

Actividad de patentamiento en Internet de las Cosas para gestión del tráfico*

Patent Activity on the Internet of Things for Traffic Management

*Diana Priscila Estrella Santiago** y Hortensia Gómez Viquez****

RESUMEN

Internet de las Cosas (IoT) es un término que ha ganado importancia esta última década, sus aplicaciones en la construcción de las ciudades inteligentes han llevado a plantear soluciones a problemas asociados a seguridad, energéticas, salud, turismo, movilidad, entre otras. Es en este contexto en donde la movilidad, y en particular la gestión del tráfico, juegan un papel importante ante un aumento de la población en las grandes ciudades. Para mejorar el transporte público, la seguridad vial y una creciente carga vial en las calles se requieren soluciones apoyadas en las tecnologías de la información y comunicación. El presente estudio busca contextualizar estas tecnologías a través del tiempo, los desarrollos tecnológicos que permiten dar el preámbulo a nuevas patentes, y las condiciones para generar tecnologías y su aplicación en la construcción de soluciones al tráfico.

Palabras clave: Patentes, tecnología, e Internet de las Cosas.

Clasificación JEL: O31, O33 y L86.

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) has gained importance in the last decade. Its applications in the design of smart cities have contributed to address problems of security, energy, health, tourism, mobility, among others. In terms of mobility —especially traffic management— they play an important role given the growth of large cities in order to improve public transport, road safety and road freight, based on ICT solutions. This study is based on the review of patents to contextualize the evolution of IoT over time, the technological developments, as well as the conditions for generating technologies and their application in building traffic solutions.

Keywords: Patents, technology, and internet of things

JEL classification: O31, O33 and L86

* Fecha de recepción: 27/01/2022. Fecha de aceptación: 27/12/2023. Fecha de publicación: 31/07/2023.

** Instituto Politécnico Nacional, Ciecás, Estudiante del Doctorado en Innovación Local. E-mail: destrella@ipn.mx. ORCID: 0000-0003-1086-7794.

*** Instituto Politécnico Nacional, Ciecás. E-mail: hgomezv@ipn.mx. ORCID: 0000-0002-1820-1877.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población en las ciudades ha llevado a buscar soluciones dinámicas, participativas y auxiliadas con tecnología que permitan y favorezcan la circulación en las diferentes vialidades. Es en este contexto donde los gobiernos han buscado dar respuesta a estas problemáticas de manera “inteligente” integrando diferentes tecnologías y actores que superen los problemas y mejoren las condiciones de vida de sus habitantes. En efecto, la sociedad moderna afronta un conjunto de problemas tales como, el sustantivo incremento en la circulación de vehículos, con los respectivos efectos en la salud, medio ambientales, incidentes de tránsito, seguridad, entre otros.

Las ciudades demandan cada vez más un mayor uso de las tecnologías de la información y en particular de aquellas que permitan analizar un mayor número de datos, de forma oportuna y en el menor tiempo posible con el fin de volver más operativas las vialidades. La gestión del tráfico busca pues reducir los efectos negativos de flujos ineficientes de vehículos mediante la gestión de red de carreteras, asignación de recursos de manera sistemática, tarifas dinámicas de aparcamiento, semáforos adaptables, altos niveles de automatización, previsión del tráfico en rutas, búsqueda de plazas de aparcamiento y las pautas para incorporación de vehículos autónomos (Nagy y Simón, 2018).

Por lo anterior, es necesario contar con un diagnóstico del mercado tecnológico y de innovación que permita a los tomadores de decisiones identificar cuáles son las tecnologías orientadas a solucionar este problema; los principales oferentes de estas tecnologías; la competencia actual y los países líderes en la tecnología; es decir, cómo ha evolucionado esta tecnología del IoT.

El objetivo del artículo es caracterizar la evolución del IoT, destacando las especificidades de innovación tecnológica en el campo de la gestión del tráfico. El periodo de estudio comprende de 2010 a 2022, considerando que el IoT adquiere mayor importancia en los últimos años, al proponer soluciones para la construcción de ciudades inteligentes.

La información para construir los indicadores tecnológicos necesarios para la investigación se obtuvo de las bases de patentes de Estados Unidos (USPTO) y la Unión Europea (EPO). Lo anterior debido a que las principales ciudades inteligentes usuarias de las tecnologías en estudio se sitúan en esos países. Así, el mercado tecnológico es posible identificarlo en estas áreas geográficas, contrastando con el caso de México (IMPI) como posible adoptador de estas tecnologías. Los motores de búsqueda utilizados fueron Patent Pulse y Lens. El periodo de estudio: 2010 a 2022.

I. ANTECEDENTES

El Internet de las Cosas (IoT) es un término acuñado en la década de los 2000 y a partir de este lapso comienzan a surgir diferentes propuestas para éste: el hogar, la industria, los servicios que proveen las ciudades, etcétera. En particular, relacionado con los servicios que prestan las ciudades, el enfoque se puntualiza al incorporar estas tecnologías en las ahora llamadas ciudades inteligentes. En este sentido, la preocupación por la movilidad y la gestión del tráfico se hace presente con el fin de mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos.

En 2010 se planteaban los primeros indicios de cómo el IoT cambiaría la forma habitual de realizar ciertas actividades en el turismo, el comercio, la seguridad, el tráfico, el entretenimiento, etcétera (Alzahrani, Loke y Lu, 2011; Carvin, Owezarski y Berthou, 2012) y cómo estas actividades se realizarían en un entorno más inteligente e integrado y en donde los usuarios saben menos del funcionamiento y composición interior de una computadora, pero reciben más beneficios de su uso (Koivisto, 2011).

Posteriormente, diferentes usuarios de vialidades empiezan a compartir datos generados en tiempo real, para mejorar el tráfico urbano con las herramientas de los teléfonos inteligentes (Vujić *et al.*, 2015). A la par, se da la promoción de los gobiernos en la creación de sistemas de *big data*, sistemas de visualización y control mediante arquitectura de código abierto (Suárez *et al.*, 2015), también el planteamiento de sistemas de transporte inteligente basados en IoT e inteligencia artificial para formar sistemas de transporte urbano integrados (Zhang, 2013), control de emisiones e inspecciones vehiculares mediante sistemas inalámbricos de inspección y notificación para monitorear el estado del motor del vehículo *in situ* mediante sensores RFID instalados en los vehículos y simulado para ciudades como Shenzhen, Nueva York y Londres (Wong *et al.*, 2015). Siendo lo anterior la base para la construcción de sistemas IoT que reducen el consumo de grandes cantidades de energía en ambientes simulados (Wong *et al.*, 2015).

Se cuentan entre las tecnologías con transversalidad en diversas áreas. La computación en la niebla (aplicaciones y servicios que requieren una latencia muy baja y previsible) que atiende los problemas de seguridad y privacidad que pueden presentarse (Ni *et al.*, 2018); los esfuerzos realizados por los organismos de normalización en el contexto de las ciudades inteligentes para mejorar sus servicios (Mehmood *et al.*, 2017); los sistemas de seguridad bajo el concepto *blockchain* para la simplificación de dominios (Lei *et al.*, 2017); el *edge computing* para entornos informáticos distribuidos (El-Sayed *et al.*, 2018); las redes neuronales y mejoras en redes 5G (Militano *et al.*, 2015; Araniti *et al.*, 2017).

Las mismas necesidades de la sociedad dieron impulso al desarrollo tecnológico con mayor cobertura, así se buscó contextualizar las ciudades inteligentes y

big data de acuerdo a las características nacionales (o regionales) para integrar servicios municipales, negocios, transporte, agua, fuentes de energía y otros subsistemas urbanos, y cómo las ciudades intervienen en estos procesos espacio-tiempo (Wu *et al.*, 2018; Coletta y Kitchin, 2017). Su implementación en empresas de logística para mejorar la seguridad del conductor y reducir los costos operativos y el impacto ambiental de sus vehículos (Hopkins y Hawking, 2018); el cambio de la red 4G a la 5G, el crecimiento de los datos y los cambios de modelos de negocio de los operadores móviles (Oughton *et al.*, 2018); el impulso de las ciudades hacia una movilidad inteligente y el diseño de modelos que den prioridad a los vehículos de emergencia (Freitas *et al.*, 2017; Chowdhury, 2016) y la importancia del monitoreo y mitigación de la contaminación atmosférica implementando soluciones IoT (Miles *et al.*, 2018).

Del 2019 al 2020, la literatura muestra la importancia a las mejoras de la eficiencia energética mediante enlaces de dispositivo a dispositivo (D2D), los cuales logran una mayor eficiencia energética para las diferentes configuraciones de la red (Kuang *et al.*, 2019); asimismo mejorar la calidad de las experiencias de los usuarios mediante algoritmos de asignación de recursos bajo diferentes velocidades de transmisión de forma adaptativa (He *et al.*, 2020) y que reaccionen de inmediato cuando ocurren fallas para recuperar redes utilizando técnicas de monitoreo en tiempo real y administrar la demanda, los recursos así como aumentar la confiabilidad del sistema (Al-Rubaye *et al.*, 2019); mejoras en la red 5G respondiendo a los retardos extremo a extremo para los flujos de tráfico (Ye *et al.*, 2019), a la vez que se enriquecen las propuestas orientadas al internet de los vehículos mediante la reducción del tiempo de respuesta de los servicios para la administración del tráfico al permitir la difusión de contenido en tiempo real (Wang *et al.*, 2019) y la integración de nubes vehiculares para ciudades inteligentes mediante redes como LORAWAN la cual ofrece comunicación eficiente y de largo alcance (Khattak *et al.*, 2019), donde los nuevos retos se enfocan en el despliegue de dispositivos (diseño/configuración del sistema) y en la administración de los mismos (ejecución del sistema) (Du *et al.*, 2019).

Finalmente, el planteamiento y transición de la industria 5.0 que implica la penetración de la inteligencia artificial en la vida humana para aumentar el nivel de sus capacidades, en donde las principales tecnologías que permitirán esta transición están asociadas a nuevos tipos de computadoras distribuidas: Internet, sistemas y tecnologías multi agente, ontología y bases de conocimiento, teoría de sistemas adaptativos complejos, inteligencia emergente, arquitectura *evergetic* y empresarial (Martynov *et al.*, 2019).

Lo anterior da muestra de la evolución tecnológica del IoT y su aplicación a la vida diaria de los individuos y de las sociedades. No obstante, es evidente,

que todo ello ha sido posible por el desarrollo tecnológico. De ahí que la cuestión fundamental de esta investigación sea conocer en qué condiciones ocurrió el progreso en este campo tecnológico; asimismo, al estudiar la evolución tecnológica del IoT aplicado a la gestión del tráfico, se pretende identificar quiénes aportaron las ideas iniciales, cómo fue transformándose su orientación y cuál es la tendencia actual.

Ahora bien, el desarrollo de las tecnologías a través de análisis de patentes ha sido reconocido en diversos trabajos. Ciertamente no son un indicador preciso de innovación. Sin embargo, es indudable que el documento de patente refleja una tecnología, toda vez que implica actividad inventiva, aplicación industrial o solución a un problema tecnológico y disruptivo, requisitos ampliamente reconocidos (Sick *et al.*, 2021).

II. METODOLOGÍA

Se acota el tema de ciudades inteligentes a su rubro de IoT. Mediante el análisis de patentes realizado por el gobierno de Reino Unido, se identificaron los clasificadores que caracterizan el IoT.¹ Con el fin de sólo analizar aquellas tecnologías relacionadas a tráfico y transporte terrestre motorizado, se seleccionaron las palabras clave *traffic, transport OR vehicle* excluyendo aquellas que tuvieran relaciones con otro tipo de transporte y el cual pueda gestionarse mediante IoT (*aircraft OR railway OR aviation*).

Conceptualmente la ciudad digital surge en los años noventa, sin embargo, en la década de los 2000 se da la distinción entre ciudades inteligentes y ciudad digital en donde las primeras se distinguen por un alto uso de conocimiento e innovación, mientras que la segunda se limita a espacios para los entornos digitales o virtuales.²

Sin embargo, el concepto da un giro al considerar el transporte como una de las vertientes de estudio dentro del plano de la sustentabilidad, la implementación de las tecnologías de la información y una administración participativa, por lo que el periodo de estudio propuesto se ubica dentro del rango de años 2010-2022.

Se toma como referencia la fecha de publicación ya que nos ofrece una revisión total para el estado del arte, debido a que estas son solicitudes de patentes

¹ Intellectual Property Office (2014), "Eight Great Technologies. The Internet of Things: A Patent Overview", tomado el 15 de noviembre del 2020 de <https://www.gov.uk/government/publications/new-eight-great-technologies-internet-of-things>.

² Ryszard, E. (2016), "Ciudad Inteligente concepto en discusión", extraído el 12 de noviembre del 2020 de <http://ru.iiec.unam.mx/3731/1/035-Rozga.pdf>.

que ya han cumplido con los requisitos de forma y que se considera que puede tener una aportación en algún campo tecnológico, por lo que se someten a la revisión de fondo.

