



**Humanidad aumentada como estrategia de inclusión para las personas con discapacidad visual y su entorno: propuesta de una arquitectura de una aplicación de control hiperindividualizado**

Portilla Bravo, Alexander Sebastián

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas en Informática

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería en Sistemas e Informática

Ing. Guerrero Idrovo, Rosa Graciela

31 de marzo del 2021

## URKUND

### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Tesis\_PortillaAlexander (3).pdf (D100125753)  
**Submitted:** 3/29/2021 10:51:00 PM  
**Submitted By:** rgguerrero@espe.edu.ec  
**Significance:** 4 %

#### Sources included in the report:

TESIS SLR.docx (D25836859)  
Torres\_Reascos\_Tesis\_EspePark.docx (D63481167)  
TrabajoTitulacionFinal\_AguinagaGomez.docx (D54526579)  
<https://apps.apple.com/es/story/id1439636456>  
<https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/mac/xamarin/>  
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>  
<https://www.who.int/es/news-room/detail/08-10-2019-who-launches-first-world-report-on-vision>  
<https://dle.rae.es/inteligente%20?m=form>  
<https://www.mongodb.com/nosql-explained/nosql-vs-sql>  
<https://docplayer.es/amp/94727977-Actas-del-xiii-congreso-internacional-interaccion-persona-ordenador-interaccion-12.html>  
<https://core.ac.uk/download/pdf/232206888.pdf>

#### Instances where selected sources appear:

19



Firmado electrónicamente por:  
ROSA GRACIELA  
GUERRERO IDROVO



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, **“Humanidad aumentada como estrategia de inclusión para las personas con discapacidad visual y su entorno: Propuesta de una arquitectura de una aplicación de control hiperindividualizado** fue realizado por el señor **Portilla Bravo, Alexander Sebastián** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 31 de marzo de 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**ROSA GRACIELA  
GUERRERO IDROVO**

**Guerrero Idrovo, Rosa Graciela**

**DIRECTOR**

C. C.: 1720513322



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Responsabilidad de autoría

Yo, Portilla Bravo, Alexander Sebastián, con cédula de ciudadanía n° 1723269724, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Humanidad aumentada como estrategia de inclusión para las personas con discapacidad visual y su entorno: Propuesta de una arquitectura de una aplicación de control hiperindividualizado** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 31 de marzo de 2021

Firma



Portilla Bravo, Alexander Sebastián

C.C.: 1723269724



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Autorización de publicación

Yo **Portilla Bravo, Alexander Sebastián** con cédula de ciudadanía n° 1723269724, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar el trabajo de titulación: "Humanidad aumentada como estrategia de inclusión para las personas con discapacidad visual y su entorno: Propuesta de una arquitectura de una aplicación de control hiperindividualizado.", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 31 de marzo de 2021

Firma



Portilla Bravo, Alexander Sebastián

C.C.: 1723269724

### **Dedicatoria**

El presente proyecto de tesis lo dedico a los dos pilares fundamentales de mi vida que son mis padres, que con su ejemplo, apoyo y consejos han hecho posible cumplir mis objetivos. Además, a mi hermano, mis abuelitos, mi tía Mariani y demás familiares en general que me brindaron su ayuda y aliento durante el transcurso de mi vida universitaria.

Portilla Bravo, Alexander Sebastián

## **Agradecimiento**

Agradecer primero a Dios, por darme su bendición, guiarme durante todo el proceso de estudiante de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, por la fuerza para afrontar los diversos problemas que se presentaron hasta alcanzar uno de mis principales objetivos. Agradecer de todo corazón a mi padre Oscar y mi madre Mónica, por su confianza, por su apoyo, por su sabiduría, sus valores inculcados, su infinito cariño y ayuda para concluir esta etapa tan importante de mi vida. A mi hermano Oscar Andrés, ya que él siempre fue mi ejemplo a seguir, que me alentó en los momentos críticos y continuar pese a todo. Agradecerles por cada consejo brindado donde todo se hizo más difícil.

A mi abuelita y tía Mariani, por su apoyo incondicional en lo emocional y económico. Gracias por permitirme aprender, que el amor y la fe son elementos que hacen que lo imposible se transforme en una hermosa realidad.

A la universidad “ESPE”, que me brindó la oportunidad de terminar mis estudios universitarios, que en su hermoso campus me formé profesionalmente.

A los docentes de la universidad “ESPE”, por compartir sus amplios conocimientos durante las diversas etapas de mi carrera universitaria, de manera especial a la Ing. Guerrero Graciela, tutora del presente proyecto de tesis quien me ha guiado con paciencia, profesionalismo y dedicación.

