



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gestión Estratégica de Tecnología de la Información
Segunda Cohorte

Metodología para Adquisición de Tecnología IoT Aplicada a Ambientes
de Vida Asistida para el Adulto Mayor

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

Autor:

Jorge Esteban Galán Galán

CI: 0104278312

Correo electrónico: jorggalan@gmail.com

Directora:

Phd. Irene Priscila Cedillo Orellana

CI: 0102815842

Cuenca, Ecuador

11-noviembre-2021



Resumen:

Existen muchos productos y varias líneas de investigación enfocadas en el Internet de las Cosas (IoT) para mejorar o preservar la condición física y cognitiva de los adultos mayores lo que permite prolongar su independencia y brindar mejores días a este sector poblacional. Sin embargo, la variedad de soluciones existentes, complican la adquisición del dispositivo más apropiado. En este contexto, este estudio propone una metodología para la selección y adquisición de dispositivos IoT que intervienen en entornos de vida asistida para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, con base en requisitos previamente identificados; mismos que deben cumplirse por parte de los dispositivos IoT y las restricciones del entorno. Para crear esta metodología de una manera óptima, teniendo en consideración estudios preliminares y de soporte científico, se ejecutó una revisión sistemática de la literatura (RSL); de la cual, se obtuvo la técnica de toma de decisiones multicriterio denominada *Proceso de Jerarquía Analítica* (AHP). La AHP, se seleccionó, por tanto, como la metodología base más conveniente para la selección y ponderación tanto de los criterios de selección como de los dispositivos candidatos; pues permite la comparación de criterios cuantitativos y cualitativos de diferente naturaleza bajo una misma escala. De igual manera, se consolidó una base de criterios de selección para dispositivos IoT, que en conjunto con los requisitos elicitados, sirven como guía para que el experto de soluciones pueda identificar y evaluar las alternativas candidatas. Finalmente, se ejecutó un estudio de caso para la adquisición de un dispositivo de detección de caídas de adultos mayores, con el fin de evaluar la percepción referente a la facilidad de uso, la utilidad y la intención de uso futuro de la metodología propuesta.

Palabras claves: Adulto mayor. Internet de las cosas. IoT. Ambientes de vida asistida. AAL. AHP.



Abstract:

There are many products and research lines based on the Internet of Things (IoT). Those products allow to improve or preserve the physical and cognitive condition of older adults. Moreover, they lead to the prolongation of users' independence. In this context, this study proposes a methodology for selecting and acquiring IoT devices that intervene in Ambient Assisted Living (AAL) environments to improve the quality of life of older adults, based on previously identified requirements to be met by IoT devices and environmental constraints. Hence, to achieve this, a systematic literature review (SLR) was carried out. As a result, the multicriteria decision-making technique called Analytic Hierarchy Process (AHP) was identified as the most convenient base methodology for selecting and weighing the selection criteria and the candidate devices. That methodology allows the comparison of quantitative and qualitative criteria of different nature under the same scale. Similarly, a base of selection criteria for IoT devices was consolidated, which, together with the requirements elicited, serve as a guide for the solutions expert to identify and evaluate the candidate alternatives. Finally, a case study was executed for acquiring a fall detection device for older people to evaluate the perception regarding the ease of use, the usefulness, and the intention of future use of the proposed methodology.

Keywords: Elderly. Internet of things. IoT. Assisted living environments. AAL. AHP.



Índice del Trabajo

Contenido

Índice de Tablas	8
Índice de Figuras	9
Capítulo 1. Introducción.....	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Solución Propuesta	17
1.4 Hipótesis y Objetivos.....	18
1.4.1 Hipótesis.....	19
1.4.2 Objetivo General.....	19
1.4.3 Objetivos Específicos.....	19
1.5 Metodología de la Investigación.....	19
1.6 Estructura del Trabajo.....	21
1.7 Aporte Científico	22
Capítulo 2. Marco Teórico.....	23
2.1 Inteligencia Ambiental	23
2.2 Ambientes de Vida Asistida	24
2.3 Internet de las Cosas.....	25
2.3.1 Taxonomía de Dispositivos IoT	26
2.3.2 Aplicaciones IoT para el Cuidado del Adulto Mayor	28



2.4 Criterios de Selección de Tecnología IoT	29
2.4.1 Según su Funcionalidad.....	31
2.4.2 Según su Dominio	33
2.4.3 Según su Contexto	34
2.5 Metodologías de Selección de Tecnología IoT.....	39
2.5.1 AHP.....	39
2.5.2 ANP.....	39
2.5.3 ARAS.....	40
2.5.4 DEMATEL.....	40
2.5.5 ELECTRE.....	40
2.5.6 Métodos de Convolución	41
2.5.7 PCNP.....	41
Capítulo 3. Estado del Arte	42
3.1 Introducción a la Revisión Sistemática	42
3.2 Planificación de la Revisión Sistemática	42
3.2.1 Pregunta de Investigación.....	43
3.2.2 Estrategia de Búsqueda	43
3.2.3 Estrategias de Extracción de Datos.....	45
3.3 Ejecución de la Revisión Sistemática	46
3.3.1 Selección de Estudios Primarios.....	46
3.3.2 Aseguramiento de la Calidad de los Estudios Primarios.....	46
3.3.3 Estrategia de Extracción de Datos	47



3.3.4 Conceptualización de los Criterios de Extracción 49

3.4 Resumen de los Datos..... 50

3.5 Reporte de Resultados..... 58

Capítulo 4. Criterios de Selección 62

4.1 Determinación de los Criterios 62

4.2 Validación de los Criterios..... 62

Capítulo 5. Metodología Propuesta 72

5.1 Presentando la Metodología..... 72

5.1.1 Estandarización de Requerimientos 73

5.1.2 Cotejo de Criterios 74

5.1.3 Ponderación de Criterios 75

5.1.4 Búsqueda de las Alternativas 78

5.1.5 Ponderación de las Alternativas 79

5.1.6 Adquisición..... 79

Capítulo 6. Validación de la Metodología..... 81

6.1 Diseño y Planificación del Estudio de Caso 81

6.2 Consideraciones Éticas..... 82

6.3 Preparación y Recolección de Datos..... 82

6.4 Ejecución del Estudio de Caso..... 84

6.4.1 Aplicación de la Metodología..... 86

6.4.2 Recolección de Datos..... 103

6.5 Análisis e Interpretación de los Datos 103



6.6 Amenazas a la Validez.....	104
6.6.1 Validez Interna	104
6.6.2 Validez Externa.....	104
6.6.3 Fiabilidad	105
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajo Futuro	106
Conclusiones	106
Trabajo Futuro	107
Bibliografía	108
Anexos.....	118
Anexo 1. Trabajos de Investigación Resultantes de la SRL	118
Anexo 2. Criterios Iniciales de Selección de Tecnología IoT Extraídos de la Literatura	119
Anexo 3. Plantilla de Encuestas de Criterios Dirigidas a los Expertos.....	125
Anexo 4. Encuesta de Percepción de la Metodología Aplicada al Experto.....	132



Índice de Tablas

Tabla 1 Cadena de búsqueda	44
Tabla 2 Listado de conferencias y revistas revisadas en la búsqueda manual	44
Tabla 3 Aspectos de la extracción durante el SLR.....	45
Tabla 4 Criterios a analizar por cada subpregunta de investigación	48
Tabla 5 Resultados obtenidos por criterio de cada subpregunta	50
Tabla 6 Criterios Validados para Selección de Tecnología IoT	63
Tabla 7 Escala de Comparación por Pares de Saaty.....	76
Tabla 8 Valores de Índice de Consistencia y Valor Aleatorio Promedio de Alonso & Lamata.....	77
Tabla 9 Modelo de paradigma GQM.....	81
Tabla 10 Encuesta para medir las variables basadas en la percepción	83
Tabla 11 Preguntas abiertas sobre la percepción de uso de la metodología	84
Tabla 12 Requisitos funcionales.....	86
Tabla 13 Requisitos no funcionales.....	88
Tabla 14 Comparación de criterios de selección mediante la escala de comparación por pares de Saaty	91
Tabla 15 Cálculo del vector propio e índice de consistencia λ max.....	93
Tabla 16 Matriz de comparación de criterios por pares normalizada	95
Tabla 17 Ponderación de las alternativas con relación a cada criterio de selección.....	96
Tabla 18 Multiplicación de la matriz de ponderación de alternativas por criterio, por el vector de ponderación de criterios.....	101
Tabla 19 Alternativas calificadas de mayor a menor	102
Tabla 20 Cálculo de mínimos, máximos, media y desviación estándar	104



Índice de Figuras

Figura 1 Contexto de funcionamiento de la metodología	18
Figura 2 Proceso de metodología de la investigación.....	20
Figura 3 Tipos más Comunes de Ambientes Inteligentes	24
Figura 4 Internet de las Cosas y Ambientes de Vida Asistida	25
Figura 5 Criterios de Selección de dispositivos IoT	30
Figura 6 Proceso de obtención de los estudios primarios	47
Figura 7 Selección de tecnología IoT según el dominio	52
Figura 8 Aspectos técnicos de selección de tecnología IoT según el dominio.....	53
Figura 9 Aspectos de gestión de selección de tecnología IoT según el dominio	54
Figura 10 Aspectos de gestión de selección de tecnología IoT según el dominio	55
Figura 11 Métodos de selección según el dominio.....	56
Figura 12 Tendencias de investigaciones relacionadas con metodologías de adquisición IoT	57
Figura 13 Método de selección y adquisición de dispositivos IoT para personas mayores	73
Figura 14 Método holístico-único	82
Figura 15 Criterios de selección	90
Figura 16 Diagrama de cajas y bigotes de las variables PEOU, PU e ITU	103



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, Jorge Esteban Galán Galán en calidad de autor de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Metodología para Adquisición de Tecnología IoT Aplicada a Ambientes de Vida Asistida para el Adulto Mayor", 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, 11 de noviembre de 2021

Jorge Galán G.

Ing. Jorge Esteban Galán Galán

C.I: 0104278312



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, Jorge Esteban Galán Galán, autor del trabajo de titulación "Metodología para Adquisición de Tecnología IoT Aplicada a Ambientes de Vida Asistida para el Adulto Mayor", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 11 de noviembre de 2021

Ing. Jorge Esteban Galán Galán

C.I: 0104278312



Agradecimientos

Agradezco a todas las personas quienes directa o indirectamente aportaron para que este trabajo sea posible. Especialmente, agradezco a mi directora de tesis Ing. Priscila Cedillo, a la Psic. Daniela Prado y al Ing. Wilson Valdez quienes, en honor a su gran vocación, me guiaron y apoyaron desinteresadamente durante todo el proceso de elaboración de mi tesis. También, agradezco a todos los expertos quienes participaron en el proceso de validación de los criterios y de la ejecución de la metodología. Finalmente, agradezco a todos los docentes de la maestría de quienes recibí su conocimiento para mi formación profesional.



Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis a las personas más importantes de mi vida: a mis padres Patricio y Lola, quienes son mis guías y formadores; a mi esposa Katty quien es mi compañera y mi impulso; y a mis hijas Ame y Noe quienes son mi horizonte y motivación. Gracias a todos Ustedes por darme su tiempo y apoyo para lograr esta meta que, sin duda, es de Ustedes también. ¡Los amo!



Capítulo 1. Introducción

Este capítulo presenta los antecedentes relacionados a la investigación, el planteamiento del problema, la solución propuesta, el establecimiento de la hipótesis, y los objetivos de la investigación. Adicionalmente, se describe la estructura de este trabajo y el aporte científico generado con base en este estudio.

1.1 Antecedentes

Los dispositivos de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) son usados para generar ambientes de vida asistida (AAL, por sus siglas en inglés); mismos que ayudan al adulto mayor en sus actividades cotidianas, aportando a su independencia, prolongándola al máximo. Para la selección de estos dispositivos, es conveniente que el experto en soluciones digitales utilice una metodología que facilite la identificación, clasificación y valoración de especificaciones a tomar en cuenta al momento de elegir el dispositivo IoT más apropiado para lograr los objetivos planteados.

En este sentido, el estudio presentado por Durrani, Forbes, Broadfoot y Carrie (1997), establecen un proceso de adquisición de tecnología desde un punto de vista empresarial; mismo que, propone un modelo para analizar la tecnología desde 3 aspectos: i) la clasificación de la tecnología, ii) los requerimientos del mercado y iii) el origen de la tecnología. Para el proceso de adquisición, plantea 5 fases: 1) establecer los requisitos del mercado, 2) identificar las soluciones tecnológicas, 3) clasificar las soluciones, 4) evaluar las fuentes de adquisición de tecnología y 5) tomar la decisión de adquisición. Aunque esta investigación se centra en el entorno empresarial, no está especializada en IoT.

Por otra parte, Durão et al. (2018) proponen un método basado en el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) para la adecuada selección de procesos; mismos que pueden implementarse utilizando la tecnología IoT. En su estudio presenta una revisión sistemática de la literatura que resume los aspectos más críticos para la selección de la tecnología IoT: confiabilidad (25%), seguridad (21%), aspectos comerciales (21%), movilidad (17%) y heterogeneidad (17%). El método propuesto consta de cuatro fases: (i) Definir las etapas del proceso de trabajo que se pueden



implementar con IoT, (ii) Asignar una calificación a cada etapa según los cinco aspectos identificados, (iii) Multiplicar las calificaciones por el peso de cada aspecto, y (iv) Seleccionar las etapas para implementar IoT. A pesar de que el estudio no se enfoca en la recomendación de los dispositivos a seleccionar, se rescata la metodología AHP como proceso de selección de criterios; y las características de los dispositivos IoT que se aplican.

Además, Ashwin (2014) analiza los modos de adquisición de tecnología desde un enfoque empresarial, comparando el desarrollo interno y la compra de una solución terminada, basándose en la teoría de costos, el grado de familiaridad con la tecnología y el ciclo de vida de la tecnología. Sin embargo, el estudio no está especializado en dispositivos IoT y se centra en la madurez tecnológica de una empresa.

En otro estudio, Rincón y Peláez (2013) proponen un modelo de gestión para la adquisición de tecnología centrado en la perspectiva de una empresa. El modelo alinea la gestión estratégica de las Tecnologías de la Información (TI) con la gestión operativa. Esta investigación es principalmente aplicable a empresas desde una perspectiva estratégica y no está especializada en tecnología IoT.

Así también, Mohammadi et al. (2019) muestran una revisión bibliográfica sistemática de técnicas de recomendación en el entorno de IoT para garantizar la seguridad, autenticación, autorización y confidencialidad. Esta investigación solo analiza la selección de IoT desde el punto de vista de la seguridad. Sin embargo, se rescatan los aspectos de seguridad que se deben considerar en la adquisición de IoT.

Por otro lado, el estudio presentado por Lee, Lee, y Park (2009) propone una metodología para determinar la compra, fabricación o desarrollo cooperativo de tecnología a través de un Proceso Analítico de Red (ANP, por sus siglas en inglés), evaluando los aspectos específicos de: capacidad, estrategia, tecnología, mercado y medio ambiente; esta evaluación permite analizar tanto los criterios sobre las alternativas candidatas, como la influencia de cada criterio sobre los demás. Aunque esta



metodología no está especializada en IoT, es útil para profundizar en los aspectos específicos de los dispositivos IoT en el campo de la tercera edad.

La Agencia de Seguridad de Infraestructura y Ciberseguridad de Estados Unidos (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, 2020) elaboró una guía de consideraciones de seguridad para la adquisición de dispositivos IoT desde 5 aspectos principales: conectividad, servicios de terceros, actualizaciones, prácticas de ciberseguridad de los proveedores y seguridad de dispositivos y comunicaciones. Aunque esta guía se especialice en la adquisición de dispositivos IoT, solamente se enfoca en la adquisición desde el punto de vista de la seguridad.

Finalmente, como resultado de la revisión sistemática de la literatura se encontró que solamente el 19% de los estudios encontrados tiene un enfoque de selección de dispositivos IoT. La mayoría de estudios no tiene un dominio en específico, y ninguno se especializa en el adulto mayor, por lo que se evidencia una brecha en la investigación en este dominio en concreto.

1.2 Planteamiento del Problema

El experto en soluciones digitales requiere de una metodología especializada en selección de dispositivos IoT orientados al adulto mayor que permita realizar un análisis formal de los dispositivos candidatos, evitando así, incurrir en la adquisición dispositivos que no cumplan o no se integran por completo al entorno de la solución esperada, como tecnología incompatible, dimensiones, ergonomía, interfaces o peso no adaptables al entorno; tiempos y costos de importación fuera de lo planificado, entre otros aspectos que entorpecen la solución planteada.

El estado actual de la literatura evidencia que, existe una brecha con respecto a una metodología de selección de dispositivos IoT especializada en la integración en ambientes de vida asistida para el adulto mayor.

Por lo tanto, este trabajo establece una metodología especializada en la selección de dispositivos IoT adecuada a las necesidades del usuario de forma precisa, repetible y científica, que se ajusta al



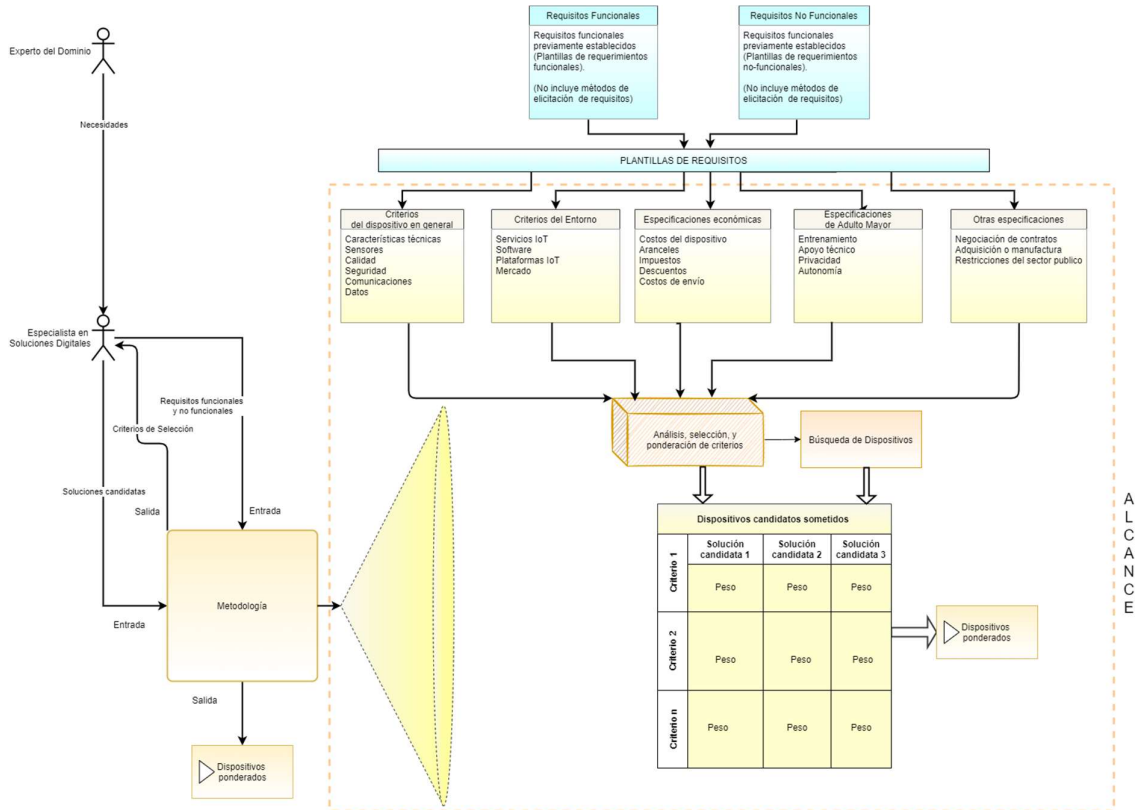
contexto de los adultos mayores, considerando las restricciones de su entorno, condición sociodemográfica, situación económica, disponibilidad tecnológica, entre otros aspectos que se especifican para el proceso de selección.

1.3 Solución Propuesta

Este trabajo propone una metodología para la selección de dispositivos IoT para su integración en ambientes de vida asistida (AAL, por sus siglas en inglés) orientados a adultos mayores. Para conseguir este objetivo, se ha realizado una investigación acerca de los factores considerados para el planteamiento de metodologías de selección y/o adquisición de tecnología IoT. Del proceso anterior, se extrae y establece un conjunto de criterios que sirven de guía para el experto de soluciones en el proceso de selección; y se identifica una metodología ampliamente aceptada que sirve de base a esta propuesta. Producto de este proceso, se establece la nueva metodología según el esquema e interacción con el entorno, ilustrado en la **Figura 1**. El experto en soluciones digitales en conjunto con el experto del dominio, establecen previamente los requisitos de la solución IoT. El experto en soluciones digitales ingresa los requisitos a la metodología mediante una plantilla de especificaciones. Los requisitos son clasificados y cotejados con base en criterios de selección de la metodología, para extraer los criterios que aplican a la solución en particular. A continuación, se ponderan los criterios y se busca los dispositivos que cumplen con los requisitos y criterios de selección. Además, se realiza un proceso de ponderación de los dispositivos candidatos en función de los criterios de selección, obteniendo así la calificación de cada una de las alternativas. Finalmente, el experto en soluciones digitales procede a elegir el dispositivo más conveniente e inicia el proceso de adquisición tomando en cuenta los criterios previamente identificados para este proceso.

Figura 1

Contexto de funcionamiento de la metodología



Finalmente, para determinar la validez la metodología propuesta, se realiza una evaluación mediante una prueba de concepto para la selección de un dispositivo IoT de detección de caídas de los adultos mayores.

Cabe resaltar que esta investigación tiene como fin proponer una metodología para la selección de dispositivos IoT en la integración de soluciones de ambientes de vida asistida, mas no, realizar una metodología para la elicitación de requisitos para el diseño de la solución IoT.

1.4 Hipótesis y Objetivos

Dentro de esta investigación se establecen las siguientes hipótesis y objetivos.



1.4.1 Hipótesis

H_{1_0} = La metodología propuesta no permite identificar ni seleccionar el dispositivo IoT más conveniente para su integración en ambientes de vida asistida para el adulto mayor.

H_{1_1} = La metodología propuesta permite identificar y seleccionar el dispositivo IoT más conveniente para su integración en ambientes de vida asistida para el adulto mayor.

1.4.2 Objetivo General

Plantear una metodología de selección de dispositivos IoT para su integración en ambientes de vida asistida por el entorno, para el adulto mayor.

1.4.3 Objetivos Específicos

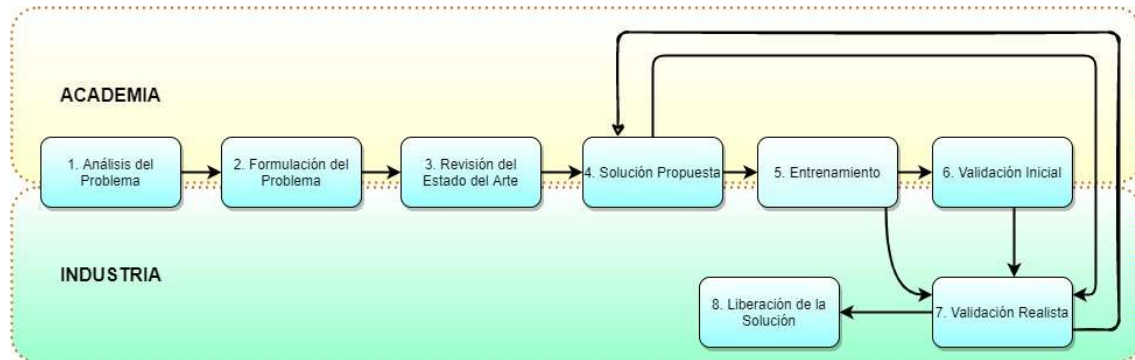
- Realizar una revisión sistemática de la literatura de las metodologías para selección y adquisición de tecnología.
- Definir los aspectos a ser considerados en un proceso de selección tecnológica de dispositivos IoT para ambientes de vida asistida, orientados al adulto mayor.
- Proponer una nueva metodología alineada con las existentes que se adapte a las características propias del dominio seleccionado.
- Instanciar la metodología propuesta en solución arquitectural específica que clarifique el método propuesto.
- Evaluar la metodología a través de una prueba de concepto que ilustre y permita demostrar la aplicabilidad de la propuesta.

1.5 Metodología de la Investigación

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó una metodología estructurada guía, basada en el modelo de transferencia tecnológica de Gorschek et al. (2006). Este modelo establece un proceso iterativo de ocho actividades (**Figura 2**) en la búsqueda de una solución realista mediante la proposición y validación empírica de soluciones candidatas.

Figura 2

Proceso de metodología de la investigación



Nota: Tomada de Gorschek et al. (2006)

El alcance de este trabajo cubre las seis primeras actividades del modelo. Se plantea las actividades de validación realista y la liberación de la solución hacia la industria (que en este caso se lo concibe como el dominio en el que actúa la metodología propuesta, que son la adquisición de dispositivos IoT para los ambientes de vida asistida), como trabajos futuros.

1. **Análisis del Problema:** en conjunto con los interesados, se analiza las necesidades e inconvenientes al momento de incluir dispositivos IoT dentro de sus proyectos orientados a mejorar la calidad de vida de los adultos mayores.
2. **Formulación del problema:** se plantea la hipótesis y objetivos, con el objetivo principal de establecer una metodología de selección y adquisición de dispositivos IoT aplicados a AAL para adultos mayores.
3. **Revisión del estado del arte:** se ejecuta una revisión sistemática de la literatura para determinar qué factores y metodologías de selección de dispositivos IoT existen; y comprender la brecha exacta con respecto al objetivo planteado.
4. **Solución propuesta:** se propone una metodología para la selección de dispositivos IoT, basada en una metodología de selección multicriterio ampliamente reconocida y que, en conjunto con una base de criterios de selección previamente establecida, permita facilitar el proceso de selección y adquisición de estos.



5. **Entrenamiento:** se presentan los criterios de selección de dispositivos IoT obtenidos de la literatura a los expertos, con el fin de obtener una base de criterios validada y que se ajuste al dominio de la metodología.
6. **Validación inicial:** la metodología es evaluada por un experto en proyectos AAL mediante la ejecución de un estudio de caso. El objetivo principal es medir la percepción con respecto a la intención de uso, facilidad de uso y utilidad de la metodología.
7. **Validación realista:** se propone como trabajo futuro, la validación de la metodología mediante estudios de caso o experimentos controlados en un entorno industrial.
8. **Liberación de la solución:** cumplida la etapa anterior, se podrá liberar la metodología hacia la industria.

En este trabajo se han cubierto las primeras seis actividades de este modelo, proponiendo como trabajos futuros las actividades de validación realista y liberación de la solución.

1.6 Estructura del Trabajo

Este trabajo de titulación está dividido en 7 capítulos:

Capítulo 1 – Introducción: Se abordan los antecedentes relacionados a la investigación, se plantea el problema y la solución propuesta, detallando la hipótesis y objetivos de investigación. Adicionalmente, se relata el aporte científico generado producto de esta investigación.

Capítulo 2 – Marco Teórico: Se presenta los conceptos más importantes en los que se fundamenta esta investigación, referentes a ambientes de vida asistida, inteligencia ambiental, dispositivos IoT, criterios de selección y metodologías de selección.

Capítulo 3 – Estado del Arte: Se realiza una investigación del estado del arte acerca de métodos de selección de dispositivos IoT a través de una revisión sistemática de la literatura. El proceso se compone de 3 fases: planificación de la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), ejecución de RSL y reporte de los resultados.



Capítulo 4 – Criterios de Selección: Se realiza una recolección de los criterios de selección de dispositivos IoT utilizados en los trabajos relacionados. Se detalla el proceso de validación de los criterios ante los expertos y finalmente se publica el conjunto de criterios resultante.