Campos tecnológicos de la búsqueda acorde a la Clasificación Internacional de Patentes y la CPC:

Cuadro 1. *Clasificadores tecnológicos.*

| CPC ³ | CIP | Descripción de la clase tecnológica |
|---------------------------------|---------------|---|
| H04L29/08 – H 04L 29/0899 | H04L029 / 08 | Control de comunicaciones; Procesamiento de comunicaciones caracterizado por un protocolo; Procedimiento de control de transmisión, por ejemplo, procedimiento de control de nivel de enlace de datos. |
| H04L012 / 28 | H04L012 / 28 | Redes de conmutación de datos caracterizadas por la configuración de la ruta, por ejemplo, LAN (redes de área local) o WAN (redes de área amplia). |
| H 04L 29/06 - H 04L 29/06993 | H04L029 / 06 | Control de comunicaciones; Procesamiento de comunicación caracterizado por un protocolo. |
| G06F 15/16 Y G06F 15/161 | G06F015 / 16 | Ordenadores digitales en general; Equipos de procesamiento de datos en general; Combinaciones de dos o más computadoras digitales, cada una con al menos una unidad aritmética, una unidad de programa y un registro, por ejemplo, para el procesamiento simultáneo de varios programas. |
| G 05B 19/418- G 05B 19/41895 | G05B019 / 418 | Sistemas de control de programa → eléctrico → Control total de fábrica, es decir, control centralizado de una pluralidad de máquinas, por ejemplo, Control numérico directo o distribuido (DNC), sistemas de fabricación flexible (FMS), sistemas de fabricación integrados (IMS), fabricación integrada por computadora (CIM). |
| H 04W 84/18 | H04W084 / 18 | Topologías de red → Redes auto organizadas, por ejemplo, redes <i>ad hoc</i> o redes de sensores. |
| H 04W 4/00 | H04W004 / 00 | Servicios o instalaciones especialmente adaptados para redes de comunicaciones inalámbricas. |
| G 08C 17/02 | G08C017 / 02 | Disposiciones para transmitir señales caracterizadas por el uso de un enlace eléctrico inalámbrico → utilizando un enlace de radio. |
| H 04W 72/04- H 04W 72/0493 | H04W072 / 04 | Gestión de recursos locales, por ejemplo, selección o asignación de recursos inalámbricos o programación de tráfico inalámbrico → Asignación de recursos inalámbricos. |
| H 04B 7/2606- H 04B 7/2687 | H04B007 / 26 | Sistemas de transmisión por radio, es decir, que utilizan el campo de radiación para la comunicación entre dos o más puestos, al menos uno de los cuales es móvil. |

Fuente: OMPI, CIP. **Nota:** con respecto a la equivalencia de los clasificadores CPC a USPTO se tiene lo siguiente: “La Clasificación de Patentes de Estados Unidos (USPC) fue el sistema oficial de clasificación de patentes utilizado y mantenido por la USPTO hasta el 1 de enero de 2013. El sistema fue reemplazado por la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC), una asociación conjunta entre la USPTO y la EPO donde las oficinas acordaron armonizar sus sistemas de clasificación existentes (Cepal y USPC, respectivamente) y migrar hacia un esquema de clasificación común.”⁴

³ <https://www.uspto.gov/web/patents/classification/cpc/html/conH04Ltoipc.html#H04L29/06->.

⁴ <https://www.tprinternational.com/making-the-switch-from-uspc-to-cpc/>.

Por lo tanto, se obtuvo la siguiente estrategia de búsqueda, incluyendo el periodo de estudio (2010-2022) y los clasificadores IoT del estudio mencionado:

Title, abstract and claims ((traffic AND (transport OR vehicle) NOT (aircraft OR railway OR aviation)) AND CIP (H04L029/08 OR H04L012/28 OR H04L029/06 OR G06F015/16 OR G05B019/418 OR H04W084/18 OR H04W004/00 OR G08C017/02 OR H04W072/04 OR H04B007/26) AND Publication Data (2010-2022).

Las bases de patentes utilizadas fueron las relativas a la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés), la Oficina de Patente de Europa (EPO) y, del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), mediante el buscador SIGA. Los softwares utilizados fueron Patent Pulse y LENS. El análisis se hizo considerando las familias de patentes.

Posteriormente, mediante el motor de búsqueda de Patent Pulse,⁵ se ingresaron los datos de acuerdo con los parámetros de búsqueda anteriores, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 2. Resultados obtenidos.

| Base de Patentes | Estrategia | Resultado por familias |
|--------------------|--|------------------------|
| USPTO_US Published | ti, ab, claim: (traffic AND (transport OR vehicle) NOT(aircraft OR railway OR aviation)) AND ((ic:(H04L12/28*) OR ic:(H04L29/06*) OR ic:(H04W84/18*) OR ic:(H04W72/04*) OR ic:(H04B7/26*) OR ic:(H04W4/00*) OR ic:(H04L29/08*) OR ic:(G06F15/16*) OR ic:(G05B19/418*) OR ic:(G08C17/02*)) AND pd:2010,2022. | 1446 |
| EPO_Published | ti, ab, claim: (traffic AND (transport OR vehicle) NOT(aircraft OR railway OR aviation)) AND ((ic:(H04L12/28*) OR ic:(H04L29/06*) OR ic:(H04W84/18*) OR ic:(H04W72/04*) OR ic:(H04B7/26*) OR ic:(H04W4/00*) OR ic:(H04L29/08*) OR ic:(G06F15/16*) OR ic:(G05B19/418*) OR ic:(G08C17/02*)) AND pd:2010,2022. | 405 |
| IMPI* | (title:((traffic AND (transport OR vehicle) NOT(aircraft OR railway OR aviation))) OR abstract:((traffic AND (transport OR vehicle) NOT(aircraft OR railway OR aviation))) OR claims:((traffic AND (transport OR vehicle) NOT(aircraft OR railway OR aviation)))) AND classification_ipcr:H04L12/28* OR classification_ipcr:H04L29/06* OR classification_ipcr:H04W84/18* OR classification_ipcr:H04W72/04* OR classification_ipcr:H04B7/26* OR classification_ipcr:H04W4/00* OR classification_ipcr:H04L29/08* OR classification_ipcr:G06F15/16* OR classification_ipcr:G05B19/418* OR classification_ipcr:G08C17/02* Filters: Publication Date = (2010-01-01 - 2022-10-27). Group by Simple Families = Jurisdiction = (Mexico). | 118 |

Fuente: Elaboración propia, varios años. ***Nota:** Para el caso de la estrategia en el buscador de patentes en el IMPI, mediante SIGA, se utilizaron los mismos clasificadores relacionados a Internet de las Cosas, sin embargo, estos fueron ingresados con su equivalente CPC. En algunos casos el clasificador CPC cuenta con un rango equivalente para el clasificador CIP, por lo cual la estrategia fue ampliar el número de clasificadores asociados mediante el uso de comodín (*). No obstante, con el fin de contar con un panorama más amplio, se consultó el motor de búsqueda LENS utilizando el mismo criterio de búsqueda y limitando la jurisdicción a México la cual será la base de datos para la realización de este análisis.

⁵ <https://www.patent-pulse.com/>

Con el fin de lograr el objetivo planteado se estudia el comportamiento, del 2010 al 2020, de los siguientes indicadores:

Cuadro 3. *Lista de Indicadores.*

| Indicador | Finalidad |
|---|--|
| Titulares y sus tipos. Porcentaje de participación de empresas, centros de investigación e inventores como titulares. | La participación mayoritaria de empresas refleja que el mercado es atractivo para efectos de competencia. La participación de Centros de Investigación e Inventores favorece la colaboración científica. |
| Participación por nacionalidad de los titulares de la patente. | La diversidad de nacionalidades es un reflejo de la importancia del mercado tecnológico. Los agentes sólo patentan en los mercados donde tienen expectativas de beneficios económicos. Pero considerando que los residentes tienen mayor propensión a patentar en su país. |
| Titulares por IPC. | Hacia qué áreas tecnológicas se están enfocando los esfuerzos de investigación y desarrollo de los competidores. |
| Evolución de las áreas tecnológicas: IPC/IPC. | Tránsito entre áreas tecnológicas, es decir, qué áreas se están dejando y a qué áreas se incorporan. |
| Áreas tecnológicas líderes: Análisis IPC/año. | Identifica áreas tecnológicas emergentes, en crecimiento o en declive (ciclo tecnológico). |
| Análisis de prioridades/IPC. | Países líderes por áreas tecnológicas (mercados tecnológicos en los que se están desarrollando las tecnologías). |
| Países destino. | Identificar mercados de consumo. |
| Colaboración entre titulares de patentes: | Identificación de empresas, centros de investigación o individuos con los que están colaborando los competidores. |
| Trayectoria y mapa tecnológicos por base de patentes (reivindicaciones). | Identificar la evolución de la tecnología en el tiempo. |

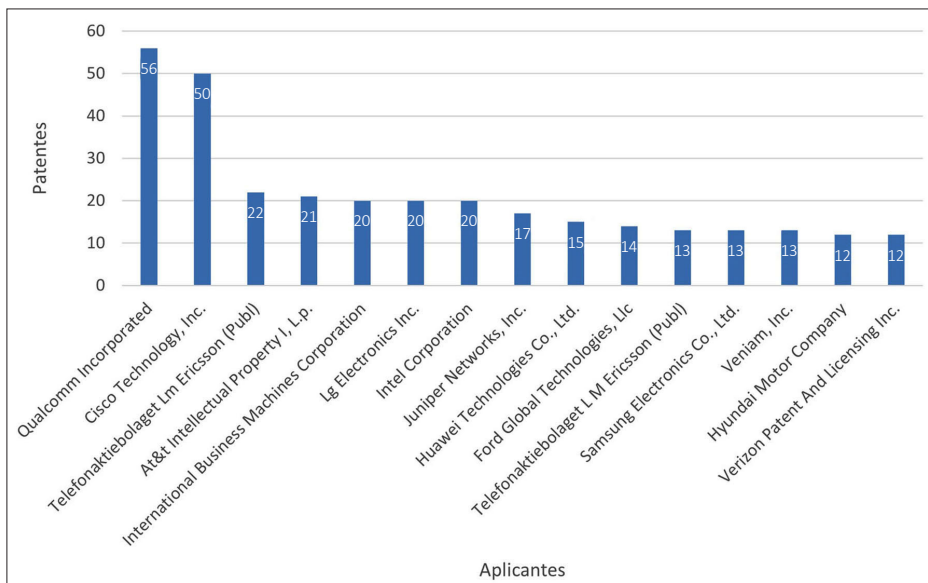
Fuente: Elaboración propia con base en Patent Pulse.

III. DATOS Y RESULTADOS: EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON GESTIÓN DEL TRÁFICO E INTERNET DE LAS COSAS

III.1. *Análisis de titulares*

Este indicador permite identificar las empresas con mayor actividad innovativa para el caso de tecnologías asociadas a IoT con aplicación en el campo de la gestión del tráfico, esto ofrece evidencia de aquellos países que son considerados en el mercado tecnológico asociado a este estudio. Mediante la estrategia de búsqueda que fue obtenida a través del motor de búsqueda de Patent Pulse, se obtuvieron los 15 principales aplicantes de patentes de acuerdo con la siguiente gráfica 1, esto para el caso de USPTO para patentes publicadas:

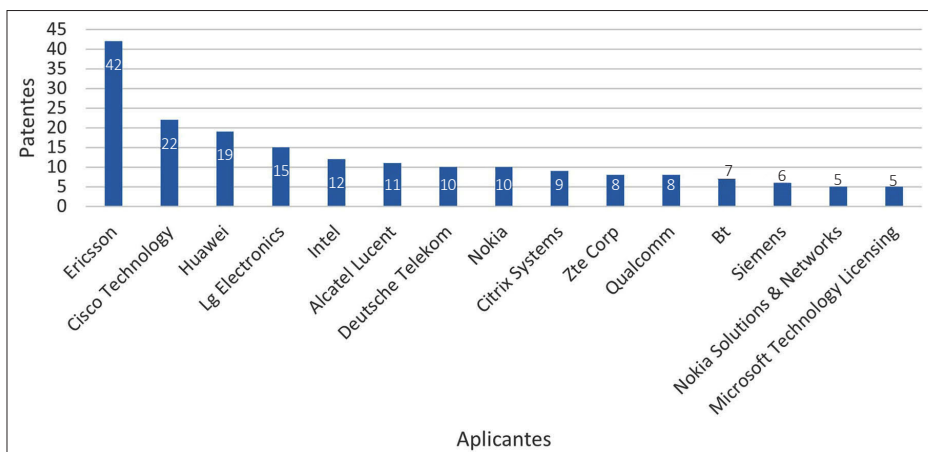
Gráfica 1. Principales aplicantes por número de patentes asociadas. USPTO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

De manera análoga, se realiza este análisis para el caso europeo mediante la base extraída de Patent Pulse, expresado en la gráfica 2:

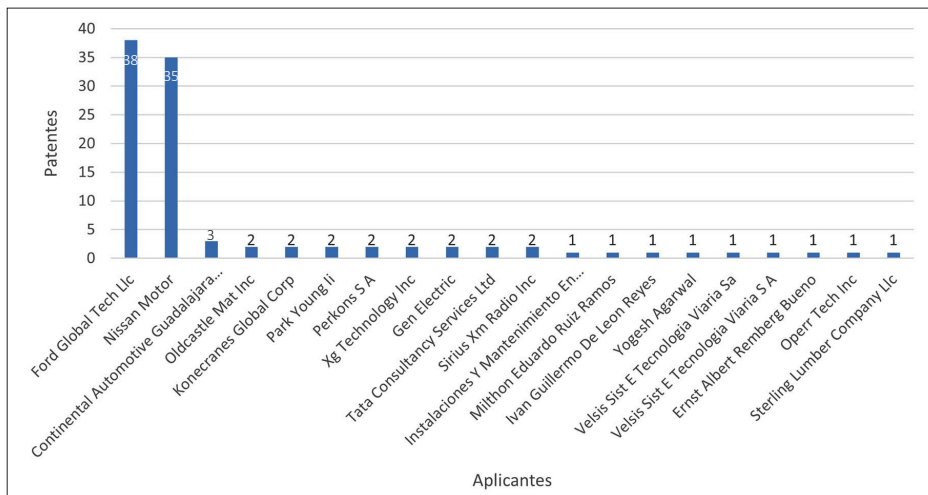
Gráfica 2. Principales aplicantes por número de patentes asociadas. EPO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Con el fin de realizar el mismo ejercicio, pero en este caso para el caso del mercado de consumo esperado en México, se obtuvo la siguiente gráfica 3:

Gráfica 3. Principales aplicantes por número de patentes asociadas. IMPI.



