on WLAN performance,» 2013.
- [64] SIC, «Internet de las cosas (IoT) impactando el sector de la logística,» p. 72, 2019.
- [65] K. Barreño, S. Mora y J. Rodríguez, «Industry 4.0 and Its Development in Colombian Industry,» *Springer International Publishing AG*, 2017.
- [66] Deloitte, «Tendencias de tecnología 2020,» p. 132, 2020.

- [67] O. García, «Propuesta regulatoria de recursos de identificación para equipos IoT conectados a redes móviles y desarrollo del análisis de impacto normativo correspondiente,» p. 80, 2017.
- [68] CRC, «Redes móviles en Colombia: análisis y hoja de ruta regulatoria para su modernización,» p. 108, 2019.
- [69] Huawei, «Global connectivity Index,» Huawei, 2020. [En línea]. Available: <https://www.huawei.com/minisite/gci/en/country-profile-co.html>. [Último acceso: 17 May 2021].
- [70] ONU y UIT, «Tecnologías digitales para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/icts-to-achieve-the-united-nations-sustainable-development-goals.aspx>.
- [71] OMDIA, «5G: Oportunidades para América Latina,» 2021.
- [72] DANE, «Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Empresas (ENTIC Empresas),» 14 September 2021. [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/encuesta-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-en-empresas-entic-empresas>. [Último acceso: 11 May 2022].
- [73] MINTIC, «Brecha Digital,» [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/B/5467:Brecha-Digital>. [Último acceso: 5 June 2021].
- [74] OECD, «OECD Reviews of Digital Transformation: Going Digital in Colombia,» OECD Publishing, Paris, 2019.
- [75] DANE, «Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Empresas (ENTIC Empresas),» 14 September 2021. [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/encuesta-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-en-empresas-entic-empresas>. [Último acceso: 17 May 2022].

- [76] IUT, «World Telecommunication/ICT Indicators Database,» [En línea]. Available: [https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/DDD/ddd\\_COL.pdf](https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/DDD/ddd_COL.pdf). [Último acceso: 19 May 2022].
- [77] WEF, «What is competitiveness?,» 27 September 2016. [En línea]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2016/09/what-is-competitiveness/>. [Último acceso: May 2022].
- [78] WEF, «The Global Competitiveness Report 2019,» WEF, Geneva , 2019.
- [79] OECD, «Reviews of Digital Transformation: Going Digital in Colombia,» OECD Publishing, Paris, 2019.
- [80] IMD, «IMD WORLD DIGITAL COMPETITIVENESS RANKING 2021».
- [81] IoTweek, "Internet of Things declaration to achieve the sustainable development goals," 2017. [Online].
- [82] MICROSOFT, «IoT Signals\_Edition 3,» Junio de 2021.
- [83] BID, «IOT EN ALC 2019: Tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe,» 2019.
- [84] GSMA, «The Mobile Economy 2022,» 2022.
- [85] WEF, «Global Competitiveness index 2017-2018,» [En línea]. Available: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/countryeconomy-profiles/#economy=COL>. [Último acceso: 11 May 2022].
- [86] WEF, «Global Competitiveness index 2017-2018,» Ginebra, 2017.
- [87] Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial, Bogotá, D.C., 2019.
- [88] Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, Política Nacional de Confianza y Seguridad Digital, Bogotá, D.C., 2020.



- [89] Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES , Política Nacional de Explotación de Datos (Big Data), Bogotá, D.C., 2018.
- [90] Departamento Nacional de Planeación, Propuesta de caracterización del ecosistema de datos en Colombia, Bogotá, D.C., 2022.
- [91] OCDE, «IoT EN ALC 2019: Tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe,» 2019.
- [92] R. Pérez, S. Navajas y E. Terry, «IoT IN LAC 2019: Taking the Pulse of the Internet of Things in Latin America and the Caribbean,» p. 40, 2020.
- [93] F. Monsave, M. Ortiz, M. Cardoso, E. Gilles, J. Zafrilla and L. López, "Nesting a city input-output table in a multiregional framework: a case example with the city of Bogota," *Journal of Economic Structures*, 2020.
- [94] GSMA, «The contribution of IoT to economic growth,» 2019.
- [95] A. Espinoza, J. López, F. Mata y M. Espinilla, «Application of IoT in Healthcare: Keys to Implementation of the Sustainable Development Goals,» 2021.
- [96] D. Bollier, «WHEN PUSH COMES TO PULL The New Economy and Culture of Networking Technology,» Washington, D.C., 2006.
- [97] Shodan, [En línea]. Available: <https://www.shodan.io/>. [Último acceso: 2022 May 20].
- [98] ANE, «Plan maestro de gestión de espectro,» 05 02 2022. [En línea]. Available: <https://www.ane.gov.co/Sliders/archivos/Cargas%20Nuevas/Plan%20Maestro%20de%20Gestion%20de%20Espectro%20a%205%20a%20C3%B1os.pdf>. [Último acceso: 21 02 2022].
- [99] MINTIC, «MinTIC publica para comentarios el borrador de la resolución de Ciudades y Territorios Inteligentes,» 12 01 2022. [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/198359:MinTIC-publica-para-comentarios-el-borrador-de-la-resolucion-de-Ciudades-y-Territorios-Inteligentes>. [Último acceso: 06 04 2022].

