



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**TEMA: PARLANTE INTELIGENTE BASADO EN SISTEMAS
EMPOTRADOS PARA EL CONTROL DE DISPOSITIVOS
ELECTRÓNICOS MEDIANTE VOZ PARA PERSONAS CON
INCAPACIDAD DE MOVIMIENTO.**

**AUTORAS: AGUINAGA NAVARRETE, MARÍA CRISTINA
GÓMEZ CHACÓN, ADRIANA SOFÍA**

DIRECTOR: ING. MARCILLO PARRA, DIEGO MIGUEL PhD.

SANGOLQUÍ

2019

CERTIFICADO**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN****CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
E INFORMÁTICA****CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, "*PARLANTE INTELIGENTE BASADO EN SISTEMAS EMPOTRADOS PARA EL CONTROL DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS MEDIANTE VOZ PARA PERSONAS CON INCAPACIDAD DE MOVIMIENTO*" realizada por las señoritas *Aguinaga Navarrete, María Cristina y Gómez Chacón, Adriana Sofía*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de julio del 2019

Diego Miguel Marcillo Parra

C. C. 171080292-5

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, *Aguinaga Navarrete, María Cristina* y *Gómez Chacón, Adriana Sofía* declaramos que el presente trabajo de titulación: *Parlante inteligente basado en sistemas empotrados para el control de dispositivos electrónicos mediante voz para personas con incapacidad de movimiento* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 24 de julio del 2018

Aguinaga Navarrete, María Cristina

C.C.: 171918459-8

Gómez Chacón, Adriana Sofía

C.C.: 175127654-2

AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA

AUTORIZACIÓN

Nosotras, *Aguinaga Navarrete, María Cristina* y *Gómez Chacón, Adriana Sofía*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *Parlante inteligente basado en sistemas empotrados para el control de dispositivos electrónicos mediante voz para personas con incapacidad de movimiento* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 24 de julio 2019

Aguinaga Navarrete, María Cristina

C.C.: 171918459-8

Gómez Chacón, Adriana Sofía

C.C.: 175127654-2

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación a la mayor bendición en mi vida que es mi familia, especialmente a mis padres que me han apoyado incondicionalmente, indicándome siempre el camino correcto y sentando en mí el valor de la responsabilidad y deseos de superación; a mis hermanas Diani, Majo y Belén por ser mi apoyo diario ante cualquier situación, a mis abuelitos Josefina y Toto por ser siempre mi inspiración para terminar cada periodo de estudio con éxito para correr a visitarlos. También quiero dedicar este trabajo a mi cómplice Michael por sus palabras, confianza y apoyo durante todo este proceso universitario, por último, a todas las personas que de una u otra manera han contribuido en la construcción de mi vida profesional.

Cristina

Mi madre, es el pilar fundamental en mi vida, gracias al esfuerzo y dedicación que ella me ha demostrado cada día y me ha inculcado, es que puedo alcanzar una meta más, el esfuerzo inmerso durante toda mi carrera universitaria y en este trabajo, se lo dedico a ella, por estar en cada uno de mis pasos, darme fuerza y aliento para ser una mujer profesional. También, se lo dedico a mi padre por su apoyo incondicional y su preocupación por mi bienestar, por indicarme el camino correcto, a mi hermana y a toda mi familia, por demostrarme que, con esfuerzo, dedicación y amor, todo en la vida es posible y a mi compañero de aventuras Santiago, por ser un apoyo incondicional en este proceso y ayudarme a no dejar de intentar hasta conseguirlo, Este trabajo es por mi familia, por todas las personas importantes para mí y por mi futuro, este es un peldaño más en mi vida profesional, que servirá como base para crecer en conocimiento y curiosidad cada día.

Sofía

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios ya que, gracias a él he podido culminar mi formación universitaria y por todas sus bendiciones, agradezco de todo corazón a mis padres y hermanas por ser mi apoyo incondicional, por su tiempo, confianza y sobre todo por su amor. Agradezco al ingeniero Ramiro por encontrar en él apoyo y consejo siempre que lo he necesitado. A mi tutor Ing. Diego por brindarme su ayuda, tiempo, apoyo y ser la guía en esta etapa final de un largo camino, a mi enamorado Michael por su cariño y apoyo. A Sofy ya que más allá de ser mi compañera de tesis, siempre ha sido una buena amiga. Finalmente agradezco a todos quienes fueron mis compañeros y amigos que han sido parte de mi vida universitaria.

Cristina

Agradezco con todo mi corazón a Dios, por permitirme culminar mi carrera universitaria, también agradezco a nuestro Director de Tesis, por su apoyo incondicional brindado desde las aulas de clase hasta la culminación de este trabajo, gracias por ser un excelente docente. A todos mis docentes que me han permitido tener un conocimiento sólido y a todos mis compañeros y amigos, agradezco especialmente a mi grupo de amigas Leti, Sele, Pao, Jessy y Cris, por mostrarme lo bonito de la vida, las llevaré siempre en mi corazón. Finalmente, agradezco a mi amiga y compañera de tesis Cris, por su apoyo, colaboración y su amistad, juntas lo hemos conseguido. Muchas gracias por su ayuda y apoyo durante todo el proceso.

Sofía

ÍNDICE

| | |
|-------------------------------------|-----|
| CERTIFICADO | i |
| AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD..... | ii |
| AUTORIZACIÓN..... | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| ÍNDICE | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. Antecedentes | 1 |
| 1.2. Contexto del problema | 3 |
| 1.3. Pregunta de investigación..... | 6 |
| 1.4. Objetivos | 6 |
| 1.4.1. General | 6 |
| 1.4.2. Específicos | 6 |
| 1.5. Justificación..... | 7 |
| 1.6. Hipótesis del trabajo..... | 7 |
| CAPÍTULO II | 8 |
| ESTADO DE LA CUESTIÓN..... | 8 |
| 2.1. Introducción | 8 |

| | |
|---|----|
| 2.2. Personas con discapacidad frente a las TIC | 9 |
| 2.2.1 Oportunidad de integración o factor de exclusión | 10 |
| 2.2.2 Datos estadísticos de las personas con discapacidad en Ecuador | 10 |
| 2.2.3 Marco legal de la discapacidad en Ecuador | 13 |
| 2.3. Soluciones basadas en IOT para personas con discapacidad | 14 |
| 2.3.1 IoT en la discapacidad visual | 14 |
| 2.3.2 IoT en la Rehabilitación Física..... | 15 |
| 2.3.3 IoT para construir un entorno Smart | 15 |
| 2.4. Tecnologías de sistemas empotrados | 16 |
| 2.4.1 Componentes de un sistema empotrado o embebido | 17 |
| 2.4.2 Arquitectura básica de un sistema empotrado..... | 19 |
| 2.4.3 Tipos de sistemas empotrados..... | 21 |
| 2.4.4 Aplicaciones de un sistema empotrado | 24 |
| 2.4.5 Ventajas de un sistema empotrado sobre soluciones tradicionales | 28 |
| 2.5. Tecnologías de asistentes virtuales | 30 |
| 2.5.1 Historia | 30 |
| 2.5.2 Método de interacción de un asistente virtual | 31 |
| 2.5.3 Dispositivos y objetos con asistentes virtuales | 33 |
| 2.5.4 Kit de desarrollo de software de asistentes virtuales (SDK)..... | 35 |
| 2.6. Metodología | 38 |
| 2.6.1 Metodología de investigación | 38 |
| 2.6.2 Metodología de desarrollo..... | 40 |
| 2.6.3 Metodología de encuestas | 43 |
| 2.7. Estado del arte | 46 |
| CAPÍTULO III..... | 54 |
| DISEÑO E IMPLANTACIÓN | 54 |
| 3.1 Análisis de herramientas hardware y software..... | 54 |

| | | |
|---|--|----|
| 3.1.1 | Hardware | 54 |
| 3.1.2 | Software | 57 |
| 3.1.3 | Arquitectura hardware utilizada | 60 |
| 3.2.2 | Diseño de la arquitectura hardware | 63 |
| 3.2 | Implantación | 64 |
| 3.2.2 | Instalación de los asistentes de voz | 65 |
| 2.5.1. | Interacción con la aplicación | 66 |
| CAPÍTULO IV | | 69 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | | 69 |
| 4.1 | Escenario de Experimentación | 69 |
| 4.2 | Validación | 69 |
| 4.2.1. | Dominios de evaluación | 70 |
| 4.3 | Discusión de resultados | 71 |
| 4.3.1. | Resultados por dominio | 72 |
| CAPÍTULO V | | 80 |
| CONCLUSIONES Y LINEAS DE TRABAJOS FUTUROS | | 80 |
| 5.1 | Conclusiones | 80 |
| 5.2 | Líneas de Trabajos Futuros | 81 |
| REFERENCIAS | | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Escala MOS para evaluar la calidad de experiencia</i> | 44 |
| Tabla 2 <i>Grupo de control</i> | 47 |
| Tabla 3 <i>Estudios realizados</i> | 49 |
| Tabla 4 <i>Características Raspberry Pi y Arduino</i> | 54 |
| Tabla 5 <i>Variables, dimensiones e indicadores</i> | 71 |
| Tabla 6 <i>Detalle del costo GaspiVoice</i> | 71 |
| Tabla 7 <i>Resultados obtenidos coeficiente de Cronbach</i> | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Estadísticas de Discapacidad</i> | 4 |
| Figura 2 <i>Gráfica referente a los Tipos de Discapacidad en el Ecuador</i> | 11 |
| Figura 3 <i>Gráfica referente al Grado de Discapacidad en el Ecuador</i> | 11 |
| Figura 4 <i>Gráfica por Género de personas con Discapacidad en el Ecuador</i> | 12 |
| Figura 5 <i>Gráfica referente a la discapacidad por rango de edades en el Ecuador</i> | 12 |
| Figura 6 <i>Componentes de un Sistema embebido</i> | 18 |
| Figura 7 <i>Descripción de un sistema embebido a nivel físico</i> | 19 |
| Figura 8 <i>Elementos que conforman una arquitectura básica de un sistema embebido</i> | 21 |
| Figura 9 <i>Flujo para reconocimiento de voz</i> | 31 |
| Figura 10 <i>Componentes del SDK de AVS</i> | 37 |
| Figura 11 <i>Proceso de la metodología investigación-acción</i> | 39 |
| Figura 12 <i>Fases metodología XP</i> | 42 |
| Figura 13 <i>Comparativa de los modelos de la placa Raspberry Pi</i> | 56 |
| Figura 14 <i>Resultados de la prueba realizada por la firma Loup Ventures</i> | 58 |
| Figura 15 <i>Raspberry pi 3 modelo B</i> | 60 |
| Figura 16 <i>Respeaker 2-Mics Hat</i> | 61 |
| Figura 17 <i>Pantalla táctil Raspberry Pi</i> | 62 |
| Figura 18 <i>Diagrama de la arquitectura hardware de GaspiVoice</i> | 63 |
| Figura 19 <i>Diseño real GaspiVoice</i> | 64 |
| Figura 20 <i>Esquema de interacción del usuario con el prototipo</i> | 67 |

| | |
|--|----|
| Figura 21 <i>Interpretación de los valores del coeficiente de Cronbach</i> | 72 |
| Figura 22 <i>Gráfica general del dominio Usabilidad</i> | 73 |
| Figura 23 <i>Estadísticas obtenidas en la pregunta 1</i> | 73 |
| Figura 24 <i>Estadísticas obtenidas en la pregunta 4</i> | 74 |
| Figura 25 <i>Gráfica general del dominio Disponibilidad</i> | 75 |
| Figura 26 <i>Resultados pregunta 2 del dominio Disponibilidad</i> | 75 |
| Figura 27 <i>Resultados Calidad de respuestas de GaspiVoice</i> | 76 |
| Figura 28 <i>Gráfica general resultados obtenidos dominio Portabilidad</i> | 77 |
| Figura 29 <i>Estadísticas obtenidas en la pregunta 11</i> | 77 |
| Figura 30 <i>Gráfica general resultados obtenidos dominio Accesibilidad</i> | 78 |
| Figura 31 <i>Gráfica de resultados pregunta 14</i> | 79 |

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo contiene los antecedentes del tema que se propone en esta investigación, además muestra el contexto del problema y se formula la pregunta de investigación la cual da paso al planteamiento de la hipótesis, pasamos a la definición de los objetivos y la justificación del tema de investigación.

1.1. Antecedentes

A través del tiempo se ha buscado que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) contribuyan a mejorar la calidad de vida y el bienestar de las personas. La incorporación de las TIC en el área de la salud favorece el desarrollo de aplicaciones que sean útiles, no solo en la gestión eficaz del manejo de herramientas, sino también en la búsqueda de beneficios para las personas, gracias al desarrollo tecnológico estos beneficios pueden darse a través del Internet de las Cosas (IoT).

IoT es una tendencia que busca la interconexión de objetos cotidianos con el internet con el fin de permitir al usuario un control y manejo de estos objetos de forma remota. En el año 2016, hubo 6,4 billones de dispositivos conectados y se estima que esa cifra aumentará en un 31% en el año 2017, llegando a 8,4 billones de dispositivos conectados (Egham, 2017).

En proyectos de investigación realizados en otros países, como el de (Coelho, 2015) se elaboró una propuesta de una arquitectura de casa inteligente con el uso de IoT para el cuidado de personas con necesidades especiales; esta arquitectura hace uso de un sistema de control desarrollado por iTechTool el cual está diseñado para administrar sensores y actuadores en un

hogar con el fin de rastrear y analizar el comportamiento de los residentes y proporcionar informes y alertas al personal de atención. Sin embargo, las problemáticas para la adopción de esta arquitectura son las preocupaciones que pueden surgir al adquirir costoso hardware para la inversión en IoT (DELL, 2016).

Tras estas problemáticas se han implementado soluciones de bajo costo para el uso de la tecnología IoT como por ejemplo la venta de sensores cada vez más económicos, el hardware libre, la liberación de SDK (Kit de Desarrollo de Software) que permite la interacción de objetos con el internet. Gracias a las soluciones mencionadas, la arquitectura IoT que se implantará en esta investigación requiere de comandos de voz que sean emitidos por las personas que presentan incapacidad de movimiento y que el prototipo de parlante inteligente que lo hemos llamado GaspiVoice entienda la petición que se le ha hecho con respecto al manejo de dispositivos electrónicos y ejecute una acción sobre estos.

(Tulli, 2018) reconoce la necesidad actual de usar dispositivos de entrada de comandos de voz, ya que las nuevas tecnologías como IoT, han incrementado los requisitos computacionales de un dispositivo computarizado, buscando interactuar entre estos de manera confiable mientras están conectados a internet.

Ante la necesidad de usar comandos de voz para la interacción con dispositivos de entrada, existen diferentes asistentes virtuales como SIRI implementado por Apple, ALEXA proporcionado por Amazon, Google Assistant perteneciente a Google, los cuales utilizan estos comandos y emplean centros de procesamiento basados en la nube para lograr sus capacidades de reconocimiento de voz. En tales sistemas, el dispositivo de entrada de comando de voz (un Amazon

ECHO para ALEXA y un iPhone para SIRI) captura y monitorea continuamente un flujo de audio captado a través de uno o más micrófonos del dispositivo.

Frente a este escenario, GaspiVoice es un prototipo de bajo costo de parlante inteligente y un dispositivo de entrada de comandos de voz, que permite una integración entre los asistentes de voz de Google (Google Assistant) y Amazon (ALEXA), que busca eliminar la dependencia del usuario a una sola plataforma y lograr un mayor grado de interacción con distintos dispositivos electrónicos; así, las personas que presentan incapacidad de movimiento pueden interactuar con estos y lograr un mayor grado de independencia en su estilo de vida, consiguiendo así que la tecnología sea accesible y las beneficie.

1.2. Contexto del problema

Los seres humanos nacen con una capacidad de supervivencia innata que les permite desarrollarse en cualquier medio, por lo cual, las personas que cuentan con alguna discapacidad buscan sacar un mayor provecho a todas sus capacidades, permitiéndoles manejar su discapacidad y así, lograr un alto grado de independencia (Posada, 2004).

Actualmente, en Ecuador, según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades - CONADIS, hasta el mes de junio de 2019 se encuentran registradas alrededor de 461687 personas con discapacidad, de las cuales el 46,60% presentan un tipo de discapacidad física como se muestra en la Figura 1 (CONADIS, 2019).

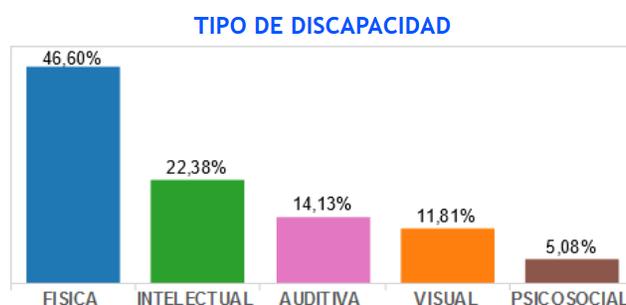


Figura 1. Estadísticas de Discapacidad
Fuente: (CONADIS, 2019)

La discapacidad física, se considera cuando las afecciones recaen sobre el sistema motriz, especialmente en las extremidades, brazos o piernas, y en casos más fuertes, puede ser la movilidad completa del cuerpo (ODF, 2018).

Un ejemplo claro, que sirve como estímulo y esperanza para otros en situaciones similares es el caso de Stephen Hawking, el cual, fue una de las mentes más prodigiosas de todos los tiempos. Fue un divulgador científico que, durante toda su vida, nunca permitió que su discapacidad, debida a una enfermedad neuromotora que causó que quedara casi completamente paralizado, limitara sus capacidades (Overbye, 2018), pero, aun así, logró compartir con el mundo entero todos sus conocimientos y predicciones, con ayuda de la tecnología, se colocó en su silla una pequeña computadora y un sintetizador de voz, permitiéndole comunicarse (Araújo, 2018).

Si bien, Stephen Hawking no hizo uso de la tecnología IoT debido a los avances tecnológicos de aquella época, es solo un ejemplo de cómo la tecnología ha permitido, a personas con alguna discapacidad, comunicarse con otros y que así, puedan lograr un grado de independencia en donde la innovación juega un papel muy importante, en la actualidad existen

nuevas tecnologías que han revolucionado esta área, una de ellas es IoT, la cual está teniendo un impacto positivo en numerosas áreas (Kube, 2017).

Esta tecnología, está abriendo nuevas oportunidades a aquellas personas que enfrentan una discapacidad, por lo que, al implementarla como una solución, se busca mejorar la calidad de vida y lograr un mayor grado de comodidad (Kube, 2017). Si bien, este es uno de los objetivos principales del uso de la tecnología en beneficio de las personas, se debe tener en cuenta las posibilidades económicas de aquellos que sufren una discapacidad.

Uno de los principales factores para que las personas con discapacidad tengan un acceso limitado al uso de las nuevas tecnologías es su situación económica. Según un estudio realizado en el año 2016, en el Ecuador las familias que poseen un miembro con algún tipo de discapacidad tienen gastos más elevados, necesitan un aporte económico adicional de \$362 al mes, esto implica que deban afrontar un sobreesfuerzo económico y en algunos casos, esto no es posible (SETEDIS, 2016).

Por tal motivo, las soluciones tecnológicas existentes en el mercado, que ayudarían a mejorar la calidad de vida de este grupo de personas, son costosas por lo que no son asequibles para muchos de ellos, por lo que el enfoque de este proyecto busca brindar una ayuda tomando en cuenta este aspecto, en donde se desarrollaría un dispositivo extremadamente útil y ellos podrían controlar sus dispositivos electrónicos mediante la interacción con un parlante inteligente, permitiéndoles ejecutar acciones sencillas sobre estos dispositivos.

1.3. Pregunta de investigación

¿Es posible que las personas que presentan incapacidad de movimiento puedan controlar dispositivos electrónicos a través de un parlante inteligente de bajo costo y que integre los asistentes de voz tanto de Google como de Amazon?

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Desarrollar un prototipo de parlante inteligente de bajo costo basado en sistemas empotrados que permitan a personas con incapacidad de movimiento controlar dispositivos electrónicos mediante la voz.

1.4.2. Específicos

- Realizar una revisión sistemática de la literatura para conocer, analizar, e identificar las diferentes aplicaciones de la tecnología IoT con sistemas embebidos orientadas hacia las personas con incapacidad de movimiento.
- Evaluar los asistentes de voz existentes, y determinar el que se adapte a las necesidades de las personas con incapacidad de movimiento.
- Diseñar la arquitectura del prototipo de parlante inteligente de bajo costo basado en sistemas empotrados.
- Implantar y validar el prototipo a través de pruebas de funcionamiento y encuestas aplicadas a un grupo de personas que presenten incapacidad de movimiento.

