

# IoT: an approach from a Smart Campus to a Smart Lab at a University of Peru

Pucuhuayla-Revatta, Félix Mg.<sup>1</sup>, Cuba-Vargas, Karen Ing.<sup>2</sup>, Deza-Figueroa Euler, Mg.<sup>3</sup>, Huayta-Franco, Yolanda Josefina Dr.<sup>4</sup>, Chirinos-Armas, Daniel Dr.<sup>5</sup>, Yarasca-Quispe, Vilma Mg.<sup>6</sup>, y Durand-Guillen, Brenda Mg.<sup>7</sup>  
<sup>1,4,6,7</sup>Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, pucuhuayla20@gmail.com, yolandahuaytafranco2014@gmail.com, vilmacyarasca21@gmail.com, bdurand2389@gmail.com  
<sup>2,3</sup>Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, karen.cuba@upn.pe, euler.deza@upn.edu.pe  
<sup>5</sup>Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima, Perú, drchirinos@gmail.com

**Abstract-** *The objective of this article is the IoT Application: an approach from a Smart Campus to a Smart Lab at a University of Peru. For the review of the literature, 42 articles were explored, classified into 24 articles, the database used being SCOPUS, JSTOR, Dialnet, Redalyc, ESBCO, Scielo, in English, Portuguese and Spanish; Emphasis is placed on the concept and characteristics of the Internet of Things with applications of sensors, actuators, programming, architectures, among others; The new Smart Campuses change the way of living, in a safe, comfortable and thrifty context, where the advantages are enormous when applied to a Smart Laboratory, significantly improving the application and learning in Control and Automation.*

**Keywords--** *Internet of things, Smart Campus, Smart Lab.*

# IoT: un enfoque de un Smart Campus a un Smart Lab en una Universidad del Perú

Pucuhuayla-Revatta, Félix Mg.<sup>1</sup>, Cuba-Vargas, Karen Ing.<sup>2</sup>, Deza-Figueroa Euler, Mg.<sup>3</sup>, Huayta-Franco, Yolanda Josefina Dr.<sup>4</sup>, Chirinos-Armas, Daniel Dr.<sup>5</sup>, Yarasca-Quispe, Vilma Mg.<sup>6</sup>, y Durand-Guillen, Brenda Mg.<sup>7</sup>  
<sup>1,4,6,7</sup>Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, pucuhuayla20@gmail.com, yolandahuaytafranco2014@gmail.com, vilmacyarasca21@gmail.com, bdurand2389@gmail.com  
<sup>2,3</sup>Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, karen.cuba@upn.pe, euler.deza@upn.edu.pe  
<sup>5</sup>Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima, Perú, drchirinos@gmail.com

**Resumen-** El objetivo del presente artículo es la Aplicación del IoT: una aproximación desde un Smart Campus a un Smart Lab en una Universidad del Perú. Para la revisión de la literatura se exploró 42 artículos, clasificando en 24 artículos, siendo la base de datos utilizada SCOPUS, JSTOR, Dialnet, Redalyc, ESBCO, Scielo, en inglés, portugués y español; se hace énfasis al concepto y características de la Internet de las Cosas con aplicaciones de sensores, actuadores, programación, arquitecturas, entre otros; los nuevos Campus Inteligentes, cambian la forma de vivir, en un contexto seguro, confortable y ahorrativo, donde las ventajas son enormes aplicados a un Laboratorio Inteligente, mejorando significativamente la aplicación y el aprendizaje en Control y Automatización.

**Palabras clave--** Internet de las cosas, Smart Campus, Smart Lab.

## I. INTRODUCCIÓN

La Internet cambió su forma de operación, desarrollando un nuevo esquema denominado Internet de las Cosas (Internet of Things o IoT). Aplicando la IoT, las cosas pueden comunicarse entre máquinas y máquinas a personas [1]. IoT permite la interconexión de las cosas con el fin de monitorear y controlar el ambiente que le rodea, trascendiendo de diversas formas la vida del ser humano a través de tecnologías telemáticas [2]; Así mismo después de una experiencia presencial realizada en un Centro Universitario en Brasil [3], se logró experimentar in situ que se aplica y se desarrolla sistemas Inteligentes denominado Smart Campus y sus diversos laboratorios inteligentes.

Es por ello se realiza una búsqueda teórica de artículos científicos sobre Smart City y Smart Lab, que esté relacionado con IoT.

De la literatura consultada sobre Smart Campus, se relaciona con Smart University, de los cuales son divididos en subsistemas, entre ellos se incorpora actualmente la Inteligencia Artificial. Es importante destacar el factor de desarrollo tecnológico, sin embargo, prevalece el factor humano, porque se consideran aspectos únicos, que es mejorar la calidad de vida, tales como confort y seguridad; en un Smart Lab, es muy importante considerar también dichos aspectos, donde las prácticas a realizar, cuentan con sistema inteligentes, siendo interactivo y sobre todo seguro, además del ahorro energético, el agua, son factores importantes para la supervivencia en los próximos años. Los Smart Lab en Control y Automatización, hacen uso de instrumentos, equipos y máquinas virtuales, muy similar a lo real, cuyas ventajas son enormes al realizar las

prácticas, mejorando el aprendizaje significativo en los estudiantes universitarios, porque permite practicar y solucionar los problemas similar a lo realizado en físico, en cualquier momento 24h/7días de la semana, desde cualquier lugar, solo bastaría la conexión a la Internet y su equipo de realidad virtual; para ello es importante el procesamiento de datos y lograr la visualización de las diversas características de las herramientas de simulación, evitando y corrigiendo los inconvenientes [4].

## II. METODOLOGÍA

Para la búsqueda y selección de artículos, se creó una hoja de trabajo ordenado en Excel, que permite evidenciar y documentar los artículos científicos, seleccionando, incluyendo y excluyendo según los criterios del presente artículo [5]. Un promedio de 2 millones de manuscritos publicados cada año, el 50% solo es leído por los autores, el editor de la revista y los revisores, preocupante, la mayor parte jamás fueron citados [6].

### 2.1 Fundamentación

Es importante considerar que un Laboratorio Inteligente (Smart Lab) en una Universidad del Perú, permitirá que los estudiantes matriculados en el curso o estudiantes que culminaron el curso o los tesisistas o los docentes puedan desarrollar sus prácticas de laboratorios, sin ningún inconveniente y en cualquier momento, reforzando sus conocimientos de forma permanente. Todo ello como parte de un Campus Inteligente, al ser proyectado su desarrollo y aplicación en todas las Facultades y los laboratorios de la Universidad, gracias a la aplicación del IoT.

Para ello en la Etapa de la revisión de la literatura de los artículos de científicos, se consideró:

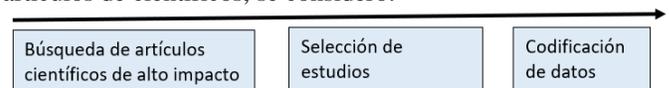


Fig. 1 Etapa de la revisión sistemática de la literatura. Nota Smart Campus a un Smart Lab en una universidad, basado en IoT, elaboración propia.

### a) Selección de estudios

La información, fue recopilada 42 artículos entre los meses de setiembre a diciembre del 2022 y enero del 2023 y los estudios encontrados tratan acerca de: “Internet de las cosas”, “Smart Campus” y “Smart Lab”.

Considerándose los siguiente:

1. Artículos o Revistas en versión digital.

2. Las publicaciones están comprendidas entre los años 2019-2023.
3. El diseño de la investigación se inició con la búsqueda del área de estudio y su realidad problemática; continuado por la elección del título.
4. Las palabras claves, que fueron tomadas en cuenta son: Iot, Smart Campus, Smart Lab.
5. Los idiomas que se ha manejado en las revistas fueron el español, portugués e inglés.
6. El proceso de búsqueda de literatura se realizó en dos pasos:
  - a) Se revisó la literatura, en las revistas científicas: SCOPUS, JSTOR, Dialnet, Redalyc, ESBCO, Scielo,
  - b) Se filtró la búsqueda con nuestras palabras claves.

b) Codificación de datos

Los criterios de descarte fueron el cronológico, en total se descartó un total de 18 artículos, por la accesibilidad completo del contenido, antigüedad mayor a 5 años y no presentaban mayor relación con el tema suficiente para tener un soporte sólido. La relación que tiene las revistas con el tema a manejar y de igual forma su utilidad para el desarrollo de la investigación. Se elaboró la codificación de los artículos seleccionados, de acuerdo con las características de la unidad de análisis, respeto a la revista de publicación, diseño de investigación, muestra e instrumentos.