Capítulo 5 – Metodología Propuesta: Se describe la metodología propuesta dentro de esta investigación, se justifica la selección de la metodología base y se detalla la ejecución de cada fase de la metodología.

Capítulo 6 – Estudio de Caso: Se realiza la validación de la metodología mediante un estudio de caso para la adquisición de un dispositivo IoT de detección de caídas de adultos mayores. Se describe y discute los resultados obtenidos.

Capítulo 7 – Conclusiones y Trabajo Futuro: Se sintetizan los puntos más importantes de investigación y se enfatiza en la funcionalidad de la metodología propuesta. Adicionalmente, se proponen nuevas líneas de investigación que complementen este trabajo de investigación desde diferentes contextos.

1.7 Aporte Científico

Producto de este trabajo de investigación se elaboró un artículo científico denominado “Towards a Selection and Acquisition Method for IoT Devices Oriented to Older People in Ecuador” presentado en la Segunda Conferencia Internacional en Sistemas de Información y Tecnologías de Software (ICI2ST 2021) con sede en Quito-Ecuador y organizada por la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador del 23 al 25 de marzo de 2021 (Galán, Cedillo, & Valdez, 2021). Así mismo, está aprobado el artículo “Selecting and Acquiring IoT Devices Oriented to Older People: A Systematic Literature Review” para ser presentado en la IX Edición del Congreso Internacional de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICEC 2021) con sede en Guayaquil-Ecuador y organizada por la Universidad Politécnica Salesiana del 24 al 26 de noviembre de 2021. Vale la pena destacar que las actas de las conferencias en las cuales los artículos son presentados, tienen indexación a Scopus.



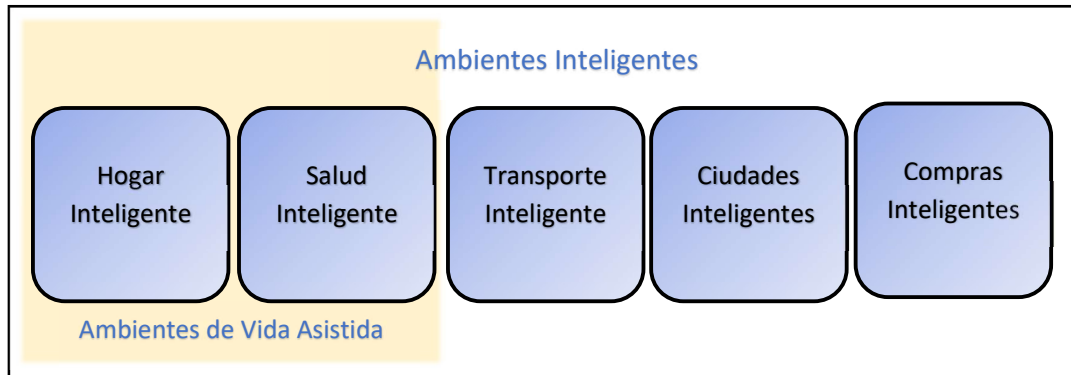
Capítulo 2. Marco Teórico

En este capítulo se presenta el fundamento teórico de este trabajo de titulación con el objetivo de contextualizar tanto los pilares fundamentales de Vida Asistida para el Adulto Mayor mediante IoT, como las bases para el establecimiento de la metodología y los criterios de selección, que son elementales para el aporte presentado en este documento.

2.1 Inteligencia Ambiental

La miniaturización en la electrónica ha permitido una amplia gama de dispositivos informáticos integrados que pueden apoyar en las tareas diarias de los individuos según sus necesidades propias. En este sentido nace el concepto Inteligencia Ambiental (AmI, por sus siglas en inglés), que se enfoca en la aplicación del razonamiento automático y otras técnicas de inteligencia artificial para la comprensión del comportamiento de las personas en sus entornos, de manera que los sistemas funcionen de manera independiente, y ofreciendo capacidades que incluyen conciencia, adaptabilidad, ubicuidad y comportamiento inteligente. (Erazo-Garzon, Erraez, Illescas-Peña, & Cedillo, 2020). AmI involucra entornos electrónicos sensibles y adaptables que responden a las acciones de personas y objetos y atienden sus necesidades. Este enfoque incluye todo el entorno, incluido cada objeto físico individual, y lo asocia con la interacción humana (Aarts y Wichert 2009). Los sistemas deben reconocer las actividades humanas a partir de datos sensoriales y actuar en base a su significado logrando una "Conciencia del Contexto" (Augusto & Mccullagh, 2007)(Palumbo, 2016).

Los escenarios más comunes de AmI incluyen: Hogar Inteligente, Entornos de Salud Inteligente, Transporte Inteligente, Ciudades Inteligentes y Compras Inteligentes. Las necesidades demandadas dentro de los escenarios de Hogar Inteligente y Entornos de Salud Inteligente están categorizadas bajo el concepto de Ambientes de Vida Asistida (AAL, por sus siglas en inglés) (**Figura 3**).

Figura 3*Tipos más Comunes de Ambientes Inteligentes*

Nota: Tomada de Palumbo (2016)

2.2 Ambientes de Vida Asistida

Según García y Rodríguez (2015), los Ambientes de Vida Asistida son sistemas técnicos para apoyar a las personas en sus rutinas diarias para permitirles un estilo de vida independiente y seguro el mayor tiempo posible. Por otra parte, Erazo-Garzon et al. (2020) indican que AAL tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, apoyándolas en sus actividades diarias mediante el uso de tecnologías de la información, orientados preferentemente en grupos vulnerables para aumentar su independencia en su entorno natural de vida. A su vez, Dohr, Drobics, Hayn, y Schreier (2010) plantean que el objetivo principal de AAL está enfocado en mejorar 3 aspectos básicos del paciente:

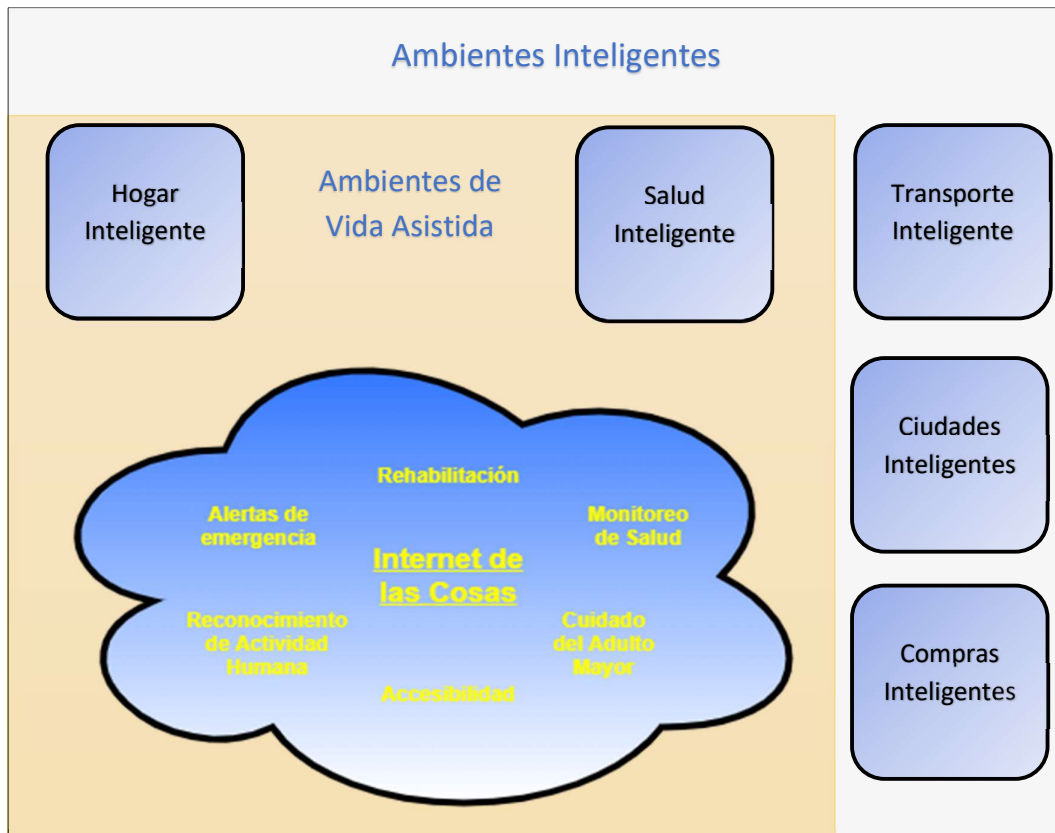
- El individuo: aumento de la seguridad y el bienestar.
- Economía: mayor eficacia de los recursos limitados.
- Sociedad: mejor nivel de vida.

El cumplimiento de estos aspectos se logra a partir del uso de tecnología cada vez más especializada. En la actualidad, un gran número de objetos inteligentes y diferentes tipos de dispositivos están interconectados y cada vez se utilizan más en AAL para mejorar las tareas cotidianas de las personas mayores y discapacitadas (Rghioui, Sendra, Lloret, & Oumnad, 2016). En este sentido, el campo del Internet de las Cosas juega un papel fundamental. Se pueden encontrar dispositivos IoT dedicados al

monitoreo y cuidado del adulto mayor, dispositivos IoT especializados en el monitoreo de la salud, dispositivos IoT especializados para tratar trastornos del movimiento o rehabilitación, entre otros (Figura 4).

Figura 4

Internet de las Cosas y Ambientes de Vida Asistida



2.3 Internet de las Cosas

Dorsemaine et al. (2015) definen al Internet de las Cosas (IoT) como un grupo de infraestructuras que interconectan objetos conectados y permiten su gestión, minería de datos y el acceso a los datos que generan. Por otra parte, Atzori, Iera y Morabito (2017) plantean a IoT como un marco conceptual que aprovecha la disponibilidad de dispositivos heterogéneos y soluciones de interconexión, así como objetos físicos aumentados que brindan una base de información compartida en escala, para apoyar el diseño de aplicaciones que involucren en un mismo nivel virtual tanto a personas como a representaciones de objetos.



Según la funcionalidad de sus partes, la arquitectura de los dispositivos IoT pueden dividirse en 5 bloques (Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, & Ayyash, 2015):

1. **Capa de detección:** Su función principal es detectar en tiempo real los cambios en el estado físico de las cosas conectadas. Los sensores son los principales componentes de esta capa. El sensor se encarga de medir el entorno físico, identificar y localizar los objetos inteligentes, recoger datos y enviarlos a la capa de la nube para su procesamiento y almacenamiento.
2. **Capa de Comunicación:** Es responsable de la interacción de las demás capas de la arquitectura IoT. Los datos recogidos en la capa de detección se transfieren directamente a la nube o a la capa de servicios y aplicaciones.
3. **Capa de la Nube:** Los datos recogidos por los sensores y dispositivos se introducen en la capa de la nube, donde son almacenados, procesados y analizados. Usualmente, la nube utiliza un servidor como centro de acopio y procesamiento de datos generados por los dispositivos de borde.
4. **Capa de Gestión:** Se encarga de operar y supervisar todas las demás capas a través de las herramientas de gestión de la nube.
5. **Capa de Servicios y Aplicaciones:** Proporciona aplicaciones y una variedad de servicios, como la recolección de datos, análisis de datos, visualización de datos y gestión de la seguridad.

2.3.1 Taxonomía de Dispositivos IoT

Dorsemaine et al. (2015) enfatizan que al ser IoT un campo nuevo en evolución, su taxonomía sigue expandiéndose; sin embargo, de su investigación se destaca 5 categorías principales: energía, comunicaciones, atributos funcionales, interfaz de usuario local, y recursos de hardware y software.

Energía: Los dispositivos IoT pueden tener diferentes tipos de fuentes como: fuentes de recolección (obtienen la energía del medio ambiente), recargables o de batería reemplazable, de batería no reemplazable, y alimentados por la red de energía eléctrica. Por el tipo de administración de la



energía, los dispositivos IoT pueden ser normalmente desactivados (se activan periódicamente o mediante una señal), de baja potencia de consumo o siempre activos (Bormann y Gomez 2016).

Comunicaciones: Según el tipo de comunicaciones, los dispositivos IoT pueden clasificarse principalmente en cableados o inalámbricos. Desde el punto de vista de seguridad en las comunicaciones, los dispositivos IoT pueden tener funcionalidades como: autenticación, identificación, encriptación e integridad. Por último, según sus especificaciones físicas, los dispositivos IoT pueden ser clasificados según la velocidad de transferencia de datos y según la máxima distancia de comunicación que puede lograr.

Atributos funcionales: Por el tipo de interacción, los dispositivos IoT pueden clasificarse en dispositivos con sensores, con actuadores o híbridos. Por el tipo de movilidad se puede clasificar en móviles y fijos. Por el tipo de administración pueden ser dispositivos administrables y no administrables.

Interfaz de usuario local: Según el tipo de interfaz con que el usuario puede utilizar el dispositivo IoT, se pueden clasificar en: dispositivos activos (existe una parte del dispositivo dedicada para interacción con el usuario), pasivos (el usuario no puede interactuar directamente con el dispositivo, pero puede comunicarse a través de algún componente como pantallas, luces u otro medio), activos y pasivos, y sin interfaz.

Recursos de hardware y software: Con respecto al hardware, el dispositivo IoT puede ser medido por la cantidad de memoria RAM, capacidad de almacenamiento y CPU. En el ámbito de seguridad, el dispositivo puede ser evaluado según la capacidad para: manejar criptografía, permitir contención de procesos, permitir realizar pruebas de código, o manejar identificación, autenticación, registro de eventos y administración de acceso a los recursos. Entorno a la confianza, se puede evaluar si el dispositivo IoT tiene (o no) características de monitoreo de funcionamiento. A nivel del sistema operativo, el dispositivo puede tener: un software completo, solo kernel o ninguno. Por último, el dispositivo puede clasificarse como actualizable (o no) a nivel de software y hardware.



2.3.2 Aplicaciones IoT para el Cuidado del Adulto Mayor

Gracias al avance y variedad de dispositivos IoT existentes en el mercado, hoy en día se pueden encontrar diferentes aplicaciones de IoT especializadas en ámbitos puntuales. Específicamente, dentro del ámbito del adulto mayor, Tun, Madanian y Mirza (2020) proponen la siguiente clasificación como las categorías más importantes:

Monitoreo de cuidado del adulto mayor: incluyen dispositivos IoT que tienen como objetivo principal mejorar la calidad de vida y promover la vida segura e independiente. Como ejemplo se citan dispositivos que incluyen ambientes de vida asistida, envejecimiento activo, terapia y entretenimiento, comunicación y actividades sociales, monitoreo del estado de salud, dieta y peso corporal.

Monitoreo de la salud del paciente crónico: incluyen dispositivos IoT especializados en el monitoreo y apoyo a las personas mayores con enfermedades crónicas o discapacidades, como diabetes, Alzheimer, entre otros.

Reconocimiento de actividad humana: incluyen dispositivos IoT para el monitoreo continuo de las actividades de las personas mayores con el fin de detectar condiciones anormales y reducir efectos de eventos impredecibles como caídas repentinas (Wang, Yang y Dong 2017). Dentro de esta categoría también se incluyen dispositivos con funcionalidades de ubicación de las personas mayores, asistencia de navegación y localizadores de objetos.

Aplicaciones clínicas: incluyen dispositivos IoT para la detección, diagnóstico, predicción y tratamiento de enfermedades. Como ejemplo se cita dispositivos para detección de convulsiones.

Alertas de emergencia: incluyen dispositivos IoT para detección de caídas, gestión del riesgo de caídas, respuestas de emergencia y categorización de pacientes en emergencia según su nivel de gravedad.

Salud mental: incluyen dispositivos IoT para la detección, predicción y cuidado de enfermedades mentales en los adultos mayores como demencia, depresión entre otros.



Trastornos del movimiento: incluyen dispositivos IoT para análisis continuo de la marcha de los pacientes basados en sensores portátiles. También incluyen dispositivos para el entrenamiento del equilibrio y la marcha de las personas mayores.

Rehabilitación: incluye todo tipo de dispositivos IoT para brindar servicios de rehabilitación y/o que generen retroalimentación a los pacientes y sus cuidadores acerca del avance del proceso (Menzel, 2014). Como ejemplo se citan exoesqueletos inteligentes.

Accesibilidad a servicios de salud: incluye dispositivos IoT que permiten la generación de solicitud de servicios sanitarios, generación de información relacionada con ámbitos de la salud, promoción de buenos hábitos y el autocontrol en ciertas enfermedades.

Accesibilidad para cuidadores: incluyen dispositivos IoT que permiten el seguimiento y tratamiento remoto de los pacientes por parte de los proveedores de atención médica.

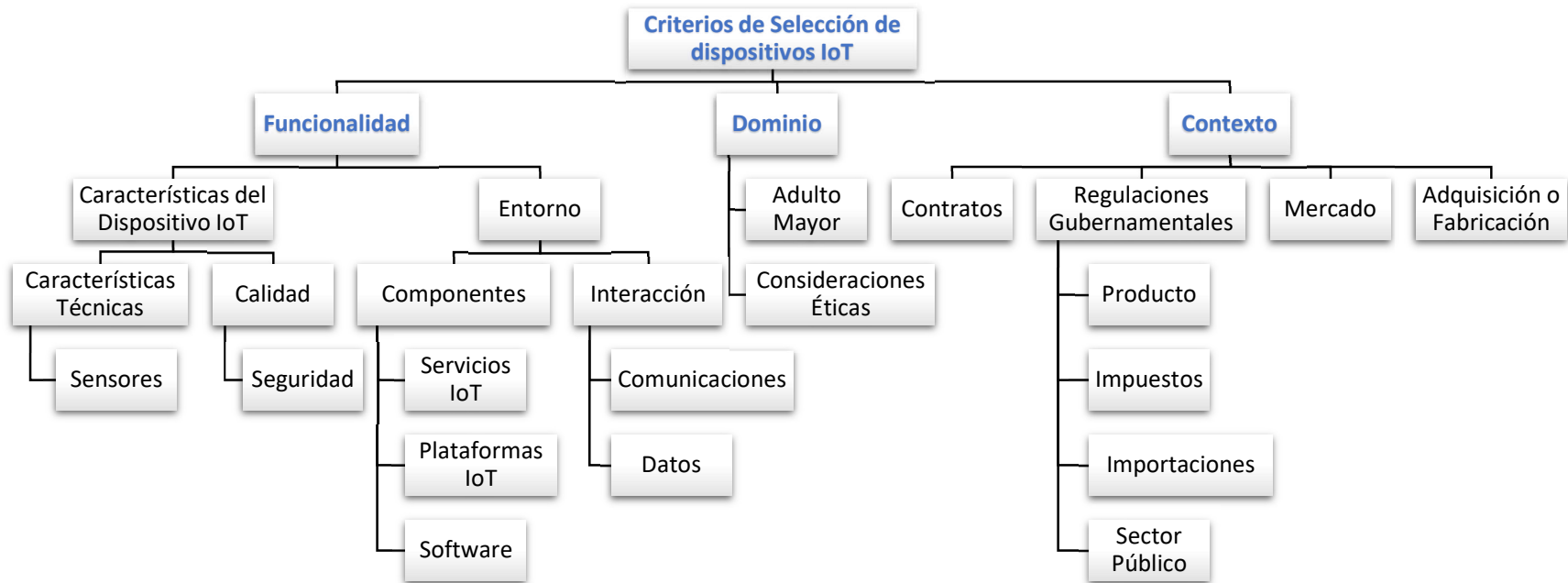
2.4 Criterios de Selección de Tecnología IoT

La gran variedad de dispositivos IoT en el mercado, el auge de dispositivos vestibles, y las diferentes aplicaciones que se les puede dar; hacen que el proceso de selección de este dependa de diferentes factores. Luego de la revisión de la literatura, se definió 3 macro factores principales de selección: 1) según la funcionalidad esperada, 2) según el dominio de aplicación y 3) según el contexto en el que se desenvuelve (**Figura 5**). En este sentido, un dispositivo IoT debe ser analizado según sus características técnicas propias, los estándares de calidad esperados, los componentes que interactúan con el dispositivo (servicios IoT, plataformas IoT, software) y el proceso de interacción en sí (comunicaciones, datos). A su vez, el proceso de análisis debe ser complementado con los criterios propios del dominio en particular (adulto mayor, consideraciones éticas), y del contexto en el que se desenvuelva (manejo de contratos, regulaciones gubernamentales, mercado, entre otros).



Figura 5

Criterios de Selección de dispositivos IoT





2.4.1 Según su Funcionalidad

El punto de partida para la selección de los dispositivos IoT, es la evaluación de las alternativas con base a la funcionalidad esperada. La funcionalidad dependerá tanto de las características propias del dispositivo, como la capacidad de interacción con otros componentes que formen parte de la solución.

Características del dispositivo. Dentro de las características propias de los dispositivos IoT se clasificó los criterios obtenidos de la literatura en tres categorías: a) Características Técnicas, b) Calidad y c) Sensores:

a) **Características Técnicas:** El funcionamiento del dispositivo IoT estará atado a las características técnicas que posea. Entre las características técnicas más importantes a analizar se encuentran: el consumo de energía de los dispositivos, el tipo de fuente de alimentación, la ergonomía, el peso, las interfaces de administración, el tipo de procesador, el tipo de captura y/o capacidad de procesamiento de datos, los sensores que incorpora, el tipo de conectividad, la capacidad de interacción con otros dispositivos para procesamiento de datos en lote, capacidad para usarlo como dispositivo wearable, entre otros (National Institute of Standards and Technology, 2019)(USTelecom Media, 2019)(Abdallah, Jaber, Alabwaini, & Alnabi, 2019).

b) **Calidad:** La calidad del dispositivo IoT es sin duda un aspecto muy importante para su selección. Entre los criterios que conforman esta categoría se encuentran: nivel de confianza y calidad de servicio ofertado, nivel de precisión (según su aplicación), disponibilidad, eficiencia, fiabilidad, entre otros. (USTelecom Media, 2019)(Mohammadi et al., 2019b)(Kim, 2016).

Particularmente, para la gestión de la seguridad existen muchos aspectos a considerar tales como: administración de seguridad en interfaces en la nube, en dispositivos móviles, o en la web en general; características de autenticación y autorización; administración de reglas y políticas de seguridad; actualizaciones en hardware, software o firmware; registro



de eventos; entre otros (U.S. General Services Administration, 2017) (USTelecom Media, 2019).

Entorno. Las soluciones IoT pueden involucrar la interacción del dispositivo con uno o más componentes. En este sentido, se clasificó los criterios relacionados a su entorno en 2 categorías: a) Componentes y b) Interacción.

a) **Componentes:** Los componentes más comunes rescatados de la literatura con los que interactúa un dispositivo IoT son: 1) servicios IoT, 2) plataformas IoT y 3) software en general. En lo que respecta al uso de servicios IoT, es necesario analizar algunos criterios propios de estos como son: los protocolos requeridos por el servicio, la calidad del servicio ofertado, el soporte técnico, el costo, la capacidad de carga de balance, las posibilidades de escalabilidad, disponibilidad, tiempo de respuesta, redundancia, recuperación de errores, entre otros (Y. Li, Huang, Zhang, & Rajabion, 2019)(Baranwal, Singh, & Prakash, 2019).

En el caso de plataformas IoT, la gestión integral de servicios para la implementación de soluciones IoT completas como gestión de las comunicaciones, gestión de seguridades o gestión de dispositivos, está a cargo de la plataforma IoT. Sin embargo, la interacción con estas plataformas conlleva el análisis previo de aspectos tales como: el tipo de soporte ofertado por el proveedor de la plataforma, los sistemas operativos y bases de datos que manejan, las opciones de visualización de los datos y administración de dispositivos IoT, el nivel de procesamiento y gestión de acciones, las opciones de gestión de seguridad, los protocolos de comunicación soportados, entre otros (Nikityuk & Tsaryov, 2018) (Kondratenko, Kondratenko, & Sidenko, 2019).

Muchas veces, las soluciones IoT involucran el uso de los dispositivos IoT a través de aplicaciones de software que controlan y/o consumen los datos generados por estos. Para el análisis de criterios de software existe el estándar ISO/IEC 25010:2011 (ISO, 2011) que



contiene las mejores prácticas para el aseguramiento de la calidad del software. Dentro de este estándar se manejan 8 categorías puntuales que son: adecuación funcional, eficiencia de rendimiento, compatibilidad, usabilidad, fiabilidad, seguridad, mantenibilidad y portabilidad. Cada categoría a su vez contiene un conjunto de criterios que guían en el proceso de evaluación del software.

b) Interacción: El conjunto de componentes deben tener la capacidad de interactuar con los demás mediante el uso de estándares compatibles. De esta manera, basado en la literatura, se obtuvo 2 conjuntos de criterios relacionados con la interacción de los componentes: 1) Comunicaciones y 2) Datos. En lo que respecta a comunicaciones, es fundamental analizar la compatibilidad de los protocolos de comunicación entre dispositivos; a su vez es importante verificar que los protocolos sean aceptados tanto en la industria como en el medio donde se implementen. Otros de los criterios importantes por analizar con respecto a las comunicaciones son: la capacidad de interconectividad, velocidad de movilidad, disponibilidad y fiabilidad de las comunicaciones, ruido, tasa de pérdida de paquetes, rangos de frecuencia, ancho de banda, entre otros (USTelecom Media, 2019), (Baranwal et al., 2019)(Patel & Patel, 2016).

Sin embargo, el análisis de comunicaciones compatibles entre los componentes no es suficiente para asegurar la correcta comunicación; también es necesario certificar que los datos a intercambiar entre ellos sean entendibles y procesables por todos. En este contexto, es necesario analizar la compatibilidad técnica de los datos, la calidad de los datos en sí, y los protocolos de recolección de datos (Nadhira & Dachyar, 2020) (Kondratenko et al., 2019).

2.4.2 Según su Dominio

Una vez definido los criterios de selección desde el punto de vista funcional, es necesario analizar los criterios propios del dominio al que se orienta la solución. Puntualmente, para esta investigación es



muy importante analizar los aspectos y restricciones relacionadas con el adulto mayor y las consideraciones éticas implicadas.

Adulto Mayor. Para soluciones IoT orientadas al adulto mayor, se debe ser especialmente cauto en analizar todos los criterios propios del paciente y/o del cuidador que esté a su cargo, de manera de desarrollar una solución que se adapte correctamente al usuario final. Entre los criterios más importantes están: el entrenamiento que el paciente o cuidador requieran para manejar el dispositivo, el soporte técnico disponible, la calidad de atención requerida, el costo de acuerdo a su capacidad económica, la integración del dispositivo en su entorno personal como dentro de un centro de salud, entre otros (World Health Organization, 2003)(Ramirez, Ramírez, Hurtado, & Marquez, 2019)(Knight, Blessner, & Olson, 2016).

Consideraciones Éticas. Dado que un dispositivo IoT puede monitorear información muy personal del adulto mayor como son sus actividades, su estado físico, su estado mental, su estado emocional y su entorno; es necesario llegar a un consenso entre el acceso a los datos del adulto mayor y las consideraciones éticas que eso conlleva. Se debe consensuar el nivel de privacidad y restricciones que el dispositivo maneje en función a los datos que recolecta. Adicionalmente se puede considerar la elaboración de acuerdos de consentimiento informado, el análisis del nivel de autonomía que el adulto mayor tendrá, la reducción del contacto humano y sus consecuencias, la usabilidad que el adulto mayor o los cuidadores le den al dispositivo, entre otros (Chung, Demiris, & Thompson, 2016).

2.4.3 Según su Contexto

Finalmente, es necesario analizar cuáles son los criterios de selección en relación con el contexto en el que el dispositivo IoT se despliegue. Dentro de esta macro categoría, se agrupó los criterios relacionados con gestión de contratos, regulaciones gubernamentales, aspectos del mercado y los factores de decisión entre la adquisición o fabricación del dispositivo.