1.5. Justificación

Como se expuso anteriormente, en el Ecuador existe un gran porcentaje de personas con discapacidades físicas, las cuales representan un 46,60% de todas las personas registradas con discapacidad (CONADIS, 2019), debido a esto conviene desarrollar soluciones tecnológicas que brinden un beneficio a la sociedad.

Actualmente, existen cientos de dispositivos tecnológicos que sirven para mejorar las condiciones de vida de las personas, pero una de las barreras es su costo, lo que ha provocado que cientos de personas con discapacidad de escasos recursos no tengan acceso a las mejoras que la tecnología les puede brindar.

Por esta razón, se pretende desarrollar un prototipo de parlante inteligente, GaspiVoice, enfocado en las personas con incapacidad de movimiento, que les permita realizar actividades cotidianas de forma sencilla con bajo costo y software libre, basado en la tecnología IoT y permitiendo el control mediante comandos de voz. Integrando estos elementos, se pretende conseguir beneficios para este grupo de personas, pero la importancia recae en adaptar estas tecnologías a la vida diaria de las mismas, lo que puede significar un desafío, sin embargo, es una buena alternativa dar a conocer medios innovadores como lo son los asistentes virtuales por medio de los cuales puedan realizar sus actividades de una mejor manera.

1.6. Hipótesis del trabajo

El uso de un prototipo de parlante inteligente manejado mediante comandos de voz permitirá a las personas con incapacidad de movimiento, controlar dispositivos electrónicos de forma remota.

CAPÍTULO II

ESTADO DE LA CUESTIÓN

Este capítulo desarrolla el marco teórico de la investigación, iniciando con el estudio e incidencia de la discapacidad en el Ecuador, continuando con los conceptos básicos como arquitecturas, tecnologías, procesos, los cuales son necesarios para la realización del proyecto, estos conceptos sirven para un mejor entendimiento del lector acerca de la investigación.

2.1. Introducción

Los avances tecnológicos de los últimos años han logrado realizar innovaciones como por ejemplo vehículos autónomos, celulares inteligentes, relojes que ya no solo cumplen la función de mostrar la hora al usuario. Gracias a esto, se ha logrado implementarlos en casas y otros dispositivos convirtiéndolos en objetos inteligentes, que son cada vez más amigables con el usuario.

A través de esto se ha buscado la inclusión de todas las personas en los diferentes países, es decir, los beneficios que aportan estas tecnologías se están enfocando en mejorar la calidad de vida de las personas, en especial de aquellas que presentan alguna incapacidad, entregándoles dispositivos que les permita realizar actividades que, en su rutina diaria no les resulta fácil o dependen de otras personas para hacerlo.

Los dispositivos que se desarrollan para las personas con alguna incapacidad se diseñan y construyen a partir de un análisis de las diferentes limitaciones o restricciones que tienen las mismas, y en base a estas se crea una clasificación. En el Ecuador, los tipos de discapacidad existentes son: física, intelectual, auditiva, visual y psicosocial (CONADIS, 2019). Esta

clasificación es una ayuda para poder definir diferentes tipos de tecnología que se dirijan a cada una de estas áreas, buscando que las personas con discapacidad avancen hacia una integración digital y social en igualdad de condiciones (Andalucía es Digital, 2016).

Considerando así, que las ventajas importantes de este tipo de tecnología para estas personas favorecen en gran parte a la autonomía personal dado que les permite solucionar problemas y trámites cotidianos, también, les permite adaptar su hogar y sus tareas gracias a que se puede automatizar diferentes aspectos (Andalucía es Digital, 2016).

Aprovechando las ventajas de esta tecnología, el presente proyecto se desarrolla con el fin de diseñar y construir un nuevo dispositivo que ayude a las personas con incapacidad de movimiento, este dispositivo entra dentro de la clasificación de sistemas de apoyo propuesta por (Andalucía es Digital, 2016), siendo un Sistema de control de entornos.

Este dispositivo es un parlante inteligente llamado GaspiVoice que permite el control de dispositivos electrónicos mediante la voz, ya que el objetivo es lograr la manipulación de varios dispositivos como lo son focos, sensores, interruptores, entre otros y de esta forma ayudar a controlar el entorno de la persona, haciéndolo más accesible.

2.2. Personas con discapacidad frente a las TIC

Según la (OMS, 2019), Organización Mundial de la Salud, el 15 por ciento de la población mundial está afectado por alguna discapacidad física, psíquica o sensorial que dificulta su desarrollo personal y su integración social, educativa o comunicacional, hablando en cifras en el mundo hay unos mil millones de personas con diferentes tipos de discapacidad (KRANZ, 2017).

2.2.1 Oportunidad de integración o factor de exclusión

Mediante el aprovechamiento de la tecnología se busca disminuir la brecha digital que existe para las personas con discapacidad visual, auditiva, física y cognitiva esto se puede lograr gracias a las TIC ya que promueven la inclusión social y mediante ellas se puede desarrollar software, recursos y herramientas tecnológicas beneficiosas para la sociedad, las personas con discapacidad son parte de esta inclusión ya que pueden mejorar su calidad de vida.

Un reto importante que enfrentan las personas que tienen algún tipo de discapacidad es el acceso a la tecnología, esta accesibilidad consiste en la asistencia por parte de personas con discapacidades transitorias o permanentes para que éstas puedan usar los medios informáticos, electrónicos, multimedia y de comunicación con la finalidad de poder utilizarlos para su desarrollo personal y social accediendo así a la " sociedad de la información " (García Ponce, 2006)

Un entorno accesible es aquel diseñado o mejorado de forma que cualquiera participa en iguales condiciones de este, independientemente de su edad o de sus limitaciones físicas o psíquicas. La creación y uso de plataformas con tecnología IoT consienten el fomento de actividades inclusivas que permitan a las personas con discapacidad disfrutar de ellas en igualdad de condiciones.

2.2.2 Datos estadísticos de las personas con discapacidad en Ecuador

El Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS), es una institución que a nivel nacional se encarga de todo lo relacionado a las discapacidades, dicta políticas, coordina acciones y ejecuta e impulsa investigaciones. Entre todas sus funciones se encuentra la de efectuar un seguimiento y evaluación de las actividades que se relacionan, por lo que cuentan con un registro de todas las personas con discapacidad a nivel nacional. De forma general, actualmente el país cuenta con

461687 personas con discapacidad registrada, estas se pueden clasificar por el tipo de discapacidad, grado de discapacidad, género y grupo etario, que son las clasificaciones que el CONADIS muestra en su sitio web (CONADIS, 2019).

A continuación, se puede visualizar las gráficas respecto a cada una de las clasificaciones, para de esta manera tener una idea preliminar de la situación del país respecto a esta área.

La Figura 2, muestra la información de acuerdo con el tipo de discapacidad, teniendo así que el tipo con mayor porcentaje es la discapacidad física, con un 46,60%, por lo que se puede concluir que la mayoría de las personas registradas tienen alguna limitación física, siendo el área con más prioridad a brindar soluciones de bajo costo para mejorar su calidad de vida.

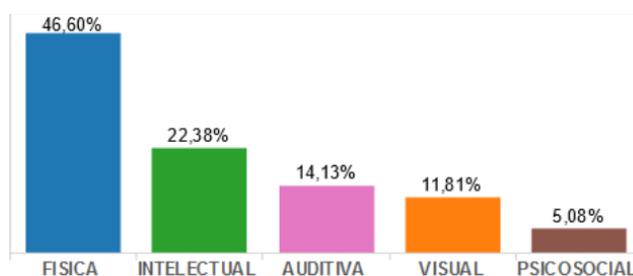


Figura 2. Gráfica referente a los Tipos de Discapacidad en el Ecuador
Fuente: (CONADIS, 2019)

La Figura 3, muestra que, del total de personas con discapacidad registradas, un 45,22% se encuentra dentro del rango de 30% a 49% de discapacidad, lo cual se considera como medio – alto, y en algunos casos pueden ser casos graves de discapacidad.

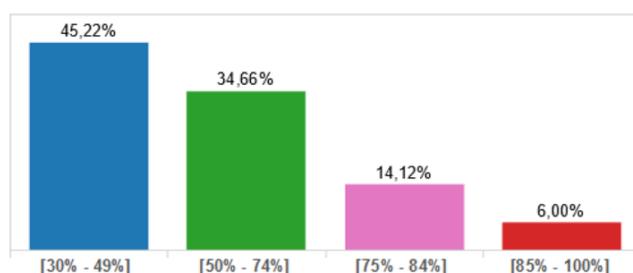


Figura 3. Gráfica referente al Grado de Discapacidad en el Ecuador
Fuente: (CONADIS, 2019)

También, en base a la Figura 4, se puede concluir que la mayoría de las personas con discapacidad a nivel nacional son de género masculino, con un 56,18%.

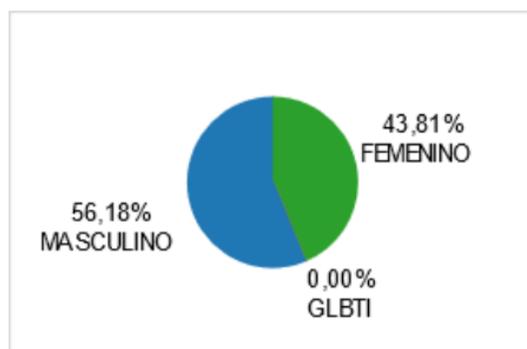


Figura 4. Gráfica por Género de personas con Discapacidad en el Ecuador
Fuente: (CONADIS, 2019)

Finalmente, en la Figura 5 se puede visualizar que, del total de personas con discapacidad registradas en el CONADIS, un 48.40% se encuentran dentro del rango de edad de 30 – 65 años, por lo cual, son personas adultas que pueden hacer uso de la tecnología u acoplar está a sus tareas.

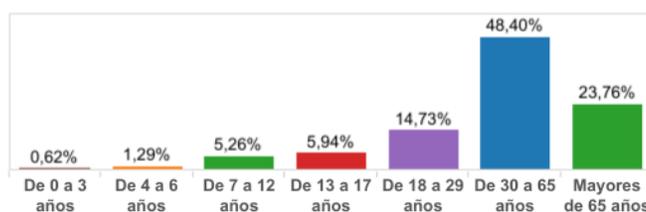


Figura 5. Gráfica referente a la discapacidad por rango de edades en el Ecuador
Fuente: (CONADIS, 2019)

En base a las estadísticas brindadas por la CONADIS, se puede concluir que, en el Ecuador, la mayoría de las personas sufren una discapacidad física, son del género masculino a partir de los 30 años, por lo tanto, si estas personas ingresan a un proceso de capacitación adecuado, podrán hacer uso de los dispositivos que les puedan ayudar, además, por las consideraciones mencionadas anteriormente, estos dispositivos deben ser de bajo costo y que cubran sus necesidades.

2.2.3 Marco legal de la discapacidad en Ecuador

En el Ecuador las personas con discapacidad y sus familias están amparadas por normativas nacionales e internacionales, dentro de la Agenda Nacional para la Igualdad en Discapacidades (CONADIS, 2014), se detallan las siguientes:

- La Constitución de la República (2008)

Dentro de este documento en su mayoría se detalla los derechos que las personas con discapacidad deben tener, en donde se hace hincapié a recibir una educación de calidad, en donde entra en juego las TIC y la ayuda de la tecnología.

- Ley Orgánica de Discapacidades (2012)

En esta se detalla conceptos referentes a discapacidad, los procesos de calificación que permite determinar si una persona con discapacidad, las medidas necesarias para hacer efectivos los derechos y aspectos económicos.

- Convención Sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (ONU-2006)

Este es un instrumento internacional de derechos humanos que busca proteger la dignidad de las personas con discapacidad, esto a través del cumplimiento de los derechos que a estos les compete.

- Convención Interamericana para la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra las Personas con Discapacidad (OEA-1999)

Las normas mencionadas establecen un marco normativo amplio y suficiente para la garantía y ejercicio de sus de derechos.

En el Ecuador, se ha tratado los derechos de las personas con discapacidad en el momento en el que se ha considerado la construcción de los instrumentos de planificación nacional, como por ejemplo el Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 “Toda una Vida”, el cual reemplaza al Plan Nacional del Buen Vivir, en este documento se tratan aspectos generales, también se han generado instrumentos de planificación específicos que buscan brindar lineamientos para el trabajo con grupos diversos o talleres participativos (CONADIS, 2014).

2.3. Soluciones basadas en IOT para personas con discapacidad

A través de la tecnología se puede incrementar, optimizar o suplir ciertas capacidades funcionales de las personas con discapacidad, que se encuentran limitadas o ausentes. (Harari, Fava, Díaz, Altoaguirre, & Torales, 2018) . Se han realizado proyectos en los cuales se propone soluciones para diferentes tipos de discapacidades mediante el uso de las TIC, se mencionan algunos ejemplos a continuación:

2.3.1 IoT en la discapacidad visual

Para las personas con discapacidad visual, los mandos de tipo táctil de muchos electrodomésticos no son accesibles. Sin embargo, “mediante un interfaz abierto se pueden desarrollar aplicaciones que aprovechen las posibilidades de accesibilidad de los teléfonos móviles para el ajuste de colores y lectores de pantalla” (IMSERSO, 2016).

Seeing AI es una aplicación gratuita desarrollada por Microsoft para el sistema operativo IOS, esta aplicación utiliza la tecnología IoT combinada con inteligencia artificial. Para su funcionamiento, Seeing AI hace uso de la cámara del dispositivo móvil para informar a la gente

sobre los objetos que se encuentran a su alrededor es decir lee textos, reconoce rostros, colores, dinero e imágenes en tiempo real.

2.3.2 IoT en la Rehabilitación Física

MySignals es una plataforma IoT para desarrollar productos de eHealth, a través de esta plataforma y con diferentes dispositivos médicos se pueden medir 20 parámetros corporales diferentes como ritmo cardíaco, glucosa, flujo de aire, pulso, entre otros. La plataforma MySignals mejora el futuro de los servicios de salud para hacer frente a uno de los principales retos del siglo: el acceso universal al sistema de atención médica para más de 2.000 millones de personas en todo el mundo (ComputerWorld, 2016).

2.3.3 IoT para construir un entorno Smart

Un hogar inteligente aplica el concepto de domótica que consiste en el uso de la tecnología para la automatización de procesos, un Smart home utiliza dispositivos conectados a internet para permitir el monitoreo y la gestión remota de aparatos y sistemas, como la iluminación y la calefacción. Esta tecnología está operando a la par con IoT a través de los sistemas y dispositivos domésticos. Empresas como Amazon, Apple y Google han lanzado sus propios productos para el hogar inteligente y plataformas domóticas, como Amazon Echo, Apple HomeKit y Google Home.

Para las personas con discapacidad gracias a la domotización de edificios y viviendas se les facilita que puedan llegar a controlar los accesos a edificios, rampas o apertura de puertas simplemente desde su teléfono o mediante un mando (Bitnova, 2019).

2.4. Tecnologías de sistemas empotrados

Con el auge de la tecnología, se pueden ver carros, elevadores y otros dispositivos electrónicos controlados por computadoras que no poseen pantalla, teclado o lo que se acostumbra a ver en un equipo de cómputo, por lo que, este control se logra por un Sistema Empotrado o Embebido (SemanticWebBuilder, 2016).

Existen varias definiciones referentes a estos sistemas, algunas de ellas son:

“Los sistemas embebidos o empotrados son herramientas de computación utilizadas para ejecutar tareas de control. En este sentido, cada sistema embebido se encarga de llevar a cabo una o varias funciones dedicadas. De este modo, esta tecnología tiene la finalidad de cubrir necesidades concretas” (Oasys, 2018).

“Un sistema empotrado es un sistema informático de uso específico que está encapsulado totalmente por el dispositivo que controla. Los sistemas empotrados constituyen un sistema computacional fruto de la combinación de hardware y software” (Vilajosana, 2017).

Un sistema empotrado, es una herramienta de computación que busca realizar el control de forma autónoma (Oasys, 2018), es decir, funcionan de forma ininterrumpida y sin necesidad de mantenimiento, se basa en un microcontrolador, el cual controla una función o funciones específicas de un sistema (Vilajosana, 2017).

(De la Puente, 2000), define algunas características en cuanto a sus elementos como:

1. Los recursos están limitados: procesador, memoria, pantalla, etc.
2. Los dispositivos de entrada y salida son especiales para cada sistema.
3. El computador debe reaccionar a tiempo ante los cambios en el sistema que controla.

Mientras que (UNED, 2014), define las características básicas de un sistema empotrado:

1. Bajo costo.
2. Eficientes en cuanto al consumo de energía.
3. Deben ser confiables.
4. Dedicados a ciertas aplicaciones.
5. Interfaces de usuario dedicadas.

En resumen, un sistema empotrado es la integración del hardware (sistema basado en microprocesador) y software (sistema operativo, lenguaje de programación, etc.) que se diseñó en paralelo, diseñado para llevar a cabo la(s) tarea(s) para el cual ha sido programado. Tiene capacidad multitarea ya que debe comunicarse con sensores/actuadores y otros dispositivos. Estos sistemas no pueden ser modificados por el usuario final.

2.4.1 Componentes de un sistema empotrado o embebido

Los sistemas empotrados o embebidos han ido ocupando espacio en el mercado con el pasar del tiempo, teniendo así que “la cantidad de sistemas empotrados desplegados en el mundo alcanzan los 10000 millones” (INCIBE, 2018) y cada uno tiene sus características de acuerdo a la tarea que va a desempeñar, en la Figura 6 se puede ver los componentes generales que se encuentran en la mayoría de sistemas empotrados.

Como elemento clave se tiene al microprocesador o CPU como se puede ver en la Figura 6, a esto se agrega el software que se ejecutará sobre este, el mismo que se almacena en lo que se conoce como Memoria, la cual puede ser RAM o ROM. Además, todo sistema embebido puede necesitar cierta cantidad de memoria que puede estar dentro del procesador. También, cuenta con

una serie de entradas y salidas, las cuales soportan la conexión de los sensores y actuadores, permitiendo así la comunicación con el mundo exterior (Galiana, 2016).

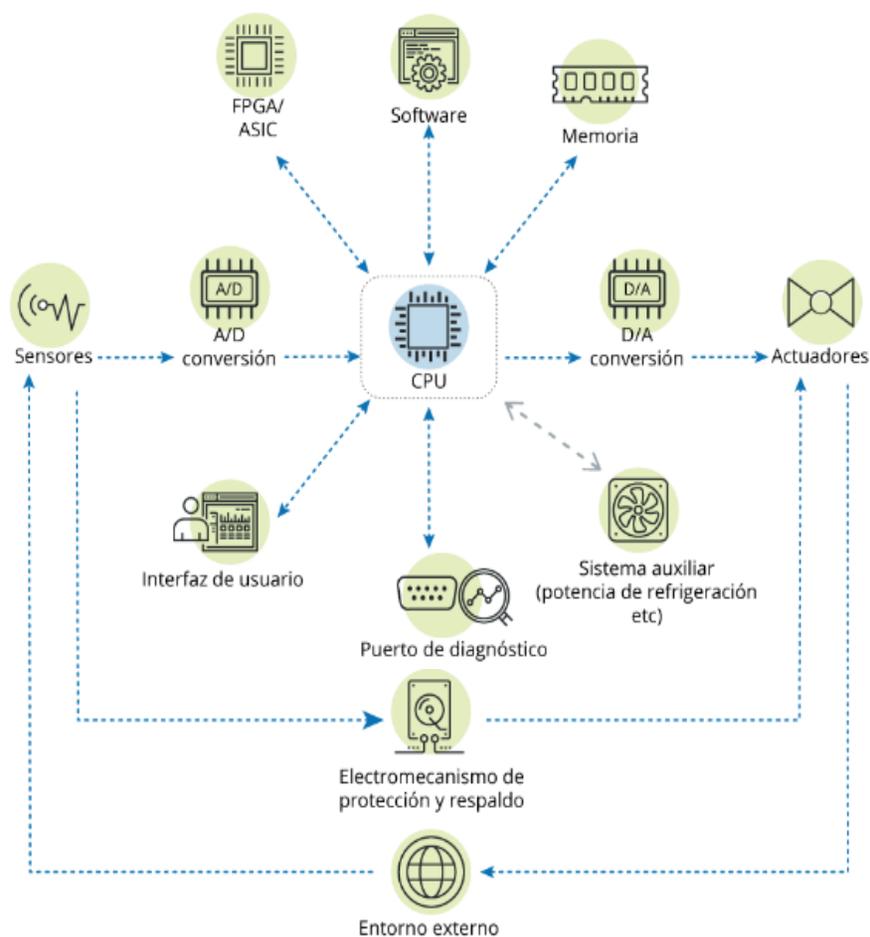


Figura 6. Componentes de un Sistema embebido.