- [100] MINTIC, «Ministerio TIC establece lineamientos y condiciones para impulsar las Ciudades y Territorios Inteligentes en el país,» 05 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/208739:Ministerio-TIC-establece-lineamientos-y-condiciones-para-impulsar-las-Ciudades-y-Territorios-Inteligentes-en-el-pais>. [Último acceso: 06 04 2022].
- [101] GSMA, «LPWA: The future of smart metering,» 2016.
- [102] GSMA, «LPWA: Cost-Effective Care for the Environment,» 2016.
- [103] GSMA, «LPWA: Making Parking Smarter,» 2016.
- [104] Departamento Nacional de Planeación, Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad, Bogotá, D.C., 2019.
- [105] L. Prospero, R. Costa and L. Badia, "Resource Sharing in the Internet of Things and Selfish Behaviors of the Agents," 2016.
- [106] P. Bustamante, M. Gomez, I. Murtazashvili and M. Weiss, "Spectrum anarchy: why self-governance of the radio spectrum works better than we think," *Journal of Institutional Economics*, 2020.
- [107] T. Hazlett, *The Political Spectrum the tumultuous liberation of wireless technology, from herbert hoover to the smartphone*, Yale University Press, 2017.
- [108] T. W. Hazlett, D. Porter and V. Smith, "Radio Spectrum and the Disruptive Clarity of Ronald Coase," *Journal of Law and Economics*, 2011.
- [109] C. Ting, S. S. Wildman y J. M. Bauer, «Comparing welfare for spectrum property and spectrum commons governance regimes,» *Telecommunications Policy*, 2005.
- [110] V. Almeida, F. Gaetani and F. Filgueiras, "Digital Governance and the Tragedy of the Commons," 2020.

- [111] J. Conley, "Economic Implications of New Technologies for Licensed and Unlicensed Spectrum," *Vanderbilt University Department of Economics Working Papers*, 2019.
- [112] M. Altamimi, M. B. Weiss and M. McHenry, "Enforcement and Spectrum Sharing: Case Studies of Federal- Commercial Sharing," *SSRN Electronic Journal*, 2013.
- [113] M. Cooper, "Governing The Spectrum Commons: A Framework For Rules Based On Principles Of Commonpool Resource Management," 2006.
- [114] P. Anker, "From spectrum management to spectrum governance," *Telecommunications Policy*, 2017.
- [115] R. Pindyck, *Microeconomía*, Madrid: Pearson Education, 2001.

## ANEXO 1

### INTERRELACIONES ENTRE IOT Y LAS ACTIVIDADES IDENTIFICADAS PARA SU DESARROLLO

Actividades \ ODS	1 ERRO DE LA POBREZA	2 HAMBRE CERVO	3 SALDO Y BIENESTAR	4 EDUCACION DE CALIDAD	5 IGUALDAD DE GENERO	6 AGUA LIMPIA Y SANAMIENTO	7 ENERGIA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE	8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONOMICO	9 INDUSTRIA, INNOVACION E INFRAESTRUCTURA
A. Promover el desarrollo y la adopción de IoT para el beneficio de la humanidad, el medio ambiente y el desarrollo sostenible	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B. Soporte de la implementación de IoT en el contexto urbano y rural para el fomento de la aplicación de Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares suministrando de ciudades inteligentes y sostenibles			X			X	X		X
C. Promover un ecosistema amplio, vibrante y seguro para IoT, incluido el apoyo a empresas emergentes e incubadoras								X	X
D. Incentivar el desarrollo y la implementación de estándares que faciliten la interoperabilidad entre tecnologías IoT y soluciones con el fin de establecer las bases para un ecosistema abierto e interoperable									X
E. Adoptar nuevas e innovadoras aplicaciones de IoT con el propósito de enfrentar los desafíos relacionados con el hambre, la provisión del agua y la seguridad alimentaria		X	X			X			X
F. Estimular el interés en el uso de IoT para reducir el riesgo y mitigación del cambio climático	X								X
G. Identificar y apoyar la tendencia creciente de usar tecnologías IoT para la educación	X			X					X
H. Adoptar la aplicación y el uso de IoT para la conservación de la biodiversidad y el monitoreo ecológico		X							
I. Contribuir a la investigación y los debates globales sobre IoT para ciudades inteligentes y sostenibles a través de iniciativas globales	X				X				X
J. Promover el diálogo y la cooperación internacionales sobre IoT para el desarrollo sostenible									X

Fuente: IoTweek [81]



Actividades \ ODS	10 REDUCCIÓN DE LAS DESIGNADEDADES	11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES	12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES	13 ACCIÓN POR EL CLIMA	14 VIDA SUBMARINA	15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES	16 PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS	17 ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS
A. Promover el desarrollo y la adopción de IoT para el beneficio de la humanidad, el medio ambiente y el desarrollo sostenible	X	X	X	X	X	X	X	X
B. Soporte de la implementación de IoT en el contexto urbano y rural para el fomento de la aplicación de Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares suministrando de ciudades inteligentes y sostenibles	X	X						
C. Promover un ecosistema amplio, vibrante y seguro para IoT, incluido el apoyo a empresas emergentes e incubadoras		X					X	X
D. Incentivar el desarrollo y la implementación de estándares que faciliten la interoperabilidad entre tecnologías IoT y soluciones con el fin de establecer las bases para un ecosistema abierto e interoperable		X	X					X
E. Adoptar nuevas e innovadoras aplicaciones de IoT con el propósito de enfrentar los desafíos relacionados con el hambre, la provisión del agua y la seguridad alimentaria		X	X	X		X		X
F. Estimular el interés en el uso de IoT para reducir el riesgo y mitigación del cambio climático				X				
G. Identificar y apoyar la tendencia creciente de usar tecnologías IoT para la educación								
H. Adoptar la aplicación y el uso de IoT para la conservación de la biodiversidad y el monitoreo ecológico					X	X		
I. Contribuir a la investigación y los debates globales sobre IoT para ciudades inteligentes y sostenibles a través de iniciativas globales	X	X					X	X
J. Promover el diálogo y la cooperación internacionales sobre IoT para el desarrollo sostenible		X						X

Fuente: IoTweek [81]