Contratos. Cuando se adquiere un dispositivo IoT, es necesario establecer contratos que definan claramente las obligaciones posteriores que el vendedor y comprador se comprometen a



cumplir. Adicionalmente, se debe formalizar la documentación con respecto a la intención del dispositivo, acuerdos de aplicación de actualizaciones (software y hardware), acuerdos de privacidad, acuerdos de seguridad, cumplimiento jurisdiccional ante posibles disputas, derechos de auditoría, entre otros (U.S. General Services Administration, 2017)(USTelecom Media, 2019).

Regulaciones Gubernamentales. Previo a la adquisición del dispositivo IoT, es necesario revisar si existen regulaciones gubernamentales que apliquen a su importación, compra o uso. Específicamente, en Ecuador existen regulaciones gubernamentales para la importación de bienes según su tipo y el fin para el cual son importados. Estas regulaciones implican la aplicación de impuestos y restricciones que deben ser considerados para la adquisición. Por otra parte, a la fecha también está vigente un reglamento para la adquisición de tecnología desde el sector público al cual se tiene que acoger en caso de que la adquisición se origine desde una institución pública o sea patrocinada con fondos públicos. Con respecto a las regulaciones gubernamentales, se definió 4 categorías: a) Producto, b) Impuestos, c) Importaciones y d) Sector público.

- a) **Producto:** previo a la adquisición de un dispositivo IoT, es necesario analizar si existen regulaciones gubernamentales que condicionen el proceso. Por ejemplo, se debe verificar si existen restricciones en cuanto a las bandas de frecuencia de comunicaciones que el dispositivo maneje; o si existen normas en cuanto al cumplimiento de estándares internacionales. También se debe verificar si es obligatorio cumplir con el registro del producto, del vendedor, y/o del comprador (World Health Organization, 2003).
- b) **Impuestos:** Según la clasificación de los productos y su fin, existen diferentes tipos de impuestos y aranceles que aplican para la compra dentro del territorio nacional e importación. Los impuestos más comunes que aplican en una importación de un dispositivo IoT son: AD-VALOREM (Arancel Cobrado a las Mercancías; que representa un porcentaje en función al tipo de mercancía y calculado sobre la suma del Costo, Seguro y Flete), FODINFA (impuesto para el Fondo de Desarrollo para la Infancia; es el 0.5% sobre la base imponible de la importación),



ICE (Impuesto a los Consumos Especiales; grava a ciertos bienes y servicios, detallados en el artículo 82 de la Ley de Régimen Tributario Interno (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2004)), IVA (Impuesto al Valor Agregado; valor del 12% sobre Base imponible + ADVALOREM + FODINFA + ICE), Salvaguardias (aranceles temporales para el equilibrio de la balanza comercial), Impuesto a la Salida de Capitales (5% sobre valores superiores a \$5.000 consumidos con tarjetas en el exterior de manera presencial y por consumos superiores a \$100 mediante internet) (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2016)(Servicio de Aduana del Ecuador SENA, 2013).

c) **Importaciones:** en Ecuador las importaciones están reguladas por el Servicio de Aduana del Ecuador (SENAE) que es la entidad del control de las importaciones y exportaciones mediante la verificación del cumplimiento de las formalidades y requisitos establecidos en el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2010); en Reglamento al Título de la Facilitación Aduanera para el Comercio, del Libro V del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2011) y en las diferentes resoluciones emitidas por la misma. En este contexto, existen ciertas regulaciones establecidas dentro del marco regulatorio que deben ser consideradas para importación de dispositivos IoT:

- **Donaciones:** están libres de tributos, y pueden ser recibidas por cualquier institución pública o por instituciones privadas que tengan cooperación suscrita con instituciones del estado. Las donaciones deben estar destinadas a cubrir servicios de salubridad, alimentación, asistencia técnica, beneficencia, asistencia médica, educación, investigación científica y cultural (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2011).
- **Declarado para uso de personas discapacitadas:** las personas con discapacidad debidamente calificadas por la Autoridad Sanitaria Nacional con un porcentaje de discapacidad del 30% o superior, o personas jurídicas encargadas de su atención, pueden importar bienes y vehículos para su uso exclusivo, con exenciones del pago de tributos al



comercio exterior de acuerdo con el porcentaje de discapacidad (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2011).

- **Envío Postal y Courier:** Los productos permitidos a importar mediante Courier están establecidos en 6 categorías de las cuales se rescatan 3 que son aplicables para dispositivos IoT: 1) **Categoría B – 4x4:** paquetes de hasta 4 kilogramos y su valor sea de hasta \$400, no pagan aranceles de importación (Comité de Comercio Exterior, 2021). 2) **Categoría C – 100Kg \$5000:** paquetes de hasta 100 kilogramos y hasta \$5,000 de valor, pagan IVA (12%), Fodinfra (0,5%) y Advalorem (el porcentaje depende del tipo de producto). No se requiere presentar documentos de control para dispositivos IoT y se permite repuestos para equipos médicos de carácter urgente de hasta \$5,000 y un peso de hasta 200 kilogramos (Comité de Comercio Exterior, 2021). 3) **Categoría E – Medicinas:** aplica a paquetes sin fines comerciales e incluye equipos y aparatos para personas con discapacidad. Están libres del pago de tributos justificando su necesidad mediante la presentación de una receta médica. No se requiere documentos de control para aparatos médicos, herramientas especiales y prótesis. No existe limitación de peso y valor en esta categoría (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2011).

- d) **Sector Público:** Si la solución a implementar se lo ejecutará desde una institución pública o con fondos públicos, es necesario alinearse a los estatutos descritos tanto a nivel del hardware del dispositivo IoT, como del software que lo controla y/o consume sus datos. El Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2016) en función de fomentar el consumo nacional, y consumo de software y hardware libre, establece reglamentaciones específicas para la adquisición y uso de los mismos dentro del sector público. El “Artículo 143.- *Del Hardware Libre.*” las instituciones u organismos de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, así como los Planes Nacionales de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología, Fortalecimiento del Talento Humano, Becas y Saberes Ancestrales, deberán apoyar en sus



planes de investigación el uso e implementación de hardware libre. En caso de existir hardware libre desarrollado en el país, éste tendrá preferencia para contratarlo por parte del Estado”. Por otra parte, el “Artículo 148.- *Prelación en la adquisición de software por parte del sector público.*- Para la contratación pública relacionada con software, las entidades contratantes del sector público deberán seguir el siguiente orden de prelación: 1. Software de código abierto que incluya servicios de desarrollo de código fuente, parametrización o implementación con un importante componente de valor agregado ecuatoriano; 2. Software en cualquier otra modalidad que incluya servicios con un componente mayoritario de valor agregado ecuatoriano; 3. Software de código abierto sin componente mayoritario de servicios de valor agregado ecuatoriano; 4. Software internacional por intermedio de proveedores nacionales; y, 5. Software internacional por intermedio de proveedores extranjeros.” De no ser posible o pertinente la adquisición o desarrollo de software de código abierto o con un importante componente de valor agregado ecuatoriano, el órgano público deberá justificar la adquisición de otras tecnologías ante el ente de Regulación en materia de Gobierno Electrónico donde se evaluará: 1. Sostenibilidad de la solución; 2. Costo y oportunidad; 3. Estándares de seguridad; y, 4. Capacidad técnica que brinde el soporte necesario para el uso del software.

Mercado. Ante la variedad de dispositivos IoT disponibles, se debe analizar el mercado para detectar tendencias o preferencias dentro del entorno donde se aplicará la solución. Criterios tales como el reaprovisionamiento, el costo, la afinidad, la reputación del dispositivo, el acceso al mercado, la diversidad de opciones (entre otros), son criterios que pueden facilitar el proceso de decisión entre un dispositivo y otro (National Institute of Standards and Technology, 2019)(Mohammadi, Rahmani, Darwesh, & Sahafi, 2019a).

Adquisición o Fabricación. Cuando no se encuentre un dispositivo IoT que cumpla con los requisitos mínimos de la solución o si el dispositivo IoT no se ajusta al presupuesto, se puede



considerar la fabricación del dispositivo como una opción. Sin embargo, para lograrlo es necesario analizar diferentes factores tales como las capacidades actuales para lograrlo, la estrategia contemplada para el desarrollo de la solución, los recursos propios con los que se cuenta y los disponibles en el entorno. (Lee et al., 2009) (Kurokawa, 1997) (Steensma & Corley, 2000).

2.5 Metodologías de Selección de Tecnología IoT

En la revisión de la literatura referente a investigaciones de selección de tecnología IoT, se observaron diferentes maneras para realizar la selección de los dispositivos. Algunas investigaciones aplican directamente metodologías de selección multicriterio tales como AHP o ANP. Otras investigaciones optan por el uso de métodos de convulsión como el método convulsión lineal para cálculo de la mejor solución. Finalmente, otro conjunto de investigaciones establece metamodelos adaptables a diferentes metodologías multicriterio o simplemente no especifican ninguna metodología. A continuación, se conceptualiza las metodologías de selección multicriterio consideradas en esas investigaciones.

2.5.1 AHP

Proceso Jerárquico Analítico (AHP por sus siglas en inglés) es una teoría de medición general basada en la comparación por pares para obtener la importancia relativa en escalas absolutas de cada variable (R. W. Saaty, 1987). La metodología original descompone un problema general en una estructura jerárquica multinivel de ponderaciones generadas a partir de la comparación pareada de n alternativas. Se construye una matriz con la comparación entre pares de las alternativas seleccionadas. Luego esta matriz es normalizada y se obtiene el vector propio que representa la ponderación de cada variable. Este proceso se repite por cada nivel de comparación que se requiera.

2.5.2 ANP

Proceso de Red Analítica (ANP por sus siglas en inglés) al igual que AHP, es una teoría de medición multicriterio que se utiliza para encontrar la importancia relativa en escala absoluta de cada variable a partir de juicios individuales o de mediciones reales. ANP se basa en el principio de la dependencia



y la retroalimentación dentro y entre grupos de todos los elementos formando una red de comparación; mientras que AHP se basa en el supuesto de independencia de los niveles superiores de los niveles inferiores (T. L. Saaty, 2004).

2.5.3 ARAS

Evaluación de la Relación Aditiva (ARAS por sus siglas en inglés) es un método que tiene como objetivo seleccionar la mejor alternativa en función de una serie de atributos. Los atributos cualitativos deben convertirse en atributos cuantitativos y a su vez cada atributo debe ser independiente de los demás para elegir la mejor alternativa. La clasificación final de las alternativas se realiza según el grado de desarrollo de alternativas diferentes a los atributos (Alinezhad y Khalili 2019).

2.5.4 DEMATEL

Laboratorio de Evaluación y Ensayo de Toma de Decisiones (DEMATEL por sus siglas en inglés) es un método eficaz para la identificación de los componentes de la cadena causa-efecto de un sistema complejo. El objetivo del método es evaluar las relaciones interdependientes entre factores e identificar las más críticas a través de un modelo estructural visual. Se consideran el valor y la importancia de los factores, en lugar de considerar solo factores específicos; y cada uno de los factores o partes puede ejercer y obtenerse de otros factores de nivel superior o inferior (Fontela y Gabus 1976). DEMATEL está basado en la teoría de grafos para presentar las relaciones casuales al dividir los asuntos importantes y relacionados en causa y efecto (Li y Tzeng 2009).

2.5.5 ELECTRE

Traducción de la Realidad por Eliminación y Elección (ELECTRE por sus siglas en francés) es un método que permite evaluar las ventajas y desventajas relativas entre las alternativas en cada criterio y jerarquizarlas en un orden de preferencias, de la mejor a la peor basado en 3 valores: *preferido a*; *indiferente e incomparable a*. ELECTRE tiene la ventaja de aceptar situaciones de incomparabilidad con criterios cualitativos e inconmensurables. Usa la relación de superación o sobre calificación entre los criterios para indicar cuál de las alternativas es la preferida mediante el planteamiento de dos



matrices (matrices de concordancia y discordancia), que aplican de manera normalizada los valores de las calificaciones y los pesos (E. Silva, Agostinho, & Jardim-Goncalves, 2017)(D. Silva, Gonçalves, & da Rocha, 2019)

2.5.6 Métodos de Convolución

Son métodos que se basan en la formulación matemática de una función a partir de dos funciones de entrada. El conjunto de criterios es representado por un conjunto paramétrico de problemas de optimización con una función objetivo y/o restricciones que dependen del parámetro. La dependencia viene determinada por el tipo de convolución. Existen varios métodos de convolución como la Convolución Lineal (CL), que implica la búsqueda del resultado óptimo a partir de la suma ponderada de los criterios. Se establece un vector de pesos que es sometido al método Simplex para tomar los valores del simplex estándar como parámetros de convolución (Novikova, Pospelova, & Zenyukov, 2017).

2.5.7 PCNP

Proceso de Red Cognitiva Primitiva (PCNP por sus siglas en inglés) es una arquitectura cognitiva que comprende los siguientes procesos de decisión: Proceso de Cognición del Problema (PCP por sus siglas en inglés), Proceso de Evaluación Cognitiva (CAP por sus siglas en inglés), Proceso de Priorización Cognitiva (CPP por sus siglas en inglés), Proceso de Fusión de información Múltiple (MIP por sus siglas en inglés) y Proceso de Decisión y Volición (DVP por sus siglas en inglés). Dentro de cada proceso existen una serie de pasos que, principalmente se basan en tomar los criterios y las alternativas, establecer una escala de medición, realizar la comparación por pares que da como resultado una matriz opuesta por pares, obtener el vector prioridad, obtener el vector de valores de rendimiento y finalmente obtener la mejor alternativa (Qi, Yin, Cheng, & Liao, 2017) (Fung, 2011).



Capítulo 3. Estado del Arte

En este capítulo, se presenta una síntesis de los estudios relacionados con metodologías de selección y/o adquisición de tecnología IoT; además, los criterios usados para dicha selección a través de una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), todo esto se realizó para tener una perspectiva global de que líneas de investigación existentes en la actualidad y aquellas que faltan aún por investigar; así también, esta revisión será el punto de partida para comprender cuáles son los aspectos más importantes dentro del dominio del IoT con el fin de seleccionar al momento de la adquisición los dispositivos basados en sus características más significativas.

3.1 Introducción a la Revisión Sistemática

Previo a la realización de la metodología para la selección y/o adquisición de tecnología IoT para adultos mayores, es necesario conocer cuáles son los avances que se han dado en los últimos años con respecto a este ámbito, esto con el objetivo de establecer un punto de partida y desarrollar las bases para fundamentar la investigación. La RSL es un medio para identificar, evaluar e interpretar toda la investigación disponible relacionada con la pregunta de investigación o un área de interés particular (Kitchenham y Charters, 2007). Uno de los objetivos es brindar una valoración objetiva de la pertinencia y viabilidad del tema de investigación de manera confiable, rigurosa y metodológica, por lo que se selecciona una revisión sistemática como método de investigación para realizar el estado del arte del presente estudio. Específicamente, se consideran los lineamientos de Kitchenham y Charters (2007) que constan de 3 etapas principales que son: planificación de la revisión, ejecución de la revisión y reporte de resultados.

3.2 Planificación de la Revisión Sistemática

Previo al inicio de la revisión, el método proporcionado por Kitchenham y Charters (2007) indica que es necesario verificar la no-existencia de trabajos previos similares con el fin de evitar la duplicidad de investigaciones. Por lo tanto, se procedió a realizar una primera búsqueda de RSLs relacionadas con la selección y/o adquisición de tecnología IoT usando la cadena de búsqueda (*“Systematic Literature*



Review” or “*SLR*”) and (“*Selection or Acquisition*”) and (“*Internet of Things*” or “*IoT*”) en las librerías IEEE Explore, ACM, ScienceDirect y PubMed; y en el buscador Google Scholar. El resultado de las búsquedas no arrojó resultados de estudios similares; por este motivo se prosiguió con la planificación de la revisión.

Una vez justificada la necesidad de la revisión, es necesario definir qué pasos se seguirá para llevarla a cabo de forma ordenada y sistemática, mediante el establecimiento de un protocolo de investigación que contemple todos los pasos necesarios a seguir; desde la identificación de la pregunta de investigación hasta la publicación de los resultados.

3.2.1 Pregunta de Investigación

El objetivo general de esta revisión es dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación (RQ):

RQ: ¿Qué factores se consideran para el planteamiento de metodologías para la selección y/o adquisición de tecnología IoT?

Kitchenham y Charters (2007) sugieren dividir la pregunta principal en subpreguntas de investigación para facilitar la revisión. En este caso, se definió las siguientes:

- **RQ₁:** ¿Qué aspectos se consideran para la selección y/o adquisición de tecnología IoT?
- **RQ₂:** ¿Qué enfoque y a qué dominios se orientan las metodologías para selección y adquisición de tecnología IoT?
- **RQ₃:** ¿Qué método utilizan para la ponderación de los dispositivos IoT?
- **RQ₄:** ¿Cómo se está llevando la investigación sobre metodologías para adquisición de tecnologías IoT?

3.2.2 Estrategia de Búsqueda

La naturaleza del tema de investigación del presente trabajo de titulación en general y, de la revisión sistemática en particular, es multidisciplinaria; en ambos convergen principalmente dos áreas del conocimiento: el área de la gestión de las tecnologías de la información y el área de la salud. Por lo



que, las bibliotecas consideradas para la realización de la búsqueda fueron: i) *ACM Digital Library*, ii) *IEEE Xplorer Digital Library*, iii) *ScienceDirect* y iv) *PubMed*.

La cadena de búsqueda automática a someter en estos sitios está definida en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Cadena de búsqueda

Concepto	Subcadena	Conector	Términos alternativos
Internet of things	Internet of things	OR	
IoT	IoT	AND	
Acquisition	Acquisition	OR	
	Selection	AND	
Methodology	Method*		Incluye methodology, method.
Cadena de búsqueda	("Internet of things" OR "IoT") AND ("Acquisition" OR "Selection") AND Method*		

Para la selección de los estudios, Kitchenham y Charters (2007) establecen que es necesario considerar un año hito que permita señalar el punto de partida de la RSL. En este sentido, se consideran los estudios primarios registrados desde el año 2010. La justificación de este punto de partida, está basada en el estudio realizado por Evans (2011), que indica que el concepto IoT surgió entre el año 2008 al 2009. Por ese motivo, a partir del año 2010 ya se presencian los primeros estudios formales relacionados con este término.

Además, para fortalecer la búsqueda y minimizar el riesgo de sesgo, se incluyen búsquedas manuales de conferencias y revistas relacionadas con IoT aplicadas en el ámbito de la salud y/o cuidado del adulto mayor, mismas que derivaron de los sitios *The SCImago Journal & Country Rank*, *Core Conference* y *Google Scholar*; y están resumidas en la **Tabla 2**.

Tabla 2

Listado de conferencias y revistas revisadas en la búsqueda manual

Conferencias y Revistas revisadas para la búsqueda manual		
Cloudification of the Internet of Things (CIoT)	International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications (IC3INA)	International Conference on the Internet of Things (IOT)

IEEE International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)	International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)	International Symposium on Dependable Computing and Internet of Things (DCIT)
IEEE International Conferences on Internet of Things (iThings)	International Conference on Information Technology (InCITe)	International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC)
IEEE Internet of Things Journal	International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things (ICIT)	International Workshop on Internet of Things Towards Applications (IoT-App)
IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)	International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)	International Workshop on Networking and Object Memories for the Internet of Things (NoME-IoT)
Industrial IoT	International Conference on Internet of Things and Big Data (IoTBD)	International Workshop on Self-Aware Internet of Things, Co-located with ICAC (Self-IoT)
International British Computer Society Human Computer Interaction Conference: The Internet of Things (HCI)	International Conference on IoT Inclusive Life (ICIIL)	Internet of Things and Service Platforms (IoTSP)
International Conference on Body Area Networks (EAI BODYNETS)	International Conference on IoT Technologies for HealthCare (EAI HealthyIoT)	IoT enabling technologies in healthcare (IoT-Health)
International Conference on Cloud Computing and Internet of Things (CCIOT)	International Conference on Recent Advances in Internet of Things (RIoT)	

3.2.3 Estrategias de Extracción de Datos

Las directrices propuestas por Kitchenham y Charters (2007) sugieren la extracción de información teniendo en cuenta varios aspectos, tal y como se presenta en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Aspectos de la extracción durante el SLR

Aspecto	Descripción
<i>Población</i>	Estudios relacionados con metodologías para la selección/adquisición de dispositivos IoT orientados a personas mayores. También se consideran metodologías para la selección de dispositivos IoT.
<i>Intervención</i>	El estudio contiene un grupo de aspectos relacionados con la selección de dispositivos.
<i>Comparación</i>	Este estudio no compara los diferentes aspectos a tratar a la hora de diseñar una metodología de selección de dispositivos IoT orientados a la tercera edad.
<i>Resultados</i>	Identificar los principales aspectos abordados durante el diseño de metodologías y aspectos considerados para la selección de dispositivos IoT.



Contexto Este estudio se desarrolla en un contexto de investigación, en el que los expertos en la materia presentan estudios primarios.

3.3 Ejecución de la Revisión Sistemática

Una vez establecido los lineamientos de la revisión sistemática, se procede a ponerla en ejecución de acuerdo con el plan establecido previamente.

3.3.1 Selección de Estudios Primarios

Para la selección de estudios primarios por medio de la búsqueda automática, se introdujo la cadena anteriormente descrita considerando únicamente el título, resumen y palabras clave en las bibliotecas digitales seleccionadas. Con los resultados obtenidos, se procedió a evaluar los títulos y resúmenes con el objetivo de filtrar los artículos que no se alinean a la pregunta de investigación. Se conservó los estudios que al menos cumplen con temas relacionados con selección o adquisición de tecnología IoT o análisis de aspectos de propios de IoT. Se excluyeron documentos introductorios, trabajos duplicados en diferentes fuentes, artículos en un idioma diferente al inglés, libros, talleres y posters, trabajos cortos con menos de 5 páginas. Cabe indicar que, debido a que la cantidad de estudios válidos devueltos de la búsqueda automática fueron escasos, se realizó una comprobación con otros términos tales como *buy* o *purchase* sin que los resultados mejoren. Por ese motivo, se realizó una búsqueda manual exhaustiva de artículos en revistas y conferencias relacionadas con IoT para obtener más literatura que aporte al proceso de revisión sistemática. En la búsqueda manual, se flexibilizó los criterios de extracción para contemplar estudios que al menos tomen en cuenta un aspecto de selección relacionado con dispositivos IoT, como *selección de tecnología Wireless para IoT* o *selección de servicios IoT*.

3.3.2 Aseguramiento de la Calidad de los Estudios Primarios

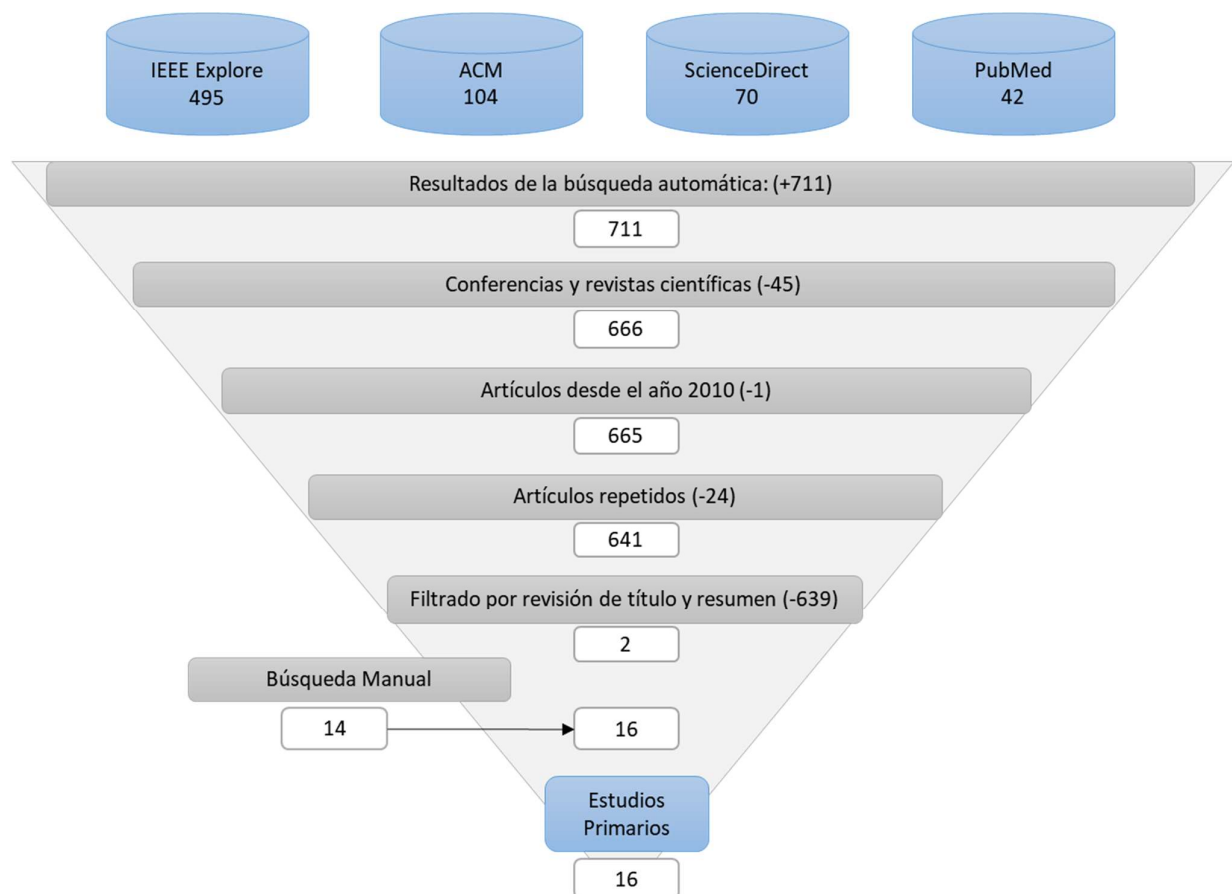
Por la cantidad de resultados obtenidos, y dado que una buena parte de estos no tiene más de 3 años desde su publicación, se decidió filtrar que al menos el artículo esté publicado en una revista indexada.

Como siguiente paso, se analizó uno a uno los títulos y resúmenes del conjunto de resultados para extraer solamente los artículos que aportan a las preguntas de investigación.

En la **Figura 6** se detallan la cantidad de resultados obtenidos luego de cada filtro descrito anteriormente, más la incorporación de los resultados de la búsqueda manual. Al final, se obtuvo 16 estudios primarios que aportan a las preguntas de investigación.

Figura 6

Proceso de obtención de los estudios primarios



3.3.3 Estrategia de Extracción de Datos

Para la extracción de los datos de los estudios primarios, se elaboró un formulario de registro de coincidencias según un conjunto de criterios establecido por cada subpregunta de investigación (**Tabla 4**).