Fuente: (INCIBE, 2018)

Tiene, además, un Puerto de diagnóstico, el cual hace referencia a los periféricos o dispositivos que se requiera en el sistema embebido, cuya conexión es a través de un cable serial. Un Sistema Auxiliar, el cuál es opcional y puede relacionarse con la potencia de refrigeración, etc., una Interfaz de Usuario, refiriéndose al Sistema Operativo que permitirá cargar el software dedicado para el sistema embebido y finalmente el Electro mecanismo de protección y respaldo,

este trabaja conjuntamente con los sensores y actuadores, permitiendo realizar un backup de la información que circula a través de las entradas y salidas del sistema (Galiana, 2016).

Estos elementos son los que se pueden generalizar, el resto de los componentes dependerán del sistema empotrado o embebido, ya que son particulares para cada uno debido a la variedad de aplicaciones disponibles (INCIBE, 2018).

2.4.2 Arquitectura básica de un sistema empotrado

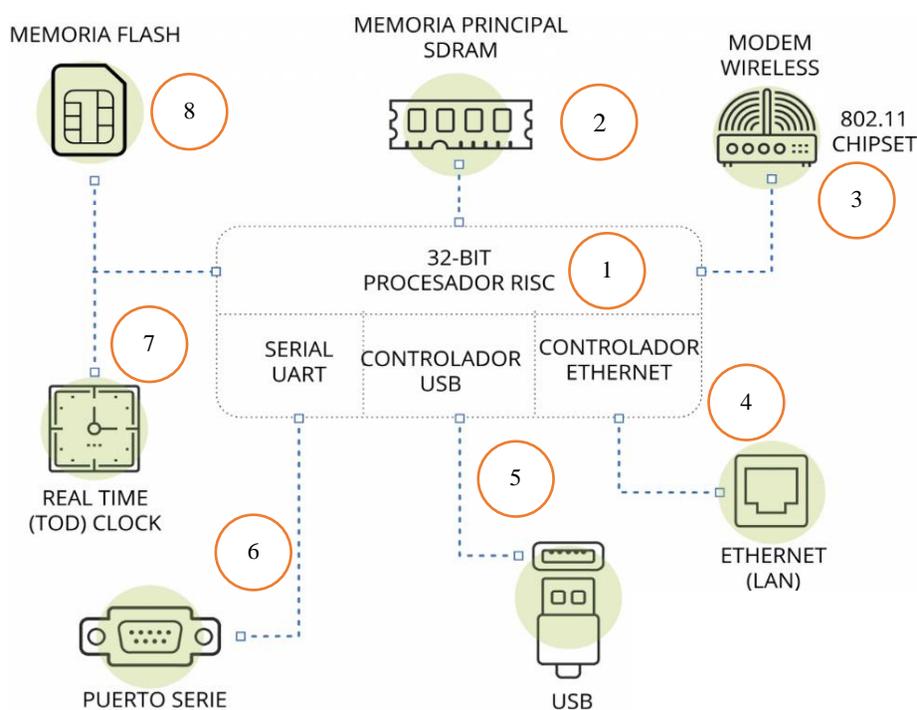


Figura 7. Descripción de un sistema embebido a nivel físico.
Fuente: (INCIBE, 2018)

En base a la descripción de elementos de la Figura 7 y los componentes mencionados por (UNED, 2014), se puede detallar los siguientes componentes de un sistema empotrado.

1. *Procesador*: Como se puede observar, el CPU del sistema puede ser un procesador con arquitectura RISC, RISC – V o ARM de 32 o de 64 – BIT, los cuales son muy utilizados en microprocesadores y microcontroladores (Pastor, 2017).
2. *Memoria RAM o ROM*: Se necesita cierta cantidad de memoria, la cual puede estar dentro del mismo chip del procesador.
3. *Modem Wireless*: contiene un chip, el cual tiene la implementación del estándar IEEE 802.11, pero esto puede variar dependiendo del sistema embebido.
4. *Controlador Ethernet*: actualmente, todos los sistemas cuentan con una interfaz ethernet, permitiéndole tener internet a través de un patch cord.
5. *Controlador USB*: en la Figura 7 se puede observar una interfaz USB, puede variar la cantidad de puertos USB, los cuales sirven para poder conectar diferentes periféricos de entrada y salida.
6. *Puerto serie*: este puerto sirve para poder tener comunicación hacia un periférico, como por ejemplo una pantalla. En modelos actuales, este puerto es reemplazado por un puerto HDMI.
7. *Real Time Clock*: es un circuito integrado que mantiene la hora actual (Gauss Jordan Instituto, 2015).
8. *Memoria Flash*: es utilizada para el almacenamiento de datos y programas de forma persistente (Gauss Jordan Instituto, 2015).

Otros elementos que complementan la arquitectura son mencionados por (Ramos, 2016), los cuales se detallan en la Figura 8.

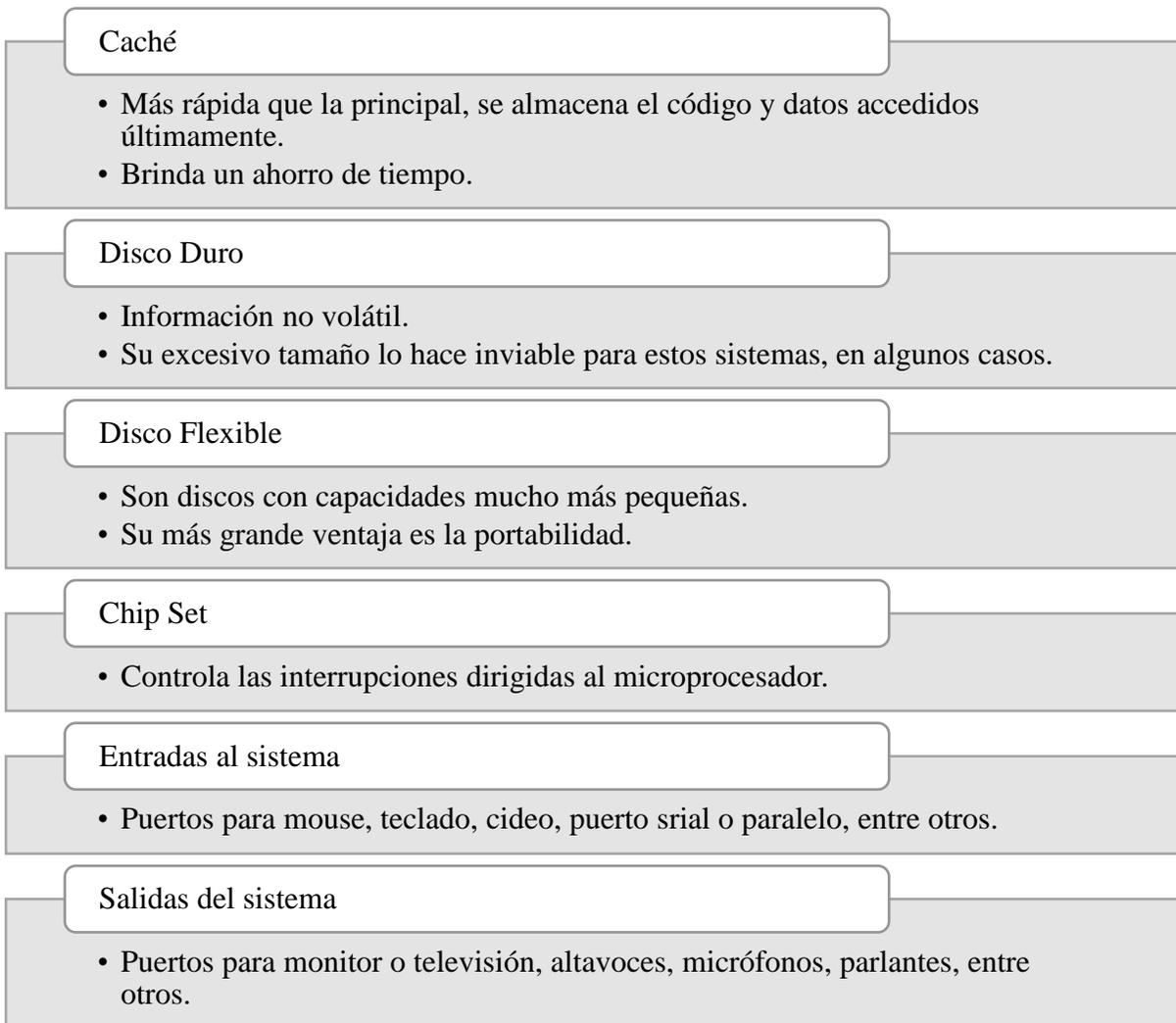


Figura 8. Elementos que conforman una arquitectura básica de un sistema embebido

Fuente: (Ramos, 2016)

2.4.3 Tipos de sistemas empotrados

Los sistemas embebidos o empotrados se los utiliza para cubrir necesidades específicas ya que fueron diseñados para realizar funciones en tiempo real. Una de las principales características de un sistema embebido son el bajo costo y consumo de energía.

Dado que muchos sistemas embebidos son concebidos para ser producidos en miles o millones de unidades, el costo por unidad es un aspecto importante a tener en cuenta en la etapa de diseño (UNED, 2011).

Existen básicamente dos tipos de sistemas embebidos:

- Sistemas que corresponden a sistemas autónomos que funcionan por sí solos, capaces de realizar varias funciones a la vez.
- Sistemas que son parte de sistemas mayores, los cuales cumplen una funcionalidad específica del sistema mayor (Turmero, 2012).

Algunos ejemplos de hardware libre que permite la creación de sistemas empotrados son los siguientes:

- **Arduino:** Es una plataforma de hardware libre, la cual fue desarrollada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios, cuenta con un microcontrolador y un entorno de desarrollo para objetos interactivos autónomos (Instituto Austral de Enseñanza, 2015).
- **Raspberry Pi:** esta pequeña placa es un ordenador de bajo coste, fue desarrollada en el Reino Unido por la fundación Raspberry Pi, fue diseñada con el fin de ser lo más económica posible y llegar al máximo número de usuarios (RaspberryShop, 2019). En la actualidad existen 7 modelos de Raspberry Pi: modelo A, Modelo B, Modelo A+, modelo B+, Pi 2 Modelo B , Pi Zero y Pi 3 Modelo B, todos estos modelos se diferencian por el número de puertos y pines GPIO (General Purpose Input Output) que integran la placa, los pines GPIO se pueden controlar en tiempo

de ejecución por el usuario, gracias a esto se puede controlar dispositivos externos como por ejemplo una bombilla, sensores entre otros.

Estos dos dispositivos son los proyectos de hardware libre más conocidos, pero existen otros proyectos que siguen la misma línea, como:

- **Cubieboard:** este dispositivo es una placa muy potente, tiene un procesador ARM de 1GHz y un almacenamiento de 4GB. El dispositivo viene precargado con una versión de Android, pero se puede instalar distribuciones de Linux como Ubuntu. Su gran potencia y el bajo costo hacen que sea un gran rival para la Raspberry Pi ya que también, permite el diseño de aplicaciones de alto rendimiento (Roman & Gonzalez, 2017).
- **Gizmo:** es una placa de 4 x 4 pulgada, la cual fue desarrollada por GizmoSphere, compañía que AMD ayudó a fundar, poniéndola en el mercado como una placa que permite el desarrollo de “una nueva generación de sistemas embebidos”. En cuanto a su arquitectura, cuenta con un procesador AMD Bobcat a 1GHz, soporta diferentes sistemas operativos como Linux, Android, Windows y SO en tiempo real, todo esto enfocado en promover los proyectos tecnológicos de desarrolladores independientes. Adicionalmente, una de sus grandes características es que consume menos de 10w (ITSitio, 2013).

2.4.4 Aplicaciones de un sistema empotrado

El uso de sistemas empotrados en casi todos los sectores ha permitido que se desarrollen aplicaciones y sistemas de bajo costo, con un consumo bajo de energía, de tamaño reducido que permiten que el control y acceso sea de forma remota (Vilajosana, 2017).

Vilajosana, lista los siguientes sectores en donde se encuentra la aplicabilidad de estos sistemas:

- ***Industria militar y aeroespacial***

Los sistemas empotrados en esta área tienen un propósito específico, siendo sistemas de control, ubicación y monitorización en rescates u operación en desastres naturales, también en sistemas de control de proyectiles y armamento o control de dispositivos voladores no tripulados, entre otros. Los aviones cuentan también con sistemas de control de vuelo, sistemas para evitar colisiones o sistemas de información para los pilotos. En muchos casos, la operación en tiempo real, la robustez y los mecanismos de posicionamiento y comunicación inalámbricos son clave para este tipo de dispositivos.

- ***Automoción***

La mayoría de los países han establecido leyes que obligan a los fabricantes de vehículos a que incluyan ciertos sistemas de seguridad, como son los sistemas de airbags controlados por sistemas de control empotrados al vehículo, sistemas de control del motor, controles del sistema de freno (ABS) o sistemas de estabilidad (ESP), entre otros. Otros componentes de los vehículos son también sistemas empotrados, los GPS, los sistemas de alarma, los controles de climatización, etc.

- ***Medicina***

La portabilidad de estos sistemas es una característica que los hace extremadamente útiles para esta área. Estos sistemas son usados en el ámbito de la medicina e integran todo tipo de equipamiento para la monitorización y el control en tiempo real. Incluso en muchos casos, los sistemas son adheridos a los pacientes para ser observados de una manera permanente, sobre todo en el caso de gente mayor.

- ***Comunicaciones***

La mayoría de los dispositivos que conforman las redes de comunicaciones están constituidos por un microcontrolador, su memoria y una interfaz de comunicación. Así pues, los encaminadores (routers) o los conmutadores (switch), entre otros, no dejan de ser sistemas de propósito específico. En este ámbito, son especialmente importantes las comunicaciones de radiofrecuencia y los diseños de sistemas energéticamente eficientes.

- ***Electrodomésticos y electrónica de consumo***

El desarrollo de la tecnología está cada vez más cerca de su usuario, en su diario vivir, en los teléfonos móviles, cocinas de inducción, aires acondicionados, entre otros dispositivos, se pueden encontrar uno o varios sistemas de propósito específico que rigen el funcionamiento de estos. En la actualidad ya se puede encontrar electrodomésticos que incluyen interfaces o puertos estándar de expansión para extender sus funcionalidades. Además, otro ejemplo conocido son los sistemas de entretenimiento y videojuegos, extendidos cada vez más con dispositivos de hardware que aumentan su interactividad mediante sensores y actuadores.

- ***Infraestructura***

Los sistemas empotrados pueden ser utilizados como sistemas de medición en lugares muy complicados en todo tipo de infraestructura, esto, gracias a sus capacidades de comunicación inalámbrica, bajos consumos energéticos y reducidas dimensiones. A través de este control se puede tener información del estado de edificios, puentes, presas, etc. La evolución de estos sistemas ha dado pie a la aparición de términos como Smart Cities o Smart Infraestructures, que denominan ciudades llenas de sistemas de medición inalámbricos puestos al servicio del control de las grandes infraestructuras o ciudades, incluyendo sistemas de control de tráfico y de polución, sistemas de control acústico o de luminosidad a gran escala, por mencionar algunos.

- ***Seguridad***

Con el paso del tiempo y el auge de la tecnología, estos sistemas se han ido incorporando en los sistemas de seguridad, desde sistemas de captura y procesamiento de imágenes hasta sistemas sensores y actuadores, pasando por sistemas de autenticación de personas, por ejemplo, mediante la huella dactilar o el escáner de retina.

Adicional a estas aplicaciones, (Sánchez Vítóres, 2004), menciona los siguientes campos:

- ***Robótica***

En este campo, los sistemas embebidos ayudan en el control y automatización de muchos tipos de procesos y tareas que resultan de difícil ejecución y que pueden generar errores, de esta forma se obtiene y corrige información en tiempo real.

- ***Domótica***

Se busca que, a través de un sistema empotrado, los diferentes elementos de una casa, un edificio, puedan ser controlados de forma remota, es decir, mediante una placa que cuenta con cierta infraestructura esencial se busca dar inteligencia a los edificios, además, estas capacidades también se pueden trasladar a múltiples campos.

Otras aplicaciones muy importantes de estos sistemas se encuentran en lugares que buscan la automatización de tareas que las personas con ciertas limitaciones pueden aprovechar, por esto, se listan algunos ejemplos de aplicaciones diseñadas en base a sistemas empotrados:

- ***Sistema embebido de un audífono inteligente para personas con discapacidad auditiva***

Este sistema hace uso de un casco sensorial no invasivo, las señales serán enviadas a un sistema empotrado que se encargara del procesamiento digital, este sistema cuenta con un arreglo de micrófonos colocado estratégicamente, mejorando la calidad auditiva y la comprensión (Castillo & Díaz, 2015).

- ***Sistemas de detección de objetos para personas con discapacidad visual***

Es un sistema embebido que cuenta con un sensor ultra sensorial que se activa con la proximidad de los objetos, permitiendo así identificar obstáculos que se encuentran a una altura superior a las rodillas del usuario mejorando así el desplazamiento de las personas con discapacidad visual (Prieto, 2014).

- ***Sistema embebido de “Eye Tracking” para personas con discapacidades motrices superiores***

Este sistema se desarrolla con la finalidad de facilitar el acceso a la lectura de libros electrónicos desde un repositorio establecido en el computador, esto se da gracias a que el seguimiento ocular fue realizado por una cámara y los datos son enviados al sistema empotrado que se encarga pasar los mismos al módulo de comunicación inalámbrico (Pardo Sarango, 2017).

2.4.5 Ventajas de un sistema empotrado sobre soluciones tradicionales

Como se ha mencionado, los sistemas empotrados pueden aplicarse en la mayoría de las áreas, ya que brinda soluciones amplias y gracias a sus características, satisface las necesidades de sus usuarios, pero el sector que más aprovecha los beneficios y ventajas de estos sistemas es *la industria* (Oasys, 2018).

La industria tradicional ha sido totalmente transformada con la implementación de estos sistemas, (Oasys, 2018) menciona algunas de las ventajas que este posee sobre los procesos tradicionales:

- ***Control total***

La utilización de este tipo de sistemas permite realizar una personalización, ya que se puede utilizar el código propio del programador, modificar la interfaz del sistema, su funcionalidad y algunas de las tareas que desempeña, de esta forma se le otorga la adaptabilidad a cualquier entorno.

- ***Conectividad y adaptabilidad***

Los sistemas empotrados presentan un acoplamiento extremadamente sencillo a otros dispositivos, siendo un aspecto importante, ya que permite monitorizar el funcionamiento de las

herramientas industriales automatizadas. Además, de ser necesario, estos periféricos pueden conectarse a un ordenador para extraer datos o modificar parte de su código.

- ***Reducción de costes***

Los bajos costos son una característica fundamental en estos sistemas, ya que estos dispositivos están formados por módulos electrónicos, dejando de lado los PLC o controladores lógicos programables, se abarata su coste. Además, se facilita el mantenimiento, puesto que es muy sencillo sustituir sus componentes, siendo así un sistema robusto y de larga duración.

- ***Diseño modular***

Los dispositivos incrustados son fácilmente trasladables y, además, se desmontan y reorganizan con facilidad. Esto permite integrarlos en cualquier lugar y en cualquier otro sistema electrónico.

- ***Corto tiempo de respuesta***

Otro aspecto clave que tiene como ventaja es que estos sistemas funcionan en tiempo real, es decir, realizan acciones en espacios de tiempo inmediatos, por lo que su tiempo de respuesta es extremadamente corto. En el caso de los productos industriales, debe garantizar, por ejemplo, la inmediatez de respuesta en radares y maquinaria automatizada.

- ***Accesibilidad***

En la actualidad, cualquiera puede trabajar con el sistema empotrado más simple, teniendo así algunas herramientas de este tipo como Arduino o Raspberry Pi permiten crear sistemas de control lumínicos, sensores de apertura automática de puertas o incluso videoconsolas. Todo ello fácilmente y a costes extremadamente bajos.

2.5 Tecnologías de asistentes virtuales

2.5.1 Historia

En 1952 el centro de investigación científica Bell Labs que pertenece a la empresa americana Lucent Technologies crea el primer sistema de reconocimiento automático del habla humana, la desventaja de este asistente es que solo entendía números., a partir de este sistema de reconocimiento se fue mejorando las capacidades de reconocimiento, como ejemplo de esto se crea Shoebox (IBM, 1962) el cual era capaz de reconocer 16 palabras (Universidad Carnegie Mellon, 1978). (García, 2018) .

