



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO DE SISTEMAS**

**CARRERA:  
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TEMA:  
“REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA SOBRE LAS  
ARQUITECTURAS IOT EN SMART GRID”**

**AUTOR:  
Armando Xavier González León**

**TUTOR:  
Msc. Máximo Giovanni Tandazo Espinoza**

**Noviembre 2021  
GUAYAQUIL-ECUADOR**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Armando Xavier Gonzalez Leon**, declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del/los autor/es.



Firmado electrónicamente por:  
**ARMANDO XAVIER  
GONZALEZ LEON**

**Firma del autor**

Armando Xavier Gonzalez Leon

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop and a tail, located to the right of the author's signature.

**Firma del tutor**

Máximo Giovanni Tandazo Espinoza

# Revisión sistemática de la literatura sobre las arquitecturas IoT en Smart Grid

Armando Xavier Gonzalez Leon<sup>1</sup>, Máximo Giovanni Tandazo Espinoza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería de Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador  
agonzalezl5@est.ups.edu.ec, mtandazo@ups.edu.ec

**Abstract.** IoT se utiliza en varios dominios para seguimiento y control; para realizar este documento se revisaron investigaciones IoT en dominio SmartGrid, además de entender los diseños, importancia y utilidad de IoT. El objetivo es analizar las arquitecturas IoT en Smart Grid para proveer una vista bibliográfica mediante revisión sistemática de la literatura. Se utiliza la revisión sistemática de la literatura como un método para investigar, clasificar y evaluar el contenido bibliográfico sobre un área de investigación a través de la inclusión y exclusión, se ejecuta en tres fases: planificar, realizar e informar. Los resultados son las respuestas a cinco preguntas sobre los 55 artículos clasificados y relacionadas a: cantidad de niveles en arquitecturas, vías de comunicación, tipos de dispositivos, subdominios en Smart Grid, y características de los artículos científicos. Se concluyó que se utiliza IoT en Smart Grid para los procesos de recolección de datos y minimizar la entrada de datos erróneos, en el estudio sistemático de literatura se utilizó el método de peaje y se obtuvo 14 artículos que utilizan 3 niveles de arquitecturas, 8 documentos nombran la utilidad del subdominio Scada, no todos indican que subdominio utilizan; el país con mayor publicaciones relacionadas a IoT en Smart Grid es China con 14 documentos de tipo artículos científicos y en el idioma inglés.

**Keywords:** IoT, Smart Grid, Architecture IoT Smart Grid, Systematic literature review.

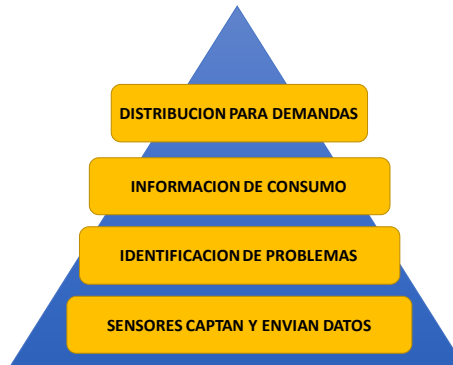
## 1 Introducción

En las TIC, Internet de las cosas (IoT) es utilizado en varios escenarios para optimización de las funciones o componentes, gracias a la cantidad de sensores, GPS, dispositivos, escáneres, e intercambio de datos; estos dispositivos están conectados a internet bajo protocolos de seguridad, además se obtiene la identificación, se realiza seguimiento y monitoreo de aquellos componentes[1]; IoT está formado por métodos, tecnologías y protocolos; de acuerdo a Intel en el 2020 existen 50 mil millones de dispositivos conectados a internet, estos dispositivos están en vehículos, hogares, ciudades, electricidad, transporte, agua, ropa y entre otros[2]; estos dispositivos tienen una dirección IP, capturan y envían los datos sin mediación manual a la red; los datos reflejan el

estado interno y el entorno del componente o persona para realizar seguimiento, estos datos convertidos en información sirven para tomar decisiones[3].

Un sistema de energía eléctrica está formado por generadores, vías de transmisión, redes de distribución, flujos eléctricos y transformadores para proporcionar energía a hogares e instituciones; en las redes inteligentes (Smart Grid) los componentes de la red son monitoreados, resguardados y optimizados para un mejor funcionamiento, algunas de las características son: interconexión en la generación y almacenamiento, acceso a los datos de uso y tarifas de electricidad, optimización del mantenimiento y uso de los activos, generar energía bajo estándares, obtener perfiles eficientes en el uso de energía, los datos son capturados, enviados, analizados para los componentes de la red, alerta de ataques físicos o cibernéticos, autocorrección de fallas, autoevaluaciones permanentes, doble vía de comunicación, la versión actual de Smart Grid es 2.0[2].

**Convergencia de IoT y Smart Grid.** IoT se aplica en generación, envío y distribución de la energía eléctrica de manera segura y confiable a través del paso de datos a la red internet, estos datos se envían en cualquier momento, para realizar el monitoreo y gestión de los activos de la red eléctrica, ver Figura 1 [2]; Smart Grid asiste en perfeccionar el consumo de energía para ahorro de energía, e IoT asiste en el control y monitoreo del uso de energía eléctrica [1]; IoT mejora el rendimiento y las funciones de una Smart Grid, aumenta la duración de los activos, los datos capturados son analizados para gestionar los activos, las áreas tienen un mejor control para tomar decisiones [3].



**Fig. 1.** Smart Grid con IoT.

La Agencia Internacional de Energía afirma que la demanda de electricidad a nivel mundial aumenta 2.2% anual entre el año 2012 al 2035, y es necesario la modernización en la red eléctrica actual[4].

La crisis energética más que un problema, es una oportunidad para aplicar IoT en el análisis y control del consumo de energía eléctrica, porque los sistemas de control manual generan errores, son imprecisos y generan pérdida de tiempo; aunque los datos capturados por personas son de tipo digital se traducen en errores durante el proceso; las redes inteligentes son importantes en sociedades actuales; los dispositivos inteligentes son confiables, asisten en la interacción, control de energía, flujo de datos bidireccional, eficientes, datos en tiempo real[3].

Existen artículos científicos sobre el uso de IoT en Smart Grid, una manera clara y sencilla de entregar información sobre este tema es la compilación y procesamiento de artículos primarios; se propone entregar esta información obtenida a través de una revisión sistemática de la literatura y ser una herramienta útil para tomar decisiones en esta área de investigación.

Una revisión sistemática es un estudio claro y estructurado de datos para responder preguntas específicas; contiene información de una cantidad considerable de artículos, se considera una evidencia de alto nivel; la revisión sistemática de la literatura (SLR) es un estudio para analizar documentos primarios en investigaciones específicas; se busca evidencia científica relacionada a las preguntas de investigación de una manera imparcial[5], [6].

El objetivo es analizar las arquitecturas IoT en Smart Grid para proveer una vista bibliográfica mediante revisión sistemática de la literatura.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Materiales

**Revisión sistemática de la literatura (SLR).** Se revisaron las bibliotecas IEEE Xplere, Scopus, ACM y Science Direct en busca de artículos científicos que realizaron revisiones sistemáticas de la literatura sobre arquitecturas IoT en Smart Grid; pero se encontraron revisiones independientes en estas áreas, es decir revisiones sistemáticas sobre IoT y revisiones sistemáticas sobre Smart Grid de manera separada; a continuación, algunas revisiones.

