



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información

Taxonomías de soluciones de Internet de las Cosas  
orientadas a personas con discapacidades

Trabajo de titulación previo a  
la obtención del título de  
Magíster en Gestión  
Estratégica de Tecnologías de  
la Información

Autor:

Max Alejandro Ulloa Banegas

CI: 0106871007

Correo electrónico: maxulloa2021@gmail.com

Directora:

Irene Priscila Cedillo Orellana

CI: 0102815842

**Cuenca, Ecuador**

07-febrero-2022

---



## Resumen

El Internet de las Cosas (IoT - Internet of Things) ha revolucionado los sistemas y la conectividad a nivel mundial. Éste permite que cientos de dispositivos puedan recopilar información, enviar y recibir datos a través de Internet. El IoT ha sido aplicado en diversos campos, no siendo la excepción el ámbito médico; entre sus aplicaciones se encuentra el apoyo al personal sanitario, durante el tratamiento de personas con discapacidades, el uso de estos dispositivos interconectados ha permitido que estas personas desarrollen actividades de manera autónoma, ayudando en la mejora de su calidad de vida.

En el contexto de la expansión de IoT a nivel mundial, se ve la necesidad de concentrar los estudios y las soluciones en un trabajo que articule, clasifique y evidencie las soluciones abordadas por diferentes grupos de investigación a nivel mundial. Para cubrir esta necesidad, hacen falta estudios secundarios que reúnan la evidencia técnica y científica de manera apropiada y que permitan encontrar brechas de investigación útiles para el avance científico y la no duplicidad de soluciones existentes.

En este proyecto se desarrollará una revisión científica, repetible y replicable de la literatura para obtener una base sólida de soluciones IoT que solventen problemas para personas con discapacidad, se empleará la metodología de Kitchenham, se iniciará con una selección exhaustiva de investigaciones primarias relevantes para este proyecto, a continuación, se evaluará la calidad de los estudios seleccionados según una lista de comprobación que defina los factores a ser revisados, finalmente se extraerá y sintetizará los datos relevantes encontrados, los mismos que facilitarán el planteamiento de taxonomías que aporten a los profesionales de la salud en la toma de decisiones para diagnósticos, pronósticos y tratamientos para personas con discapacidades.

**Palabras claves:** Internet de las cosas. Discapacidad. Taxonomías. Revisión sistemática de la literatura.



## Abstract

The Internet of Things (IoT - Internet of Things) has revolutionized systems and connectivity worldwide. It allows hundreds of devices to collect information, send and receive data over the Internet. The IoT has been applied in various fields, the medical field not being the exception; Among its applications is the support to health personnel, during the treatment of people with disabilities, the use of these interconnected devices, has allowed these people to develop activities independently, helping to improve their quality of life.

In the context of the expansion of IoT worldwide, there is a need to concentrate studies and solutions in a work that articulates, classifies and evidences the solutions addressed by different research groups worldwide. To cover this need, secondary studies are needed that gather the technical and scientific evidence in an appropriate way and that allow finding useful research gaps for scientific advancement and the non-duplication of existing solutions.

In this project, a scientific, repeatable and replicable review of the literature will be developed to obtain a solid base of IoT solutions that solve problems for people with disabilities, the Kitchenham methodology will be used, it will begin with an exhaustive selection of primary research relevant to this project, then the quality of the selected studies will be evaluated according to a checklist that defines the factors to be reviewed, finally the relevant data found will be extracted and synthesized, the same that will facilitate the approach of taxonomies that contribute to the professionals of health in decision-making for diagnoses, prognoses and treatments for people with disabilities.

**Keywords:** Internet of things. Disability. Taxonomies. Systematic literature review.



## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| Resumen.....  | 2  |
| Abstract .....  | 3  |
| Índice de Figuras .....   | 7  |
| Índice de tablas .....  | 8  |
| Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional..... | 9  |
| Cláusula de Propiedad Intelectual.....  | 10 |
| Agradecimientos .....   | 11 |
| Dedicatoria .....   | 12 |
| Abreviaciones y Acrónimos .....   | 13 |
| Capítulo 1 – Introducción.....  | 14 |
| Antecedentes .....  | 14 |
| Planteamiento del problema .....  | 15 |
| Solución propuesta .....  | 15 |
| Objetivo general.....   | 16 |
| Objetivos específicos.....  | 16 |
| Metodología de la investigación .....   | 16 |
| Estructura de este trabajo.....   | 17 |
| Aporte científico.....  | 17 |
| Capítulo 2 – Marco teórico y estado actual de estudios secundarios en el tema. ....       | 18 |
| Conceptos.....  | 18 |
| Revisión Sistemática de la Literatura .....   | 18 |
| Internet de las Cosas .....   | 18 |
| Discapacidad.....   | 20 |
| Estado del arte .....   | 21 |
| Capítulo 3 – Revisión Sistemática de la Literatura (SLR) .....                            | 25 |
| Planificación de la revisión .....  | 25 |
| Pregunta de investigación .....   | 25 |
| Fuentes de datos y estrategia de búsqueda .....   | 26 |
| Selección de estudios primarios.....  | 27 |



|  |    |
|--|----|
| Aseguramiento de la calidad de los estudios..... | 28 |
| Estrategia de extracción de datos .....          | 29 |
| Definición de la estrategia de síntesis.....     | 34 |
| Ejecución de la revisión .....                   | 34 |
| Proceso de búsqueda .....                        | 34 |
| Selección de estudios primarios.....             | 35 |
| Extracción de datos .....                        | 37 |
| Informe de la revisión .....                     | 37 |
| Discusión criterio por criterio.....             | 37 |
| Análisis de resultados.....                      | 45 |
| Capítulo 4 – Taxonomías .....                    | 51 |
| Conectividad.....                                | 51 |
| Móvil.....                                       | 51 |
| Bluetooth.....                                   | 51 |
| WiFi.....  | 53 |
| Zigbee .....                                     | 53 |
| Plataforma electrónica.....                      | 53 |
| Microcontroladores.....                          | 54 |
| Arduino.....                                     | 54 |
| Raspberry Pi .....                               | 54 |
| Software .....                                   | 55 |
| Juego serio.....                                 | 55 |
| Realidad virtual .....                           | 56 |
| Inteligencia artificial .....                    | 56 |
| Sistemas de monitoreo .....                      | 56 |
| Comandos de voz .....                            | 57 |
| Seguimiento ocular .....                         | 57 |
| Hardware.....                                    | 57 |
| Módulo de reconocimiento de voz .....            | 58 |
| Sensores .....                                   | 58 |
| Geoposicionamiento .....                         | 58 |



|   |    |
|---|----|
| Tipo de tecnología de procesamiento.....            | 59 |
| Servidores en la nube.....                          | 59 |
| Bases de datos en la nube.....                      | 59 |
| Microservicios .....                                | 60 |
| Sistemas ciberfísicos.....                          | 60 |
| Aplicación de cliente .....                         | 60 |
| Uso de IoT.....                                     | 61 |
| Dispositivos para asistencia .....                  | 61 |
| Dispositivos para tratamiento y rehabilitación..... | 61 |
| Tratamiento de datos.....                           | 61 |
| Recopilación .....                                  | 62 |
| Almacenamiento .....                                | 62 |
| Procesamiento .....                                 | 62 |
| Análisis.....                                       | 62 |
| Plataforma de despliegue .....                      | 63 |
| PC.....   | 63 |
| Teléfono inteligente .....                          | 63 |
| Reloj inteligente .....                             | 64 |
| Capítulo 5 – Conclusiones y trabajo futuro.....     | 65 |
| Conclusiones .....                                  | 65 |
| Objetivo general.....                               | 65 |
| Objetivos específicos.....                          | 65 |
| Objetivo específico 1.....                          | 65 |
| Objetivo específico 2.....                          | 66 |
| Objetivo específico 3.....                          | 66 |
| Trabajo futuro .....                                | 66 |
| Referencias.....                                    | 67 |
| Anexos.....   | 74 |
| Anexo 1 – Extracción de datos .....                 | 74 |



## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 -Metodología para la Revisión Sistemática de la Literatura. (B. Kitchenham, 2007).....                             | 17 |
| Figura 2 -Proyección del número de dispositivos conectados desde el 2012 al 2020. (Burhan et al., 2018) .....               | 22 |
| Figura 3 -Artículos encontrados .....   | 35 |
| Figura 4 -Artículos por País.....   | 44 |
| Figura 5 -Número de Artículos por Año .....   | 44 |
| Figura 6 -Comparación entre EC3. Población y EC7. Uso del IoT .....   | 45 |
| Figura 7 -Comparación entre EC1. Tipo de discapacidad, EC5. Hardware o dispositivos, EC6. Software y EC7. Uso del IoT ..... | 46 |
| Figura 8 -Soluciones IoT para personas con discapacidad .....   | 52 |



## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1- Resumen de trabajos encontrados .....  | 24 |
| Tabla 2 - Cadena de Búsqueda .....  | 26 |
| Tabla 3- Conferencias y Revistas Seleccionadas .....  | 27 |
| Tabla 4 - Categoría Relevancia de la Conferencia .....  | 28 |
| Tabla 5 - Artículos antes del 2015 .....  | 29 |
| Tabla 6 - Artículos desde el 2015 .....   | 29 |
| Tabla 7 - Criterios de Extracción.....  | 30 |
| Tabla 8 - Artículos encontrados .....   | 35 |
| Tabla 9 - Evaluación de la calidad de los artículos seleccionados según la Relevancia de la Conferencia ..... | 36 |
| Tabla 10 - Artículos antes del 2015 .....   | 37 |
| Tabla 11 - Artículos desde el 2015 .....  | 37 |
| Tabla 12 - Número de artículos por país .....   | 43 |
| Tabla 13 - Resumen de las tecnologías de conectividad.....  | 53 |
| Tabla 14 - Resumen de las plataformas electrónicas.....   | 55 |
| Tabla 15 - Resumen de soluciones que incluyen software .....  | 57 |
| Tabla 16 - Resumen de soluciones que incluyen hardware .....  | 59 |
| Tabla 17 - Resumen de soluciones según el tipo de tecnología.....   | 60 |
| Tabla 18 - Resumen de soluciones según el uso del IoT .....   | 61 |
| Tabla 19 - Resumen del trato que le dan a los datos cada solución .....                                       | 63 |
| Tabla 20 - Resumen plataforma que despliega solución .....  | 64 |
| Tabla 21 - Resultados por criterios de extracción.....  | 78 |



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio  
Institucional

---

Yo, Max Alejandro Ulloa Banegas en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Taxonomías de soluciones de Internet de las Cosas orientadas a personas con discapacidades", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 07 de febrero del 2022

---

Max Alejandro Ulloa Banegas  
C.I: 0106871007



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo, Max Alejandro Ulloa Banegas, autor del trabajo de titulación "Taxonomías de soluciones de Internet de las Cosas orientadas a personas con discapacidades", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 07 de febrero del 2022

Max Alejandro Ulloa Banegas  
C.I: 0106871007



## Agradecimientos

*Quiero expresar mi gratitud, a Dios por ser mi guía espiritual.*

*A la Ing. Priscila Cedillo O. PhD., por la acertada dirección y orientación todos estos meses, por ser el soporte y guía para la concreción de este trabajo.*

*A la Psic. Daniela Prado, por su colaboración en la codirección de este trabajo, por sus conocimientos en el campo de la investigación que han resultado muy importantes para el éxito del mismo.*

*A la Ing. Alexandra Bermeo, por su valioso apoyo en el desarrollo del artículo académico.*

*Y por último agradezco a la prestigiosa Universidad de Cuenca y su Centro de Posgrados, por la oportunidad de formarme como profesional maestrante.*

**Gracias a Todos.  
Max Alejandro Ulloa Banegas**



## Dedicatoria

*Dedico este trabajo a Dios por ser mi fortaleza durante todos estos años.*

*A mis padres, por su sacrificio y apoyo constante para mi bienestar, estaré eternamente agradecido.*

*A mis hermanos, por ser mi ejemplo, ayudándome en el camino de la superación.*

*A mi esposa Prissy por estar conmigo en las buenas y malas, apoyándome de manera incondicional, motivándome a no rendirme jamás. ¡Lo logramos!*

*Y a todas las personas, que de una u otra manera han estado siempre presentes brindándome consejos y palabras de apoyo gracias por todo ese cariño.*

*Max Alejandro Ulloa Banegas*



## Abreviaciones y Acrónimos

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**CONADIS:** Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades.

**IoT:** Internet de las Cosas.

**AAL:** Ambiente de Vida Asistida.

**LCD:** Pantalla de Cristal Líquido.

**SLR:** Revisión Sistemática de la Literatura.

**WSN:** Redes de Sensores Inalámbricos.

**LTE:** Long Term Evolution (Evolución a largo plazo)



## Capítulo 1 – Introducción

En este capítulo se detallan los antecedentes, la identificación del problema y la solución propuesta con los objetivos generales y específicos, adicional, se especifica la metodología usada para el desarrollo del trabajo y la publicación que se ha generado en conjunto.

### Antecedentes

Según estudios de la OMS (2017) más de 1000 millones de personas sufren de algún tipo de discapacidad, de esos entre 110 y 190 millones tiene mayores dificultades al momento de realizar sus tareas cotidianas; lamentablemente, la tasa de personas con discapacidad van en aumento, esto debido al envejecimiento de la población y al aumento de las enfermedades crónicas a escala mundial (OMS, 2020a). Referente al Ecuador, el CONADIS (2020) indica que en el país existen 481.392 personas registradas con discapacidades, de las cuales el 46,34% son físicas, el 22,60% intelectuales, el 14,05% auditivas, el 11,60% visuales y el 5,41% psicosociales.

La aparición de nuevas tecnologías ha permitido que los dispositivos se conecten en cualquier momento, lugar y entre sí, haciendo uso de cualquier red y servicio, esto ha dado impulso a la implementación de soluciones de IoT (Harari et al., 2018). El IoT ha logrado solucionar problemas en varios ámbitos, uno de ellos es el de la salud, específicamente en el área de las discapacidades, donde ha brindado apoyo y mejorado la calidad de vida de personas con problemas visuales, auditivos, físicos, entre otros, ya que ha demostrado ser una poderosa herramienta que aporta en la independencia y participación de las personas, todo esto se ve enmarcado en el área del IoT médico (mIoT) (Domingo, 2012).

En el contexto del mIoT, se han generado varias soluciones, como AAL (Ambient Assisted Living - Ambientes de Vida Asistida), los mismos que a través de sistemas de automatización del hogar en donde habitan las personas con discapacidad, brindan múltiples funciones para facilitar la accesibilidad y el control de los electrodomésticos o el suministro de energía, creando ambientes propicios para la mejora de su independencia, auto valía y comodidad (Kshirsagar et al., 2020). También se ha desarrollado dispositivos que eliminan la brecha de comunicación entre las personas con y sin discapacidad, por ejemplo, mediante el uso de guantes que reconocen gestos del lenguaje de señas y los mismos son mostrados a través de una pantalla LCD o parlantes Bluetooth (Shubankar et al., 2019). Otro ejemplo es, la implementación de sistemas que monitorean la voz de las personas para notificar a los hospitales o cuidadores cuando se registre alguna anomalía en la misma, o señal de alarma; esto resulta bastante útil en personas que padecen de afecciones de salud que son potencialmente mortales, como trastorno bipolar, histeria, paro cardíaco, entre otros (Arabia & Arabia, 2017). En este contexto, existen muchas soluciones, las mismas que se encuentran reportadas en estudios primarios; en los cuales, se ofrece una serie de soluciones para distintos problemas en personas con algún tipo de



discapacidad; sin embargo, no se ha evidenciado un estudio que reúna todas las soluciones para la conformación de taxonomías que sirvan como instrumento para encontrar dispositivos que soporten al especialista de la salud en el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de sus pacientes.

## Planteamiento del problema

A los profesionales de la salud, quienes orientan sus actividades al tratamiento de personas con discapacidades, les resulta complicado el monitoreo y registro de la sintomatología y posteriormente el seguimiento durante la intervención. A pesar de la existencia de muchos dispositivos dirigidos a ayudar al personal sanitario, muchas veces estos están dispersos y no son conocidos; de ahí que, el tratamiento no contempla el uso de los mismos debido a este desconocimiento. En la actualidad, existen muchos estudios orientados a reunir esta evidencia, pero de lo que se conoce en una búsqueda preliminar, no se ha abordado de fondo la literatura existente para encontrar clasificaciones que sirvan como guía al profesional de la salud a la hora de conocer la existencia del mejor dispositivo que le asista tanto al médico como al paciente en su diario quehacer. Por otra parte, los estudios primarios existentes no han pasado por una revisión previa que permita evaluar la calidad de su estudio, su impacto en el campo científico e industrial, el estado actual de investigación, evaluación del mismo, fase actual de desarrollo, lugar de creación, año, entre otros. Es por eso, que se torna importante generar esta información, para garantizar que las soluciones que decidan tomar los profesionales de la salud sean las más acertadas, factibles y brinden un mayor beneficio a los pacientes.

Otro inconveniente de no contar con estos estudios es, que la información relacionada a este tema en específico se encuentra dispersa, esto podría hacer que existan soluciones duplicadas, establecidas por diferentes grupos de investigación, puesto que no se vislumbraron de forma adecuada las brechas de investigación.

## Solución propuesta

Para la realización de la presente tesis se tiene planificado realizar una SLR (Systematic Literature Review - Revisión Sistemática de la Literatura) sobre temas relacionados a soluciones de IoT para personas con discapacidades; posteriormente, se evaluará la calidad de la misma, para esto se validará el protocolo de la revisión, los estudios primarios, evaluación de la calidad, extracción y clasificación de los mismos.

Partiendo de la SLR se plantearán taxonomías relacionados a estos estudios, las mismas que servirán como un instrumento para la selección de la mejor solución para los profesionales de la salud, ya que contarán con un estudio profundo, sistemático, ordenado y clasificado que les permitirá tomar decisiones acertadas para el uso de tecnología IoT que podrán utilizar según las restricciones endógenas y exógenas que presente cada paciente.



## Objetivo general

Realizar una revisión sistemática de la literatura y proponer taxonomías relacionadas con soluciones de IoT creadas para personas con discapacidades.

## Objetivos específicos

- Desarrollar una revisión de la literatura que permita identificar y clasificar las diferentes soluciones enfocadas a solventar problemas para personas con discapacidad.
- Plantear taxonomías que emerjan de la revisión sistemática planteada y que sirvan de soporte para que el personal de la salud pueda seleccionar la mejor opción durante sus procesos de diagnóstico, pronóstico y tratamiento.
- Realizar una evaluación de la calidad de la evidencia obtenida y de la revisión sistemática planteada (validación del protocolo de la revisión, validación de estudios primarios, evaluación de la calidad de los estudios, evaluación de extracción y de las clasificaciones).

## Metodología de la investigación

En el proyecto se propone realizar una revisión sistemática de la literatura con la finalidad de obtener una valoración objetiva acerca de las soluciones IoT aplicadas a personas con discapacidad, para el desarrollo de la misma se plantea utilizar la metodología especificada por Kitchenham (2007), la cual plantea tres fases que se especifican a continuación y los mismos pueden ser apreciados de mejor manera en la Figura 1:

1. Fase de planificación: En esta fase se especifican los pasos que se deben seguir para la realización de la revisión, la misma que consta del planteamiento de la pregunta de investigación, identificación de las fuentes de investigación, establecimiento de los criterios y estrategias de extracción y la evaluación de la calidad de la revisión.
2. Fase de ejecución: Esta fase realiza la ejecución del protocolo de la fase de planificación; es decir, se realiza todo el proceso de búsqueda y se seleccionan los estudios primarios. Una vez seleccionados dichos estudios, se realiza el análisis, la extracción y síntesis de los datos obtenidos.
3. Fase de reporte de la revisión: Esta es la fase final de la revisión sistemática, aquí se realiza el análisis de resultados y se presenta el informe final de la revisión.

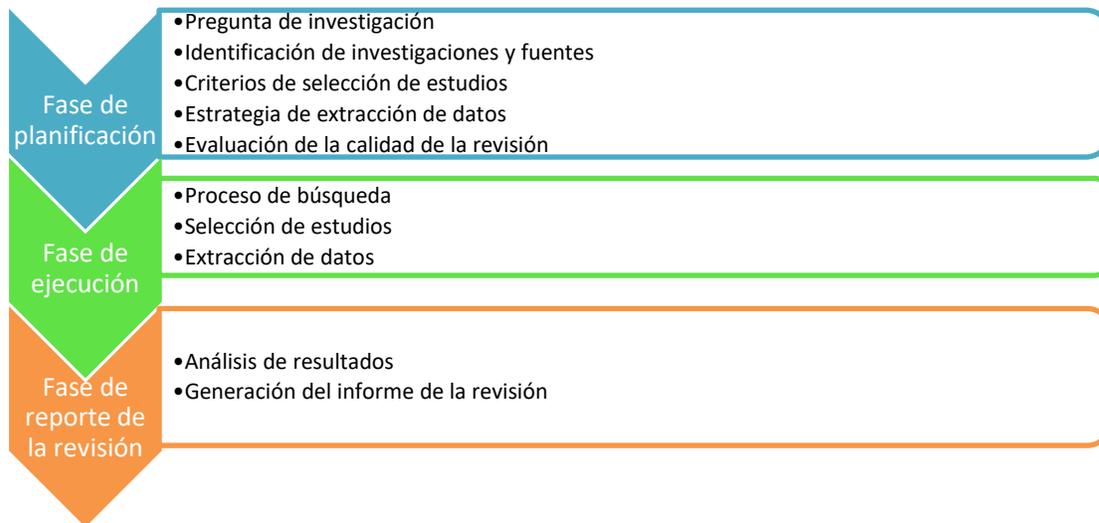


Figura 1 -Metodología para la Revisión Sistemática de la Literatura. (B. Kitchenham, 2007)

## Estructura de este trabajo

El trabajo de titulación se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- Capítulo 1 – Introducción: en este capítulo se definen los antecedentes, se plantea el problema y se propone la solución, también se encuentran planteados los objetivos tanto el general como los específicos, se detalla la metodología de investigación a seguir para el desarrollo de la tesis y el artículo científico asociado a este proyecto.
- Capítulo 2 – Marco teórico: aquí se describen los conceptos necesarios para entender el presente trabajo, también se plantea el estado del arte con relación al IoT aplicado a personas con discapacidad.
- Capítulo 3 – Revisión Sistemática de la Literatura (SLR): en este capítulo se detalla todo el proceso que se siguió para realizar la SLR, la misma que implica la planificación, ejecución y el informe de la revisión. Adicional se presenta una taxonomía en base a los resultados obtenidos en la SLR.
- Capítulo 4 – Conclusiones y trabajo futuro: Aquí se detalla la información más importante del presente trabajo y se proponen trabajos futuros para la continuidad de la investigación.