Otros autores como Rodríguez y Castillo indican que la tecnología de asistentes virtuales se remonta a 1966, año en el cual un dispositivo llamado Eliza podía imitar las respuestas de un psicoterapeuta y simular una conversación humana (Rodríguez & Castillo, 2017). No es sino hasta el año 90' donde varias compañías como IBM, Microsoft , Phillips entre otras quisieron llevar el reconocimiento de voz al ordenador, esta investigación no obtuvo mayor abordaje ya que en el periodo entre los años 1998 y 2001 llegaría la crisis del estallido de la burbuja “puntocom”, en este periodo las empresas relacionadas con el internet llamadas puntocom incrementaron su valor en la bolsa de valores de manera abrupta , esto provocó una burbuja económica que llevo a la quiebra a varias empresas.

Durante el estallido de la burbuja “puntocom” ,en el año 2001 se crea SmarterChild, un bot convencional alojado en la lista de usuarios de American Online Instant Messenger, este bot fue para muchos la primera interacción con inteligencia artificial, este bot comercial de mensajería

instantánea tenía 30 millones de personas en su lista de amigos lo que lo convierte en el agente artificialmente inteligente más popular de la historia (Hoffer, 2016).

Luego de SmarterChild y del estallido de la burbuja “puntocom” fue en 2007 que aparece Siri su creador fue Adam Cheyer, Cheyer vende Siri a Apple y en el 2010 Apple lanza a Siri como el primer asistente virtual digital incorporado al iPhone 4S, Siri nace de un proyecto de investigación financiado por DARPA (Alisys, 2017) , tras este primer asistente virtual , diferentes empresas comenzaron a trabajar en la creación de sus propios asistentes virtuales.

2.5.2 Método de interacción de un asistente virtual

Los métodos de interacción con el asistente virtual son de texto a texto, de texto a voz, de voz a texto y de voz a voz. En la interacción de voz a voz, el uso de la inteligencia artificial es un factor clave ya que mediante una herramienta computacional se procesa la señal de voz emitida por una persona y se reconoce la información.

De acuerdo con el propósito de esta investigación se explicará con mayor detalle el proceso de interacción voz a voz:

- **Reconocimiento de voz**

Para el reconocimiento de voz inicia con la conversión de una señal de voz a una secuencia de palabras, a través de un algoritmo implementado como un programa de ordenador (Tahir & Ashfaque, 2009).



Figura 9. Flujo para reconocimiento de voz

- ***Pre-Procesamiento***

En esta fase se convierte la entrada de voz a una forma que el reconocedor pueda procesar, es decir, convertir la señal análoga en digital.

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) es una subdisciplina de la inteligencia artificial, su objetivo es desarrollar sistemas y mecanismos que permitan la comunicación hombre maquina a través de un lenguaje natural (Benavides & Rodríguez) , es decir este procesamiento permite a los usuarios interactuar con dispositivos y sistemas en sus propias palabras, el procesamiento del lenguaje natural no se encarga de comprender ni de generar lenguaje, sino que se limita solo al procesamiento.

Algunos de los asistentes virtuales actualmente funcionan mediante patrones predefinidos de reconocimiento los cuales permiten el reconocimiento de frases, para que los asistentes virtuales puedan reconocer estas frases utilizan el procesamiento de lenguaje natural (PLN) para combinar el texto del usuario o la entrada de voz con comandos ejecutables.

- ***Reconocimiento***

En esta fase se identifica lo que se dijo es decir se lleva a cabo una traducción de señal a texto, para el reconocimiento de voz existen ciertas dificultades como por ejemplo la variación fonética, los acentos, estilos del habla, o el nivel del tono, para superar estas dificultades e implementar un sistema de reconocimiento de voz se debe crear un corpus el cual contenga muestras de la lengua en la que se quiere realizar el reconocimiento, con esto se podrá hacer un reconocimiento a partir de los datos que se tengan y tener una nueva muestra.

Cabe indicar que no es lo mismo el reconocimiento de voz y el procesamiento del lenguaje natural ya que en el primero se traduce el habla a texto, mientras que el segundo se analiza las palabras obtenidas y se le otorgan un significado dentro de un contexto (Fernández, 2014).

- ***Comunicación***

En esta fase se envía lo que se reconoce en la fase anterior al sistema hardware o software que lo requiera.

2.5.3 Dispositivos y objetos con asistentes virtuales

La integración de asistentes virtuales se evidencia con diferentes dispositivos que encontramos en el mercado, varias empresas intentan incorporar estos asistentes en sus dispositivos o sus sistemas con el fin de automatizar actividades cotidianas. Apple y Google incorporaron ya sus asistentes en millones de teléfonos inteligentes, a continuación, mencionaremos algunos ejemplos de la integración de asistentes virtuales en diferentes dispositivos y objetos:

2.5.3.1 Dispositivos móviles

El asistente virtual que pertenece a Apple llamado Siri esta alojada en dispositivos móviles con sistema operativo iOS, hace uso del procesamiento del lenguaje natural con el objetivo de responder preguntas, hacer recomendaciones y realizar acciones relacionadas con los servicios que se ofrecen en la web. Siri ha ido evolucionando a través del tiempo, en la actualidad no solo esta alojada en iPhone, sino que también es compatible con varios dispositivos iOS como la Apple TV o iPad.

Otro asistente virtual es el de Google llamado Google Assistant el cual está disponible en celulares y tabletas que cuenten con el sistema operativo iOS u Android, tuvo un tiempo de

exclusividad pero actualmente este asistente está disponible en varios idiomas como alemán, chino, coreano, francés, español entre otros, este asistente fue desarrollado con inteligencia oficial por la empresa Google en el 2016 , los usuarios interactúan a través de la voz natural pero también existe la opción de entrada de teclado.

2.5.3.2 Ordenadores

Cortana es un asistente personal de voz que se utiliza en dispositivos móviles con el sistema operativo Windows Phone 8.1, además actualmente está integrada como una nueva funcionalidad en los ordenadores con Windows 10, mediante este asistente se puede realizar búsquedas en el ordenador o en la web, solo se debe introducir la petición en la zona correspondiente, o, si el ordenador posee un micrófono se puede decir lo que se quiere buscar.

Cortana además permite establecer recordatorios de tareas, indicar la ubicación geográfica, obtener información sobre el estado del tráfico entre otros. Cortana notifica al usuario en tiempo real información que puede resultar útil, para hacer uso de toda la funcionalidad de Cortana es necesario acceder y estar conectado a Windows a través de una cuenta de Microsoft.

2.5.3.3 Parlantes inteligentes

Amazon fue el pionero en estrenar un parlante inteligente a finales del 2014, este dispositivo en forma de cilindro llamado Echo únicamente servía solo para controlar el reproductor de música a través de la voz gracias a su asistente virtual llamado Alexa. Tras el lanzamiento de Amazon Echo con Alexa grandes compañías como Google y Apple lanzaron sus propios dispositivos físicos con asistentes virtuales incorporados como son Google Home con Google Assistant y HomePod con Siri.

La implementación de domótica representa una cantidad significativa de dinero, a través de los parlantes inteligentes se puede adaptar el concepto de “Smart Home” de una manera más económica, ya que a través de estos se establece una conexión con diferentes dispositivos domésticos.

2.5.4 Kit de desarrollo de software de asistentes virtuales (SDK)

Este conjunto de herramientas de desarrollo ayuda a la creación y programación de aplicaciones con un fin particular, los SDK que son liberados pueden contar con varios recursos como una interfaz de programación de aplicaciones (API), un entorno de desarrollo integrado (IDE), código de ejemplo, documentación entre otros, estos recursos nos permiten ahorrar tiempo y esfuerzo sin dejar de lado la calidad del producto que deseamos construir.

2.5.4.1 SDK Google Assistant

En el año 2017 Google hace un anuncio que indica la disponibilidad del SDK de su asistente virtual Google Assistant, para que los desarrolladores puedan integrarlo a sus prototipos y proyectos (Zonamovilidad, 2017). El SDK de Google Assistant contiene todo el código necesario para que él se ejecute en un dispositivo; que se puede enviar un comando de voz y recibir una respuesta de audio hablada.

Componentes SDK

Para integrar el asistente al prototipo, el SDK ofrece dos opciones: la Biblioteca y el Servicio.

Biblioteca del Asistente de Google

Esta biblioteca escrita en Python tiene compatibilidad en hardware con arquitecturas linux-armv7l y linux-x86_64 (misma de Raspberry Pi) , esta biblioteca presenta una API de alto nivel

(Google, 2019) , que permite la activación del asistente con las palabras claves " Hey Google" o " Ok Google". Además, da respuesta a las peticiones de voz al momento de interactuar con el asistente.

Servicio de Asistente de Google

Este servicio presenta una API de bajo nivel que manipula directamente los bytes de audio de una solicitud y respuesta. El código de referencia está en Python para la captura, la reproducción de audio y la administración del estado de conversación.(Google, 2019).

2.5.4.2 SDK Alexa

De la misma forma que el asistente de Google, Amazon da la posibilidad de integrar su asistente de voz Alexa con proyectos y productos externos a través del SDK de AVS (Alexa Voice Service), el cual proporciona bibliotecas basadas en C++ que permiten procesar entradas y salidas de audio. El servicio de voz de Alexa provee el reconocimiento automático de voz, la comprensión del lenguaje natural y los motores de texto a voz (Amazon, 2018).

Al incorporar nuestro prototipo con el AVS, este tendrá acceso a las capacidades incorporadas de Alexa, además de esto se puede añadir comandos que no se encuentren dentro de la librería es decir añadir nuevas peticiones de voz y que Alexa entienda y responda a las mismas, esto gracias al kit llamado Alexa Skills.

AVS se compone de interfaces que corresponden a la funcionalidad del cliente, como el reconocimiento de voz, la reproducción de audio, entre otras, cada interfaz contiene mensajes agrupados lógicamente llamados directivas y eventos (Amazon, 2018). Las directivas son mensajes

enviados desde la nube que instruyen al cliente para que tome medidas. Los eventos son mensajes enviados desde el cliente a la nube notificando a Alexa que algo ha sucedido.

Componentes SDK de AVS

El SDK de AVS Device está optimizado para que los fabricantes de dispositivos comerciales puedan aprovechar las API de AVS y crear clientes que gestionen la funcionalidad básica de Alexa. Este SDK basado en C++ es ideal para crear productos con Alexa incorporado como altavoces, dispositivos domésticos inteligentes, entre otros.

Los componentes claves del SDK de AVS se muestran en la Figura 10:

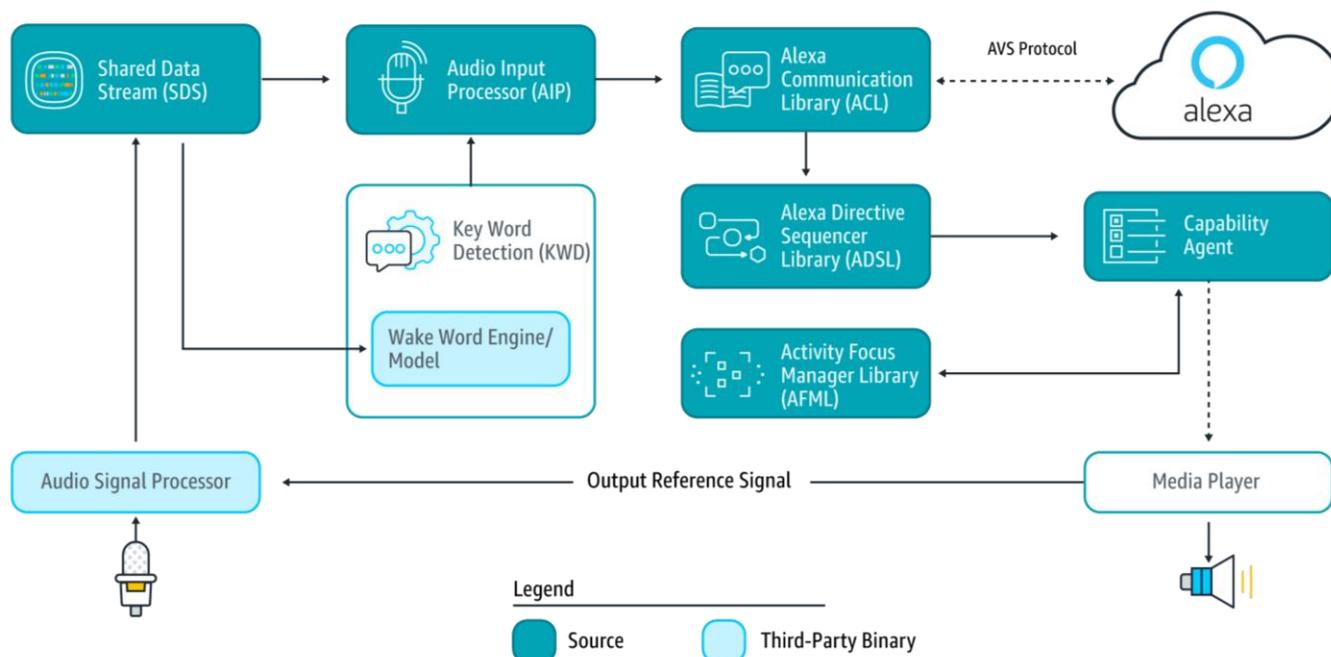


Figura 10. Componentes del SDK de AVS
Fuente: (Amazon, 2018)

1) Procesador de entrada de audio

Maneja la entrada de audio a Alexa Voice Service desde micrófonos en el dispositivo, micrófonos remotos y otras fuentes de entrada de audio.

2) *Detección de palabras de alarma (WWD)*

Permite añadir una palabra clave diferente a la de “Alexa”, además detecta la palabra clave de Alexa en una secuencia de entrada.

3) *Biblioteca Alexa Communications (ACL)*

Sirve como el principal canal de comunicación entre el dispositivo y el Servicio de Voz Alexa.

4) *Biblioteca de secuenciadores de directivas Alexa (ADSL)*

Gestiona el orden y la secuencia de las directivas de Alexa Voice Service.

5) *Agentes de capacidad*

Maneja las interacciones impulsadas por Alexa; específicamente, las directivas y los eventos.

6) *Biblioteca del Administrador de Enfoque por Actividades (AFML)*

Prioriza las entradas y salidas de los canales como se especifica en el Modelo de Interacción AVS.

2.6 Metodología

2.6.1 Metodología de investigación

Para la ejecución de la investigación se plantea un enfoque exploratorio que consiste en obtener información de un fenómeno que resulta desconocido desde nuevas perspectivas por medio de un primer acercamiento con dicho suceso, con el fin de identificar variables que puedan determinar aspectos cuantitativos y cualitativos del fenómeno en estudio (Hernández, Fernández, & Baptista,

2010). En la investigación exploratoria se identifican qué variables se relacionan en el fenómeno de estudio y concluye al determinar las variables más relevantes (Cazau, 2006).

Para el desarrollo de la investigación que la hemos catalogado como exploratoria, por lo que se hará uso de la siguiente metodología:

- Metodología de Investigación-acción: el proceso se visualiza en la Figura 11.



Figura 11. Proceso de la metodología investigación-acción

- *Definir el problema*

Se especifican las condiciones iniciales que deben tener el objeto o sistema que se va a desarrollar con el proyecto.

- *Proponer una solución*

En esta etapa se plantea una idea como solución al problema planteado la cual debe exponerse y aceptarse.

- *Desarrollar la solución*

A partir de los datos relacionados con la solución propuesta, se aplican las operaciones necesarias para solucionar el problema.

- *Evaluar resultados*

Se determina que la solución obtenida es lo que se esperaba conseguir.

- *Analizar los resultados obtenidos*

Entrelazar los datos y resultados encontrados en la investigación con los datos o información de la base teórica y antecedentes.

Dentro de cada una de las fases de la metodología, se aplican diferentes metodologías que permiten obtener lo planteado en cada una de ellas, por lo que se detallan otras metodologías utilizadas en los apartados 2.6.2 y 2.6.3.

2.6.2 Metodología de desarrollo

Existe un amplio abanico de metodologías para el desarrollo de software, pero de forma general se las puede clasificar en dos grupos: tradicionales y ágiles. Cada uno cuenta con sus propias características.

Por un lado, están las metodologías tradicionales, como son en cascada, en espiral, entre otras, que permiten el desarrollo de software que cumpla con las necesidades y requerimientos del usuario, pero conlleva, a su vez, una gran cantidad de documentación que va detrás del aplicativo y este es un factor negativo que hace que los desarrolladores decidan usar otras metodologías, como las metodologías ágiles.

El extenso proceso de documentación que proponen las metodologías tradicionales ha provocado que las metodologías ágiles sean más utilizadas, ya que de igual forma permiten que el desarrollo cumpla con los requerimientos, pero con un proceso de documentación más liviano. En este tipo de metodologías, se propone más la relación con el cliente – usuario, aquí el usuario toma un papel fundamental porque será el que analice y pruebe cada versión del producto y en base a

sus observaciones y otros aspectos adicionales se irá refinando hasta poder conseguir el producto final.

Un aspecto que hay que tomar en cuenta es el tamaño del proyecto, ya que, si el proyecto es pequeño y de corto plazo, se debe utilizar una metodología ágil, ya que precisamente están orientadas a ese entorno, mientras que, si el proyecto es grande, debe ser una metodología tradicional. El presente proyecto hará uso de una metodología ágil que le otorga flexibilidad e inmediatez para poder amoldar el desarrollo del proyecto al entorno específico y permite reducir tiempo y costes, trabajando de un modo más eficiente y rápido permitiendo mejorar la calidad del producto (Villá, 2019)

Algunas metodologías ágiles son SCRUM, Xtreme Programming (XP, por sus siglas en inglés), KanBan, Hibrido entre SCRUM y XP, entre otras. La metodología que se aplica en el desarrollo del presente proyecto es XP, ya que esta metodología busca integrar en una mejora continua a los encargados de darle una solución al problema planteado, teniendo como principal característica su enfoque en resultados a corto plazos, es decir, que los resultados que se vayan obteniendo durante las iteraciones serán verificados al instante, permitiendo detectar anomalías o fallos y corregirlos lo antes posible (Borja López, 2019).

Esta metodología engloba un conjunto de prácticas que se llevan a cabo en el contexto de cuatro actividades estructurales (Cevallos, 2015), las cuales se visualizan en la Figura 12, enfocadas en las cuatro variables definidas aplicables para cualquier proyecto, estas son: costo, tiempo, calidad y alcance.

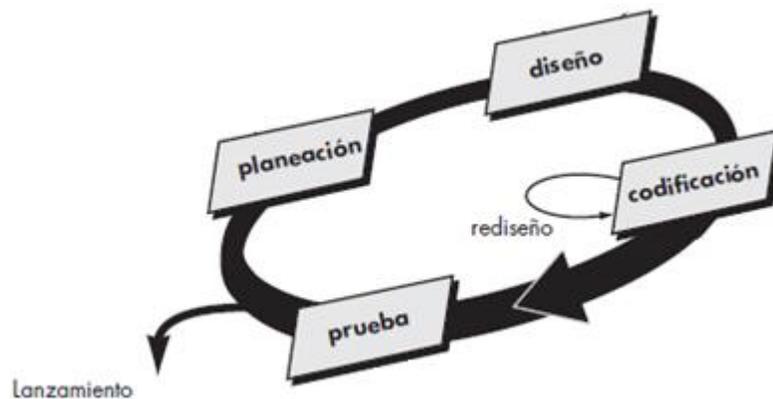


Figura 12. Fases metodología XP
Fuente: (Calvo, 2018)

1) Planeación

En esta fase se inicia a comprender el contexto del problema, para poder determinar cuáles son los requerimientos y necesidades que permitan obtener un producto acorde, de calidad y que cumpla con las expectativas.

2) Diseño

Esta metodología sigue el principio MS (Mantenlo Sencillo), ya que el diseño debe ser sencillo permitiendo que se apege a lo que se requiere, desalentando el diseño de funcionalidad adicional sin que sea necesario.

3) Codificación

Se inicia la programación por parejas, recomendada por esta metodología, además, se inicia un proceso de integración continua (de ser necesario), el cual puede ser llevado por el equipo de programadores o por el equipo de integración.

4) Pruebas

Se realizan pruebas para asegurar la calidad de software, teniendo lo que son pruebas unitarias y pruebas de aceptación.

5) *Lanzamiento*

La aplicación pasa a la fase de producción, puede ser ya liberada para el uso del usuario.

2.6.3 Metodología de encuestas

Las encuestas fueron el medio por el cual se evaluó el prototipo de parlante inteligente, permitiendo así conocer el nivel de satisfacción del usuario y medir la calidad del dispositivo a través de criterios establecidos por la metodología MOS que permite, obtener los resultados relacionados con la calidad, al tomar como indicadores las puntuaciones dadas por el usuario mientras hace uso del dispositivo (Palacios Gómez, 2002) y adicionalmente, el alfa de Cronbach para medir la fiabilidad de la escala de medida utilizada en la encuesta.