IoT en la región de Asia, en un estudio de 6 bibliotecas en la primera fase obtuvieron 1346 artículos y en la última fase obtuvieron 93 artículos; las áreas de aplicación son ambiente, salud, agricultura e industria; las publicaciones son IEEE y Scopus de Malasia, Indonesia y Tailandia[7]. Para identificar la privacidad en IoT se revisaron las publicaciones de IEEE, ACM y Web of Science; la clasificación de la privacidad resultó en protección de objetivos, dominios, revocación, tipos y arquitecturas; IoT se aplica en dominios industrial, inteligente, salud, 4G y general; de 109 artículos se seleccionaron 23 para los resultados[8]. La integración de IoT y blockchain fue revisada en IEEE, Scopus, ACM y Web of Science; en la primera fase obtuvieron 384 artículos y en la última fase clasificaron 35 artículos; los dominios que IoT se aplica en dominios manufactura, vehículos, energía, salud, hogar y generales; blockchain se utiliza en plataformas de Ethereum, Hyperledger, bitcoin y multichain, además se utiliza para control de acceso, plataformas de conexión, almacenamiento y distribución[9]. En una revisión sobre Smart grid determinaron las características generales de esta clase de red como tecnología, distribución, generación, sensores, monitoreo, equipamiento, control y alternativas[10].

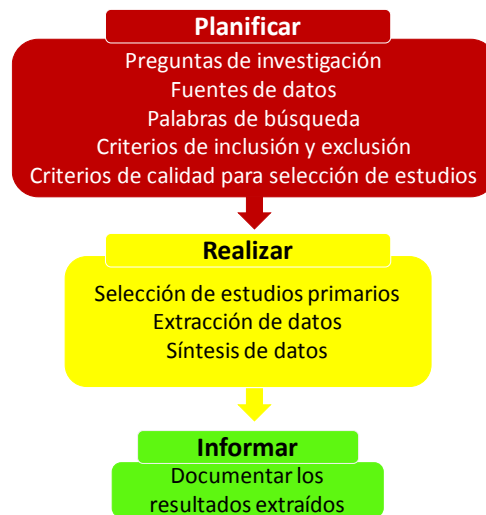
**Artículos sobre arquitecturas IoT en Smart Grid.** La arquitectura para monitoreo y control es un mecanismo formado por 4 partes; la primera *capa conexiones inteligentes* contiene sensores, suministro eléctrico, controladores y actuadores; la segunda *capa servidor IoT* contiene despachadores, unidades de administración y unidades de acceso;

la tercera *capa interface de usuario* contiene registro de usuario, sesión de administrador, sesión de usuario; la cuarta capa sensores contiene dispositivos para detectar el ambiente[11]. La arquitectura como mecanismo de acceso en telemetría, control remoto y transmitir datos en una distribución eléctrica formada por 3 capas; *capa local* contiene medidores inteligentes, colectores y concentradores; la *capa de acceso* contiene switch, sub estaciones, locales de distribución; la *capa backbone* contiene una red de fibra óptica[12].

El prototipo para monitoreo, envío de datos y análisis está formado por sensores, módulos de comunicación vía wifi, y software que almacena y analiza los datos generados por la demanda y suministro de energía eléctrica[13]. Para el seguimiento y control de energía eléctrica se propone IoT en una red, aunque esta IoT no está estructurada en capas ni módulos; la propuesta es para ahorro con fuentes de energía renovable; sus componentes son placa electrónica, controladores de carga solar, inversores, paneles solares, raspberry[14]. El enfoque IoT en el diseño Smart Grid es una arquitectura que está formada por 3 capas: la primera llamada dispositivos que utiliza medidores inteligentes; la segunda capa llamada dispositivo de borde que es un enlace entre los dispositivos eléctricos y el software de gestión; la capa software de gestión contiene la lógica del negocio, además de base de datos, software de analítica, modulo web y módulo de borde[15].

## 2.2 Métodos

Se utiliza la revisión sistemática de la literatura (Systematic Literature Review) como un método para investigar, clasificar y evaluar el contenido bibliográfico sobre un área de investigación a través de la inclusión y exclusión, se ejecuta en tres fases: planificar, realizar e informar, ver Figura 2; se aplica en varios dominios y el estudio es imparcial[5], [6].



**Fig. 2.** Fases de revisión sistemática de la literatura.

### A. Fase Planificar:

Preguntas de investigación:

- ¿Cuántos niveles utilizan las arquitecturas IoT en Smart Grid?
- ¿Cuáles son las vías de comunicación que se utilizan? (wifi, bluetooth, etc)
- ¿Cuáles son los tipos de dispositivos que se utilizan? (sensores, escáner, etc)
- ¿Existe algún subdominio dentro de este dominio Smart Grid?
- ¿Qué características tienen los artículos científicos? (año, país de autores, )

*Fuentes de datos:* IEEE Xplore, ACM Digital Library, Springer y Science Direct

*Palabras de búsqueda:* IoT, Smart Grid, architecture IoT Smart Grid, architecture IoT

*Criterios de inclusión y exclusión:* Los criterios de inclusión determinan los artículos encontrados después de la búsqueda se utilizará para los datos extracción

- Artículos solo en idioma inglés
- Artículos, conferencias, capítulos de libros, poster o workshop
- Artículos con descripciones cualitativas o cuantitativas sobre arquitecturas IoT en Smart Grid
- Artículos desde Enero 2016 a Diciembre 2020

*Los criterios de exclusión determinan los artículos que quedan fuera después de la búsqueda*

- Artículos irrelevantes para las preguntas de investigación
- Artículos que describan IoT en otros dominios inteligentes como: agua, hogar, transporte, edificios, medicina, entre otros
- Artículos repetidos en las fuentes de datos
- Artículos u otros de pago por ver

*Criterios de calidad para selección de estudios:* La calidad de los artículos seleccionados se ejecuta durante la extracción de datos; se evalúa de acuerdo a preguntas para control de calidad:

- ¿Está clara la estructura del artículo sobre propuesta IoT en Smart Grid?
- ¿Hay suficientes datos sobre arquitecturas IoT en Smart Grid para defender los hallazgos?

Las contestaciones pueden ser “Si”, “No” o “Ninguno”.

### B. Fase Realizar: Por desarrollar en el artículo académico

Todos los artículos científicos o de investigación que hallamos durante la extracción de datos, Se realizo una identificación de artículos por el método de peaje. El enfoque consta de 4 Fases:

- Fase 1: Búsqueda de artículos relacionados a IoT-Smart Grid

- Fase 2: aceptación y descarte basada en título
- Fase 3: aceptación y descarte basada en abstracto y desarrollo
- Fase 4: aceptación y descarte basada en texto completo

**Table 1.** Selección de artículos por el método de peaje

| E-DataBases | IEEE | Scopus | ACM   | Springer | Science Direct | Total |
|-------------|------|--------|-------|----------|----------------|-------|
| Phase-1     | 1257 | 1821   | 45105 | 19099    | 3299           | 70581 |
| Phase-2     | 385  | 393    | 591   | 2262     | 2373           | 6004  |
| Phase-3     | 33   | 15     | 4     | 17       | 20             | 89    |
| Phase-4     | 18   | 12     | 2     | 10       | 13             | 55    |

En la tabla 1 se muestra el total de artículos científicos encontrados en cada uno de los repositorios de datos según cada método de peaje que se aplicó para lograr una mejor extracción de documentos que se utilizó en este artículo.