Fuente: Elaboración propia.

Como puede apreciarse en la gráfica 1, Qualcomm, Cisco y Telefonaktiebolaget L.M Ericsson son las empresas con mayor número de patentes asociadas, éstas son empresas pertenecientes al sector de telecomunicaciones.

En el caso de Qualcomm los principales productos desarrollados por tipo están asociados a tecnologías bluetooth, sistemas de módem-RF, procesadores y wifi; tecnología con aplicación a ciudades inteligentes, informática móvil, redes, teléfonos inteligentes, etcétera (Qualcomm, 2020).

Para el caso de Cisco, las tecnologías desarrolladas están relacionadas a redes, switches, routers, tecnología inalámbrica, administración de redes interfaces y módulos, redes inalámbricas y movilidad-seguridad en la nube, centros de datos, administración de datos, soluciones de seguridad, optimización de flotas, sistemas de tránsito, análisis, entre otros; productos asociados con IoT y la gestión de los elementos conectados entre sí (Cisco, 2020).

Para Telefonaktiebolaget L M Ericsson, las tecnologías asociadas a IoT que desarrolla la marca están relacionadas a la transformación de empresas, industria 4.0, redes dedicadas, gestión de seguridad, plataformas en la nube para vehículos, por mencionar aquellas que resultan relevantes en la gestión de tráfico (Ericsson, 2020).

En el caso europeo el principal aplicante es *Ericsson* seguido de *Cisco*, *Huawei* y *Lg Electronics*; observamos que el top de aplicantes se repite. Pero en Europa se suma Huawei y LG, los cuales proveen soluciones de hardware y software mediante procesadores integrados, visión artificial para aplicaciones de borde, soluciones IoT para transporte y ciudades inteligentes (Intel, 2020).

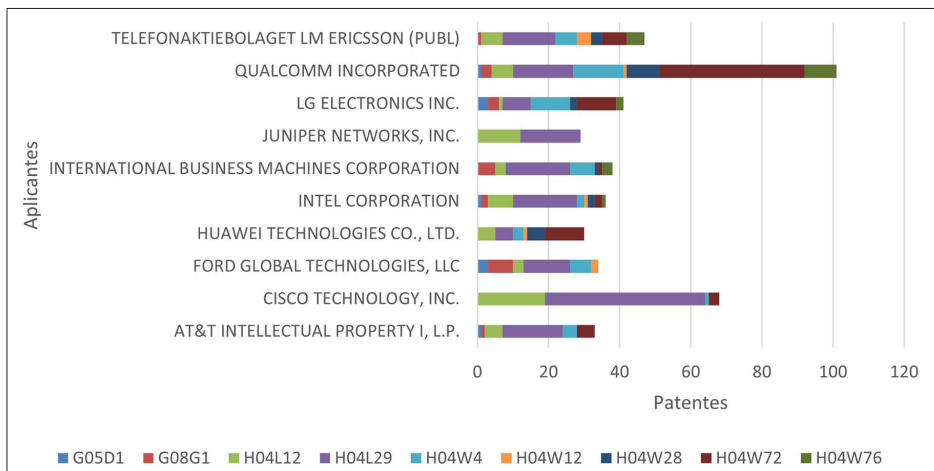
Observamos que las mismas empresas buscan dominar tanto el mercado estadounidense como el europeo, ofrecen soluciones semejantes y por el número de patentes solicitadas se busca proteger principalmente en el mercado estadounidense.

Para el caso del IMPI el resultado es muy diferente, las principales empresas que buscan patentar en el país son empresas automotrices, Ford y Nissan, además de que entre los resultados hay tanto empresas locales como lo es Continental, empresa jalisciense, e inventores mexicanos.

III.2. Análisis de empresas/IPC

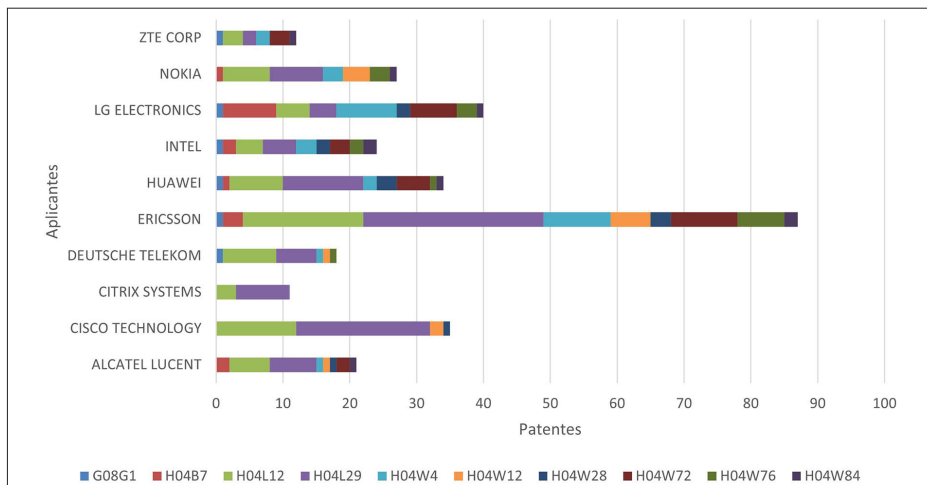
En el caso de Clasificaciones Internacionales de Patentes contrastadas con los aplicantes, podemos observar cuáles son las principales tecnologías que desarrollan cada uno de los aplicantes de patente, tal como se muestra en la gráfica 4 para el caso de USPTO, la gráfica 5 lo que concierne a la EPO y la gráfica 6 lo relativo a la IMPI:

Gráfica 4. *Aplicantes vs CIP. USPTO.*



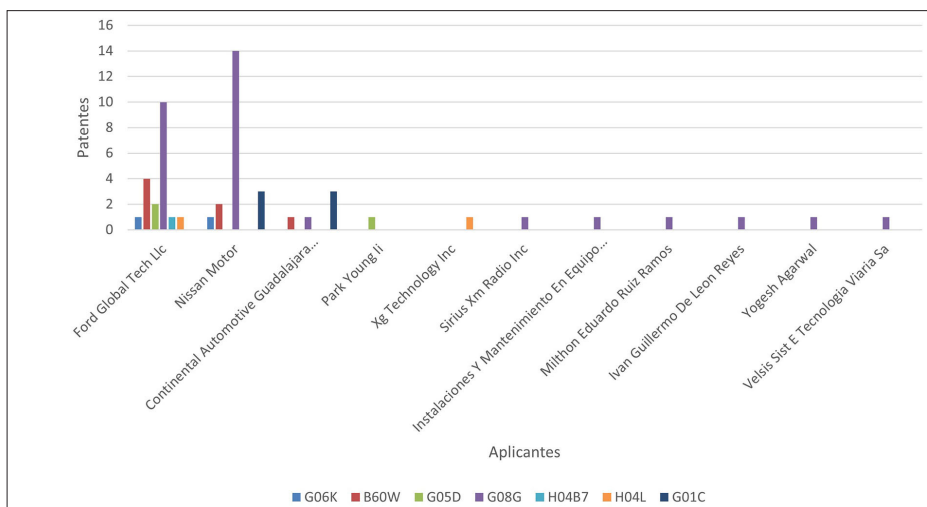
Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Gráfica 5. *Aplicantes vs CIP. EPO.*



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Gráfica 6. *Aplicantes vs CIP. IMPI.*



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las clasificaciones que poseen un mayor número de aplicantes, esto para el caso de USPTO, que están asociados, son las relacionadas con H04L12 (Redes de conmutación de datos), H04L29 (Disposiciones, aparatos, circuitos o

sistemas, no incluido en uno solo de los grupos), H04W4 (Servicios especialmente adaptados para redes de comunicaciones inalámbrica; instalaciones para ello) y H04W72 (Gestión de recursos locales, por ejemplo, selección o asignación de recursos inalámbricos o programación del tráfico inalámbrico).

Para el caso de la base de patente europea se obtiene como principales clasificadores de patentes el H04L29, H04L12, H04W4 y H04W72; caso similar al de las clasificaciones que dominan la base de patentes de la USPTO.

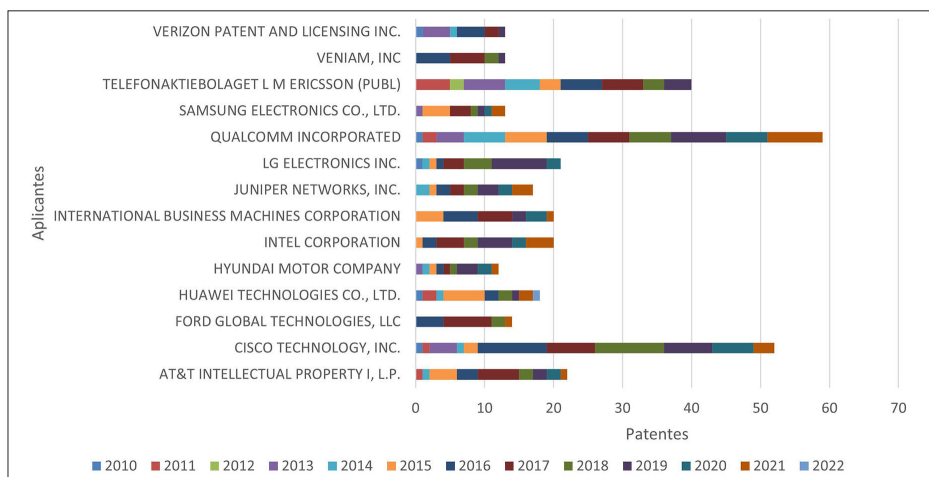
Para el caso del IMPI el resultado es muy variado ya que el principal clasificador es G08G (Sistemas de control del tráfico) y B60W (Conjunto de control de sub-unidades de vehículo de diferente tipo o diferente función; sistemas de control especialmente adaptados para vehículos híbridos; sistemas de control de conducción de vehículos de carretera para fines no relacionados con el control de una sub-unidad en particular).

Estos resultados dan muestra de la divergencia de tecnologías entre los mercados tecnológicos de mayor relevancia, Estados Unidos y Europa, respecto al comportamiento en México.

III.3. *Análisis de patentadores por año*

Mediante el indicador de patentadores es posible identificar desde cuándo se investiga en los campos de conocimiento antes mencionados, para este fin se ilustra mediante la gráfica 7, en lo que respecta a la USPTO; a su vez, de la EPO en la gráfica 8, finalmente en la gráfica 9 lo relativo al Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

Gráfica 7. *Análisis de patentadores vs fechas. USPTO.*



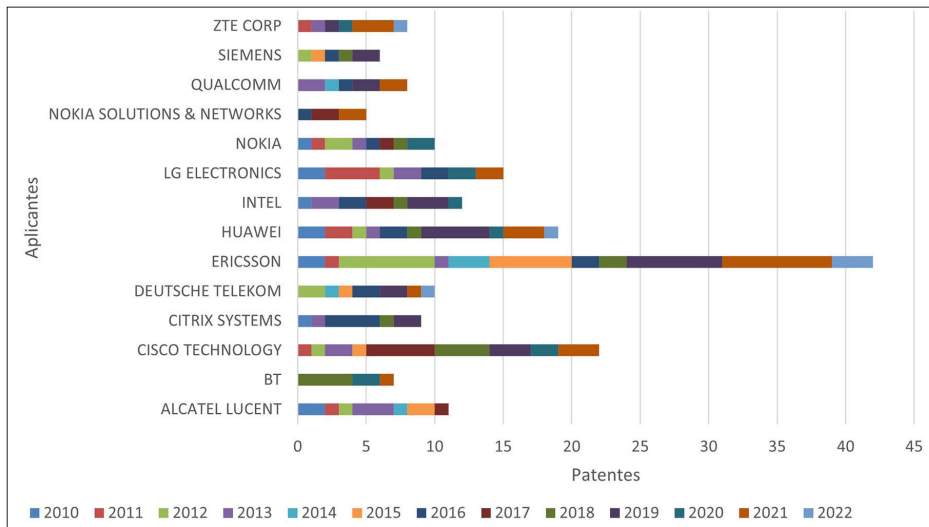
Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

En la gráfica 7, con base en la base de datos de Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos, se aprecia que existe una tendencia creciente en el número de patentes solicitadas por año, en particular, encontrando un pico importante entre los años 2017-2019. Esta tendencia sugiere que estas tecnologías están aún en proceso de desarrollo ya que aumentan rápidamente el número de solicitudes y hay gran actividad de Investigación y Desarrollo (I+D).

Durante 2020-2022 se observa la disminución del número de patentes relacionadas a gestión del tráfico; si bien Estados Unidos se colocó como uno de los líderes en tecnología computacional y comunicaciones digitales en 2021 (WIPO, 2022), las patentes registradas no necesariamente fueron orientadas a proteger tecnologías relacionadas con la gestión del tráfico.