## Aporte científico

El proyecto de titulación fue desarrollado en conjunto con un documento científico presentado en una conferencia internacional que trata sobre tecnología y salud: “Systematic Literature Review of Internet of Things Solutions Oriented to People with Physical and Intellectual Disabilities” presentado en Proceedings of the 7th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health - ICT4AWE (Ulloa et al., 2021).



## Capítulo 2 – Marco teórico y estado actual de estudios secundarios en el tema.

En este capítulo se presentan conceptos relacionados a los diferentes términos que son utilizados en el desarrollo del presente trabajo de titulación. Estos términos brindarán un mejor entendimiento de los diferentes temas que se presentarán a lo largo del trabajo en cada uno de los capítulos.

### Conceptos

#### Revisión Sistemática de la Literatura

Según Manterola (2013), una SLR es una síntesis de varios artículos primarios los cuales son analizados tanto cuantitativa como cualitativamente, cuya finalidad es resumir la información existente con referencia a un tema específico. El propósito de una SLR es obtener una valoración objetiva de un tema de investigación de manera confiable, rigurosa y metodológica (Montagud et al., 2012).

Uno de los enfoques más usados para realizar una SLR es el de Kitchenham (2007), la cual plantea el desarrollo de la misma en tres etapas:

1. **Planificar la revisión:** Aquí se identifica la necesidad de la revisión, se definen las preguntas de investigación y se plantea el protocolo a seguir.
2. **Ejecución de la revisión:** En esta sección se seleccionan los estudios primarios, se evalúa la calidad de los estudios y se extraen los datos de los mismos
3. **Informe de la revisión:** Finalmente se presenta un informe de la revisión.

#### Internet de las Cosas

El IoT permite la interconexión de los diferentes objetos del mundo a través de Internet, estos objetos cuentan con sensores, actuadores y tecnologías de comunicación (Fabela et al., 2016). Se han generado soluciones IoT que han sido aplicados en varios campos, uno de ellos es en la Industria 4.0 en donde se han logrado desarrollar sistemas de producción inter conectados entre sí e inteligentes, también se ha aplicado en la construcción de casas inteligentes que va desde el uso de domótica hasta el diseño de medidores inteligentes de luz, agua y gas, otra de las áreas que utiliza IoT ampliamente es la salud, cuyas aplicaciones se basan en la aplicación de dispositivos que permiten sensar los signos vitales de pacientes que sufren de enfermedades crónicas (Wortmann & Flüchter, 2015).

#### *Beneficios del Internet de las Cosas*

El autor Fabela (2016) indica que algunos de los beneficios del IoT son:



- La generación de grandes volúmenes de datos, cuya información puede ser procesada y transformada en conocimiento para el beneficio de la sociedad.
- Permite que tanto las personas como las cosas se encuentren conectadas en cualquier lugar y en todo momento.
- En la industria puede ser aplicado en los productos para obtener el estado, la ubicación y lote al que pertenece cierto producto, lo cual resultaría beneficioso en las cadenas de suministro con los socios, proveedores y clientes.

### *Elementos del Internet de las Cosas*

Gubbi (2013) dice que para que el IoT funcione de manera correcta es necesario que cuente con los siguientes elementos que interactúen entre sí:

1. **Hardware:** aquí hace referencia a sensores, actuadores que son dispositivos que contraloran los sistemas, y todo el hardware de comunicación que se encuentran integrados a los objetos.
2. **Middleware:** es el software que hace posible el intercambio de información entre las diferentes aplicaciones, puede ser almacenamiento bajo demanda y las diferentes herramientas informáticas para el análisis de datos.
3. **Presentación:** son herramientas que permiten la visualización e interpretación fácil de la información, las mismas pueden ser accedidas desde diferentes dispositivos y aplicaciones.

### *Aplicaciones del Internet de las Cosas*

Las aplicaciones del Internet de las Cosas pueden clasificarse por la disponibilidad de red, cobertura, escala, heterogeneidad, repetibilidad, participación del usuario e impacto, el autor Gubbi (2013) los clasifica en cuatro dominios de aplicación: Personal y Hogar, Empresa, Utilidades y Móviles.

#### **Personal y hogar**

Aquí la información obtenida por el sensor solamente la usan las personas que tienen acceso directo a la red. Un claro ejemplo de esta aplicación son los sensores médicos, que a través de Bluetooth se interconectan a los celulares inteligentes enviando información recolectada a una aplicación específica que permite el control de dichos parámetros. También se ha logrado controlar diferentes equipos domésticos (lavadoras, refrigeradoras, calefactores, aires acondicionados, etc) que han permitido mejorar tanto la gestión del hogar como la energética (Gubbi et al., 2013).

#### **Empresa**

Se refiere a una red en un entorno de trabajo, aquí toda la información recolectada de esta red es utilizada por los propietarios y la misma puede ser accedida según grupos de interés. Uno de los



principales usos dentro de esta aplicación es el monitoreo ambiental, ya que usualmente dentro de los edificios se controla la iluminación, los sistemas de ventilación, entre otros (Gubbi et al., 2013).

### Utilidades

En este dominio de aplicación la información generada por las redes está más orientada a la optimización del servicio. Se componen de redes muy extensas, pueden ser regionales e incluso nacionales, el principal objetivo es monitorear servicios críticos y la gestión eficiente de los recursos. En la actualidad se encuentra utilizado por empresas públicas, por ejemplo, el uso de medidores de luz inteligentes cuyo propósito principal es optimizar el costo frente a la ganancia (Gubbi et al., 2013).

### Móviles

En este dominio de aplicación podría ayudar al transporte y la logística inteligente. La congestión vehicular genera 2 grandes problemas, el uno es la contaminación del aire y el otro es la reducción de la productividad en la cadena de suministro, debido a que eleva los costos de distribución. El uso del IoT en conjunto con las WSN en el transporte permitirá dar seguimiento a los tiempos de viaje al ofrecer alternativas de rutas entre el origen y el destino, basado en la longitud de las colas (Gubbi et al., 2013).

## Discapacidad

Ayuso-Mateos (2018) en su estudio indica que la discapacidad es una deficiencia tanto en el rendimiento funcional como en las actividades que realizan las personas. Por su parte, la OMS (1999) a través del CIDDM (Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías) la define como “Una situación de desventaja para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o de una discapacidad, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso (en función de su edad, sexo y factores sociales y culturales)”.

Por otra parte el autor Cáceres Rodríguez (2021) define a la discapacidad como toda restricción o ausencia de la capacidad para realizar tareas que resultan normales para cualquier ser humano, la discapacidad puede ser temporal o permanente, reversible o irreversible y progresiva o regresiva.

### Tipos de discapacidades

La OMS en el CIF (Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud) indica que existen los siguientes tipos de discapacidad (WHO, 2001):

- *Discapacidad física o motora:* Este tipo de discapacidad se da cuando falta alguna parte del cuerpo, y la misma dificulta el desenvolvimiento de actividades normales de las personas.
- *Discapacidad sensorial:* Aquí pertenecen aquellas personas que han perdido su vista o capacidad auditiva, y por ende les dificulta la comunicación con las demás personas.



- *Discapacidad intelectual*: Este tipo de discapacidad presenta varias limitaciones en las habilidades diarias de alguna persona, las mismas que dificultan el aprendizaje y la reacción a ciertas situaciones de la vida.
- *Discapacidad psíquica*: Esta discapacidad se encuentra relacionada directamente con el comportamiento de la persona, algunas de las causas de este tipo de discapacidad son: la depresión mayor, la esquizofrenia, bipolaridad, autismo, entre otros.

## Estado del arte

En esta sección se especifica la información más relevante referente a las revisiones sistemáticas de la literatura orientadas tanto a las discapacidades como al uso del IoT.

El autor Madakam (2015), en su trabajo realiza una revisión sistemática de conceptos de IoT; en su contribución, analiza artículos de investigación académica, informes técnicos corporativos, discusiones profesionales y bases de datos científicas en línea; el autor no especifica el número de artículos que fueron considerados para el desarrollo de la revisión. En dicha investigación indica que el objetivo principal de la revisión es proporcionar una descripción general de las arquitecturas existentes, tecnologías vitales y del uso que se le puede dar en la vida diaria al IoT. Como resultado de la investigación ha concluido que los campos de aplicación de IoT han aumentado, actualmente esta tecnología es usada en la medicina, industria, educación, minería, etc. Aunque también, se han encontrado problemas debido a la falta de estándares de uso y para el establecimiento de arquitecturas de IoT, por lo que, las tecnologías podrían llegar a ser inoperables, ya que varían entre proveedores, es por eso que se debe construir un protocolo estándar para evitar estos inconvenientes. El autor en su estudio no especifica cuantos estudios fueron considerados para el desarrollo del mismo.

Aqeel (2020) presenta una revisión detallada sobre los desafíos que se presentan en torno a la seguridad de las tecnologías IoT, abarcando temas específicos como la descripción de la arquitectura de la capa de IoT y los problemas de seguridad que presenta la misma, también brinda una descripción para resolver los problemas antes mencionados. El ámbito de la seguridad, ésta resulta ser de vital importancia, ya que la cantidad de dispositivos IoT conectados aumentan día tras día y con ello nuevos desafíos relacionados con los datos generados y las acciones sobre las cosas, necesitan ser protegidas y puestas a buen recaudo. En la Figura 2, se muestra cómo se ha incrementado la cantidad de dispositivos conectados desde el 2012 hasta el 2020. Aqeel para su estudio obtuvo un total de 18089 artículos, de los cuales luego de pasar por los diferentes criterios de exclusión, calidad y extracción solo fueron considerados 70. Aqeel concluye en que aún existen falencias en la seguridad IoT, pese a que varios autores han propuesto diferentes protocolos de autenticación para IoT, es por eso que se requiere estandarizar la interconexión entre dispositivos, protocolos y aplicaciones.

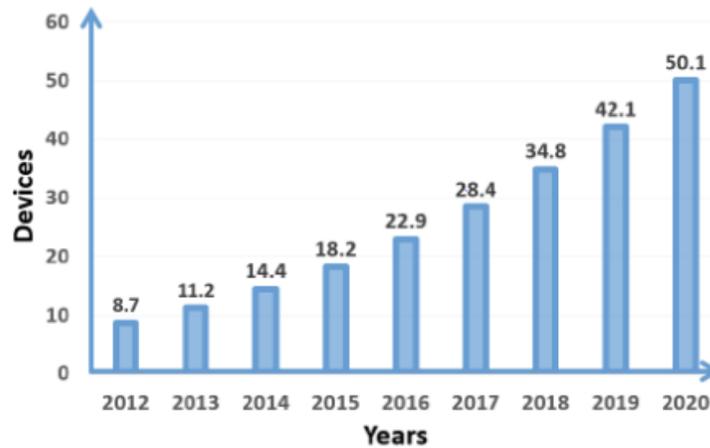


Figura 2 -Proyección del número de dispositivos conectados desde el 2012 al 2020. (Burhan et al., 2018)

Por su parte Tiwari (2017) presenta un estudio acerca de los conceptos, requisitos básicos y características de IoT, a través de una SLR de varios documentos obtenidos de diversos congresos y bases de datos en línea. Además, dentro de la investigación, se tratan temas acerca de redes de sensores y tecnologías habilitadoras, ya que el IoT surge como una idea innovadora capaz de transformar cualquier objeto del mundo en un objeto inteligente generando información valiosa todo el tiempo. El autor realiza la búsqueda en varias librerías digitales, obteniendo un total 14326 artículos, los cuales luego de pasar por los diferentes filtros establecidos se seleccionan 87 artículos. Finalmente, Tiwari culmina su revisión concluyendo que es necesario estandarizar arquitecturas de IoT que faciliten y garanticen el correcto funcionamiento de las implementaciones de sistemas IoT.

Otros estudios secundarios se encuentran enfocados a la aplicación del IoT en la salud, como es el caso de Ahmadi (2019), quien realiza una SLR en la cual abarca múltiples temas, como por ejemplo determinar el área de aplicación principal de IoT en la atención médica, las arquitecturas y las tecnologías más importantes en IoT, además de los problemas de seguridad e interoperabilidad de los diferentes dispositivos y los desafíos que actualmente se están dando. Ahmadi (2019) para la realización de su revisión analizó 60 artículos publicados entre en diferentes librerías digitales, luego de terminar su investigación concluyó que la principal área de aplicación del IoT es la atención médica domiciliaria, en su mayoría la arquitectura utilizada es la basada en la nube. En cuanto a las tecnologías de comunicación más utilizadas resaltan las de Wi-Fi, Bluetooth, identificación por radiofrecuencia (RFID), ZigBee y redes de área personal inalámbricas de bajo consumo (LoWPAN).

El autor Nazir (2019) en su estudio propone un protocolo de SLR que abarca el tema de la ayuda que brinda la computación móvil a las aplicaciones de IoT en el cuidado de la salud, esto debido a que el IoT en conjunto con la computación móvil está teniendo un impacto significativo en el



sistema de atención de la salud. Nazir (2019) en su revisión reporta 116 estudios primarios utilizados para su investigación, los cuales fueron obtenidos de las diferentes bibliotecas digitales, los mismos que fueron filtrados por título, resumen y contenido. El investigador concluye con su artículo indicando que el IoT hace que el sistema de atención médica resulte más interesante al proporcionar servicios basados en dispositivos móviles, mediante aplicaciones fáciles de usar que permiten el registro y análisis de datos.

Por su parte Maswadi (2020) en su estudio evalúa la literatura relacionada a la implantación de tecnología de monitoreo de hogares inteligentes, el indica que este estudio es de vital importancia ya que no existe como tal una SLR sobre la implementación de la tecnología en hogares inteligentes, de manera específica en el apoyo y la comodidad de los adultos mayores. Para la obtención de los datos realizó una búsqueda manual de los artículos en las principales librerías digitales, fueron seleccionados 73 estudios luego de pasar un proceso cuidadoso de criterios de extracción y evaluación de la calidad. Maswadi culmina su investigación concluyendo que la mayoría de los artículos seleccionados cumplen con un alto nivel de calidad, por lo cual es posible tomar decisiones acertadas entorno a la implantación de hogares inteligentes que permitan mejorar la calidad de vida de los adultos mayores.

El autor Asghari (2019) presenta una revisión sistemática, cuyo objetivo de su estudio es categorizar analítica y estadísticamente la información obtenida y analizar las técnicas de investigación actuales sobre enfoques de aplicaciones de IoT. Al igual que los autores mencionados anteriormente, realiza búsquedas en las principales bibliotecas digitales, obteniendo 185 artículos con su cadena de búsqueda, que luego de pasar por un proceso de selección únicamente son utilizados 72 artículos. Asghari concluye con su investigación indicando que en la mayoría de los casos el IoT está orientado al uso del desarrollo de ciudades inteligentes y de la industria 4.0.

Por su parte Kakkar (2020) en su estudio sistemático proporciona una descripción bastante general del IoT, también incluye información sobre las aplicaciones, seguridad, arquitectura y tecnologías importantes que podrían ser consideradas en futuras investigaciones relacionadas con IoT. El autor no especifica el número de artículos que fueron seleccionados para el desarrollo de la investigación. Finalmente concluye que IoT tiene potencial de llevar la revolución industrial para las empresas, el gobierno y los consumidores, en todos los sectores, incluidos la agricultura, la energía e incluso los servicios públicos.

Además, Colpani & Homem (2015) realizaron una revisión sistemática acerca del uso de tecnología en el tratamiento de discapacidades, específicamente recopilaron aplicaciones de realidad virtual y aumentada en el tratamiento de personas con discapacidades motoras y cognitivas. Al igual que los autores anteriores Colpany & Homem obtuvieron los artículos para su investigación de las principales bibliotecas digitales, el estudio se basa en 70 artículos que fueron seleccionados luego de un proceso de filtrado por criterios de inclusión y exclusión. El autor concluye su trabajo



indicando que existen pocas investigaciones en torno al tema estudiado, y que existen muchas investigaciones que se podrían realizar para ayudar a los profesionales de la salud.

Por su parte Cedillo (2018) presenta una SLR relacionada con AAL, establece el apoyo que brinda el hardware y software en la solución y ayuda a personas con discapacidades específicas, los AAL se tratan de tecnologías que utilizan sensores y sistemas integrados que ayudan a las personas ancianas o con discapacidades a llevar una vida independiente y supervisada. La investigación se basa en el análisis de 48 estudios seleccionados, el autor concluye que existe una gran cantidad de estudios que podrían ser de gran importancia y ayuda para las personas con discapacidad. Todos estos trabajos se los puede apreciar en la Tabla 1.

Si bien es cierto, se han realizado varias SLR que recopilan información de las aplicaciones IoT en la salud y en otros campos; sin embargo, no se ha abordado de manera puntual el uso de IoT en personas con discapacidades, ni tampoco se han presentado taxonomías que permitan orientar a los profesionales de la salud en el uso de determinados dispositivos o soluciones para el tratamiento o rehabilitación de las múltiples discapacidades existentes.

| Artículo  | Área                        | Año  | Número de trabajos considerados |
|---|-----------------------------|------|---------------------------------|
| Internet of Things (IoT): A Literature Review   | Tecnología IoT              | 2015 | No especifica                   |
| Internet of Things Systematic literature review of security and future research   | Seguridad IoT               | 2020 | 70                              |
| An Overview of Internet of Things (IoT): From Literature Survey to Application Implementation Perspective                                 | Tecnología IoT              | 2017 | 87                              |
| The application of Internet of Things in healthcare: a systematic literature review and classification                                    | IoT en la salud             | 2019 | 60                              |
| Internet of Things for Healthcare Using Effects of Mobile Computing: A Systematic Literature Review                                       | IoT en la salud             | 2019 | 116                             |
| Systematic Literature Review of Smart Home Monitoring Technologies Based on IoT for the Elderly   | IoT para casas inteligentes | 2020 | 73                              |
| Internet of Things applications: A systematic review  | Aplicaciones del IoT        | 2019 | 72                              |
| A Systematic Literature Survey: Internet of Things  | Descripción del IoT         | 2020 | No especifica                   |
| Preliminary study on systematic literature review of augmented and virtual reality applied to motor and cognitive disabilities            | Tecnología y discapacidad   | 2015 | 70                              |
| A Systematic Literature Review on Devices and Systems form Ambient Assisted Living: Solutions and Trends from Different User Perspectives | AAL y discapacidad          | 2018 | 48                              |

Tabla 1- Resumen de trabajos encontrados



## Capítulo 3 – Revisión Sistemática de la Literatura (SLR)

Uno de los mayores inconvenientes dado el vertiginoso avance tecnológico y la aparición cotidiana de diversas soluciones es que la información se encuentra dispersa y difícil de ser identificada; de ahí, es necesario contar con estudios secundarios que recojan evidencia técnica y científica de manera adecuada, con el fin de encontrar brechas de investigación que promuevan el desarrollo científico, así como la no duplicidad de soluciones existentes.

Una SLR busca seguir un método científico, repetible y replicable para recopilar información sobre un determinado tema. Para conseguir este objetivo, es necesario seguir un conjunto de tareas que permitan obtener una base sólida y divisar la falencia de ciertas soluciones en el campo estudiado. En este capítulo se describen todos los pasos realizados para la revisión sistemática de la literatura acerca de las soluciones primarias de IoT enfocadas a resolver problemas para personas con discapacidad. Este estudio fue realizado siguiendo la metodología especificada por Kitchenham (2007), la cual plantea el desarrollo de la revisión en 3 fases: 1) Planificación de la revisión, 2) Ejecución de la revisión y 3) Informe de la revisión.

### Planificación de la revisión

La etapa de la planificación está conformada por las siguientes actividades:

1. Definición de las preguntas de investigación.
2. Estrategia a seguir para la búsqueda de estudios primarios.
3. Establecimiento de los criterios para la selección de estudios primarios.
4. Aseguramiento de la calidad de los estudios.
5. Establecimiento de la estrategia de extracción de datos.
6. Definición de la estrategia de síntesis.

### Pregunta de investigación

En esta sección se plantea la pregunta general y las subpreguntas que responden a toda la investigación. Para el presente estudio la pregunta de investigación planteada es la siguiente: “¿Qué soluciones de Internet de las cosas existen para las personas con discapacidad?”, y las subpreguntas planteadas se definen a continuación:

- **RQ1.** ¿Qué discapacidades han sido apoyadas por la tecnología IoT?
- **RQ2.** ¿Qué tipo de dispositivos y aplicaciones de IoT son los más utilizados en el área del cuidado de la salud?
- **RQ3.** ¿Cómo se han abordado los estudios sobre discapacidades que se basan en tecnologías de IoT?

## Fuentes de datos y estrategia de búsqueda

Se han realizado búsquedas tanto automáticas como manuales en diferentes fuentes bibliográficas. Para la búsqueda automática, se ha generado una cadena basada en palabras claves relacionadas con las preguntas de investigación, y para las búsquedas manuales, se han seleccionado conferencias, revistas y libros de alto impacto directamente relacionadas con el tema de interés.