**Tabla 4***Criterios a analizar por cada subpregunta de investigación*

RQ₁: ¿Qué aspectos se consideran para la selección y/o adquisición de tecnología IoT existentes?	
1. Aspectos técnicos	
<input type="checkbox"/> Características técnicas	<input type="checkbox"/> Seguridad
<input type="checkbox"/> Calidad	<input type="checkbox"/> Sensores
<input type="checkbox"/> Comunicaciones	<input type="checkbox"/> Software
<input type="checkbox"/> Datos	<input type="checkbox"/> Servicios IoT
<input type="checkbox"/> Manufactura	<input type="checkbox"/> Ninguno
<input type="checkbox"/> Plataformas IoT	
2. Aspectos de gestión	
<input type="checkbox"/> Contratos	<input type="checkbox"/> Regulaciones gubernamentales
<input type="checkbox"/> Mercado del dispositivo	<input type="checkbox"/> Usuario final
<input type="checkbox"/> Negocio	<input type="checkbox"/> Ninguno
RQ₂: ¿Qué enfoque y a qué dominios se orientan las metodologías para selección y adquisición de tecnología IoT?	
3. Enfoque	
<input type="checkbox"/> Selección de dispositivos IoT en general	<input type="checkbox"/> Selección de servicios IoT
<input type="checkbox"/> Selección de dispositivos IoT para uso médico	<input type="checkbox"/> Selección de plataformas IoT
<input type="checkbox"/> Automatización de procesos con IoT	<input type="checkbox"/> Selección de sistemas IoT
<input type="checkbox"/> Selección de sensores para dispositivos IoT	<input type="checkbox"/> Selección de tecnología en general
4. Dominio	
<input type="checkbox"/> Adulto mayor	<input type="checkbox"/> Empresas
<input type="checkbox"/> Personas en general	<input type="checkbox"/> Ninguno en específico
RQ₃: ¿Qué método utilizan para la ponderación de los dispositivos IoT?	
5. Métodos	
<input type="checkbox"/> AHP	<input type="checkbox"/> ELECTRE
<input type="checkbox"/> ANP	<input type="checkbox"/> Métodos de Convolución
<input type="checkbox"/> ARAS	<input type="checkbox"/> PCNP
<input type="checkbox"/> DEMATEL	<input type="checkbox"/> Otros (algoritmos, modelos, etc.)
RQ₄: ¿Cómo se está llevando la investigación sobre metodologías para adquisición de tecnologías IoT?	
6. Fase(s) en las que se basan los estudios	
<input type="checkbox"/> Análisis	<input type="checkbox"/> Implementación
<input type="checkbox"/> Diseño	<input type="checkbox"/> Pruebas
7. Tipo de validación	
<input type="checkbox"/> Prueba de concepto	<input type="checkbox"/> Estudio de caso
<input type="checkbox"/> Encuesta	<input type="checkbox"/> Prototipo
<input type="checkbox"/> Experimento	<input type="checkbox"/> Otros
8. Alcance del enfoque	
<input type="checkbox"/> Industria	
<input type="checkbox"/> Academia	
9. Continuidad del estudio	



<input type="checkbox"/> Nuevo
<input type="checkbox"/> Ampliación
10. País
11. Año

3.3.4 Conceptualización de los Criterios de Extracción

Dentro de la primera subconsulta referente a los aspectos que se consideran para la selección de la tecnología IoT, se decidió agrupar los aspectos en dos categorías principales para su análisis:

Aspectos técnicos: esta categoría agrupa los características técnicas y físicas del dispositivo, métricas de calidad del dispositivo, criterios de seguridad del dispositivo (independiente de la categoría de calidad para un análisis más profundo), análisis de criterios desde el punto de vista del software para la integración de soluciones IoT, criterios para servicios IoT, criterios para las comunicaciones del dispositivo, criterios especializados en sensores, criterios relacionados a la gestión y almacenamiento de los datos, criterios relacionados con plataformas IoT y finalmente criterios para determinar la adquisición o fabricación del dispositivo.

Aspectos de gestión: esta categoría agrupa criterios relacionados con el usuario final, criterios relacionados con el mercado de dispositivos, criterios relacionados con la negociación de contratos con proveedores, criterios relacionados con las regulaciones gubernamentales para la adquisición del dispositivo y criterios relacionados con el giro del negocio.

En la segunda subpregunta se busca determinar el enfoque y el dominio de las investigaciones como, por ejemplo, si son o no dirigidas al adulto mayor y si tienen una relación al concepto de vida asistida o son enfocados para la adquisición de tecnología en general.

La tercera subpregunta tiene como objetivo identificar que método es usado en cada investigación para la selección de los criterios. Cabe resaltar que un estudio puede clasificarse en más de una categoría.

3.4 Resumen de los Datos

Se procedió a tabular todas las investigaciones según los criterios, con el fin de obtener un resumen de los datos. En la **Tabla 5** se presenta los resultados obtenidos con su respectiva cantidad y porcentaje por cada subpregunta de investigación. También se incluyen todas las investigaciones que conforman los resultados según la codificación detallada en el **Anexo 1**. Trabajos de Investigación Resultantes de la RSL.

Tabla 5

Resultados obtenidos por criterio de cada subpregunta

Categoría	Criterio de Extracción	#	%	Estudios Primarios
RQ1: ¿Qué aspectos se consideran para la selección y/o adquisición de tecnología IoT existentes?				
Aspectos técnicos	Características técnicas	5	31%	S01, S04, S07, S09, S16
	Calidad	5	31%	S01, S03, S04, S08, S11
	Comunicaciones	4	25%	S01, S03, S04, S11
	Datos	3	19%	S11, S14, S09
	Manufactura	2	13%	S01, S16
	Plataformas IoT	3	19%	S02, S14, S09
	Seguridad	7	44%	S03, S04, S08, S11, S13, S14, S15
	Sensores	1	6%	S07
	Software	0	0%	
	Servicios IoT	1	6%	S01
Aspectos de Gestión	Contratos	0	0%	
	Mercado del dispositivo	3	19%	S02, S04, S11
	Negocio	4	25%	S03, S04, S08, S11
	Regulaciones gubernamentales	3	19%	S02, S08, S11
	Usuario final	5	31%	S02, S04, S08, S09, S11
	Ninguno	10	63%	S01, S05, S06, S07, S10, S12, S13, S14, S15, S16
RQ2: ¿Qué enfoque y a qué dominios se orientan las metodologías para selección y adquisición de tecnología IoT?				
Enfoque	Selección de dispositivos IoT en general	3	19%	S06, S09, S12
	Selección de dispositivos IoT para uso médico	2	13%	S08, S11
	Automatización de procesos con IoT	1	6%	S03
	Selección de sensores para dispositivos IoT	3	19%	S04, S07, S10
	Selección de servicios IoT	1	6%	S13
	Selección de plataformas IoT	3	19%	S02, S14, S15
	Selección de sistemas IoT	2	13%	S01, S16



Dominio	Selección de tecnología en general	1	6%	S05
	Adulto mayor	0	0%	
	Personas en general	2	13%	S08, S11
	Empresas	1	6%	S03
	Ninguno en específico	13	81%	S01, S02, S04, S05, S06, S07, S09, S10, S12, S13, S14, S15, S16
RQ3: ¿Qué método utilizan para la ponderación de los dispositivos IoT?				
Métodos	AHP	5	31%	S01, S03, S06, S09, S16
	ANP	2	13%	S11, S13
	ARAS	1	6%	S08
	DEMATEL	1	6%	S13
	ELECTRE	1	6%	S16
	Métodos de Convolución	3	19%	S12, S14, S15
	PCNP	1	6%	S05
	Otros	6	38%	S01, S02, S04, S07, S10, S15
RQ4: ¿Cómo se está llevando la investigación sobre metodologías para adquisición de tecnologías IoT?				
Fase(s) en las que se basan los estudios	Análisis	3	19%	S04, S05, S12
	Diseño	9	56%	S01, S02, S03, S05, S06, S09, S10, S13, S16
	Implementación	6	38%	S03, S07, S08, S11, S14, S15
	Pruebas	4	25%	S03, S07, S08, S14
Tipo de validación	Prueba de concepto	7	44%	S01, S05, S06, S09, S11, S12, S14
	Encuesta	1	6%	S13
	Experimento	1	6%	S10
	Estudio de caso	4	25%	S03, S07, S08, S16
	Prototipo	1	6%	S15
	Otros	2	13%	S02, S04
Alcance del enfoque	Industria	4	25%	S02, S03, S05, S08
	Academia	12	75%	S01, S04, S06, S07, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16
Continuidad del estudio	Nuevo	16	100%	S01, S02, S03, S04, S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16
	Ampliación	0	0%	
País	Australia	1	6%	S07
	Brasil	1	6%	S03
	China	2	13%	S5, S10
	Corea del Sur	1	6%	S13
	Indonesia	2	13%	S08, S11
	Marruecos	1	6%	S04
	Portugal	4	25%	S01, S06, S09, S16
	Ucrania	4	25%	S02, S12, S14, S15
Año	2013	1	6%	S07
	2015	1	6%	S05
	2016	2	13%	S04, S13

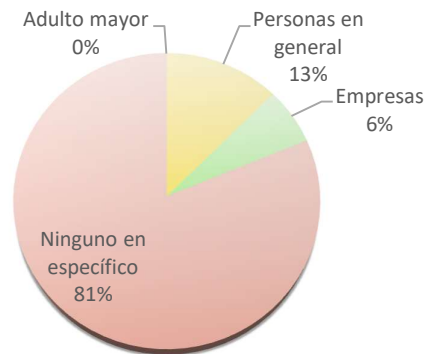
2017	2	13%	S06, S09
2018	3	19%	S02, S03, S14
2019	4	25%	S10, S12, S15, S16
2020	3	19%	S01, S08, S11

En la siguiente sección se presentan ilustraciones gráficas de las tendencias más importantes para aportar al entendimiento de los resultados.

En la **Figura 7** se observa las tendencias con respecto al dominio del estudio. La gran mayoría de investigaciones no se centra en ningún dominio en especial (81%), y por otra parte ningún estudio está orientado específicamente al adulto mayor (0%).

Figura 7

Selección de tecnología IoT según el dominio



Profundizando más, en la **Figura 8** se observa la comparación de los criterios técnicos en función al dominio. En esta figura se puede observar una dispersión entre los criterios considerados, destacando las categorías de características técnicas y seguridad. A su vez, En la **Figura 9** se observa la comparación de los criterios de gestión según el dominio. En este gráfico se puede observar que la mayoría de estudios simplemente no consideran criterios de este tipo.



Figura 8

Aspectos técnicos de selección de tecnología IoT según el dominio

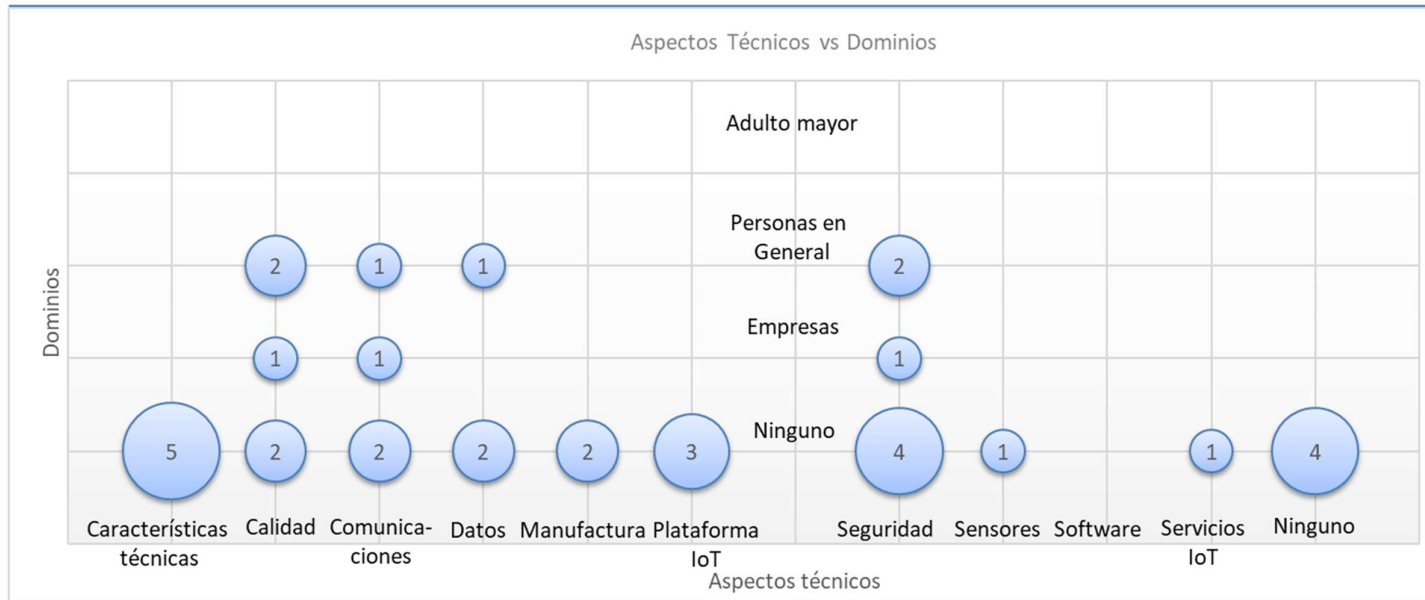
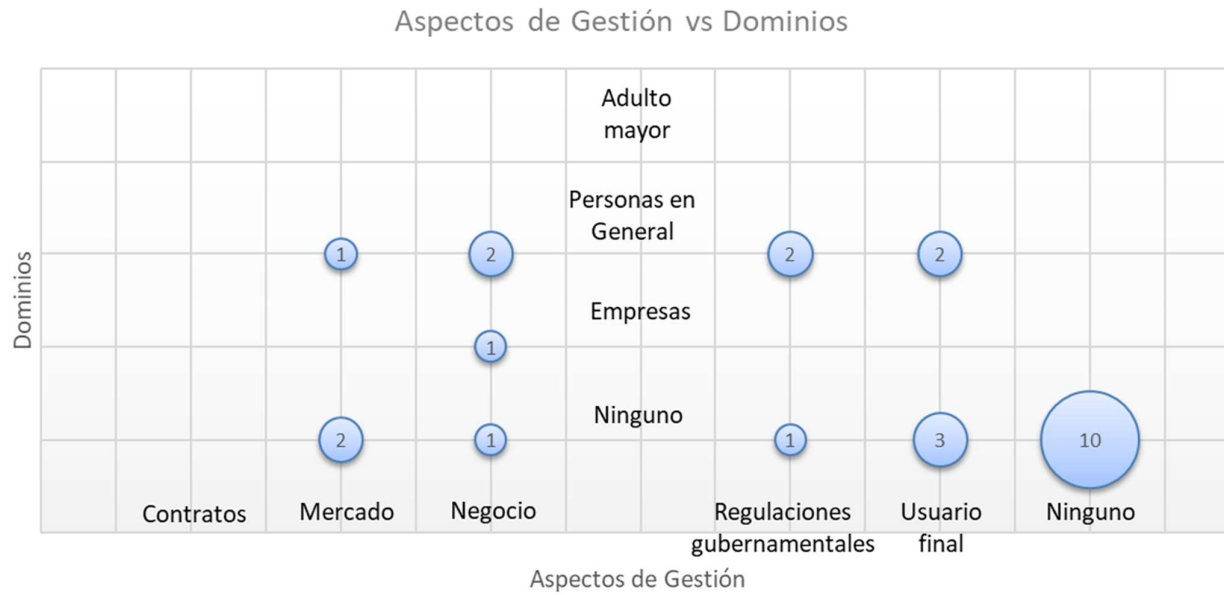




Figura 9

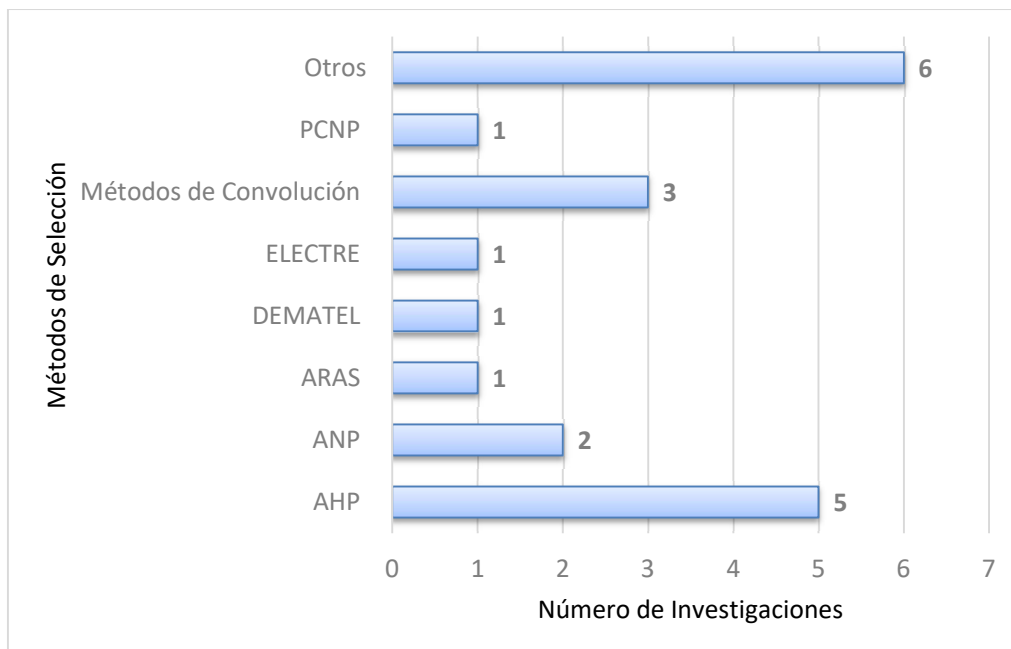
Aspectos de gestión de selección de tecnología IoT según el dominio



En la **Figura 10** se presenta la tendencia de las metodologías usadas. Obviando los estudios que no tienen un método de selección en específico, AHP es la metodología más aplicada (35%). En segundo lugar, se encuentra los métodos de convulsión que agrupan a diferentes métodos como el Método de Convulsión Linear (MCL) o el Método Proporcional (21%).

Figura 10

Tendencias de métodos de selección de criterios



Profundizando más, en la **Figura 11** se plasma las metodologías aplicadas según el dominio de los estudios. Al eliminar los estudios que no aplican una metodología, se obtiene que el 79% de las metodologías aplicadas no están orientadas a un dominio específico. Por último, en la **Figura 12** se plasma las tendencias de cómo se está llevando actualmente la investigación sobre las metodologías para adquisición de tecnología IoT.



Figura 11

Métodos de selección según el dominio

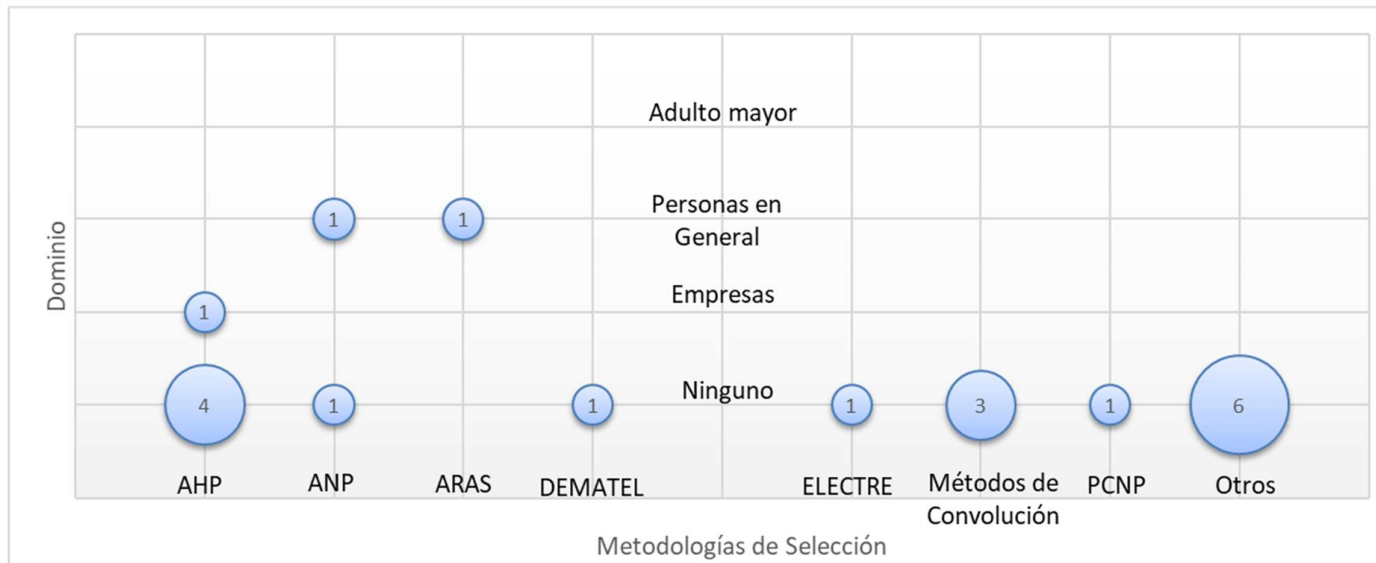
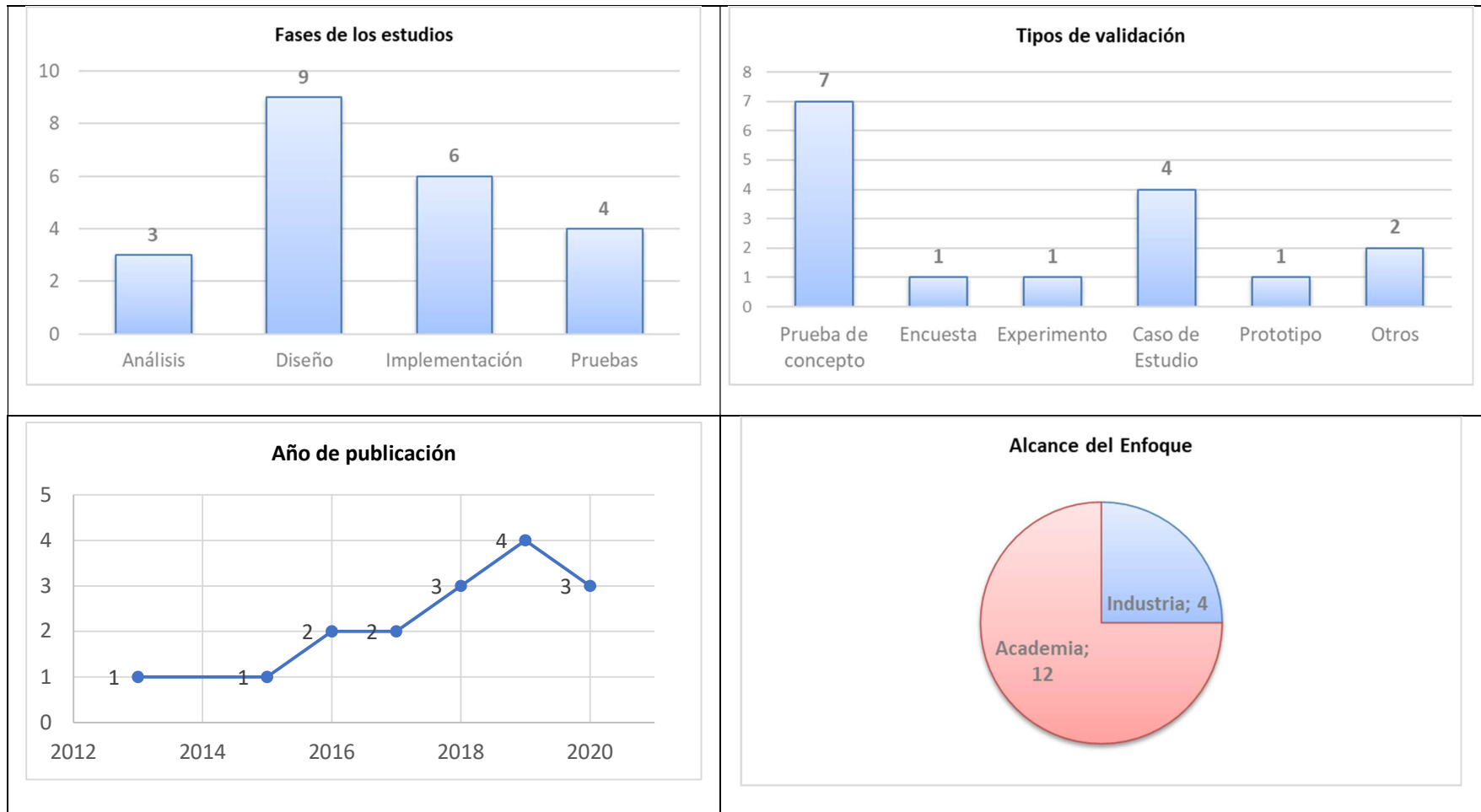




Figura 12

Tendencias de investigaciones relacionadas con metodologías de adquisición IoT





3.5 Reporte de Resultados

Los resultados obtenidos de las búsquedas comprenden estudios relacionados con la selección de dispositivos IoT tanto especializados en un solo criterio, como métodos de selección multicriterio. Estos resultados fueron complementados con investigaciones relacionadas con tecnología IoT como la selección de plataformas IoT o servicios IoT, con el fin de obtener un conjunto amplio de criterios para ser analizados posteriormente dentro de la metodología a proponer.

A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos por cada criterio:

Criterio EC1-Aspectos técnicos: El 75% de los estudios incluye uno o varios criterios técnicos para la etapa de selección. La cantidad de criterios encontrados es muy dispersa y en diferentes niveles de abstracción. Dentro del rango superior al 40% se encuentra los criterios de seguridad como la investigación realizada por Park & Shin (2016) que se especializa en un marco de seguridad para la evaluación de servicios IoT; o la investigación de Durão et al. (2018) donde se propone un método de selección de dispositivos IoT que incluye la seguridad como uno de los cinco criterios de análisis. En el rango del 20 al 40% se encuentran los criterios de Calidad, Características Técnicas y Comunicaciones, como la investigación de Dalli & Bri (2016) que analiza las características de los sensores e identificadores de radiofrecuencia (RFDI) en los dispositivos IoT desde el punto de vista de calidad, características técnicas, comunicaciones, entre otros. Otro ejemplo es la investigación de Silva & Jardim-Goncalves (2020) que incluye estos criterios para el diseño de ecosistemas IoT. En el rango del 10 al 19% se encuentran las categorías de Datos, Manufactura y Plataformas IoT como el trabajo de Silva & Jardim-Goncalves (2019) que sugiere algunos criterios a tomar en cuenta para el desarrollo de sistemas IoT completos; o la investigación de Kondratenko et al. (2018) que incluye los criterios relacionados con gestión de datos dentro de plataformas IoT. Finalmente, en el rango inferior al 10% se encuentran los criterios de Sensores y Servicios IoT (Perera, Zaslavsky, Christen, Compton, & Georgakopoulos, 2013) (Silva & Jardim-Goncalves, 2020). Ninguno de los estudios considera criterios de software en específico.



Criterio EC2-Aspectos de gestión: El 63% de los estudios no incluye ningún criterio de gestión para la selección de dispositivos. El 31% de los estudios contempla criterios desde el punto de vista del usuario final, como las investigaciones de Paramita & Dachyar (2020) (enfocada en la selección de dispositivos IoT para procesos de rehabilitación médica) o la de Nadhira & Dachyar (2020) (enfocado al análisis de factores de selección para la implementación de soluciones IoT en una unidad de cuidados intensivos). Entre el 19 al 25% se encuentran las categorías de criterios de Mercado del Dispositivo, Negocio y Regulaciones Gubernamentales como la investigación de Nikityuk & Tsaryov (2018) que categoriza las plataformas IoT según su área de aplicación (plataformas industriales, plataformas médicas, plataformas de consumo o plataformas multipropósito). De igual manera, otro de los cinco criterios de selección de dispositivos IoT citados anteriormente en la investigación de Durão et al. (2018), es el negocio. Finalmente, ningún estudio considera los criterios relacionados con gestión de Contratos.