2.5.3.1. Metodología MOS

La metodología Mean Opinion Score, MOS por sus siglas en inglés, es una medida utilizada para valorar la calidad de experiencia del usuario o también conocido como QoE, siglas que provienen del nombre en inglés Quality of Experience, es decir, es la media aritmética que según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), se obtiene de todos los valores de una escala predefinida que un sujeto asigna a su opinión sobre el rendimiento de un sistema, aplicación o dispositivo, así se puede reflejar la calidad global del prototipo desde el punto de vista del usuario (Strejil, Winkler, & Hands, 2016).

Dentro de esta se tiene dos tipos de MOS, dado que su fuente principal para la obtención de los resultados es el criterio del usuario, la vuelve subjetiva, es decir esta metodología se usa para poder expresar los resultados de pruebas subjetivas (MOS subjetiva) pero, también proporciona una alternativa automatizada, basada en los resultados de algoritmos de medición de objetivos

(MOS objetiva o prevista). Pero se debe tener en cuenta la subjetividad de la calidad de experiencia, a esto, la ITU ha definido a la calidad de experiencia como “*la aceptabilidad global de una aplicación o un servicio, percibida subjetivamente por el usuario final*” (Moya, Irizar, & Calderón, 2017), teniendo así que para este proyecto se aplicó una MOS subjetiva.

En este tipo de encuesta, las opiniones de los usuarios se puntúan en una escala del 1 al 5, como se visualiza en la *Tabla 1*, en términos de calidad de experiencia, es decir que la puntuación mínima es 1, indicando que la experiencia del usuario con el prototipo fue mala y la puntuación máxima es 5, lo que quiere decir que fue excelente, desde su punto de vista.

Tabla 1

Escala MOS para evaluar la calidad de experiencia

| Puntuación | Calidad |
|------------|-----------|
| 5 | Excelente |
| 4 | Buena |
| 3 | Aceptable |
| 2 | Pobre |
| 1 | Mala |

Una vez definida la escala de puntuación, se desarrollará el cuestionario para valorar la calidad de experiencia, en donde se debe recalcar que las preguntas deben entenderse con facilidad y a la primera lectura, considerando que no sean preguntas extensas y que demanden únicamente una información por pregunta. El manejo del cuestionario debe ser sencillo en su entendimiento, cumplimiento y tratamiento y se estima que el mismo no suponga una dedicación mayor a 10 o 15 minutos (Gobierno de Navarra, 2009).

Recomendaciones UIT – T

La metodología MOS usa las recomendaciones emitidas por la UIT – T, uno de los sectores de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU por sus siglas en inglés. Este es el organismo especializado para las tecnologías de la información y comunicación (TIC, por sus siglas en inglés), fundada en 1865 y su enfoque es el esfuerzo para mejorar el acceso a las TIC para las comunidades marginadas de todo el mundo (ITU, 2019).

UIT – T, es el sector de normalización de las telecomunicaciones de la ITU, la cual reúne a expertos de todo el mundo para desarrollar lo que se conoce como las recomendaciones, las cuales se catalogan de la A la Z para diferentes aspectos, para el presente proyecto se tomará en cuenta la Serie P, que hace referencia a la calidad de experiencia del usuario en base al escucha, específicamente la serie P.800, la cual trata de los métodos de determinación de la calidad de forma subjetiva, terminología necesaria, entre otros aspectos (ITU, 2019).

2.5.3.2. Alfa de Cronbach

Este coeficiente apareció en 1951, se representa por el símbolo “ α ” y consiste en “la media de las correlaciones entre las variables que forman parte de la escala” (Ruiz Mitjana, 2019), es decir, a través del cálculo de este coeficiente se busca identificar la consistencia interna dentro de la encuesta aplicada y así validar que todos los elementos van en una misma dirección para obtener resultados fiables.

Existen dos formas para poder calcular este coeficiente, a partir de varianzas o de las correlaciones entre los ítems, para este caso, se ha calculado de la primera forma a través de la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{N}{N-1} \left(1 - \frac{\sum V_i}{V_k}\right)$$

donde:

→ N = número de ítems

→ V_i = varianza del ítem i

→ V_k =Varianza de los puntajes obtenidos de los encuestados

Para interpretar los resultados obtenidos hay que tener claro que este coeficiente toma valores entre 0 y 1, mientras más aproximado este al 1 mayor será la fiabilidad de la escala de medida que se aplica en la encuesta, teniendo en cuenta que la cantidad de preguntas afectan a la longitud del coeficiente, es decir, a mayor longitud, mayor será el coeficiente (Ruiz Mitjana, 2019).

2.7 Estado del arte

Para analizar el estado del arte acerca del diseño e implementación de un parlante inteligente con tecnología IoT para personas con incapacidad de movimiento, se realizó un proceso de revisión de literatura semi inicial basado en las guías de revisión sistemática de literatura propuestas por (Kitchenham & Charters, 2007).

Las actividades consideradas para este proceso son las siguientes:

1. **Planteamiento del estudio sistemático de literatura**
2. **Definición del grupo de control y extracción de términos**
3. **Construcción de la cadena de búsqueda**
4. **Selección de los estudios primarios**
5. **Elaboración del estado del arte**

Aplicándolas a este caso de estudio se tiene:

1. Planteamiento del estudio sistemático de literatura

La fase inicial para el desarrollo del mapeo sistemático de literatura se realizó mediante la descripción de la tecnología que se pretende utilizar relacionada al entorno en el cual se basa el proyecto de investigación con el fin de definir un objetivo de búsqueda y alinearla al problema de investigación, con esto se pretende definir los criterios de inclusión y exclusión.

2. Conformación del grupo de control (GC) y extracción de palabras relevantes para la investigación

Luego de realizar el análisis de varios estudios científicos en revistas o bases digitales reconocidas del tema de investigación se logró la selección de los artículos que conforman el grupo de control, los mismos que se describen en la *Tabla 2*:

Tabla 2
Grupo de control

| Código | Título | Palabras clave | Referencia |
|--------|--|--|---|
| EC1 | The voice-controlled Internet of Things system | Google, Natural languages, Humidity, Next generation networking, Consumer electronics, Internet of Things, Indoor environments | (Lai & Hwang, 2018) |
| EC2 | An IoT Smart Home Architecture for Long-Term Care of People with Special Needs | Special needs, long-term care, tracking, sensor management, cloud | (Coelho, 2015) |
| EC3 | Survey on IoT solutions applied to Healthcare | Internet of things; e-Health; healthcare. | (Castro, 2017) |
| EC4 | Augmenting Health Care System Using Internet of Things | Internet of things, health care, sensors, SQL server | (Nirbhay, 2018) |
| EC5 | Computerized device with command input capability | | (Tulli, 2018) |
| EC6 | Internet of Things using Node – Red and alexa | Cloud computing, Sensors, Internet of Things, Conferences, Hardware, Peer-to-peer computing, Monitoring | (Rajalakshmi & Shahnasser, 2017) |
| EC7 | Offline domotic system using voice comands | Wireless fidelity, Protocols, Phase shift keying, IP networks, Embedded systems, Home automation, Standards | (Errobidart, Uriz, Gonzalez, Gelosi, & Etcheverry, 2017) |

Tras un análisis de los estudios del GC, se seleccionaron las palabras más relevantes respecto al objetivo de la búsqueda, en este caso fueron: Internet of Things, Sensors, Sensor management, disabilities, voice command, Google, Alexa, Embedded systems.

3. Construcción y afinación de la cadena de búsqueda

Con las palabras clave que fueron obtenidas de los artículos científicos del grupo de control se conformó la cadena de búsqueda:

("INTERNET OF THINGS" AND "SENSORS" AND "EMBEDDED SYSTEMS" AND "DISABILITIES" AND "VOICE COMMAND" AND "INTELLIGENT SPEAKER" AND "GOOGLE" OR "ALEXA").

La cadena de búsqueda definida se utilizó en la base digital IEEE Explorer, sin embargo, esta cadena mostró un gran número de investigaciones que, aparentemente, se relacionaban, pero finalmente no se obtuvieron los resultados esperados, de esta forma, se fue afinando la cadena de búsqueda hasta definirla de la siguiente manera:

("INTERNET OF THINGS" AND "EMBEDDED SYSTEMS" AND "DISABILITIES" AND "INTELLIGENT SPEAKER" AND "VOICE COOMAND" AND "GOOGLE HOME" OR "AMAZON ALEXA").

Además, se realizó una búsqueda en SCOPUS, la misma que no fue satisfactoria ya que no se encontraron artículos mediante la cadena de búsqueda, de manera que se afinó la cadena con el fin de obtener mejores resultados y que estén relacionados estrechamente al contexto de la búsqueda, teniendo lo siguiente:

("INTERNET OF THINGS" AND "DISABILITIES" AND "VOICE COMMAND" AND "GOOGLE" OR "ALEXA").

4. Selección de estudios

Se han definido dos cadenas de búsqueda, una para la IEEE Explorer y otra para Scopus, teniendo los siguientes resultados:

- La búsqueda en la base digital IEEE Explorer retornó un total de 25 artículos científicos, de los cuales se determinó que 2 de estos se relacionan más con el tema a desarrollar, además, se tomó en cuenta que estos artículos científicos se encuentren dentro del años 2016 hasta el 2018, dado que se denota más el auge de esta tecnología, enfocada en mejorar la calidad de vida.
- La búsqueda en la base digital SCOPUS, empleando la cadena de búsqueda ajustada retornó 6 artículos científicos, en los cuales 2 de ellos se encontraban estrechamente relacionados con el tema de investigación.

De las dos bases digitales en las que se trabajaron, se escogieron un número de artículos científicos razonables de los cuales se seleccionaron seis como estudios primarios y se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3
Estudios realizados

| Código | Título | Cita |
|--------|--|-------------------------------------|
| EP1 | Enhanced control customization and/or security of a sound-controlled device such as a voice-controlled assistance device | (US Patent No. 20180321905A1, 2017) |
| EP2 | Voice controlled assistance for monitoring adverse events of a user and/or coordinating emergency actions such a caregiver communication | (Tulli, 2018) |
| EP3 | Internet of Things using Node – Red and Alexa | (Rajalakshmi & Shahnasser, 2017) |
| EP4 | An embedded prototype system for people with disabilities using Google’s speech | (Aguirre, 2018) |
| EP5 | Augmenting Health Care System Using Internet of Things | (Nirbhay, 2018) |
| EP6 | Voice activated smart home design and implementation | (Yue & Ping, 2017) |

5. Elaboración el estado del arte

EP1 (US Patent No. 20180321905A1, 2017): Enhanced control customization and/or security of a sound-controlled device such as a voice-controlled assistance device

En esta investigación presenta un método que mejora la seguridad de un dispositivo controlado por sonido, como por ejemplo un dispositivo de asistencia controlado por voz. El dispositivo controlado por sonido incluye una entrada de señal, un altavoz y un amortiguador de ondas de sonido para amortiguar la capacidad de recepción de sonido, el dispositivo inicia una acción de respuesta a un comando de sonido recibido en un micrófono, al recibir esta señal, el aparato utiliza un procesador y una memoria para determinar una asociación entre la señal de comando y un archivo de audio que almacena el comando de sonido y convierte el archivo de audio en una señal de audio, el cual da inicio a la acción de respuesta como resultado de la señal de comando.

EP2 (Tulli, 2018): Voice controlled assistance for monitoring adverse events of a user and/or coordinating emergency actions such a caregiver communication

El presente artículo hace referencia a una patente de un dispositivo de control de voz de forma remota, en donde el dispositivo con capacidad de procesa comandos de voz de forma remota, este incluye un procesador de baja potencia, ejecutando un modelo algorítmico para reconocer un prefijo de palabra de activación en un comando de voz, el modelo tiene una tasa de rechazo de falsos bajo pero sufre una tasa de aceptación de falsos altos y un segundo procesador que puede operar en al menos un modo de baja potencia / baja frecuencia de reloj y un modo de alta potencia / alta velocidad de reloj. Cuando el primer procesador determina la presencia de la palabra de activación, hace que el segundo procesador cambie al modo de alta potencia / alta velocidad de

reloj y ejecute un modelo algorítmico para verificar la presencia de la palabra de activación y se empieza a coordinar acciones de emergencia como la comunicación de un cuidador.

EP3 (Rajalakshmi & Shahnasser, 2017): Internet of Things using Node – Red and Alexa

Este artículo se enfoca en como el Internet of Things IoT por sus siglas en inglés o Internet de las cosas, permite la conexión con otros dispositivos y como esto puede ayudar a las personas, el autor menciona que el IoT significa aprender e interactuar con millones de cosas, incluidos servicios, sensores, actuadores y muchos otros objetos en Internet. Este proyecto da a notar la medida en que IoT puede conectar dispositivos en diferentes plataformas. Esto ayudará sin esfuerzo a los seres humanos en diversos campos, como automatización del hogar, redes, monitoreo de datos y otros. La evolución de la interfaz de usuario (hombre – máquina) ha cambiado drásticamente a lo largo de los años, teniendo así un avance que ha sido a través del teclado, el ratón, el tacto y ahora es la voz. Al tener la voz como un nuevo camino de comunicación, se tiene una nueva interfaz de usuario que es Alexa Voice Service (AVS). Actualmente, se tiene muy pocos dispositivos que pueden controlarse utilizando Alexa. Algunos de los ejemplos son Philips Hue, WeMo y Wink, pero estos están limitados en el aspecto del hardware. La instalación inicial y el mantenimiento es costoso. El sistema propuesto conecta y controla la mayoría de los dispositivos de IoT conectados a este mediante la voz.

EP4 (Aguirre, 2018) An embedded prototype system for people with disabilities using google's speech

Este proyecto permite simular cómo funciona un sistema inteligente en casa , esta investigación tiene como objetivo el lograr una mayor autonomía en personas con discapacidad física o para personas de la tercera edad que viven solos, el cual tiene mucha similitud con el

objetivo de nuestro proyecto, en este artículo utilizan Google Assistant como asistente de voz principal , se mencionan también un análisis de las ventajas que tiene la implementación de un sistema integrado para las personas con discapacidad física.

EP5 (Nirbhay, 2018) Augmenting Health Care System Using Internet of Things

Internet ha alentado al mundo a convertirse en un lugar mejor, e Internet de las Cosas, IoT por sus siglas en inglés, ha hecho del mundo un lugar más inteligente. Internet de las cosas es una palabra de moda en el área de las Tecnologías de la Información. En este documento se analiza cómo se puede usar el Internet de las Cosas en los centros de salud, además, se estudia cómo se puede monitorear el entorno alrededor de un paciente usando dispositivos IoT como sensores, Arduino y un servidor de base de datos que utiliza SQL. El modelo propuesto incluye componentes muy económicos y fácilmente disponibles, impulsando así el uso del Internet de las cosas de una mejor manera.

EP6 (Yue & Ping, 2017): Voice activated smart home design and implementation

Durante más de una década, los sistemas inteligentes han desempeñado un papel importante en la vida diaria humana. Con el uso de tecnologías modernas, sensores inteligentes, procesadores y teléfonos, los actuales sistemas de hogares inteligentes mejoran el entretenimiento distribuido, el control, el monitoreo de la energía, la seguridad y la vigilancia del hogar. Los servicios provistos incluyen alarmas controladas por voz, calendarios personalizados con pronóstico del tiempo y recordatorios de informes de noticias. Este documento presenta un diseño general del sistema para una casa inteligente, basado en un microprocesador y de bajo costo, diseñado para residentes de salas de la Universidad Tecnológica de Nanyang (como el principal beneficiario). Su objetivo es mejorar su rendimiento académico proporcionando una mejor calidad de vida. El sistema también

puede funcionar como una computadora y admite la integración con varios sensores a través de sus pines de entrada / salida de uso general (GPIO). Los usuarios pueden personalizar sus necesidades a través de este sistema y el sistema presentado integra el control de electrodomésticos, del sistema de entretenimiento, el monitoreo de las instalaciones de los pasillos y la seguridad del hogar. Se controla a través de Telegram en teléfonos inteligentes y Alexa Voice Service (AVS) y Amazon Developer Console compatibles con Amazon.

Conclusión del estado del arte

Existe una cantidad limitada de estudios relevantes en cuanto a la creación de un parlante inteligente de bajo costo enfocado para personas con incapacidad de movimiento, además no se encontró estudios científicos acerca de la posibilidad de integrar dos asistentes virtuales que controle un parlante inteligente. Los estudios mencionados anteriormente nos sirven de guía ya que detallan la importancia del uso de nuevas tecnologías como es IoT en la actualidad, además brindan algunos métodos para el control de dispositivos mediante comandos de voz así también como la conexión de estos dispositivos con otros mediante IoT.

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLANTACIÓN

Este capítulo contiene un análisis del porqué fueron utilizadas las herramientas tanto hardware y software para la implantación del prototipo de parlante inteligente, dando cumplimiento a los objetivos planteados, además se describe de forma general el proceso realizado, la arquitectura y el diseño implementado para la creación de este.

3.1 Análisis de herramientas hardware y software

3.1.1 Hardware

Como se indicó anteriormente, el hardware libre para el desarrollo de sistemas embebidos tiene a dos dispositivos Raspberry Pi y Arduino, con los cuales se puede encontrar una gran variedad de aplicativos que se han desarrollado sobre esto, como sistemas con sensores de diferentes tipos y como en el presente proyecto se instala sobre este los asistentes virtuales.

En la Tabla 4, se muestra un análisis de diferentes aspectos que se han considerado como relevantes y así poder definir cuál de los dos dispositivos es el que mejor se adapta a las necesidades para el desarrollo del prototipo de parlante inteligente.

Tabla 4
Características Raspberry Pi y Arduino

| | Raspberry Pi | Arduino |
|---------------------|---|--|
| Enfoque | Minicomputador completo perfecto para sistemas embebidos o proyectos que requieren más interactividad o procesamiento de energía. | Placa como interfaz de conexión, preferible para proyectos electrónicos y prototipado. |
| Tipo | Minicomputador que puede funcionar como un sistema independiente. | Microcontrolador que puede ser programado en código C. |
| Arquitectura | ARM | AVR, ARM |

CONTINÚA 

| | | |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|
| Fuente de alimentación | Eléctrica, USB | Eléctrica, USB |
| Conexión USB | Si | Si |
| Conexión HDMI | Si | No |
| Entrada y salida de audio | Si (depende del modelo) | No |
| Software | Sistemas Operativos especiales como Raspbian | No puede correr un sistema operativo. |

En base a los aspectos analizados, se establece una diferencia clara, la placa Arduino es un microcontrolador, lo que implica que no tiene sistema operativo y no puede tener conexión con periféricos, este puede tener conectado, sensores, motores que, a través de su propia aplicación de configuración, con un mínimo de programación podrá ponerlos activos, mientras que la placa Raspberry Pi es un minicomputador en su totalidad, brinda alto rendimiento en procesamiento, salidas de audio y video en HD, bajo consumo de energía, pero para lograr su funcionamiento inicialmente se instalará el sistema operativo, como si fuera un computador normal.