Para la búsqueda automática se han seleccionado las librerías de IEEE Xplore y ACM debido a que estas cuentan con amplias colecciones de artículos que cubren temas de tecnología e informática aplicadas a diferentes áreas, también se seleccionó la biblioteca de PubMed ya que la misma cuenta con estudios de biomedicina y ciencias de la vida. Para la obtención de artículos relevantes al tema estudiado se define la siguiente cadena de búsqueda: *(Disability OR Handicap) AND (Internet of Things OR IoT)*, la cadena de búsqueda se encuentra representada en la Tabla 2.

| Concepto           | Sub-Cadena         | Conector |
|--------------------|--------------------|----------|
| Disability         | Disability         | OR       |
| Handicap           | Handicap           | AND      |
| Internet of Things | Internet of Things | OR       |
| IoT                | IoT                |          |

Tabla 2 - Cadena de Búsqueda

Además, se consideraron todos los artículos científicos independientemente de su año de publicación, debido a que la tecnología IoT en estos últimos años ha tomado fuerza y, también porque, al ser un estudio exploratorio, se busca encontrar el hito de desarrollo de IoT relacionado con temas de soporte a discapacidades.

Para garantizar que la cadena de búsqueda retorne un número significativo de artículos a ser evaluados posteriormente, se consideraron las coincidencias en el título, resumen, palabras clave y en los casos que la biblioteca lo permitió en el texto completo. A continuación, se presentan las cadenas de búsqueda utilizadas en las diferentes librerías, según su sintaxis, sin embargo, cabe mencionar que la metodología nos aconseja que la estrategia de búsqueda sea la mismas para todas las fuentes seleccionadas.

### IEEE Xplore

("Publication Title":"Disability" OR "Publication Title":"Handicap" OR "Abstract":"Disability" OR "Abstract":"Handicap" OR "Author Keywords":"Disability" OR "Author Keywords":"Handicap") AND ("Publication Title":"Internet of Things" OR "Publication Title":"IoT" OR "Abstract":"Internet of



Things" OR "Abstract": "IoT" OR "Author Keywords": "Internet of Things" OR "Author Keywords": "IoT")

### ACM

(Title: ("Disability" OR "Handicap") OR Abstract: ("Disability" OR "Handicap") OR Keyword: ("Disability" OR "Handicap")) AND (Title: ("Internet of Things" OR "IoT") OR Abstract: ("Internet of Things" OR "IoT") OR Keyword: ("Internet of Things" OR "IoT"))

### PubMed

((Disability[Title/Abstract]) OR (Handicap[Title/Abstract])) AND ((Internet of Things[Title/Abstract]) OR (IoT[Title/Abstract]))

Para complementar la búsqueda automatizada y también cubrir los casos en los que las actas de congresos o revistas se excluyen de las bibliotecas digitales, se realizó una búsqueda manual en diferentes conferencias y revistas más influyentes relacionadas con temas de tecnología y discapacidad, en la Tabla 3 se muestran las conferencias y revistas seleccionadas.

| <b>Revistas</b>   |                 |                |
|---|-----------------|----------------|
| <b>Título</b>   | <b>País</b>     | <b>Ranking</b> |
| Disability and Rehabilitation: Assistive Technology   | United Kingdom  | Q2-H35         |
| Technology and Disability   | Netherlands     | Q4-H33         |
| <b>Conferencias</b>   |                 |                |
| <b>Título</b>   | <b>Acrónimo</b> |                |
| 2015 3 <sup>rd</sup> IEEE VR International Workshop on Virtual and Augmented Assistive Technology | VAAT            |                |
| International Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology                   | i-CREATE        |                |
| Internet of Accessible Things   | W4A '18         |                |
| International Conference on Intelligent Computing and Smart Communication 2019                    | ICSC 2019       |                |

Tabla 3- Conferencias y Revistas Seleccionadas

### Selección de estudios primarios

Es necesario que los artículos pasen por un proceso de selección, esto para poder evaluar mediante criterios de inclusión y exclusión que se han establecido. Todos los artículos excluidos serán considerados para verificar los criterios de inclusión y exclusión entre las personas del grupo de investigación. A continuación, se detallan los criterios establecidos.



- **Criterios de inclusión:** Aquellos artículos que cumplan con alguno de los criterios se incluirán en la investigación:
  - Estudios que abordan temas relacionados al Internet de las Cosas para la intervención sanitaria de personas con discapacidad.
  - Estudios que contienen arquitecturas y soluciones tecnológicas de Internet de las Cosas para personas con discapacidad.
- **Criterios de exclusión:** Los artículos que no serán considerados en este estudio son:
  - Artículos que traten sobre discapacidad y tecnología, pero no estén orientados al Internet de las Cosas.
  - Estudios duplicados, en estos casos se seleccionarán los estudios completos.
  - Artículos cortos (Se consideran artículos cortos aquellos que tengan menos de cinco páginas).
  - Estudios cuyo idioma no sea el inglés.

### Aseguramiento de la calidad de los estudios

Para la evaluación de la calidad de los estudios se han considerado dos aspectos:

- La relevancia de la conferencia o revista en la que el artículo se encuentra publicado, en la Tabla 4 se detalla cómo se clasificarán los artículos.
- El número de citas que ha tenido el artículo, para este caso la clasificación se realiza de acuerdo con el número de citas registradas en Google Académico, para evitar penalizar trabajos útiles también se lo clasifica según el año, esto se detalla en la Tabla 5 y Tabla 6.

| Categoría        | Criterio   | Puntuación |
|------------------|--|------------|
| Muy relevante    | - Artículos publicados en congresos clasificados como A en la clasificación principal o publicados en revistas incluidas en las listas del JCR (Informes de Citas de Revistas).<br><br>- Artículos de conferencias dedicadas a IoT y discapacidad, aunque estas conferencias no aparezcan en la clasificación CORE, pero son muy relevantes para el área de estudio. | 10 puntos  |
| Relevante        | - Congresos clasificados como B o C según la clasificación CORE o publicados en revistas no incluidas en las listas del JCR.   | 5 puntos   |
| No tan relevante | - Aquellos trabajos que hayan sido publicados en congresos no indexados a la clasificación CORE.   | 0 puntos   |

Tabla 4 - Categoría Relevancia de la Conferencia

| Categoría | Criterio                      | Puntuación |
|-----------|-------------------------------|------------|
| Alto      | Artículos con más de 5 citas. | 10 puntos  |
| Medio     | Artículos de 1 a 5 citas.     | 5 puntos   |
| Bajo      | Artículos sin citas.          | 0 puntos   |

Tabla 5 - Artículos antes del 2015

| Categoría            | Criterio                         | Puntuación |
|----------------------|----------------------------------|------------|
| Potencialmente alto  | Artículos con al menos una cita. | 10 puntos  |
| Potencialmente medio | Artículos no citados.            | 5 puntos   |

Tabla 6 - Artículos desde el 2015

### Estrategia de extracción de datos

En esta sección se presenta la estrategia que pretende responder a cada subpregunta planteada de investigación, resulta importante establecer la estrategia ya que de esta manera se garantiza que se cumplan con los criterios de extracción de datos y también facilitará la clasificación de las diferentes soluciones que se encuentren. En la Tabla 7 se presenta un listado completo de los criterios de extracción.

| <b>RQ1. ¿Qué discapacidades han sido apoyadas por la tecnología IoT?</b> |                       |  |
|--|-----------------------|--|
| EC1  | Tipo de discapacidad  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discapacidad visual</li> <li>- Discapacidad motora</li> <li>- Discapacidad del habla</li> <li>- Discapacidad cognitiva o intelectual</li> <li>- Discapacidad no especificada</li> </ul> |
| EC2  | Grado de discapacidad | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problema leve</li> <li>- Problema moderado</li> <li>- Problema severo</li> <li>- Problema completo</li> <li>- No especificado</li> </ul>  |
| EC3  | Población             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Niños</li> <li>- Adolescentes</li> <li>- Adultos</li> <li>- Adultos mayores</li> <li>- Público en general</li> </ul>  |
| <b>RQ2. ¿Qué tipo de dispositivos y aplicaciones de IoT son los más</b>  |                       |  |



| <b>utilizados en el área del cuidado de la salud?</b>   |  |  |
|---|--|--|
| EC4   | Tipo de soluciones                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hardware</li> <li>- Software</li> </ul>   |
| EC5   | Hardware o dispositivos                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Domótica</li> <li>- Dispositivos inteligentes</li> <li>- Bio sensores</li> <li>- Prótesis</li> </ul>  |
| EC6   | Software                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de monitoreo</li> <li>- Realidad aumentada</li> <li>- Juegos serios</li> </ul>   |
| EC7   | Uso del IoT                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento/rehabilitación</li> <li>- Dispositivos de asistencia</li> <li>- Otros</li> </ul>  |
| <b>RQ3. ¿Cómo se han abordado los estudios sobre discapacidades que se basan en tecnologías de IoT?</b> |  |  |
| EC8   | Fases en las que se basan los estudios | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis</li> <li>- Diseño</li> <li>- Implementación</li> <li>- Pruebas</li> </ul>  |
| EC9   | Tipo de validación                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba de conceptos</li> <li>- Encuesta</li> <li>- Caso de estudio</li> <li>- Cuasi experimento</li> <li>- Experimento</li> <li>- Prototipo</li> <li>- Otros</li> </ul> |
| EC10  | Alcance del enfoque                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria</li> <li>- Academia</li> </ul>  |
| EC11  | Metodología                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nueva</li> <li>- Extensión</li> </ul>   |
| EC12  | Área del estudio                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informática</li> <li>- Medicina</li> <li>- Psicología</li> <li>- Electrónica</li> <li>- Otros</li> </ul>  |
| EC13  | País                                   |  |
| EC14  | Año                                    |  |

Tabla 7 - Criterios de Extracción

Para el desarrollo de la Revisión Sistemática de la Literatura definida en este documento se establecieron tres subpreguntas de investigación las cuales responden a la pregunta general ¿Qué



soluciones de Internet de las Cosas existen para las personas con discapacidad?, a continuación, se describen las 3 subpreguntas con una explicación de cada uno de sus criterios de extracción.

### *Subpregunta de investigación 1. ¿Qué discapacidades han sido apoyadas por la tecnología IoT?*

Esta subpregunta de investigación tiene como objetivo obtener una visión clara sobre los tipos de discapacidad que actualmente están siendo apoyados por el uso del IoT, en que grado de discapacidad han sido utilizadas las soluciones existentes y la población a la que se encuentra dirigida.

*EC1. Tipo de discapacidad:* Para esta clasificación se han establecido los siguientes criterios de extracción: i) Discapacidad visual, según Castejon Costa & Navas Martinez (2007) se puede considerar la discapacidad visual como la afección en mayor o menor grado de la carencia de la visión, ii) Discapacidad motora, son las dificultades que tienen algunas personas para realizar sus actividades diarias, estas dificultades pueden ser problemas para acceder a diferentes espacios o lugares o la de manipular determinados objetos (Gobierno de Chile, 2007), iii) Discapacidad del habla, esta discapacidad se caracteriza por la imposibilidad de producir sonidos con fluidez o la carencia total de la voz (Elsahar et al., 2019), iv) Discapacidad cognitiva o intelectual, esta discapacidad es entendida como la limitación de habilidades cognitivas que desarrollan los seres humanos, esto puede implicar que las personas tengan dificultades al momento de comprender, aprender o recordar cosas nuevas (Xiaoyan & Liu, 2012) y v) Discapacidad no especificada, aquí se clasifican todas aquellas discapacidades que no han sido consideradas anteriormente.

*EC2. Grado de discapacidad:* El grado de discapacidad es significativo a la hora de realizar tratamientos o cómo actuar con un paciente; por eso el autor Fox (2015) lo clasifica de la siguiente manera: i) Problema leve: el problema es tolerable, está presente menos del 25% de las veces y su frecuencia es aproximadamente en intervalos de treinta días, ii) Problema moderado: son aquellos problemas cuya intensidad interfiere en las actividades de la vida diaria y está presente entre el 25% y 50% del tiempo, iii) Problema severo: en este caso el problema está presente entre el 50% y 95%, ocurre con mayor frecuencia y altera en las actividades de la vida diaria, iv) Problema completo: está presente el problema en más del 95% del tiempo y su intensidad altera totalmente la vida diaria, y v) No especificado: son aquellos que no se encuentran contemplados en ninguno de la clasificación anterior.

*EC3. Población:* Este criterio de extracción se encarga de clasificar a la población según rangos de edad, Papalia & Martorell (2017) la define como i) Niños: en esta clasificación se encuentran las personas entre uno y once años, ii) Adolescentes: aquí se encuentran las personas entre los doce a veinte años, iii) Adultos: se consideran adultos aquellas personas que se encuentran entre los veintiún y sesenta y cinco años, iv) Adultos mayores: finalmente los adultos mayores son aquellas personas de sesenta y seis años en adelante y v) Público en general: en esta categoría se encuentran todas las personas sin importar su edad.



*Subpregunta de investigación 2. ¿Qué tipo de dispositivos y aplicaciones de IoT son los más utilizados en el área del cuidado de la salud?*

Esta subpregunta de investigación tiene como objetivo clasificar a los dispositivos y soluciones de IoT que en la actualidad son utilizados en el tratamiento de las diferentes discapacidades, y de esta manera determinar qué aplicaciones o soluciones son las más adecuadas para tratar determinados problemas.

*EC4. Tipos de soluciones:* Para iniciar con una clasificación global sobre las soluciones de IoT existentes se ha definido el presente criterio de extracción según su naturaleza: i) Hardware, aquí se consideran los dispositivos eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos que forman parte de un sistema informático (Pablo, 2015<sup>a</sup>) y ii) Software, en este caso se consideran todas las aplicaciones informáticas que permiten el funcionamiento del hardware (Pablo, 2015b).

*EC5. Hardware o dispositivos:* El presente criterio de extracción se encarga de agrupar las diferentes soluciones de hardware o dispositivos según su aplicación, las mismas que pueden ser: i) Domótica: el objetivo es automatizar las viviendas mediante el uso de redes de comunicación con el fin de hacerla más accesible a los habitantes, estas automatizaciones pueden comprender el control de la iluminación, termostato, seguridad, cerraduras e incluso el entretenimiento doméstico (Cascone et al., 2019), ii) Dispositivos inteligentes: estos dispositivos intentan anticipar un evento para advertir y evitar que suceda, para lograr esto es necesario que los dispositivos estén monitoreando continuamente el entorno (Rathi et al., 2018), iii) Bio sensores: estos comprenden todos los diferentes dispositivos que son capaces de recolectar información de manera constante a partir de mediciones biológicas (Ciorap et al., 2018) y iv) Prótesis: se refiere al desarrollo y uso de diferentes aparatos artificiales que son colocados o implantados a los seres humanos con la finalidad de sustituir alguna parte del cuerpo, para lograr que las personas puedan realizar sus actividades diarias de manera normal (M. Jette et al., 2017).

*EC6. Software:* Este criterio se encarga de agrupar las diferentes soluciones software según su aplicación, que pueden ser: i) Sistemas de monitoreo: estos sistemas se relacionan de manera directa con el hardware ya que toda la información que sea recogida por los diferentes componentes o dispositivos va a poder ser visualizada en un formato comprensible para las personas, ii) Realidad aumentada: en esta categoría se encuentran todas las tecnologías que permiten superponer imágenes, marcadores o información virtual sobre imágenes del mundo en tiempo real, con estas tecnologías se logra fusionar objetos virtuales con reales, ofreciéndole al usuario una experiencia que les puede hacer pensar que los objetos superpuestos forman parte de su realidad cotidiana (Fundación Telefónica, 2011), iii) Juegos serios: los juegos serios también conocidos como “Serious Games” se encuentran diseñados específicamente para uso formativo antes que para el entretenimiento, su uso dentro del área de salud es generalmente para mejorar la rehabilitación de las personas que han sufrido de algún tipo de accidente (Dehem et al., 2017).



*EC7. Uso del IoT:* Con este criterio de extracción se clasificó la forma en la que está siendo utilizada cada solución de IoT en personas con discapacidad, se ha realizado dicha tarea bajo los siguientes criterios: i) Tratamiento/rehabilitación, en el caso del tratamiento es definido como un conjunto de medios que trata de curar o aliviar alguna enfermedad, y la rehabilitación es conocida como un conjunto de intervenciones que tratan de reducir la discapacidad en las personas para mejorar su interacción con el entorno (OMS, 2020b), ii) Dispositivos de asistencia, estos dispositivos son aquellos que permiten a las personas con discapacidades realizar sus actividades de la vida diaria, y iii) Otros, cualquier otro uso que se le dé y no esté contemplado en la clasificación anterior.

*Subpregunta de investigación 3. ¿Cómo se han abordado los estudios sobre discapacidades que se basan en tecnologías de IoT?*

Esta subpregunta de investigación tiene siete criterios de extracción, que nos ayudarán a determinar cómo se abordan los desarrollos e implementaciones de IoT en el campo de las discapacidades cuando se responden con precisión. Los diferentes criterios de extracción se describen a continuación:

*EC8. Fases en las que se basan los estudios:* Según el autor Sánchez Zhunio (2018) en su estudio clasifica el estado de la investigación según la fase en la que se encuentra, la misma que puede ser: i) Análisis, en esta etapa se define el problema y el por qué se debe estudiarlo, también se define el alcance que va a tener el proyecto, ii) Diseño, la etapa del diseño nos permite saber el cómo lo vamos a realizar, ya que aquí se representan las características que debería tener el proyecto, iii) Implementación, hace referencia al desarrollo como tal del proyecto y iv) Pruebas, con esta etapa podemos verificar el funcionamiento del proyecto.

*EC9. Tipo de validación:* Es necesario establecer una validación científica que permita sustentar la investigación; es por ello que se establece el criterio de extracción según Sánchez Zhunio (2018), el cual puede ser: i) Prueba de conceptos, aquí se consideran las investigaciones que cuentan con desarrollos resumidos y los mismos son utilizados para verificar la teoría planteada, ii) Encuesta, son todas aquellas investigaciones que han sido validadas mediante encuestas, iii) Caso de estudio, en el caso de que las investigaciones estén orientadas a comprender el funcionamiento general sobre un determinado tema, iv) Cuasi experimento, esta clasificación es utilizada en el caso de que la validación de la investigación no se haya realizado utilizando variables aleatorias, v) Experimento, en el caso de que la investigación haya sido validada con el uso de variables aleatorias, vi) Prototipo, en el caso de que la investigación se sustente con el desarrollo de un ejemplo preliminar que permita ser evaluado y vii) Otros, cualquiera que no se encuentre considerado en la clasificación anterior.

*EC10. Alcance del enfoque:* Sánchez Zhunio (2018) clasifica a los estudios según la orientación del campo de implementación, las mismas que pueden ser: i) Industria, ii) Academia.



*EC11. Metodología:* Los artículos siempre están alineados a una metodología (Sánchez Zhunio, 2018), la cual puede ser: i) Nueva o ii) Extensión de una existente.

*EC12. Área de estudio:* Este criterio de extracción tiene como objetivo definir el área a la que está contribuyendo la investigación. Estas pueden ser: i) Informática, ii) Medicina, iii) Psicología, iv) Electrónica y v) Otros.

*EC13. País:* El criterio de extracción establece el país en donde se realizó la investigación seleccionada.

*EC14. Año:* El criterio de extracción establece el año de publicación de la investigación revisada.

### Definición de la estrategia de síntesis

Para sintetizar los resultados del presente caso de estudio se hará uso de gráficos de burbujas, ya que los mismos nos permitirán reportar las frecuencias de combinar los resultados de las diferentes subpreguntas de investigación planteadas, adicional a eso se proporcionará una descripción general rápida de los resultados obtenidos en cada criterio de extracción.

Una vez realizado todo el proceso de desarrollo de la SLR se procederá a plantear una taxonomía, que sirva de ayuda a los especialistas al momento de seleccionar un dispositivo IoT para realizar el diagnóstico, pronóstico o tratamiento de sus pacientes.

### Ejecución de la revisión

En esta sección se detalla todo el proceso a seguir para la obtención y selección de los artículos a ser usados para la revisión.

### Proceso de búsqueda

En la búsqueda automática al momento de aplicar en las diferentes librerías digitales seleccionadas las cadenas de búsqueda se obtuvieron en total 66 artículos de los cuales 47 pertenecen a IEEE Xplore, 11 a Pubmed y 8 a ACM. En cuanto a las búsquedas manuales realizadas en las revistas y conferencias seleccionadas se obtuvieron 38 artículos. Esto se lo puede apreciar en la Tabla 8.

| Librería             | Artículos encontrados |               | Criterios de inclusión y exclusión |               |
|----------------------|-----------------------|---------------|------------------------------------|---------------|
|                      | n                     | %             | n                                  | %             |
| <b>IEEE Xplore</b>   | 47                    | 45.19         | 12                                 | 63.16         |
| <b>Pubmed</b>        | 11                    | 10.58         | 4                                  | 21.05         |
| <b>ACM</b>           | 8                     | 7.69          | 2                                  | 10.53         |
| <b>Manual search</b> | 38                    | 36.54         | 1                                  | 5.26          |
| <b>Total</b>         | <b>104</b>            | <b>100.00</b> | <b>19</b>                          | <b>100.00</b> |

Tabla 8 - Artículos encontrados

### Selección de estudios primarios

De los 104 artículos obtenidos en la búsqueda fueron seleccionados 19 para la SLR, 12 artículos de IEEE Xplore, 4 de Pubmed, 2 de ACM y 1 artículo de la búsqueda manual. Los artículos seleccionados fueron aquellos que cumplieron con al menos uno de los criterios de inclusión establecidos. También se lo puede observar tanto en la Tabla 7 como en la Figura 3.