En el caso de la base de patentes EPO, en la gráfica 8 se aprecia un número de patentes similar por año, sin embargo, durante 2020 y 2021 existe un mayor número de patentes solicitadas apuntando que aún no es una tecnología que ha alcanzado una madurez tecnológica. También es importante observar que, en 2010, Cisco no tuvo participación en el mercado, esta empresa se incorporó en 2012 en este mercado tecnológico en Europa, en tanto que en Estados Unidos tuvo participación desde 2010.

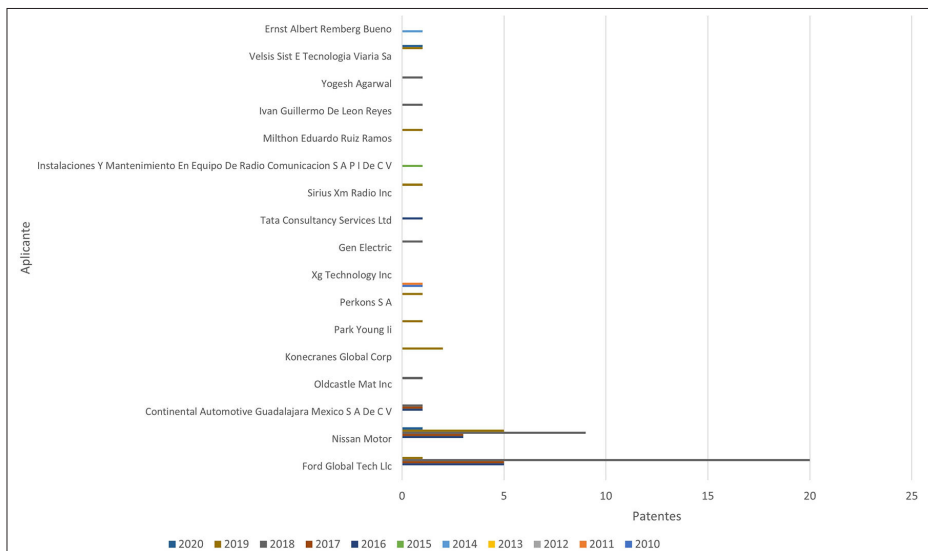
Gráfica 8. Análisis de patentadores vs. fechas. EPO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Para el caso del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), resalta que el principal patentador es Ford, pero el segundo caso es una empresa mexicana, Continental Automotive Guadalajara México de SA de CV.

Gráfica 9. Análisis de patentadores vs fechas. IMPI.



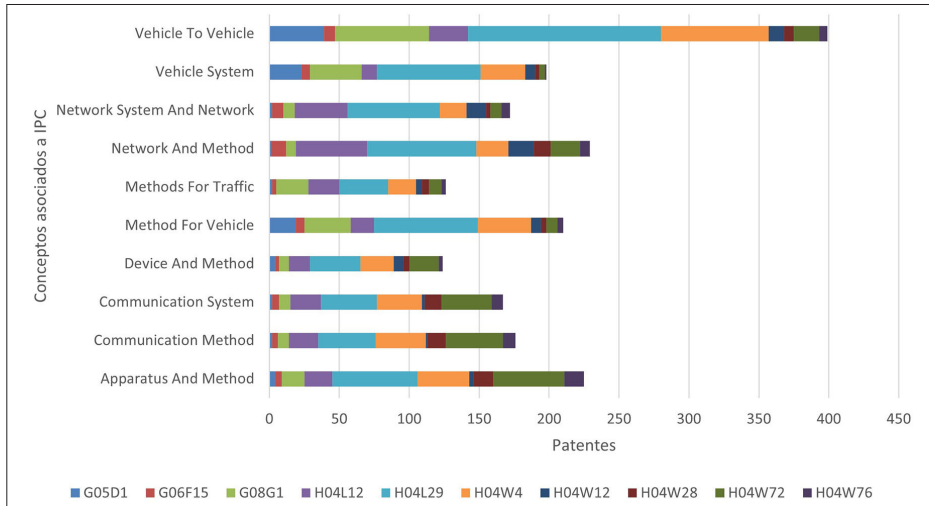
Fuente: Elaboración propia.

III.4. Evolución de las áreas tecnológicas. Análisis IPC/IPC

Mediante el indicador de áreas tecnológicas es posible identificar qué tecnologías se están transfiriendo a nuevas áreas o productos, para esto se construyó la siguiente gráfica 10 para el caso de la USPTO y la 11 para EPO, las cuales permiten visualizar la incidencia entre ciertas áreas tecnológicas en función del clasificador CIP.

Respecto a la USPTO, mostrado en la gráfica 10, observamos que las tecnologías asociadas a redes y métodos, dispositivos, sistemas de vehículos, aparatos y métodos, métodos para vehículos, tecnología wireless, sistemas de redes, métodos de comunicación, sistemas de comunicación así como métodos y dispositivos poseen transversalidad con los CIP H04W4 (Sistemas especialmente adaptados para redes de comunicación inalámbricas), H04L29 (Disposiciones, aparatos circuitos o sistemas, no incluidos en uno solo de los grupos), H04L12 (Redes de conmutación de datos), por mencionar las primeras tres tecnologías y sus incidencias con tópicos tecnológicos.

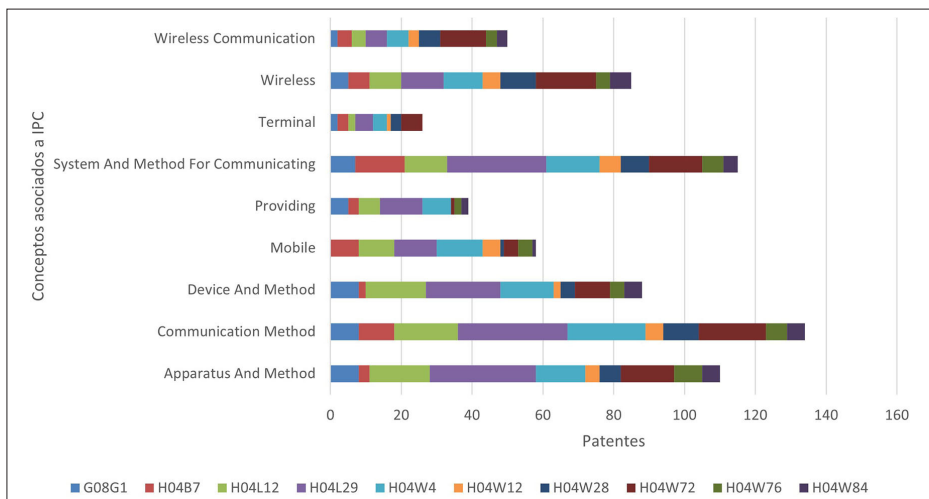
Gráfica 10. Análisis IPC vs conceptos IPC asociados. USPTO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

En el caso de la base de datos de EPO, mostrado en la gráfica 11, se observa que predominan los mismos clasificadores, sin embargo, las principales temáticas están relacionadas a sistemas y métodos de comunicación, aparatos y métodos, dispositivos y métodos, wireless y móvil (H04L12, H04L29, H04W4, H04W72).

Gráfica 11. Análisis IPC vs conceptos IPC asociados. EPO.



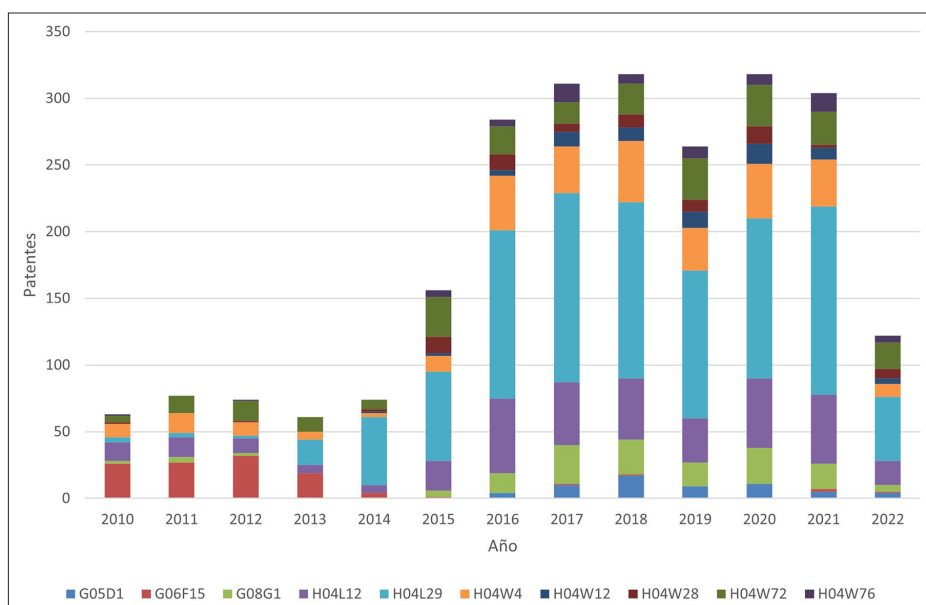
Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

III.5. Áreas tecnológicas líderes. Análisis IPC/año

De manera paralela al análisis anterior, el análisis CIP por año nos permite identificar las tecnologías que están emergiendo y aquellas que se encuentran en un proceso de declive, esto nos ayuda a entender en qué estado del ciclo está una tecnología. Para esto se construyó las siguientes gráficas 12, 13 y 14, para el caso de la USPTO, EPO e IMPI, respectivamente, que contrastan el número de patentes asociadas a los principales clasificadores por año.

La dinámica de USPTO (gráfica 12) muestra que las tecnologías con mayor número de patentes están relacionadas al grupo de familias H04L y H04W, las cuales muestran un incremento constante en la serie de tiempo de 2010-2020; caso contrario, ocurre en la familia de clasificadores G08G1, G06D1 con una baja dinámica de patentamiento. Incluso hay casos que van en descenso en registros de patentes como es el caso para la familia G05F15.

Gráfica 12. Análisis IPC vs año. USPTO.

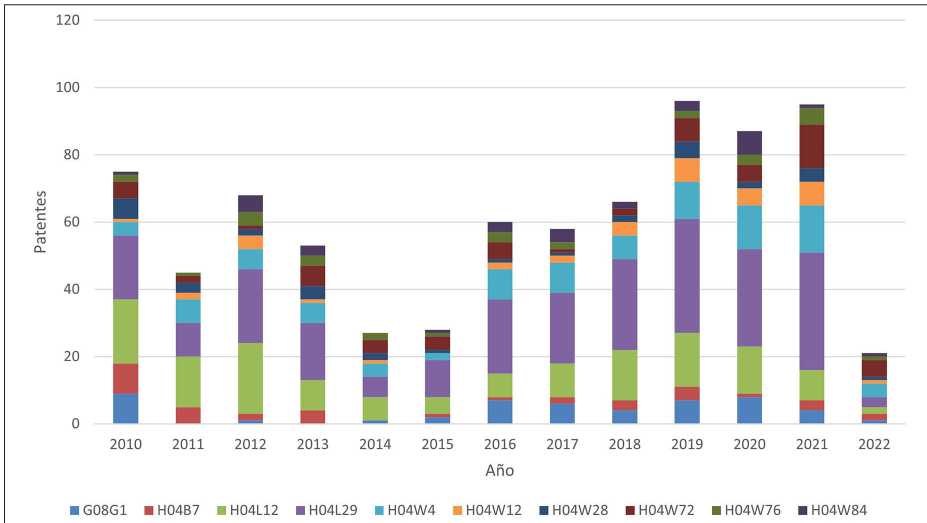


Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

En lo que respecta a las patentes en EPO, en la gráfica 13 se observa un comportamiento similar. Las patentes relacionadas a las familias de clasificadores H04L29, H04L12 y H04W4 son los clasificadores que muestran un crecimiento constante, mientras que los clasificadores que tienen un menor incremento son H04W28,

H04W84 y H04W76; en este caso difiere de la base de patentes de USPTO donde las familias con menor número de patentes asociadas pertenecen al área de gestión de recursos o tráfico de red, topologías de red y gestión de conexiones.

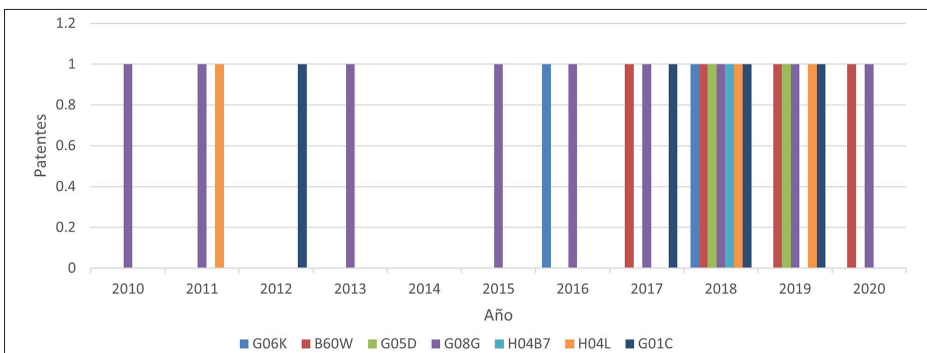
Gráfica 13. Análisis IPC vs año. EPO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

En el caso de México, no existe una tecnología que se desarrolle de manera predominante en la serie de tiempo. Sin embargo, a partir de 2017 existe una mayor actividad de patentamiento en diversas áreas como son los correspondientes para los clasificadores G08G, H04B7, H04L.

Gráfica 14. Análisis IPC vs año. México.



Fuente: Elaboración propia con datos de LENS.