Criterio EC3-Enfoque: No existe una diferencia significativa entre los enfoques de los estudios, sin embargo, se presentan 3 tendencias: el 19% de los estudios tiene enfoques de selección de dispositivos IoT en general, sensores para dispositivos IoT o plataformas IoT. Dentro de este rango destaca la investigación de Silva et al. (2017) que presenta un modelo de decisión multicriterio para la selección de dispositivos IoT a partir de diferentes metodologías de selección. El 13% de los estudios tienen enfoques de selección de dispositivos IoT para uso médico o selección de sistemas IoT como los anteriormente descritos de Paramita & Dachyar (2020), Nadhira & Dachyar (2020), Silva & Jardim-Goncalves (2020) y Silva & Jardim-Goncalves (2019). El 6% de los estudios se enfoca a la automatización de procesos con IoT, selección de servicios IoT o selección de tecnología en general, como la investigación de Durão et al. (2018) que establecen un método de selección de los dispositivos IoT enfocado a la automatización de procesos.

Criterio EC4-Dominios: El 81% de estudios no se especializa en un dominio en específico. Por otra parte, el 13% de los estudios están orientados a personas en general, como la investigación de Paramita & Dachyar (2020) enfocada a pacientes que requieren rehabilitación física, o la investigación



de Nadhira & Dachyar (2020) enfocada a personas que requieren ser internadas en una unidad de cuidados intensivos. El 6% está orientado a una visión empresarial (como la investigación de Durão et al. (2018) orientada a la automatización de procesos dentro de una empresa). Es importante destacar que no existe ningún estudio enfocado a selección de dispositivos IoT orientados al adulto mayor.

Criterio EC5-Métodos: En los estudios se encontró una amplia variedad de métodos usados para la selección de los criterios. De estos destacan AHP como la preferida con el 31% donde constan las investigaciones de Silva & Jardim-Goncalves (2020), Durão et al. (2018), Silva et al. (2017), Silva & Jardim-Goncalves (2017) y Silva & Jardim-Goncalves (2019). En el siguiente rango constan los trabajos que utilizan Métodos de Convulsión con el 19%. En este rango destaca la investigación de Krapivina et al. (2019), que aplica el Método de Convulsión Lineal y el Método del Punto Ideal; y las investigaciones de Kondratenko et al. (2018) y Kondratenko et al. (2019) que aplican el Método de Convulsión Lineal. Como tercera metodología más usada está ANP con el 13% (Nadhira & Dachyar, 2020); Park & Shin, 2016). Se obtuvo un 38% de estudios que no aplican metodologías de selección como tal, sino opciones diferentes como algoritmos, metamodelos, o simplemente no especifican una metodología en específico. Dentro de este rango destaca la investigación de Silva & Jardim-Goncalves (2020) que establece un metamodelo para el diseño de ecosistemas IoT que permita usar diferentes metodologías de selección como por ejemplo AHP o ELECTRE.

Criterio EC6-Fase(s) en las que se basan los estudios: Con respecto a este criterio de análisis sobresale el 56% de estudios que se encuentran en la fase de diseño, le sigue la fase de implementación con el 38%, el 25% se encuentra en fase de pruebas y el 19% en fase de análisis.

Criterio EC7-Tipo de validación: La mayoría de los estudios (44%) aplica pruebas de concepto para la validación de la metodología planteada. El 25% aplica casos de estudio, y en el rango del 6 al 13% se encuentran estudios que aplican encuestas, experimentos, prototipos y otros.

Criterio EC8-Alcance del enfoque: Dentro del alcance del enfoque solo un tercio de los estudios está enfocado a la industria, el resto está orientado a la academia.



Criterio EC9-Continuidad del estudio: El 100% de los estudios considerados son nuevos.

Criterio EC10-País: El origen de los estudios seleccionados son dispersos, sin embargo, la mayoría está concentrado entre Europa el continente asiático.

Criterio EC11-Año: La mayoría de los estudios son recientes, con el 63% de estudios que están dentro de los 3 años de antigüedad, el 95% de estudios está dentro de los 5 años de antigüedad, y solamente un estudio tiene más de 5 años de publicación.

Como resumen general de los resultados obtenidos, se observa que, a pesar de haber logrado un número significativo de estudios iniciales válidos (más de 600 artículos), el número de artículos válidos para el propósito del estudio fue muy bajo (16), lo que refleja que no existe mucha investigación en métodos de selección de campo para dispositivos IoT, a pesar de que la tecnología IoT existe desde hace más de 10 años. Por la misma razón, no existe una evolución de los estudios que profundice en algún dominio y enfoque específico. Del total de estudios seleccionados solo el 19% están orientados específicamente en selección de dispositivos IoT y un 13% está orientado a la selección de dispositivos para ser aplicados en soluciones médicas específicas. En este sentido, se sugiere abrir nuevas líneas de investigación futuras que desarrollen más este tema. En relación con los dominios de los estudios extraídos, ninguno de ellos está orientado específicamente al adulto mayor, lo que robustece la justificación de este trabajo de investigación. Con relación a la metodología de selección usada, AHP destaca como la metodología preferida por sobre las demás. Por otra parte, los criterios de selección planteados en cada estudio son muy dispersos, y específicamente en los criterios de gestión existen muy pocos estudios que los consideran. Finalmente, la mayoría de estudios llegan hasta la fase de diseño, validan su metodología mediante pruebas de concepto, están enfocados a la academia, son estudios recientes de 3 a 5 años desde su publicación, y su país de publicación está mayormente disperso entre Europa y Asia.



Capítulo 4. Criterios de Selección

Es este capítulo se presenta un conjunto de criterios sugeridos a considerar dentro del desarrollo de soluciones IoT orientadas a mejorar la calidad de vida del adulto mayor, con el fin de facilitar al experto en soluciones digitales el proceso de selección y adquisición del dispositivo. En las siguientes secciones se describe el proceso aplicado para la determinación y validación de los criterios, y el conjunto de criterios resultante.

4.1 Determinación de los Criterios

Los criterios esenciales fueron abordados a partir del análisis de trabajos relacionados y considerando la legislación ecuatoriana en relación con la importación y adquisición de tecnología. Estos criterios se agruparon en 13 categorías principales: características técnicas del dispositivo, métricas de calidad del dispositivo, categoría de seguridad del dispositivo, análisis de criterios desde el punto de vista del software para la integración del dispositivo en una solución más completa, criterios relacionados con el adulto mayor, consideraciones éticas, criterios relacionados con el mercado del dispositivo, criterios relacionados con la negociación de contratos con proveedores, criterios relacionados con la normativa gubernamental para la adquisición del dispositivo, criterios para los servicios de IoT, criterios para las comunicaciones del dispositivo, criterios especializados en sensores (en caso de que el dispositivo los integre), y finalmente criterios para determinar la adquisición o fabricación del dispositivo. En el **Anexo 2** se detallan las categorías con sus respectivos criterios.

4.2 Validación de los Criterios

Una vez identificados los criterios, se acudió a expertos relacionados con cada categoría para validar la información obtenida a través de encuestas dirigidas (**Anexo 3**). Las categorías de características técnicas, sensores y telecomunicaciones fueron validadas por ocho ingenieros electrónicos (y de telecomunicaciones), dos ingenieros de sistemas y un ingeniero mecánico. Los criterios relacionados con las regulaciones de registro de productos y proveedores en Ecuador, los estándares internacionales y las consideraciones éticas fueron validados por un experto en psicología clínica con

experiencia en proyectos de IoT. La importación de productos y las consideraciones de contratación del sector público fueron validadas por un ingeniero de sistemas y un ingeniero electrónico. La categoría de seguridad informática fue validada por un especialista en seguridad informática y un ingeniero de sistemas. Cuatro ingenieros de sistemas y un ingeniero electrónico validaron la categoría de software. Dos abogados validaron los aspectos contractuales. Los criterios de fabricación de hardware fueron validados por un ingeniero de sistemas y un ingeniero electrónico. Por último, los criterios de comercialización fueron validados por un experto en la materia.

En general, las preguntas de valoración fueron cuantificadas mediante 5 niveles: *Ninguna (1)*, *Ligeramente (2)*, *Moderadamente (3)*, *Bastante (4)* y *Completamente (5)*. Otro tipo de preguntas fueron calificadas en 2 rangos de respuesta de 0 y 1 según la naturaleza de la pregunta. En las encuestas donde participaron más de un experto, se realizó el cálculo del promedio y se eliminó los criterios con valores inferiores al valor de la mediana. En las encuestas donde participó un solo experto, se tomaron en cuenta los criterios que fueron calificados en los rangos 4 y 5. Adicionalmente se incluyeron nuevos criterios sugeridos por los expertos, y las categorías de *datos* y *plataformas IoT* obtenidas de la revisión sistemática de la literatura.

Como resultado del proceso de validación se obtuvo los criterios listados en la **Tabla 6**.

Tabla 6

Criterios Validados para Selección de Tecnología IoT

CATEGORÍA	CRITERIOS
Características Técnicas de Dispositivos IoT (National Institute of Standards and Technology, 2019)(USTelecom Media, 2019)(Abdallah et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none">• Consumo de energía• Ciclo de vida• Dispositivo IoT vestible• Dispositivos embebidos y adaptables• Modelo de colaboración e interfaz humana natural• Movilidad• Monitoreo• Inteligencia



	<ul style="list-style-type: none">• Recursos limitados• Conectividad• Sensores• Naturaleza dinámica• Heterogeneidad• Microprocesador/microcontrolador
Calidad de los Dispositivos IoT (USTelecom Media, 2019)(Mohammadi et al., 2019b)(Kim, 2016)	<ul style="list-style-type: none">• Confianza• Precisión• Interacción QoS• Disponibilidad• Fiabilidad• Seguridad (separada como categoría)• Mejores prácticas actuales• Funcionalidad• Eficiencia• Portabilidad
Seguridad de los Dispositivos IoT (U.S. General Services Administration, 2017)(USTelecom Media, 2019)	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad de interfaz web• Seguridad de interfaz en la nube• Seguridad de interfaz móvil• Seguridad de los servicios de red• Seguridad física• Autenticación• Autorización• Seguridad en la capa de transporte• Actualizaciones de firmware• Validación de datos• Aplicación de parches• Proceso de notificación y gestión de vulnerabilidades• Herramientas de gestión de seguridad• Registro de eventos



Sensores (Baranwal et al., 2019)(Rayes, Salam, Rayes, & Salam, 2017)	<ul style="list-style-type: none">• Entorno operativo• Fiabilidad• Rango de temperatura• Rango de medición• Dimensiones físicas• Precisión• Resolución• Desviación• Ruido• Especificidad del sensor• Tiempo de respuesta• Filtrado de datos• Consumo de energía mínimo• Histéresis• Ancho de banda• Interrupción mínima
Servicios IoT (Y. Li et al., 2019)(Baranwal et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none">• Escalabilidad• Protocolo de conectividad de dispositivos• Rendimiento del sistema• Redundancia y recuperación de desastres• Soporte de procesamiento en el borde• Disponibilidad• Fiabilidad• Interoperabilidad• Seguridad• Capacidad• Estabilidad• Tiempo de respuesta• Flexibilidad• Precisión
Software (International Organization for Standardization, 2011)	<ul style="list-style-type: none">• Adecuación funcional<ul style="list-style-type: none">○ Completitud funcional○ Corrección funcional



-
- Adecuación funcional
 - Eficiencia del rendimiento
 - Comportamiento temporal
 - Utilización de los recursos
 - Capacidad
 - Compatibilidad
 - Coexistencia
 - Interoperabilidad
 - Usabilidad
 - Aprendizaje
 - Operabilidad
 - Protección contra errores del usuario
 - Accesibilidad
 - Fiabilidad
 - Madurez
 - Disponibilidad
 - Tolerancia a los fallos
 - Capacidad de recuperación
 - Seguridad
 - Confidencialidad
 - Integridad
 - No repudio
 - Responsabilidad
 - Autenticidad
 - Mantenibilidad
 - Modularidad

Comunicaciones (USTelecom
Media, 2019)(Baranwal et al.,
2019)(Patel & Patel, 2016)

- Protocolos de comunicación aceptados por la industria
 - Incorporación a la red de dispositivos
 - Interconectividad
 - Velocidad de movilidad
 - Retraso
 - Fluctuación de fase
 - Tasa de pérdida
-



	<ul style="list-style-type: none">• Alcance• Ancho de banda• Rendimiento
Adulto Mayor (World Health Organization, 2003)(Ramirez et al., 2019)(Knight et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none">• Entrenamiento• Apoyo técnico• Mejora de la calidad en la atención al paciente• Mejora de la toma de decisiones en la asignación de recursos• Relación médico-paciente• Mejores resultados para los pacientes que las soluciones existentes• Integración del nuevo equipo en el modo de atención actual• Rentabilidad• Interacción del dispositivo con las tecnologías existentes en el centro sanitario
Consideraciones Éticas (Chung et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none">• Privacidad• Consentimiento informado• Autonomía• Intromisión• Equidad de acceso• Usabilidad
Mercado (National Institute of Standards and Technology, 2019)(Mohammadi et al., 2019a)	<ul style="list-style-type: none">• Reaprovisionamiento• Costo• Afinidad• Amigabilidad• Contacto social• Comunidad de interés• Calidad de la recomendación• Reputación• Red social• Acceso al mercado• Primero en comercializar



	<ul style="list-style-type: none">• Diversidad
Negociación de Contratos (U.S. General Services Administration, 2017)(USTelecom Media, 2019)	<ul style="list-style-type: none">• Documentación sobre la intención del dispositivo• Actualizaciones y divulgación de EoL/EoS• Programa de seguridad de la información• Respuesta a incidentes de ciberseguridad• Cumplimiento jurisdiccional• Obligaciones de la parte inferior de la cadena• Derechos de auditoría• Acuerdo de mejora de ciberseguridad IoT• Competencia para la resolución de conflictos
Regulaciones Gubernamentales (World Health Organization, 2003) (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2016)(Servicio de Aduana del Ecuador SENA, 2013)	<ul style="list-style-type: none">• Producto<ul style="list-style-type: none">○ Regulado por el Gobierno○ Alineado a las normas internacionales○ Registro del producto○ Registro del vendedor○ Registro del comprador• Comercio internacional<ul style="list-style-type: none">○ Opciones de envío<ul style="list-style-type: none">▪ Donaciones▪ Declarado para uso de personas discapacitadas▪ Tráfico postal y correo rápido○ Categoría de importación del producto<ul style="list-style-type: none">▪ Categoría B - 4x4▪ Categoría C - 50Kg \$2000▪ Categoría E - Medicinas○ Impuestos<ul style="list-style-type: none">▪ FODINFA▪ IVA▪ Impuestos de salvaguardia▪ Impuesto a la salida de capitales▪ Documentación justificativa▪ Cuota máxima• Sector público<ul style="list-style-type: none">○ Hardware libre / propietario

	<ul style="list-style-type: none">○ Hardware nacional / extranjero○ Software libre / propietario○ Software nacional / extranjero● Otros criterios<ul style="list-style-type: none">○ Partida presupuestaria○ Restricciones por características técnicas del dispositivo
Adquisición o Manufactura (Lee et al., 2009)	<ul style="list-style-type: none">● Capacidades<ul style="list-style-type: none">○ Posición tecnológica○ Recursos de I+D○ Mano de obra de I+D○ Experiencia en I+D○ Activo complementario● Estrategia<ul style="list-style-type: none">○ Urgencia de la adquisición● Tecnología<ul style="list-style-type: none">○ Costos de desarrollo○ Relación tecnológica○ Facilidad de imitación● Entorno<ul style="list-style-type: none">○ Disponibilidad de fuentes externas○ Calidad de tecnología externa
Datos (Nadhira & Dachyar, 2020) (Kondratenko et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none">● Calidad de los datos● Compatibilidad● Protocolos de recolección de datos
Plataformas IoT (Nikityuk & Tsaryov, 2018) (Kondratenko et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none">● Tipo de realización<ul style="list-style-type: none">○ Plataformas unidireccionales○ Plataformas universales● Tipo de soporte<ul style="list-style-type: none">○ Soporte completo○ Soporte parcial○ Sin soporte● Tipo de comparabilidad con los sistemas operativos



- Plataformas móviles
 - Plataformas estacionarias
 - Multiplataforma
 - Tipo de compatibilidad con bases de datos
 - Bases de datos relacionales
 - Bases de datos no relacionales
 - Tipo de arquitectura
 - Plataforma abierta
 - Plataforma cerrada
 - Tipo de protocolos de red soportados
 - Protocolos básicos
 - Protocolos especializados
 - Protocolos combinados
 - Tipo de estrategia de desarrollo
 - Plataformas con integración vertical hacia arriba
 - Plataformas con integración vertical hacia abajo
 - Plataformas afiliadas
 - Área de aplicación
 - Plataformas industriales
 - Plataformas médicas
 - Plataformas de consumo
 - Plataformas multi propósito
 - Oportunidad de visualización
 - Plataformas sin visualización
 - Plataformas con visualización
 - Métodos de procesamiento de datos
 - Plataformas de procesamiento en tiempo real
 - Plataformas de procesamiento en serie
 - Plataformas de procesamiento proyectado
 - Forma de gestión de los dispositivos IoT
 - Plataformas centralizadas
 - Plataformas descentralizadas
 - Métodos de seguridad
 - Plataformas con métodos de autorización
-



-
- Plataformas con métodos de encriptación
 - Nivel de integración
 - Nivel de procesamiento y gestión de acciones
-



Capítulo 5. Metodología Propuesta

En este capítulo se presenta la metodología propuesta para la selección y adquisición de dispositivos IoT orientados al adulto mayor, detallando cada una de las fases para su aplicación con sus respectivos actores y artefactos mediante el Metamodelo de Ingeniería de Procesos de Software (SPEM 2.0) (Zhou & Zhou, 2005).

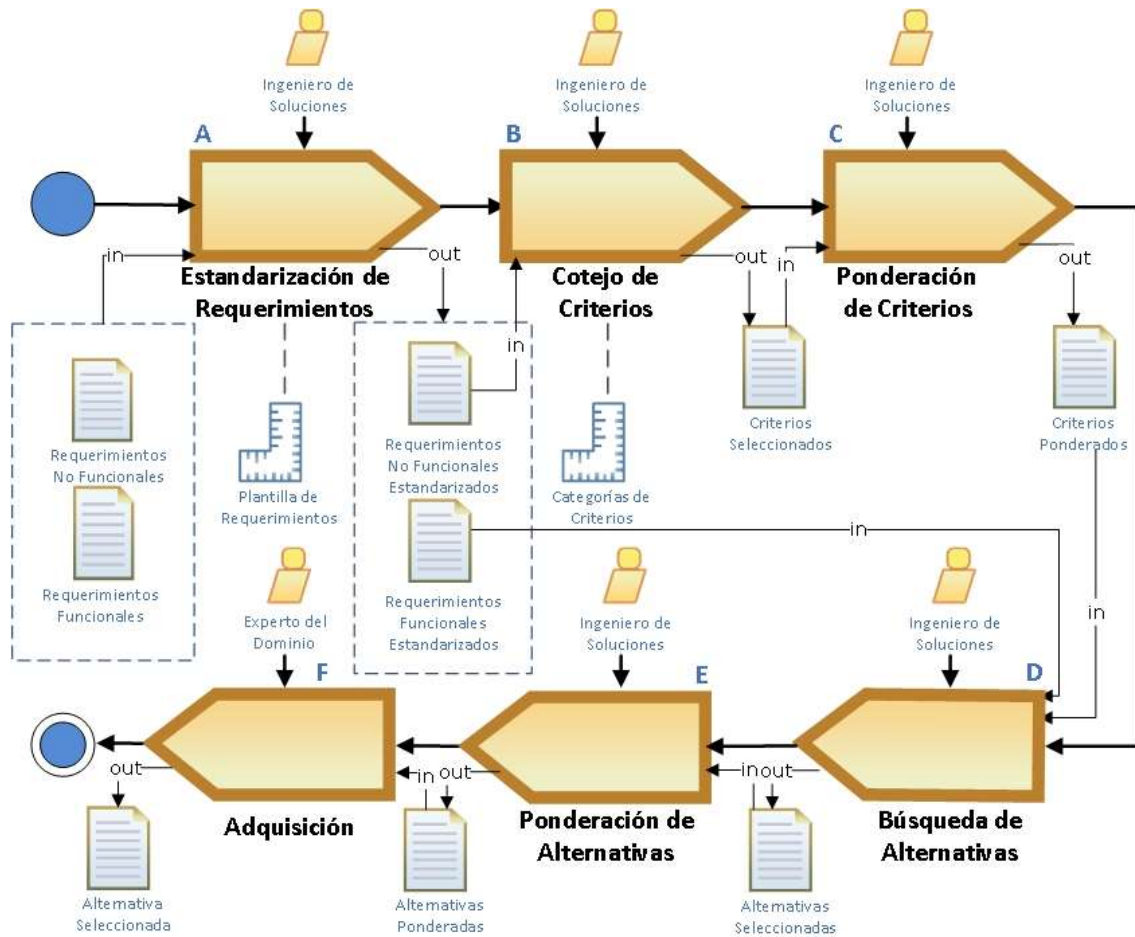
Como resultado de la revisión sistemática de la literatura, se determinó que la metodología AHP propuesta por Saaty (2005), es la metodología de selección multicriterio más aplicada para selección de tecnología relacionada con dispositivos IoT. Por otra parte, para el desarrollo de este trabajo se seleccionó como principal referencia, el método de selección de tecnología IoT propuesto por Durão et al. (2018) basado en la metodología AHP. Con base en lo expuesto, AHP fue seleccionado como la metodología base para el proceso de selección de las alternativas.

5.1 Presentando la Metodología

La metodología propuesta está compuesta por 6 fases que son: Estandarización de Requerimientos, Cotejo de Criterios, Ponderación de Criterios, Búsqueda de Alternativas, Ponderación de Alternativas y Adquisición del Dispositivo. En el diagrama de procesos de la **Figura 13** se expone las entradas, las fases de la metodología, los actores y artefactos que intervienen en el proceso, y la salida esperada al aplicar la metodología. A continuación, se detalla cada una de las fases con sus respectivos actores y artefactos.

Figura 13

Método de selección y adquisición de dispositivos IoT para personas mayores



5.1.1 Estandarización de Requerimientos

Previo a la aplicación de la metodología, el experto en soluciones digitales en conjunto con el experto en el dominio, deben establecer los requisitos de la solución deseada basada en la tecnología IoT. Los requisitos ya elicitados sirven de entrada para la primera fase de la metodología que es la estandarización de los requerimientos. El objetivo de esta etapa es separar e identificar plenamente los requisitos funcionales (RF) y los requisitos no funcionales (NRF) mediante el uso de plantillas de requisitos. De este modo, los requisitos funcionales sirven de entrada para la *etapa D* (Búsqueda de alternativas), mientras que los requisitos no funcionales son la entrada para la *etapa B* (Cotejo de criterios). Existen diferentes directrices y normas para el establecimiento de plantillas de requisitos



que pueden emplearse, como la norma ISO 9001:2015: Sistemas de Gestión de Calidad – Requisitos (International Organization for Standardization, 2008) o la Práctica Recomendada del IEEE para las Especificaciones de Requisitos de Software IEEE 830-1998 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998).

5.1.2 Cotejo de Criterios

En esta fase, los requisitos no funcionales (identificados en la etapa anterior) se comparan con el conjunto de categorías de criterios definidos en la metodología. Según el proyecto en específico, se selecciona los criterios que apliquen para la selección de las alternativas.

En este contexto, el primer paso para cualquier proyecto de IoT debería ser la verificación de las especificaciones técnicas del dispositivo. Por ejemplo, en el caso de dispositivos vestibles es necesario evaluar el consumo de energía, la movilidad o la conectividad (criterios definidos en la categoría *Características Técnicas de Dispositivos IoT*).

En el caso de dispositivos médicos cruciales que deben cumplir normas de alta calidad (como marcapasos), existe la categoría *Calidad de los Dispositivos IoT* que cuenta con criterios como confianza, fiabilidad o precisión.

Cuando se requiera el uso de dispositivos comerciales conectados a la nube, la seguridad será un aspecto transcendental. En la categoría de *Seguridad de los Dispositivos IoT* existen criterios como seguridad de la interfaz web, registro de eventos o encriptación.

En el caso de soluciones que requieren el uso de sensores específicos, existe la categoría *Sensores* donde se encuentran criterios como histéresis, rango de temperatura o tiempo de respuesta.

La categoría *Servicios IoT* está definida para soluciones que buscan consumir servicios IoT comerciales donde se establecen criterios como la escalabilidad, el tiempo de respuesta o la estabilidad.

Cuando se trata de soluciones que implican el desarrollo de aplicaciones, la categoría *Software* sugiere analizar criterios como la compatibilidad, la mantenibilidad o la usabilidad.



La mayoría de las soluciones requerirán interconectividad. Dentro de la categoría de *Comunicaciones* se pueden encontrar criterios como: protocolos aceptados, ancho de banda o velocidad de movilidad.

Los dispositivos deben analizarse siempre desde el punto de vista del adulto mayor, y para ello existen las categorías de *Adulto Mayor* y *Consideraciones Éticas* que contienen criterios como el entrenamiento, soporte técnico o privacidad.

Si es necesario elegir entre diferentes dispositivos comerciales similares, la categoría *Mercado* sugiere analizar criterios como la reputación, el reabastecimiento o la afinidad.

Si la adquisición del dispositivo implica la celebración de contratos, la categoría *Negociación de Contratos* sugiere algunas consideraciones como el cumplimiento jurisdiccional, la documentación sobre la intención del dispositivo o los derechos de auditoría.

Para proyectos generados a partir de una empresa pública ecuatoriana o que impliquen la importación del dispositivo, la categoría *Regulaciones Gubernamentales* contiene criterios como hardware libre o propietario, impuestos o regulaciones gubernamentales.

Si se busca un dispositivo IoT a medida o difícil de conseguir en el mercado, se puede considerar su fabricación. La categoría *Adquisición o Fabricación* contiene aspectos a analizar para la fabricación de dispositivos como la posición tecnológica, la urgencia de adquisición o el coste de desarrollo.

Como resultado de este proceso, se obtiene un subconjunto de criterios que pasan a la siguiente fase para ser ponderados.

5.1.3 Ponderación de Criterios

En esta etapa, el subconjunto de criterios (identificados en la etapa anterior) es sometido a un proceso de ponderación para determinar su nivel de importancia a la hora de evaluar a los dispositivos candidatos. Como se indicó anteriormente, para el proceso de ponderación se utiliza la técnica de toma de decisiones AHP con una variación en el método de cálculo del vector propio y el índice de consistencia de la matriz.

La metodología AHP descompone un problema general en una estructura jerárquica multinivel de pesos $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ generada a partir de la comparación por pares de n criterios $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$. Para establecer un valor de comparación estandarizado, Saaty definió una escala de comparación por pares con un rango de importancia que varía de 1 a 9 (**Tabla 7**) que permite comparar criterios cuantitativos y cualitativos de diferente naturaleza bajo una misma escala.