TABLA I  
CODIFICACIÓN DE DATOS

Año	Autor	Título del artículo	Publicación
1	2019	J. L. Cuevas Ruiz	Internet de las Cosas; Demanda Espectral en México. DOI: https://doi.org/10.26512/istr.v11i1.248483
2	2021	F.-R. Corredor-Sánchez, J.-S. González-Sanabria, M.-A. Mendoza-Moreno	Internet de las cosas al servicio de la bioconstrucción Internet of Things at the Service of Bioconstruction https://doi.org/10.19053/01211129.v30.n5.5.2021.12266
3	2019	Shao-Yan Chou	The Fourth Industrial Revolution: Digital Fusion With Internet of Things https://www.jstor.org/stable/26588346
4	2020	Nicole A. Drepaül	Sustainable Cities Sustainable Cities and the Internet of Things (IoT) Technology: IoT technology improves the development of smart cities' infrastructures and reduces over-population stresses https://www.jstor.org/stable/26924960
5	2019	Shane Fonyi	Overview of 5G Security and Vulnerabilities https://www.jstor.org/stable/26902666
6	2021	Mora-Sanchez, Olga B., Lopez-Neri, Emmanuel, Cedillo-Elias, E. Julieta, Aceves-Martinez, Emmanuel, Larios, Victor M.	Validation of IoT Infrastructure for the Construction of Smart Cities Solutions on Living Lab Platform DOI: 10.1109/TEM.2020.3002250
7	2019	Reyes Flores E.	Tipos de Sensores Con-Ciencia Serrana (2019) 1(2) 31-33
8	2022	Rami D. Orejon-Sanchez a, David Crespo-Garcia b, Jose R. Andres-Diaz a, Alfonso Gago-Calderon c.	Smart cities' development in Spain: A comparison of technical and social indicators with reference to European cities https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103828
9	2019	Yi Mao, Lei Zhang	Design and Implementation of Port Bulk Storage Management System Based on Internet of Things Technology https://www.jstor.org/stable/26864777
10	2021	Computer Security Update	3-D Secure Most Effective Fraud Prevention Solution https://www.jstor.org/stable/48628446
11	2020	Zhihan Wan and Danyao Zhu	Smart Decision-Making Systems for the Precise Management of Water Environments https://www.jstor.org/stable/48640887
12	2020	Alexander Watson, Zdenka Musova, Veronika Machova and Zuzana Rowland	Internet of Things-enabled Smart Cities https://www.jstor.org/stable/26918290
13	2019	Zaijun Song and Hongmei Hu	The Framework of Marine Meteorological Broadcasting System Based on Internet of Things https://www.jstor.org/stable/26864789
14	2019	Theodore Shelter	Datafied Urban Governance: Real-Time Data Sustainability, Smart Digital Technologies, and the Citizen-driven Internet of Things https://www.jstor.org/stable/26810363
15	2020	Sarah Bennett, Pavol Durana and Vladimir Konecny	Urban Internet of Things Systems and Interconnected Sensor Networks in Sustainable Smart City Governance https://www.jstor.org/stable/2693989
16	2019	Nuo Zhang	Architecture Research and Design of the IoT Middleware for Marine Logistics https://www.jstor.org/stable/26853933
17	2019	Robert Godwin-Jones	In a World of SMART Technology, Why Learn Another Language? https://www.jstor.org/stable/26819613
18	2021	Elisabetta Risi , Riccardo Pronzato	Smart working is not so smart: Always-on lives and the dark side of platformisation https://www.scienceopen.com/hosted-document?doi=10.13169/workergaloblog.15.1.0107
19	2020	Gheorghe H. Popescu, George Lăzăroiu, Maria Kovacova, Katarina Valaskova, Jana Majerova	Urban Sustainability Analytics: Harnessing Big Data For Smart City Planning And Design https://www.jstor.org/stable/26915289
20	2019	Sergio Nesmachnow Giovanni Colacurcio Diego Gabriel Rosset	Optimización de la planificación energética de los hogares en ciudades inteligentes: un enfoque multiobjetivo DOI: https://doi.org/10.17533/idea.redin.20200557
21	2022	Ignacio Martinez	Smart Campus: Ecosistema Digital De Internet De Las Cosas (Iot) Como Factoria De Aprendizaje, Conocimiento Y Transferencia doi: https://doi.org/10.26754/ojs.geoph/geoph.20.22747217
22	2023	Mayra Casandra Samaniego Urrego	Nanobots: aplicaciones médicas y odontológicas para la prevención de enfermedades. una visión futurista DOI:10.31984/ocuetiva.v7i1.690

23	2022	Marco Montomali Omar Tacco Sanchez Luis D' Marco José Luis Gorritz Teruel	Impacto de un artículo en la era social: ¿es lo mismo tuitar que citar?	DOI: 10.1016/j.nefro.2021.02.005
24	2023	Sánchez-Caballé, Anna, Esteve-Mon, Francesc M.	Analysis of Teaching Methodologies Using Digital Technologies in Higher Education: a Systematic Review	DOI: https://doi.org/10.5944/ried.26.1.33964

Nota Codificación de datos por año, autor, título del artículo, publicación y resumen propuesto

Además, se elaboró una distribución tomando como referencia las siguientes características: año, nombre de la publicación, título, nombre de la revista y resumen propuesto.

2.2 Internet de las Cosas (IoT)

Internet de las Cosas, expandida desde World Wide Web, está cambiando el mundo real aumentando exponencialmente [7], el impacto es económico, social y político, lo que permite conectar y percibir entidades físicas y el entorno digitalmente nos permite capturar de manera integral información que alguna vez fue difícil de alcanzar y que nos permite comprender y actuar sobre los problemas de manera más eficiente, efectiva y precisa [8]. A través de un enfoque interdisciplinario, puede aliviar y resolver los crecientes problemas de la humanidad [9].

En la figura 2 se muestra los distintos dispositivos conectados hasta el año 2021.

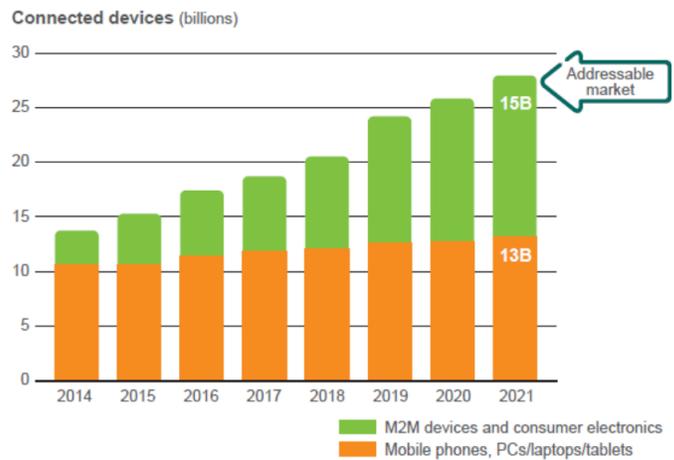


Fig. 2 Dispositivos conectados.

Nota Extraído de [1].

En la figura 3 se presenta una visión al 2025, en México, una muestra de crecimiento rápido.

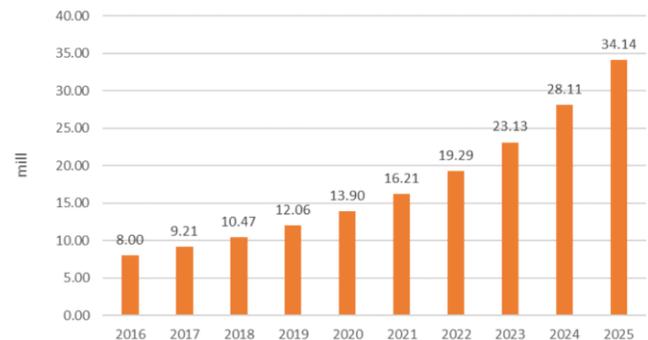


Fig. 3 Estimación del crecimiento del IoT en México.

Nota Fuente Cellular network for massive IoT, 2016, extraído de [1].

En incremento del uso de la Internet, es inevitable, organizaciones, universidades, los hogares son parte de la forma de vivir, es decir control de las cosas a distancia, del mismo modo también crece la vulnerabilidad de todo lo que conectamos a la red, es por ello la importancia en la protección de todas las

computadoras y redes, de malos elementos (piratas informáticos), virus y todas las amenazas internacionales y nacionales [10].

Así mismo es importante aplicar el IoT en la prevención y solución ante la disminución anual del agua en el mundo, si unificamos las tecnologías como big data, Internet de las cosas y computación en la nube, en la construcción de entornos de agua inteligentes, incluidos sus principios técnicos, aplicaciones y tendencias de desarrollo, será posible asegurar para los próximos años agua para nuestra descendencia [11].

En la Figura 4, se aprecia los cuatro componentes de impacto que alcanzará en el 2023, tales como sensores (dispositivos que detectan magnitudes físicas o químicas), denominado variables de instrumentación y convertirlos a señales o variables eléctricas [12]), Redes (Comunicaciones), Analítica (Nube) y Aplicaciones [13].