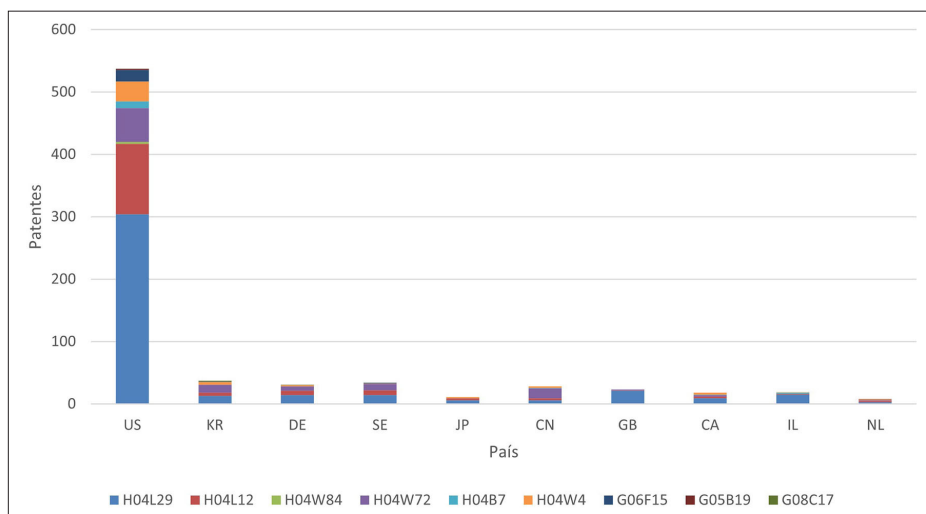
III.6. Análisis de prioridades/IPC

Mediante la construcción de este indicador de prioridades/IPC se obtiene la relación entre países líderes en cierta tecnología. Se tomará como referencia el grupo de la familia de clasificadores con los cuales se realizó la estrategia de búsqueda, destacando los 10 principales países patentadores y las patentes que poseen como primer clasificador asociado el CIP propuesto, por lo cual se obtuvo la siguiente gráfica 15 para el caso de la USPTO, 16 para el caso de la EPO y 17 para el caso de IMPI.

Con relación a la base de datos de USPTO, gráfica 15, se identifican a Estados Unidos (US), Corea del Sur (KR), China (CN) y Suecia (SE) como los principales patentadores relacionados a las tecnologías vinculadas a IoT para su división en gestión del tráfico; sin embargo, en el caso de la USPTO, domina el número de patentadores de esa nación.

Con relación a los clasificadores con mayor número de patentes asociadas son los H04L29, H04L12 y G06F15, en donde la participación de los demás países es menor con respecto a la de Estados Unidos, pero con una alta actividad inventiva en estas áreas con relación a otros países.

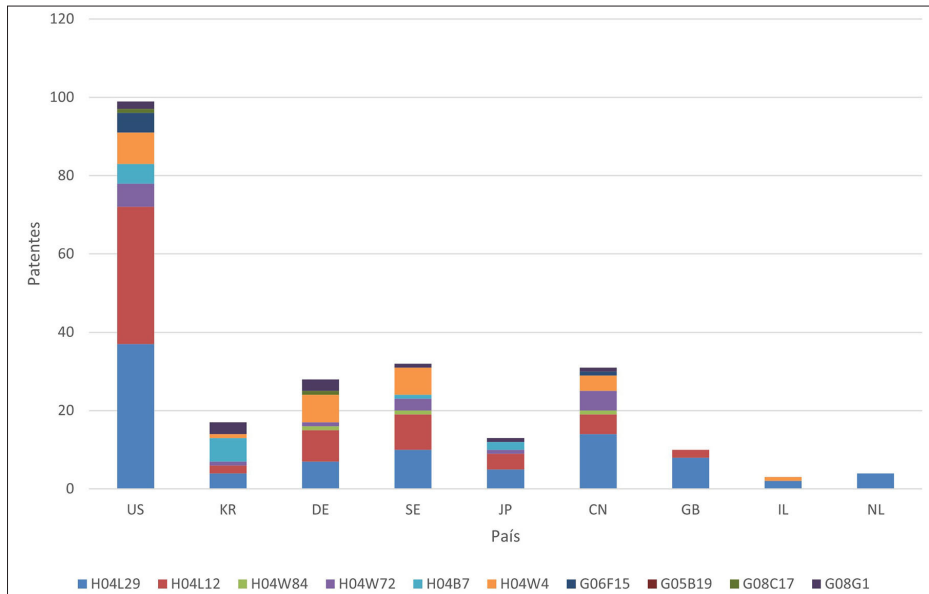
Gráfica 15. Relación entre principales países y tecnologías IoT.
 Gestión del tráfico. USPTO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

La base de datos de EPO, gráfica 16, muestra un comportamiento similar a la USPTO. Las principales diferencias radican en que Canadá (CA) no aparece entre los principales países que buscan patentar en EPO, el clasificador relacionado a G08C17 posee una mínima aparición dentro de las patentes relacionadas y en donde el clasificador G05B19 (Sistemas de control de programas) ya no aparece como tecnología de desarrollo para el caso de la EPO.

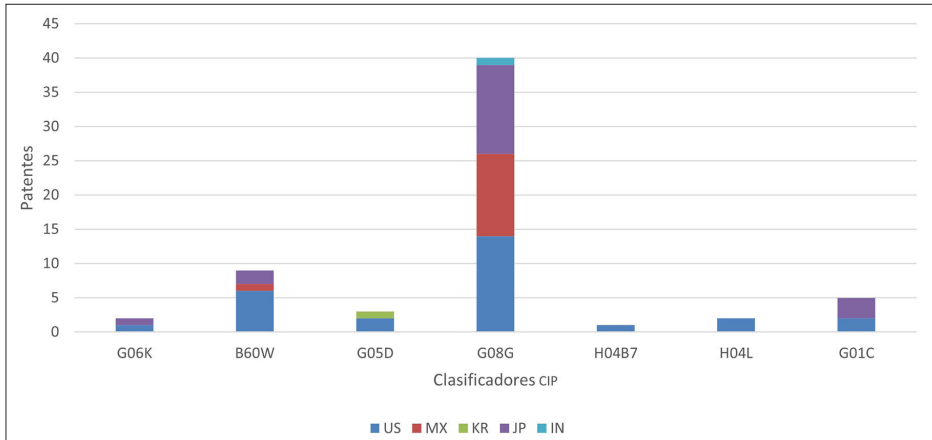
Gráfica 16. *Relación entre principales países y tecnologías IoT. Gestión del tráfico. EPO.*



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Finalmente, en el IMPI (gráfica 17), los países que lideran el desarrollo de las tecnologías relacionadas a los clasificadores CIP son Estados Unidos, México y Japón, sobre todo para los clasificadores G08G y B60W. También resalta el dominio de solicitantes de diferente nación, salvo en el caso del clasificador G08G, en donde se mencionó previamente, es una de las áreas en las que participan más residentes, es decir, titulares de México.

Gráfica 17. Relación entre principales países y tecnologías IoT.
 Gestión del tráfico. IMPI.



Fuente: Elaboración propia con datos de LENS.

III.7. Colaboración entre titulares de patentes

En un mundo donde la globalización ofrece ventajas competitivas a las empresas, la colaboración entre organizaciones representa el aumento de la productividad, la competitividad y modelos productivos basados en el conocimiento que responden a diferentes retos: sociales, económicos e industriales.

En tal sentido, se realizó un análisis de aquellos titulares que desarrollan actividad innovativa en colaboración con otra organización, ya sea pública o privada, con el fin de observar las sinergias existentes entre titulares de patentes; para esto se realizó un filtrado de información con el fin de identificar aquellos titulares de patentes que realizaron alguna colaboración entre empresas, empresa-universidad y empresas-inventores independientes, tal como se indica en los siguientes cuadros 4 (USPTO), 5 (EPO); del IMPI no se registraron colaboraciones entre agentes.

Observamos que en el caso de la base USPTO, descrito en el cuadro 4, se da la colaboración en un mayor porcentaje entre empresas y particularmente entre filiales de la misma compañía las cuales segmentan la cadena de valor de sus productos, así como sus centros de investigación, esto sucede para las empresas de AT&T, Keysight Technologies, SONY y Toshiba.

Otra de las colaboraciones que suceden en el desarrollo de tecnologías IoT para la gestión del tráfico son las que se dan entre empresas y centros de investigación y/o universidades. Se observa que las empresas colaboran con universidades

o centros de investigación nacionales, sin embargo, destaca la participación entre Samsung y Unicamp ya que esta última es una universidad establecida en Sao Paulo Brasil.

Finalmente, una colaboración que ocurre en menor medida es la que se tiene entre empresas e inventores independientes; en este caso sólo se obtuvieron tres resultados con empresas como Motorola y Lenovo, que coinciden con un mismo inventor independiente y Empire Technology Development que sólo registra una colaboración.

Cuadro 4. Colaboración entre titulares de patentes. USPTO.

| Colaboración entre titulares de patentes (empresas-universidades y/o centros de investigación). | Colaboración entre titulares de patentes (empresa-empresa). | Colaboración entre inventores independientes y empresas. |
|--|--|---|
| Samsung Electronics Co., Ltd. SNU R&DB Foundation. | AT&T Mobility II LLC - AT&T Intellectual Property II, L.P. | Daqi LI, Jun FANG - Empire Technology Development LLC. |
| TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA. National University Corporation YOKOHAMA National University. | Hyundai Motor Company - Kia Motors Corporation. | Apostolis SALKINTZAZ - MOTOROLA MOBILITY LLC. |
| SAMSUNG ELETRONICA DA AMAZVÍNIA LTDA. - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. | Keysight Technologies, Inc. - Keysight Technologies RO SRL. | Apostolis SALKINTZAZ, Dimitrios KARAMPATIS - Lenovo (Singapore) PTE. LTD. |
| Samsung Electronics Co., Ltd. - Research & Business Foundation SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY. | NEC Laboratories America, Inc. - NEC Corporation. | |
| Koninklijke Kpn N.v. Nederlandse Organisatie Voor Toegepast-natuurwetenschappelijk Onderzoek Tno. | SONY CORPORATION - SONY NETWORK ENTERTAINMENT INTERNATIONAL LLC. | |
| Quortus Limited, University Of Surrey. | BlackBerry Limited - Certicom Corp. | |
| | ZENRIN Co., LTD. - TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA. | |
| | KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA - Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation. | |
| | CHINA MOBILE COMMUNICATION CO., LTD RESEARCH INSTITUTE - CHINA MOBILE COMMUNICATIONS GROUP CO., LTD. | |
| | Phillips Company, Honeywell International, Inc. | |
| | Nissan North America, Inc., y Renault S.a.s. | |

Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Entre los hallazgos concernientes a la EPO, tenemos de manera similar que existe una mayor cooperación entre empresas; sin embargo, resalta la colaboración entre DEUTSCHE TELEKOM - IMMMR, pues esta última es un *startup* orientado a comunicación y video y la colaboración entre TOYOTA MOTOR - AISIN AW, la primera empresa de fabricación de automóviles y la segunda fabricante de tecnología para automóviles.

Las colaboraciones ocurridas entre empresas y universidades o centros de investigación son empresas con un menor número de patentes solicitadas de acuerdo con los resultados de la EPO, y una de ellas colabora con un centro de investigación filial a la misma empresa.

Cuadro 5. Colaboración entre titulares de patentes. EPO.

| Colaboración entre titulares de patentes (empresas-universidades y/o centros de investigación). | Colaboración entre titulares de patentes (empresa-empresa). | Colaboración entre inventores independientes y empresas. |
|---|---|--|
| QUORTUS - UNIVERSITY OF SURREY. DEUTSCHE TELEKOM - TECHNISCHE UNIVERSITAET BERLIN. | DEUTSCHE TELEKOM - IMMMR. BLACKBERRY - CERTICOM. | NIHON OFFICE - TOSHIMITSU TAZAKI. |
| FUJITSU TEN - KYUNG HEE UNIVERSITY. | TELCORDIA TECHNOLOGIES - TOSHIBA. | |
| MITSUBISHI ELECTRIC R&D CENTRE EUROPE - MITSUBISHI ELECTRIC. | ROBERT BOSCH - ROBERT BOSCH ENGINEERING & BUSINESS SOLUTIONS. TOYOTA MOTOR - AISIN AW. | |
| | VODAFONE GROUP - VODAFONE ESPANA. VODAFONE IP LICENSING - VODAFONE ESPANA. VODAFONE - VODAFONE. | |

Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

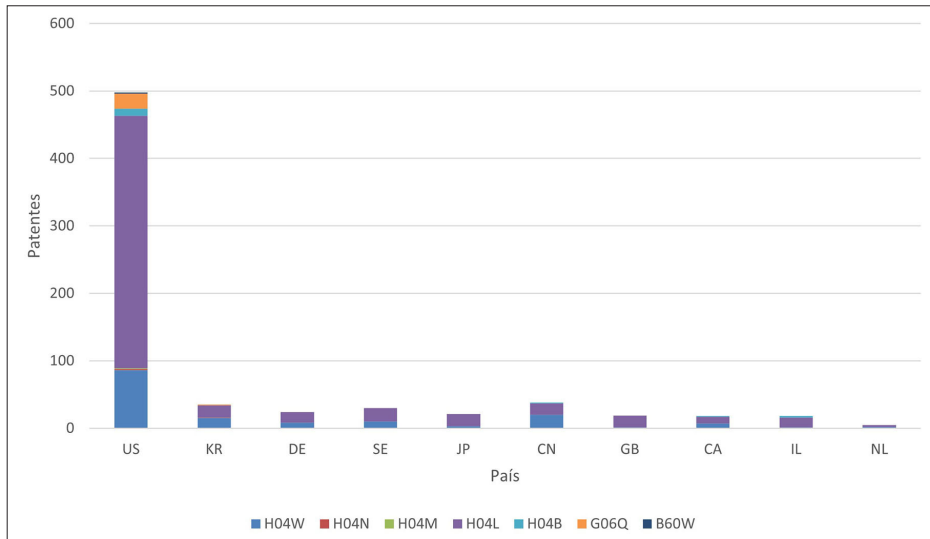
III.8. Áreas tecnológicas líderes por país

Primero fueron identificados los países con mayor número de aplicantes que desarrollan, en general se observa que tanto en USPTO, como en EPO, como en IMPI, las nacionalidades de los solicitantes que dominan son las estadounidenses, las japonesas y Reino Unido. En cuanto a las principales tecnologías en las cuales estos países realizan actividad de patentamiento, los resultados se muestran en las gráficas 18, 19 y 20 para el caso de USPTO, EPO e IMPI, respectivamente.