Los metodos de Peaje para este estudio fue para una revisión sistematica, podemos mencionar que es un estudio de segundo nivel de un estudio ya propuesto que se examina un area de especifica de la investigación para lograr precisar, aislar y explorar datos que tienen relacion con la revisión sistematica [16], [5], [6] .

A continuacion se detalla una de las fases que se utilizó para la extraccion de articulos por metodo de peaje.

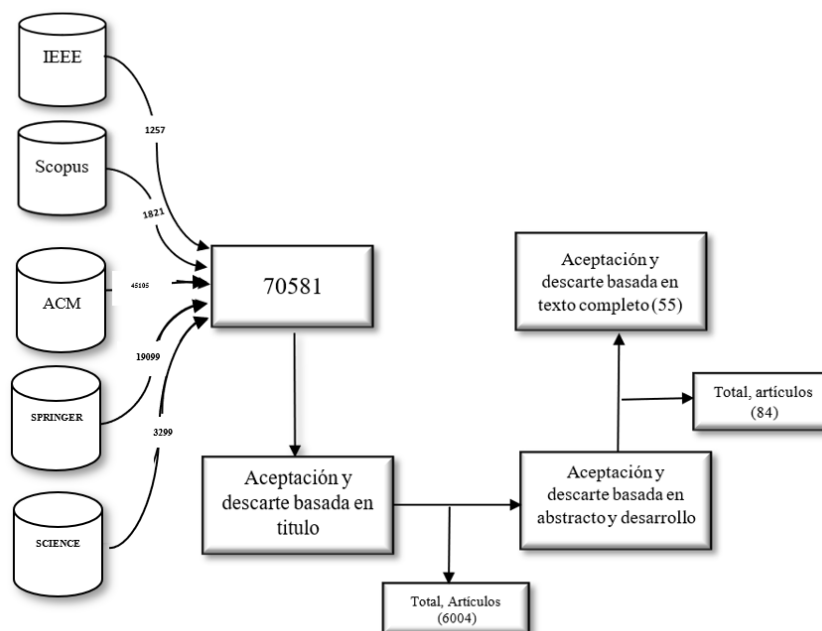
**Table 2.** Aceptación y descarte basada en texto completo

| Revista        | Cantidad | Año  | Total resultados | Citas  |
|----------------|----------|------|------------------|--|
| Science Direct | 0        | 2016 | <b>13</b>        | [17], [18], [19],<br>[20], [21], [22],<br>[23], [24], [25],<br>[26], [27], [28],<br>[29]                                 |
|                | 2        | 2017 |                  |  |
|                | 3        | 2018 |                  |  |
|                | 4        | 2019 |                  |  |
|                | 4        | 2020 |                  |  |
| IEEE           | 5        | 2016 | <b>18</b>        | [30], [31], [32],<br>[33], [34], [35],<br>[36], [37], [38],<br>[39], [12],[40],<br>[41], [42], [43],<br>[44], [13], [45] |
|                | 3        | 2017 |                  |  |
|                | 3        | 2018 |                  |  |
|                | 4        | 2019 |                  |  |
|                | 3        | 2020 |                  |  |
| SCOPUS         | 4        | 2016 | <b>12</b>        | [46], [47], [48],<br>[49], [50], [51],<br>[52], [53], [54],<br>[55], [56], [57]  |
|                | 0        | 2017 |                  |  |
|                | 2        | 2018 |                  |  |
|                | 3        | 2019 |                  |  |
|                | 3        | 2020 |                  |  |



|              |   |      |           |   |
|--------------|---|------|-----------|---|
| SPRINGER     | 0 | 2016 | <b>10</b> | [58], [59], [60],<br>[61], [62], [63],<br>[64], [65], [66],<br>[67] |
|              | 0 | 2017 |           |   |
|              | 4 | 2018 |           |   |
|              | 4 | 2019 |           |   |
|              | 2 | 2020 |           |   |
| ACM          | 0 | 2016 | <b>2</b>  | [68], [69]  |
|              | 1 | 2017 |           |   |
|              | 0 | 2018 |           |   |
|              | 0 | 2019 |           |   |
|              | 1 | 2020 |           |   |
| <b>TOTAL</b> |   |      | <b>55</b> |   |

En la tabla 2 se muestra la cantidad de artículos por año y por repositorio digital, contemplamos el número de documentos obtenidos con el primer método de peaje que se aplicó en buscar artículos relacionados a Iot y Smart Grid; en el repositorio de Science Direct tenemos un total de 13 documentos de investigación, en la revista IEEE tenemos 18, en la revista Scopus tenemos 12, en la revista springer tenemos 10 artículos y en la revista ACM tenemos 2 archivos. Se obtuvo un total de 55 archivos en la primera fase de búsqueda.

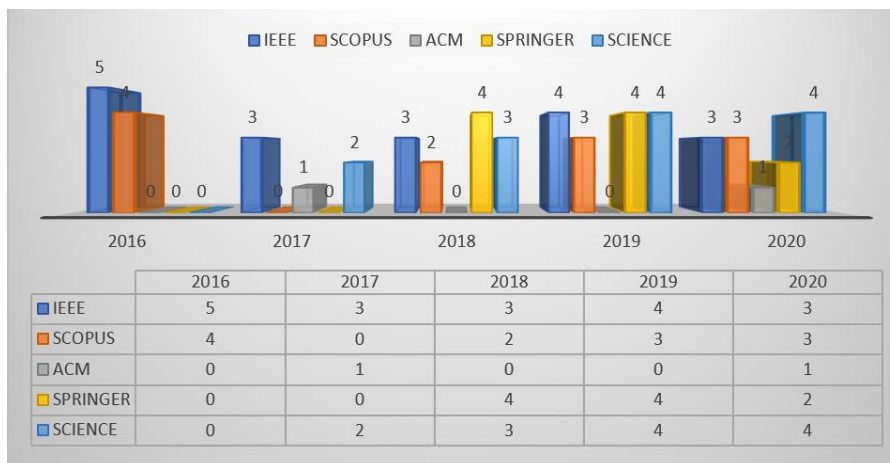


**Fig. 3.** Enfoque de peaje para la selección de artículos.

En la figura 3 se muestra la primera fase del método de peaje se extrajeron 70581 artículos de diferentes repositorios, se aplicó los parámetros de búsquedas propuestos; los siguientes enfoques fueron de aceptación y descarte finalmente quedó un pequeño grupo de 55 artículos seleccionados para nuestro estudio sistemático.