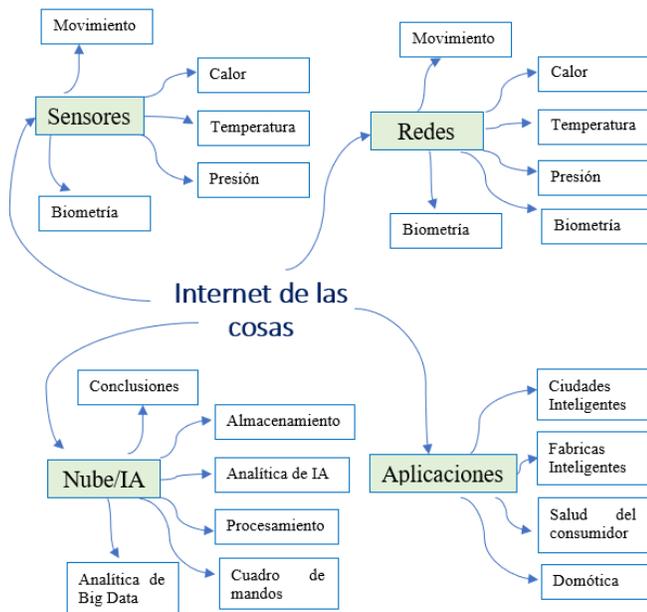


Fig. 4 Cuatro componentes de impacto del IoT, para el año 2023.

Nota Fuente Ahmed Banafa, Blockchain Technology and Applications (2020), Adaptado y extraído de OpenMind BBVA [13].

En la figura 5 se aprecia la tendencia para este año al aplicarse la IoT, muy importante a considerar en el proceso de aplicación y enseñanza en las Universidades del Perú, estos son: 1) El incremento de datos y dispositivos, el 2019, 3.600 millones de dispositivos fueron conectados, adopción del Edge Computing, procesamiento de datos más rápido, con el desarrollo de la tecnología de sensores y la tecnología de comunicación inalámbrica, la informática perimetral tiene una gama más amplia de aplicaciones [14]. 2) IA es importante en el IoT, un caso es Windows Azure, que incorpora IA y el IoT, es la plataforma de aplicaciones basada en la nube de Microsoft para desarrollar, administrar y hospedar aplicaciones fuera del sitio; existen plataformas en la nube incluidos Amazon, IBM y Google, entre otros.[15], la startup tiene como objetivo verificar si su modelo de negocio puede convertirse en un negocio sostenible y rentable [16], están inclinándose por algoritmos de IA con el aprendizaje automático y el ‘deep learning’, permitiendo extraer más valor a los volúmenes de datos.

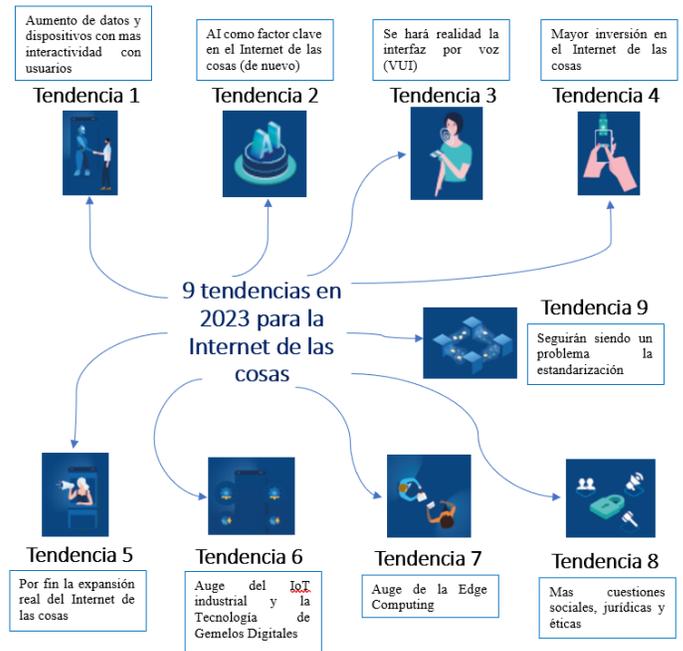


Fig. 5 Nueve tendencias en 2023, para el IoT.

Nota Fuente Ahmed Banafa, Blockchain Technology and Applications (2020), Adaptado y extraído de OpenMind BBVA [13].

3) La interfaz por voz (VUI), los asistentes digitales personales apoyan a los usuarios en tareas cotidianas de forma automatizada, empleando el lenguaje natural hablado o escrito, siendo los primeros Alexa (de Amazon) y Siri (de Apple), mientras que entre los segundos destacamos Lu (de Magazine Luiza) y Bia (de Bradesco) [17], será normal hablar con robots. 4) El IoT alcanzará los 1,4 billones de dólares de inversión en este año, dispositivos como el espejo inteligente, cajero automático que tienen cámaras de seguridad inteligentes, tenedores inteligentes, camas inteligentes que apagan las luces al quedarse dormido. 5) El crecimiento real del IoT en las Smart City, sensores inteligentes repartidos, registrarán diversos datos, permitiendo un lugar cómodo, práctico, seguro y limpio; los coches autónomos se incrementarán en los próximos años, con la ‘app’ conectada permite el diagnóstico en tiempo real. 6) El crecimiento del IoT industrial, mejora la producción aplicando la integración y análisis de los datos, la tecnología de “gemelos digitales”, donde sus dispositivos interactúan con el proceso de fabricación; en la encuesta de Gartner, el 48% de empresas emplearán el concepto de gemelo digital. 7) El «edge computing», también incorpora la IA en los dispositivos, en un futuro, pueda que la tecnología esté equilibrada entre la nube y los dispositivos. 8) La parte sociales, jurídicas y éticas, como las nuevas tecnologías, aún falta regular, proceso que se enfrentará próximamente; la seguridad será crucial en la normativa. 9) El problema de estandarización continuará, afianzar un protocolo de comunicación estándar y universal es uno de los mayores retos de la IoT [13].

En cuanto aplicaciones, es posible desarrollar una arquitectura general del sistema de gestión de materiales de almacén aplicando la tecnología de Internet de las cosas (IoT) y despliega el sistema de adquisición de datos de identificación por radiofrecuencia (RFID) que actúa como la capa de percepción de IoT [18].

### Conectividad y ancho de banda

5G se está implementado como parte de la solución a la conectividad, siendo prioritario la seguridad integrada y las vulnerabilidades de seguridad de la información: confidencialidad, integridad y disponibilidad [19].

Para el cálculo del ancho de banda, basado en IoT, que se aplicó en ciudades inteligentes como en la India, cuyo proceso emplea data de la población, que permite encontrar la densidad actual y potencial de dispositivos de IoT conectados empleando redes inalámbricas; luego, se determina un área de cobertura de la red, teniendo en cuenta los radios de cobertura típicos para zonas urbanas, semiurbanas y rurales. Con los datos, es posible obtener la cantidad de dispositivos en el área de cobertura de la red y con esto la demanda de tráfico total, por último estimar el valor del ancho de banda [1].

### La red en la nube

La innovación digital se incrementa en el ecosistema digital lo que crece las aplicaciones y el uso de la nube y garantiza la primacía de las redes en la nube. Las empresas esperan la transmisión de video de ultra alta definición de 8K, las aplicaciones envolventes de RV y RA, los juegos, los vehículos autónomos, el comercio de acciones de alta frecuencia, la automatización impulsada por los sistemas de IA/ML y los casos de uso de IoT con redes 5G [20].

Cisco Cloud Networking aborda el diseño, la implementación y la operación de una red en varios entornos de nube a escala para cualquier aplicación. Como tal, los clientes de Cisco pueden implementar redes en la nube en uno o varios entornos de nube, incluidas las nubes públicas, las “nubes privadas” en las instalaciones y las ubicaciones de perímetro distribuidas. La “estrategia de la plataforma de operaciones y redes en la nube unificada” de Cisco está diseñada para permitir una política de red uniforme, seguridad de la red, gestión y visibilidad de la red en varios entornos de nube a través de un único punto de administración, con servicios operativos y de red basados en el uso o a pedido. En la figura 5 se aprecia los Pilares fundamentales de Cisco Cloud Networking y cómo Cisco Cloud Networking ofrece soluciones superlativas para la era de Cloud Networking [20].

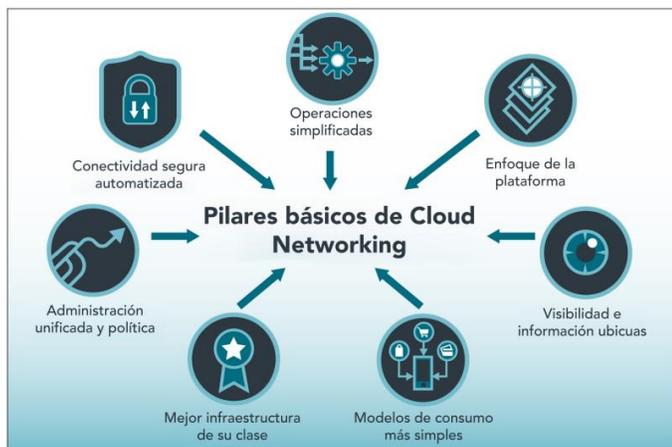


Fig. 6 Cloud Networking proporciona siete principios básicos. Nota Redes en la nube de las organizaciones en todo el ecosistema digital global, extraídos de [20].