Observamos, en la gráfica 18, que predomina como país líder en las familias de clasificadores CIP, Estados Unidos (US), seguido por China (CN), Corea del Sur

(KR), Japón (JP) y Suecia (SE). Las tecnologías con mayor desarrollo en estos países están relacionadas a transformación de información digital (H04L), redes de comunicación inalámbrica (H04W) y sistemas o métodos de tratamiento de datos, especialmente adaptados con fines administrativos, comerciales, financieros, de gestión, supervisión o pronósticos (G06Q).

Gráfica 18. Principales áreas tecnológicas por país. USPTO.



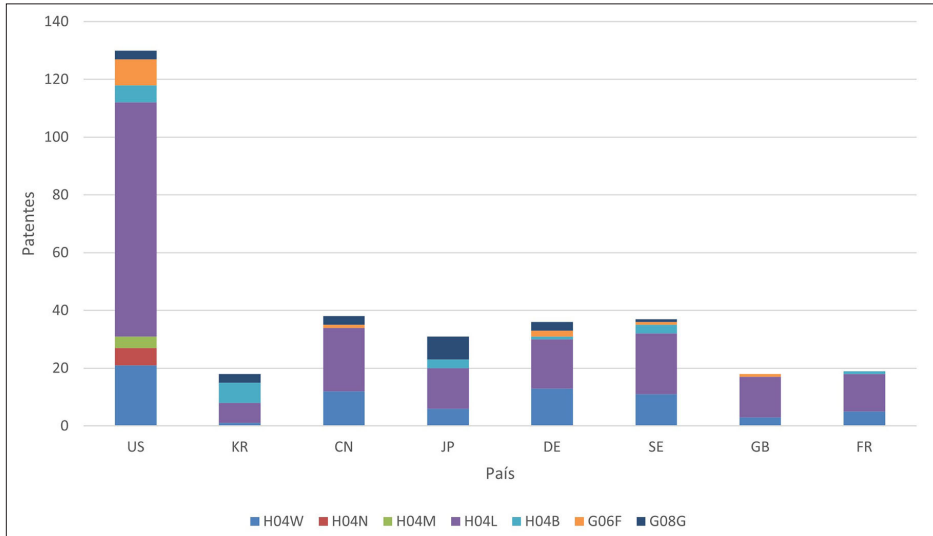
Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

En la EPO (gráfica 19), se observa un comportamiento similar al registrado en USPTO, en donde de manera análoga Estados Unidos (US) busca patentar en las áreas de conocimiento relacionadas a los clasificadores H04L, H04W Y G06F; esta última con especial relevancia para el caso de la EPO y que no aparece en los principales resultados de la USPTO pero está relacionada a procesamiento de datos digitales.

Otro resultado que surge de la gráfica 19 es que existe una mayor participación de países europeos en las actividades de patentamiento en donde se incluyen Suecia (SE), Francia (FR), Reino Unido (GB) y Alemania (DE), este último con mayor número de patentes solicitadas en Europa.

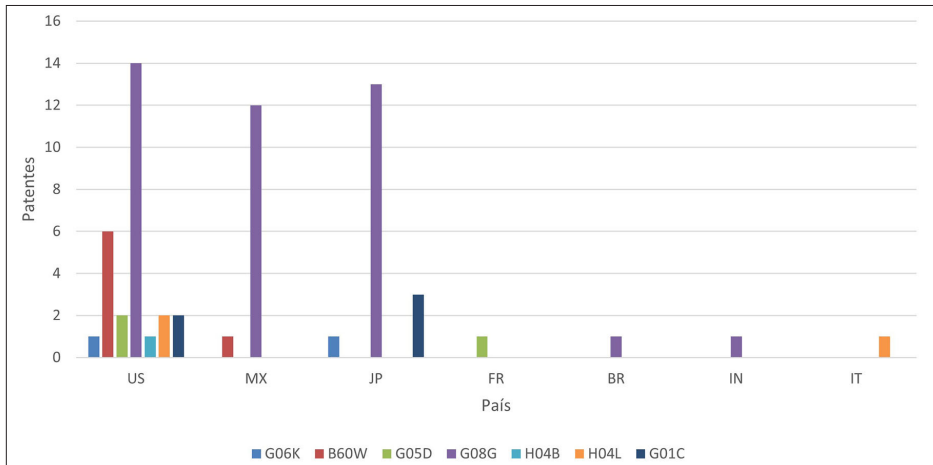
A su vez en el IMPI, se concentra mayor número de clasificadores Estados Unidos (US) y Japón (JP) seguido por México, aunque US se desarrolla en varios ámbitos del campo tecnológico.

Gráfica 19. Principales áreas tecnológicas por país. EPO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Gráfica 20. Principales áreas tecnológicas por país. IMPI.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta información podemos identificar que los mercados tecnológicos relacionados a IoT para el caso de gestión del tráfico se encuentran en Estados Unidos, Corea del Sur y Suecia, esto vinculado a los principales clasificadores CIP con

mayor número de patentes asociadas para el caso de USPTO y Estados Unidos, Alemania y Suiza para los clasificadores analizados en la base de datos EPO.

III.9. *Trayectoria y mapa tecnológicos por base de patentes (reivindicaciones)*

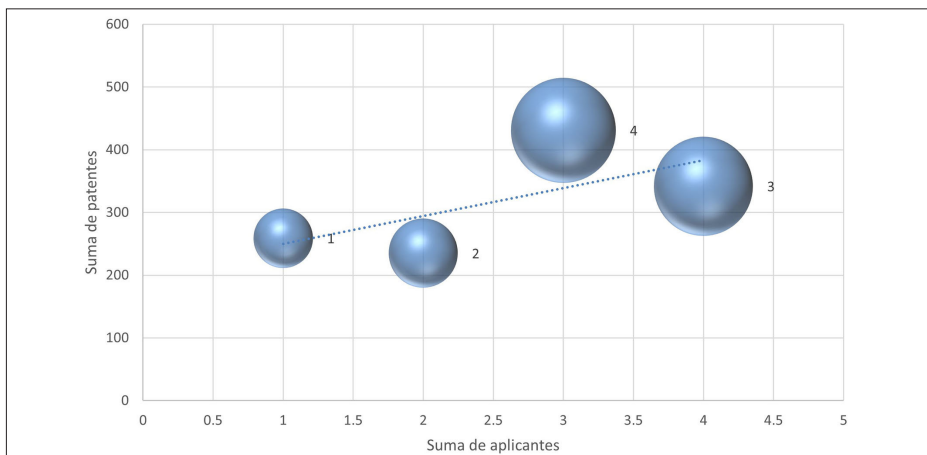
Contar con un panorama que nos indique cuáles son los principales campos tecnológicos, su evolución en el tiempo y los principales cambios que representan un giro radical en el sector, nos ofrece evidencia del grado de madurez de la tecnología. Así, identificamos aquellas que son representativas para el sector y, por ende, son guía para el desarrollo de nuevas invenciones. En suma, a partir de la base de datos de patentes extraída de Patent Pulse con la estrategia de búsqueda planteada, se realizó la identificación de estos principales conceptos que caracterizan la tecnología IoT para la gestión del tráfico.

USPTO da evidencia que las tecnologías crecen de manera similar con relación a los campos de conocimiento. Un ejemplo se visualiza en el porcentaje de patentes relacionadas a redes y métodos, aparatos y métodos, método para vehículos, método de comunicación, sistema del vehículo y Wireless, se asocian de manera similar a patentes. Este hecho sugiere que la dependencia de estas tecnologías es muy fuerte para que existan desarrollos en otras áreas. De manera similar ocurre en la EPO, pero con las áreas asociadas a aparatos y métodos, dispositivos y métodos y sistemas y métodos de comunicación que poseen porcentajes similares de conceptos de tecnologías asociadas. En cambio en el IMPI, los principales conceptos asociados a sistema, vehículo, sistema, aparato y método, y método.

Finalmente, considerando el análisis realizado por el *Korea Institute of Intellectual Property*, 2012, se procede a graficar el número acumulado de solicitantes con respecto al acumulado de solicitudes de patentes, a fin de detectar el crecimiento o no durante el periodo de estudio. Para construir el análisis se tomó como referencia segmentos de tres años y se concentraron para el eje x el total de aplicantes por año para USPTO, para EPO y tres para México.

A partir de los ciclos de innovación se concluye que para el caso de Estados Unidos se muestra un crecimiento constante y aumento radical en la solicitud de patentes en el último periodo (2019-2022), por lo tanto, puede decirse de una etapa de expectativas infladas; es decir en una etapa de desarrollo en donde aumentan rápidamente el número de solicitudes y hay gran actividad de I+D, esto a partir de los resultados que arroja la gráfica 21.

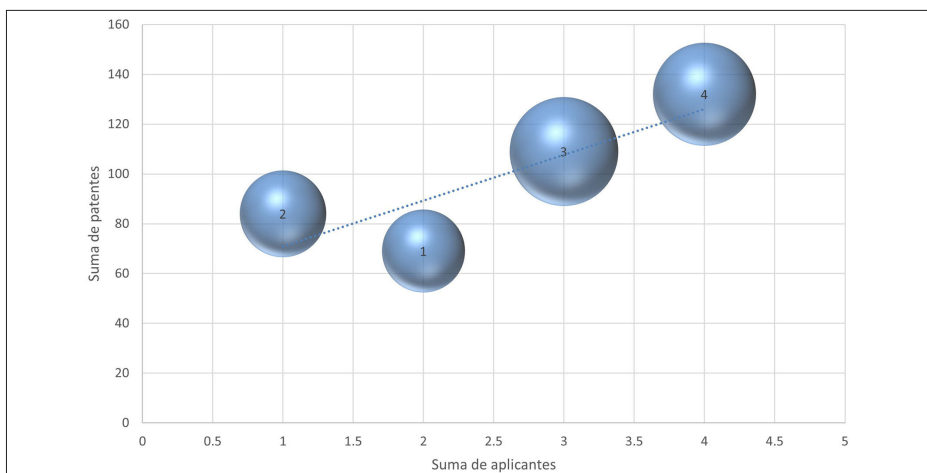
Gráfica 21. Análisis ciclo de la innovación patentes solicitadas USPTO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

Con respecto a la EPO (gráfica 22), se muestra que se encuentran en una etapa de maduración de la tecnología, debido a que la tasa de aumento es baja, además de que los entrantes del mercado se apartan de la tecnología. Este es un hallazgo relevante considerando que Europa es una de las principales regiones exponentes de Ciudades Inteligentes y el concepto de especialización inteligente en donde ambos conceptos que se derivan de las políticas del país no se reflejan en una mayor actividad en I+D.

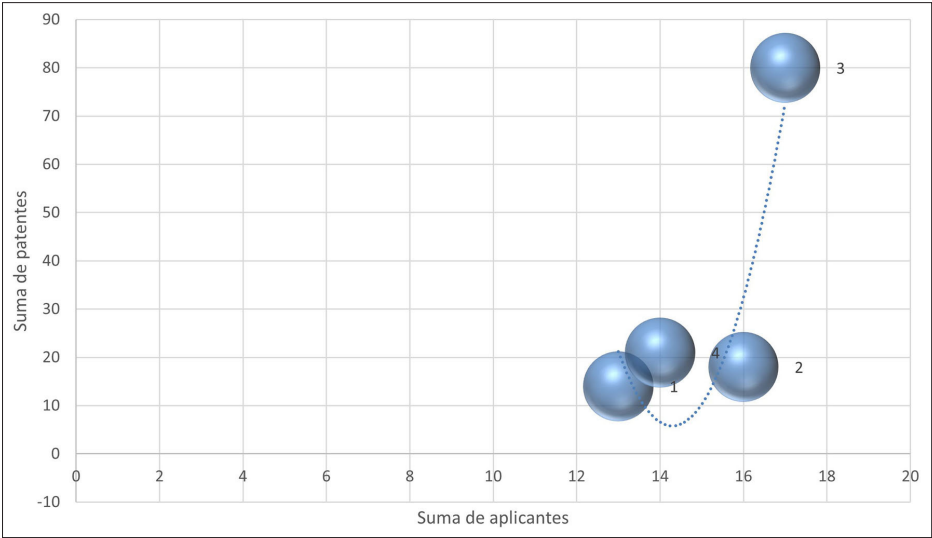
Gráfica 22. Análisis ciclo de la innovación patentes solicitadas EPO.



Fuente: Elaboración propia con datos de Patent Pulse.