### Extracción de datos.

Se realizaron estudios con métodos de peaje para suprimir artículos no relevantes a nuestro tema, se utilizó 4 fases para la selección de artículos; en las primeras fases del método de peaje se logró extraer documentos de mayor interés para nuestro tema, continuamos con el peaje y los criterios para obtener la cantidad exacta para este artículo. Se utilizó datos extraídos de los 55 artículos restantes luego del método de peaje, así evaluamos las preguntas de investigación.



**Fig. 4.** Artículos Seleccionados con los métodos de peaje

Se mostró en la Figura 4 el número de documentos seleccionados después de los métodos de peaje que parametrizamos, se logra visualizar cantidad de artículos por año de cada una de las bases de dato que se hizo el analice de la información; de los 55 primeros estudios de los dos primeros años (2016 - 2017) se publicaron 15 artículos y 40 se publicaron entre los años (2018 – 2020). Se visualizo un aumento considerable de publicaciones de investigaciones científicas relacionados a Smart Grid y el internet de las cosas.

En el año 2020 fue el año que más artículos públicos sobre la utilización del Smart Grid y el IoT. Con nuestras preguntas para la fase de planificar se logró obtener gran información de los artículos seleccionados.

### Fase Informar:

Se finalizó la fase de Extracción de Datos con la cantidad de 55 artículos, referentes para demostrar nuestro trabajo de investigación, en una arquitectura para Smart Grid

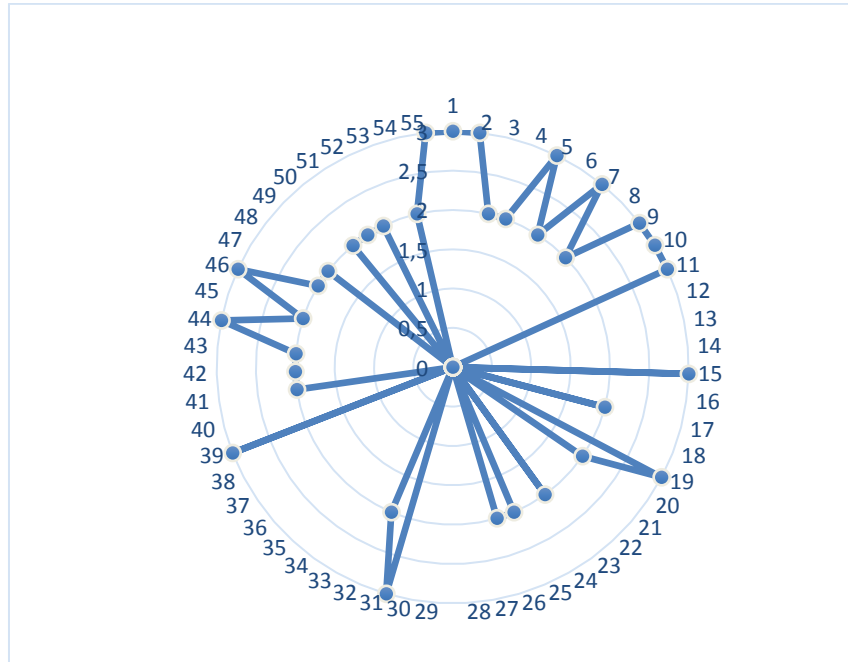
que integra el IoT; el internet de las cosas cuenta con diferentes subdominios, en este artículo de investigación indicamos cuáles y cuántos fueron utilizados, ver la Figura 5. El navegador web funciona como interfaz para los usuarios finales ya que el internet utiliza varios dispositivos de IoT para establecer conexión [38].

### 3 Informe

Los resultados obtenidos de nuestro estudio sistemático se demuestran en esta sección.

#### Pregunta 1: ¿Cuántos niveles utilizan las arquitecturas IoT en Smart Grid?

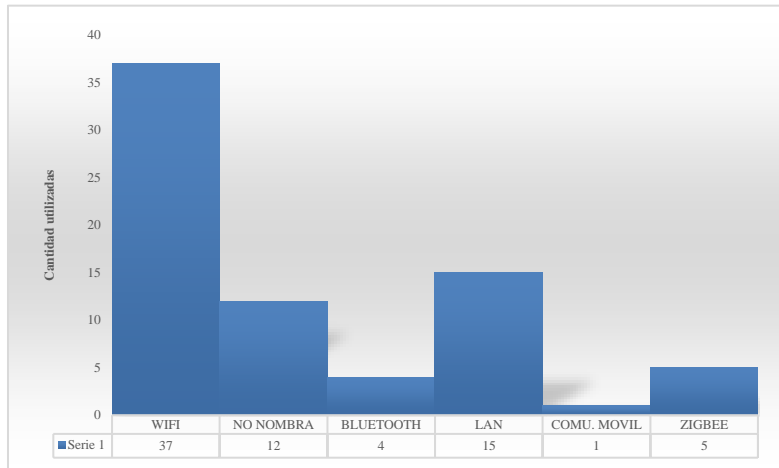
En la figura 5 se muestran los niveles de arquitectura Iot en Smart Grid, la circunferencia más externa indica la cantidad de 3 niveles, al subsiguiente circunferencia indica la cantidad de 2 niveles, y finalmente los números representan cada uno de los artículos. La mayor cantidad de artículos utilizan 2 niveles de arquitecturas, contamos con 20 artículos analizados con escalabilidad de despliegues pequeños hasta grandes cantidades de dispositivos; además tenemos 14 artículos que utilizan 3 niveles de arquitecturas, usualmente los dispositivos constantemente realizan envíos de datos y se genera una cantidad de información, los nodos representan la cantidad de niveles de arquitectura y se direccionan según artículo que se estudió.



**Fig. 5.** Niveles de arquitecturas que son utilizadas en los artículos analizados.

**Pregunta 2: ¿Cuáles son las vías de comunicación que se utilizan?**

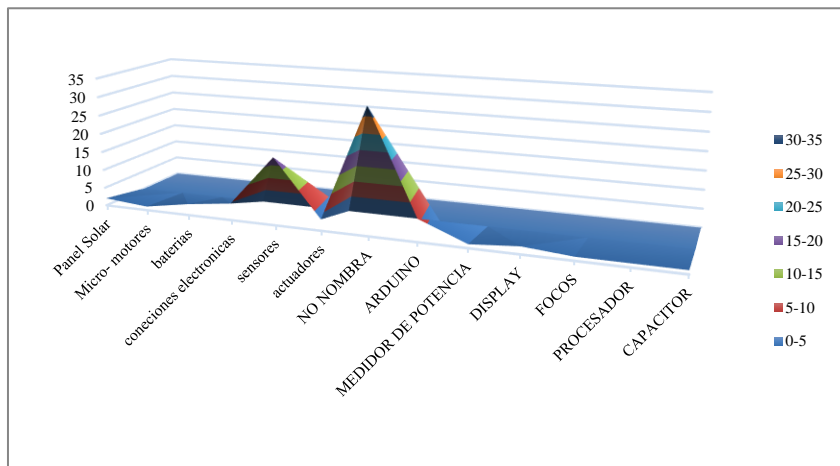
En la figura 6 se muestra un promedio de la utilización de diferentes vías de comunicación que se encontraron en los artículos que se estudió, la mayor cantidad de artículos exactamente 37 utilizan el Wifi considerada para la comunicación entre los dispositivos, esta tecnología es más utilizada en la red inteligente y para las aplicaciones Smart Grid.