### 2.3 Smart City - Smart Campus

En las ciudades inteligentes, primero una ciudad, mientras que la inteligencia es otro activo, que mejora/automatiza[21], los dispositivos IoT en red recopilan datos del medio físico para optimizar las decisiones para mejorar los servicios de la ciudad para los ciudadanos [7].

En la figura 7 se presenta tres ciudades inteligentes en Europa

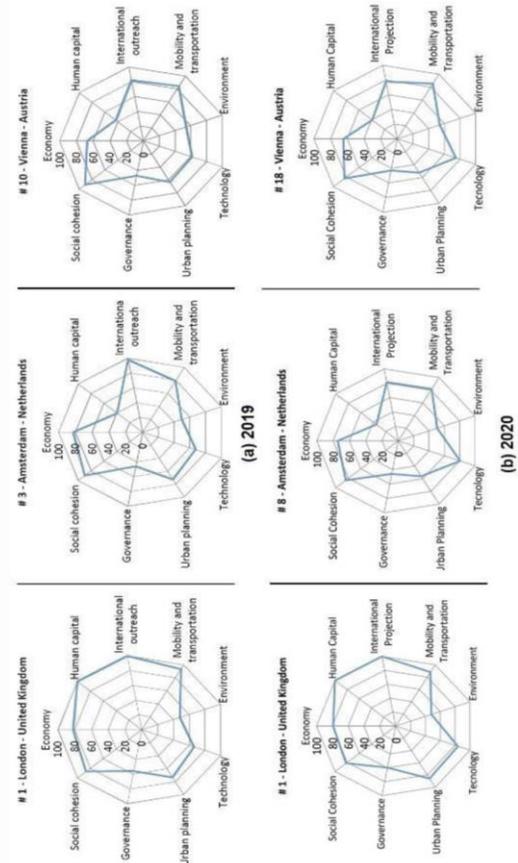


Fig. 7 Evaluación de indicadores en tres ciudades inteligentes representativas de Europa: Londres, Ámsterdam y Viena (a) 2019 (b) 2020. Fuentes: IESE 2019 (Ricart et al., 2019) & IESE 2020 (Ricart, Berrone, Duch & Carrasco-Farré, 2020).

Nota extraídos de [21].

Entendiendo cómo funciona una Smart City, un Smart campus (universitario) es lo mismo, pero a menor escala, como ya en muchos países como en el Perú existen los edificios inteligentes, donde debe integrarse también tres factores primordiales, Seguridad, Energía y Confort [22].

Frente al Coronavirus, también los edificios inteligentes ayudan por medio del Control del HVAC y otras funciones del Sistema de Gestión de Edificios, necesitan cambiar su configuración donde la eficiencia energética no sea lo único, sino que la eficiencia operativa y la seguridad de las personas sean las prioridades [23].

El gran reto de Smart Campus® Facens es integrar los datos proporcionados por sensores, software y dispositivos IoT de diferentes sectores (internos y externos) en un único Dashboard para simular un Centro de Control y Operación de una Smart City [24].

LoRaWAN, es una especificación de protocolo de capa de acceso a medios (MAC) definida por LoRa Alliance, los miembros de la asociación están construyendo un estándar global abierto para un ecosistema seguro de Internet de las cosas (IoT) de nivel de operador, siendo Cisco uno de los fundadores de LoRa Alliance [25]



Fig. 8 Casos de uso de clientes.  
Nota extraídos de Cisco LoRaWan [25].

La solución de una infraestructura completamente integrada y funcional, tales como:

- Gateway: producto resistente para exteriores/interiores IP67 para acceso de radio LoRa.
- IoT Field Network Director: sistema de gestión de IP de puerta de enlace.
- LoRaWAN Network Server: el controlador LoRaWAN centralizado para la gestión de radio LoRaWAN de puertas de enlace y dispositivos finales [25].

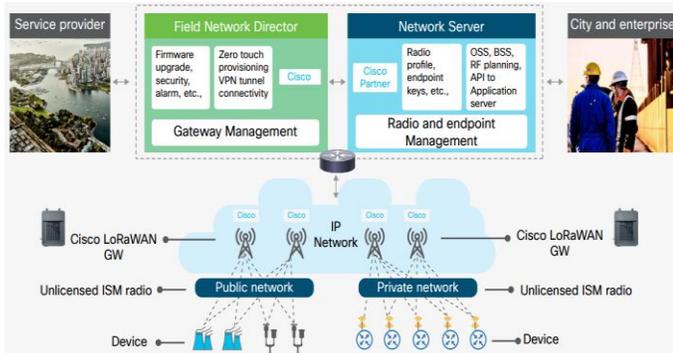


Fig. 9 Solución basada en LoraWan de Cisco.  
Nota extraídos de Cisco LoRaWan [25].

## 2.4 Smart Lab

Así como en los edificios inteligentes que están en desarrollo, las universidades también están migrando a un campus inteligente (Smart campus), es por ello, de vital importancia convertir a nuestro laboratorio en inteligente (Smart Lab), de esta manera Siemens ofrece la solución Green Lab, que permite la automatización total de edificios, con funciones para los laboratorios, todo documentado; la seguridad y la comodidad es importante, permitiendo optimizar la rentabilidad; el control preciso del flujo de aire, sistemas inteligentes de seguridad contra incendios, permiten una protección óptima y minimizando el riesgo de falsas alarmas [26].

Un Smart Lab es un sistema de ensayo derivado a partir de un banco de ensayos tradicional que permite tratar y presentar los resultados de los ensayos de forma efectiva y significativa con el fin de mejorar el aprendizaje de conceptos complejos [4].

## 2.5 Proceso metodológico de los artículos

La investigación está basada en la revisión sistemática [27] de la literatura (RSL), que consiste en examinar de un modo metódico la literatura y los documentos relevantes en relación con la temática de estudio [28].

En el mundo se encuentra 5798 repositorios que son empleados en distintas disciplinas y registrados en el directorio de OpenDOAR (Directorio global de repositorios de acceso abierto de calidad garantizada), principalmente albergan artículos de revistas y el 101 (1.74%) de estos sitios alojan software a nivel mundial [27] [29].

### Repositorios por país

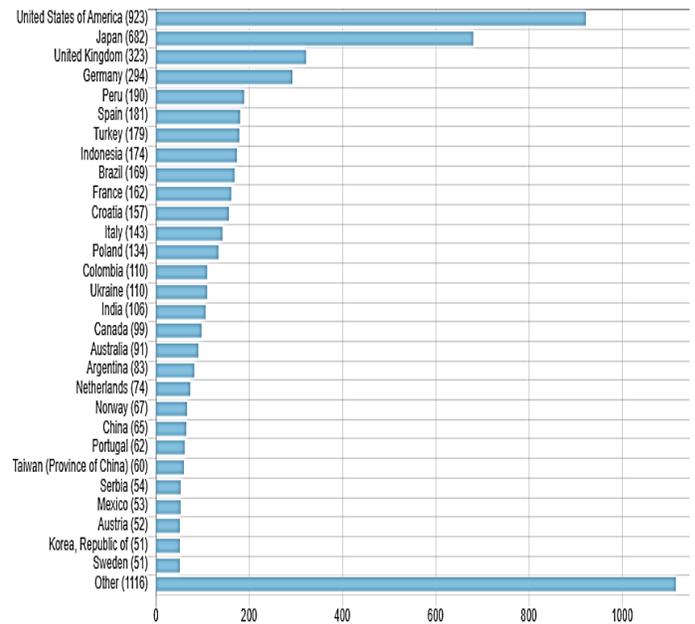


Fig. 10 Estadística de OpenDOAR, una visión general de los datos almacenados, repositorio por país.

Nota Perú 190 repositorios, extraídos de OpenDOAR [30].

### Información general sobre los tipos de contenido

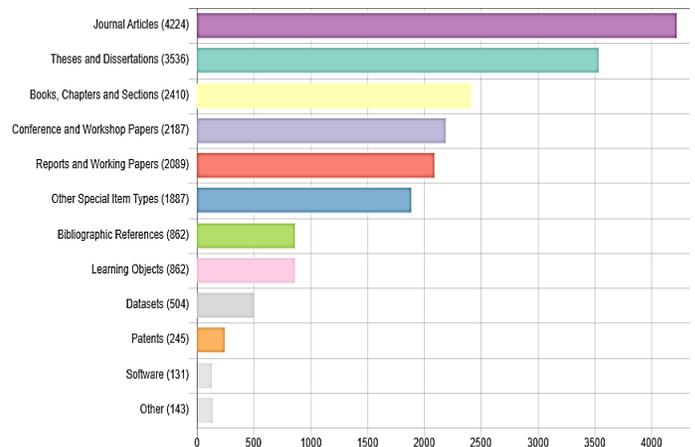


Fig. 11 Estadística de OpenDOAR, una visión general de los datos almacenados, tipos de contenido.