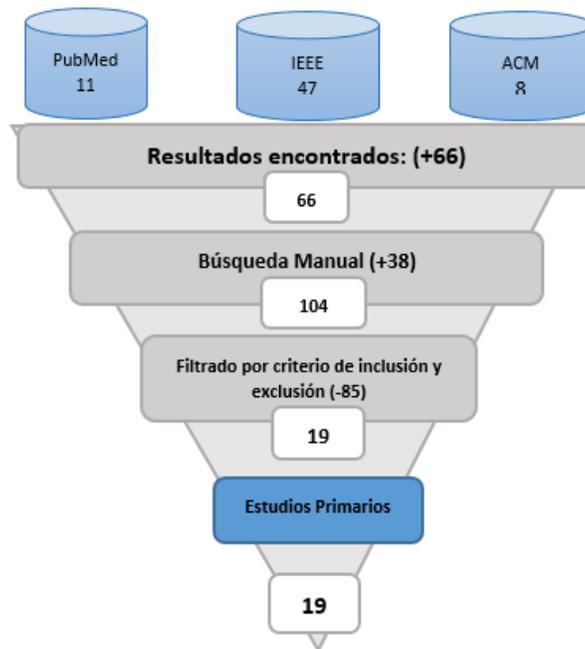


Figura 3 -Artículos encontrados



### *Evaluación de la calidad de los estudios*

En la planeación se establecieron los criterios para evaluar la calidad, en esta sección se realiza la revisión y evaluación de los artículos seleccionados. Los resultados obtenidos fueron que 17 artículos se destacan por ser muy relevantes y son puntuados con 10 ya que cumplen con los criterios establecidos en esa categoría. Mientras que 2 artículos son considerados como relevantes y por ende puntuados con un 5. En la Tabla 9 se puede apreciar de mejor manera los criterios y el número de artículos que se obtuvieron en las diferentes categorías.

| <b>Categoría/<br/>Puntuación</b> | <b>Criterio</b>   | <b>Número de<br/>artículos</b> |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| Muy relevante/ 10 puntos         | <ul style="list-style-type: none"><li>- Artículos publicados en congresos clasificados como A en la clasificación principal o publicados en revistas incluidas en las listas del JCR (Informes de Citas de Revistas).</li><li>- Artículos de conferencias dedicadas a IoT y discapacidad, aunque estas conferencias no aparezcan en la clasificación CORE, pero son muy relevantes para el área de estudio.</li></ul> | 17                             |
| Relevante/ 5 puntos              | <ul style="list-style-type: none"><li>- Congresos clasificados como B o C según la clasificación CORE o publicados en revistas no incluidas en las listas del JCR.</li></ul>  | 2                              |
| No tan relevante/ 0 puntos       | <ul style="list-style-type: none"><li>- Aquellos trabajos que hayan sido publicados en congresos no indexados a la clasificación CORE.</li></ul>  | 0                              |

Tabla 9 - Evaluación de la calidad de los artículos seleccionados según la Relevancia de la Conferencia

Otro de los criterios para evaluar la calidad de los artículos seleccionados es a través del número de citas que tiene, en este caso para no penalizar trabajos potencialmente útiles se los dividió en rangos de año, los resultados obtenidos fueron los siguientes: 1 artículo calificado con 10 puntos publicados antes del 2015, en cuanto a los artículos desde el 2015 fueron 12 con una calificación de 10 puntos y 6 calificados con 5 puntos. Esto se puede apreciar de mejor manera en la Tabla 10 y Tabla 11.



| <b>Categoría/<br/>Puntuación</b> | <b>Criterio</b>               | <b>Número de<br/>artículos</b> |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Alto / 10 puntos                 | Artículos con más de 5 citas. | 1                              |
| Medio / 5<br>puntos              | Artículos de 1 a 5 citas.     | 0                              |
| Bajo / 0 puntos                  | Artículos sin citas.          | 0                              |

Tabla 10 - Artículos antes del 2015

| <b>Categoría/<br/>Puntuación</b>   | <b>Criterio</b>                  | <b>Número de<br/>artículos</b> |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Potencialmente<br>alto / 10 puntos | Artículos con al menos una cita. | 12                             |
| Potencialmente<br>medio / 5 puntos | Artículos no citados.            | 6                              |

Tabla 11 - Artículos desde el 2015

## Extracción de datos

En el Anexo 1 se puede observar el listado de los artículos seleccionados, adicional se presenta la clasificación de los mismos según los criterios de extracción definidos.

## Informe de la revisión

En esta etapa de la SLR se presenta la discusión de los artículos seleccionados para cada uno de los criterios de extracción planteados, posteriormente se presentan unos gráficos de burbujas que permiten analizar el cruce de variables entre los diferentes criterios de extracción establecidos.

## Discusión criterio por criterio

En la presente sección se describe cada uno de los artículos seleccionados en base a los criterios de extracción planteados.

### *EC1. Tipo de discapacidad*

Los tipos de discapacidad que han sido tratados con IoT en los estudios revisados son: discapacidad motora, del habla, visual, cognitiva o intelectual. A continuación, se detallan las características de los estudios.

De manera general en los resultados obtenidos de la revisión de los artículos seleccionados en base a los criterios de extracción podemos observar que en su mayoría los estudios se encuentran orientados a solventar problemas que sufren las personas con discapacidades motoras. A continuación, se describen a que tipo de discapacidad se encuentra orientado cada artículo



seleccionado. Alapetite & Hansen (2017) en su estudio propone el desarrollo de una plataforma de IoT que permita descubrir e interactuar con objetos cercanos, por su parte Brik (2018) basa su artículo en la propuesta de una arquitectura de IoT que permita evaluar y brindar un adecuado control térmico a las personas, también se propone el desarrollo de dispositivos inteligentes que permitan a las personas con discapacidad movilizarse de manera segura, para así reducir el riesgo de sufrir caídas que pueden conllevar a intervenciones de emergencia y hospitalizaciones (Aljahdali et al., 2018), otro de los estudios abordados es el uso de dispositivos mediante comandos de voz, en este caso Soma (2020) presenta una silla de ruedas controlada por voz, estos comandos son ingresados mediante una aplicación de Android y con el uso de inteligencia artificial es posible mover la silla con los comandos indicados, en el caso de InWalker, una investigación desarrollada por Husin & Lim (2020) presenta un bastón inteligente que tiene integrado una placa con varios sensores que permiten mejorar la usabilidad frente a un bastón tradicional, en cambio Robiot es una herramienta que permite automatizar actividades diarias simples, ya que es capaz de entender y replicar el funcionamiento de objetos cotidianos (Li et al., 2019). Todos estos proyectos se encuentran orientados a ayudar a personas que sufren de discapacidad visual.

En su mayoría los estudios encontrados tratan discapacidades motoras, a continuación se presentan aquellos estudios: Agyeman & Al-Mahmood (2019) presenta el diseño e implementación de un sistema basado en IoT que integra juegos, está orientado a la rehabilitación de personas que han sufrido un accidente cerebrovascular y padecen de discapacidades en sus extremidades superiores, por su parte G. Postolache (2019) presenta un marco para el sistema de información basado en Internet de las Cosas orientado a la fisioterapia, el mismo que incluye tecnologías de comunicación, capacidades de puerta de enlace y microservicios y servidores en la nube, el estudio de Brik (2018) que se encuentra descrito anteriormente también está orientado para ser usado en discapacidades motoras, Grigoriadis (2016) de manera puntual presenta un estudio que ayuda a pacientes con esclerosis múltiple el mismo que se encuentra basado en IoT mediante el uso de bio sensores y sistemas ciber físicos que permiten conectar el mundo físico y virtual, estos sistemas permiten un uso adecuado de productos farmacéuticos. En la actualidad los sistemas de tecnología de asistencia se encuentran relacionados a los dispositivos que controlan, esto resulta positivo ya que posibilita que las personas con discapacidad puedan confiar en estos sistemas al momento de interactuar con varios dispositivos, en este contexto Mulfari (2014) presenta su investigación que se encuentra orientada a permitir que las personas con ciertas discapacidades puedan tener una vida casi normal a través de la conexión de estos dispositivos con las tecnologías de asistencia, Errobidart (2017) en su estudio presenta un sistema de domótica modular en el cual contribuye en la comodidad y autonomía de personas que sufren de algún tipo de discapacidad, este sistema centraliza el control de diversos equipos del hogar que son usados de manera cotidiana, de igual manera Malavasi (2017) también presenta un sistema de domótica orientado a personas con discapacidad. Los artículos desarrollados por Soma (2020) y por Li (2019) que se basan en una silla de ruedas inteligente y un sistema de automatización de actividades diarias respectivamente, y se encuentran descritos anteriormente, también son aplicados en



personas con discapacidad motora. Finalmente Agyeman (2019) presenta un sistema de IoT que ayuda a las personas con discapacidades motoras a través del uso de tecnología portátil.

En cuanto a la discapacidad del habla se encuentra abordada en los estudios de los autores (Brik et al., 2018; Li et al., 2019; Malavasi et al., 2017; Mulfari et al., 2014; Soma et al., 2020), estos estudios se encuentran detallados en los párrafos anteriores.

Para tratar personas con discapacidad cognitiva o intelectual Hung (2019) propone un mecanismo para el entrenamiento de la memoria a corto plazo orientado a personas con deterioro cognitivo leve o con demencia leve, se trata de un sistema que a través de un teléfono inteligente y tecnología de balizas en conjunto con tecnología de posicionamiento e informática móvil tratan de mejorar el aprendizaje de las personas en tiempo real y determinar la ubicación de los objetos que se utilizan para el entrenamiento. También se han desarrollado soluciones que apoyan a personas con autismo, el proyecto denominado WearSense, desarrollado por Amiri (2017) utiliza el acelerómetro de los relojes inteligentes para detectar conductas repetidas en niños con autismo, estas conductas que puede detectar son el aleteo, la pintura y la hermandad que son comportamientos que se presentan comúnmente en niños con autismo, estos datos detectados por el reloj los envía a la nube para que sean procesados y posteriormente analizados por los padres, cuidadores y médicos.

De todos los artículos revisados hubieron 3 que no especificaban a que discapacidad están orientados, Singh (2015) con su artículo presenta una herramienta denominada HELPER en el cual propone e implementa un sistema de vida asistida reconfigurable, simple y eficiente, pero a la vez rentable y de última generación, que está orientada a atender las necesidades de personas con discapacidad que permanecen postrados en la cama, toda la tecnología inalámbrica está basada en el protocolo Zigbee. Por su parte Bissoli (2019) presenta un sistema asistencial basado en “eye tracking” que permite el control y seguimiento de los diferentes dispositivos que componen una casa, todo esto basado en IoT, se pretende que con este sistema las personas que sufren de discapacidades severas puedan controlar equipos que se usan diariamente en el hogar, estas pueden ser lámparas, televisores, ventiladores, radios, etc. , también incluye un sistema de monitoreo para que los familiares o el cuidador pueda ver el uso del sistema en tiempo real. Finalmente Ranjan (2020), en su artículo propone un sistema de reconocimiento de voz inteligente la misma que puede ser utilizada por personas que sufren de discapacidades para poder interactuar con otras personas en varios negocios como hoteles, restaurantes, patios de comida, puntos de venta de clientes, a través de este sistema es posible ordenar al personal mediante este sistema, el mismo que se encuentra implementado mediante un Arduino.

## *EC2. Grado de discapacidad*

Referente a este criterio de extracción se abordan de manera puntual grados de discapacidad para cuyas personas tienen problemas severos y completos, pero existen estudios que no especifican. Se puede apreciar que los artículos en su mayoría no especifican que grado de discapacidad deben



tener las personas para hacer uso de las soluciones planteadas. De los diecinueve artículos seleccionados las soluciones planteadas por Errobidart (2017) y Bissoli (2019) están dirigidas a personas con problemas severos, incluso el prototipo de Errobidart ya fue instalado en un Centro Público de Rehabilitación, por su parte Bissoli indica en su estudio que su sistema de seguimiento ocular ha causado un efecto positivo al brindar una mayor independencia en las personas con problemas severos.

Por su parte Husin & Lim (2020) y Amiri (2017) presentan soluciones que pueden ser aplicadas a personas cuyo grado de discapacidad es completo, ellos presentan un bastón inteligente y un sistema para detectar el comportamiento de niños con autismo respectivamente.

### *EC3. Población*

En los artículos revisados se han clasificado a la población de acuerdo al rango de edad, los mismos que son considerados como niños, adultos, adultos mayores y público en general. A continuación, se detallan los estudios con la clasificación.

Los autores de los artículos seleccionados en su mayoría orientan sus soluciones al público en general, sin importar su edad. Sin embargo Amiri (2017) enfoca su estudio a solventar problemas de niños que sufren de autismo, mediante un reloj inteligente detecta conductas propias del autismo y las envía al servidor para ser almacenados y finalmente analizados por un especialista.

Por su parte O. Postolache (2020) en su artículo presenta una solución que se basa en el uso de IoT en la fisioterapia y Li (2019) con Robiot que es una herramienta que permite la automatización de las actividades diarias simples, orientan sus soluciones a personas adultas.

Aljahdali (2018) dirige su estudio a los adultos mayores, en el que presenta el diseño de un dispositivo de asistencia inteligente que permite caminar con mayor seguridad a las personas frágiles y con discapacidad visual, pretende reducir el riesgo de caídas. Este dispositivo se basa en el uso del IoT para poder obtener la ruta y ubicar a la persona en el caso de que ocurra algún tipo de percance.

### *EC4. Tipo de soluciones*

Al analizar este criterio de extracción se puede darse cuenta de que para el funcionamiento del Internet de las Cosas es necesario contar con un software que permita gestionar el hardware. Es por eso que en todos los artículos que fueron seleccionados pertenecen a la clasificación tanto de hardware como software.

### *EC5. Hardware o dispositivos*

Se puede apreciar que la mayoría de las soluciones hacen uso o son de desarrollo de dispositivos inteligentes, estos pueden ser dispositivos de reconocimiento de voz, desarrollo de sillas inteligentes, bastones inteligentes, entre otros. A continuación, se presentan a los autores que han



orientado sus investigaciones al uso de estos dispositivos: (Agyeman et al., 2019; Agyeman & Al-Mahmood, 2019; Alapetite & Hansen, 2017; Aljahdali et al., 2018; Amiri et al., 2017; Hung et al., 2019; Husin & Lim, 2020; Mulfari et al., 2014; O. Postolache et al., 2020; Ranjan et al., 2020; Singh et al., 2015; Soma et al., 2020)

La tecnología de hardware que también es usada ampliamente en personas con discapacidad es la domótica o automatización del hogar, gracias a esto es posible que los usuarios puedan interactuar de mejor manera con los componentes de las casas, facilitándoles sus labores diarias. Los autores que orientan sus estudios a la domótica son: (Bissoli et al., 2019; Brik et al., 2018; Errobidart et al., 2017; Li et al., 2019; Malavasi et al., 2017; Singh et al., 2015)

Finalmente en este criterio de extracción se puede apreciar que el uso de biosensores es una tecnología que no se lo ha utilizado ampliamente, los únicos autores que realizaron sus artículos y propusieron soluciones que integren biosensores fueron G. Postolache (2019) y Grigoriadis (2016), a través de los cuales recolectaron información en tiempo real de las personas y los enviaron a servidores para ser procesados y analizados.

#### *EC6. Software*

Las soluciones de software en su mayoría están compuestas por sistemas de monitorización, esto es debido a que los biosensores, la domótica y los dispositivos inteligentes generan grandes cantidades de datos que deben ser almacenados y procesados para mostrar información comprensible a los usuarios finales. Los autores que presentan sus artículos y desarrollan o integran sistemas de monitorización son: (Agyeman & Al-Mahmood, 2019; Alapetite & Hansen, 2017; Aljahdali et al., 2018; Amiri et al., 2017; Bissoli et al., 2019; Brik et al., 2018; Errobidart et al., 2017; Grigoriadis et al., 2016; Hung et al., 2019; Husin & Lim, 2020; Li et al., 2019; Malavasi et al., 2017; Mulfari et al., 2014; G. Postolache et al., 2019; Ranjan et al., 2020; Singh et al., 2015; Soma et al., 2020)

Otros artículos orientan sus soluciones al uso de juegos serios para poder tratar determinados tipos de discapacidad, los autores que apuestan por esta solución son: (Agyeman et al., 2019; Agyeman & Al-Mahmood, 2019; O. Postolache et al., 2020).

#### *EC7. Uso del IoT*

Con este criterio de extracción podemos comprender que la mayoría de soluciones de IoT presentadas están orientadas a dispositivos de asistencia. Esto es debido a que la mayoría de las soluciones están orientadas al desarrollo de casas y otros dispositivos inteligentes (Alapetite & Hansen, 2017; Aljahdali et al., 2018; Bissoli et al., 2019; Brik et al., 2018; Errobidart et al., 2017; Husin & Lim, 2020; Malavasi et al., 2017; Mulfari et al., 2014; Ranjan et al., 2020; Singh et al., 2015; Soma et al., 2020). También existen ciertas soluciones que están orientadas al uso de dispositivos para el tratamiento y la rehabilitación, esas soluciones son las planteadas por (Agyeman et al., 2019; Agyeman & Al-Mahmood, 2019; Amiri et al., 2017; Grigoriadis et al., 2016;



Hung et al., 2019; G. Postolache et al., 2019; O. Postolache et al., 2020). Finalmente uno de los artículos fue clasificado en la categoría de “Otros”, debido a que se trata de un dispositivo que permite la generación de sistemas de IoT para personas con discapacidad (Li et al., 2019).

#### *EC8. Fases en las que se basan los estudios*

En el caso de las fases en las que se basan los estudios analizados, en su mayoría han pasado por las etapas de análisis, diseño e implementación, pero pocas han podido ser probadas en un campo real que les haya permitido obtener una retroalimentación adecuada. Entre los artículos que han podido ser probados se encuentran aquellas que integran soluciones domóticas o utilizan dispositivos inteligentes, específicamente la de los autores (Amiri et al., 2017; Bissoli et al., 2019; Errobidart et al., 2017; Husin & Lim, 2020; Li et al., 2019; O. Postolache et al., 2020; Soma et al., 2020).

#### *EC9. Tipo de validación*

En cuanto a la validación, en su mayoría han optado por el desarrollo de prototipos, los cuales van desde casas domóticas que incluyen la automatización de ciertos elementos del hogar para facilitar el acceso a los mismos (Bissoli et al., 2019; Errobidart et al., 2017; Li et al., 2019) hasta el diseño de prototipos de dispositivos inteligentes, los cuales son los desarrollados por (Agyeman et al., 2019; Agyeman & Al-Mahmood, 2019; Alapetite & Hansen, 2017; Aljahdali et al., 2018; Amiri et al., 2017; Husin & Lim, 2020; Ranjan et al., 2020). De los artículos seleccionados se han escrito realmente pocos artículos orientados a profundizar los conceptos o a realizar experimentos.

#### *EC10. Alcance del enfoque*

Si bien es cierto que los dispositivos de IoT son de gran interés para la industria, la mayoría de los artículos seleccionados están orientados al sector académico, esto debido a que se trata de una tecnología emergente, que aún no se realiza una distribución comercial de manera formal. De todos los artículos revisados el único que está enfocado a la industria es el desarrollado por Grigoriadis (2016) que está orientado a la Salud 4.0 que va de la mano con la industria 4.0.

#### *EC11. Metodología*

En este criterio de extracción se puede observar que de los 19 artículos revisados solamente la investigación de Malavasi (2017) es la continuación de un proyecto existente denominado cloudCAST que trata de aplicaciones clínicas orientadas a tecnologías del habla, este proyecto en general trata del desarrollo de sistemas experimentales de bajo costo orientados al uso de tecnologías de reconocimiento de voz. El resto de artículos proponen sus metodologías nuevas partiendo del análisis, diseño e implementación.



*EC12. Área de estudio*

De todos los artículos que forman parte de la revisión sistemática que se lleva a cabo, la mayoría está enfocada al área de la informática y la electrónica, pero estos conocimientos son complementados mediante la fusión con el área de la salud que actualmente es fuertemente apoyada por la tecnología.

*EC13. País*

Los resultados demográficos muestran que los artículos seleccionados en su mayoría son de la India, Irak, Italia, Portugal, Estados Unidos y otros países. A continuación, se presenta en la Tabla 12 el país y el número de artículos procedentes del mismo, posterior a esto se presenta la Figura 4 que muestra un mapa coloreado según el número de artículos por país.

| <b>País</b>    | <b>Número de artículos</b> |
|----------------|----------------------------|
| Argentina      | 1                          |
| Brasil         | 1                          |
| Dinamarca      | 1                          |
| Francia        | 1                          |
| Grecia         | 1                          |
| India          | 3                          |
| Irak           | 2                          |
| Italia         | 2                          |
| Malasia        | 1                          |
| Portugal       | 2                          |
| Arabia Saudita | 1                          |
| Taiwan         | 1                          |
| USA            | 2                          |

Tabla 12 - Número de artículos por país

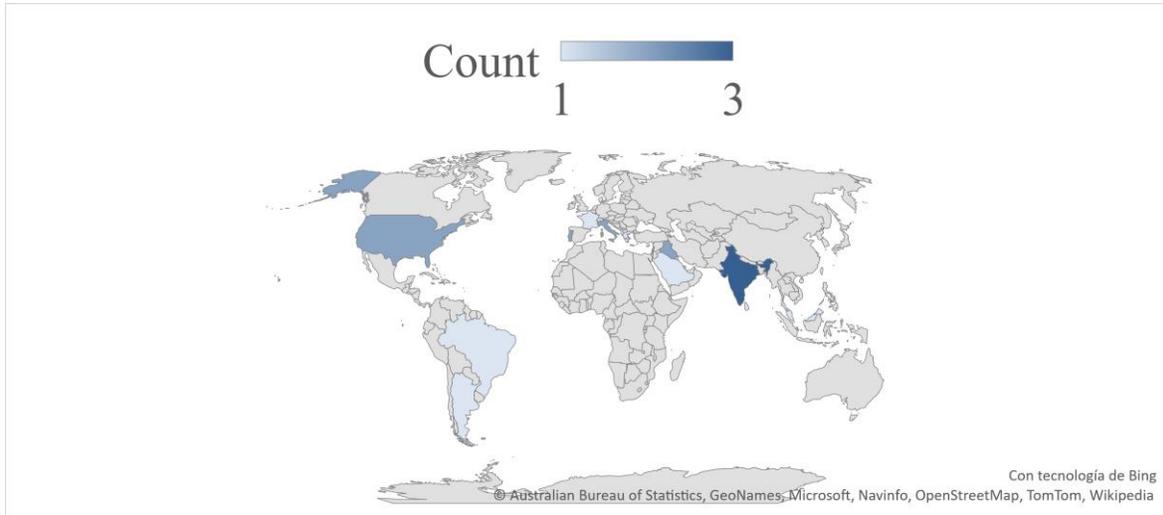


Figura 4 -Artículos por País

### EC14. Año

Los artículos seleccionados para la revisión se encuentran entre los años 2014 y 2020. En la Figura 5 se observa que desde el 2016 hay un mayor énfasis en el desarrollo de aplicaciones IoT orientadas a solventar problemas de personas que sufren de algún tipo de discapacidad.