**Fig. 6.** Cantidad de Vías de comunicación utilizadas en diferentes artículos

**Pregunta 3: ¿Cuáles son los tipos de dispositivos que se utilizan?**

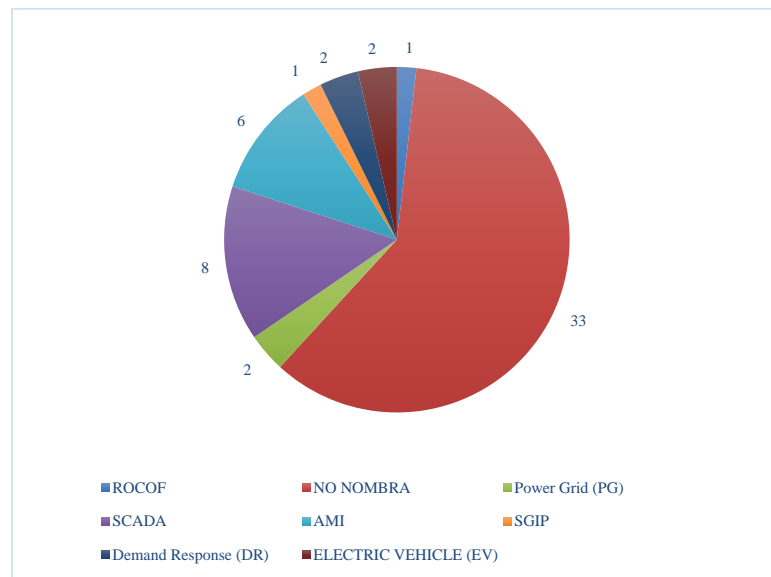
Se demuestra los tipos de Dispositivos que se utilizaron en cada uno de los documentos que se analizaron de los 55 artículos en 33 de ellos no nombran dispositivo que utilizan, presidido por el dispositivo sensores con 18 documentos que si los nombraron, ver figura 7; utilizándolos en puntos estratégicos para un mejor seguimiento de las redes inteligentes ofreció valiosa información al usuario.



*Fig. 7. Tipos de Dispositivos que se Utilizan en los Documentos Analizados*

**Pregunta 4: ¿Existe algún subdominio dentro de este dominio Smart Grid?**

La figura 8 indica los subdominios más nombrados en cada uno de los artículos que se analizaron, en 33 documentos no nombraron subdominio y el más mencionado es el subdominio SCADA mencionados en 8 documentos que unen estándares de adquisición de información sobre la red, que produce mejoras sobre los protocolos asociados en la transmisión de información. Luego tenemos el subdominio AMI mencionado en 6 artículos, el que detecta problemas o inconvenientes en el sistema para una operación más eficiente.

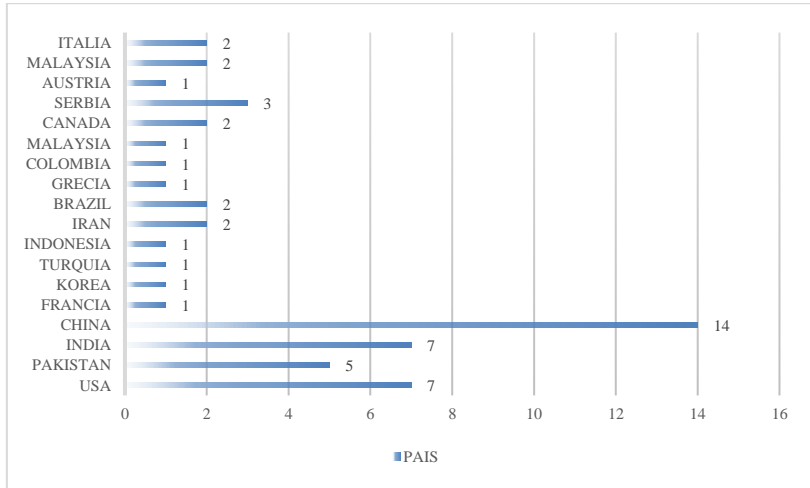


**Fig. 8.** Los subdominios utilizados en los documentos analizados.

**Pregunta 5: ¿Qué características tienen los artículos científicos?**

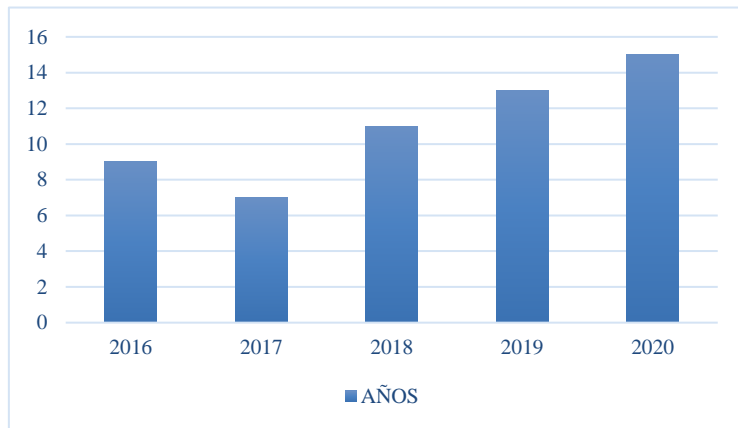
Se expresan por gráficos 3 características encontradas en cada uno de los artículos que se analizaron.

Se detalla que países se realizaron los artículos científicos, China es el país que más realiza artículos científicos con 14 artículos relacionados a internet de las cosas y Smart grid, precedido de India y Usa con 7 artículos publicados, ver figura 9; la importancia de resolver problemas genera el inicio de investigaciones en la actualidad con Smart Grid en conjunto con el IoT.



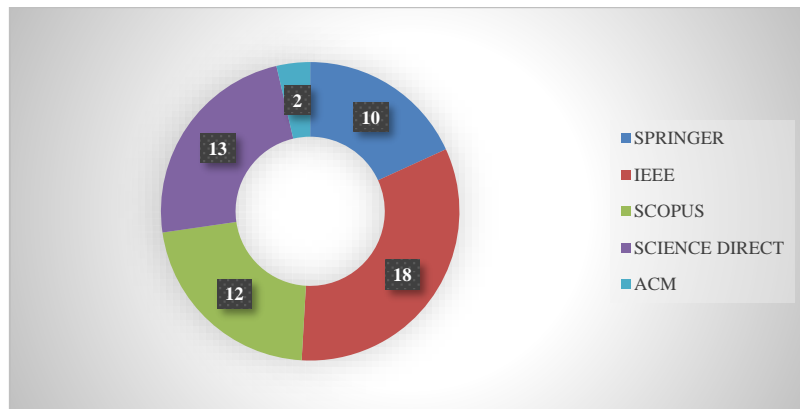
**Fig. 9.** Cantidad de países que se realizaron los artículos.

Se mostró el rango de año de publicación para nuestro estudio el año 2020 fue el que más se publicaron artículos científicos con 15 artículos, presidida del año 2019 con la cantidad de 13 artículos, ver figura 10. En la actualidad se presentan más casos que necesitan nuestra atención ya que a través de los años la tecnología se actualiza e incentiva a la comunidad a realizar investigación y buscar soluciones a problemas que se presentan.