Nota Journal Articles lidera con 4224, extraídos de OpenDOAR [30].

## Crecimiento de OpenDOAR

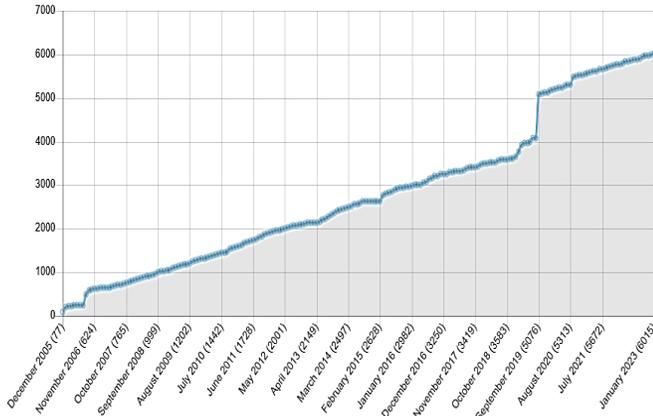


Fig. 12 Estadística de OpenDOAR, una visión general de los datos almacenados, crecimiento de OpenDOAR.

Nota Enero del 2023 alcanzó 6015, extraídos de OpenDOAR [30].

## III. RESULTADOS

### A. IoT

La aplicación del IoT en todos los contextos y ahora en las Universidades y laboratorios, es parte de la creciente demanda en una nueva educación, desarrollar sistemas controlados a distancias donde los docentes y alumnos puedan ser partícipe del uso de nuevas tecnologías, incorporando la IA y la Realidad virtual; esta tecnología es aprovechado en un laboratorio de química virtual, que se accede por medio de un guante que permite interactuar con el laboratorio y sus elementos. Son ejemplos que están en escala ascendente en diversas universidades. Así también en una investigación sobre la eficiencia energética en el uso de electrodomésticos, según el enfoque evolutivo propuesto fue capaz de mejorar hasta el 29.0 % en la utilización de energía y hasta el 65,3 % en las preferencias del usuario sobre los métodos de referencia [31].

Cisco se encuentra en una posición única para garantizar que las organizaciones puedan fusionar sus operaciones de redes en la nube con arquitecturas nativas de la nube que estimulen la innovación y mejoren la experiencia de las aplicaciones [20].

### B. Smart Campus

En las Universidades peruanas, se enseña IoT, Domótica, entre otros, las investigaciones con estas tecnologías están en incremento, tales como Smart Campus [32].

El modularidad de la plataforma significa que el sistema de automatización y las soluciones de seguridad y protección contra incendios pueden combinarse con soluciones específicas para cada cliente, en la figura se aprecia un campus inteligente de un hospital [33].

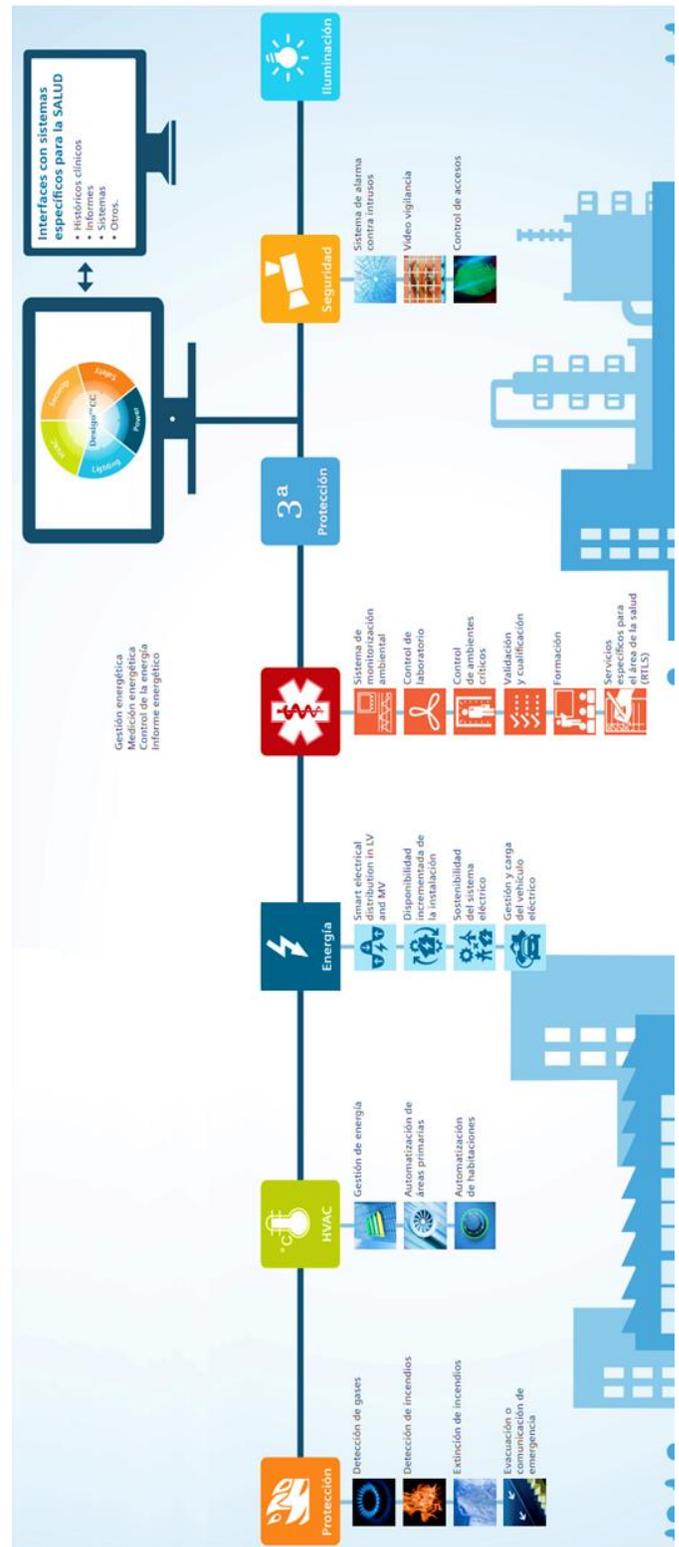


Fig. 13 Soluciones para una infraestructura hospitalaria.

Nota, extraídos de Siemens [33]

### C. Smart Lab

La solución de Siemens es un concepto de automatización global para el laboratorio, permitiendo que los estándares de trabajo en este lugar se desarrollen dentro de los estándares de seguridad, confort y ahorro de energía [33].

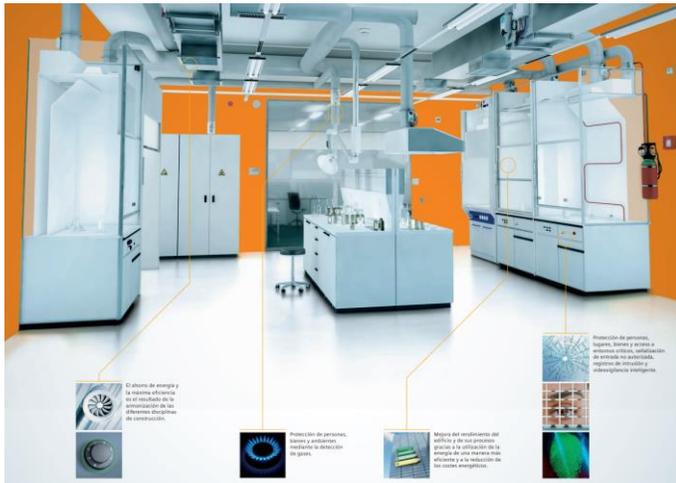


Fig. 14 Laboratorio inteligente.  
Nota, extraídos de Siemens [33]

En otra investigación, el ruido en la biblioteca es posible registrar mediante un mapa de calor, que fue calificada como "muy buena" por los usuarios durante la encuesta, este mapa se puede visualizar en televisor en la entrada de la biblioteca y por aplicativo móvil [34].

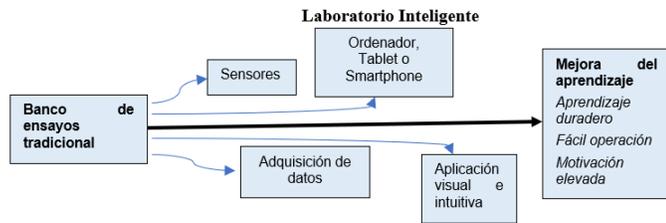


Fig. 15 Transformación de un banco de ensayos tradicional en un laboratorio inteligente o SmartLab.  
Nota, adaptado y extraídos de [4].