En contraste, en el IMPI (gráfica 23), se observa que el número de patentes disminuyó precipitadamente, registrando una contracción en el periodo de 2019-2022, aun cuando este último corte es mayor debido a que se consideran cuatro años. Este indicador propone dos panoramas: 1) puede haber indicios de que la tecnología se encuentra en la etapa disparador de la innovación o 2) es un campo de poco interés para los patentadores al no haber oportunidades comerciales en el país.

Gráfica 23. Análisis ciclo de la innovación patentes solicitadas. IMPI.



Fuente: Elaboración propia con datos de LENS.

Con base en los resultados obtenidos, se prevé que las principales tecnologías se desarrollen en los campos de aplicaciones en la nube, comunicación, switching, sistemas y métodos, vehículos, redes, control y métodos. También que los principales desarrollos tecnológicos ocurran en Estados Unidos y en Europa, dominando los mercados tecnológicos los titulares de nacionalidad estadounidense principalmente, seguido de europeos, igualmente, un emergente crecimiento de titulares japoneses, al ser un mercado dominado por empresas desarrolladoras. Lo anterior, probablemente a que buscan dar respuesta a las necesidades de la sociedad y que compiten en mercados nacionales e internacionales. En tal sentido, la estrategia de protección a través de patentes es fundamental. A continuación se presentan algunos casos en los que se han implementado este tipo de tecnologías.

III.9.1. Casos de implementación de tecnologías IoT para la gestión del tráfico

Los problemas relacionados a la movilidad, y en particular a la gestión del tráfico, es una de las áreas a resolver en la construcción de ciudades inteligentes, con el fin de reducir el impacto ambiental, los costos asociados, aumentar el rendimiento de los recursos disponibles y la calidad de vida de sus usuarios. La integración de diferentes métodos, dispositivos, aparatos, software, entre otros, en el campo de la IoT, ha permitido tomar mejores decisiones a partir de altos volúmenes de información, un bajo costo de recopilación de datos de entornos, una actualización de éstos en tiempo real y distribución oportuna de advertencias (Cai *et al.*, 2022; Wolf *et al.*, 2022).

No obstante, cada caso debe ser estudiado y construir la solución para el mismo de acuerdo a su problemática, considerando factores como el 1) ciclo de vida del producto, 2) monitoreo y control en tiempo real, 3) optimización de los flujos de trabajo y 4) el mantenimiento predictivo y preventivo que se dé a los sistemas; es decir, los sistemas deben contar con la capacidad de resistir o tolerar cambios, deben adaptarse y ser capaces de recuperarse a posibles perturbaciones (Wolf *et al.*, 2022).

Un caso interesante es la propuesta de “gemelos digitales”, que son representaciones digitales del mundo real y que buscan probar diferentes comportamientos en un entorno simulado, apoyando la toma de decisiones a partir de datos existentes como topografía, edificios, fronteras administrativas, censos de población, mapa de amenazas existentes e infraestructura instalada (Wolf *et al.*, 2022).

Uno de los proyectos de gemelos digitales se implementó en una solución donde se atendieran accidentes, en los cuales diversos actores pudieran acudir al llamado, como por ejemplo para el caso de Tyne Bridge, en el noreste de Inglaterra. Una vez que se cargó la información que caracterizaba la zona, se utilizó computación en la nube, servicios geoespaciales para aplicaciones web y móviles, así como simulación de datos de ubicación para dispositivos habilitados en internet, esto para que los vehículos de socorro pudieran dar respuesta en el lugar del incidente en el menor tiempo posible (Wolf *et al.*, 2022).

De manera análoga, existen soluciones que proponen sistemas multiagentes para automatizar la gestión y el control del tráfico urbano, para esto hacen uso de datos publicados por los consejos de Birmingham y West Midlands, en Inglaterra, el cual pronostica tasas de ocupación para flujos de tráfico, en cruces de carretera y estacionamiento de automóviles, así como fallas que ocurren en los sistemas de recolección y monitoreo de datos (Muntean, 2022).

Por otro lado, se tienen las aplicaciones de reconocimiento automático de matrículas (ARAM), la cual ha sido una herramienta eficaz sobre los movimientos de los vehículos en ámbitos como la ciencia urbana, la visión artificial, la gestión del transporte, la gestión urbana y sus implicaciones políticas y sociales (Tang *et al.*, 2022).

En este sentido, países como Estados Unidos, Reino Unido y China han utilizado tecnología ARAM, la cual les ha permitido realizar análisis de demanda y movilidad, estimaciones de tiempos de viaje y predicción de la velocidad, comportamientos de conducción, incidencias y seguridad de las carreteras, sistemas de monitoreo de infracciones y vehículos sospechosos, automatización de estacionamiento de vehículos, así como monitoreo de vehículos sobrecargados en las carreteras (Tang *et al.*, 2022).

En cuanto a sistemas inteligentes de transporte, tradicionalmente se ha realizado *in situ* la recopilación de información. Sin embargo, recopilar la información mediante múltiples sensores a bordo de vehículos o incluso mediante teléfonos inteligentes es una alternativa cada vez más atractiva ya que aprovecha la naturaleza distribuida intrínseca de los vehículos (Maffiola *et al.*, 2022).

Otra aplicación es la integración de datos en dispositivos móviles, los operadores móviles pueden representar posibles socios en la construcción de ciudades inteligentes, al ser capaces de captar datos e integrarlos con otras fuentes de datos con el fin de contar con un enfoque integrador que aproveche los diferentes datos IoT (Hsiao, 2019).

Un caso más es Tainan, capital de Taiwán, en donde integran en la ciudad tecnologías como optoelectrónica, circuitos integrados, energía verde y amplia cobertura de banda ancha; las cuales han permitido mejorar servicios, particularmente hacia el turismo, sobre información de transporte, actividades culturales e históricas, información de restaurantes, entre otras (Hsiao, 2019).

De igual manera, proyectos como GOLIATH ofrecen una propuesta basada en *blockchain* la cual mediante un sistema de infoentretenimiento en el vehículo, se recopila información en tiempo real intercambiada entre los participantes de la red. La simulación fue aplicada para el Principado de Mónaco en Francia, y ofrece una alternativa a las soluciones centralizadas para recopilar información en tiempo real y así mantener información de alta calidad del tráfico (Maffiola *et al.*, 2022).

Así también, la construcción de ciudades inteligentes supone una inversión e infraestructura con la que no siempre cuentan los gobiernos; en este tenor, resalta el proyecto Casablanca, en Marruecos, el cual propone el uso de *big data* y *machine learning*, utilizando como insumos la información que se desprende de redes sociales como Facebook y Twitter, lo que permite el monitoreo automático del estado del tráfico vial (Mouammime *et al.*, 2022). Lo anterior es una muestra de las múltiples aplicaciones que tienen este tipo de tecnologías para resolver las problemáticas de tráfico, incluso algunas con economías de escala. Un aspecto a destacar es que mediante la revisión de la literatura relativa a IoT es posible encontrar que el enfoque de análisis es complejo y multidisciplinario.

CONCLUSIONES

Las tecnologías asociadas a Internet de las Cosas nos llevan a plantear un mundo en donde se accede a los objetos físicos cotidianos, se interactúa con ellos y crean un entorno más amigable e “inteligente”. Es en tal contexto donde podemos encontrar diversas tecnologías que buscan mejorar la congestión y optimización del tráfico de vehículos motores.

La presente investigación se centró en realizar un análisis de patentes que permitan identificar la trayectoria tecnológica del Internet de las Cosas para solucionar problemas asociados al tráfico.

La primera parte se centró en identificar las patentes para el periodo comprendido entre 2010-2020. Si bien las tecnologías que dan vida al Internet de las Cosas podemos ubicarlas en el tiempo desde la concepción del internet, redes, protocolos de comunicación y su conexión con los equipos de cómputo, el procesamiento de datos, etcétera, este periodo concuerda no sólo con el auge del IoT sino que también con su implementación en ciudades inteligentes.

Los principales hallazgos fueron los siguientes:

1. De acuerdo con la base de datos de USPTO los principales aplicantes de patentes son Qualcomm, Cisco y Ericsson, al visitar las páginas de éstos podemos percatarnos que dentro de sus principales productos son soluciones IoT para ciudades, empresas 4.0 y telecomunicaciones.
2. Para el caso de EPO, se identificaron como principales empresas que patentan en Europa a Ericsson, Cisco y Huawei; por lo que se observa que Estados Unidos ve como mercado de consumo a Europa y que, a pesar de registrar en menor medida patentes, esto de acuerdo con los resultados de patentes solicitadas, se observa que es uno de los principales mercados.
3. En el caso de IMPI no sucede de la misma manera, debido a que las empresas extranjeras de esta área tecnológica no están interesadas en patentar en el país. Aun así, las empresas del ramo automotriz sí patentan en IoT: Ford Global y Nissan. Este hecho sugiere que México no constituye todavía un mercado de consumo. No obstante, las tecnologías tienen un enfoque puntual a tecnologías relacionadas a incidentes de tráfico, flujos de tráfico, monitoreo de condiciones de tráfico; esto como resultado de palabras clave de las patentes radicales derivadas de la trayectoria tecnológica de México.
4. Los clasificadores con mayor relevancia para el caso de USPTO fueron H04L29, H04W72 y H04L12; para el caso de EPO se tienen como principales clasificadores H04L29, H04W84 y H04L12, y finalmente para el caso de IMPI G06K, BW60, G08G Y G05D. Observamos que los tres países coinciden como invenciones con mayor número de patentes las relacionadas a G08G.
5. Sin embargo, observamos que hay una mayor propensión a partir de 2017 en proteger tecnología asociada a los clasificadores H04L29, H04W4, H04L12;

- esto para el caso de USPTO, H04L12, H04L29 y H04W4 para el caso de EPO y para el caso de IMPI sólo para las tecnologías relacionadas a G08G.
6. Los años en que las tres patentes registran una mayor actividad inventiva, esto derivado del número de patentes solicitadas por año, se dan en mayor medida entre el periodo 2016-2022 y están asociados principalmente a tecnologías como aparatos y métodos, redes y métodos, sistemas de vehículos, métodos de comunicación, tecnología wireless y redes, por mencionar aquellos con mayor número de patentes relacionadas.
 7. Los países que registran mayor actividad inventiva para los tres casos consultados son Estados Unidos, China, Corea del Sur, Alemania y Japón; por lo que es de suponer que las principales empresas se encuentran ubicadas en estos países.
 8. Los mercados de consumo identificados son Estados Unidos, Corea del Sur, Suecia, Alemania, China, Japón y Reino Unido. En contraste, México no es uno de los principales mercados de consumo.
 9. La principal colaboración que existe entre titulares de patentes ocurre entre empresas, seguido de universidades y/o centros de investigación y en menor medida con inventores independientes; en el caso del IMPI para el desarrollo de estas tecnologías no se identifican algún tipo de colaboraciones.
 10. Los principales competidores en USPTO en el ámbito IoT para la gestión del tráfico son AT&T, Cisco y Ford, para el caso de EPO son Cisco, Intel y Ericsson y en lo que respecta al IMPI, son las empresas Ford, Nissan y Continental.
 11. A partir de los ciclos de innovación se concluye que la USPTO se caracteriza por un crecimiento constante y aumento radical en la solicitud de patentes en el último periodo (2019-2022), lo cual sugiere una etapa de expectativas infladas; es decir, en una etapa de desarrollo en donde aumentan rápidamente el número de solicitudes y hay gran actividad de I+D.
 12. En lo que concierne a la EPO, su dinámica parece encontrarse en una etapa de madurez de la tecnología. Probablemente porque la tasa de crecimiento es baja, además de que los entrantes del mercado se apartan de la tecnología. Éste apunta a ser un hallazgo relevante considerando que Europa es uno de los principales exponentes de ciudades inteligentes. Así también, las políticas orientadas a la especialización inteligente no se traducen en una mayor actividad en I+D.
 13. Para el caso de IMPI, observamos que el número de patentes disminuyó aceleradamente, registrando una contracción en el periodo de 2019-2022. Así, se sugiere una etapa de estancamiento en el registro de patentes en esta área tecnológica, al no encontrar oportunidades comerciales en el país.

14. Se prevé que las principales tecnologías se desarrollen en los campos de aplicaciones en la nube, comunicación, switching, sistemas y métodos, vehículos, redes, control y métodos; esto derivado del estudio de patentes radicales.
15. Los ciclos de innovación colocan a USPTO como uno de los principales patentadores para la tecnología IoT y se encuentra en una etapa de desarrollo en donde se observa un rápido aumento de solicitudes de patentes lo cual refleja una actividad intensiva de I+D. En cambio, en la EPO, la dinámica de patentamiento muestra un declive especialmente en los tres últimos años y además, de titulares extranjeros, destacando empresas de Estados Unidos.
16. En el caso de IMPI se observa que no es una tecnología a la cual se le dé un especial impulso, por lo que ser un referente tecnológico en IoT aún se encuentra distante.

En general, se puede afirmar que las tendencias apuntan a contar con la mayor cantidad de información disponible para manejar con eficacia la congestión del tráfico. Por lo tanto, al obtener datos de diversas fuentes, como lo son las redes sociales, ayuda a generar mejores diagnósticos y toma de decisiones, y con costos más eficientes (Hsiao, 2019; Mouammine *et al.*, 2022), además, permiten la administración eficiente de grandes volúmenes de datos.