**Fig. 10.** Años de publicación de artículos científicos.

En la figura 11 se muestra la cantidad de artículos de cada repositorio Digital que nosotros identificamos para la realización de este artículo, la revista con mayores publicaciones tenemos la IEEE con 18 documentos analizados efectúa un impacto a la sociedad del conocimiento con sugerencias para solucionar obstáculos.



**Fig. 11.** Repositorio Digital de artículos científicos.

#### 4 Discusión

- Muchos de los artículos hablan sobre la utilidad del IoT conjunto con Smart Grid para lograr modernizarnos, con la utilidad de sensores, escáneres, protocolos de red para monitorizar todas las operaciones e interacciones de un ambiente inteligente.
- En parámetros de búsqueda se determinó palabras claves IoT, Smart Grid en cada una de los repositorios digitales propuestos; después de haber realizado el filtrado procedimos a identificar los artículos científicos de interés mediante un método sistemático; luego con un análisis descriptivo se realizó una evaluación para lograr determinar que repositorio digital tuvo mejores resultados sobre nuestro filtro de búsqueda.
- Se encontró que uno de los países que más investiga y realiza artículos científicos es China que muestra más interés en modernizarse; además que el subdominio más utilizado de los dominios de Smart Grid es el SCADA, ya que ayuda a tener más precisión para adquirir información de una red; los sensores son muy nombrados en nuestro análisis ya que ayuda para el acomodo de cada uno de los artículos.
- Según nuestro análisis la mayoría de los artículos escogieron como vía de comunicación el WIFI para lograr la finalidad de su investigación; se ha considerado que es la opción más genérica para la comunicación de dispositivos en IoT.
- La consecuencia teórica es dar a conocer o facilitar una búsqueda de artículos de interesantes y confiables sobre IoT y Smart Grid de los repositorios digitales propuestos.

#### 5 Conclusiones

Se concluyó que se utiliza IoT en Smart Grid para los procesos de recolección de datos y minimizar la entrada de datos erróneos, en el estudio sistemático de literatura se utilizó el método de peaje y se obtuvo 14 artículos que utilizan 3 niveles de arquitecturas, 8 documentos nombran la utilidad del subdominio Scada, no todos indican

que subdominio utilizan; el país con mayor publicaciones relacionadas a IoT en Smart Grid es China con 14 documentos de tipo artículos científicos y en el idioma inglés.

Las arquitecturas IoT en Smart Grid es un enfoque utilizado en los últimos años por la mejora de procesos, rendimiento, aumenta la duración de los activos, captura de datos, análisis para gestionar los activos, mejor control para tomar decisiones; se demuestra que nuestra investigación es fuente confiable y base para futuras investigaciones.

## Referencias

1. Swastika, A.C., Pramudita, R., Hakimi, R.: IoT-based smart grid system design for smart home. In: 2017 3rd International Conference on Wireless and Telematics (ICWT). pp. 49–53. IEEE (2017). <https://doi.org/10.1109/ICWT.2017.8284137>.
2. Babadi, A.N., Nouri, S., Khalaj, S.: Challenges and opportunities of the integration of IoT and smart grid in Iran transmission power system. In: 2017 Smart Grid Conference (SGC). pp. 1–6. IEEE (2017). <https://doi.org/10.1109/SGC.2017.8308847>.
3. Barman, B.K., Yadav, S.N., Kumar, S., Gope, S.: IOT Based Smart Energy Meter for Efficient. 2018 2nd Int. Conf. Power, Energy Environ. Towar. Smart Technol. 2–4 (2018).
4. Shamim, G., Rihan, M.: A technical review on smart grids in India. 2017 4th IEEE Uttar Pradesh Sect. Int. Conf. Electr. Comput. Electron. UPCON 2017. 2018-Janua, 642–648 (2017). <https://doi.org/10.1109/UPCON.2017.8251125>.
5. Khan, A.A., Keung, J., Niazi, M., Hussain, S., Ahmad, A.: Systematic literature review and empirical investigation of barriers to process improvement in global software development: Client–vendor perspective. *Inf. Softw. Technol.* 87, 180–205 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.03.006>.
6. Yaseen, M., Baseer, S., Sherin, S.: Critical challenges for requirement implementation in context of global software development: A systematic literature review. *ICOSST 2015 - 2015 Int. Conf. Open Source Syst. Technol. Proc.* 120–125 (2016). <https://doi.org/10.1109/ICOSST.2015.7396413>.
7. Yuly, A.R., Pradana, H.: Systematic Literature Review (SLR) Development of the IoT Industry in the Southeast Asian Region. 2020 3rd Int. Conf. Comput. Informatics Eng. IC2IE 2020. 460–466 (2020). <https://doi.org/10.1109/IC2IE50715.2020.9274619>.
8. Akil, M., Islami, L., Fischer-Hubner, S., Martucci, L.A., Zuccato, A.: Privacy-Preserving Identifiers for IoT: A Systematic Literature Review. *IEEE Access.* 8, 168470–168485 (2020). <https://doi.org/10.1109/access.2020.3023659>.
9. Lo, S.K., Liu, Y., Chia, S.Y., Xu, X., Lu, Q., Zhu, L., Ning, H.: Analysis of Blockchain Solutions for IoT: A Systematic Literature Review. *IEEE Access.* 7, 58822–58835 (2019). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2914675>.
10. Tripathi, S., Verma, P.K., Goswami, G.: A review on SMART GRID power system network. *Proc. 2020 9th Int. Conf. Syst. Model. Adv. Res. Trends, SMART 2020.* 55–59 (2020). <https://doi.org/10.1109/SMART50582.2020.9337067>.
11. Sidid, S., Gaur, S.: Smart grid building automation based on Internet of Things. 2017 Innov. Power Adv. Comput. Technol. i-PACT 2017. 2017-Janua, 1–4 (2017).