Etapas de un Smart Lab de Control y Automatización.

Es importante proponer etapas para lograr implementar un Smart Lab (figura 16), partiendo de identificar las necesidades (problema), que debe ser solucionado con los diseños propios, según la realidad de cada laboratorio, en las diversas Universidades peruanas; existen diversos equipos, así como en ambiente, que permiten la automatización y con la aplicación de softwares libres o licenciados es posible; un laboratorio de Control y Automatización, por lo general se encuentra el sistema de adquisición de datos que puede ser implementado para monitoreo remoto [35].

También en una investigación se diseñaron y construyeron tres modelos a escala de maquinaria industrial, como una forma educativa de mostrar el transporte de material particulado, se escogieron un tornillo transportador, una banda transportadora y un elevador de cangilones, construidos en policarbonato para permitir la visualización de su funcionamiento interno, todos están controlados por un controlador lógico programable (PLC) y conectados entre sí por una red SCADA [36].

Así mismo un prototipo simulado de un operador de sistema de tren de metro automatizado que utiliza PLC y SCADA para el monitoreo y control en tiempo real de los sistemas de tren de metro, el SCADA se usa para la visualización de una operación de proceso automatizada y luego toda la operación se regula con la ayuda de PLC [37].

Las ventajas son inmensas al lograr desarrollar un laboratorio inteligente, que permitirá la mejora en el desarrollo de las clases (docentes) y estudiantes.

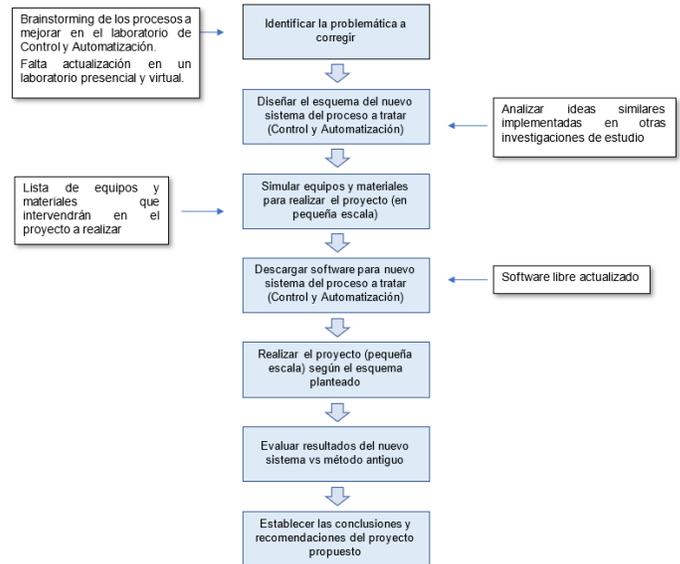


Fig. 16: Etapa del proceso a desarrollar en un Smart Lab.  
Nota elaboración propia.

#### D. Clasificación de los artículos científicos

Se recopiló 42 artículos científicos de las bases de datos virtuales, tales como SCOPUS, JSTOR, Dialnet, Redalyc, ESBDO y Scielo, luego se clasificó, quedando en 24, en la figura 22, se presenta la cantidad de artículos procesados de los últimos 5 años y en la figura 23 se presenta el proceso de selección. Así mismo se encontró amplia información sobre IoT y en diversos idiomas, lo que nos facilitó el análisis; así mismo pocos artículos sobre Smart Campus y muy escaso sobre Smart Lab, convirtiéndose en un proceso más laborioso de buscar los artículos científicos, procesarlos y validar si es oportuno para el presente artículo; en muchas ocasiones no permitía leer o descargar, solo presentaba el título del artículo, lo que no debería suceder, toda información debe ser libre, para que cualquier lector (investigador) pueda aplicarlo en sus investigaciones, produciendo así, una nueva investigación.

SCOPUS, uno de los mejores bases de datos virtuales, es necesario ingresar con una cuenta institucional para una búsqueda completa, nos muestra toda la información para las citas (referencias), y muchos de los cuales es posible visualizar en formato pdf completo.

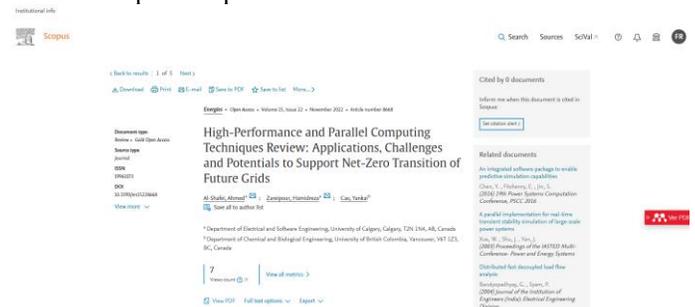


Fig. 17 Búsqueda de un artículo en SCOPUS.  
Nota extraída de [38]

Valoramos JSTOR Journal Article, donde encontramos la mayor cantidad de artículos en diversos idiomas, de preferencia Inglés, Portugués y Español, nos presenta una parte del artículo en imagen, si deseamos obtener más información, solicita que nos registremos con una cuenta institucional, sin embargo, muchos de ellos no están es su lista.

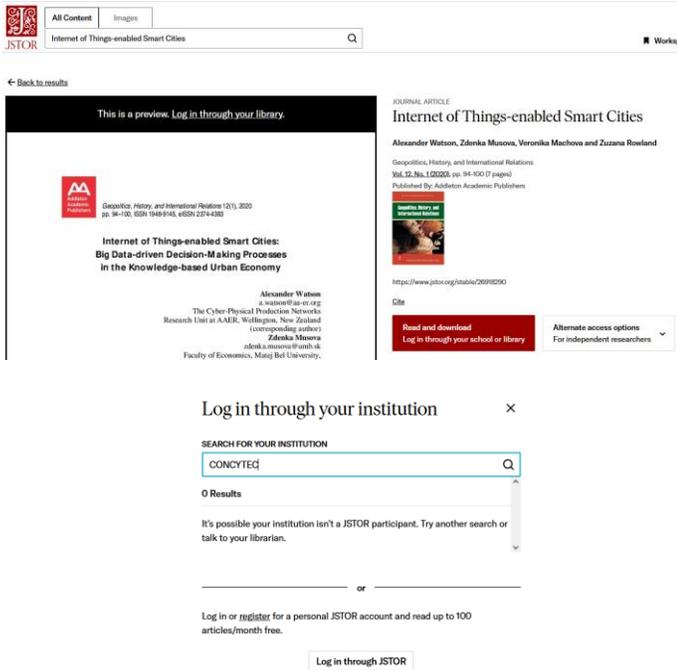


Fig. 18 Búsqueda de un artículo en JSTOR. Nota extraída de [39]

El buscador Redalyc (La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), permite la búsqueda en varios idiomas, entre ellos Inglés, Portugués y Español, así como la visualización completa del artículo y descarga en pdf.

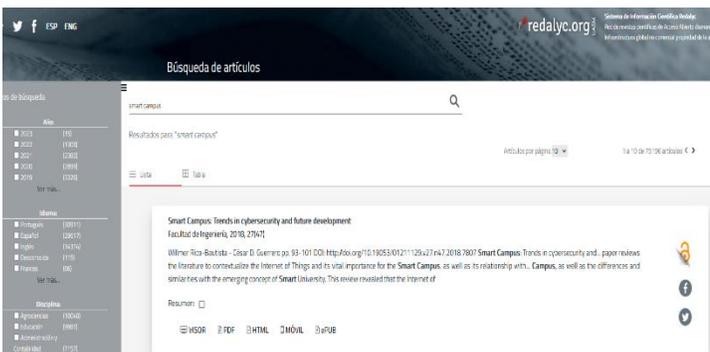


Fig. 19 Búsqueda de un artículo en redalyc. Nota extraída de [40]

Valoramos a EBSCO, que permite la búsqueda en varios idiomas, presentando el título del artículo, autor, Revista, Volumen, página y algunos de los cuales se puede visualizar por completo el texto del documento.

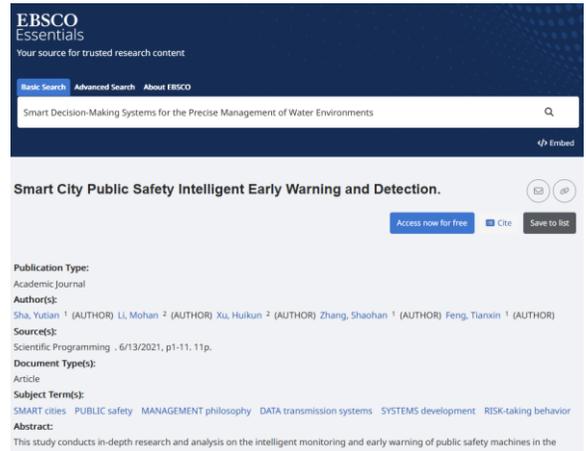


Fig. 20 Búsqueda de un artículo en EBSCO. Nota extraída de [41]

Descartamos el Dialnet (Difusión de Alertas en la Red), porque no presentan artículos científicos actualizados (Últimos 5 años), relacionado a IoT, Smart Campus y Smart Lab, entre otros relacionado a Tecnología.