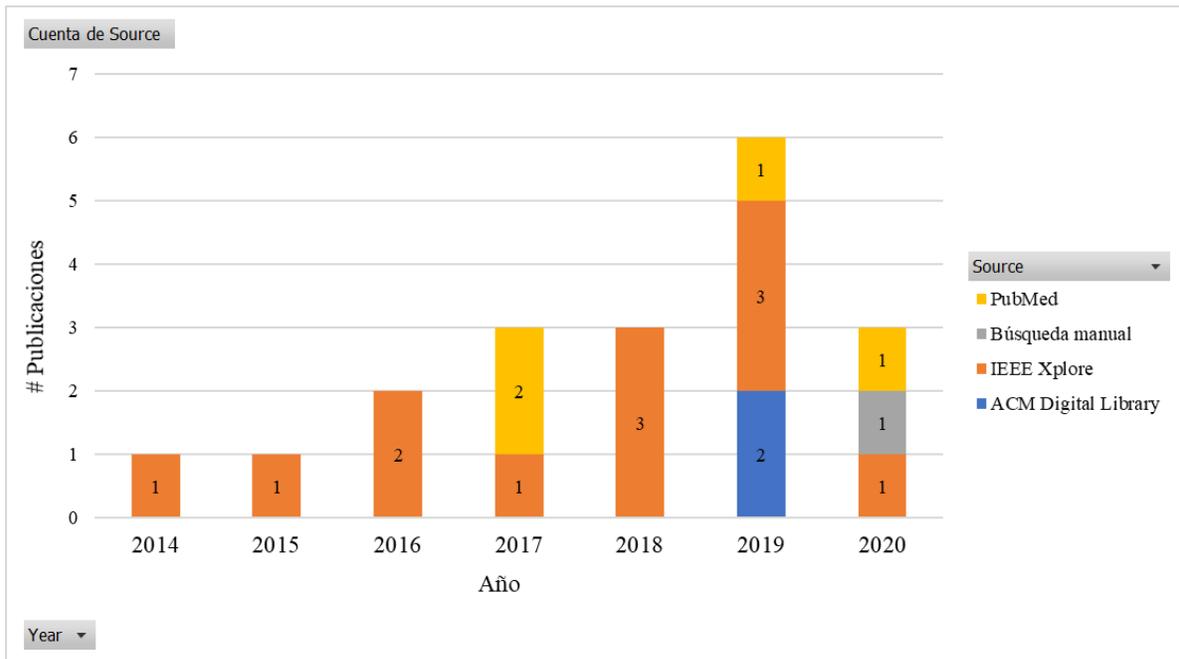


Figura 5 -Número de Artículos por Año

## Análisis de resultados

En esta sección se realiza el análisis de resultados de la Revisión Sistemática de la Literatura, se presentan gráficos de burbuja que cruza las diferentes variables de los criterios de extracción establecidos.

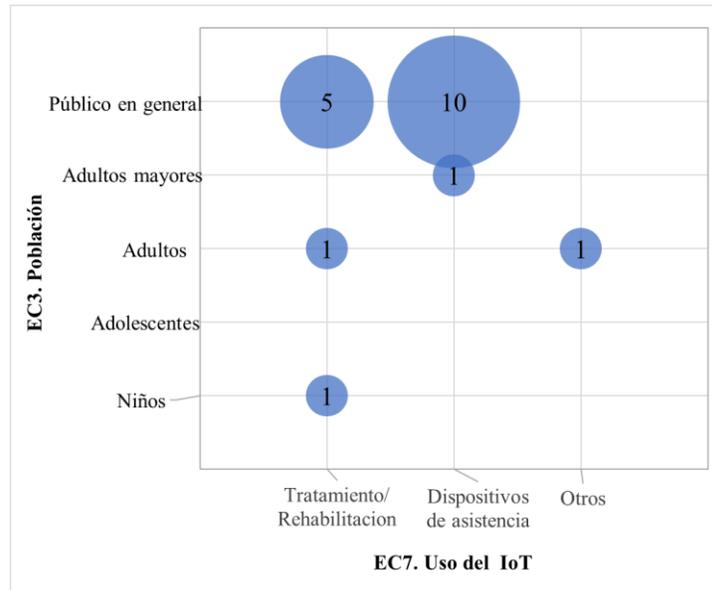


Figura 6 -Comparación entre EC3. Población y EC7. Uso del IoT

En la Figura 6 se presenta el cruce de variables entre el uso del IoT y la población, se puede observar que en el caso de tratamiento o rehabilitación cinco de los artículos se encuentran orientados a tratar al público en general, uno a adultos y uno a niños. Por su parte en cuanto a los dispositivos de asistencia que son aquellos que comprenden bastones, sillas de ruedas, casas inteligentes, entre otros, 10 de los estudios seleccionados pueden ser usados en el público en general y uno en adultos mayores. Finalmente, uno que se encuentra en la categoría otros debido a que es un sistema que permite crear soluciones IoT está orientado exclusivamente al público adulto.

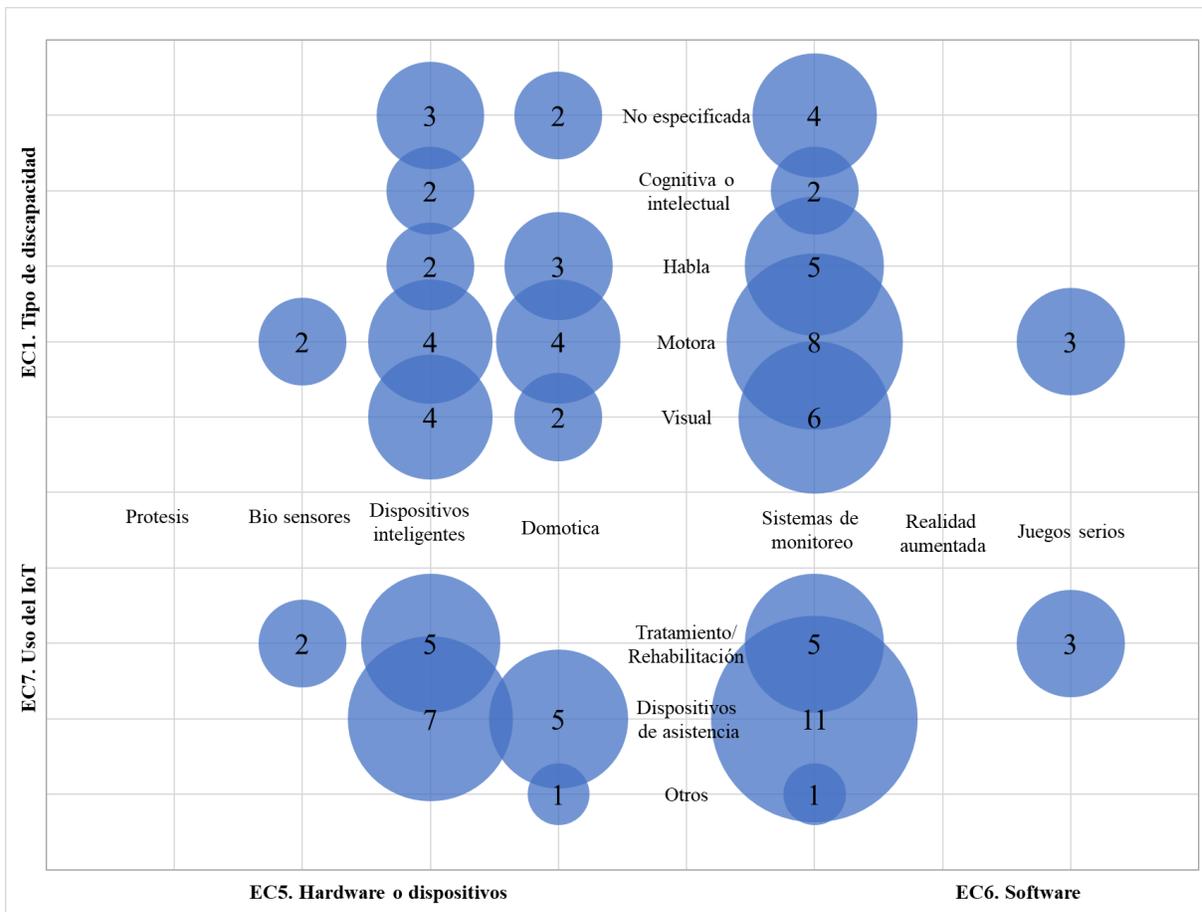


Figura 7 -Comparación entre EC1. Tipo de discapacidad, EC5. Hardware o dispositivos, EC6. Software y EC7. Uso del IoT

En la Figura 7 se presenta la comparación de los criterios de extracción EC1. Tipo de discapacidad, EC5. Hardware o dispositivos, EC6. Software y EC7. Uso del IoT.

Empezaremos analizando EC1 con EC5, en este caso podemos observar que los biosensores se encuentran utilizados únicamente en personas que sufren discapacidad motora, en cuanto a los dispositivos inteligentes se encuentra utilizado mayoritariamente en las personas con discapacidad motora y visual, seguido de tipo de discapacidad no especificado, discapacidad del habla y cognitiva o intelectual, finalmente la domótica intenta resolver en su mayoría problemas de discapacidad motora y del habla sin dejar de lado problemas visuales y otros que no se encuentran especificados.

Comparación entre EC7 y EC5, en este caso los bio sensores son usados únicamente para el tratamiento o rehabilitación de personas con discapacidad, con referencia a los dispositivos inteligentes se encuentran relacionados directamente con los dispositivos de asistencia y métodos de tratamiento y rehabilitación, finalmente la domótica se encuentra conformado principalmente por dispositivos de asistencia.



Comparación entre EC1 y EC6, se puede observar que en cuanto a los artículos seleccionados en su mayoría son sistemas de monitoreo y se relaciona en su mayoría con las discapacidades motoras, visuales y del habla, sin embargo, también existe 4 artículos en los que no se especifican para que tipo de discapacidad puede ser usado. En cuanto a los juegos serios 3 soluciones son utilizadas para tratar problemas de discapacidad motora.

Comparación entre EC7 y EC1, En este caso 11 de los artículos seleccionados que incorporan sistemas de monitoreo integran dispositivos de asistencia y 5 son utilizados en temas de tratamiento y rehabilitación, en cuanto a las soluciones de juegos serios 3 artículos están orientados al tratamiento y rehabilitación.

### *Discusión*

#### *¿Qué discapacidades han sido apoyadas por la tecnología IoT?*

El uso de la tecnología IoT ha permitido apoyar a personas con discapacidades visuales, motoras, del habla y cognitivas o intelectuales, esto a través del uso de diversas herramientas tecnológicas que en conjunto el IoT han logrado automatizar los hogares a fin de permitirles controlar los diferentes equipos que lo componen como pueden ser las luces, televisores, lavadoras, etc. todo esto con la finalidad de brindarles autonomía a las personas que las usan. También se han desarrollado otros dispositivos inteligentes como sillas de ruedas, el uso de bastones con sensores que envían alertas a los usuarios.

El uso de biosensores también ha resultado de gran utilidad ya que permiten recopilar información de los signos vitales de las personas en tiempo real, que posteriormente es analizado por los profesionales de la salud. El uso de todas estas soluciones se encuentra orientado a personas con problemas severos y completos, sin embargo, en muchos de los estudios no especifican que grado de discapacidad deben tener las personas para que puedan ser utilizados. La mayoría de las soluciones planteadas por los diferentes autores están orientados al público en general, aunque también existen soluciones orientadas específicamente a niños, adolescentes y adultos mayores.

#### *¿Qué tipo de dispositivos y aplicaciones de IoT son los más utilizados en el área del cuidado de la salud?*

En todos los casos las soluciones cuentan con hardware y software, en el caso del hardware se ha utilizado ampliamente dispositivos inteligentes como el uso de sensores en sillas de ruedas o bastones, dispositivos utilizados en el área médica que permiten mejorar las rehabilitaciones y fisioterapias, dispositivos de control de voz, entre otros. En cuanto al software todas las soluciones planteadas por los autores seleccionados hacen uso de sistemas de monitoreo, esto debido a que todas las soluciones cuentan con dispositivos que recolectan información que debe ser procesada y visualizada de una manera entendible para los usuarios y profesionales de la salud.



### *¿Cómo se han abordado los estudios sobre discapacidades que se basan en tecnologías de IoT?*

En su mayoría los estudios realizados han pasado por las fases de análisis, diseño, implementación y pruebas, también se han desarrollado prototipos de cada solución planteada a fin de realizar pruebas que permitan evaluar el funcionamiento de los mismos. Los estudios se encuentran enfocados al área educativa y han sido desarrollados a partir de una metodología nueva.

#### *Investigación llevada a la práctica*

El uso de dispositivos inteligentes dentro de una casa es la primera forma de apoyar a las personas con discapacidad.

La automatización de alguna de parte de nuestra casa puede ayudar a que una persona que tiene una discapacidad cualquiera que sea ésta, mejore su calidad de vida.

¿Qué pasaría con las escaleras de una casa que tenga 2 niveles y una persona con discapacidad motora?, o ¿qué pasaría con las cerraduras de una puerta y la discapacidad visual de ésta?, sería difícil pero no imposible el hecho de desarrollarse, pero entonces nos quedaríamos viviendo en el pasado, sin embargo, el verdadero enfoque de esta investigación detalla las formas que una persona con discapacidad puede tener para generar más independencia empezando desde su hogar.

En secciones anteriores, hablamos de los dispositivos de asistencia, tales como bastones inteligentes, sillas de ruedas inteligentes, audífonos, teléfonos inteligentes que ayuden con el control de alguna parte de nuestra casa por ejemplo encendido de luces o timbres, son muchas de las veces tecnologías que las personas con algún tipo de discapacidad no saben que existe y por ende el acceso a éstas es nulo.

Sin embargo, en este estudio en el que se establece Taxonomías de soluciones de IoT orientadas a personas con discapacidades se da una idea clara de las opciones que las mismas puedan tener para la resolución de sus problemas y al mismo tiempo le damos una ayuda a los profesionales de la salud, para que a partir de este estudio puedan tomar las mejores opciones al momento de una rehabilitación o un tratamiento a sus pacientes.

El estudio de las Taxonomías claramente planteadas para IoT benefician no solo a los profesionales de la salud, sino también a empleadores, profesores y sobre todo familiares que desean ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad, para que puedan decidir de mejor manera la tecnología adecuada para su caso.



### *Posibles amenazas de la validez*

Luego de analizar los resultados en base a los criterios de extracción que fueron definidos, nos encontramos con posibles amenazas en cuanto a la accesibilidad, sociabilización, financiación y prestación del uso de la IoT para el público en general.

Si empezamos por la accesibilidad según Deng & Chin (2004), muchos edificios incluidos lugares públicos, sistemas de transporte no son accesibles a todas las personas. Si a esto le sumamos el difícil acceso a una persona con discapacidad a participar de un empleo digno, ya que para la mayoría de los empleadores el recibir la prestación de un servicio de una persona con discapacidad representa un gasto y al mismo tiempo una dificultad, ya que estas personas necesitan del uso de aparatos especiales o rampas, sistemas de seguridad, ascensores. para que su movilidad no se vea afectada, por ejemplo, si se trata de una discapacidad motora.

En cuanto a la sociabilización, tenemos una idea errada o desinformación de lo que representa la discapacidad de una persona, la exclusión de un lugar de trabajo, de un entorno de amigos e incluso de la discriminación desde el hogar, esto ha generado inseguridad en personas que sufren de alguna discapacidad.

No se han establecido protocolos de ayuda e información en los centros educativos, para que los más pequeños puedan lidiar con este tipo de situaciones, tampoco en los lugares de trabajo existen talleres de aprendizaje para informar a cerca de cada una de las discapacidades que existe, generando así en la población el temor que una persona con esta condición pueda desarrollarse normalmente.

Todas las debilidades que hemos mencionado desatan en una posible falta de empleo o una precaria situación económica y muchas veces el elevado costo de estas tecnologías constituyen un verdadero problema que enfrentan las personas con discapacidad para poder acceder a alguna de las soluciones IoT mencionadas en la Figura 7.

### *Resultados de la evaluación de la calidad*

Como se mencionó en las secciones anteriores para la evaluación de la calidad de los estudios seleccionados se consideraron dos aspectos:

- 1) La relevancia de la conferencia o revista en la que se publica el artículo, en este caso se obtuvieron 17 artículos que fueron categorizados como muy relevantes, esto debido a que fueron presentados en congresos clasificados como A, publicados en revistas incluidas en las listas del JCR o se tratan de artículos muy relevantes para el área que nos encontramos estudiando; 2 artículos se han considerado como relevantes debido a que fueron presentados en congresos clasificados como B o C o publicados en revistas no incluidas en listas del JCR.



- 2) El número de citas que tiene el artículo, para esta evaluación se consideró el número de citas que tiene cada artículo en base a Google Académico, y para no penalizar trabajos útiles se los clasificó según el año, en cuanto a los artículos antes del 2015, 1 fue categorizado como alto debido a que tiene más de 5 citas. Los artículos desde el 2015, 12 fueron categorizados como potencialmente altos debido a que cuentan con al menos una cita, y 6 como potencialmente medio ya que no cuentan con citas.

## Capítulo 4 – Taxonomías

Cuando hablamos de taxonomía nos referimos a una clasificación jerárquica de una determinada área, en este capítulo se presenta una taxonomía de soluciones de IoT orientada a personas con discapacidad, la misma que fue elaborada a partir de la SLR realizada en el capítulo anterior. En la Figura 8 se presenta la taxonomía planteada, en este caso cuenta con 8 categorías: conectividad, plataforma electrónica, software, hardware, tipo de tecnología, uso de IoT, tratamiento de datos y plataforma de despliegue. A continuación, se procede a detallar cada categoría que conforma la taxonomía.

### Conectividad

Para lograr que la información recolectada por los diferentes elementos o sensores sea enviada a un servidor o base de datos es necesario hacer uso de los diferentes dispositivos y/o protocolos de comunicación existentes, los mismos que hacen posible la interconexión y transferencia de información entre los diferentes elementos de hardware que componen el IoT. A continuación, se detallan los utilizados en las soluciones para personas con discapacidad.

#### Móvil

Zaki (2011) en su documento indica que LTE (Evolución a largo plazo – Long Term Evolution) es un estándar orientado a celulares y dispositivos móviles de transmisión de datos para que los mismos puedan conectarse entre sí, enviar y recibir datos a grandes velocidades, otra de las ventajas de LTE es que cuenta con baja latencia y su calidad de servicio (QoS) se encuentra mejorada en comparación con tecnologías antecesoras. Los autores G. Postolache (2019), O. Postolache (2020), Grigoriadis (2016) y Mulfari (2014) hacen uso de LTE en sus arquitecturas, debido a que necesitan enviar grandes cantidades de información y con una alta confiabilidad a los servidores en la nube.

#### Bluetooth

El Bluetooth es una tecnología que se encuentra considerada dentro de las especificaciones de las redes inalámbricas de área personal (WPAN) ya que permite que diferentes dispositivos se puedan comunicar en distancias cortas, de esta manera se logra eliminar cables y crear redes inalámbricas pequeñas (Huang & Rudolph, 2005). En este contexto el generar redes de sensores que permitan recolectar datos y enviarlos a otros dispositivos como teléfonos inteligentes o microcontroladores para procesarlos o enviarlos a un servidor resulta mucho más sencillo, es por esto que los autores Alapetite & Hansen (2017), O. Postolache (2020), Hung (2019), Soma (2020), Husin & Lim (2020) y Amiri (2017) que hacen uso de sensores o dispositivos que recolectan datos han optado por esta tecnología.