- <https://doi.org/10.1109/IPACT.2017.8245201>.
12. Chen, L., Dong, X., Kuang, X., Chen, B., Hong, D.: Towards Ubiquitous Power Distribution Communication: Multi-service Access and QoS Guarantees for IoT Applications in Smart Grid. 2019 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Asia, ISGT 2019. 894–898 (2019). <https://doi.org/10.1109/ISGT-Asia.2019.8881751>.
  13. Khan, F., Siddiqui, M.A.B., Rehman, A.U., Khan, J., Asad, M.T.S.A., Asad, A.: IoT Based Power Monitoring System for Smart Grid Applications. 2020 Int. Conf. Eng. Emerg. Technol. ICEET 2020. 1–5 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICEET48479.2020.9048229>.
  14. Waluyo, Hadiatna, F., Widura, A., Maulana, R.: Design of IoT Based Monitoring System for Miniature Smart Grid. Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019. 2019–2022 (2019). <https://doi.org/10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011100>.
  15. Jankovic, J., Sikic, L., Afric, P., Silic, M., Ilic, Z., Pandzic, H., Zivic, M., Dzanko, M.: Empirical study: IoT-based microgrid. In: Proceedings of 2020 3rd International Colloquium on Intelligent Grid Metrology, SMAGRIMET 2020. pp. 23–28. IEEE (2020). <https://doi.org/10.23919/SMAGRIMET48809.2020.9264007>.
  16. Kouchaksaraei, H.R., Karl, H.: Service function chaining across openstack and kubernetes domains. DEBS 2019 - Proc. 13th ACM Int. Conf. Distrib. Event-Based Syst. 240–243 (2019). <https://doi.org/10.1145/3328905.3332505>.
  17. Meloni, A., Pegoraro, P.A., Atzori, L., Benigni, A., Sulis, S.: Cloud-based IoT solution for state estimation in smart grids: Exploiting virtualization and edge-intelligence technologies. Comput. Networks. 130, 156–165 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.10.008>.
  18. Friansa, K., Haq, I.N., Santi, B.M., Kurniadi, D., Leksono, E., Yulianto, B.: Development of Battery Monitoring System in Smart Microgrid Based on Internet of Things (IoT). Procedia Eng. 170, 482–487 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.077>.
  19. Reka, S.S., Dragicevic, T.: Future effectual role of energy delivery: A comprehensive review of Internet of Things and smart grid. Renew. Sustain. Energy Rev. 91, 90–108 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.089>.
  20. Faheem, M., Shah, S.B.H., Butt, R.A., Raza, B., Anwar, M., Ashraf, M.W., Ngadi, M.A., Gungor, V.C.: Smart grid communication and information technologies in the perspective of Industry 4.0: Opportunities and challenges. Comput. Sci. Rev. 30, 1–30 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2018.08.001>.
  21. Kimani, K., Oduol, V., Langat, K.: Cyber security challenges for IoT-based smart grid networks. Int. J. Crit. Infrastruct. Prot. 25, 36–49 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.01.001>.
  22. Al-Turjman, F., Abujubbeh, M.: IoT-enabled smart grid via SM: An overview. Futur. Gener. Comput. Syst. 96, 579–590 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.02.012>.
  23. Sakhnini, J., Karimipour, H., Dehghantaha, A., Parizi, R.M., Srivastava, G.: Security aspects of internet of things aided smart Grids: a bibliometric survey. arXiv. (2020). <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100111>.
  24. De La Torre Parra, G., Rad, P., Choo, K.K.R.: Implementation of deep packet inspection in smart grids and industrial Internet of Things: Challenges and opportunities. J. Netw. Comput. Appl. 135, 32–46 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.02.022>.
  25. Babar, M., Tariq, M.U., Jan, M.A.: Secure and resilient demand side management engine using machine learning for IoT-enabled smart grid. Sustain. Cities Soc. 62, 102370 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102370>.

26. Bagdadee, A.H., Hoque, M.Z., Zhang, L.: IoT Based Wireless Sensor Network for Power Quality Control in Smart Grid. *Procedia Comput. Sci.* 167, 1148–1160 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.417>.
27. Srinivasa Desikan, K.E., Kotagi, V.J., Siva Ram Murthy, C.: Topology Control in Fog Computing Enabled IoT Networks for Smart Cities. *Comput. Networks.* 176, 107270 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107270>.
28. Hui, H., Ding, Y., Shi, Q., Li, F., Song, Y., Yan, J.: 5G network-based Internet of Things for demand response in smart grid: A survey on application potential. *Appl. Energy.* 257, 113972 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113972>.
29. Deese, A.S., Daum, J.: Application of ZigBee-Based Internet of Things Technology to Demand Response in Smart Grids. *IFAC-PapersOnLine.* 51, 43–48 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.675>.
30. Dwarakanath, K., Kulkarni, S., Rao, R., Nishanth, N.: A study of load prediction and load flow patterns in an IoT enabled Smart Grid with a dynamic energy market. 2017 IEEE Int. Conf. Consum. Electron. ICCE-Asia 2017. 2018-Janua, 12–16 (2018). <https://doi.org/10.1109/ICCE-ASIA.2017.8309318>.
31. Tanyingyong, V., Olsson, R., Cho, J.W., Hidell, M., Sjodin, P.: IoT-Grid: IoT communication for smart DC grids. 2016 IEEE Glob. Commun. Conf. GLOBECOM 2016 - Proc. (2016). <https://doi.org/10.1109/GLOCOM.2016.7841917>.
32. Gore, R., Valsan, S.P.: Big Data challenges in smart Grid IoT (WAMS) deployment. 2016 8th Int. Conf. Commun. Syst. Networks, COMSNETS 2016. 1–6 (2016). <https://doi.org/10.1109/COMSNETS.2016.7439953>.
33. Zu, X., Bai, Y., Yao, X.: Data-centric publish-subscribe approach for Distributed Complex Event Processing deployment in smart grid Internet of Things. Proc. IEEE Int. Conf. Softw. Eng. Serv. Sci. ICSESS. 0, 710–713 (2016). <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2016.7883166>.
34. Mortaji, H., Ow, S.H., Moghavvemi, M., Almurib, H.A.F.: Load Shedding and Smart-Direct Load Control Using Internet of Things in Smart Grid Demand Response Management. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 53, 5155–5163 (2017). <https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2740832>.
35. Morello, R., De Capua, C., Fulco, G., Mukhopadhyay, S.C.: A smart power meter to monitor energy flow in smart grids: The role of advanced sensing and iot in the electric grid of the future. *IEEE Sens. J.* 17, 7828–7837 (2017). <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2760014>.
36. Guan, Z., Li, J., Wu, L., Zhang, Y., Wu, J., Du, X.: Achieving efficient and secure data acquisition for cloud-supported internet of things in smart grid. *arXiv.* 4, 1934–1944 (2018).
37. Omarov, B., Altayeva, A., Cho, Y.I.: Towards Intelligent IoT Smart City platform Based on OneM2M Guideline: Smart Grid Case Study. Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Big Data Smart Comput. BigComp 2018. 701–704 (2018). <https://doi.org/10.1109/BigComp.2018.00130>.
38. Pramudhita, A.N., Asmara, R.A., Siradjuddin, I., Rohadi, E.: Internet of Things Integration in Smart Grid. Proc. - 2018 Int. Conf. Appl. Sci. Technol. iCAST 2018. 718–722 (2018). <https://doi.org/10.1109/iCAST1.2018.8751518>.
39. Cao, H., Liu, S., Guan, Z., Wu, L., Deng, H., Du, X.: An efficient privacy-preserving algorithm based on randomized response in IoT-based smart grid. Proc. - 2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intell. Comput. Adv. Trust. Comput. Scalable Comput. Commun. Cloud Big Data Comput. Internet People Smart City Innov. SmartWorld/UIC/ATC/ScalCom/CBDCo. 881–886 (2018). <https://doi.org/10.1109/SmartWorld.2018.00160>.
40. Kumar, M., Minai, A., Khan, A.A., Kumar, S.: IoT based Energy Management System for Smart