Además, otro aspecto importante es el enfoque de cada uno, Arduino se orienta más para proyectos electrónicos netamente, por lo que no aplicaría para el desarrollo del prototipo de parlante inteligente. Las características de la placa Raspberry Pi y su enfoque en proyectos con más interactividad la hacen la opción más adecuada para el presente proyecto, pero existen una gran variedad de modelos, en la Figura 13 se muestra los que, en la actualidad, son los más utilizados ya que cuentan con elementos fundamentales que son de utilidad en un proyecto.

| | SoC | CPU | GPU | RAM | USB | V/A | Boot | Red | Alimentación | Tamaño | Fecha | Precio |
|---|--------------------|----------------------------|--------------|-------|---------|-----------|------|--|---|------------|-------|--------|
|  3 Model B | Broadcom BCM2837 | 1,2GHz QUAD ARM Cortex-A53 | VideoCore IV | 1GB | 4 | Jack HDMI | uSD | ETH 10/100 WiFi, BT | 2,5A 12,5w / 5v MicroUSB GPIO | 85 x 56 mm | 02/16 | 35\$ |
|  3 Model B+ | Broadcom BCM2837B0 | 1,4GHz QUAD ARM Cortex-A53 | VideoCore IV | 1GB | 4 | Jack HDMI | uSD | ETH 10/100/300 (USB) Dual-band WiFi BT | 2,5A 12,5w / 5v MicroUSB GPIO PoE (HAT) | 85 x 56 mm | 03/18 | 35\$ |
|  Zero | Broadcom BCM2835 | 1GHz ARM1176JZF-S | VideoCore IV | 512MB | 1 Micro | Mini HDMI | uSD | No | 160mA 0,8w / 5v MicroUSB GPIO | 65 x 30 mm | 11/15 | 5\$ |
|  Zero W | Broadcom BCM2835 | 1GHz ARM1176JZF-S | VideoCore IV | 512MB | 1 Micro | Mini HDMI | uSD | Wifi, BT | 160mA 0,8w / 5v MicroUSB GPIO | 65 x 30 mm | 02/17 | 10\$ |

Figura 13. Comparativa de los modelos de la placa Raspberry Pi
Fuente: (Isaac, 2014)

Analizando los 4 modelos de Raspberry Pi, el modelo 3B tiene una arquitectura adecuada para desarrollar el prototipo de parlante inteligente, ya que cuenta con un procesador que trabaja a 1.2GHz, conexión Wifi y Ethernet. Es de suma importancia considerar el CPU de estos dispositivos, la placa raspberry pi zero w tiene un núcleo ARM1176JZ(F)-S que brinda una arquitectura ARMv6, mientras que el modelo 3B, tiene como núcleo Cortex – A53 con una arquitectura ARMv7, la diferencia entre ambas arquitecturas no son muy notorias salvo por las extensiones que se pueden usar para diferentes propósitos (Manuti, 2018), pero para los asistentes de voz se requiere un arquitectura ARMv7, por los archivos binarios de Python que una arquitectura ARMv6 no puede ejecutar y por lo tanto se puede tener errores como el de “*instrucción ilegal*” (Abraham, 2018). Por lo tanto, en base a lo mencionado anteriormente, se selecciona al modelo raspberry pi 3B. Sobre éste se instalarán los asistentes de voz y se colocarán los dispositivos que complementan al parlante inteligente, los cuales se detallarán en el apartado 3.1.3.

3.1.2 Software

Para el desarrollo del prototipo se debe analizar tanto la parte de hardware como la de software, en este último se debe considerar los asistentes virtuales y el aplicativo desarrollado para poder activar o desactivar cualquiera de los asistentes, permitiendo que el usuario pueda interactuar con cualquiera de ellos de una forma más sencilla.

3.1.2.1 Asistentes Virtuales

La inteligencia artificial se ha desarrollado gracias a los avances tecnológicos, es así como una de las ramas de esta es la de los Asistentes Digitales Virtuales o VDAs, por sus siglas en inglés, este segmento es el que muestra una amplia proyección de crecimiento a corto y mediano plazo. Estos asistentes son aplicaciones que buscan ayudar a los usuarios en la realización de diferentes tareas, a través del procesamiento de lenguaje natural, interfaces de conversación y procesos de machine learning, lo cual permite que estos asistentes sean cada vez más inteligentes y útiles (Ibañez & Escoda, 2018).

En un inicio, estos aplicativos estaban presentes únicamente en smartphones, pero con los avances tecnológicos, ahora están en televisores, refrigeradoras, lavadoras, vehículos y muchos más dispositivos permitiendo así que el usuario pueda interactuar con todos ellos a través del asistente virtual.

Dentro de los asistentes virtuales, se tiene los asistentes de voz, actualmente los más populares son Google Assistant, Siri (Apple), Alexa (Amazon), Cortana (Microsoft) y Bixby (Samsung), gracias a la integración de muchos de ellos en smartphones (ReasonWhy, 2019)

La firma Loup Ventures que invierte en compañías tecnológicas de vanguardia, realizó una prueba anual de Smart Speaker IQ a cuatro de los cinco asistentes de voz mencionados anteriormente para obtener un porcentaje de respuestas correctas e incorrectas dadas por los asistentes de voz, esta prueba mostró los resultados que se visualizan en la Figura 14.

Query Results

| | Answered Correctly | Understood Query |
|------------------|--------------------|------------------|
| Google Assistant | 87.9% | 100% |
| Siri | 74.6% | 99.6% |
| Alexa | 72.5% | 99.0% |
| Cortana | 63.4% | 99.4% |

Figura 14. Resultados de la prueba realizada por la firma Loup Ventures
Fuente (LOUPVENTURES, 2018)

La metodología utilizada para esta prueba fue realizar una serie de preguntas (800) a cada asistente de voz y calificar las respuestas en 2 métricas: 1. ¿Entendió lo que se dijo? 2. ¿Dio una respuesta correcta?, las preguntas eran divididas en cinco categorías: local, comercio, navegación, información, recordatorios.

Google Home mostró una superioridad al responder el 88% correctamente y comprendiendo las 800 preguntas. HomePod respondió correctamente el 75% y no entendió 3, Amazon Eco respondió correctamente el 73% y entendió mal 8 preguntas, y Cortana respondió correctamente el 63% y entendió mal solo 5 preguntas.

Mediante los resultados de estas encuestas, optamos por integrar en nuestro prototipo de parlante inteligente los asistentes de voz de Google y Amazon, sabemos que Siri puede tener un mayor porcentaje de acierto respecto a Alexa, pero la razón por la cual no la elegimos es por el gran número de dispositivos compatibles con Amazon ya que puede gestionar hasta 20.000

dispositivos, los asistentes de Google y Amazon muestran un mayor grado de popularidad, integración y acierto al momento de interactuar con ellos.

3.1.2.2 Lenguaje de programación

Dentro del desarrollo del prototipo, se ha definido como lenguaje de programación a Python por ser un lenguaje simplificado y rápido, permitiendo el desarrollo de una forma ágil en donde se simplifica la programación, además, su portabilidad y flexibilidad permiten la independencia de plataforma o sistema operativo (Lim, 2016).

Adicionalmente, este lenguaje de programación está presente en los dos asistentes, dentro del SDK de Google Assistant se tiene la librería del Asistente, la cual está escrita en Python por lo cual, al implementar al asistente de esta forma, las configuraciones que se realicen adicionalmente se realizarán en el lenguaje de Python.

El SDK también provee otra forma para implementar el asistente a través del servicio de Google Assistant, esto es aplicable cuando el lenguaje de programación es C++, C#, Java, Node.js, entre otros, pero al hacerlo con estos lenguajes, se debe crear enlaces para poder brindarle la flexibilidad que se tiene al implementarlo de la otra forma con Python.

Otro aspecto para tener en cuenta es que, para poder activar este asistente, se lo realiza dentro del ambiente de este lenguaje, por lo que se puede evidenciar la estrecha relación de Python con el asistente de Google.

En cuanto a Alexa, a parte del SDK que nos permite implementar este asistente, se tiene Alexa Skills Kit, es un kit de herramientas que permite añadir skills al asistente de una forma rápida

y sencilla, estos skills son las funcionalidades de Alexa, es decir, se puede añadir funcionalidades personalizadas al asistente haciéndolo más interactivo y útil para el usuario.

Este kit está disponible en diferentes lenguajes de programación, pero el que ha crecido con el tiempo es el de lenguaje Python, con este lenguaje se simplifica el desarrollo de código que se necesita para procesar los requerimientos y respuestas de Alexa, además, que se encuentra disponible en diferentes versiones de este lenguaje de programación (Amazon, 2019).

Finalmente, se puede concluir que la utilidad del lenguaje de Python es amplia, mejora los asistentes con más funcionalidades. Para evitar inconvenientes como incompatibilidad o mal funcionamiento, se desarrolló la aplicación con este lenguaje; esta aplicación permitirá activar o desactivar a los asistentes según la necesidad del usuario.

3.1.3 Arquitectura hardware utilizada

Para la creación del prototipo de parlante inteligente, el hardware disponible fue analizado con el fin de tener un diseño simple, económico y que su funcionamiento sea óptimo para la correcta interacción de los dos asistentes virtuales a instalarse en el prototipo. A continuación, se presentan los componentes de hardware utilizados en el prototipo:

Raspberry pi 3 modelo B



Figura 15. Raspberry pi 3 modelo B
Fuente: (Amazon, 2019)

Raspberry pi una plataforma abierta (Open Hardware), que permite a los usuarios cargar varios sistemas operativos y distribuciones ligeras donde pueden desarrollar sus propias aplicaciones a un costo reducido y con una gran portabilidad. (Noe & Briones, 2012)

Esta minicomputadora es el componente principal del prototipo, su tamaño, precio, peso fueron características por las cuáles se eligió esta placa, la raspberry pi 3 modelo B+ brinda la posibilidad de crear proyectos DIY (Do It Yourself), además de esto su módulo de conectividad Cypress CYW43455 que contiene una mejora en la conectividad inalámbrica respecto a los otros modelos existentes , este modelo integra Wi-Fi IEEE 802.11n y Bluetooth 4.2 lo cual permite la creación de diseños con tecnología IoT que tengan una forma portable lo cual es una característica que se buscó al crear nuestro parlante GaspiVoice.

ReSpeaker 2-Mics Pi HAT



Figura 16. Respeaker 2-Mics Hat
Fuente: (Amazon, 2019)

ReSpeaker 2-Mics Pi HAT es una tarjeta de expansión de micrófono dual para Raspberry Pi, su compatibilidad con el modelo Zero W es ideal para el diseño del prototipo de parlante además esta tarjeta fue creada para aplicaciones de inteligencia artificial y de voz lo cual se asemeja al

objetivo de nuestra investigación ya que se puede integrar con los servicios de voz como Alexa, el Asistente de Google, etc.

Esta tarjeta viene incorporada con 2 micrófonos en ambos lados de la placa para recopilar sonidos su alcance es de hasta 3 metros de distancia, permite que el ruido no interfiera al momento de entablar una comunicación con cualquiera de los asistentes, además cuenta con un conector de audio de 3,5 mm y cuenta con una salida de altavoz JST 2.0, al integrar micrófonos y salida de altavoz en una misma tarjeta se aumenta la portabilidad del prototipo de parlante ya que no es necesario contar con 2 dispositivos por separado.

Pantalla táctil para Raspberry pi



Figura 17. Pantalla táctil Raspberry Pi
Fuente:(Amazon, 2019)

El prototipo de parlante debe contar con una pantalla táctil la cual mostrará un aplicativo en el cual se despliega las opciones de los asistentes virtuales que la persona con incapacidad va a utilizar, como son Google Assistant y Alexa, la pantalla elegida para el prototipo soporta cualquier versión de Raspberry Pi, tiene una resolución de 320×480 lo que proporciona una mejor visualización.

Para poder ensamblar la placa de entrada y salida de audio y la pantalla en la placa principal, es necesario utilizar un adaptador GPIO doble, el cual permitirá la conexión de los dos dispositivos a la Raspberry pi 3B.

3.2.2 Diseño de la arquitectura hardware

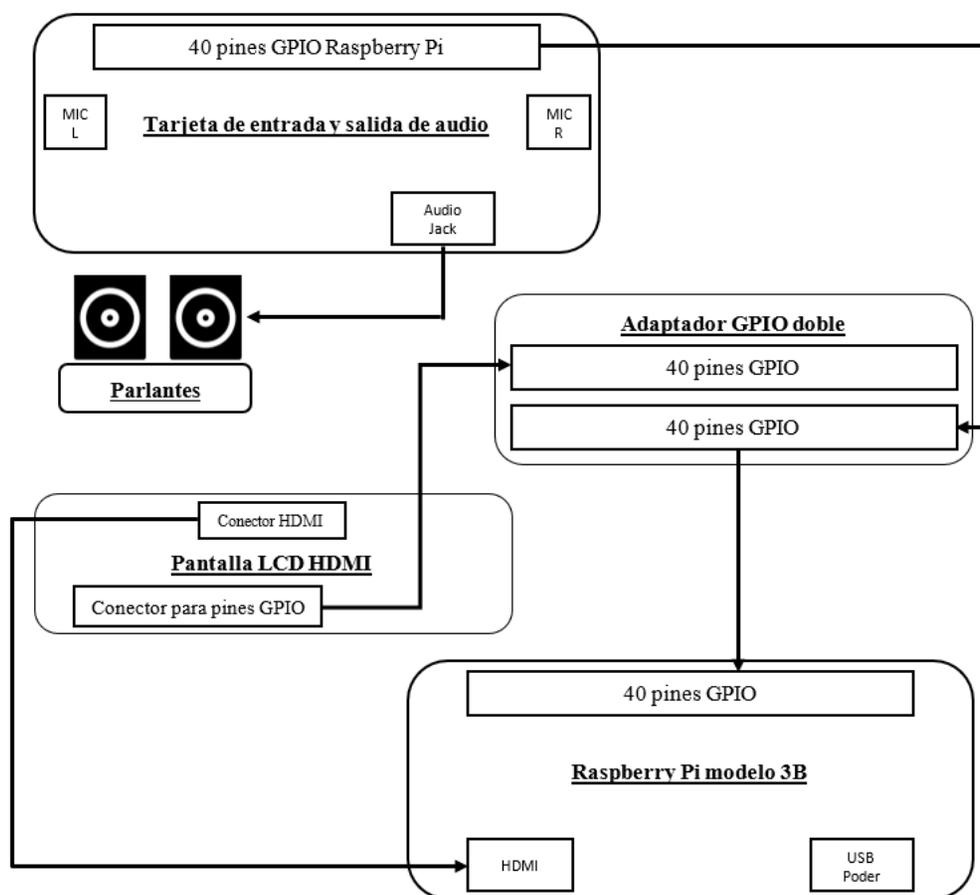


Figura 18. Diagrama de la arquitectura hardware de GaspiVoice

En la Figura 18 se puede visualizar como se ensamblan los elementos que se han ido mencionando, con esto se busca brindar al usuario un dispositivo acorde a sus necesidades.

Una vez terminado de ensamblar las piezas y probar la integración de hardware y software, se procede con el diseño de la carcasa, para mantener segura la infraestructura y lograr la portabilidad del dispositivo.

3.2 Implantación

3.2.1 Diseño real GaspiVoice



Figura 19. *Diseño real GaspiVoice*

Para la integración de todos los dispositivos detallados en el diseño mencionado en la sección anterior, se optó por una impresión en 3D para el contenedor de todos los componentes de GaspiVoice, esta carcasa de forma cúbica puede ser reemplazada por otro material que no sea plástico con el fin de minimizar costos en su elaboración. La carcasa de GaspiVoice tiene 16cm de alto, 14cm de ancho y 10cm de profundidad.

3.2.2 Instalación de los asistentes de voz

Para conseguir que en nuestro prototipo interactúen los asistentes virtuales de Google y Amazon, debemos instalar cada uno de ellos por separado en nuestro sistema empotrado, gracias a la liberación del kit de desarrollo de software (SDK) de estos dos asistentes virtuales mencionados en capítulos anteriores su instalación en la arquitectura de una Raspberry pi es posible.

- **Google Assistant**

Para integrar el asistente de voz de Google en el prototipo de parlante inteligente se debe manejar los componentes del SDK de Google mencionados anteriormente. El proceso de instalación tiene los siguientes pasos:

1. Configuración de hardware y acceso a la red
2. Configurar y probar el audio de la infraestructura conectada.
3. Crear un nuevo proyecto en la consola de acción de Google.
4. Registrar el modelo de dispositivo
5. Instalar el SDK de asistente de voz y el código de muestra
6. Ejecutar el código de muestra
7. Probar el asistente

La instalación completa y detallada de Google Assistant se encuentra en el Anexo 1 de esta investigación.

- **Alexa**

Al igual que con el asistente de voz de Google, Amazon permite la integración de su asistente de voz de Alexa, a través de su SDK de AVS (Alexa Voice Service), el cual proporciona bibliotecas basadas en C++ que permiten procesar entradas y salidas de audio.

Los pasos para poder instalar este asistente son:

1. Tener una cuenta de desarrollador de Amazon.
2. Registrar el sistema embebido en la consola de AVS.
3. Crear y activar el protocolo de seguridad para descargar las credenciales únicas para el dispositivo.
4. Descargar y construir el AVS Device SDK para habilitar la voz del prototipo.
5. Iniciar la aplicación utilizando el script `startsample.sh` y solicitar un token de actualización para autenticar el dispositivo.
6. Probar el asistente.

La instalación completa y detallada del asistente de voz Alexa se encuentra en el Anexo 2 de esta investigación.

2.5.1. Interacción con la aplicación

Como se ha mencionado, este prototipo busca que el usuario pueda interactuar con diferentes elementos de su entorno para poder facilitar las actividades que realiza diariamente, para que esto sea un hecho, los elementos como focos, interruptores, toma corrientes, sensores, entre otros deben ser inteligentes; es decir, ser dispositivos IoT.

Una vez que se cuenta con estos dispositivos, estos deben ser registrados tanto para el asistente de Google como para el de Amazon, durante el registro estos tendrán un nombre que los identifique y de esta forma podrán ser activas por la voz del usuario.

Cada dispositivo cuenta con su propio aplicativo para activarlo, todo dependerá de la marca de este, por ejemplo, si la marca es TP-LINK la aplicación es KASA, la cual puede ser descargada

a un dispositivo móvil, a través de estas aplicaciones, el dispositivo se conecta a internet y está listo para interactuar, una vez realizado este proceso, se descarga la aplicación Google Home para Google Assistant y Amazon Alexa para Alexa, dentro de estas se registra todos los elementos con los cuales va a interactuar el prototipo, cabe recalcar que el nombre que se coloque debe ser fácil de pronunciar y no muy complicado para que se pueda recordar.

Registrados todos los elementos, se puede interactuar finalmente, a través de la aplicación del prototipo, como se visualiza en la Figura 20.

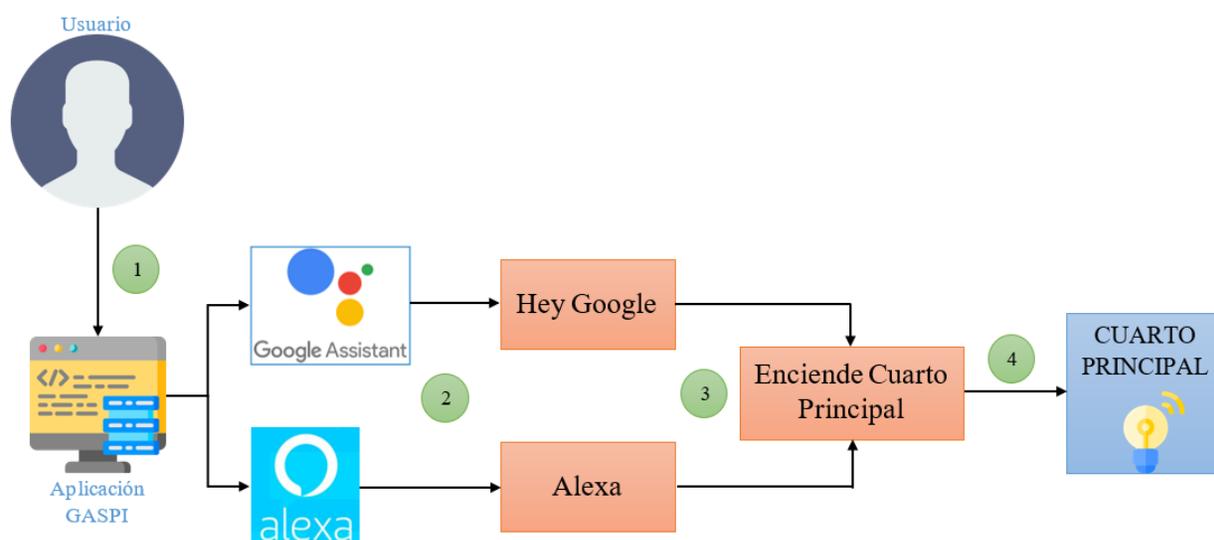


Figura 20. Esquema de interacción del usuario con el prototipo

En el esquema de interacción se tiene 4 puntos clave, los cuales se detalla a continuación:

1. El proceso inicia cuando el usuario visualiza la aplicación del prototipo (Aplicación API), la cual le mostrara las opciones de los dos asistentes para poderlos activar.
2. El usuario seleccionará únicamente uno de los dos asistentes que se indican en la Figura 18, para este caso, se muestran las palabras claves de los dos asistentes, Hey Google y

Alexa, una vez dicha esa palabra se inicia la comunicación y se procede a indicar las órdenes a realizar.

3. La orden en este caso es “Enciende Cuarto Principal”, esta será analizada a través del PNL, convirtiéndola en una sentencia entendible por el asistente, como se indicó antes, el foco debe ya estar registrado dentro de Google Home y Amazon Alexa, integrado al proyecto que se creó cuando se empezó a instalar el SDK del asistente.
4. Finalmente, el foco se enciende, este proceso será exitoso cuando el asistente encuentre el dispositivo con el nombre indicado que en este caso es “Cuarto Principal”, de no hacerlo, indicará que no existe el dispositivo y se tendría que revisar las configuraciones correspondientes.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se realiza una discusión sobre los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se detallan también los escenarios de experimentación al que fue expuesto el prototipo creado, para una posterior validación mediante la metodología MOS.