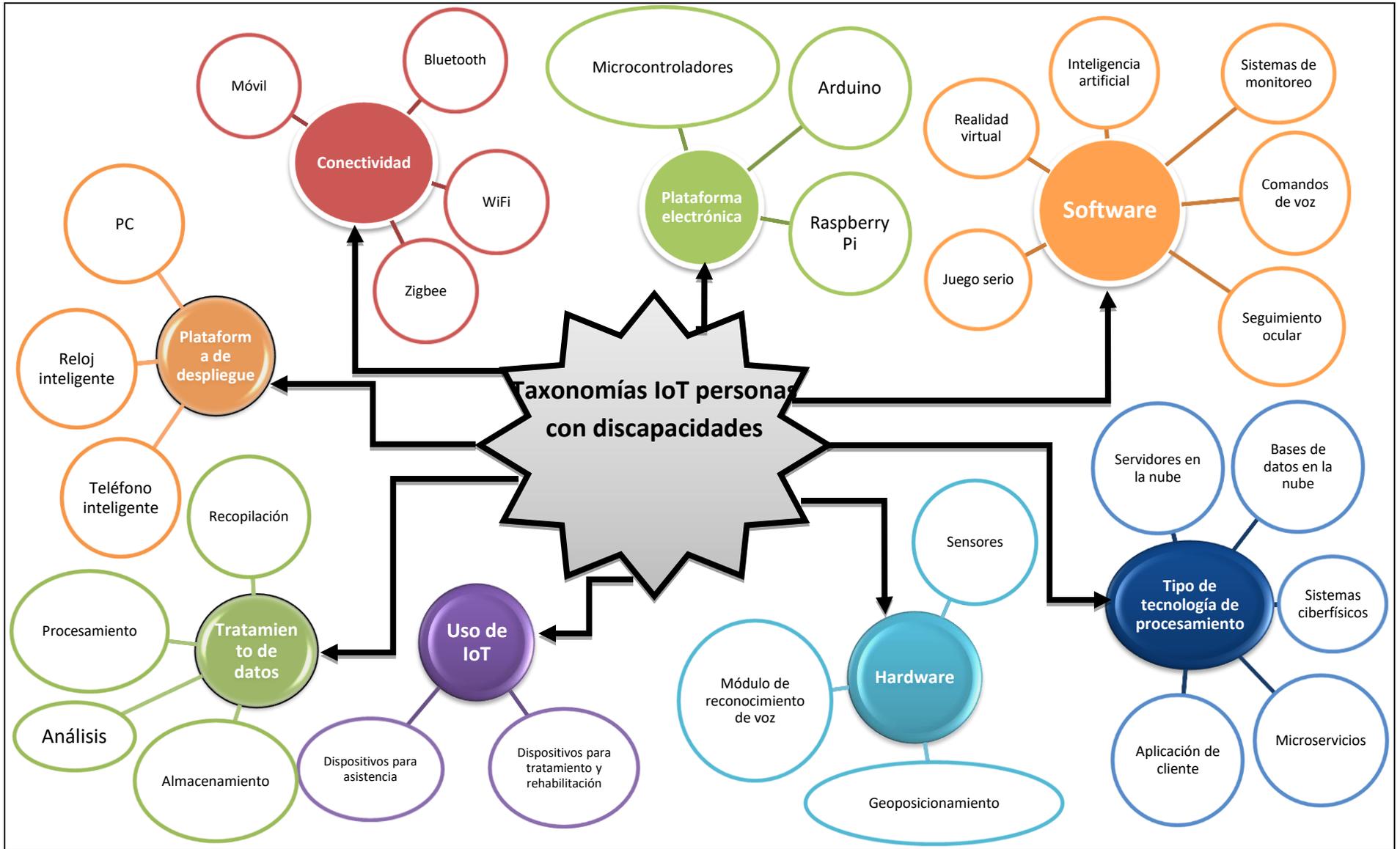


Figura 8 -Soluciones IoT para personas con discapacidad



## WiFi

El WiFi se trata de una tecnología que permite la conexión inalámbrica de varios dispositivos que pueden ser computadoras, teléfonos inteligentes, televisores, etc. A través de esta tecnología es posible que estos dispositivos se puedan conectar a Internet. Una de las ventajas es que cada vez nuevos productos integran esta tecnología de conexión y las empresas desarrolladoras están pendientes de garantizar que siempre el hardware y software de estos dispositivos esté actualizado (Ismail Al-Alawi, 2006). Debido a que también permiten la transferencia de grandes cantidades de datos, es usada en algunas arquitecturas como las planteadas por Brik (2018), Aljahdali (2018), Agyeman (2019) y Ranjan (2020) que envían información a los servidores en la nube.

## Zigbee

Zigbee al igual que Bluetooth se encuentra considerada dentro de las especificaciones de redes inalámbricas de área personal (WPAN). Zigbee se trata de un estándar de redes de sensores de baja potencia y velocidad, es de bajo costo y fácil de despliegue, proporciona seguridad y alta confiabilidad en la transferencia de datos, su bajo consumo de energía también lo hace atractivo al momento de elegirlo como protocolo de transferencia de datos (Ramya et al., 2011). Pese a estas múltiples ventajas que ofrece Zigbee solamente los autores G. Postolache (2019) y Singh (2015) han utilizado esta tecnología en sus estudios.

En la Tabla 13 se presentan las soluciones existentes clasificadas según la tecnología de conectividad usada, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.

| <b>Conectividad</b> | <b>Enfoques relacionados</b>                          |
|---------------------|---|
| LTE                 | S03, S05, S07, S08                                    |
| Bluetooth           | S01, S05, S11, S12, S14, S15                          |
| WiFi                | S02, S04, S05, S06, S10, S13, S15, S16, S17, S18, S19 |
| Zigbee              | S03, S09  |

Tabla 13 - Resumen de las tecnologías de conectividad

## Plataforma electrónica

Se puede considerar una plataforma electrónica, a una placa electrónica sobre la cual se conectan diversos sensores que permiten recolectar información y módulos de transmisión de datos como Bluetooth, Zigbee, WiFi, etc. Éstos permiten el envío de la información recolectada a un dispositivo móvil o directamente a los servidores. En este estudio se identificaron 3 plataformas electrónicas utilizadas, los cuales son detallados en esta sección.

---



## Microcontroladores

Los microcontroladores son circuitos integrados, que pueden ser considerados como una computadora pequeña y cuentan con sistemas que permiten controlar dispositivos de entrada y salida. También cuentan con un procesador y memoria para almacenar el código que se le puede desarrollar para que realice funciones específicas. Debido a que esta plataforma permite un rápido despliegue es muy utilizado para toda clase de proyectos (López, 2019).

Se puede observar que en su mayoría las arquitecturas desarrolladas por los autores han optado por el uso de microcontroladores, como es el caso de Agyeman & Al-Mahmood (2019) que a través del uso de esta plataforma y la incorporación de sensores ha logrado desarrollar un sistema que permite la rehabilitación de las extremidades superiores e inferiores de los pacientes mediante un juego que va dando indicaciones y validando los mismos. También Mulfari (2014) presenta un sistema que permite a las personas con discapacidad interactuar con los diferentes dispositivos del hogar mediante comandos de voz. Otro de los autores que ha utilizado microcontroladores en sus arquitecturas es Bissoli (2019) quien integra el seguimiento ocular para controlar de igual manera los diferentes elementos del hogar como luces, ventiladores, televisores, etc. dándole así un poco más de autonomía a las personas con discapacidad. En la Tabla 13 se encuentran todas las soluciones que han sido desarrolladas con microcontroladores.

## Arduino

Arduino es una plataforma de creación de prototipos de electrónica, que está basada tanto en hardware como en software abierto y de fácil entendimiento, está orientado al desarrollo de objetos y entornos interactivos. Sobre el Arduino es posible colocar un sinnúmero de sensores y módulos de conexión que cuentan con sus propias librerías que facilitan la programación en su software denominado Arduino Programming Language y son de fácil entendimiento (López, 2019).

Todas estas características de Arduino son vistas como ventajas por parte de desarrolladores y creadores de dispositivos IoT, es por eso que los autores Alapetite & Hansen (2017), O. Postolache (2020), Aljahdali (2018), Agyeman (2019) y Ranjan (2020) han hecho uso de esta plataforma complementándola con sensores, bio sensores, módulos de voz, módulos GPS, módulos de bluetooth, etc. que han logrado generar soluciones interesantes e innovadoras para personas con diferentes tipos de discapacidad.

## Raspberry Pi

Raspberry Pi es considerado como una Mini PC y se lo puede usar como servidor de contenidos o como una computadora. Raspberry Pi es una placa electrónica de 85 x 54 milímetros, cuenta con un procesador de 1 GHz, una GPU y 512 Mb de memoria RAM aproximadamente, también cuenta con puertos USB y es posible instalar un sistema operativo. Al igual que los Arduinos también es posible integrarlos con diferentes sensores y módulos. Es una de las plataformas más vendidas a nivel mundial debido a su practicidad.



Entre los autores que han empleado Raspberry Pi en sus desarrollos de soluciones IoT para personas con discapacidades están: Alapetite & Hansen (2017), Mulfari (2014), Soma (2020), Malavasi (2017) y Agyeman (2019) cuyos desarrollos se basan en la implementación de dispositivos de asistencia a las personas y automatización de los hogares.

En la Tabla 14 se presentan las plataformas electrónicas usadas por los autores, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.

| <b>Plataforma electrónica</b> | <b>Enfoques relacionados</b>                          |
|-------------------------------|---|
| Microcontroladores            | S02, S03, S04, S07, S08, S09, S10, S11, S13, S14, S17 |
| Arduino                       | S01, S05, S06, S18, S19                               |
| Raspberry Pi                  | S01, S08, S12, S16, S18                               |

Tabla 14 - Resumen de las plataformas electrónicas

## Software

Para que el hardware cumpla con su función establecida es necesario del software, que son todas aquellas aplicaciones informáticas incluyendo sistemas de monitoreo, aplicaciones web, aplicaciones móviles, servicios web, etc. (Pablo, 2015a).

Todos los desarrollos que incluyen software pueden ser aplicaciones móviles, que son aquellas que se encuentran diseñadas para correr en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tablets. Estas aplicaciones pueden brindar grandes experiencias de calidad a los usuarios, y actualmente son ampliamente utilizadas en varias áreas como la bancaria, estudios, entidades gubernamentales, entre otros. O aplicaciones web, son aquellas que no necesitan ser instaladas en los equipos de los clientes, ya que pueden ser accedidos a ellos mediante Internet a través de un navegador web, estos proporcionan múltiples ventajas como por ejemplo pueden ser accedidos desde cualquier dispositivo, en caso de realizar cambios o actualizaciones son visualizados inmediatamente por todos los usuarios sin necesidad de entregar nuevamente un instalador de software, y también es que el procesamiento de los datos se hace de forma remota en los servidores en donde se encuentra alojado el sitio web.

En esta sección se presentan todos aquellos desarrollos de software que fueron implementados por los autores seleccionados.

## Juego serio

Los juegos serios o Serious Games están diseñados específicamente para uso formativo más que para el entretenimiento, su uso dentro del área de salud es generalmente para mejorar la rehabilitación de las personas que han sufrido de algún tipo de accidente (Dehem et al., 2017).

Los autores que han orientado sus soluciones al tratamiento o rehabilitación de determinadas discapacidades mediante el uso de juegos serios son: Agyeman & Al-Mahmood (2019), G. Postolache (2019), O. Postolache (2020) y Agyeman (2019).



## Realidad virtual

Según Mihelj & Podobnik (2012) la realidad virtual es una simulación interactiva de computadora, la cual consiste en detectar el estado y la operación del usuario, para dar una retroalimentación sensorial con información aumentada, brindándole la sensación de ser parte de la simulación en un entorno virtual. También indica que la realidad virtual consta de 4 elementos básicos, que son: el entorno virtual, la presencia virtual, la retroalimentación sensorial y la interactividad.

En el caso del uso de la realidad virtual, el autor O. Postolache (2020) es el único que utiliza este concepto en su solución, al plantear un sistema de monitorización para la rehabilitación de personas con discapacidades en sus extremidades superiores, la cual consta de sensores que interactúan con un juego serio basado en escenarios de realidad virtual. En este caso la realidad virtual juega un papel muy importante ya que permite que los pacientes realicen ejercicios de una manera interactiva y no intrusiva.

## Inteligencia artificial

La Inteligencia Artificial (IA), según Rouhiainen (2018), se define como “la habilidad de los ordenadores para hacer actividades que normalmente requieren inteligencia humana”, dicho esto se puede asegurar que la IA es la capacidad para tomar decisiones por parte del computador, la cual se hace uso de algoritmos que le permiten aprender de los datos y emular la inteligencia humana. Una de las principales ventajas de la IA es que puede procesar grandes cantidades de datos en cortos periodos de tiempo con una mínima probabilidad de errores.

En la actualidad la IA es ampliamente utilizada para mejorar el rendimiento de la estrategia comercial, el procesamiento de grandes cantidades de datos de pacientes en el área de la salud, en el mantenimiento predictivo, la clasificación de objetos, distribución de publicidad en redes sociales, etc.

El autor Li (2019) hace uso de inteligencia artificial en su proyecto Robiot, ya que permite el aprendizaje del funcionamiento de objetos del entorno y permite automatizar el mismo.

## Sistemas de monitoreo

Los sistemas de monitoreo se encuentran relacionados de manera directa con el hardware, ya que permite presentar en un formato comprensible a los usuarios finales la información obtenida por los diferentes sensores, bio sensores y módulos que generan datos. Esta información presentada es aquella que ya ha pasado por el las fases de recolección, almacenamiento y procesamiento.

Los autores que han implementado sistemas de monitoreo dentro de su arquitectura son: (Brik et al., 2018), O. Postolache (2020), Aljahdali (2018), Grigoriadis (2016), Singh (2015), Errobidart (2017), Hung (2019), Bissoli (2019), Amiri (2017), Malavasi (2017), Agyeman (2019) y Ranjan



(2020). Usualmente estos sistemas de monitoreo son revisados por el personal de la salud o familiares de las personas con discapacidad.

### Comandos de voz

El uso de comandos de voz se trata del procesamiento digital del sonido que es controlado por una aplicación que se encarga de entender los comandos que se encuentran explicando, a través del reconocimiento de voz. Luego de este procesamiento del sonido y gracias a las aplicaciones es posible controlar ciertos objetos sin necesidad de una pantalla o teclado. Los sistemas por comandos de voz son denominados usualmente como sistemas IVR (sistemas de respuesta de voz interactiva) (Isyanto et al., 2020).

Al realizar la investigación y las taxonomías nos pudimos dar cuenta de que los comandos de voz se encuentran ampliamente utilizados en las automatizaciones del hogar o dispositivos de asistencia como sillas de ruedas, los autores que hacen uso de esta tecnología son: Mulfari (2014), Singh (2015), Soma (2020), Malavasi (2017) y Ranjan (2020).

### Seguimiento ocular

Según Bergstrom & Schall (2014) se trata de una metodología que permite entender la atención visual. Gracias al seguimiento ocular es posible detectar el punto de mirada, el tiempo que prestan atención y los movimientos que realizan los ojos de los usuarios.

Al combinar tecnologías de seguimiento ocular con automatización de objetos, es posible hacer que los objetos realicen ciertas acciones en base a lo que ocurra con la mirada del usuario, como por ejemplo interactuar con ciertos elementos del hogar al permitirlos encenderlos y apagarlos, entre las soluciones que se orientan a esta tecnología están las de Alapetite & Hansen (2017) y Bissoli (2019)

En la Tabla 15 se presentan los desarrollos de software que fueron implementados por los autores, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.

| <b>Software</b>         | <b>Enfoques relacionados</b>                                     |
|-------------------------|--|
| Juego serio             | S02, S03, S05, S18   |
| Realidad virtual        | S05  |
| Inteligencia artificial | S17  |
| Sistemas de monitoreo   | S04, S05, S06., S07, S09, S10, S11, S13, S14, S15, S16, S18, S19 |
| Comandos de voz         | S08, S09, S12, S16, S19  |
| Seguimiento ocular      | S01, S13   |

Tabla 15 - Resumen de soluciones que incluyen software

### Hardware

Pablo (2015) define al hardware como los dispositivos eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos que forman parte de un sistema informático, en el caso de este estudio es considerado



como hardware los diferentes módulos que pueden ser conectados a las plataformas electrónicas y sensores, que son los encargados de la recolección de datos.

### Módulo de reconocimiento de voz

Los módulos de reconocimiento de voz son placas electrónicas que posee características especiales como el control de acceso por voz, control de varios dispositivos a través de la voz, permite la automatización de elementos del hogar mediante voz. Estos módulos con el uso en conjunto del Arduino o Raspberry Pi pueden ser potenciado ampliamente, y lograr proyectos de gran realce en las diferentes áreas (Angulo et al., 2010).

Los proyectos que han sido desarrollados con el uso de módulos de reconocimiento de voz son los de Alapetite & Hansen (2017), Mulfari (2014), Singh (2015), Soma (2020), Malavasi (2017) y Ranjan (2020), ellos en sus estudios logran controlar diferentes objetos, como electrodomésticos, luces, sillas de ruedas, etc. mediante comandos de voz.

### Sensores

Jon (2005) define a los sensores como dispositivos que son capaces de convertir fenómenos físicos en señales eléctricas. Los sensores son interfaces entre el mundo físico y los dispositivos electrónicos. Es importante también incorporar en esta clasificación a los bio sensores comprenden todos aquellos dispositivos que son capaces de recolectar información de manera constante a partir de mediciones biológicas, estos bio sensores se encuentran colocados en partes específicas del cuerpo para realizar mediciones de determinados signos vitales (Ciorap et al., 2018).

Por su parte el principal objetivo de los sensores es la de recolectar datos que son de interés para los usuarios, estos sensores se encuentran conectados a las diferentes plataformas electrónicas que fueron descritas en la sección anterior. Los sensores han sido mayormente utilizado, algunos de los autores que los integran son: Alapetite & Hansen (2017), Brik (2018), Mulfari (2014), Soma (2020), (Malavasi (2017) y Li (2019). El listado completo se lo puede apreciar en la Tabla 15.

Mientras que los bio sensores combinados con sistemas de monitoreo resultan importantes para los profesionales de la salud, ya que les permite conocer el estado de salud de las personas en todo momento y desde cualquier lugar, también aportan útilmente en su uso para la rehabilitación. Los autores O. Postolache (2020), Amiri (2017) y Agyeman (2019) implementan estos dispositivos en sus artículos.

### Geoposicionamiento

El GPS (sistema de posicionamiento global) se trata de un sistema que permite ubicar cualquier objeto sobre el planeta, brinda una gran precisión, y es de gran utilidad en varias áreas, como la



logística. En la actualidad se ha integrado el GPS en vehículos, maquinaria, computadoras y celulares (Gamble, 2009).

Aljahdali (2018) hace uso del GPS en su propuesta, la cual consiste en la elaboración de un andador inteligente, el cual también integra sensores, el andador propuesto es capaz de almacenar la ruta del usuario y enviar la ubicación en tiempo real a la persona que se haya asignado.

En la Tabla 16 se presentan elementos de hardware que fueron utilizados por los autores, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.

| <b>Hardware</b>                 | <b>Enfoques relacionados</b>   |
|---------------------------------|--|
| Módulo de reconocimiento de voz | S01, S08, S09, S12, S16, S19   |
| Sensores                        | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18 |
| Geoposicionamiento              | S06  |

Tabla 16 - Resumen de soluciones que incluyen hardware

## Tipo de tecnología de procesamiento

En esta sección se trata del enfoque que tienen las aplicaciones realizadas por los diferentes autores, aquí se definen si se tratan de aplicaciones alojadas en la nube, de microservicios, sistemas ciberfísicos o de aplicaciones de cliente.

### Servidores en la nube

VMware Inc (2021) define a los servidores en la nube como “un recurso de servidor centralizado y agrupado que se aloja y distribuye a través de una red (generalmente Internet) y al que pueden acceder múltiples usuarios cuando lo necesiten”.

El hecho de contar con servidores en la nube brinda múltiples ventajas como: la asequibilidad debido a que es más barato que adquirir una infraestructura propia, comodidad al permitir desplegar infraestructuras de manera fácil y rápida al evitarse las instalaciones, escalabilidad ya que es posible ir obteniendo más recursos a medida que se vayan incrementando las necesidades y fiabilidad por que brindan una alta calidad de servicio.

En este caso varios autores han optado por desplegar sus servicios en la nube, debido a las ventajas descritas anteriormente, los autores que han optado por esta opción son: G. Postolache (2019), Brik (2018), O. Postolache (2020), Aljahdali (2018), Grigoriadis (2016), Singh (2015), Hung (2019), Amiri (2017) y Malavasi (2017).

### Bases de datos en la nube

Al igual que los servidores en la nube se tratan de servidores centralizados y agrupados distribuidos a través de la red, es comúnmente usado debido a que brinda la posibilidad de ir



creciendo en almacenamiento según vayan creciendo las necesidades de los usuarios, también por que brinda una alta confiabilidad y puede ser accedida desde cualquier parte.

Entre los autores que han optado por colocar sus bases de datos en la nube están: Brik (2018), O. Postolache (2020), Aljahdali (2018), Grigoriadis (2016) Hung (2019) y Amiri (2017).

### Microservicios

Thönes (2015) define a los microservicios como pequeñas aplicaciones que se pueden desplegar, escalar y probar de manera independiente. Con los microservicios se puede lograr que las aplicaciones puedan ser divididas en varios elementos independientes. Una de las ventajas de los microservicios es que las aplicaciones pueden ser distribuidas mucho más rápidas.

En nuestro estudio se ha podido localizar que únicamente G. Postolache (2019) hace uso de esta tecnología en su solución propuesta.

### Sistemas ciberfísicos

Los sistemas ciberfísicos hacen referencia a una nueva generación de sistemas, que cuentan con capacidades físicas y computacionales integradas capaces de permitir que las personas puedan interactuar con las computadoras a través de nuevas modalidades (Letichevsky et al., 2017). Los sistemas ciberfísicos están siendo aplicadas en múltiples áreas como son la fabricación de energía, el transporte, ciudades inteligentes, y la salud, en nuestro estudio encontramos que Grigoriadis (2016) ya propone el uso de esta tecnología, específicamente en el despliegue de la salud 4.0.

### Aplicación de cliente

Estas aplicaciones son aquellas que se ejecutan en el lado del usuario final, utilizan la capacidad de procesamiento de los dispositivos de los mismos, estos pueden estar orientados para ejecutarse en computadoras personales o en dispositivos móviles como celulares o tablets. Se pudo constatar que en su mayoría los autores han orientado sus desarrollos al despliegue en los dispositivos de los clientes, algunos de los autores que han optado por esta solución son: Alapetite & Hansen (2017), Singh (2015), Hung (2019), Agyeman (2019) y Ranjan (2020). El listado completo de las soluciones se puede apreciar en la Tabla 16.