Tabla 7

Escala de Comparación por Pares de Saaty

Intensidad de importancia	Explicación
1	Dos criterios contribuyen igualmente al objetivo
3	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente a uno sobre otro
5	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a uno sobre otro
7	Un criterio está fuertemente favorecido, y su dominio se demuestra en la práctica
9	La importancia de uno sobre otro se afirma en el orden más alto posible
2, 4, 6, 8	Se utiliza para representar un compromiso entre las prioridades enumeradas anteriormente

Nota: Tomada de Saaty (1987)

El resultado del análisis de comparación por pares genera una matriz de ponderaciones $C[c_{ij}]$, donde c_{ij} representa la relación de preferencia de a_i sobre a_j evaluada según un criterio o conjunto de criterios de referencia. El valor será asignado mediante una evaluación subjetiva por parte del comparador. La comparación por pares cumple con la propiedad recíproca, donde la comparación inversa de a_j sobre a_i estará representada por la relación $1/c_{ij}$.

$$C[c_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & c_{12} & \dots & c_{1j} & \dots & c_{1n} \\ 1/c_{12} & 1 & \dots & c_{2j} & \vdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/c_{1j} & \dots & 1/c_{2j} & 1 & \dots & c_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & 1 & 1 & \vdots \\ 1/c_{1n} & 1/c_{2n} & \dots & 1/c_{in} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$



Como siguiente paso, se debe calcular la razón de consistencia (CR) para verificar que los pesos ingresados en la matriz tengan un grado de consistencia aceptable. De no cumplirse lo anterior, el comparador debe revisar nuevamente los valores que asignó en el proceso de relación de preferencia entre criterios.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Donde CI es el índice de consistencia:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ_{max} = valor propio de la matriz
 n = cantidad de criterios

(3)

RI = Valor aleatorio promedio de CI para una matriz de n criterios

Saaty estableció una tabla de valores RI para matrices de hasta 10 elementos y CR máximo aceptable de 0.1 (T Saaty, 1996). Por otro lado, Alonso & Lamata (2006) publicaron una tabla de valores λ_{max} y RI (**Tabla 8**) basados en la simulación de 500.000 matrices de diferente dimensión, para matrices de hasta 39 elementos y con valores λ_{max} más tolerables a variaciones. Dentro de este estudio se experimentó con ambos índices y se verificó que la segunda opción es la más indicada para la metodología propuesta, debido a la cantidad de criterios soportada y a los valores λ_{max} más flexibles a la evaluación subjetiva del comparador.

Tabla 8

Valores de Índice de Consistencia y Valor Aleatorio Promedio Propuestos por Alonso & Lamata

n	RI	λ_{max}	n	RI	λ_{max}	n	RI	λ_{max}
3	0.5247	4.0486	16	1.5978	39.9676	29	1.6777	75.9767
4	0.8816	6.6531	17	1.6086	42.7375	30	1.6809	78.7466
5	1.1086	9.4383	18	1.6181	45.5074	31	1.6839	81.5165
6	1.2479	12.2394	19	1.6265	48.2774	32	1.6867	84.2864
7	1.3417	15.0476	20	1.6341	51.0473	33	1.6893	87.0564
8	1.4057	17.8336	21	1.6409	53.8172	34	1.6917	89.8263
9	1.4499	20.6045	22	1.6470	56.5872	35	1.6940	92.5962



10	1.4854	23.3723	23	1.6526	59.3571	36	1.6962	95.3662
11	1.5140	26.1317	24	1.6577	62.1270	37	1.6982	98.1361
12	1.5365	28.9002	25	1.6624	64.8969	38	1.7002	100.9060
13	1.5551	31.6552	26	1.6667	67.6669	39	1.7020	103.6759
14	1.5713	34.4170	27	1.6706	70.4368			
15	1.5838	37.1737	28	1.6743	73.2067			

Nota: Tomada de Alonso and Lamata (2006)

Una vez verificada la consistencia de la matriz, se calcula la matriz normalizada y se obtiene el vector propio λ que representa la importancia de cada variable. Para calcular el vector propio, Saaty establece el siguiente proceso: 1) elevar la matriz a una potencia suficientemente grande, 2) sumar las filas y 3) normalizar el vector resultante. Se repite el proceso sucesivamente hasta que la diferencia entre los componentes del vector resultante obtenido elevado a la potencia k y a la potencia $k + 1$ sea menor que algún valor pequeño establecido previamente (R. W. Saaty, 1987).

Para establecer una metodología más práctica para el cálculo del propio vector, se decidió utilizar la variante aplicada por Gómez (2018), que se basa en calcular el promedio de cada fila de la matriz estandarizada $\bar{C}_i = \frac{\sum_{l=1}^n C_{il}}{n}$ obteniendo como resultado el vector de pesos $P[p_n]$. En la práctica, se obtuvo valores con diferencias en décimas a los obtenidos por el procedimiento de Saaty. Al no existir mayor diferencia de resultados, y dado que el tipo de análisis requerido no necesita una alta precisión matemática, se eligió el cálculo del promedio de cada fila para la obtención del vector de pesos.

5.1.4 Búsqueda de las Alternativas

Basado en las consideraciones identificadas en la etapa anterior y en los requisitos previamente elicitados, se realiza una búsqueda de dispositivos IoT existentes en el mercado que cumplan con estos criterios. Como resultado se obtendrá uno, varios o ningún dispositivo candidato que se ajusten a la solución deseada. En caso de no obtener ningún resultado, se puede considerar la fabricación del dispositivo apoyándose en los criterios de la categoría *Adquisición o Manufactura*. En caso de tener

un solo dispositivo, se pasa directamente a la *etapa F* (Adquisición). En caso de obtener más de un dispositivo candidato, se continua a la siguiente etapa que es la ponderación de las alternativas.

5.1.5 Ponderación de las Alternativas

De la etapa anterior se obtiene un conjunto de $A[a_m]$ alternativas (siendo $m > 1$) que cumplen con los requisitos y consideraciones. Se retoma la metodología AHP para realizar una nueva comparación entre pares, pero ahora realizando la comparación entre las alternativas y tomando cada criterio de selección como unidad de evaluación. Como resultado se obtiene n matrices de $m \times m$ elementos (ecuación 4).

$$A_1[a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1m} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2j} & \vdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1j} & \dots & \vdots & 1 & \dots & a_{im} \\ \vdots & 1/a_{2j} & \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 1/a_{1m} & 1/a_{2m} & \dots & 1/a_{im} & \dots & 1 \end{bmatrix} \dots A_n[a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1m} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2j} & \vdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1j} & \dots & \vdots & 1 & \dots & a_{im} \\ \vdots & 1/a_{2j} & \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 1/a_{1m} & 1/a_{2m} & \dots & 1/a_{im} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Como siguiente paso, se procede a: 1) normalizar cada matriz $A[a_n]$, 2) calcular el vector promedio $\bar{A}_i = \frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}$, y 3) multiplicar el vector promedio por el vector de pesos obtenidos $P[p_n]$. Como resultado se obtiene el vector $R[r_m]$ que representa la ponderación de todas las alternativas. La alternativa con mayor ponderación r_j representa la solución más conveniente.

$$\begin{matrix} & c_1 & c_2 & \dots & c_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_j \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \bar{a}_1 c_1 & \bar{a}_1 c_2 & \dots & \bar{a}_1 c_n \\ \bar{a}_2 c_1 & \bar{a}_2 c_2 & \vdots & \bar{a}_2 c_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{a}_j c_1 & \bar{a}_j c_2 & \dots & \bar{a}_j c_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{a}_m c_1 & \bar{a}_m c_2 & \dots & \bar{a}_m c_n \end{bmatrix} & * & \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_i \\ \vdots \\ p_n \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_j \\ \vdots \\ r_m \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

5.1.6 Adquisición

Las alternativas ya ponderadas son presentadas al experto del dominio para su análisis. A su vez, él decide si elige el dispositivo con mayor calificación o si decide analizar algún criterio adicional (como



el precio, por ejemplo) en caso de que no existiera una clara diferencia en la calificación de las alternativas.

Finalmente, el experto del dominio debería ejecutar la adquisición según los criterios identificados en la metodología (como criterios de importación, elaboración de contratos, pago de impuestos, entre otros) dependiendo la solución en particular.

Capítulo 6. Validación de la Metodología

Con el objetivo de instanciar la metodología propuesta y evaluarla de manera empírica, se realizó la ejecución de un estudio de caso siguiendo la metodología de Runeson et al. (2012). Esta metodología establece cinco pasos: i) diseño y planificación, ii) consideraciones éticas, iii) preparación y recolección de datos, iv) análisis e interpretación de los datos recogidos, y v) amenazas a la validez.

6.1 Diseño y Planificación del Estudio de Caso

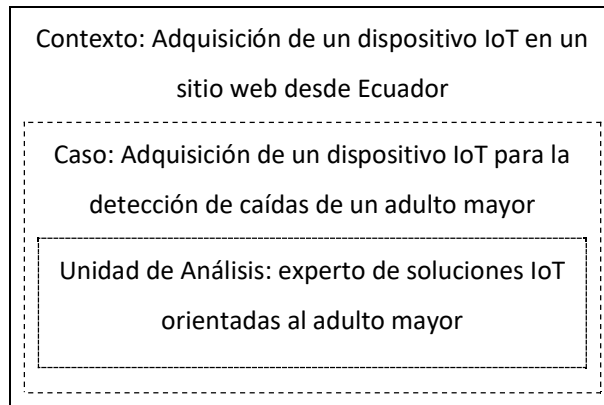
A partir del paradigma Métrica de Pregunta-Objetivo (GQM por sus siglas en inglés) (Basili, Caldiera, & Rombach, 1994) plasmado en la **Tabla 9**, se estableció el objetivo principal de este estudio de caso como: evaluar la percepción de un experto de soluciones IoT orientadas al adulto mayor, sobre la ejecución de la metodología para selección y adquisición de dispositivos IoT enfocados en soluciones AAL orientadas al adulto mayor. En este contexto, la pregunta de investigación obtenida fue *¿Cómo percibe el experto de soluciones de IoT la aceptación y uso de la metodología propuesta?*

Tabla 9

Modelo de paradigma GQM

Analizar:	La ejecución de la metodología para selección y adquisición de dispositivos IoT enfocados en soluciones AAL orientadas al adulto mayor
Con el propósito:	Evaluar la percepción
Con respecto a:	Facilidad de uso, utilidad percibida e intención de uso
Desde el punto de vista de:	Experto de soluciones IoT orientadas al adulto mayor

Basado en el contexto y la unidad de análisis, se planteó un método de estudio de caso tipo holístico-único detallado en la **Figura 14**.

Figura 14*Método holístico-único*

6.2 Consideraciones Éticas

Según Amschler & Pradhan (2001), los casos de estudio se basan en la confianza entre el investigador y el caso. Por lo tanto, los autores sugieren que cuando no exista vulnerabilidad en los participantes, se consideren los aspectos como: la confidencialidad y retroalimentación.

6.3 Preparación y Recolección de Datos

Para la recolección de datos se diseñó una encuesta basada en el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM, por sus siglas en inglés) propuesto por Davis (1985), con el fin de evaluar la percepción que tiene el experto con respecto a la metodología mediante 3 métricas principales que son: facilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso.

- **Facilidad de uso percibida** (PEOU, por sus siglas en inglés): define el grado en el que una persona cree que utilizar un método en particular no supondría ningún esfuerzo. Representa un juicio perceptivo del esfuerzo requerido para aprender y usar un método.
- **Utilidad percibida** (UP, por sus siglas en inglés): define el grado en que una persona cree que el uso de un método en particular mejoraría su desempeño laboral. Representa un juicio perceptivo de la efectividad del método.



- **Intención de uso** (ITU, por sus siglas en inglés): define la medida en que una persona tiene la intención de usar un método en particular. Representa un juicio perceptivo de la eficacia del método. Esta variable se utiliza para predecir la probabilidad de que un método sea aceptado en la práctica.

La **Tabla 10** muestra los ítems establecidos para medir las variables basadas en la percepción. Estos elementos fueron incluidos dentro de encuesta aplicada al experto de soluciones IoT orientadas al adulto mayor. La encuesta utiliza una escala Likert de 5 puntos para la medición (**Anexo 4**. Encuesta de Percepción de la Metodología Aplicada al Experto).

Tabla 10

Encuesta para medir las variables basadas en la percepción

Código	Enunciado
PEOU1	La forma de ejecutar la metodología me ha parecido compleja y difícil de seguir
PEOU2	De manera general, la metodología es difícil de entender
PEOU3	Los pasos a seguir para ejecutar la metodología son claros y fáciles de entender
PEOU4	La metodología es difícil de aprender
PEOU5	Pienso que sería fácil obtener la habilidad de usar la metodología
PU1	Creo que la metodología reduciría el tiempo y el esfuerzo requerido para la selección y adquisición de dispositivos IoT enfocados en soluciones AAL orientadas al adulto mayor
PU2	De manera general, considero que la metodología es útil
PU3	Considero que la metodología es útil para seleccionar y adquirir dispositivos IoT enfocados en soluciones AAL orientadas al adulto mayor
PU4	Pienso que la metodología NO es lo suficientemente expresiva para definir cómo se resuelve
PU5	El uso de esta metodología mejoraría mi rendimiento en la selección y adquisición de tecnología IoT para soluciones AAL orientadas al adulto mayor
PU6	De manera general, pienso que esta metodología NO puede cubrir adecuadamente las consideraciones a tomar en cuenta para la selección y adquisición de tecnología IoT para soluciones AAL orientadas al adulto mayor

ITU01	Si tuviera que utilizar una metodología enfocada para la selección y adquisición de tecnología IoT para soluciones AAL orientadas al adulto mayor en el futuro, creo que tendría en cuenta esta metodología
ITU02	En caso de tener la necesidad de crear soluciones IoT de AAL orientadas al adulto mayor, tendría la intención de utilizar esta metodología en el futuro
ITU03	No recomendaría el uso de esta metodología

Adicionalmente se agregaron 2 preguntas abiertas para obtener retroalimentación sobre la metodología y realizar futuras mejoras a la misma (**Tabla 11**).

Tabla 11

Preguntas abiertas sobre la percepción de uso de la metodología

Código	Enunciado
PA01	¿Tiene alguna sugerencia de cómo hacer que esta metodología sea más fácil de usar?
PA02	¿Cuáles son las razones por las que tiene o no la intención de usar esta metodología en un futuro?

6.4 Ejecución del Estudio de Caso

La ejecución del estudio de caso se lo realizó en conjunto con los expertos en proyectos IoT orientados a adultos mayores pertenecientes al grupo de investigación de ingeniería de la Universidad de Cuenca: Psicól. Katerine Daniela Prado Cabrera (en el proceso del planteamiento y ejecución del caso desde el punto de vista psicológico del adulto mayor), el Ing. Wilson Fernando Valdez Solis (en el proceso de ejecución del caso desde el punto de técnico de dispositivos IoT) y el Ing. Paúl Esteban Cárdenas Delgado (en el proceso de evaluación de la percepción de uso de la metodología propuesta).

Debido a la emergencia sanitaria ocurrida durante este año, y gracias a los medios tecnológicos, se realizó sesiones de trabajo virtuales mediante la herramienta *ZOOM* durante el mes de julio. Por la misma situación, no se trabajó directamente con un adulto mayor, y en su lugar se escogió un estudio de caso abierto que fue adaptado al contexto ecuatoriano que permita la evaluación empírica de



percepción de usabilidad de la metodología propuesta, simulando una adquisición real de un dispositivo IoT orientado a una solución AAL para un adulto mayor.

Dado lo anterior, se escogió el estudio de Meacham and Phalp (2016), quienes proponen un método de ingeniería de requisitos empleado para el diseño de una aplicación AAL de detección de caídas de adultos mayores mediante IoT. El estudio fue realizado en colaboración entre la Universidad de Bournemouth (Inglaterra) y el Instituto Técnico Educativo de Grecia Occidental (Grecia) en el año de 2016. De ese estudio se extrajo solo los requisitos elicitados que fueron usados para su estudio de caso, pero adaptándolo al contexto de la investigación actual.

De esta manera, se estableció el contexto de este estudio de caso como: *la selección de un dispositivo IoT para la integración en una aplicación AAL de detección de caídas de adultos mayores en ambientes interiores y exteriores del hogar*. Basado en el contexto de la metodología, se estableció que el proyecto se lo llevaría a cabo en el país de Ecuador.

Se definió los siguientes requisitos que la aplicación AAL debe cumplir:

- La aplicación detectará y notificará automáticamente una caída del adulto mayor.
- La aplicación notificará la ausencia de movimiento durante un período prolongado de tiempo.
- La aplicación deberá trabajar tanto en ambientes interiores como exteriores del hogar.
- La información médica general debe mantenerse utilizando medios electrónicos para que los pacientes, sus familiares y profesionales médicos (médicos, enfermeras y cuidadores) puedan acceder a los datos, actualizarlos y mantenerlos de forma constante.
- Debe mantenerse la seguridad y la privacidad de los datos médicos y cada usuario de la aplicación debe tener diferentes privilegios para utilizar la información almacenada.
- Los profesionales médicos deberán tener acceso a la aplicación para observar el nivel de las baterías del dispositivo y recargarlas o reemplazarlas cuando sea necesario.



- La persona mayor deberá poder elegir entre comunicarse directamente con los cuidadores, enfermeros o familiares; además mediante un botón de alarma.
- En el caso de una falsa alarma automática, la persona mayor podrá notificar lo sucedido.
- La aplicación será implementada en Ecuador.
- El dispositivo no deberá depender de pagos mensuales con ninguna empresa para su funcionamiento.

6.4.1 Aplicación de la Metodología

En esta sección se detalla la ejecución de la metodología paso a paso para la selección de un dispositivo de detección de caídas de un adulto mayor según los requisitos previamente elicitados.

Etapas A. Estandarización de Requisitos

Como indica la metodología, el primer paso es tomar los requisitos previamente elicitados para clasificarlos en requisitos funcionales y no funcionales mediante el uso de una plantilla. Para este estudio de caso se usó el estándar IEEE 830-1998 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998) para detallar los requisitos funcionales (**Tabla 12**) y los requisitos no funcionales (**Tabla 13**).

Tabla 12

Requisitos funcionales

Ítem del requerimiento	Descripción
Identificación del requerimiento:	RF01
Nombre del Requerimiento:	Detección automática de caídas del adulto mayor
Características:	La aplicación notifica a los profesionales médicos, cuidadores y familiares la caída del adulto mayor
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT emitirá alertas ante una caída a partir del movimiento brusco del adulto mayor o ausencia de movimiento durante un periodo prolongado de tiempo



Requerimiento NO funcional:	RNF1
Prioridad del requerimiento:	Alta
Identificación del requerimiento:	RF02
Nombre del Requerimiento:	Consulta del estado del paciente
Características:	La información acerca del estado del paciente podrá ser almacenada y actualizada. Esta información estará disponible para ser consultada por sus familiares, profesionales médicos y cuidadores
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT deberá emitir periódicamente información sobre el estatus del adulto mayor
Requerimiento NO funcional:	RNF2
Prioridad del requerimiento:	Alta
Identificación del requerimiento:	RF03
Nombre del Requerimiento:	Estado de las baterías y recarga
Características:	Los profesionales médicos, cuidadores y familiares pueden monitorear el estado de las baterías, también pueden recargarlas o cambiarlas
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT deberá emitir información sobre el estatus de las baterías y permitir recargarlas y/o reemplazarlas
Requerimiento NO funcional:	
Prioridad del requerimiento:	Alta
Identificación del requerimiento:	RF04
Nombre del Requerimiento:	Personalización de contactos
Características:	Se puede configurar los destinatarios a los que se desee emitir las alertas



Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT permitirá mantener una lista de contactos personalizable para el envío de notificaciones
Requerimiento NO funcional:	
Prioridad del requerimiento:	Alta
Identificación del requerimiento:	RF05
Nombre del Requerimiento:	Notificación de falsas alarmas
Características:	El adulto mayor notifica el disparo de alarmas falsas cuando ocurran
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT deberá tener un botón que permita cancelar la notificación de una alarma cuando no ocurra una emergencia
Requerimiento NO funcional:	
Prioridad del requerimiento:	Media

Tabla 13*Requisitos no funcionales*

Ítem del requerimiento	Descripción
Identificación del requerimiento:	RNF01
Nombre del Requerimiento:	Funcionamiento en ambientes interiores como exteriores del hogar
Características:	El aplicativo funciona hasta los exteriores del hogar
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT podrá comunicarse por medios inalámbricos con un rango de distancia de hasta 20mt.
Prioridad del requerimiento:	Alta
Identificación del requerimiento:	RNF02



Nombre del Requerimiento:	Seguridad y la privacidad de los datos médicos
Características:	Se mantiene la seguridad y la privacidad de los datos médicos, y cada usuario del aplicativo tiene diferentes privilegios para utilizar la información almacenada
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT debe manejar funcionalidades de seguridad para la consulta de datos
Prioridad del requerimiento:	Alta
<hr/>	
Identificación del requerimiento:	RNF03
Nombre del Requerimiento:	Implementación del aplicativo en Ecuador
Características:	El aplicativo es implementado y funciona en Ecuador
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT deberá existir o ser importado a Ecuador
Prioridad del requerimiento:	Alta
<hr/>	
Identificación del requerimiento:	RNF04
Nombre del Requerimiento:	Funcionamiento del dispositivo libre de pagos mensuales
Características:	El dispositivo IoT no depende de un proveedor de servicios ni de pagos mensuales para su funcionamiento
Descripción del requerimiento:	El dispositivo IoT deberá funcionar independientemente del pago a proveedores
Prioridad del requerimiento:	Alta
<hr/>	

Etapa B. Cotejo de Criterios

Con base en los requisitos no funcionales obtenidos de la *etapa A*, se realizó una revisión de los criterios de selección sugeridos en la metodología con el fin de cotejar las consideraciones que son

pertinentes analizar previo a la selección del dispositivo. Como resultado se obtuvo 16 criterios de selección detallados en la **Figura 15**.

Figura 15

Criterios de selección

RNF1: Funcionamiento en ambientes interiores como exteriores del hogar	c1: Es un dispositivo IoT vestible c2: Permite movilidad c3: Permite monitoreo c4: Permite conectividad inalámbrica c5: Tiene un alcance de 20 mts. mínimo
RNF2: Seguridad y la privacidad de los datos médicos	c6: Posee mecanismos de autenticación y autorización c7: Presenta características de gestión de la privacidad c8: Nivel de autonomía de batería mínimo de 7 días
RNF3: Implementación del aplicativo en Ecuador	c9: Maneja protocolos de comunicación aceptados en Ecuador c10: Aplica a la categoría de importación B - 4x4 c11: Aplica pago de impuesto FODINFA c12: Aplica pago de impuesto IVA c13: Aplica pago de impuesto a la salida de capitales
RNF4: Funcionamiento del dispositivo libre de pagos mensuales	c14: Dispositivo libre de contratos mensuales c15: Costo del dispositivo c16: Reputación en el mercado

Etapa C. Ponderación de Criterios

Con el conjunto de criterios de selección identificados en la etapa anterior, se realizó la comparación por pares entre todos los criterios mediante la escala de comparación por pares de Saaty (1987) formando una matriz de comparación de criterios $C[c_{ij}]$ (**Tabla 14**).

**Tabla 14***Comparación de criterios de selección mediante la escala de comparación por pares de Saaty*

Criterios	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16
c1: Es un dispositivo IoT vestible	1/1	1/1	3/1	1/1	1/1	3/1	3/1	3/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/7	3/1	5/1
c2: Permite movilidad	1/1	1/1	1/3	1/1	3/1	3/1	3/1	3/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/7	5/1	5/1
c3: Permite monitoreo	1/3	3/1	1/1	1/1	3/1	5/1	5/1	7/1	7/1	9/1	9/1	9/1	9/1	1/5	9/1	7/1
c4: Permite conectividad inalámbrica	1/1	1/1	1/1	1/1	3/1	3/1	3/1	3/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/7	5/1	5/1
c5: Tiene un alcance de 20 mts. mínimo	1/1	1/3	1/3	1/3	1/1	7/1	7/1	7/1	5/1	9/1	9/1	9/1	9/1	1/7	7/1	5/1
c6: Posee mecanismos de autenticación y autorización	1/3	1/3	1/5	1/3	1/7	1/1	1/1	1/5	1/5	3/1	3/1	3/1	3/1	1/9	1/5	5/1
c7: Presenta características de gestión de la privacidad	1/3	1/3	1/5	1/3	1/7	1/1	1/1	1/5	1/5	3/1	3/1	3/1	3/1	1/9	1/5	5/1
c8: Nivel de autonomía de batería mínimo de 7 días	1/3	1/3	1/7	1/3	1/7	5/1	5/1	1/1	1/5	5/1	5/1	5/1	5/1	1/9	5/1	5/1
c9: Maneja protocolos de comunicación aceptados en Ecuador	1/1	1/1	1/7	1/1	1/5	5/1	5/1	5/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/5	7/1	7/1
c10: Aplica a la categoría de importación B - 4x4	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/1	7/1	7/1	1/1	1/9	1/3	5/1
c11: Aplica pago de impuesto FODINFA	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/7	1/1	1/3	1/3	1/9	1/9	1/3
c12: Aplica pago de impuesto IVA	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/7	3/1	1/1	3/1	1/9	1/7	1/3
c13: Aplica pago de impuesto a la salida de capitales	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/1	3/1	1/3	1/1	1/9	1/7	1/3
c14: Dispositivo libre de contratos mensuales	7/1	7/1	5/1	7/1	7/1	9/1	9/1	9/1	5/1	9/1	9/1	9/1	9/1	1/1	7/1	9/1
c15: Costo del dispositivo	1/3	1/5	1/9	1/5	1/7	5/1	5/1	1/5	1/7	3/1	9/1	7/1	7/1	1/7	1/1	5/1
c16: Reputación en el mercado	1/5	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/7	1/5	3/1	3/1	3/1	1/9	1/5	1/1



A continuación, se procedió a validar la consistencia de los valores de la matriz basado en el proceso establecido por Bellver & Martínez (2012):

- a) Se calculó el vector propio, calculando el valor promedio de cada fila.

$$\bar{C}_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (6)$$

- b) Se calculó el índice de consistencia (λ_{max}), obteniendo el valor promedio del vector resultante del producto de la matriz $C[c_{ij}]$ por el vector promedio de cada fila \bar{C}_i , y dividido por cada elemento del vector resultante para \bar{C}_j .

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(C * \bar{C}_i)_i}{\bar{C}_i}}{n} \quad (7)$$

- c) Se verificó que el λ_{max} obtenido (21.391) sea menor al índice de consistencia establecido por Alonso & Lamata (2006) para 16 elementos (39.9676).
- d) Siendo la condición anterior afirmativa, se concluyó que la matriz ingresada es una matriz consistente.

En la (Tabla 15) se detalla los valores calculados para el vector propio y el índice de consistencia.



Tabla 15

Cálculo del vector propio e índice de consistencia λ_{max}

Criterios	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	\bar{C}_i	$C * \bar{C}_i$	$\frac{(C * \bar{C}_i)_i}{\bar{C}_i}$
c1: Es un dispositivo IoT vestible	1/1	1/1	3/1	1/1	1/1	3/1	3/1	3/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/7	3/1	5/1	3.321	82.88	24.954
c2: Permite movilidad	1/1	1/1	1/3	1/1	3/1	3/1	3/1	3/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/7	5/1	5/1	3.405	83.87	24.633
c3: Permite monitoreo	1/3	3/1	1/1	1/1	3/1	5/1	5/1	7/1	7/1	9/1	9/1	9/1	9/1	1/5	9/1	7/1	5.283	149.30	28.259
c4: Permite conectividad inalámbrica	1/1	1/1	1/1	1/1	3/1	3/1	3/1	3/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/7	5/1	5/1	3.446	87.39	25.357
c5: Tiene un alcance de 20 mts. mínimo	1/1	1/3	1/3	1/3	1/1	7/1	7/1	7/1	5/1	9/1	9/1	9/1	9/1	1/7	7/1	5/1	4.821	117.16	24.301
c6: Posee mecanismos de autenticación y autorización	1/3	1/3	1/5	1/3	1/7	1/1	1/1	1/5	1/5	3/1	3/1	3/1	3/1	1/9	1/5	5/1	1.316	22.51	17.106
c7: Presenta características de gestión de la privacidad	1/3	1/3	1/5	1/3	1/7	1/1	1/1	1/5	1/5	3/1	3/1	3/1	3/1	1/9	1/5	5/1	1.316	22.51	17.106
c8: Nivel de autonomía de batería mínimo de 7 días	1/3	1/3	1/7	1/3	1/7	5/1	5/1	1/1	1/5	5/1	5/1	5/1	5/1	1/9	5/1	5/1	2.662	53.42	20.065
c9: Maneja protocolos de comunicación aceptados en Ecuador	1/1	1/1	1/7	1/1	1/5	5/1	5/1	5/1	1/1	7/1	7/1	7/1	7/1	1/5	7/1	7/1	3.846	87.33	22.705
c10: Aplica a la categoría de importación B - 4x4	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/1	7/1	7/1	1/1	1/9	1/3	5/1	1.444	17.86	12.366
c11: Aplica pago de impuesto FODINFA	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/7	1/1	1/3	1/3	1/9	1/9	1/3	0.252	6.72	26.721
c12: Aplica pago de impuesto IVA	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/7	3/1	1/1	3/1	1/9	1/7	1/3	0.587	8.97	15.276
c13: Aplica pago de impuesto a la salida de capitales	1/7	1/7	1/9	1/7	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7	1/1	3/1	1/3	1/1	1/9	1/7	1/3	0.474	8.86	18.710
c14: Dispositivo libre de contratos mensuales	7/1	7/1	5/1	7/1	7/1	9/1	9/1	9/1	5/1	9/1	9/1	9/1	9/1	1/1	7/1	9/1	7.375	256.31	34.754
c15: Costo del dispositivo	1/3	1/5	1/9	1/5	1/7	5/1	5/1	1/5	1/7	3/1	9/1	7/1	7/1	1/7	1/1	5/1	2.717	39.60	14.573
c16: Reputación en el mercado	1/5	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/7	1/5	3/1	3/1	3/1	1/9	1/5	1/1	0.762	11.71	15.365
																		λ_{max}	21.391

Nota: $\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(C * \bar{C}_i)_i}{\bar{C}_i}}{n}$ donde $\bar{C}_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n}$



Una vez verificada la consistencia de la matriz, se calculó la matriz normalizada dividiendo cada elemento de una columna C_i para la sumatoria de los elementos de esa columna $\sum C_i$. Finalmente, se obtuvo el valor promedio de cada fila \bar{C}_i que representa la ponderación de cada criterio (**Tabla 16**).