4.1 Escenario de Experimentación

Una vez completado el desarrollo del prototipo, se ha considerado las estadísticas establecidas por el CONADIS para poder definir el escenario de experimentación, las cuales indican que, en la provincia de Pichincha, en el cantón Quito, el 45,81% de personas con incapacidad de movimiento tienen el grado de incapacidad entre el 30% y el 49%, por lo tanto, para la experimentación se ha tomado el porcentaje promedio, es decir, el escenario se enfocará en personas que tengan un 35% de discapacidad.

Considerando el porcentaje de discapacidad y en base a la revisión de la literatura, se tiene dos publicaciones que son las más relevantes, (Niño Rivera, 2018) y (Ávila Cornejo, 2016), en los cuales usa una muestra de 25 sujetos de prueba en cada uno, por lo que para este escenario de experimentación se ha tomado la misma cantidad de participantes que evaluarán la calidad de experiencia de GaspiVoice.

4.2 Validación

Se aplicó una encuesta para medir la calidad de la experiencia del usuario, el enfoque que tiene la misma busca conocer el grado de esfuerzo y el nivel de satisfacción del usuario al interactuar con GaspiVoice. La encuesta está estructurada en cuatro dominios, que se detallan en el apartado

4.2.1, los cuales contienen de 4 a 6 preguntas cada uno, la cual no tomará más de 10 minutos en su resolución, para la obtención de datos al aplicar la encuesta se tiene a la metodología MOS que evalúa la QoE en base al punto de vista del usuario, MOS cuenta con una serie de recomendaciones para poder realizar la evaluación en diferentes aspectos pero a través de métodos de evaluación objetiva y subjetiva, teniendo así la recomendación UIT – T P.800, la cual describe métodos y procedimientos para llevar a cabo una evaluación subjetiva y métodos recomendados como pruebas de opinión sobre la escucha, es decir la calidad del audio que es percibido por el usuario (UIT, 1996).

Entre las recomendaciones de esta metodología, está que el usuario debe pronunciar frases de manera clara y fluida, adoptando un volumen de voz que sea confortable y que pueda mantenerlo de forma constante, de esta forma el asistente de voz captura claramente la instrucción a realizar y se podrá obtener el resultado deseado, también define una escala de evaluación de 5 notas, es decir del 1 a 5, por lo tanto la encuesta será valorada mediante la escala de MOS definida en el punto 2.6.3, en este apartado se ha definido los enunciados de la escala como 1 que corresponde a “malo” y 5 “excelente”, pero estos pueden variar considerando el enfoque de la pregunta.

4.2.1. Dominios de evaluación

Para la definición de los dominios de la encuesta se tomó en cuenta la calidad de experiencia del usuario al momento de interactuar con GaspiVoice. Esta variable descompuso en los siguientes elementos que se detallan en la **Tabla 5**:

Tabla 5*Variables, dimensiones e indicadores*

| Variable | Dimensiones | Indicadores |
|---|----------------|--|
| Calidad de experiencia del usuario | Usabilidad | – Facilidad de uso – Utilidad – Correcta interacción |
| | Disponibilidad | – Disponibilidad de asistentes de voz – Confiabilidad |
| | Portabilidad | – Diseño – Estética |
| | Accesibilidad | – Costo |

Para el dominio de accesibilidad las preguntas realizadas tienen como indicador principal el costo por esta razón en la *Tabla 6* se detalla los diferentes dispositivos que componen el diseño de GaspiVoice y su costo.

Tabla 6*Detalle del costo GaspiVoice*

| MATERIAL | PRECIO |
|--|-----------------|
| Raspberry Pi modelo B+ | \$38,99 |
| Pantalla touch 3.5'' | \$25,00 |
| Micrófono Respeaker 2-Mics PI HAT | \$12,99 |
| Batería Makerfocus Raspberry Pi Supply y USB HUB | \$25,59 |
| Adaptador GPIO doble | \$17,55 |
| Parlante | \$7,00 |
| Costo total | \$127,12 |

4.3 Discusión de resultados

La siguiente información son resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los 25 usuarios para medir la calidad de experiencia al interactuar con GaspiVoice, mediante el coeficiente alfa de Cronbach procederemos a medir la fiabilidad de la escala de medida aplicada.

El valor del coeficiente de alfa de Cronbach se determinó empleando MS Excel que permite calcular fácilmente esta fórmula a partir de la creación de una tabla de datos en que las columnas representan las variables (preguntas), las filas los individuos y los valores indicados por el encuestado, de acuerdo con la Escala de MOS empleada (1-5).

Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7

Resultados obtenidos coeficiente de Cronbach

| | |
|----------------------------|-------------|
| Ítems | 16 |
| Varianza | 7,61 |
| Varianza total | 27,67 |
| α | 0,77 |

El valor obtenido para el coeficiente de Cronbach es de 0.77 el cual como vemos en la Fig. 21 nos indica que la fiabilidad de la escala de medida aplicada en la encuesta es Alta.

| Rangos | Magnitud |
|-------------|----------|
| 0,81 a 1,00 | Muy Alta |
| 0,61 a 0,80 | Alta |
| 0,41 a 0,60 | Moderada |
| 0,21 a 0,40 | Baja |
| 0,01 a 0,20 | Muy Baja |

Figura 21. Interpretación de los valores del coeficiente de Cronbach
Fuente: (Santos, 2017)

El cálculo detallado del coeficiente de Cronbach lo podemos encontrar en el Anexo C.2.

4.3.1.Resultados por dominio

Usabilidad

La Figura 22 muestra los resultados obtenidos en el dominio de usabilidad. Esta sección está compuesta por cuatro preguntas, cada cuatro barras del diagrama representan las respuestas de un usuario.

En base a la figura se puede decir que la pregunta que obtuvo los resultados más bajos es la pregunta 1 y los más altos la pregunta 4, esto se puede visualizar más a detalle en las Figuras 23 y 24 respectivamente.

Dominio: Usabilidad Pregunta 1-4

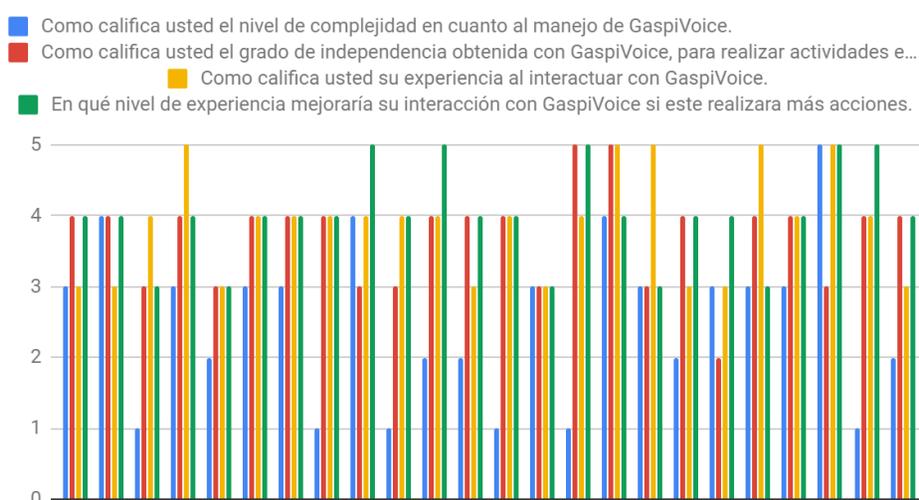


Figura 22. Gráfica general del dominio Usabilidad

Respecto a la pregunta 1 en el aspecto de usabilidad, se tiene que para el 36% de los encuestados el nivel de complejidad al manejar GaspiVoice es medio, por lo tanto, se puede considerar aspectos como mejorar la interfaz que permite activar los asistentes para de esta forma permitir que el esfuerzo al usar el dispositivo no sea mayor.

Como califica usted el nivel de complejidad en cuanto al manejo de GaspiVoice.

25 respuestas

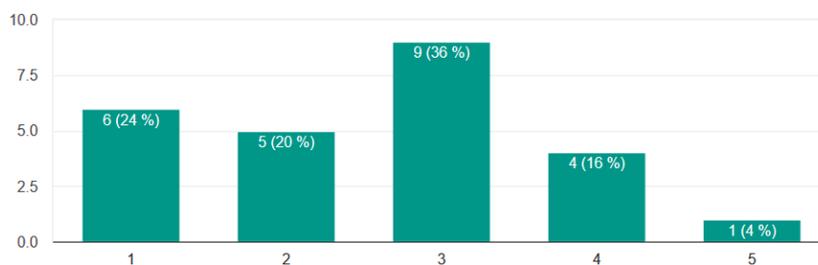


Figura 23. Estadísticas obtenidas en la pregunta 1

En cuanto a la pregunta 4, la cual tuvo los resultados más altos, se tiene que el 60% de los encuestados indica que si GaspiVoice implementara más funcionalidades la experiencia del usuario tendría un nivel alto, por lo que se tendría un mayor grado de interacción y control de diferentes dispositivos, buscando que la usabilidad no sea compleja para el usuario.

En qué nivel de experiencia mejoraría su interacción con GaspiVoice si este realizara más acciones.

25 respuestas

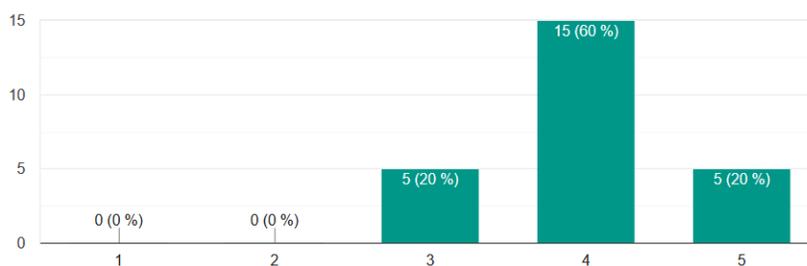


Figura 24. Estadísticas obtenidas en la pregunta 4

Como conclusión, el aspecto de usabilidad tiene un valor de 4/5, en base a las puntuaciones obtenidas en las 4 preguntas, lo que indica que la experiencia al interactuar con GaspiVoice fue alta y brinda un alto grado de independencia para las personas con incapacidad.

Disponibilidad

Los resultados respecto a este dominio se visualizan en la Figura 25. Aquí se puede ver como los resultados de la pregunta 1, en su mayoría llegan a una ponderación de 3, lo que indica que el nivel de confianza que brinda GaspiVoice es medio, esto debido a que los usuarios encuestados no están muy familiarizados con el uso de la tecnología.

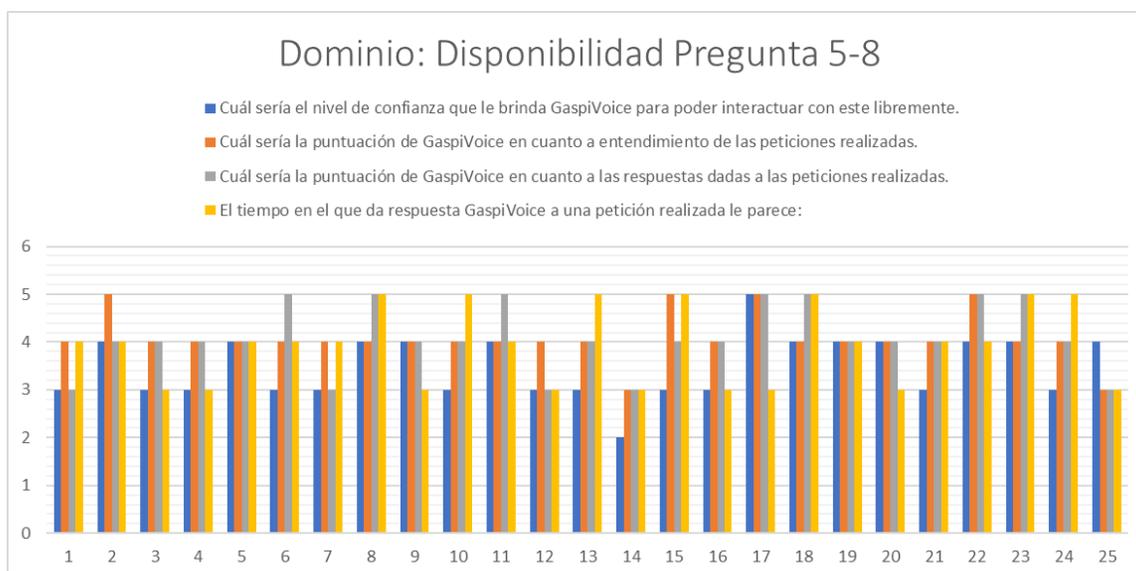


Figura 25. Gráfica general del dominio Disponibilidad

Las preguntas 2, 3 y 4 tienen como ponderación el número cuatro, lo que indica que la aceptación por parte del usuario fue muy buena, en cuanto a la interacción con los asistentes, en la Figura 26 se puede ver a detalle las respuestas obtenidas respecto a la pregunta 2, en donde el 76% de los usuarios encuestados ha indicado que GaspiVoice tuvo una interpretación muy buena de las peticiones realizadas.

Cuál sería la puntuación de GaspiVoice en cuanto a entendimiento de las peticiones realizadas.

25 respuestas



Figura 26. Resultados pregunta 2 del dominio Disponibilidad

En cuanto a la calidad de respuestas que brindan los asistentes, el 52% de los encuestados la puntuaron como muy buena, ya que se puede dar el caso en el que el asistente no entienda la petición por parte del usuario o que se sea interpretada de una forma totalmente diferente, por lo que, los asistentes que conforman GaspiVoice dieron la respuesta que el usuario estaba buscando.

Cuál sería la puntuación de GaspiVoice en cuanto a las respuestas dadas a las peticiones realizadas.

25 respuestas

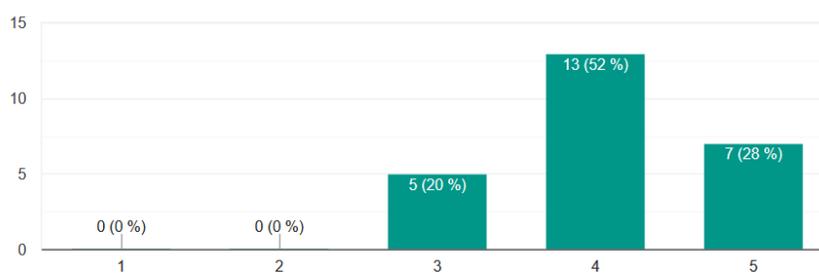


Figura 27. Resultados Calidad de respuestas de GaspiVoice

En cuanto al dominio de Disponibilidad, se concluye que la percepción por parte del usuario en cuanto a la interacción con Google Assistant y Alexa fue muy buena, las peticiones fueron respondidas cumpliendo las necesidades y requerimientos del usuario, adicionalmente, se debe mejorar la inclusión de estos usuarios hacia este tipo de tecnología, para que los mismo se sientan más a gusto con el uso y puedan tener en cuenta a estas herramientas para ayudar a mejorar su calidad de vida.

Portabilidad

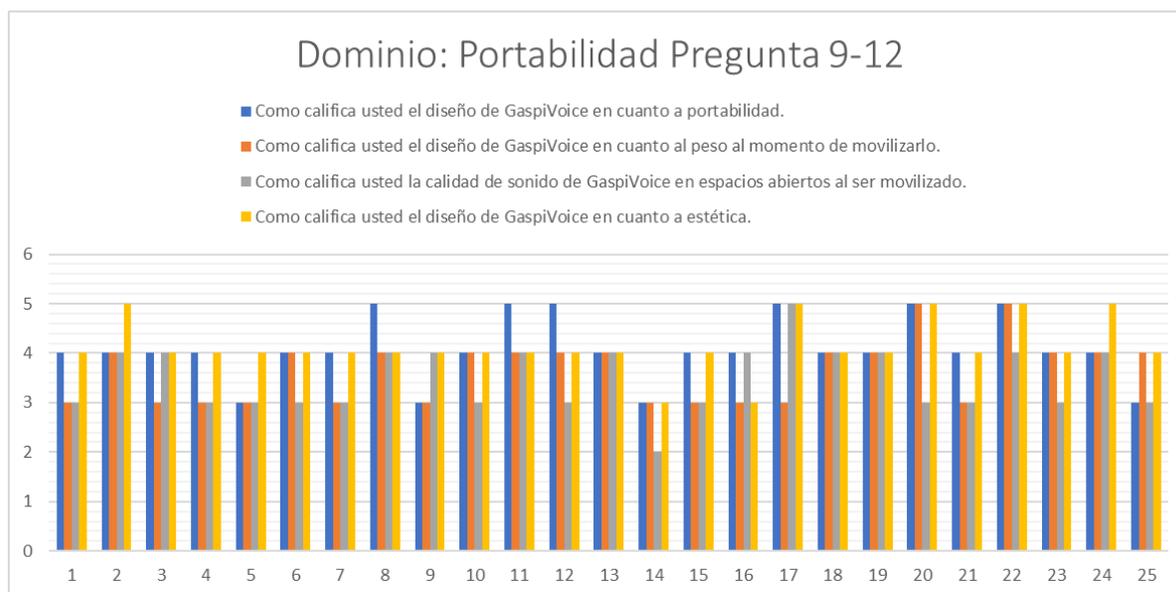


Figura 28. Gráfica general resultados obtenidos dominio Portabilidad

El resultado de las preguntas de la 9-12 en general muestra que la mayoría de encuestados están de acuerdo con el diseño, peso, y estética de GaspiVoice, en cuanto a la pregunta número 11 que se enfoca en la calidad de sonido que ofrece GaspiVoice en espacios abiertos esta presenta una calificación menor respecto las demás preguntas, esto lo podemos observar en la Figura 29:

Como califica usted la calidad de sonido de GaspiVoice en espacios abiertos al ser movilizado.

25 respuestas

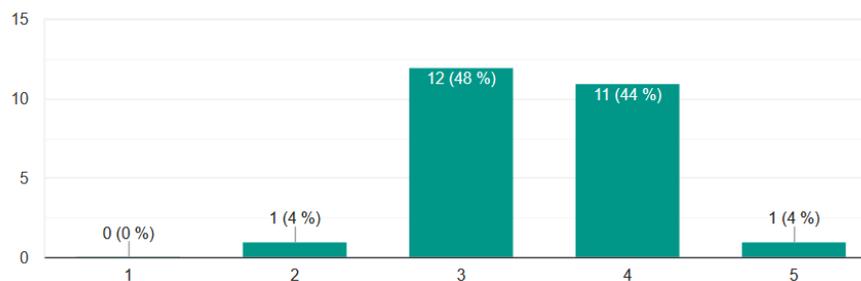


Figura 29. Estadísticas obtenidas en la pregunta 11

Para esto hemos determinado como posible solución que se incorpore al diseño de GaspiVoice altavoces con mejores características como por ejemplo una mayor potencia, menor impedancia, y mayor alcance, reemplazando así los altavoces que componen el diseño actual.

Accesibilidad

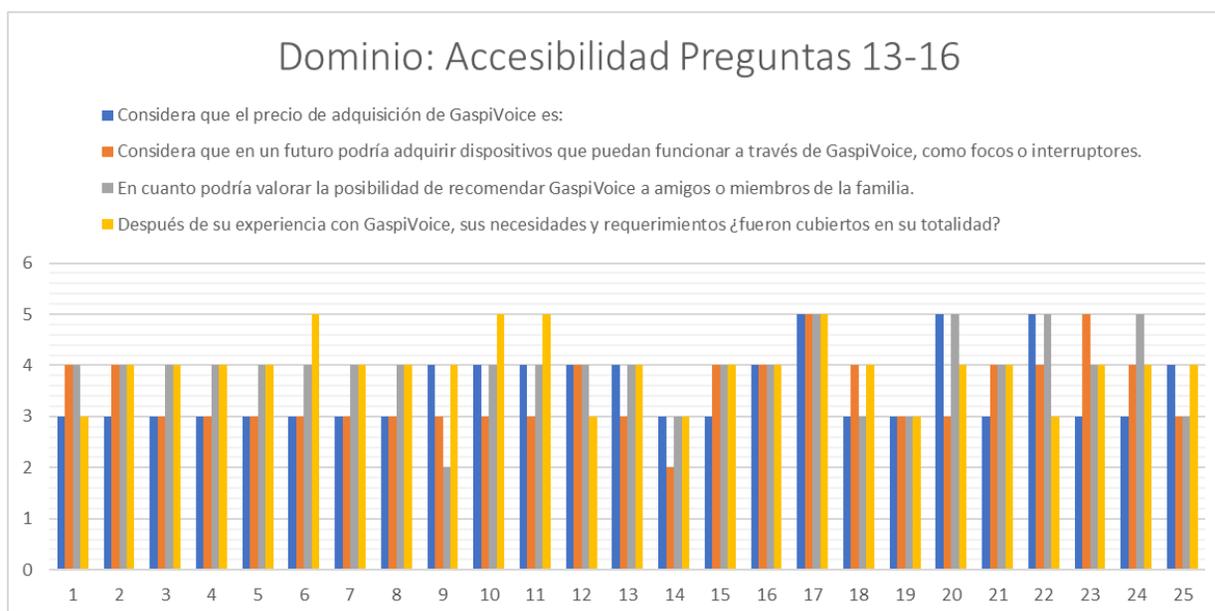


Figura 30. Gráfica general resultados obtenidos dominio Accesibilidad

Los resultados obtenidos para este dominio indican una puntuación media de 3 para el 60% de las personas encuestadas en la pregunta 13, lo cual muestra que este porcentaje de encuestados catalogan el precio de GaspiVoice como asequible, en cuanto a la pregunta 14 detalla la opción de adquirir nuevos dispositivos inteligentes para que interactúen con GaspiVoice, tras ser la pregunta que obtuvo menor puntuación como se observa en la Fig.31 proponemos como solución analizar los distintos dispositivos IoT en el mercado con el fin de conocer el dispositivo con mejores características, que pueda vincularse con los asistentes de voz que contiene GaspiVoice y a su vez que sea económico.