En este contexto, es un hecho que instrumentos como la inteligencia artificial, IoT y computación en la nube, son vitales para abordar la congestión del tráfico, así como la atención de accidentes, esto mediante la prevención y pronóstico, temas que son cada vez más importantes en temas de seguridad y flujos de tráfico (Hsiao, 2019; Ait Ouallane *et al.*, 2022).

No obstante, es menester tomar en cuenta que los sistemas implementados deben ser diseñados acorde con las necesidades de los interesados y no existe una única solución; sin embargo, la colaboración entre varios agentes permite generar sistemas más robustos, bases de datos más completas y la atención oportuna ante adversidades como son accidentes, desastres naturales y, además, puede traspasar límites administrativos (Hsiao, 2019; Wolf *et al.*, 2022).

Así, cada vez se depende menos de elementos centralizados, y cada parte que integra una ciudad es un elemento que provee de información que permite tomar mejores decisiones en tiempo real (Maffiola *et al.*, 2022; Tang *et al.*, 2022; Wolf *et al.*, 2022).

Finalmente, es fundamental señalar que este tipo de tecnologías se deben aplicar reconociendo el entorno y las condiciones de la sociedad. En virtud de que no sólo responden a una sola necesidad, estas tecnologías se han utilizado en soluciones que mejoran el ambiente, recursos energéticos, alimenticios, entre otros, incluso

también a servicios que retribuyen en destinos inteligentes como son el turismo, servicios, actividades culturales e históricas, etcétera (Hsiao, 2019), por lo que su estudio toma relevancia. Reiteramos, que IoT implica un conocimiento multi-disciplinario y de gran complejidad.

Glosario de términos

| | |
|-------|--|
| IoT | Internet de las Cosas |
| USPTO | United States Patent and Trademark Office |
| EPO | European Patent Office |
| SIGA | Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial |
| CIP | Clasificación Internacional de Patentes |
| TIC | Tecnologías de la Información y Comunicación |
| US | Estados Unidos |
| KR | Corea del Sur |
| CN | China |
| SE | Suecia |
| CA | Canadá |
| DE | Alemania |
| JP | Japón |
| GB | Reino Unido |
| IL | Israel |
| NL | Países Bajos |
| MX | México |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ait Ouallane, Asma; Bakali, Assia; Bahnasse, Ayoub; Broumi, Said y Talea, Mohamed (2022), "Fusion of engineering insights and emerging trends: Intelligent urban traffic management system", *Information Fusion*, 88, pp. 218-248, doi: 10.1016/j.inffus.2022.07.020.
- Al-Rubaye, Saba; Kadhum, Ekhlas; Ni, Qiang y Anpalagan, Alagan (2019), "Industrial internet of things driven by SDN platform for smart grid resiliency", *IEEE Internet of Things Journal*, 6(1), pp. 267-277, doi:10.1109/JIOT.2017.2734903.
- Alzahrani, Ahmad A.; Loke, Seng W. y Lu, Hongen (2011), "A survey on internet-enabled physical annotation systems", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 7(4), pp. 293-315, doi:10.1108/17427371111189647.
- Araniti, Giuseppe; Condoluci, Massimo; Scopelliti, Pascuale; Molinaro, Antonella y Iera, Antonio (2017), "Multicasting over emerging 5G networks: Challenges and perspectives", *IEEE Network*, 31(2), pp. 80-89, doi:10.1109/MNET.2017.1600067NM.

- Cai, Ming; Hong, Lantian y Xiong, Chen (2022), "Data-driven traffic zone division in smart city: Framework and technology", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, doi: 10.1016/j.seta.2022.102251.
- Carvin, Denis; Owezarski, Philippe y Berthou, Pascal (2012), "Managing the upcoming ubiquitous computing", paper presented at the Proceedings of the 2012 8th International Conference on Network and Service Management, *CNSM 2012*, pp. 276-280.
- Chowdhury, Abdullahi (2016), "Priority based and secured traffic management system for emergency vehicle using IoT, paper presented at the Proceedings-2016 International Conference on Engineering and MIS, *ICEMIS 2016*, pp. 1-6.
- Coletta, Claudio y Kitchin, Rob (2017), "Algorhythmic governance: Regulating the 'heartbeat' of a city using the internet of things", *Big Data and Society*, 4(2), doi:10.1177/2053951717742418.
- Du, Rong; Santi, Paolo; Xiao, Ming; Vasilakos, Athanasios V. y Fischione, Carlo (2019), "The sensible city: A survey on the deployment and management for smart city monitoring", *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 21(2), pp. 1533-1560, doi:10.1109/COMST.2018.2881008.
- El-Sayed, Hesham; Sankar, Sharmi; Prasad, Mukesh; Puthal, Deepak; Gupta, Akshansh; Mohanty, Manoranjan y Lin, Chin-Teng. (2018), "Edge of Things: el panorama general de la integración de Edge, IoT y la nube en un entorno informático distribuido", *IEEE Access*, 6, pp. 1706-1717, doi: 10.1109 / access.2017.2780087.
- Faria, Ricardo; Brito, Lina; Baras, Karolina y Silva, José (2017), "Smart mobility: A survey", paper presented at the *Internet of Things for the Global Community, IOTGC 2017-Proceedings*, doi:10.1109/IOTGC.2017.8008972. Retrieved from www.scopus.com.
- He, Xiaoming; Wang, Kun; Huang, Huawei; Miyazaki, Toshiaki; Wang, Yixuan y Guo, Song (2020), "Green resource allocation based on deep reinforcement learning in content-centric IoT", *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 8(3), pp. 781-796, doi:10.1109/TETC.2018.2805718.
- Hopkins, John y Hawking, Paul (2018), "Big data analytics and IoT in logistics: A case study", *International Journal of Logistics Management*, 29(2), pp. 575-591, doi:10.1108/IJLM-05-2017-0109.
- Hsiao, Yung-Chang; Wu, Ming-Ho y Li, Simon Cimin (2019), "Elevated Performance of the Smart City-A Case Study of the IoT by Innovation Mode", *IEEE Transactions on Engineering Management*, pp. 1-15, doi:10.1109/tem.2019.2908962.
- Huawei (2020), "Our company", extraído el 27 de octubre del 2022 de <https://www.huawei.com/en/corporate-information>.
- Khattak, Hasan Ali; Farman, Haleem; Jan, Bilal y Ud Din, I. (2019), "Toward integrating vehicular clouds with IoT for smart city services", *IEEE Network*, 33(2), pp. 65-71, doi:10.1109/MNET.2019.1800236.

- Koivisto, Nina (2011), “Ubiquitous computing market and companies in finland”, paper presented at the Ubicomm 2011-5th International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, *PECES 2011-3rd International Workshop on Pervasive Computing in Embedded Systems*, pp. 206-210.
- Kuang, Zhufang; Liu, Gang; GongQiang, Li y Deng, Xiaoheng (2019), “Energy efficient resource allocation algorithm in energy harvesting-based D2D heterogeneous networks”, *IEEE Internet of Things Journal*, 6(1), pp. 557-567, doi:10.1109/JIOT.2018.2842738.
- Lei, Ao; Cruickshank, Haitham; Cao, Yue; Asuquo, Philip; Ogah, Chibueze P. Anyigor, y Sun, Zhili (2017), “Blockchain-based dynamic key management for heterogeneous intelligent transportation systems”, *IEEE Internet of Things Journal*, 4(6), pp. 1832-1843, doi:10.1109/JIOT.2017.2740569.
- Maffioli, Davide; Longari, Stefano; Carminati, Michele; Tanelli, Mara y Zanero, Stefano (2022), “GOLIATH: A decentralized framework for data collection in intelligent transportation systems”, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(8), pp. 13372-13385, doi:10.1109/TITS.2021.3123824.
- Martynov, V. Vitaly; Shavaleeva, Diana N. y Zaytseva, Alena A. (2019), “Information technology as the basis for transformation into a digital society and industry 5.0”, paper presented at the Proceedings of the 2019 IEEE International Conference Quality Management, Transport and Information Security, *Information Technologies IT and QM and IS 2019*, pp. 539-543, doi:10.1109/ITQMS.2019.8928305.
- Mehmood, Yasir; Ahmad, Farhan; Yaqoob, Ibrar; Adnane, Aasma; Imran, Muhammad y Guizani, Sghaier (2017), “Internet-of-things-based smart cities: Recent advances and challenges”, *IEEE Communications Magazine*, 55(9), pp. 16-24, doi:10.1109/MCOM.2017.1600514.
- Miles, Alexander; Zaslavsky, Arkady y Browne, Chris (2018), “IoT-based decision support system for monitoring and mitigating atmospheric pollution in smart cities”, *Journal of Decision Systems*, 27, pp. 56-67, doi:10.1080/12460125.2018.1468696.
- Militano, Leonardo; Araniti, G.; Condoluci, Massimo; Farris, Ivan e Iera, A. (2015), *Device-to-device communications for 5g internet of things. IOT, EAI*.
- Mouammine, Zakaria; Khoulimi, H.; El Imrani, O.; Chrayah, M.; Ammoumou, A. y Nsiri, B. (2022), “Big data and machine learning approach for an efficient intelligent logistics transportation”, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100(11), pp. 3739-3749, ISSN 1992-8645.
- Muntean, Maria (2022), “Multi-Agent System for Intelligent Urban Traffic Management Using Wireless Sensor Networks Data”, *Sensors*, 22(1), pp. 208, <https://doi.org/10.3390/s22010208>.
- Nagy, Attila Matyas y Simon, Vilmos (2018), “Survey on traffic prediction in smart cities”, *Pervasive and Mobile Computing*, 50, pp. 148-163, doi:10.1016/j.pmcj.2018.07.004.

- Ni, Jianbing; Zhang, Kuan; Lin, Xiadong y Shen, Xuemin (2018), “Securing fog computing for internet of things applications: Challenges and solutions”, *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 20(1), pp. 601-628, doi:10.1109/COMST.2017.2762345.
- Oughton, Edward; Frias, Zoraida; Russell, Tom; Sicker, Douglas y Cleevly, D. David (2018), “Towards 5G: Scenario-based assessment of the future supply and demand for mobile telecommunications infrastructure”, *Technological Forecasting and Social Change*, 133, pp. 141-155, doi:10.1016/j.techfore.2018.03.016.
- Sick, Nathalie; Merigó, J.; Krätzig, Oliver y List, Jane (2021), “Forty years of World Patent Information: A bibliometric overview”, *World Patent Information*, 64, pp. 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2020.102011>.
- Suárez, José P.; Trujillo, Agustín; Domínguez, Conrado; Santana, José M. y Fernández, Pablo (2015), “Managing and 3D visualization of real-time big geo-referenced data from las palms port through a flexible open source computer architecture”, paper presented at the GISTAM 2015-1st International Conference on Geographical Information Systems Theory, *Applications and Management, Proceedings*, pp. 72-82, doi:10.5220/0005371700720082.
- Tang, Junking; Wan, Li; Schooling, Jennifer; Zhao, Pengjun; Chen, Jun y Wei, Shufen (2022), “Automatic number plate recognition (ANPR) in smart cities: A systematic review on technological advancements and application cases”, *Cities*, 129, doi: 10.1016/j.cities.2022.103833.
- Vujić, Miroslav; Škorput, Pero y Ćelić, Jasmin (2015), “Wireless communication in cooperative urban traffic management”, *Pomorstvo*, 29(2), pp. 150-155.
- Wang, Kun; Wang, Yihui; Sun, Yanfei; Guo, Son y Wu, Jinsong (2016), “Green industrial internet of things architecture: An energy-efficient perspective”, *IEEE Communications Magazine*, 54(11), pp. 48-54, doi:10.1109/MCOM.2016.1600399CM.
- Wang, Xiaojie; Ning, Zhaolong; Hu, Xiping; Wang, Lei; Hu, Bin; Cheng, Jun y Leung, Victor C. M. (2019), “Optimizing content dissemination for real-time traffic management in large-scale internet of vehicle systems”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(2), 1093-1105. doi:10.1109/TVT.2018.2886010.
- Wolf, Kristina; Dawson, Richard J.; Mills, Jon P.; Blythe, Phi y Morley, Jeremy (2022), “Towards a digital twin for supporting multi-agency incident management in a smart city”, *Scientific Reports*, 12(1), doi:10.1038/s41598-022-20178-8.
- Wong, Pak Kin; Vong, Chi Man; Wong, Ka In y Ma, Zi-Qian (2015), “Development of a wireless inspection and notification system with minimum monitoring hardware for real-time vehicle engine health inspection”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, pp. 29-45, doi:10.1016/j.trc.2015.07.001.
- World Intellectual Property organization (WIPO) 2022, “Statics Data Center”, extraído el 28 de octubre del 2022 de <https://www.wipo.int/edocs/infogdocs/en/ip-factsandfigures/>.

- Wu, Yuzhe; Zhang, Weiwen; Shen, Jiahui; Mo, Zhibin y Peng, Yi (2018), “Smart city with chinese characteristics against the background of big data: Idea, action and risk”, *Journal of Cleaner Production*, 173, pp. 60-66, doi:10.1016/j.jclepro.2017.01.047.
- Ye, Qiang; Zhuang, Weihua; Li, Xu y Rao, Jaya (2019), “End-to-end delay modeling for embedded vnf chains in 5G core networks”, *IEEE Internet of Things Journal*, 6(1), pp. 692-704, doi:10.1109/JIOT.2018.2853708.
- Zhang, Wen Ying; Wang, Xi Fu y Feng, Xue (2013), “Research on Model-designing & Architecture of IOT-based Intelligent Transportation System”, *Applied Mechanics and Materials*, 392, pp. 991-996, Trans Tech Publications Ltd.