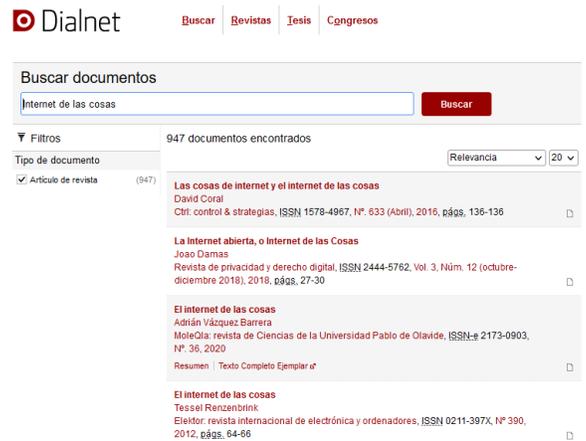


Fig. 21: Búsqueda de un artículo en Dialnet. Nota extraída de [42]

Sin embargo, destacamos la cantidad de información en las diferentes materias y submaterias (Ciencias básicas y experimentales – 656 revistas, Geociencias y medio ambiente 552 revistas, Ciencias biológicas 324 revistas, Tecnologías 883 revistas, entre otros) [42].

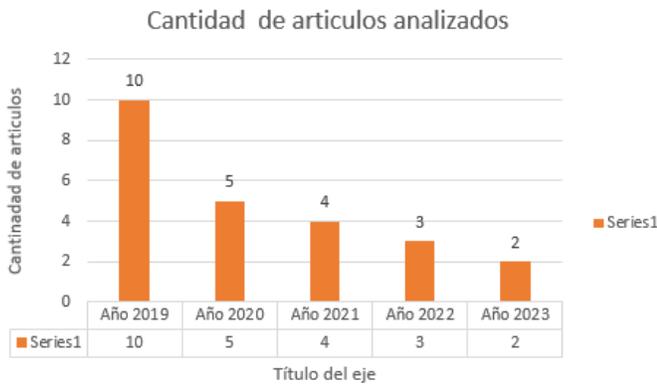


Fig. 22: Clasificación de los artículos según año.  
Nota elaboración propia

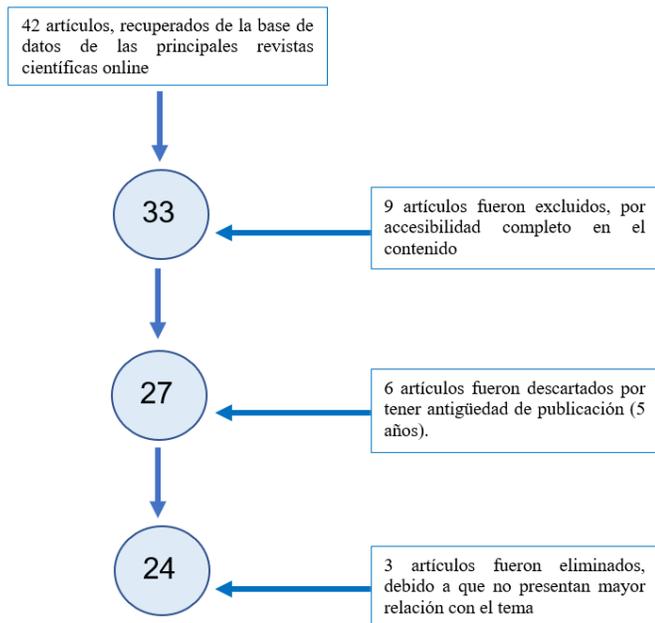


Fig. 23: Procedimiento de selección de las fuentes teóricas.  
Nota Elaboración propia

#### IV. CONCLUSIONES

En esta revisión de la literatura, se fundamentó diversos casos de estudios realizados sobre Internet de las Cosas (IoT), Campus Inteligente (Smart Campus) con aproximación a Universidad Inteligente (Smart University) y Laboratorio inteligente (Smart Lab) y sus respectivas dimensiones, además su importancia que tienen en el desarrollo de un laboratorio inteligente de Control y Automatización.

En cuanto a la cronología de las investigaciones, los 24 artículos datan del año 2019 hasta el 2023 (Abril), siendo el año 2019 donde se logró obtener y analizar mayor cantidad de artículos en comparación al año 2023, cabe mencionar que entre los años 2020 y 2022 es superado por 2 artículos al año 2019, lo que permite comprender la falta de investigaciones en este campo, por lo valoramos más aún el presente artículo; así mismo los autores de dichos artículos tienen especialidades relacionadas a la ingeniería y sus aportaciones están mayormente dirigidos ingenieros y profesionales que aplican y

desarrollan tecnología. En nuestro caso, está dirigido al sector de ingeniería y también al sector educativo, lo que permite el desarrollo y aplicación en diversas universidades del Perú. Así mismo, los artículos analizados pertenecen a diversos países y se puede apreciar que gran parte de ellos, está redactado en el idioma inglés.

También, Journal Article, Scopus, Redalcy y Scielo fueron los repositorios donde más se ubicó los artículos, siendo JSTOR y Scopus, donde se obtuvo mayores artículos relacionados a nuestro artículo, con las palabras clave Internet de las cosas, Smart Campus y Smart Lab. Hay que mencionar que la gran cantidad de ellos no muestran el mismo formato, por lo que dificulta el análisis metodológico y la diferenciación de los parámetros de cada investigación.

Así mismo, la confiabilidad del número de artículos presenta un porcentaje del 96% como confiables. Su determinación fue medida por los siguientes indicadores: repositorio donde se publica la investigación, número de referencias, objetividad del contenido, grado del autor y evidencias presentadas de la funcionalidad del proyecto tratado.

El objetivo de esta investigación Aplicación del IoT: una aproximación desde un Smart Campus a un Smart Lab en una Universidad del Perú, lo cual presentamos en el presente artículo, con fines de viabilidad y aplicación.

#### V. REFERENCIAS

- [1] J. L. Cuevas Ruíz, "Internet of Things: Spectral Demand in Mexico," *Law, State and Telecommunications Review*, vol. 11, no. 1, pp. 47–62, May 2019, doi: 10.26512/lstr.v11i1.24848.
- [2] F.-R. Corredor-Sánchez, J.-S. González-Sanabria, M.-Á. Mendoza-Moreno, F.-R. Corredor-Sánchez, J.-S. González-Sanabria, and M.-Á. Mendoza-Moreno, "Internet of Things at the Service of Bioconstruction," *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 30, no. 55, p. e12266, Jan. 2021, doi: 10.19053/01211129.V30.N55.2021.12266.
- [3] Facens, "Módulo Internacional e Imersão em Cidades Inteligentes UNE Perú na Facens - Smart Campus Facens," Dec. 2022. <https://smartcampus.facens.br/modulo-internacional-e-imersao-em-cidades-inteligentes-une-peru-na-facens/> (accessed Jan. 28, 2023).
- [4] J. M. Román, A. Sapena Baño, J. Pérez Cruz, M. Pineda Sánchez, M. Riera Guasp, and R. P. Panadero, "Laboratorios inteligentes: un nuevo instrumento de aprendizaje. SmartLab: a new learning tool," *Departamento de Física Aplicada, Universitat Politècnica de València*, pp. 40–45, Mar. 2019, doi: 10.23800/10156.
- [5] M. C. Samaniego Urrego, "Nanobots: Aplicaciones médicas y odontológicas para la prevención de enfermedades. Una visión futurista," *Odontología Activa Revista Científica*, vol. 7, no. 1, 2022, doi: 10.31984/oactiva.v7i1.690.
- [6] M. Montomoli, O. Taco Sanchez, L. D'Marco, and J. L. Gorriz Teruel, "Impacto de un artículo en la era social: ¿es lo mismo tuitear que citar?," *Nefrología*, vol. 42, no. 2, 2022, doi: 10.1016/j.nefro.2021.02.005.
- [7] O. B. Mora-Sanchez, E. Lopez-Neri, E. J. Cedillo-Elias, E. Aceves-Martinez, and V. M. Larios, "Validation of IoT Infrastructure for the Construction of Smart Cities Solutions on Living Lab Platform," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 68, no. 3, pp. 899–908, Jun. 2021, doi: 10.1109/TEM.2020.3002250.
- [8] Shou-Yan Chou, "The Fourth Industrial Revolution: Digital fusion with the internet of things," *Journal of International Affairs Editorial Board*, vol. 72, no. 1, 2019.
- [9] Nicole A. Drepa, "Sustainable Cities and the Internet of Things (IOT) Technology IOT technology improves the development of smart cities' infrastructures and reduces over-population stresses," *Columbia University*, N° 22, Jul. 06, 2020. <https://journals.library.columbia.edu/index.php/consilience/article/view/6742> (accessed Jan. 29, 2023).