Considera que en un futuro podría adquirir dispositivos que puedan funcionar a través de GaspiVoice, como focos o interruptores.

25 respuestas

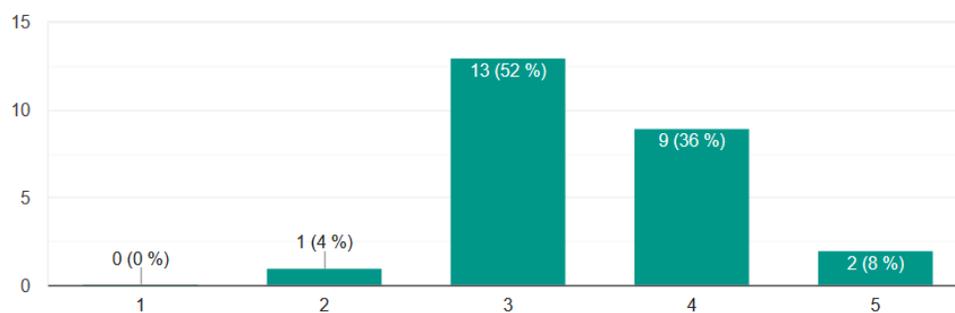


Figura 31. Gráfica de resultados pregunta 14

En base a los resultados obtenidos en cada uno de los dominios en los cuales se evalúa la calidad de experiencia del usuario, se puede concluir que GaspiVoice, tuvo un buen nivel de aceptación por parte de los usuarios no expertos, también, que al mejorar ciertos aspectos del dispositivo y agregarle más funcionalidades, el bajo costo se mantiene y se brinda una mayor utilidad al usuario.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y LINEAS DE TRABAJOS FUTUROS

En este último capítulo se detallan las conclusiones a las que se han llegado en el presente trabajo de investigación, además, se propone varios trabajos futuros como un complemento a la investigación realizada.

5.1 Conclusiones

- Se acepta la hipótesis planteada en este proyecto de investigación ya que se creó un prototipo de parlante inteligente manejado mediante comandos de voz el cual permite a las personas con incapacidad de movimiento, controlar dispositivos electrónicos de forma remota.
- La arquitectura diseñada para GaspiVoice, generó un prototipo de bajo costo, gracias a los elementos hardware utilizados que brindan un alto rendimiento y costo accesible en comparación con otros dispositivos.
- Esta investigación muestra una solución a través de hardware y software libre, centrado en las personas con incapacidad de movimiento, su uso e integración fue evaluado por usabilidad, disponibilidad, accesibilidad y portabilidad.
- Las pruebas de QoE dividida en 4 dominios mediante la encuesta implementada recibieron una calificación promedio (MOS) de “Muy Bueno” y “Excelente” desde la perspectiva subjetiva de los usuarios no expertos.

- Los cuatro dominios de evaluación tuvieron una puntuación de 4/5 en base a la escala MOS, por lo que GaspiVoice en cuanto a usabilidad, disponibilidad, portabilidad y accesibilidad ha cumplido con las necesidades y requerimientos de los usuarios.
- A través de este proyecto se espera mejorar la calidad de la vida de las personas con incapacidad de movimiento, el funcionamiento GaspiVoice compromete la automatización de diferentes dispositivos electrónicos y su control se desarrolla a través del lenguaje natural utilizando comandos de voz.

5.2 Líneas de Trabajos Futuros

- Se propone para trabajos futuros añadir más habilidades a los asistentes de voz actuales, mediante la creación y programación de diferentes eventos y actividades enfocadas en las personas con incapacidad de movimiento los cuales puedan integrarse e interactuar con GaspiVoice mejorando aún más la calidad de experiencia por parte del usuario, estas nuevas funcionalidades que se pueden integrar a través de Acciones en Google Assistant y a través de Skills en Alexa, mediante esto, los asistentes pueden ser más completos, integrando diferentes funcionalidades para que el usuario pueda conocer las últimas noticias o pueda interactuar a un mayor nivel con diferentes dispositivos.
- Otra línea para un trabajo futuro se plantea en base a los resultados obtenidos, ya que existen ciertos aspectos de mejora para GaspiVoice, los cuales permitirían que la calidad de experiencia del usuario mejore en un mayor porcentaje, adicionalmente, GaspiVoice puede integrar otros asistentes voz, así sería un dispositivo mucho más

completo que le permitiría al usuario interactuar con una mayor cantidad de dispositivos.

REFERENCIAS

- Abraham, C. (5 de Enero de 2018). *My experience setting up the google AIY voice kit*. Obtenido de http://www.christian-abraham.de/blog/index.php?controller=post&action=view&id_post=2
- Aguirre, V. . (2018). An Embedded Prototype System for People. *Springer Nature Switzerland AG 2019*, 301–311.
- Alberto. (20 de Julio de 2018). *Raspberry pi zero W – Análisis, Especificaciones, Compra*. Obtenido de [tublog3d.com: https://tublog3d.com/raspberry-pi/zero-w/](https://tublog3d.com/raspberry-pi/zero-w/)
- Alisys. (31 de 8 de 2017). *De Audrey a Siri: historia y uso de los asistentes virtuales*. Obtenido de <https://www.alisys.net/es/blog/de-audrey-a-siri-historia-y-uso-de-los-asistentes-de-virtuales>
- Amazon. (2019). *Python Tutorial*. Obtenido de <https://developer.amazon.com/es/alexa-skills-kit/alexa-skill-python-tutorial>
- Andalucía es Digital. (11 de Octubre de 2016). *Recursos tecnológicos para personas con discapacidad*. Obtenido de <https://www.blog.andaluciaesdigital.es/recursos-tecnologicos-para-personas-con-discapacidad/>
- Araújo, S. (14 de Marzo de 2018). *Gracias a la tecnología por haberle devuelto la voz a Stephen Hawking*. Obtenido de <https://www.genbeta.com/a-fondo/gracias-a-la-tecnologia-por-haberle-dado-voz-a-stephen-hawking>
- Ávila Cornejo, E. (14 de Noviembre de 2016). *Sistema intercomunicador mediante reconocimiento de voz y texto a voz utilizando Alexa y Rapsberry Pi*. Obtenido de

<http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/3000/Proyecto%20de%20Titulacion%20Emmanuel%20Avila%20Cornejo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Benavides, P., & Rodríguez, S. (s.f.). *PLN Procesamiento del Lenguaje Natural en la recuperación de información*. Colombia.

Bitnova. (2019). *Domótica e Internet de las Cosas (IoT)*. Obtenido de <https://www.bitnova.es/soluciones-tecnologicas/domotica-e-internet-de-las-cosas>

Borja López, Y. (16 de Enero de 2019). *Metodología Ágil de Desarrollo de Software –XP*. Obtenido de http://www.runayupay.org/publicaciones/2244_555_COD_18_290814203015.pdf

Calvo, D. (5 de Abril de 2018). *Metodologías Ágiles*. Obtenido de <http://www.diegocalvo.es/metodologias-agiles/>

Castillo, C., & Díaz, A. (2015). *Sistema embebido de un audífono inteligente para personas con discapacidad auditiva a través de sensores neurológicos*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9901>

Castro, C. C. (2017). Survey on IoT solutions applied to Healthcare • *DYNA*, 192-200. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n203.64558>

Cazau, P. (2006). *Introducción a la investigación en Ciencias Sociales*. Buenos Aires.

Cevallos, K. (8 de Mayo de 2015). *Metodología de Desarrollo Ágil: XP y Scrum*. Obtenido de <https://ingsoftwarekarlacevallos.wordpress.com/2015/05/08/metodologia-de-desarrollo-agil-xp-y-scrum/>

- Coelho, C. &. (2015). An IoT Smart Home Architecture for Long-Term Care of People with Special Needs. *2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 626-627. doi:10.1109/WF-IoT.2015.7389126
- ComputerWorld. (4 de Octubre de 2016). *MySignals, nueva plataforma de IoT para desarrollar aplicaciones y productos de eHealth*. Obtenido de <https://www.computerworld.es/negocio/mysignals-nueva-plataforma-de-iot-para-desarrollar-aplicaciones-y-productos-de-ehealth>
- CONADIS. (24 de Marzo de 2014). *Normas Jurídicas en Discapacidad Ecuador*. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Libro-Normas-Jur%C3%ADdicas-en-Discapacidad-Ecuador.pdf>
- CONADIS. (2 de Junio de 2019). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- De la Puente, J. (2000). *Introducción a los Sistemas en Tiempo Real*. Obtenido de <http://laurel.datsi.fi.upm.es/~ssoo/STR/Introduccion.pdf>
- Egham. (7 de February de 2017). *Gartner Newsroom*. Obtenido de <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/>
- Errobidart, J., Uriz, A. J., Gonzalez, E., Gelosi, I. E., & Etcheverry, J. A. (2017). Offline domotic system using voice comands. *Eight Argentine Symposium and Conference on Embedded Systems (CASE)*.
- Fernández, C. (2014). *Desarrollo e implementación de un asistente virtual en Linuz*. Tesis de grado, Universidad Politécnica de Valencia, Valcencia.

- Fester, M., Lefevre, K., & Dureau, J. (Mayo de 2019). *Microphones*. Obtenido de Snips Dev Center: <https://docs.snips.ai/articles/raspberrypi/hardware/microphones>
- Fontaine, D. (2017). *US Patente n° 20180321905A1*.
- Galiana, A. (13 de Mayo de 2016). *Sistemas Embebidos*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/marcoreyes1972/sistemas-embebidos-62000647>
- García Ponce, F. (2006). Nuevas Tecnologías y Contenidos Educativos para la Educación Especial. *Red Digital*.
- García, R. (3 de Julio de 2018). *exevi*. Obtenido de La batalla de los Asistentes Virtuales ha comenzado. ¿Cuál es tu preferido?: <https://www.exevi.com/la-batalla-de-los-asistentes-virtuales-ha-comenzado-cual-es-tu-preferido/>
- Gauss Jordan Instituto. (14 de Mayo de 2015). *Sistema Embebido*. Obtenido de <https://allabutkpop.wordpress.com/sistema-embebido-2/>
- Gobierno de Navarra. (2009). Guía para medir la satisfacción respecto a los servicios prestados. Obtenido de <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/5A006CFC-7EBC-4A3F-9FA5-4574ADA817D8/0/GuiaPARAMEDIRLASATISFACCION2012.pdf>
- Harari, I., Fava, L., Díaz, J., Altoaguirre, P., & Torales, R. (2018). Rampas Digitales Innovativas para Personas con Discapacidad. *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 886-890.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

Hoffer, R. (15 de 6 de 2016). *The trouble with bots: A parent's musings on SmarterChild*. Obtenido de <https://venturebeat.com/2016/06/15/the-trouble-with-bots-a-parents-musings-on-smarterchild/>

Ibañez, A., & Escoda, C. (29 de Enero de 2018). *Tendencias globales para el mercado de los asistentes virtuales*. Obtenido de <https://nae.global/tendencias-globales-para-el-mercado-de-los-asistentes-virtuales/>

IMSERSO. (2016). Internet de la Cosas será la gran revolución para la accesibilidad. *AUTONOMÍA PERSONAL* 18, 47-49. Obtenido de <http://www.autonomiapersonal.imserso.es/InterPresent1/groups/revistas/documents/binario/rap18accesibilidad.pdf>

INCIBE. (8 de Febrero de 2018). *Introducción a los sistemas embebidos*. Obtenido de <https://www.incibe-cert.es/blog/introduccion-los-sistemas-embebidos>

Instituto Austral de Enseñanza. (2015). *Sistemas embebidos - Arduino*. Obtenido de <http://www.tecnoiae.com.ar/index.php/10-novedades/20-sistemas-embebidos-arduino>

Isaac. (12 de Agosto de 2014). *Comparativa y análisis: Raspberry Pi vs competencia*. Obtenido de <https://comohacer.eu/comparativa-y-analisis-raspberry-pi-vs-competencia/>

ITSitio. (8 de Febrero de 2013). *Gizmo, una placa para sistemas embebidos basada en AMD Fusion G*. Obtenido de <https://www.itsitio.com/us/gizmo-una-placa-para-sistemas-embebidos-basada-en-amd-fusion-g-5/>

ITU. (2019). Obtenido de <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>

- Jaya Shankar Vuppalapati, S. ., (2017). The Role of Voice Service Technologies in Creating the Next Generation Outpatient Data Driven Electronic Health Record (EHR). *Intelligent Systems Conference 2017*, (págs. 184-193). London. doi:10.1109/IntelliSys.2017.8324289
- KRANZ, M. (2017). *Internet of Things: Construye nuevos modelos de negocio*. LID.
- Kube, M. (11 de Agosto de 2017). *De qué forma el IoT está ayudando a las personas con discapacidad*. Obtenido de <https://gadgerss.com/2017/08/11/forma-iot-esta-ayudando-las-personas-discapacidad/>
- Lai, C.-H., & Hwang, Y.-S. (2018). The voice controlled Internet of Things system. *2018 7th International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE)*. doi:10.1109/ISNE.2018.8394641
- Lim, L. (24 de Octubre de 2016). *Ventajas, desventajas y palabras reservadas Python*. Obtenido de <https://mividaprogramando.wordpress.com/2016/10/24/ventajas-desventajas-palabras-reservadas-de-python/>
- López, E. P. (8 de Octubre de 2007). *Capítulo 2: Fundamentos teóricos*. Obtenido de <http://linuxemb.wikidot.com/tesis-c2>
- Macías, E. (29 de Junio de 2018). *La tecnología será la gran aliada de las personas con discapacidad* . Obtenido de <https://www.computerworld.es/tecnologia/la-tecnologia-sera-la-gran-aliada-de-las-personas-con-discapacidad>
- Manuti. (24 de Abril de 2018). *ARMv6 vs ARMv7*. Obtenido de <https://raspberryparatorpes.net/hardware/armv6-vs-armv7/>

- Moya, J., Irizar, C., & Calderón, A. (2017). Evaluación de QoE en servicios IP basada en parámetros de QoS. *EAC*, 38(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282017000300004
- Niño Rivera, M. C. (18 de Noviembre de 2018). *Desarrollo de un prototipo de aplicación móvil para el seguimiento de la hipertensión arterial utilizando el asistente personal Alexa Voice Service (AVS)*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14629/1/Ni%C3%BL0RiveraMar%C3%adaCarolina2018.pdf>
- Nirbhay, S. &. (2018). Augmenting Health care system using Internet of things. *2018 8th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*.
- Oasys. (5 de Julio de 2018). *Sistemas embebidos y su aportación a la industria*. Obtenido de <https://oasys-sw.com/sistemas-embebidos-industria/>
- ODF. (2018). *Observatorio Discapacidad Física*. Obtenido de La discapacidad física: ¿qué es y qué tipos hay?: <http://www.observatoridiscapacitat.org/es/la-discapacidad-fisica-que-es-y-que-tipos-hay>
- OMS. (2019). Obtenido de <https://www.who.int/topics/disabilities/es/>
- Overbye, D. (14 de Marzo de 2018). *Stephen Hawking, la mente que exploró el universo desde una silla de ruedas*. Obtenido de <https://www.nytimes.com/es/2018/03/14/stephen-hawking-obituario/>
- Palacios Gómez, J. L. (2002). Estrategias de ponderación de la respuesta en encuestas de satisfacción de usuarios de servicios. *Metodología de Encuestas*, 175-193.

- Pardo Sarango, C. A. (Abril de 2017). *Desarrollo de un sistema embebido de “Eye Tracking” para personas con discapacidades motrices superiores*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6881>
- Pastor, J. (9 de Mayo de 2017). *RISC-V frente a ARM y x86: el amanecer de los procesadores personalizados es Open Source*. Obtenido de Xacata: <https://www.xataka.com/componentes/risc-v-frente-a-arm-y-x86-el-amanecer-de-los-procesadores-personalizados-es-open-source>
- Posada, Á. H. (Junio de 2004). *scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co>
- Prieto, D. (2014). *Sistema de Detección de Objetos para las Personas con Discapacidad Visual*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16505/PrietoAcevedoDavidFelipe2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Puerto, K. (30 de Octubre de 2012). *ARM Cortex-A50, el futuro de los procesadores móviles*. Obtenido de <https://www.xataka.com/tablets/arm-cortex-a50-el-futuro-de-los-procesadores-moviles>
- Rajalakshmi, A., & Shahnasser, H. (2017). Internet of Things using Node-Red and alexa. *17th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)*. doi:10.1109/ISCIT.2017.8261194
- Ramos, Z. (19 de Abril de 2016). *Sistemas Embebidos*. Obtenido de <https://sistemasembebidos0416.wordpress.com/2016/04/19/sistemas-embebidos/>
- Rodríguez, P., & Castillo, A. (2017). *Sociedad Digital en España 2017*. Barcelona: Ariel S.A.

- Roman, J., & Gonzalez, K. (24 de Julio de 2017). *Sistemas embebidos y Hardware libre*. Obtenido de <http://wiki.sc3.uis.edu.co/images/e/e1/GR7.pdf>
- Romero, A., Marín, A., & Arango, E. (Octubre de 2013). *Plataformas de Laboratorio de Bajo Costo Basadas en el Protocolo ZigBee - Low Cost ZigBee Protocol Based Laboratory Platforms*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/258631758_Plataformas_de_Laboratorio_de_Bajo_Costo_Basadas_en_el_Protocolo_ZigBee_-_Low_Cost_ZigBee_Protocol_Based_Laboratory_Platforms
- Ruiz Mitjana, L. (21 de Mayo de 2019). *Alfa de Cronbach (α): qué es y cómo se usa en estadística*. Obtenido de <https://psicologiaymente.com/miscelanea/alfa-de-cronbach>
- Sánchez Vítores, R. (Octubre de 2004). *Aplicaciones de los sistemas embebidos*. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/15/07/a07.pdf>
- SemanticWebBuilder. (2016). *Sistemas Embebidos: Innovando hacia los Sistemas Inteligentes*. Obtenido de http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_
- SETEDIS. (Mayo de 2016). *Análisis del costo de la discapacidad en el Ecuador*.
- Strejil, R., Winkler, S., & Hands, D. (2016). Mean Opinion Score (MOS) revisited: Methods and applications, limitations and alternatives. Obtenido de <https://stefan.winklerbros.net/Publications/mmsj2016.pdf>
- Tahir, M., & Ashfaque. (2009). Voice Controlled Wheelchair Using DSK TMS320C6711. SignalAcquisition and Processing. *ICSAAP*, 217-220.

- Tulli, T. (15 de Noviembre de 2018). *Computerized Device with Voice Command input Capability*.
- UIT. (30 de Agosto de 1996). *Métodos de determinación subjetiva de la calidad de transmisión*.
Obtenido de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-P.800-199608-I!!PDF-S&type=items
- UNED. (16 de Enero de 2014). *Controladores industriales de diseño de alto nivel*. Obtenido de http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf
- Vilajosana, I. (2017). *Introducción a los sistemas empotrados*. Obtenido de [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Sistemas_empotrados/Sistemas_empotrados_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Sistemas_empotrados/Sistemas_empotrados_(Modulo_1).pdf)
- Villá, V. (15 de Marzo de 2019). *Las metodologías ágiles más utilizadas y sus ventajas dentro de la empresa*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/blog/que-son-metodologias-agiles-agile-scrum/>
- Yue, C. Z., & Ping, S. (2017). Voice activated smart home design and implementation. *2nd International Conference on Frontiers of Sensors Technologies (ICFST)*.