- Grid. 2020 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Mater. 121–125 (2020).
41. Tauqir, H.P., Habib, A.: Integration of IoT and smart grid to reduce line losses. 2019 2nd Int. Conf. Comput. Math. Eng. Technol. iCoMET 2019. 3–7 (2019). <https://doi.org/10.1109/ICOMET.2019.8673433>.
  42. Wang, Y., Liang, Y., Tian, W., Zeng, P., Zhao, Q., Tan, J., Chai, J., Feng, L.: Paging-efficient NB-IoT resource allocation for massive-connectivity-enabled communications in smart grid. Proc. - IEEE Int. Conf. Energy Internet, ICEI 2019. 227–231 (2019). <https://doi.org/10.1109/ICEI.2019.00047>.
  43. Zareifar, A., Zartabi, H., Ouraei, Z.: Internet of Things Benefits on Smart Grid. ICEE 2019 - 27th Iran. Conf. Electr. Eng. 725–730 (2019). <https://doi.org/10.1109/IranianCEE.2019.8786678>.
  44. Hameed, Z., Ahmad, F., Rehman, S.U., Ghafoor, Z.: IoT Based Communication Technologies to Integrate and Maximize the Efficiency of Renewable Energy Resources with Smart Grid. 2020 Int. Conf. Comput. Inf. Technol. ICCIT 2020. 01, 208–212 (2020). <https://doi.org/10.1109/ICCIT-144147971.2020.9213730>.
  45. Khan, M.F., Jain, A., Paventhan, A.: An approach to Internet of Things network deployment for smart grid applications. Proc. 2017 Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. Networking, WiSPNET 2017. 2018-Janua, 1664–1669 (2018). <https://doi.org/10.1109/WiSPNET.2017.8300044>.
  46. Koundinya, A.K., Sharvani, G.S., Rao, K.U.: Calibrated security measures for centralized IoT applications of smart grids. 2016 Int. Conf. Comput. Syst. Inf. Technol. Sustain. Solut. CSITSS 2016. 153–157 (2016). <https://doi.org/10.1109/CSITSS.2016.7779414>.
  47. Dalipi, F., Yayilgan, S.Y.: Security and privacy considerations for IoT application on smart grids: Survey and research challenges. Proc. - 2016 4th Int. Conf. Futur. Internet Things Cloud Work. W-FiCloud 2016. 63–68 (2016). <https://doi.org/10.1109/W-FiCloud.2016.28>.
  48. Kaur, M., Kalra, S.: Security in IoT-based smart grid through quantum key distribution. Adv. Intell. Syst. Comput. 554, 523–530 (2018). [https://doi.org/10.1007/978-981-10-3773-3\\_51](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3773-3_51).
  49. Hadjioannou, V., Mavromoustakis, C.X., Mastorakis, G., Batalla, J.M., Kopanakis, I., Perakakis, E., Panagiotakis, S.: Security in smart grids and smart spaces for smooth IoT deployment in 5G. Model. Optim. Sci. Technol. 8, 371–397 (2016). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-30913-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30913-2_16).
  50. Varma, P.R.K., Kumari, V.V., Kumar, S.S.: Progress in Computing, Analytics and Networking. Springer Singapore (2018). <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7871-2>.
  51. Zheng, D., Deng, K., Zhang, Y., Zhao, J., Zheng, X., Ma, X.: Smart grid power trading based on consortium blockchain in Internet of Things. Springer International Publishing (2018). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05057-3\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05057-3_34).
  52. Wang, T., Rahman, A., Tao, H.: Information Injection in IoT-Based Smart Grid. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05928-6>.
  53. Singh, S., Yassine, A.: IoT Big Data Analytics with Fog Computing for Household Energy Management in Smart Grids. Springer International Publishing (2019). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05928-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05928-6_2).
  54. Luo, Y., Luo, Y., Ye, X., Lu, J., Li, S.: Reliability-Based and QoS-Aware Service Redundancy Backup Method in IoT-Based Smart Grid. Springer International Publishing (2019). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24268-8\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24268-8_54).
  55. B, H.S., Das, D., Kalra, S.: Blockchain in IoT Devices. Springer International Publishing (2020). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-44041-1>.
  56. Radenković, M., Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M., Labus, A., Barać, D., Naumović, T.: An

- IoT Approach to Consumer Involvement in Smart Grid Services: A Green Perspective. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 1159 AISC, 539–548 (2020). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-45688-7\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-030-45688-7_54).
57. Wang, J., B, C.Z., Li, Y., Hao, B., Lu, Z.: for Supporting the Transmission of Smart Grid. Springer International Publishing (2020). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-63941-9>.
  58. Ozger, M., Cetinkaya, O., Akan, O.B.: for IoT-enabled Smart Grid. 956–966 (2018).
  59. Gawron-Deutsch, T., Diwold, K., Cejka, S., Matschnig, M., Einfalt, A.: Industrial IoT for Smart Grid in-field analytics. *Elektrotechnik und Informationstechnik.* 135, 256–263 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00502-018-0617-4>.
  60. Sarwat, A.I., Sundararajan, A., Parvez, I.: Trends and Future Directions of Research for Smart Grid IoT Sensor Networks. *Proc. Int. Symp. Sens. Networks, Syst. Secur.* 45–61 (2018). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75683-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75683-7_4).
  61. Carvalho, O., Garcia, M., Roloff, E., Carreño, E.D., Navaux, P.O.A.: IoT workload distribution impact between edge and cloud computing in a smart grid application. *Commun. Comput. Inf. Sci.* 796, 203–217 (2018). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73353-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73353-1_14).
  62. Goudos, S.K., Sarigiannidis, P., Dallas, P.I., Kyriazakos, S.: Communication protocols for the IoT-based smart grid. Springer International Publishing (2019). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03640-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03640-9_4).
  63. Papafragkakis, A.Z., Kourogiorgas, C.I.: Between Greece and UK Using ALPHASAT: First. Springer International Publishing (2018). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76571-6>.
  64. Qureshi, N.M.F., Siddiqui, I.F., Unar, M.A., Uqaili, M.A., Nam, C.S., Shin, D.R., Kim, J., Bashir, A.K., Abbas, A.: An Aggregate MapReduce Data Block Placement Strategy for Wireless IoT Edge Nodes in Smart Grid. *Wirel. Pers. Commun.* 106, 2225–2236 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5936-6>.
  65. Mariouli, M. El, Laassiri, J.: Information Systems and Technologies to Support Learning. 111, 471–481 (2019). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03577-8>.
  66. Pourbehzadi, M., Niknam, T., Kavousi-Fard, A., Yilmaz, Y.: IoT in Smart Grid: Energy Management Opportunities and Security Challenges. Springer International Publishing (2020). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43605-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43605-6_19).
  67. Hussain, M.M., Beg, M.M.S., Alam, M.S.: Fog Computing for Big Data Analytics in IoT Aided Smart Grid Networks. *Wirel. Pers. Commun.* 114, 3395–3418 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07538-1>.
  68. Carvalho, O., Roloff, E., Navaux, P.O.A.: A distributed stream processing based architecture for IoT smart grids monitoring. *UCC 2017 Companion - Companion Proc. 10th Int. Conf. Util. Cloud Comput.* 9–14 (2017). <https://doi.org/10.1145/3147234.3148105>.
  69. Cardenas, D.J.S., Hahn, A.: IoT threats to the smart grid: A framework for analyzing emerging risks. *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.* (2019). <https://doi.org/10.1145/3332448.3332452>.