**Tabla 16***Matriz de comparación de criterios por pares normalizada*

Criterios	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	\bar{C}_i
c1: Es un dispositivo IoT vestible	0.069	0.061	0.249	0.070	0.052	0.062	0.062	0.076	0.045	0.098	0.076	0.083	0.086	0.048	0.060	0.071	0.079
c2: Permite movilidad	0.069	0.061	0.028	0.070	0.155	0.062	0.062	0.076	0.045	0.098	0.076	0.083	0.086	0.048	0.099	0.071	0.074
c3: Permite monitoreo	0.023	0.184	0.083	0.070	0.155	0.103	0.103	0.177	0.312	0.126	0.098	0.106	0.111	0.067	0.179	0.100	0.125
c4: Permite conectividad inalámbrica	0.069	0.061	0.083	0.070	0.155	0.062	0.062	0.076	0.045	0.098	0.076	0.083	0.086	0.048	0.099	0.071	0.078
c5: Tiene un alcance de 20 mts. mínimo	0.069	0.020	0.028	0.023	0.052	0.144	0.144	0.177	0.223	0.126	0.098	0.106	0.111	0.048	0.139	0.071	0.099
c6: Posee mecanismos de autenticación y autorización	0.023	0.020	0.017	0.023	0.007	0.021	0.021	0.005	0.009	0.042	0.033	0.035	0.037	0.037	0.004	0.071	0.025
c7: Presenta características de gestión de la privacidad	0.023	0.020	0.017	0.023	0.007	0.021	0.021	0.005	0.009	0.042	0.033	0.035	0.037	0.037	0.004	0.071	0.025
c8: Nivel de autonomía de batería mínimo de 7 días	0.023	0.020	0.012	0.023	0.007	0.103	0.103	0.025	0.009	0.070	0.054	0.059	0.061	0.037	0.099	0.071	0.049
c9: Protocolos de comunicación aceptados en Ecuador	0.069	0.061	0.012	0.070	0.010	0.103	0.103	0.126	0.045	0.098	0.076	0.083	0.086	0.067	0.139	0.100	0.078
c10: Aplica a la categoría de importación B - 4x4	0.010	0.009	0.009	0.010	0.006	0.007	0.007	0.005	0.006	0.014	0.076	0.083	0.012	0.037	0.007	0.071	0.023
c11: Aplica pago de impuesto FODINFA	0.010	0.009	0.009	0.010	0.006	0.007	0.007	0.005	0.006	0.002	0.011	0.004	0.004	0.037	0.002	0.005	0.008
c12: Aplica pago de impuesto IVA	0.010	0.009	0.009	0.010	0.006	0.007	0.007	0.005	0.006	0.002	0.033	0.012	0.037	0.037	0.003	0.005	0.012
c13: Aplica pago de impuesto a la salida de capitales	0.010	0.009	0.009	0.010	0.006	0.007	0.007	0.005	0.006	0.014	0.033	0.004	0.012	0.037	0.003	0.005	0.011
c14: Dispositivo libre de contratos mensuales	0.485	0.429	0.415	0.489	0.361	0.185	0.185	0.227	0.223	0.126	0.098	0.106	0.111	0.333	0.139	0.129	0.253
c15: Costo del dispositivo	0.023	0.012	0.009	0.014	0.007	0.103	0.103	0.005	0.006	0.042	0.098	0.083	0.086	0.048	0.020	0.071	0.046
c16: Reputación en el mercado	0.014	0.012	0.012	0.014	0.010	0.004	0.004	0.005	0.006	0.003	0.033	0.035	0.037	0.037	0.004	0.014	0.015

Etapa D. Búsqueda de Alternativas

Con los requisitos elicitados y con el conjunto de criterios de selección identificados, se procedió a buscar en la Web los dispositivos IoT que cumplen con las consideraciones anteriores. Como resultado de la búsqueda se obtuvo cinco alternativas:

- a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone (Future Call LLC, 2021)
- a2: V.ALRT/Help Now Alert (VSN Mobil, 2021)
- a3: MYNOTIFI (MedHab, 2020)
- a4: Touch N Talk Fall Detector (ATS, 2014)
- a5: 4GX Mobile Alert (LiveLife, 2018)

Etapa E. Ponderación de Alternativas

Con las alternativas seleccionadas, se procedió a repetir el proceso de ponderación de AHP para ponderarlas con relación a cada criterio de selección: comparación entre pares, normalización de la matriz y cálculo del valor promedio de cada fila (**Tabla 17**).

Tabla 17

Ponderación de las alternativas con relación a cada criterio de selección

c1: Es un dispositivo IoT vestible											
Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSFD1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
c2: Permite movilidad											
Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.



a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/9	1/9	1/1	1/9	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
a2: V.ALRT/Help Now Alert	9/1	1/1	1/1	9/1	1/1	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
a3: MYNOTIFI	9/1	1/1	1/1	9/1	1/1	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/9	1/9	1/1	1/9	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
a5: 4GX Mobile Alert	9/1	1/1	1/1	9/1	1/1	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310

c3: Permite monitoreo

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/3	1/3	1/1	1/3	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
a2: V.ALRT/Help Now Alert	3/1	1/1	1/1	3/1	1/1	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273
a3: MYNOTIFI	3/1	1/1	1/1	3/1	1/1	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/3	1/3	1/1	1/3	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
a5: 4GX Mobile Alert	3/1	1/1	1/1	3/1	1/1	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273

c4: Permite conectividad inalámbrica

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/9	1/9	1/1	1/9	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
a2: V.ALRT/Help Now Alert	9/1	1/1	1/1	9/1	1/1	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
a3: MYNOTIFI	9/1	1/1	1/1	9/1	1/1	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/9	1/9	1/1	1/9	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
a5: 4GX Mobile Alert	9/1	1/1	1/1	9/1	1/1	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310

c5: Tiene un alcance de 20 mts. mínimo

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c6: Posee mecanismos de autenticación y autorización

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
--------------	----	----	----	----	----	--------------------	--	--	--	--	-------



a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c7: Presenta características de gestión de la privacidad

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c8: Nivel de autonomía de batería mínimo de 7 días

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	9/1	1/1	7/1	0.307	0.307	0.290	0.307	0.313	0.305
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	9/1	1/1	7/1	0.307	0.307	0.290	0.307	0.313	0.305
a3: MYNOTIFI	1/9	1/9	1/1	1/9	1/3	0.034	0.034	0.032	0.034	0.015	0.030
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	9/1	1/1	7/1	0.307	0.307	0.290	0.307	0.313	0.305
a5: 4GX Mobile Alert	1/7	1/7	3/1	1/7	1/1	0.044	0.044	0.097	0.044	0.045	0.055

c9: Maneja protocolos de comunicación aceptados en Ecuador

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/3	1/5	1/3	1/3	0.067	0.053	0.091	0.053	0.053	0.063
a2: V.ALRT/Help Now Alert	3/1	1/1	1/3	1/1	1/1	0.200	0.158	0.151	0.158	0.158	0.165
a3: MYNOTIFI	5/1	3/1	1/1	3/1	3/1	0.333	0.474	0.455	0.474	0.474	0.442
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	3/1	1/1	1/3	1/1	1/1	0.200	0.158	0.151	0.158	0.158	0.165
a5: 4GX Mobile Alert	3/1	1/1	1/3	1/1	1/1	0.200	0.158	0.151	0.158	0.158	0.165

c10: Aplica a la categoría de importación B - 4x4

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
--------------	----	----	----	----	----	--------------------	--	--	--	--	-------



a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c11: Aplica pago de impuesto FODINFA

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c12: Aplica pago de impuesto IVA

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c13: Aplica pago de impuesto a la salida de capitales

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c14. Dispositivo libre de contratos mensuales

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
--------------	----	----	----	----	----	--------------------	--	--	--	--	-------



a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a3: MYNOTIFI	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
a5: 4GX Mobile Alert	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200

c15: Costo del dispositivo

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	1/5	1/1	3/1	5/1	0.133	0.121	0.133	0.176	0.246	0.162
a2: V.ALRT/Help Now Alert	5/1	1/1	5/1	7/1	9/1	0.664	0.605	0.664	0.412	0.443	0.557
a3: MYNOTIFI	1/1	1/5	1/1	3/1	5/1	0.133	0.121	0.133	0.176	0.246	0.162
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	1/3	1/7	1/3	1/1	1/3	0.044	0.086	0.044	0.059	0.016	0.050
a5: 4GX Mobile Alert	1/5	1/9	1/5	3/1	1/1	0.027	0.067	0.027	0.176	0.049	0.069

c16: Reputación en el mercado

Alternativas	a1	a2	a3	a4	a5	Matriz Normalizada					Prom.
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	1/1	3/1	5/1	1/3	1/3	0.133	0.176	0.217	0.124	0.124	0.155
a2: V.ALRT/Help Now Alert	1/3	1/1	3/1	1/5	1/5	0.044	0.059	0.130	0.075	0.075	0.077
a3: MYNOTIFI	1/5	3/1	1/1	1/7	1/7	0.027	0.176	0.043	0.053	0.053	0.071
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	3/1	5/1	7/1	1/1	1/1	0.398	0.294	0.304	0.374	0.374	0.349
a5: 4GX Mobile Alert	3/1	5/1	7/1	1/1	1/1	0.398	0.294	0.304	0.374	0.374	0.349

Posteriormente, se formó una nueva matriz con el resultado de los valores promedio y a su vez se multiplicó por el vector de pesos de cada criterio (**Tabla 18**).

**Tabla 18**

Multiplicación de la matriz de ponderación de alternativas por criterio, por el vector de ponderación de criterios

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	Ponderación
a1	0.200	0.034	0.091	0.034	0.200	0.200	0.200	0.305	0.063	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.162	0.155	0.153
a2	0.200	0.310	0.273	0.310	0.200	0.200	0.200	0.305	0.165	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.557	0.077	0.243
a3	0.200	0.310	0.273	0.310	0.200	0.200	0.200	0.030	0.442	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.162	0.071	$\bar{C}_i =$ 0.233
a4	0.200	0.034	0.091	0.034	0.200	0.200	0.200	0.305	0.165	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.050	0.349	0.159
a5	0.200	0.310	0.273	0.310	0.200	0.200	0.200	0.055	0.165	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.069	0.349	0.212

Nota: Fórmula: $C * \bar{C}_i$ (Tabla 16) = Ponderación de las alternativas

Ejemplo:

Ponderación de a1= $(0.200*0.079) + (0.034*0.074) + (0.091*0.125) + (0.034*0.078) + (0.200*0.099) + (0.200*0.025) + (0.200*0.025) + (0.305*0.049) + (0.063*0.078) + (0.200*0.023) + (0.200*0.008) + (0.200*0.012) + (0.200*0.011) + (0.200*0.253) + (0.162*0.046) + (0.155*0.015)$

Ponderación de a1=0.153



Se ordenó las alternativas según su calificación obtenida de mayor a menor, para ser presentados al experto en soluciones digitales (**Tabla 19**). Como resultado se destacan las alternativas a2: *V.ALRT/Help Now Alert* con 0.24 puntos, seguido por a3: *MYNOTIFI* con 0.23 puntos y a5: *4GX Mobile Alert* con 0.21 puntos.

Tabla 19

Alternativas calificadas de mayor a menor

Alternativa	Calificación
a2: V.ALRT/Help Now Alert	0.24
a3: MYNOTIFI	0.23
a5: 4GX Mobile Alert	0.21
a4: Touch N Talk Fall Detector ATSF1	0.16
a1: Future Call 2-Way Talking SOS Pendant Phone	0.15

Etapas F. Adquisición

Como último paso de la metodología está la adquisición del dispositivo basado en las calificaciones obtenidas de la metodología y el criterio propio del experto en soluciones digitales.

Por ser un estudio de caso con fines académicos, no se realizó la adquisición física del dispositivo, sin embargo, si fuere el caso, se sugeriría adquirir la alternativa a2. *V.ALRT/Help Now Alert*, por ser la alternativa con mayor calificación, lo que se refleja en sus características: un dispositivo vestible liviano (8grs.) con baterías de larga duración (mayor a un año) que permite movilidad debido a que trabaja en conjunto con un dispositivo móvil (Android o IOS). Permite monitoreo a través de localización GPS, botón de alerta de emergencias y detección de caídas. El dispositivo está libre de pagos mensuales para su funcionamiento y puede emitir alertas a los contactos que el usuario desee. Adicionalmente, su costo es mucho el menor comparado con las demás alternativas (cuesta la mitad que el segundo dispositivo más barato).

6.4.2 Recolección de Datos

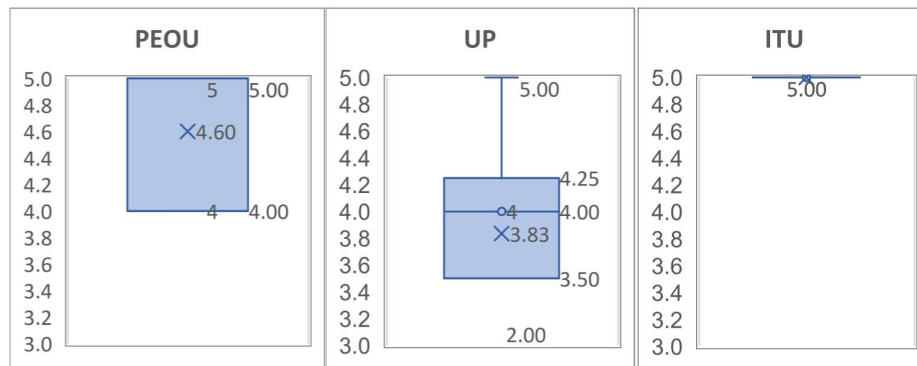
La ejecución del estudio de caso fue presentado al detalle a un experto en proyectos AAL orientados al adulto mayor mediante el uso de tecnología IoT. Posteriormente se solicitó al experto que llene la encuesta “Percepción acerca de la Metodología de Selección y Adquisición de Dispositivos IoT enfocados en Soluciones AAL orientadas al Adulto Mayor” publicada en <https://forms.gle/kEP9bnSPefr4TXtp7> (Anexo 4).

6.5 Análisis e Interpretación de los Datos

Obtenidas las respuestas de la encuesta, se las agrupó según las métricas de: factibilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso. Posteriormente, se calculó la media de cada una de las métricas. El resultado está plasmado en el diagrama de cajas de la **Figura 16**, que utiliza los valores de la escala de Likert: el valor *tres* representa un valor neutro, un *uno* representa una calificación negativa y un *cinco* representa una calificación positiva.

Figura 16

Diagrama de cajas y bigotes de las variables PEOU, PU e ITU



Según los resultados obtenidos (**Tabla 20**) se concluye que:

1. La métrica PEOU obtuvo una media de 4.6, por lo que se determina que la metodología es percibida como fácil de usar.
2. La métrica PU obtuvo una media de 3.83, por lo que se determina que la metodología es percibida como útil de usar.



3. La métrica ITU obtuvo una media de 5.00, por lo que se determina que existe la intención de usar la metodología en el futuro.

Tabla 20

Cálculo de mínimos, máximos, media y desviación estándar

Métrica	Min	Max	Media	Desviación Estándar
PEOU	4.0	5.0	4.6	0.5
UP	2.0	5.0	3.8	1.0
ITU	5.0	5.0	5.0	0.0

6.6 Amenazas a la Validez

Siguiendo la metodología de Runeson & Höst (2009), es necesario identificar claramente cuáles son las amenazas existentes que pueden afectar la validez del estudio de caso y los resultados obtenidos.

6.6.1 Validez Interna

Dependiendo de cómo se seleccionen los sujetos de un grupo, los efectos de la selección pueden variar. Al contar con un solo participante, la validez interna se ve limitada por las características y habilidades del individuo. Por ese motivo, se buscó a conveniencia, que la edad y la experiencia del participante encajen dentro del perfil más común esperado para el uso futuro de la metodología.

6.6.2 Validez Externa

La población seleccionada en este estudio de caso no es una muestra estadísticamente representativa, sin embargo, permite obtener un primer acercamiento en los hallazgos sobre la percepción de usabilidad de la metodología propuesta, a casos que tengan características comunes. En la sección de trabajos futuros, se recomienda la realización de estudios de caso con un mayor número de participantes para obtener una mejor medición sobre la usabilidad de la metodología.



6.6.3 Fiabilidad

Con el fin de dar fiabilidad al estudio de caso, se registró la cadena de evidencia respetando la codificación de los datos desde la encuesta hasta el análisis; con el fin de que cualquier investigador pueda obtener los mismos datos al replicar este estudio de caso. Adicionalmente, se cuantificó las respuestas cualitativas mediante una escala Likert para evitar introducir sesgos de interpretación.



Capítulo 7. Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones

En la actualidad, existe una amplia variedad de dispositivos IoT que pueden promover el desarrollo de diferentes soluciones para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores y prolongar su independencia el mayor tiempo posible. Para ello es fundamental saber elegir el dispositivo adecuado para implementar dicha solución.

En este trabajo se elaboró una metodología de selección de dispositivos IoT para su integración en ambientes de vida asistida para el adulto mayor. La metodología propuesta permite a los expertos de soluciones realizar el proceso de selección y adquisición de forma clara, repetible y científica ajustándose al contexto del adulto mayor, y evitando así, la selección de dispositivos que no se adapten a la solución planificada. De esa manera, se cierra la brecha detectada en la ejecución de la RSL, acerca de una metodología de este tipo, bajo el contexto y dominio seleccionado.

Por otro lado, como parte de la investigación, se generó una base de conocimiento de criterios de selección obtenidas de la literatura y validadas por los expertos. Si bien no se puede asegurar que estos criterios sean absolutamente suficientes para cualquier solución planificada, no obstante, apoyarán en gran medida al experto en soluciones digitales en la identificación de las métricas de evaluación de los dispositivos IoT.

En referencia a la metodología de selección multicriterio base, la metodología seleccionada (AHP) permite la comparación de criterios cuantitativos y cualitativos de diferente naturaleza bajo una misma escala, aportando flexibilidad en el uso de diferentes criterios de evaluación. Esto abre las puertas para agregar o modificar los criterios de selección; lo que a su vez significa el mejoramiento continuo de la base de criterios, o incluso la modificación de la metodología bajo un dominio diferente al del adulto mayor, o en un contexto diferente al ecuatoriano. A esto se suma la popularidad de elección de la metodología para selección de dispositivos IoT o tecnología relacionada con IoT, lo que



genera confianza en su elección. Finalmente, la manera como fue planteada la ejecución de cada una de las etapas de AHP en esta investigación, aporta simplicidad en su ejecución.

Es importante recalcar que la metodología propuesta fue percibida como útil, de fácil uso y generó una intención de uso en el futuro por parte del experto en el proceso de evaluación empírica. Sin embargo, será necesario en instancias subsiguientes evaluarla dentro del ámbito de la industria mediante experimentos controlados y con la participación de grupos extensos de expertos para corroborar estos resultados y proyectar su liberación.

Trabajo Futuro

Como trabajo futuro, se propone la aplicación de la metodología en la industria mediante la ejecución de caso de estudio real, que permita evaluar la metodología de forma cuantitativa y cualitativa; y ser fortalecido con la participación de un grupo extenso de expertos en el proceso de validación.

La base de criterios de selección fue obtenida gracias a la ejecución de la RSL, considerando los estudios publicados desde el 2010 en adelante. Sin embargo, a futuro, se puede considerar la ejecución de una nueva RSL para obtener y actualizar esta base de conocimiento.

Por otra parte, existen diferentes metodologías de selección multicriterio que podrían usarse en vez de AHP. Por lo que se vislumbra como una interesante oportunidad el usar una metodología base diferente a AHP, y así comparar los resultados y mejorar el estado del arte en el dominio.

El dominio de esta metodología está orientado en su totalidad para el adulto mayor; sin embargo, se podrían considerar diferentes dominios de grupos sociales prioritarios como es el caso de las personas con discapacidad, personas con trastornos mentales, entre otros.

Finalmente, esta investigación fue contextualizada dentro del país de Ecuador. Por lo que sería valioso contextualizarla en un país diferente, instaurando los criterios propios del país seleccionado para de esta manera conocer la oportunidad que tiene esta metodología para adaptarse a otros contextos.



Bibliografía

- Aarts, E., & Wichert, R. (2009). *Ambient intelligence BT - Technology Guide: Principles – Applications – Trends* (H.-J. Bullinger, ed.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-88546-7_47
- Abdallah, M., Jaber, T., Alabwaini, N., & Alnabi, A. A. (2019). A Proposed Quality Model for the Internet of Things Systems. *2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology, JEEIT 2019 - Proceedings*, 23–27. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/JEEIT.2019.8717516>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). *ARAS Method BT - New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)* (A. Alinezhad & J. Khalili, eds.). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9_9
- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(4), 445–459.
<https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>
- Amschler, A., & Pradhan, A. (2001). Ethical issues in empirical software engineering: The limits of policy. *Empirical Software Engineering*, 6(2), 105–110.
<https://doi.org/10.1023/A:1011442319273>
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. *Ley de Regimen Tributario Interno, LRTI*. , (2004). Ecuador.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. , (2010). Ecuador.



Asamblea Nacional de la República del Ecuador. *Reglamento al Título de la Facilitación Aduanera para el Comercio, del Libro V del Código Orgánico de la Producción.* , (2011). Ecuador.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. *Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.* , (2016). Ecuador.

Ashwin, S. (2014). Determinants of Mode of Technology Acquisition: An Integrated Framework [Determinantes del Modo de Adquisición de Tecnología: Un Marco Integrado]. *SSRN Electronic Journal*, 1–37. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2488634>

ATS. (2014). Medical Alert System with Fall Detection. Retrieved July 18, 2021, from <https://www.assistivetechologieservices.com/falldetectionfallalertmandownalert.html>

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 56, 122–140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.12.004>

Augusto, J. C., & Mccullagh, P. (2007). Ambient Intelligence: Concepts and applications. *Computer Science and Information Systems*, 4(1), 28.

Baranwal, G., Singh, M., & Prakash, D. (2019). A framework for IoT service selection. *The Journal of Supercomputing*.

Basili, V. R., Caldiera, G., & Rombach, D. H. (1994). The Goal Question Metric Approach. In *Encyclopedia of Software Engineering: Vol. I*. John Wiley & Sons.

Bellver, J. A., & Martínez, F. G. (2012). *Nuevos Métodos de Valoración. Modelos Multicriterio*.

Bormann, C., & Gomez, C. (2016). *Terminology for Constrained-Node Networks (7228bis)*.

Chung, J., Demiris, G., & Thompson, H. J. (2016). Ethical Considerations Regarding the Use of Smart Home Technologies for Older Adults: An Integrative Review. *Annual Review of Nursing Research*, Vol. 34, pp. 155–181. <https://doi.org/10.1891/0739-6686.34.155>



Comité de Comercio Exterior. *RESOLUCIÓN No. 006 - 2021.*, (2021). Ecuador.

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2020). *Internet of Things: Security Acquisition Guidance*. Rosslyn.

Dalli, A., & Bri, S. (2016). Acquisition devices in internet of things: RFID and sensors. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 90, 194–200.

Davis, F. (1985). *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems*.

Dohr, A., Drobics, M., Hayn, D., & Schreier, G. (2010). *The Internet of Things for Ambient Assisted Living*. 804–809. <https://doi.org/10.1109/ITNG.2010.104>

Dorsemaine, B., Gaulier, J., Wary, J., Kheir, N., & Urien, P. (2015). Internet of Things: A Definition & Taxonomy. *2015 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, 72–77. <https://doi.org/10.1109/NGMAST.2015.71>

Durão, L. F., Carvalho, M., Takey, S., & Cauchick-Miguel, P. (2018). Internet of Things process selection: AHP selection method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.

Durrani, T. S., Forbes, S. M., Broadfoot, C., & Carrie, A. S. (1997). Re-engineering the technology acquisition process. *IEE Colloquium (Digest)*, (365). <https://doi.org/10.1049/ic:19971214>

Erazo-Garzon, L., Erraez, J., Illescas-Peña, L., & Cedillo, P. (2020). *A Data Quality Model for AAL Systems BT - Information and Communication Technologies of Ecuador (TIC.EC)* (E. Fosenca C, G. Rodríguez Morales, M. Orellana Cordero, M. Botto-Tobar, E. Crespo Martínez, & A. Patiño León, Eds.). Cham: Springer International Publishing.

Evans, D. (2011). *The internet of things - How the next evolution of the internet is changing everything*. CISCO.

Fontela, E., & Gabus, A. (1976). *The DEMATEL observer, DEMATEL 1976 report*.



- Fung, K. (2011). The Primitive Cognitive Network Process: Comparisons with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 10(04), 659–680. <https://doi.org/10.1142/S0219622011004506>
- Future Call LLC. (2021). 2 Way Talking SOS Pendant Phone With Man Down Function. Retrieved July 18, 2021, from <https://www.future-call.com/2-way-sos-pendant-phone-with-man-down.aspx>
- Galán, J., Cedillo, P., & Valdez, W. (2021). Towards a Selection and Acquisition Method for IoT Devices Oriented to Older People in Ecuador. *2021 Second International Conference on Information Systems and Software Technologies (ICI2ST)*, 94–100. <https://doi.org/10.1109/ICI2ST51859.2021.00021>
- García, N. M., & Rodrigues, J. J. P. C. (2015). *Ambient assisted living*. CRC Press.
- Gomez, A. (2018). Herramientas de Gestión de Calidad con Ejemplos Prácticos en Base a los Requisitos de la Norma ISO 9001:2015. *AUTOEDICIONES TAGUS*.
- Gorschek, T., Garre, P., Larsson, S., & Wohlin, C. (2006). A Model for Technology Transfer in Practice. *Software, IEEE*, 23, 88–95. <https://doi.org/10.1109/MS.2006.147>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1998). IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. *IEEE Std 830-1998*, 1–40. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.1998.88286>
- International Organization for Standardization. *ISO 9001:2015: Quality management systems - Requirements*. , (2008). Ginebra.
- International Organization for Standardization. (2011). ISO/IEC 25010:2011. Retrieved September 16, 2020, from <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- ISO. (2011). ISO/IEC 25010:2011 - Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE) -- System and software quality models.