En la Tabla 17 se presentan los tipos de tecnologías sobre los que han sido desplegados cada solución, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.

| <b>Tipo de tecnología</b> | <b>Enfoques relacionados</b>                               |
|---------------------------|--|
| Servidores en la nube     | S03, S04, S05, S06, S07, S09, S11, S15, S16                |
| Bases de datos en la nube | S04, S05, S06, S07, S11, S15                               |
| Microservicios            | S03  |
| Sistemas ciberfísicos     | S07  |
| Apliación de cliente      | S01, S02, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S17, S18, S19 |

Tabla 17 - Resumen de soluciones según el tipo de tecnología

## Uso de IoT

En esta sección se clasifican a las soluciones presentadas por los autores seleccionados según la forma en la que está siendo utilizado el IoT en personas con discapacidad, según nuestro estudio realizado el uso que se le puede dar es mediante dispositivos de asistencia o tratamiento y rehabilitación.

### Dispositivos para asistencia

Los dispositivos de asistencia son aquellos que permiten a las personas con discapacidad realizar sus actividades de la vida diaria con una mayor independencia, se puede observar que la mayoría de soluciones están orientados a darle este uso, esto debido a que este concepto abarca todo el tema de la automatización de hogares y dispositivos inteligentes. Entre los autores que han desarrollado estos dispositivos son Alapetite & Hansen, (2017), Aljahdali (2018), Bissoli (2019), Brik (2018), Errobidart (2017), Husin & Lim (2020), Malavasi (2017), Mulfari (2014), Ranjan (2020), Singh (2015) y Soma (2020)

### Dispositivos para tratamiento y rehabilitación

La OMS (2020b) define al tratamiento como un conjunto de medios que trata de curar o aliviar los dolores de alguna enfermedad, y la rehabilitación en cambio es el conjunto de intervenciones que trata de reducir las discapacidades de las personas para mejorar su interacción con el entorno.

En este contexto se han desarrollado aplicaciones que mejoran y ayudan a las personas en sus procesos de rehabilitación y tratamiento, esas soluciones son las desarrolladas por Agyeman (2019), Agyeman & Al-Mahmood (2019), Amiri (2017), Grigoriadis (2016), Hung (2019), G. Postolache (2019), O. Postolache (2020) y Li (2019).

En la Tabla 18 se presentan los usos de IoT que forman parte los artículos seleccionados, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.

| <b>Uso de IoT</b>            | <b>Enfoques relacionados</b>                               |
|------------------------------|--|
| Dispositivos de asistencia   | S01, S04, S06, S08, S09, S10, S12, S13, S14, S16, S17, S19 |
| Tratamiento y rehabilitación | S02, S03, S05, S07, S11, S15, S18                          |

Tabla 18 - Resumen de soluciones según el uso del IoT

## Tratamiento de datos

Para que los datos puedan ser visualizados y analizados por los usuarios finales es necesario que los mismos pasen por varias etapas, que son la recopilación, almacenamiento y procesamiento. En esta sección describe cada una de las etapas.



## Recopilación

En la actualidad todo gira alrededor de los datos, es necesario que estos sean obtenidos de manera segura, rápida y confiable. Los datos pueden ser obtenidos a través de sensores o ser generados por los usuarios de las diferentes aplicaciones existentes, pero en su mayoría son generados por las denominadas redes de sensores inalámbricos (WSN), que son los encargados de recolectar datos de manera autónoma y posteriormente enviarlos a un servidor para su almacenamiento (Camargo Ariza et al., 2020). En este estudio se puede observar que todos los datos obtenidos por las diferentes fuentes son almacenados con la finalidad de alimentar los sistemas de monitoreo que presentan. Estos estudios se pueden observar en la Tabla 18.

## Almacenamiento

Luego de la recopilación y transmisión de datos es necesario que estos sean almacenados. El almacenamiento de datos es el proceso mediante el cual los datos obtenidos son guardados en bases de datos (relacionales o no relacionales) o en ficheros, cualquiera de las dos opciones deben ser ordenadas y brindar seguridad y estabilidad, a fin de que se garantice la consistencia de los datos (Perez, 2019).

## Procesamiento

Luego de la recopilación y almacenamiento de los datos se realiza la explotación de los mismos, en esta etapa los datos son traducidos en información utilizable y entendible para los usuarios finales (Perez, 2019).

En este estudio se pudo observar que casi todas las soluciones constan con sistemas de monitoreo, que muestra información útil para los usuarios interesados, lo cual indica que esa información ya ha pasado por las etapas anteriores.

## Análisis

Esta es la etapa final del ciclo de los datos, en este caso esos datos transformados en información son traducidos en informes y gráficos entendibles para las personas. Con esta información valiosa se pretende que la toma de decisiones sea mucho más acertada (Perez, 2019), y también crear mecanismos que permitan mejorar los sistemas propuestos por los diferentes autores.

En la Tabla 19 se presentan las fases que siguen los datos obtenidos, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.



| <b>Tratamiento de datos</b> | <b>Enfoques relacionados</b>  |
|-----------------------------|---|
| Recopilación                | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 |
| Almacenamiento              | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 |
| Procesamiento               | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 |
| Análisis                    | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19 |

Tabla 19 - Resumen del trato que le dan a los datos cada solución

## Plataforma de despliegue

En la presente sección se presenta las diferentes plataformas en las que pueden ser desplegadas las soluciones que fueron recopiladas en la SLR.

### PC

Una PC (computadora personal) es un conjunto de piezas electrónicas, o hardware que, si se combinan con un software, se transforman en una de los avances tecnológicos más grandes de todos los tiempos (Roman Romay & Rodriguez Perez, 2002).

Una idea básica de lo que es una computadora personal no ha cambiado con el pasar de los años, pero lo que si ha cambiado es su rapidez y tamaño, sin embargo, este tipo de tecnología ha sido de gran ayuda en el campo de la medicina y a su vez de la discapacidad.

Existen diversas formas de ayudar a personas con discapacidad tales como teclados especiales o sintetizadores de voz que juntos constituyen la PC, podemos decir que es un instrumento de suma importancia para la igualdad de oportunidades en cuanto a las personas con esta condición (Restrepo, 2011).

Algunos de los autores que han desplegado sus soluciones sobre las PCs son: Agyeman & Al-Mahmood (2019), O. Postolache (2020), Grigoriadis (2016) y Singh (2015).

### Teléfono inteligente

Los teléfonos inteligentes o smartphones han revolucionado no solo la forma de comunicarnos si no también la forma de divertirnos y como no la forma en la que cuidamos nuestra salud.

Con solo programar un simple cronometro podemos controlar el tiempo que hacemos ejercicio, por ejemplo, o el hecho de colocar una alarma podemos saber cuántas horas pretendemos dormir, estas y muchas otras cosas que conjuntamente con el uso de las aplicaciones móviles han ayudado al bienestar ya sea en nuestra dieta y gestión de ejercicio para mejorar nuestra salud.

Telefonica (2019) dice que en la actualidad “Nuestra vida digital cada vez pasa en mayor medida a través de los teléfonos inteligentes. El uso que hacemos de internet para trabajar, relacionarnos o

entretenernos, se desvincula progresivamente de los dispositivos fijos, aquellos anclados a un lugar concreto, y se hace ubicuo. Y el smartphone es el terminal rey para acceder a las redes, preferido a otros como las tabletas o los wearables, los dispositivos que se incorporan a alguna parte de nuestro cuerpo e interactúan con él o con otros aparatos”

Los teléfonos inteligentes pretenden cubrir una necesidad social, pero al mismo tiempo pueden ayudar o ser partícipes de múltiples proyectos, orientando a las personas con discapacidad ya que son especialmente buenos integrando texto, voz, video e imágenes en diferentes aplicaciones programadas. En el caso de la presente investigación se pudo constatar que los autores que desarrollaron aplicaciones para teléfonos inteligentes son: Alapetite & Hansen (2017), Aljahdali (2018), Singh (2015), Husin & Lim (2020), Ranjan (2020), entre otros. La lista completa se la puede apreciar en la Tabla 19.

### Reloj inteligente

A medida que pasa los años la tecnología sigue avanzando y por ende busca establecer nuevas tendencias innovadoras en cuanto a moda y comodidad, sin embargo, esto ha sido de gran utilidad en cuanto a nuevos dispositivos que permiten la monitorización o el control más cercano de las personas, entre ellos se destaca por ejemplo el reloj inteligente o smartwatch, que realizan múltiples funciones básicas como la toma de presión o el latido cardíaco de una persona. Partiendo de esta nueva tecnología podemos adecuarla para ayudar en el campo de la medicina y que mejor si nos dirigimos a las personas con algún tipo de discapacidad.

El fenómeno de los smartwatches empezó a expandirse desde 2016, los nuevos relojes inteligentes tienen múltiples funciones atractivas, con diferentes marcas y modelos, por ende, un diseño inclusivo que agrupa las mejores cualidades para satisfacer necesidades a personas con discapacidad, se vio la manera de generar proyectos en los que ayuden a este segmento de personas (Molina, 2020).

Amiri (2017) hace uso de relojes inteligentes, mediante el acelerómetro con el que vienen incorporados, detecta comportamientos de aleteo, pintura y hermandad que son comunes en niños con autismo, estos datos son enviados a la nube para su posterior análisis.

En la Tabla 20 se presentan las plataformas de despliegue de las soluciones planteadas por los autores, los artículos se encuentran codificados según el Anexo 1.

| <b>Plataforma de despliegue</b> | <b>Enfoques relaciones</b>                                      |
|---------------------------------|---|
| PC                              | S02, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S13, S17, S18      |
| Teléfono inteligente            | S01, S03, S05, S06, S07, S08, S09, S11, S12, S14, S15, S16, S19 |
| Reloj inteligente               | S15   |

Tabla 20 - Resumen plataforma que despliega solución



## Capítulo 5 – Conclusiones y trabajo futuro

### Conclusiones

A continuación, se detalla la consecución de cada uno de los objetivos que fueron planteados inicialmente.

#### Objetivo general

El objetivo general de esta tesis es la de *realizar una revisión sistemática de la literatura y proponer taxonomías relacionadas con soluciones de IoT creadas para personas con discapacidades.*

Este objetivo se ha concluido exitosamente, ya que a lo largo de la investigación se ha evidenciado la aplicación de una metodología clara, repetible y replicable que además fue sometida a una evaluación de la calidad. Partiendo de la revisión se plantearon taxonomías relacionadas con soluciones de IoT orientadas a personas con discapacidades, las cuales abarcan las diferentes áreas que las componen, tales como la conectividad, plataformas electrónicas, software, hardware, IoT, tratamiento de datos, entre otros.

#### Objetivos específicos

##### Objetivo específico 1

*Desarrollar una revisión de la literatura que permita identificar y clasificar las diferentes soluciones enfocadas a solventar problemas para personas con discapacidad.*

En este trabajo se ha desarrollado una revisión sistemática de la literatura (SLR, *Systematic Literature Review*), siguiendo la metodología de Kitchenham (2007). Al realizar la búsqueda de los artículos se obtuvieron 104 resultados en todas las librerías, pero para la selección de los estudios se realizó un filtro mediante criterios de inclusión y exclusión que permitió seleccionar los artículos más adecuados, al aplicar estos filtros se seleccionaron 19 artículos, los mismos que fueron sometidos a evaluaciones de calidad, los criterios para esto fue según la relevancia del congreso y el número de citas que tiene cada artículo, posterior a esto se plantearon criterios de extracción que permitió identificar y clasificar las diferentes soluciones orientadas a la resolución de problemas para personas con discapacidad. Pudimos constatar que el IoT se encuentra ampliamente utilizado para asistir a personas con discapacidades motoras, visuales, del habla e intelectuales o cognitivas a través del tratamiento, rehabilitación y dispositivos de asistencia.



## Objetivo específico 2

*Plantear taxonomías que emerjan de la revisión sistemática planteada y que sirvan de soporte para que el personal de la salud pueda seleccionar la mejor opción durante sus procesos de diagnóstico, pronóstico y tratamiento.*

Se han presentado taxonomías de IoT para personas con discapacidad, las cuales presentan una amplia gama de soluciones que pueden ser usadas en personas con discapacidad, estas soluciones incluyen conectividad, soluciones de software, hardware, plataformas electrónicas y de despliegue. Estas taxonomías resultan importantes, ya que el uso de IoT en personas con discapacidad reduce el riesgo de que sufran algún tipo de accidente, y también en otros casos facilitan el acceso a ciertos elementos del hogar, brindándoles una mayor autonomía.

## Objetivo específico 3

*Realizar una evaluación de la calidad de la evidencia obtenida y de la revisión sistemática planteada (validación del protocolo de la revisión, validación de estudios primarios, evaluación de la calidad de los estudios, evaluación de extracción y de las clasificaciones).*

Al finalizar la revisión sistemática planteada se procedió a realizar la evaluación de la calidad de la evidencia obtenida, es por esto que se puede concluir que el 89.47% de los artículos seleccionados han sido considerados como relevantes, debido a que han sido publicados en revistas incluidas en las listas del JCR o en congresos clasificados como A.

Otro de los aspectos que fueron considerados para la evaluación de la calidad tanto de los artículos como de la revisión fueron el número de citas de los estudios seleccionados, aquí se determinó que el 68.42% obtuvieron el máximo puntaje que es de 10, mientras que el 31.58% de los artículos obtuvieron un puntaje de 5, dando esto como conclusión de que los estudios seleccionados cuentan con un alto nivel de calidad que garantizan la veracidad de los resultados obtenidos en la SLR.

## Trabajo futuro

Como recomendación para trabajos futuros se puede sugerir, el promover una investigación tanto cualitativa como cuantitativa para comprender de mejor manera la realidad de cada una de las personas con discapacidad que utilizan IoT, ya que su opinión servirá para poder palpar de mejor manera la realidad actual de la accesibilidad que tienen a dichos dispositivos.

Adicional se puede recomendar a las empresas que correspondan, un estudio que conlleve encuestas o entrevistas, de esta forma podemos sensibilizarnos a la realidad de las personas con discapacidad, con el objetivo de saber su necesidad y tener en cuenta la misma para el diseño y creación de nuevas tecnologías o productos.



En cuanto a la comunidad, se debería motivar a los jóvenes a la creación de distintas tecnologías para las personas con discapacidad, ya que, si tenemos a personas lo suficientemente motivadas y preparadas, en el futuro se podrá contar con más herramientas que sean útiles.

## Referencias

- Agyema, M. O., & Al-Mahmood, A. (2019). Design and implementation of a wearable device for motivating patients with upper and/or lower limb disability via gaming and home rehabilitation. *2019 4th International Conference on Fog and Mobile Edge Computing, FMEC 2019*, 247–252. <https://doi.org/10.1109/FMEC.2019.8795317>
- Agyeman, M. O., Al-Mahmood, A., & Hoxha, I. (2019). A Home Rehabilitation System Motivating Stroke Patients with Upper and/or Lower Limb Disability. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3386164.3386168>
- Ahmadi, H., Arji, G., Shahmoradi, L., Safdari, R., Nilashi, M., & Alizadeh, M. (2019). The application of internet of things in healthcare: a systematic literature review and classification. In *Universal Access in the Information Society* (Vol. 18, Issue 4). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s10209-018-0618-4>
- Alapetite, A., & Hansen, J. P. (2017). Dynamic Bluetooth beacons for people with disabilities. *2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2016*, 36–41. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2016.7845481>
- Aljahdali, M., Abokhamees, R., Bensenouci, A., Brahim, T., & Bensenouci, M. A. (2018). IoT based assistive walker device for frail & visually impaired people. *2018 15th Learning and Technology Conference, L and T 2018*, 171–177. <https://doi.org/10.1109/LT.2018.8368503>
- Amiri, A., Peltier, N., Goldberg, C., Sun, Y., Nathan, A., Hiremath, S., & Mankodiya, K. (2017). WearSense: Detecting Autism Stereotypic Behaviors through Smartwatches. *Healthcare*, 5(1), 11. <https://doi.org/10.3390/healthcare5010011>
- Angulo, I., Etxebarria, M., & M<sup>a</sup>, J. (2010). *Aplicaciones del módulo de reconocimiento de voz “VRbot” con microcontroladores PIC*. May 2014, 62–65.
- Aqeel, M. (2020). Internet of Things Systematic literature review of security and future research. *Digitala Vetenskapliga Arkivet*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-420118>
- Arabia, S., & Arabia, S. (2017). IoT BASED REAL-TIME VOICE ANALYSIS AND SMART MONITORING SYSTEM FOR DISABLED PEOPLE. *Asia Pacific Journal of Contemporary Education and Communication Technology*, 3(2). <https://doi.org/10.25275/apjcectv3i2ict5>
- Asghari, P., Rahmani, A. M., & Javadi, H. H. S. (2019). Internet of Things applications: A systematic review. *Computer Networks*, 148, 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.12.008>
- Ayuso-Mateos, J. L., Nieto-Moreno, M., Sánchez-Moreno, J., Vázquez-Barquero, J. L., WHO, Mildred, J., Ortiz, E., Laura, S., Rivera, M., Volumen, A. R. T., Diciembre, J., La, U.,



- Internacional, C., La, D. E., Salud, D. Y. D. E. L. A., Cacciavillani, F., & Altman, B. M. (2018). Deficiencias Discapacidades Y Minusvalías. *Medicina Clínica*, 126(12), 1–1189.
- B. Kitchenham, S. C. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*.
- Bergstrom, J. R., & Schall, A. J. (2014). *Eye Tracking in User Experience Design*.
- Bissoli, A., Lavino-Junior, D., Sime, M., Encarnação, L., & Bastos-Filho, T. (2019). A human–machine interface based on eye tracking for controlling and monitoring a smart home using the internet of things. *Sensors (Switzerland)*, 19(4), 1–26. <https://doi.org/10.3390/s19040859>
- Brik, B., Esseghir, M., Merghem-Boulahia, L., & Snoussi, H. (2018). Indoor Thermal Comfort Collection of People with Physical Disabilities. *2018 International Symposium on Networks, Computers and Communications, ISNCC 2018*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISNCC.2018.8531038>
- Burhan, M., Rehman, R. A., Khan, B., & Kim, B. S. (2018). IoT elements, layered architectures and security issues: A comprehensive survey. *Sensors (Switzerland)*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/s18092796>
- Cáceres Rodríguez, C. (2021). Sobre el concepto de discapacidad. Una revisión de las propuestas de la OMS. *Auditio*, 2(3), 74–77. <https://doi.org/10.51445/sja.auditio.vol2.2004.0030>
- Camargo Ariza, L., Gomez Rojas, J., & Gasca, M. (2020). *La ciudad inteligente y la gestión de las TIC*.
- Cascone, F. D., Martorelli, M., Gloria, A., Nathan-Roberts, D., & Lanzotti, A. (2019). Towards Adaptive Switches through implementation of visual feedback in assistive devices. *2019 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2019 - Proceedings*, 43–48. <https://doi.org/10.1109/METROI4.2019.8792893>
- Castejon Costa, J. L., & Navas Martinez, L. (2007). *Unas bases psicológicas de la Educación Especial*.
- Cedillo, P., Sanchez, C., Campos, K., & Bermeo, A. (2018). A Systematic Literature Review on Devices and Systems for Ambient Assisted Living: Solutions and Trends from Different User Perspectives. *2018 5th International Conference on EDemocracy and EGovernment, ICEDEG 2018*, 59–66. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2018.8372367>
- Ciorap, R., Andritoi, D., Ciorap, M., & Munteanu, M. (2018). Monitoring System for Home-Based Hand Rehabilitation. *EPE 2018 - Proceedings of the 2018 10th International Conference and Expositions on Electrical And Power Engineering*, 836–839. <https://doi.org/10.1109/ICEPE.2018.8559682>
- Colpani, R., & Homem, M. R. P. (2015). Estudo preliminar sobre revisão sistemática da literatura de realidade aumentada e virtual aplicada a deficiência motora e cognitiva. *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI 2015*, 2–5. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170532>



- CONADIS. (2020). *Estadísticas de discapacidad*.  
<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Dehem, S., Lejeune, T., Stoquart, G., Heins, S., Dehez, B., Montedoro, V., Edwards, M., Rocca, F., De Deken, P. H., & Mancas, M. (2017). Robotic-assisted serious game for motor and cognitive post-stroke rehabilitation. *2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2017*, iv. <https://doi.org/10.1109/SeGAH.2017.7939262>
- Deng, C. S., & Chin, J. H. (2004). Informe mundial sobre la discapacidad. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 126(3), 524–534.  
<https://doi.org/10.1115/1.1765142>
- Domingo, M. C. (2012). An overview of the Internet of Things for people with disabilities. *Journal of Network and Computer Applications*, 35(2), 584–596.  
<https://doi.org/10.1016/j.jnca.2011.10.015>
- Elsahar, Y., Hu, S., Bouazza-Marouf, K., Kerr, D., & Mansor, A. (2019). Augmentative and alternative communication (AAC) advances: A review of configurations for individuals with a speech disability. *Sensors (Switzerland)*, 19(8). <https://doi.org/10.3390/s19081911>
- Errobidart, J., Uriz, A. J., Gonzalez, E., Gelosi, I. E., & Etcheverry, J. A. (2017). Offline domotic system using voice comands. *2017 8th Argentine Symposium and Conference on Embedded Systems, CASE 2017*, 25–30. <https://doi.org/10.23919/SASE-CASE.2017.8115370>
- Fabela, I. B., Salazar, A. T., & Escobar, M. M. (2016). lot, El Internet De Las Cosas Y La Innovación De Sus Aplicaciones. *VinculaTégica EFAN*, 1, 2313–2340.  
<http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Revistas/R2/2313-2340> - lot, El Internet De Las Cosas Y La Innovacion De Sus Aplicaciones.pdf
- Fox, M. H., Krahn, G. L., Sinclair, L. B., & Cahill, A. (2015). Using the international classification of functioning, disability and health to expand understanding of paralysis in the United States through improved surveillance. *Disability and Health Journal*, 8(3), 457–463.  
<https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2015.03.002>
- Fundación Telefónica. (2011). *Realidad aumentada: una nueva lente para ver el mundo*.
- Gamble, K. H. (2009). Tracking technologies: real-time tracking technology may promise futuristic functionality, but many CIOs are using it today to save money. *Healthcare Informatics : The Business Magazine for Information and Communication Systems*, 25(14), 50–52.
- Gobierno de Chile. (2007). *Necesidades educativas especiales asociadas a discapacidad motora*. 148.
- Grigoriadis, N., Bakirtzis, C., Politis, C., Danas, K., & Thuemmler, C. (2016). Health 4.0: The case of multiple sclerosis. *2016 IEEE 18th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2016*.  
<https://doi.org/10.1109/HealthCom.2016.7749437>



- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Harari, I., Fava, L., Díaz, J., Altoaguirre, P., & Torales, R. (2018). *Rampas Digitales Innovativas para Personas con Discapacidad*. 886–890. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68092/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68092/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Huang, A., & Rudolph, L. (2005). *Bluetooth for Programmers*. 92. <https://people.csail.mit.edu/rudolph/Teaching/Articles/PartOfBTBook.pdf>
- Hung, L. P., Liu, C. L., Shih, J. Y., & Wang, J. P. (2019). An Innovative Assisted Living Technology for Short-Term Memory Training at Home. *2019 International Conference on Engineering, Science, and Industrial Applications, ICESI 2019*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICESI.2019.8863031>
- Husin, M. H., & Lim, Y. K. (2020). InWalker: smart white cane for the blind. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 15(6), 701–707. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1615999>
- Ismail Al-Alawi, A. (2006). WiFi Technology: Future Market Challenges and Opportunities. *Journal of Computer Science*, 2(1), 13–18.
- Isyanto, H., Arifin, A. S., & Suryanegara, M. (2020). Design and Implementation of IoT-Based Smart Home Voice Commands for disabled people using Google Assistant. *Proceeding - ICoSTA 2020: 2020 International Conference on Smart Technology and Applications: Empowering Industrial IoT by Implementing Green Technology for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1109/ICoSTA48221.2020.1570613925>
- Jon, W. (2005). *Sensor Technology Handbook*.
- Kakkar, S. (2020). A SYSTEMATIC LITERATURE SURVEY : INTERNET OF THINGS Vishal Monga. 4(3), 36–43.
- Kshirsagar, S., Sachdev, S., Singh, N., Tiwari, A., & Sahu, S. (2020). IoT Enabled Gesture-Controlled Home Automation for Disabled and Elderly. *Proceedings of the 4th International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2020, Iccmc*, 821–826. <https://doi.org/10.1109/ICCMC48092.2020.ICCMC-000152>
- Letichevsky, A. A., Letychevskiy, O. O., Skobelev, V. G., & Volkov, V. A. (2017). Cyber-Physical Systems. *Cybernetics and Systems Analysis*, 53(6), 821–834. <https://doi.org/10.1007/s10559-017-9984-9>
- Li, J., Kim, J., & Chen, X. “Anthony.” (2019). *Robiot: A Design Tool for Actuating Everyday Objects with Automatically Generated 3D Printable Mechanisms*. 673–685. <https://doi.org/10.1145/3332165.3347894>



- López, J. C. (2019). Proyecto de robótica educativa. *Pdf*, 1(2), 1–44.
- M. Jette, A., Mason Spicer, C., & Lalitha Flaubert, J. (2017). The Promise of Assistive Technology to Enhance Activity and Work Participation. In *The Promise of Assistive Technology to Enhance Activity and Work Participation*. <https://doi.org/10.17226/24740>
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 03(05), 164–173. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Malavasi, M., Turri, E., Atria, J. J., Christensen, H., Marxer, R., Desideri, L., Coy, A., Tamburini, F., & Green, P. (2017). An Innovative Speech-Based User Interface for Smarthomes and IoT Solutions to Help People with Speech and Motor Disabilities. *Studies in Health Technology and Informatics*, 242, 306–313. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-798-6-306>
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Maswadi, K., Ghani, N. B. A., & Hamid, S. B. (2020). Systematic Literature Review of Smart Home Monitoring Technologies Based on IoT for the Elderly. *IEEE Access*, 8, 92244–92261. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992727>
- Mihelj, M., & Podobnik, J. (2012). *Introduction to Virtual Reality*. 1–33. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5718-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5718-9_1)
- Molina, G. (2020). *Tecnolandia: El mundo mágico de las tecnologías*.
- Montagud, S., Abrahão, S., & Insfran, E. (2012). A systematic review of quality attributes and measures for software product lines. *Software Quality Journal*, 20(3–4), 425–486. <https://doi.org/10.1007/s11219-011-9146-7>
- Mulfari, D., Celesti, A., Fazio, M., Villari, M., & Puliafito, A. (2014). Using embedded systems to spread assistive technology on multiple devices in smart environments. *Proceedings - 2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, IEEE BIBM 2014*, 5–11. <https://doi.org/10.1109/BIBM.2014.6999234>
- Nazir, S., Ali, Y., Ullah, N., & García-Magariño, I. (2019). Internet of Things for Healthcare Using Effects of Mobile Computing: A Systematic Literature Review. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5931315>
- OMS. (1999). CIDDM-2 Clasificación Internacional del Funcionamiento y la Discapacidad, borrador Beta-2. *Organización Mundial de La Salud*, 1–219.
- OMS. (2017). *10 datos sobre la discapacidad*. <https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/>
- OMS. (2020a). *Discapacidad y Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>



- OMS. (2020b). *Rehabilitación*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation>
- Pablo, D. S. (2015a). Software y Hardware. *Google Sites*.  
<https://sites.google.com/site/logicadeprogramacionarлак/1-software-1>
- Pablo, D. S. (2015b). Software y Hardware. *Google Sites*.
- Papalia, D. E., & Martorell, G. (2017). *Desarrollo humano* (13th ed.). McGraw-Hill.
- Perez, A. (2019). *Las 4 fases del ciclo de vida de los datos*.  
<https://www.obsbusiness.school/blog/las-4-fases-del-ciclo-de-vida-de-los-datos>
- Postolache, G., Girao, P. S., Postolache, O. A., Dias Pereira, J. M., & Viegas, V. (2019). IoT based model of healthcare for physiotherapy. *Proceedings of the International Conference on Sensing Technology, ICST, 2019-Decem*. <https://doi.org/10.1109/ICST46873.2019.9047710>
- Postolache, O., Alexandre, R., Geman, O., Jude Hemanth, D., Gupta, D., & Khanna, A. (2020). Remote Monitoring of Physical Rehabilitation of Stroke Patients using IoT and Virtual Reality. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 8716(c)*.  
<https://doi.org/10.1109/JSAC.2020.3020600>
- Ramya, C. M., Shanmugaraj, M., & Prabakaran, R. (2011). Study on ZigBee technology. *ICECT 2011 - 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology, 6*, 297–301.  
<https://doi.org/10.1109/ICECTECH.2011.5942102>
- Ranjan, D., Viral, R., Kumar, S., Yadav, G., & Kumar, P. (2020). Multipurpose Voice Control-Based Command Instruction System. In *International Conference on Intelligent Computing and Smart Communication* (pp. 1641–1655). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-0633-8\\_158](https://doi.org/10.1007/978-981-15-0633-8_158)
- Rathi, N., Kakani, M., El-Sharkawy, M., & Rizkalla, M. (2018). Wearable low power pre-fall detection system with IoT and bluetooth capabilities. *Proceedings of the IEEE National Aerospace Electronics Conference, NAECON, 2017-June*, 241–244.  
<https://doi.org/10.1109/NAECON.2017.8268778>
- Restrepo, J. (2011). *Computadoras para todos*.
- Roman Romay, I., & Rodriguez Perez, L. (2002). *IMPORTANCIA DE LA INFORMÁTICA EN LOS DISCAPACITADOS*.
- Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. *Alienta Editorial*, 352.  
[https://planetadelibrosar0.cdnstatics.com/libros\\_contenido\\_extra/40/39307\\_Inteligencia\\_artificial.pdf](https://planetadelibrosar0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39307_Inteligencia_artificial.pdf)
- Sánchez Zhunio, B. C. (2018). Metodología para la creación de interfaces inteligentes aplicadas a ambient assisted living (AAL). *Universidad de Cuenca*.



- Shubankar, B., Chowdhary, M., & Priyaadharshini, M. (2019). IoT Device for Disabled People. *Procedia Computer Science*, 165(2019), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.01.092>
- Singh, V. K., Baghoriya, S., & Bohara, V. A. (2015). HELPER: A home assisted and cost effective living system for people with disabilities and homebound elderly. *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC, 2015-Decem*, 2115–2119. <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2015.7343647>
- Soma, S., Patil, N., & F, S. (2020). An approach to develop a smart and intelligent wheelchair. *European Journal of Molecular and Clinical Medicine*, 7(4), 2214–2222.
- Telefonica. (2019). *Teléfonos inteligentes. Abriendo las puertas al mundo digital*.
- Thönes, J. (2015). Microservices. *IEEE Software*, 32(1). <https://doi.org/10.1109/MS.2015.11>
- Tiwari, R. (2017). An Overview of Internet of Things (IoT): From Literature Survey to Application Implementation Perspective. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 04(01), 575–582. <https://www.irjet.net/archives/V4/i1/IRJET-V4I197.pdf>
- Ulloa, M., Prado-Cabrera, D., & Cedillo, P. (2021). Systematic Literature Review of Internet of Things Solutions Oriented to People with Physical and Intellectual Disabilities. *Proceedings of the 7th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and E-Health - ICT4AWE*, 228–235.
- VMware Inc. (2021). *Servidor de nube*. <https://www.vmware.com/es/topics/glossary/content/cloud-server.html>
- WHO. (2001). Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud. *World Health Organization*, 1–1189.
- Wortmann, F., & Flüchter, K. (2015). Internet of Things: Technology and Value Added. *Business and Information Systems Engineering*, 57(3), 221–224. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0383-3>
- Xiaoyan, K., & Liu, J. (2012). Discapacidad intelectual. *FMC - Formación Médica Continuada En Atención Primaria*, 19(4), 240–241. [https://doi.org/10.1016/s1134-2072\(12\)70363-8](https://doi.org/10.1016/s1134-2072(12)70363-8)
- Zaki, Y., Zhao, L., Goerg, C., & Timm-Giel, A. (2011). LTE mobile network virtualization Exploiting multiplexing and multi-user diversity gain. *Mobile Networks and Applications*, 16(4), 424–432. <https://doi.org/10.1007/s11036-011-0321-7>



## Anexos

### Anexo 1 – Extracción de datos

A continuación, se presenta el listado de los artículos seleccionados, se indica el nombre de los autores, del artículo y el Identificador de Objeto Digital (DOI). Se codifican con la letra “S” seguida de un número secuencial, esto es para posteriormente poder clasificarlo según los criterios de extracción.

- S01. A. Alapetite and J. P. Hansen, “Dynamic Bluetooth beacons for people with disabilities,” in 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2016, Feb. 2017, pp. 36–41, doi: 10.1109/WF-IoT.2016.7845481 (Alapetite & Hansen, 2017)
- S02. M. O. Agyeman and A. Al-Mahmood, “Design and implementation of a wearable device for motivating patients with upper and/or lower limb disability via gaming and home rehabilitation,” in 2019 4th International Conference on Fog and Mobile Edge Computing, FMEC 2019, Jun. 2019, pp. 247–252, doi: 10.1109/FMEC.2019.8795317 (Agyeman & Al-Mahmood, 2019).
- S03. G. Postolache, P. S. Girao, O. A. Postolache, J. M. Dias Pereira, and V. Viegas, “IoT based model of healthcare for physiotherapy,” in Proceedings of the International Conference on Sensing Technology, ICST, Dec. 2019, vol. 2019-December, doi: 10.1109/ICST46873.2019.9047710 (G. Postolache et al., 2019).
- S04. B. Brik, M. Esseghir, L. Merghem-Boulaïhia, and H. Snoussi, “Indoor Thermal Comfort Collection of People with Physical Disabilities,” in 2018 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC), Nov. 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/ISNCC.2018.8531038 (Brik et al., 2018).
- S05. O. Postolache, R. Alexandre, O. Geman, D. Jude Hemanth, D. Gupta, and A. Khanna, “Remote Monitoring of Physical Rehabilitation of Stroke Patients using IoT and Virtual Reality,” IEEE J. Sel. Areas Commun., 2020, doi: 10.1109/JSAC.2020.3020600 (O. Postolache et al., 2020).
- S06. M. Aljahdali, R. Abokhamees, A. Bensenouci, T. Brahim, and M. A. Bensenouci, “IoT based assistive walker device for frail & visually impaired people,” in 15th Learning and Technology Conference (L&T), May 2018, pp. 171–177, doi: 10.1109/LT.2018.8368503 (Aljahdali et al., 2018).
- S07. N. Grigoriadis, C. Bakirtzis, C. Politis, K. Danas, and C. Thuemmler, “Health 4.0: The case of multiple sclerosis,” in 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2016, Nov. 2016, pp. 1–5, doi: 10.1109/HealthCom.2016.7749437 (Grigoriadis et al., 2016).



- S08. D. Mulfari, A. Celesti, M. Fazio, M. Villari, and A. Puliafito, "Using embedded systems to spread assistive technology on multiple devices in smart environments," in IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, IEEE BIBM, Dec. 2014, pp. 5–11, doi: 10.1109/BIBM.2014.6999234 (Mulfari et al., 2014).
- S09. V. K. Singh, S. Baghoriya, and V. A. Bohara, "HELPER: A home assisted and cost effective living system for people with disabilities and homebound elderly," in IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC, Dec. 2015, vol. 2015-December, pp. 2115–2119, doi: 10.1109/PIMRC.2015.7343647 (Singh et al., 2015).
- S10. J. Errobidart, A. J. Uriz, E. Gonzalez, I. E. Gelosi, and J. A. Etcheverry, "Offline domotic system using voice comands," in 8th Argentine Symposium and Conference on Embedded Systems, CASE, Nov. 2017, pp. 25–30, doi: 10.23919/SASE-CASE.2017.8115370 (Errobidart et al., 2017).
- S11. L. P. Hung, C. L. Liu, J. Y. Shih, and J. P. Wang, "An Innovative Assisted Living Technology for Short-Term Memory Training at Home," in International Conference on Engineering, Science, and Industrial Applications, ICESI 2019, Aug. 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICESI.2019.8863031 (Hung et al., 2019).
- S12. S. Soma, N. Patil, F. Salva, and V. Jadhav, "An Approach to Develop a Smart and Intelligent Wheelchair," in 9th Computing, Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2018, Oct. 2018, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICCCNT.2018.8494050 (Soma et al., 2020).
- S13. A. Bissoli, D. Lavino-Junior, M. Sime, L. Encarnaçã, and T. Bastos-Filho, "A human-machine interface based on eye tracking for controlling and monitoring a smart home using the internet of things," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 4, Feb. 2019, doi: 10.3390/s19040859 (Bissoli et al., 2019).
- S14. M. H. Husin and Y. K. Lim, "InWalker: smart white cane for the blind," *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 15, no. 6, pp. 701–707, Aug. 2020, doi: 10.1080/17483107.2019.1615999 (Husin & Lim, 2020).
- S15. A. Amiri et al., "WearSense: Detecting Autism Stereotypic Behaviors through Smartwatches," *Healthcare*, vol. 5, no. 1, p. 11, Feb. 2017, doi: 10.3390/healthcare5010011 (Amiri et al., 2017).
- S16. Malavasi M, Turri E, Atria JJ, Christensen H, Marxer R, Desideri L, Coy A, Tamburini F, Green P. "An Innovative Speech-Based User Interface for Smarthomes and IoT Solutions to Help People with Speech and Motor Disabilities". *Stud Health Technol Inform.* 2017; 242:306-313. PMID: 28873815 (Malavasi et al., 2017).
- S17. J. Li, J. Kim, and X. Chen, "Robiot: A Design Tool for Actuating Everyday Objects with

Automatically Generated 3D Printable Mechanisms,” in Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, Oct. 2019, pp. 673–685, doi: 10.1145/3332165.3347894 (Li et al., 2019).

- S18. M. O. Agyeman, A. Al-Mahmood, and I. Hoxha, “A Home Rehabilitation System Motivating Stroke Patients with Upper and/or Lower Limb Disability,” in ACM International Conference Proceeding Series, Sep. 2019, pp. 1–6, doi: 10.1145/3386164.3386168 (Agyeman et al., 2019).
- S19. D. Ranjan, R. Viral, S. Kumar, G. Yadav, and P. Kumar, “Multipurpose Voice Control-Based Command Instruction System,” in International Conference on Intelligent Computing and Smart Communication, Springer, Singapore, 2020, pp. 1641–1655. doi: 10.1007/978-981-15-0633-8\_158 (Ranjan et al., 2020).

A continuación, en la Tabla 21 se presentan los resultados obtenidos al momento de verificar los criterios de extracción planteados en cada uno de los artículos seleccionados.

| Criterio de extracción               | #  | %     | Artículos  |
|--------------------------------------|----|-------|--|
| <b>EC1. Tipo de discapacidad</b>     |    |       |  |
| Discapacidad visual                  | 6  | 22.22 | S01, S04, S06, S12, S14, S17.  |
| Discapacidad motora                  | 11 | 40.74 | S02, S03, S04, S05, S07, S08, S10, S12, S16, S17, S18.   |
| Discapacidad del habla               | 5  | 18.52 | S04, S08, S12, S16, S17.   |
| Discapacidad cognitiva o intelectual | 2  | 7.41  | S11, S15.  |
| Discapacidad no especificada         | 3  | 11.11 | S09, S13, S19  |
| <b>EC2. Grado de discapacidad</b>    |    |       |  |
| Problema leve                        | 0  | 0     |  |
| Problema moderado                    | 0  | 0     |  |
| Problema severo                      | 2  | 10.53 | S10, S13.  |
| Problema completo                    | 2  | 10.53 | S14, S15.  |
| No especificado                      | 15 | 78.94 | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S11, S12, S16, S17, S18, S19.                     |
| <b>EC3. Población</b>                |    |       |  |
| Niños                                | 1  | 5.26  | S15.   |
| Adolescentes                         | 0  | 0     |  |
| Adultos                              | 2  | 10.53 | S05, S17.  |
| Adultos mayores                      | 1  | 5.26  | S06.   |
| Público en general                   | 15 | 78.95 | S01, S02, S03, S04, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S16, S18, S19.                     |
| <b>EC4. Tipo de soluciones</b>       |    |       |  |
| Software                             | 19 | 50    | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19. |
| Hardware                             | 19 | 50    | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19. |



| <b>EC5. Hardware o dispositivos</b>                |    |       |   |
|--|----|-------|---|
| Domotica   | 6  | 30    | S04, S09, S10, S13, S16, S17.   |
| Dispositivos inteligentes                          | 12 | 60    | S01, S02, S05, S06, S08, S09, S11, S12, S14, S15, S18, S19.                               |
| Bio sensores                                       | 2  | 10    | S03, S07.   |
| Prótesis   | 0  | 0     |   |
| <b>EC6. Software</b>                               |    |       |   |
| Sistemas de monitoreo                              | 17 | 85    | S01, S03, S04, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19.      |
| Realidad aumentada                                 | 0  | 0     |   |
| Juegos serios                                      | 3  | 15    | S02, S05, S18.  |
| <b>EC7. Uso del IoT</b>                            |    |       |   |
| Tratamiento/rehabilitación                         | 7  | 0     | S02, S03, S05, S07, S11, S15, S18.  |
| Dispositivos de asistencia                         | 11 | 57.89 | S01, S04, S06, S08, S09, S10, S12, S13, S14, S16, S19                                     |
| Otros  | 1  | 5.26  | S17.  |
| <b>EC8. Fases en los que se basan los estudios</b> |    |       |   |
| Análisis   | 14 | 28    | S03, S04, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17.                     |
| Diseño   | 15 | 30    | S02, S04, S05, S06, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19.                |
| Implementación                                     | 14 | 28    | S01, S02, S05, S06, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19.                     |
| Pruebas  | 7  | 14    | S05, S10, S12, S13, S14, S15, S17.  |
| <b>EC9. Tipo de validación</b>                     |    |       |   |
| Prueba de conceptos                                | 3  | 15.79 | S04, S07, S09.  |
| Encuesta   | 0  | 0     |   |
| Caso de estudio                                    | 0  | 0     |   |
| Cuasi experimento                                  | 0  | 0     |   |
| Experimento  | 2  | 10.53 | S11, S16.   |
| Prototipo  | 13 | 68.42 | S01, S02, S05, S06, S08, S10, S12, S13, S14, S15, S17, S18, S19.                          |
| Otros  | 1  | 5.26  | S03.  |
| <b>EC10. Alcance del enfoque</b>                   |    |       |   |
| Industria  | 1  | 5.26  | S07.  |
| Academia   | 18 | 94.74 | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19. |
| <b>EC11. Metodología</b>                           |    |       |   |
| Nueva  | 18 | 94.74 | S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S17, S18, S19. |
| Extensión  | 1  | 5.26  | S16.  |
| <b>EC12. Área de estudio</b>                       |    |       |   |
| Informática  | 18 | 46.15 | S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19. |
| Medicina   | 7  | 17.95 | S01, S02, S03, S11, S12, S15, S18.  |
| Psicología   | 0  | 0     |   |



|             |    |       |   |
|-------------|----|-------|---|
| Electrónica | 14 | 35.90 | S01, S02, S04, S05, S06, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S18, S19. |
| Otros       | 0  | 0     |   |

Tabla 21 - Resultados por criterios de extracción