- [10] Computer Security Update, “3-D SECURE MOST EFFECTIVE FRAUD PREVENTION SOLUTION,” *Vol. 22, N° 11*, Nov. 2021. <https://www.jstor.org/stable/48628446> (accessed Feb. 01, 2023).
- [11] Zhihan Wan and Danyao Zhu, “Smart Decision-Making Systems for the Precise Management of Water Environments on JSTOR,” *Journal of Coastal Research - Published By: Coastal Education & Research Foundation, Inc.*, 2020. <https://www.jstor.org/stable/48640887> (accessed Feb. 01, 2023).
- [12] E. Reyes Flores, “Tipos de Sensores,” *Con-Ciencia Serrana*, vol. 1, no. 2, pp. 31–33, 2019, Accessed: Jan. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.mendeley.com/catalogue/d082e1bb-9248-37ce-8cf9-4249d0303c42/>
- [13] OpenMind BBVA and Ahmed Banafa, “Nueve tendencias del Internet de las Cosas en 2023,” *Tecnología, mundo digital*, Jan. 16, 2023. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/mundo-digital/tendencias-iot-2023/> (accessed Jan. 26, 2023).
- [14] N. Kang, Z. Ning, S. Zhang, S. ur Rehman, and Waqas, “Identity-Based Edge Computing Anonymous Authentication Protocol,” *Computers, Materials & Continua*, vol. 74, no. 2, pp. 3931–3943, 2023, doi: 10.32604/CMC.2023.029711.
- [15] T. Chandrasekhara Reddy, Y. Madan Reddy, and I. Kavati, “Hosting servers in cloud by using current cloud computing platform and services,” *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 8, no. 6, 2017.
- [16] Paulo Henrique Bertucci Ramos and Marcelo Caldeira Pedrosa, “Classification and categorization of Brazilian agricultural startups (Agtechs),” *Innovation & Management Review*, 18(3), vol. 2, no. 1, pp. 117–140, 2021, doi: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2006v11n22p117>.
- [17] L. C. dos Santos and B. Polianov, “O que têm em comum Alexa, Siri, Lu e Bia? Assistentes digitais, sexismo e rupturas de performances de gênero,” *Galáxia (São Paulo)*, no. 46, 2021, doi: 10.1590/1982-2553202154473.
- [18] Y. Mao and L. Zhang, “Design and implementation of port bulk storage management system based on internet of things technology,” *J Coast Res*, vol. 98, no. sp1, pp. 62–66, Dec. 2019, doi: 10.2112/SI98-016.1.
- [19] S. Fonyi, “Overview of 5G security and vulnerabilities,” *The Cyber Defense Review*, vol. 5, no. 1, 2020, Accessed: Jan. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.mendeley.com/catalogue/95e08b75-4d5f-3464-a888-58c7766740bd/>
- [20] Daniel Newman, Shelly Kramer, Ron Westfall, and Sociedad con CISCO, “El futuro de la nube es la red,” Jun. 2022. Accessed: Jan. 28, 2023. [Online]. Available: <https://search.cisco.com/search?query=Visi%C3%B3n%20global%20de%20interconexi%C3%B3n%20IoT&locale=esMX&bizcontext=&cat=&mode=text&clktp=enter&autosuggest=false&istadisplayed=false&tareqid=&categoryvalue=>
- [21] R. D. Orejon-Sanchez, D. Crespo-Garcia, J. R. Andres-Diaz, and A. Gago-Calderon, “Smart cities’ development in Spain: A comparison of technical and social indicators with reference to European cities,” *Sustain Cities Soc*, vol. 81, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.SCS.2022.103828.
- [22] Schneider Electric Perú, “Especialista global en automatización y administración energética,” 2023. <https://www.se.com/pe/es/> (accessed Feb. 01, 2023).
- [23] Siemens, “Cómo los edificios ayudan en la lucha contra el coronavirus,” May 2020. [Online]. Available: <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>
- [24] Smart Lab Facens, “Smart Campus Facens,” 2023. <https://smartcampus.facens.br/> (accessed Jan. 28, 2023).
- [25] CISCO, “Cisco Solution for LoRaWAN,” *At a glance Cisco public*, Jan. 29, 2023. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/lorawan-solution.html> (accessed Jan. 28, 2023).
- [26] Siemens, “Laboratorios | Hospitales inteligentes,” 2023. <https://new.siemens.com/es/es/productos/building-technology/edificios-inteligentes/hospitales-inteligentes/laboratory.html> (accessed Jan. 31, 2023).
- [27] V. Rodríguez-Aguilar, S. L. Canchola Magdaleno, E. L. Muñoz Andrade, and R. Garzón Clemente, “Repositorio de Software Educativo: Una aproximación de desarrollo conceptual,” *Revista de Educación Mediática y TIC (EDMETIC)*, vol. 11, no. 1, p. 7, Apr. 2022, doi: 10.21071/edmetic.v11i1.13460.
- [28] A. Sánchez-Caballé and F. M. Esteve-Mon, “Analysis of Teaching Methodologies Using Digital Technologies in Higher Education: a Systematic Review,” *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 26, no. 1, pp. 181–199, Jan. 2023, doi: 10.5944/RIED.26.1.33964.
- [29] OpenDOAR, “Bienvenido a OpenDOAR,” *Jisc Recursos Digitales*, 2023. <https://v2.sherpa.ac.uk/opensoar/> (accessed Jan. 29, 2023).
- [30] OpenDOAR, “OpenDOAR Statistics,” *Jisc Recursos Digitales*, 2023. [https://v2.sherpa.ac.uk/view/repository\\_visualisations/1.html](https://v2.sherpa.ac.uk/view/repository_visualisations/1.html) (accessed Jan. 29, 2023).
- [31] S. Nesmachnow, G. Colacurcio, D. G. Rossit, J. Toutouh, and F. Luna, “Optimizing household energy planning in smart cities: A multiobjective approach,” *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 2020, doi: 10.17533/udea.redin.20200587.
- [32] D. R. Chirinos Armas, F. R. Pucuhuayla Revatta, and B. C. Hermitaño Atencio, “Propuesta de la enseñanza de la informática para contribuir con la implementación del Smart Campus de la UNE, Perú.,” *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2022, doi: 10.46377/dilemas.v9i2.3122.
- [33] Siemens, “Smart Infrastructure Soluciones para hospitales,” Madrid, 2020. Accessed: Jan. 31, 2023. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/es/es/productos/building-technology/edificios-inteligentes/hospitales-inteligentes.html>
- [34] F. V. Amaral, J. P. Juliani, and R. W. de Bettio, “Internet das coisas em bibliotecas: proposta de um sistema para monitoramento de ruído para bibliotecas,” *Em Questão*, vol. 28, no. 1, pp. 458–483, Jan. 2022, doi: 10.19132/1808-5245281.458-483.
- [35] J. A. Quintero, H. G. Parra-Peñuela, E. E. Gaona, J. A. Quintero, H. G. Parra-Peñuela, and E. E. Gaona, “Data Acquisition with LoraWAN IoT Technology to Monitor Bio-Inspired Wind Turbines in Rural Areas of Cundinamarca,” *Ingeniería*, vol. 27, no. 2, p. e18861, Apr. 2022, doi: 10.14483/23448393.18861.
- [36] J. F. Flórez-Ruiz *et al.*, “DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE LABORATORIO DE TRANSPORTE DE PELLETS,” *Iteckne*, vol. 16, no. 2, pp. 93–103, Dec. 2019, doi: 10.15332/ITECKNE.V16I2.2352.
- [37] I. Tomar, I. Sreedevi, and N. Pandey, “Real Time Control System for Metro Railways Using PLC & SCADA,” *Intelligent Automation and Soft Computing*, vol. 35, no. 2, pp. 1403–1421, 2023, doi: 10.32604/IASC.2023.028163.
- [38] Scopus, “Scopus - Document search,” 2023. <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic&zone=header&origin=recordpage#basic> (accessed Feb. 01, 2023).
- [39] Journal Storage, “JSTOR Home: Explore the world’s knowledge, cultures, and ideas,” 2023. <https://www.jstor.org/> (accessed Feb. 01, 2023).
- [40] Redalyc, “Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas,” 2023. <https://www.redalyc.org/home.oa> (accessed Feb. 01, 2023).
- [41] EBSCO, “EBSCO Essentials | Free Research & Reference Content,” 2023. <https://essentials.ebsco.com/> (accessed Feb. 01, 2023).
- [42] Dialnet, “Dialnet,” <https://dialnet.unirioja.es/> (accessed Feb. 01, 2023).