- Kim, M. (2016). A Quality Model for Evaluating IoT Applications. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 8(1), 66–76. <https://doi.org/10.17706/ijcee.2016.8.1.66-76>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. 2.
- Knight, A., Blessner, P., & Olson, B. (2016). Transforming the purchasing strategy of high-tech medical equipment in healthcare systems. *Journal of Enterprise Transformation*, 6(3–4), 170–186. <https://doi.org/10.1080/19488289.2016.1254123>
- Kondratenko, Y., Kondratenko, G., & Sidenko, I. (2018). Multi-criteria decision making for selecting a rational IoT platform. *2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, 147–152. <https://doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409117>
- Kondratenko, Y., Kondratenko, G., & Sidenko, I. (2019). *Multi-criteria Decision Making and Soft Computing for the Selection of Specialized IoT Platform BT - Recent Developments in Data Science and Intelligent Analysis of Information* (O. Chertov, T. Mylovanov, Y. Kondratenko, J. Kacprzyk, V. Kreinovich, & V. Stefanuk, Eds.). Cham: Springer International Publishing.
- Krapivina, H., Kondratenko, Y., & Kondratenko, G. (2019). *Multi-Criteria Decision Making Approaches for Choice of Wireless Communication Technologies for IoT-Based Systems. BT - Proceedings of ICTERI 2019. Volume III: PhD Symposium co-located with 15th International Conference "ICT in Education, Research, and In* (pp. 73–82). pp. 73–82. Retrieved from <http://ceur-ws.org/Vol-2403/paper9.pdf>
- Kurokawa, S. (1997). Make-or-buy decisions in R D: small technology based firms in the United States and Japan. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 44(2), 124–134. <https://doi.org/10.1109/17.584921>
- Lee, H., Lee, S., & Park, Y. (2009). Selection of technology acquisition mode using the analytic network process [Selección del modo de adquisición de tecnología mediante el proceso de red analítica].



Mathematical and Computer Modelling, 49(5–6), 1274–1282.

<https://doi.org/10.1016/j.mcm.2008.08.010>

Li, C.-W., & Tzeng, G.-H. (2009). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 9891–9898. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.073>

Li, Y., Huang, Y., Zhang, M., & Rajabion, L. (2019). Service selection mechanisms in the Internet of Things (IoT): a systematic and comprehensive study. *Cluster Computing*.

LiveLife. (2018). LiveLife 4GX Mobile Medical Alert System | Live Life Alarms. Retrieved July 18, 2021, from <https://www.livelifearms.ca/product/livelifemobilemedicalalertsystem/>

Meacham, S., & Phalp, K. T. (2016). Requirements engineering methods for an Internet of Things application: fall-detection for ambient assisted living. *BCS SQM/Inspire Conference*. Retrieved from <http://eprints.bournemouth.ac.uk/32797/>

MedHab. (2020). MyNotifi. Retrieved July 18, 2021, from <https://www.mynotifi.com/>

Menzel, J. (2014). Pressure Ulcers in the Elderly, as a Public Health Problem. *Journal of General Practice*, 02. <https://doi.org/10.4172/2329-9126.1000174>

Mohammadi, V., Rahmani, A. M., Darwesh, A. M., & Sahafi, A. (2019a). Trust-based recommendation systems in Internet of Things: a systematic literature review. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 9(1), 1–61. <https://doi.org/10.1186/s13673-019-0183-8>

Mohammadi, V., Rahmani, A. M., Darwesh, A. M., & Sahafi, A. (2019b). Trust-based recommendation systems in Internet of Things: a systematic literature review [Sistemas de recomendación basados en la confianza en Internet de las Cosas: una revisión sistemática de la literatura]. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 9(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13673-019-0183-8>



- Nadhira, A., & Dachyar, M. (2020). Selection Factor Analysis for Internet of Things (IoT) Implementation using DEMATEL based ANP and COPRAS Method at the Hospital Intensive Care Unit (ICU). *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(7s SE-Articles), 3614–3622. Retrieved from <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/17662>
- National Institute of Standards and Technology. (2019). Cybersecurity Considerations in IoT. Retrieved September 16, 2020, from <https://www.nist.gov/itl/applied-cybersecurity/nist-cybersecurity-iot-program/about/cybersecurity-considerations-iot>
- Nikityuk, L., & Tsaryov, R. (2018). Optimization of the Process of Selecting of the IoT-Platform for the Specific Technical Solution IoT-Sphere. *2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S T)*, 401–405. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632088>
- Novikova, N. M., Pospelova, I. I., & Zenyukov, A. I. (2017). Method of convolution in multicriteria problems with uncertainty. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 56(5), 774–795. <https://doi.org/10.1134/S1064230717050082>
- Palumbo, F. (2016). Ambient intelligence in assisted living environments. *Universita Degli Studi Di Pisa, Ph. D. Thesis*.
- Paramita, R., & Dachyar, M. (2020). The Alternative Selection for Internet of Things (IoT) Implementation in Medical Rehabilitation. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(7s SE-Articles), 3632–3640. Retrieved from <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/17667>
- Park, K. C., & Shin, D.-H. (2016). Security assessment framework for IoT service. *Telecommunication Systems*, 64(1), 193–209. <https://doi.org/10.1007/s11235-016-0168-0>
- Patel, K., & Patel, S. (2016). *Internet of Things-IOT : Definition , Characteristics , Architecture , Enabling Technologies , Application & Future Challenges*.



- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., Compton, M., & Georgakopoulos, D. (2013). Context-Aware Sensor Search, Selection and Ranking Model for Internet of Things Middleware. *2013 IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management*, 1, 314–322. <https://doi.org/10.1109/MDM.2013.46>
- Qi, X., Yin, C., Cheng, K., & Liao, X. (2017). The Interval Cognitive Network Process for Multi-Attribute Decision-Making. *Symmetry*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/sym9100238>
- Ramirez, H., Ramírez, M., Hurtado, C., & Marquez, B. (2019). IoT in Medical Context: Applications, Diagnostics, and Health Care. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 145, 253–259. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8566-7_25
- Rayes, A., Salam, S., Rayes, A., & Salam, S. (2017). The Things in IoT: Sensors and Actuators. In *Internet of Things From Hype to Reality* (pp. 57–77). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44860-2_3
- Rghioui, A., Sendra, S., Lloret, J., & Oumnad, A. (2016). Internet of Things for Measuring Human Activities in Ambient Assisted Living and e-Health. *Network Protocols and Algorithms*, 8(3), 15. <https://doi.org/10.5296/npa.v8i3.10146>
- Rincón, R., & Peláez, G. (2013). *Adquisición de Tecnología : Un Modelo de Gestión*. 2(3), 18. Retrieved from <http://recibe.cucei.udg.mx/revista/es/vol2-no3/pdf/computacion01.pdf>
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14(2), 131–164. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (2004). Fundamentals of the analytic network process — Dependence and feedback in



- decision-making with a single network. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(2), 129–157. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0158-y>
- Saaty, T. (1996). *Decision making with dependence and feedback : the analytic network process : the organization and prioritization of complexity*.
- Saaty, Thomas. (2005). *Analytic Hierarchy Process*. <https://doi.org/10.1002/0470011815.b2a4a002>
- Servicio de Aduana del Ecuador SENAE. *Resolución Nro. SENAE-DGN-2013-0472-RE.* , (2013). Ecuador.
- Silva, D., Gonçalves, T. G., & da Rocha, A. R. C. (2019). A Requirements Engineering Process for IoT Systems. *Proceedings of the XVIII Brazilian Symposium on Software Quality*, 204–209. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3364641.3364664>
- Silva, E., Agostinho, C., & Jardim-Goncalves, R. (2017). *A multi-criteria decision model for the selection of a more suitable Internet-of-Things device*. <https://doi.org/10.1109/ICE.2017.8280026>
- Silva, & Jardim-Goncalves, R. (2017). *Multi-criteria Analysis and Decision Methodology for the Selection of Internet-of-Things Hardware Platforms BT - Technological Innovation for Smart Systems* (L. M. Camarinha-Matos, M. Parreira-Rocha, & J. Ramezani, Eds.). Cham: Springer International Publishing.
- Silva, & Jardim-Goncalves, R. (2019). Cyber-Physical Systems: a multi-criteria assessment for Internet-of-Things (IoT) systems. *Enterprise Information Systems*, 15(3), 332–351. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1698060>
- Silva, & Jardim-Goncalves, R. (2020). IoT Ecosystems Design: A Multimethod, Multicriteria Assessment Methodology. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(10), 10150–10159. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3011029>
- Steensma, H. K., & Corley, K. G. (2000). On The Performance Of Technology-Sourcing Partnerships: The Interaction Between Partner Interdependence And Technology Attributes. *Academy of*



Management Journal, 43(6), 1045–1067. <https://doi.org/10.5465/1556334>

Tun, S. Y. Y., Madanian, S., & Mirza, F. (2020). Internet of things (IoT) applications for elderly care: a reflective review. *Aging Clinical and Experimental Research*. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01545-9>

U.S. General Services Administration. (2017). *The Internet of Things (IoT): An Overview on How to Acquire “Things” Securely*.

USTelecom Media. (2019). *C2 Consensus on IoT Security Baseline Capabilities*.

VSN Mobil. (2021). V.ALRT. Retrieved July 18, 2021, from https://vsnmobil.com/products/v-ahrt/learn_more

Wang, Z., Yang, Z., & Dong, T. (2017). A Review of Wearable Technologies for Elderly Care that Can Accurately Track Indoor Position, Recognize Physical Activities and Monitor Vital Signs in Real Time. *Sensors*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/s17020341>

World Health Organization. (2003). *Medical Device Regulations*. Geneva.

Zhou, H., & Zhou, Y. (2005). SPEM: improving multiple sequence alignment with sequence profiles and predicted secondary structures. *Bioinformatics*, 21(18), 3615–3621. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bti582>

Anexos

Anexo 1. Trabajos de Investigación Resultantes de la RSL

1. S01. Silva EM, Jardim-Goncalves R (2020) IoT Ecosystems Design: A Multimethod, Multicriteria Assessment Methodology. *IEEE Internet Things J* 7:10150–10159. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3011029>
2. S02. Nikityuk L, Tsaryov R (2019) Optimization of the Process of Selecting of the IoT-Platform for the Specific Technical Solution IoT-Sphere. In: 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 - Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp 401–405
3. S03. Durão LF, Carvalho M, Takey S, Cauchick-Miguel P (2018) Internet of Things process selection: AHP selection method. *Int J Adv Manuf Technol*
4. S04. Dalli A, Bri S (2016) Acquisition devices in internet of things: RFID and sensors. In: *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 15th, pp 194–200
5. S05. Chen VQ, Yuen KKF (2015) Towards a hybrid approach of Primitive Cognitive Network Process and Self-Organizing Map for computer product recommendation. In: Proceedings of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things, ICIT 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp 9–12
6. S06. Silva EM, Agostinho C, Jardim-Goncalves R (2018) A multi-criteria decision model for the selection of a more suitable Internet-of-Things device. In: 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation: Engineering, Technology and Innovation Management Beyond 2020: New Challenges, New Approaches, ICE/ITMC 2017 - Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp 1268–1276
7. S07. Perera C (2013) Context-aware Sensor Search, Selection and Ranking Model for Internet of Things Middleware. *CoRR* abs/1303.2447:
8. S08. Paramita RA, Dachyar M (2020) The Alternative Selection for Internet of Things (IoT) Implementation in Medical Rehabilitation. *Int J Adv Sci Technol* 29:3632–3640
9. S09. Silva EM, Jardim-Goncalves R (2017) Multi-criteria analysis and decision methodology for the selection of Internet-of-Things hardware platforms. In: *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Springer New York LLC, pp 111–121
10. S10. Zheng Z, Tao Y, Chen Y, et al (2019) An efficient preference-based sensor selection method in internet of things. *IEEE Access* 7:168536–168547. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2953045>
11. S11. Nadhira A, Dachyar M (2020) Selection Factor Analysis for Internet of Things (IoT) Implementation using DEMATEL based ANP and COPRAS Method at the Hospital Intensive Care Unit (ICU). *Int J Adv Sci Technol* 29:3614–3622
12. S12. Krapivina H Multi-Criteria Decision Making Approaches for Choice of Wireless Communication Technologies for IoT-Based Systems. In: 2019 ICT in Education, Research, and Industrial Applications 2019: PhD Symposium - Proceedings. .N. Karazin Kharkiv National University, School of Mathematics and Computer Science, Ukraine, pp 73–82
13. S13. Park KC, Shin DH (2017) Security assessment framework for IoT service. *Telecommun Syst* 64:193–209. <https://doi.org/10.1007/s11235-016-0168-0>
14. S14. Kondratenko Y, Kondratenko G, Sidenko I (2018) Multi-criteria decision making for selecting a rational IoT platform. In: Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT 2018. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp 147–152
15. S15. Kondratenko Y, Kondratenko G, Sidenko I (2019) Multi-criteria decision making and soft computing for the selection of specialized IoT platform. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer Verlag, pp 71–80



16. S16. Silva EM, Jardim-Goncalves R (2021) Cyber-Physical Systems: a multi-criteria assessment for Internet-of-Things (IoT) systems. *Enterp Inf Syst* 15:332–351. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1698060>

Anexo 2. Criterios Iniciales de Selección de Tecnología IoT Extraídos de la Literatura

CATEGORÍA	CRITERIOS
Características Técnicas de Dispositivos IoT (National Institute of Standards and Technology, 2019)(USTelecom Media, 2019)(Abdallah et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía • Ciclo de vida • Dispositivo IoT vestible • Protocolo de distribución del tiempo • Dispositivos embebidos y adaptables • Modelo de colaboración e interfaz humana natural • Movilidad • Monitoreo • Inteligencia • Recursos limitados • Conectividad (separada como categoría) • Gran escala • Sensores (separada como categoría) • Naturaleza dinámica • Heterogeneidad • Microprocesador/microcontrolador
Calidad de los Dispositivos IoT (USTelecom Media, 2019)(Mohammadi et al., 2019b)(Kim, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Confianza • Precisión • Interacción QoS • Disponibilidad • Fiabilidad • Seguridad (separada como categoría) • Mejores prácticas actuales • Funcionalidad • Eficiencia • Portabilidad
Seguridad de los Dispositivos IoT (U.S.	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad de interfaz web • Seguridad de interfaz en la nube



-
- | | |
|---|---|
| General Services Administration, 2017)(USTelecom Media, 2019) | <ul style="list-style-type: none">• Seguridad de interfaz móvil• Seguridad de los servicios de red• Seguridad física• Seguridad configurable• Autenticación• Autorización• Seguridad en la capa de transporte• Actualizaciones de firmware• Validación de datos• Aplicación de parches• Proceso notificación y gestión de vulnerabilidades• Herramientas de gestión de seguridad• Registro de eventos |
|---|---|
-

- | | |
|--|--|
| Sensores (Baranwal et al., 2019)(Rayes et al., 2017) | <ul style="list-style-type: none">• Entorno operativo• Fiabilidad• Rango de temperatura• Rango de medición• Dimensiones físicas• Precisión• Resolución• Desviación• Ruido• Especificidad del sensor• Tiempo de respuesta• Filtrado de datos• Consumo de energía mínimo• Histéresis• Ancho de banda• Interrupción mínima |
|--|--|
-

- | | |
|---|---|
| Servicios IoT (Y. Li et al., 2019)(Baranwal et al., 2019) | <ul style="list-style-type: none">• Escalabilidad• Protocolo de conectividad de dispositivos• Rendimiento del sistema• Redundancia y recuperación de desastres |
|---|---|
-



-
- Soporte de procesamiento en el borde
 - Disponibilidad
 - Fiabilidad
 - Interoperabilidad
 - Seguridad
 - Servicio de asistencia al cliente
 - Precio
 - Capacidad
 - Estabilidad
 - Tiempo de respuesta
 - Flexibilidad
 - Preferencia del usuario
 - Precisión
 - Carga de balance

Software (International
Organization for
Standardization, 2011)

- Adecuación funcional
 - Completitud funcional
 - Corrección funcional
 - Adecuación funcional
 - Eficiencia del rendimiento
 - Comportamiento temporal
 - Utilización de los recursos
 - Capacidad
 - Compatibilidad
 - Coexistencia
 - Interoperabilidad
 - Usabilidad
 - Reconocimiento de la idoneidad
 - Aprendizaje
 - Operabilidad
 - Protección contra errores del usuario
 - Estética de la interfaz de usuario
 - Accesibilidad
 - Fiabilidad
 - Madurez
-



-
- Disponibilidad
 - Tolerancia a los fallos
 - Capacidad de recuperación
 - Seguridad
 - Confidencialidad
 - Integridad
 - No repudio
 - Responsabilidad
 - Autenticidad
 - Mantenibilidad
 - Modularidad
 - Reutilización
 - Analizabilidad
 - Modificabilidad
 - Probabilidad
 - Portabilidad
 - Adaptabilidad
 - Instalabilidad
 - Sustituibilidad

-
- | | |
|--|--|
| Comunicaciones
(USTelecom Media,
2019)(Baranwal et al.,
2019)(Patel & Patel,
2016) | <ul style="list-style-type: none">● Protocolos de comunicación aceptados por la industria● Incorporación a la red de dispositivos● Interconectividad● Disponibilidad● Fiabilidad● Velocidad de movilidad● Retraso● Fluctuación de fase● Tasa de pérdida● Alcance● Ancho de banda● Rendimiento |
|--|--|

-
- | | |
|--|---|
| Adulto Mayor (World
Health Organization,
2003)(Ramirez et al., | <ul style="list-style-type: none">● Entrenamiento● Apoyo técnico● Mejora de la calidad en la atención al paciente |
|--|---|
-



-
- 2019)(Knight et al., 2016)
- Mejora de la toma de decisiones en la asignación de recursos
 - Relación médico-paciente
 - Mejores resultados para los pacientes que las soluciones existentes
 - Integración del nuevo equipo en el modo de atención actual
 - Rentabilidad
 - Interacción del dispositivo con las tecnologías existentes en el centro sanitario

-
- Consideraciones Éticas (Chung et al., 2016)
- Privacidad
 - Consentimiento informado
 - Autonomía
 - Intromisión
 - Equidad de acceso
 - Reducción del contacto humano
 - Usabilidad

-
- Mercado (National Institute of Standards and Technology, 2019)(Mohammadi et al., 2019a)
- Reaprovisionamiento
 - Costo
 - Afinidad
 - Amigabilidad
 - Contacto social
 - Comunidad de interés
 - Calidad de la recomendación
 - Reputación
 - Red social
 - Acceso al mercado
 - Primero en comercializar
 - Diversidad

-
- Negociación de Contratos (U.S. General Services Administration, 2017)(USTelecom Media, 2019)
- Documentación sobre la intención del dispositivo
 - Actualizaciones y divulgación de EoL/EoS
 - Programa de seguridad de la información
 - Respuesta a incidentes de ciberseguridad
 - Cumplimiento jurisdiccional
 - Obligaciones de la parte inferior de la cadena
-



-
- Derechos de auditoría
 - Acuerdo de mejora de ciberseguridad IoT
-
- Regulaciones
- Producto
 - Regulado por el Gobierno
 - Alineado a las normas internacionales
 - Registro del producto
 - Registro del vendedor
 - Comercio internacional
 - Opciones de envío
 - Donaciones
 - Declarado para uso de personas discapacitadas
 - Tráfico postal y correo rápido
 - Categoría de importación del producto
 - Categoría B - 4x4
 - Categoría C - 50Kg \$2000
 - Categoría E - Medicinas
 - Impuestos
 - AD-VALOREM
 - FODINFA
 - ICE
 - IVA
 - Impuestos de salvaguardia
 - Impuesto a la salida de capitales
 - Documentación justificativa
 - Cuota máxima
 - Sector público
 - Hardware libre / propietario
 - Hardware nacional / extranjero
 - Software libre / propietario
 - Software nacional / extranjero
 - Otros criterios
 - Partida presupuestaria
 - Restricciones por características técnicas del dispositivo
-

- Adquisición o Manufactura (Lee et al., 2009)
- Capacidades
 - Posición tecnológica
 - Recursos de I+D
 - Mano de obra de I+D
 - Experiencia en I+D
 - Activo complementario
 - Estrategia
 - Urgencia de la adquisición
 - Tecnología
 - Costos de desarrollo
 - Relación tecnológica
 - Facilidad de imitación
 - Entorno
 - Disponibilidad de fuentes externas
 - Calidad de tecnología externa

Anexo 3. Plantilla de Encuestas de Criterios Dirigidas a los Expertos

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Technical characteristics of IoT devices						
Power Consumption						
Lifecycle						
Wearable device						
Time Distribution Protocol						
Embedded and adaptive devices						
Collaboration model and natural human interface						
Mobility						
Monitoring						
Intelligence						
Limited resources						
Enormous scale						
Dynamic nature						
Heterogeneity						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
IoT device quality						
Trust						



Accuracy						
QoS						
Interaction						
Availability						
Reliability						
Best Current Practices						
Functionality						
Efficiency						
Portability						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Security criteria related to IoT technology						
Web interface security						
Cloud interface security						
Mobile interface security						
Network services security						
Physical security						
Configurable security						
Authentication						
Authorization						
Transport encryption						
Firmware updates						
Data validation						
Patchability						
Vulnerability submission and handling process						
Secure Toolchains						
Event logging						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Sensors						
Operating environment						
Reliability						
Temperature range						
Range of measurand						
Physical dimensions						
Accuracy						
Resolution						
Drift						
Noise						
Specific to sensor						
Response time						
Data Filtering						



Minimum power consumption						
Hysteresis						
Wide bandwidth						
Minimum interruption						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Functional Suitability						
Functional completeness						
Functional correctness						
Functional appropriateness						
Performance efficiency						
Time behavior						
Resource utilization						
Capacity						
Compatibility						
Co-existence						
Interoperability						
Usability						
Appropriateness recognizability						
Learnability						
Operability						
User error protection						
User interface aesthetics						
Accessibility						
Reliability						
Maturity						
Availability						
Fault tolerance						
Recoverability						
Security						
Confidentiality						
Integrity						
Non-repudiation						
Accountability						
Authenticity						
Maintainability						
Modularity						
Reusability						
Analyzability						
Modifiability						
Testability						
Portability						
Adaptability						



Installability						
Replaceability						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Telecommunications						
Industry accepted communication protocols						
Device Network Onboarding						
Delay						
Jitter						
Loss rate						
Range						
Bandwidth						
Throughput						
Interconnectivity						
Availability						
Reliability						
Mobility speed						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Telecommunications						
Training						
Technical support						
Improvement quality of patient care						
Improvement decision-making of resource allocation						
Doctor-patient relationship						
Better outcomes to patients than existing solutions						
Integration to the new equipment into the current care mode						
Cost effective						
Interaction of the device with existing technologies within the health center						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Telecommunications						
Privacy						
Informed consent						
Autonomy						
Obtrusiveness						
Equity of access						



Reduction in human contact						
Usability						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Market						
Reprovisioning						
Cost						
Similarity						
Friendship						
Social contact						
Community of Interest						
Quality of recommend						
Reputation						
Social Network						
Market Access						
First to Market						
Diversity						

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Contract Negotiation						
Device Intent Documentation						
EoL/EoS Updates and Disclosure						
Establish & Maintain an Information Security Program						
Cybersecurity Incident Response						
Jurisdictional Compliance						
Downstream Obligations						
Audit Rights						
IoT Cybersecurity Improvement Act						

Criteria	Are there regulations?		Importance level					Special considerations
	YES	NO	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Medical Device Considerations								
Regulated by the Government								
Aligned to international standards								
Product Registration								
Seller Registration								



Criteria	Does it apply for IoT devices?		Does it apply taxes?					
	YES	NO	AD-VALOREM	FODINFA	ICE	VAT	Safeguard taxes	Capital outflow tax
Shipping Options								
Donations								
Declared for use by disabled persons								
Postal traffic and fast mail								
Product import category								
Category B: Max. weight: 4Kg; max. FOB value: \$400.00								
Category E: Medicines without commercial purposes								
Category F: Computer equipment and its parts								

Criteria	Does it require documentation?		Maximum quota		It is advisable?				
	Basic documentation	Especial documentation	YES	NO	Nothing	Slightly	Fairly	Completely	It is indistinct
Shipping Options									
Donations									
Declared for use by disabled persons									
Postal traffic and fast mail									
Product import category									
Category B: Max. weight: 4Kg; max. FOB value: \$400.00									
Category E: Medicines without commercial purposes									
Category F: Computer equipment and its parts									

Criteria	Can it be purchased?		Special considerations
	YES	NO	
Public Sector Purchase			
Free and National Hardware			
Free and Foreign Hardware			
Proprietary and National Hardware			
Proprietary and Foreign Hardware			
Open Source and National Software			



Open Source and Foreign Software			
Proprietary and National Software			
Proprietary and Foreign Software			

Criteria	Importance level					Special considerations
	Not at all	Slightly	Moderately	Fairly	Very	
Acquisition or Manufacturing						
Technological position						
R&D resources						
R&D manpower						
R&D experience						
Complementary asset						
Acquisition urgency						
Development cost						
Technological relatedness						
Easiness to imitate						
Availability of external source						
Quality of external technology						

Anexo 4. Encuesta de Percepción de la Metodología Aplicada al Experto

<p>1. La forma de ejecutar la metodología me ha parecido compleja y difícil de seguir *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente de Acuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente en Desacuerdo</p>	<p>9. Pienso que la metodología NO es lo suficientemente expresiva para definir cómo se ejecuta *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente de Acuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente en Desacuerdo</p>
<p>2. De manera general, la metodología es difícil de entender *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente de Acuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente en Desacuerdo</p>	<p>10. El uso de esta metodología mejoraría mi rendimiento en la selección y adquisición de tecnología IoT para soluciones AAL orientadas al adulto mayor *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>
<p>3. Los pasos a seguir para ejecutar la metodología son claros y fáciles de entender *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>	<p>11. De manera general, pienso que esta metodología NO puede cubrir adecuadamente las consideraciones a tomar en cuenta para la selección y adquisición de tecnología IoT para soluciones AAL orientadas al adulto mayor *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente de Acuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente en Desacuerdo</p>
<p>4. La metodología es difícil de aprender *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente de Acuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente en Desacuerdo</p>	<p>12. Si tuviera que utilizar una metodología enfocada para la selección y adquisición de tecnología IoT para soluciones AAL orientadas al adulto mayor en el futuro, creo que tendría en cuenta esta metodología *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>
<p>5. Pienso que sería fácil obtener la habilidad de usar la metodología *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>	<p>13. En caso de tener la necesidad de crear soluciones IoT de AAL orientadas al adulto mayor, tendría la intención de utilizar esta metodología en el futuro *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>
<p>6. Creo que la metodología reduciría el tiempo y el esfuerzo requerido para la selección y adquisición de dispositivos IoT enfocados en soluciones AAL orientadas al adulto mayor *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>	<p>14. No recomendaría el uso de esta metodología *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente de Acuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente en Desacuerdo</p>
<p>7. De manera general, considero que la metodología es útil *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>	<p>¿Tiene alguna sugerencia de cómo hacer que esta metodología sea más fácil de usar?</p> <p>Tu respuesta</p>
<p>8. Considero que la metodología es útil para seleccionar y adquirir dispositivos IoT enfocados en soluciones AAL orientadas al adulto mayor *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Completamente en Desacuerdo <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Completamente de Acuerdo</p>	<p>¿Cuáles son las razones por las que tiene o no la intención de usar esta metodología en un futuro?</p> <p>Tu respuesta</p>