A todos mis compañeros por las diversas vivencias, momentos y etapas vividas dentro y fuera de las aulas que han dejado una huella indeleble de esta etapa universitaria.

Portilla Bravo, Alexander Sebastián

## Índice de Contenidos

Certificación .....	3
Dedicatoria .....	4
Agradecimiento .....	5
Índice de Contenidos .....	6
Índice de tablas .....	9
Índice de figuras .....	10
Resumen .....	13
Abstract .....	14
Capítulo I .....	11
Introducción.....	11
Planteamiento del problema .....	12
Justificación .....	14
Objetivos .....	15
<i>Objetivo General</i> .....	15
<i>Objetivos Específicos</i> .....	15
Alcance .....	16
Hipótesis de Trabajo .....	19
Estructura del trabajo .....	19
Capítulo II .....	20
Estado de la cuestión y marco teórico .....	20
Estado del Arte .....	20
<i>Directivas de Investigación</i> .....	21
<i>Recolección de datos</i> .....	22
<i>Resultados</i> .....	30
Metodología de la investigación.....	46
<i>Metodología Design Science</i> .....	46
Marco Teórico.....	48
<i>Red de Categorías</i> .....	48
<i>Fundamentación Científica de la variable independiente</i> .....	49



<i>Fundamentación Científica de la variable dependiente</i> .....	56
Capítulo III.....	60
Desarrollo.....	60
Herramientas.....	60
<i>Sistema Operativo (SO)</i> .....	60
<i>Plataforma de desarrollo</i> .....	61
<i>Base de datos</i> .....	62
<i>Visión por computadora</i> .....	64
<i>Dispositivo móvil</i> .....	65
<i>Arquitectura</i> .....	67
Diseño.....	68
<i>Directrices WCAG</i> .....	68
<i>Patrones de diseño</i> .....	70
<i>Ilities</i> .....	72
<i>Prototipo de baja fidelidad de la aplicación “Visión Segura”</i> .....	75
<i>Prototipo de alta fidelidad de la aplicación “Visión Segura”</i> .....	83
Diagrama de flujo.....	87
Capítulo IV.....	89
Resultados.....	89
Preguntas.....	89
<i>Cuestionario para estudiantes</i> .....	89
<i>Cuestionario para especialistas</i> .....	91
Resultados.....	92
<i>Resultados del cuestionario para estudiantes</i> .....	93
<i>Resultados del cuestionario para especialistas</i> .....	98
Análisis y discusión de resultados.....	110
<i>Análisis de los resultados de información del usuario</i> .....	111
<i>Análisis de los resultados de uso cognitivo</i> .....	112
<i>Análisis de los resultados de ayuda del usuario</i> .....	113
<i>Análisis de los resultados de interacción del usuario</i> .....	114
<i>Análisis de los resultados de la usabilidad de la aplicación</i> .....	115
<i>Análisis de los resultados del cuestionario de usabilidad SUS</i> .....	116

Capítulo V .....	120
Conclusiones y recomendaciones .....	120
Conclusiones .....	120
Recomendaciones.....	122
Trabajos Futuros .....	123
Bibliografía .....	124

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Alcance del proyecto de titulación.....	16
<b>Tabla 2</b> Preguntas de investigación .....	18
<b>Tabla 3</b> Grupo de Control.....	22
<b>Tabla 4</b> Resultados de la CB1 en las distintas bases digitales .....	26
<b>Tabla 5</b> Resultado de la CB2 en las distintas bases digitales .....	27
<b>Tabla 6</b> Resultados de la CB3 en las distintas bases digitales .....	27
<b>Tabla 7</b> Respuesta a la primera pregunta de investigación .....	32
<b>Tabla 8</b> Técnicas para facilitar la interacción de las personas ciegas y su entorno .....	44
<b>Tabla 9</b> Comparativa Bases de datos SQL y NoSQL.....	62
<b>Tabla 10</b> Comparativa Matlab, OpenCV y Tensorflow .....	64
<b>Tabla 11</b> Características mínimas de HW y SW del teléfono inteligente .....	65
<b>Tabla 12</b> Herramientas .....	66
<b>Tabla 13</b> Ilitjes de la aplicación "Visión Segura" .....	73
<b>Tabla 14</b> Cuestionario de usabilidad estudiantes .....	89
<b>Tabla 15</b> Cuestionario de Usabilidad SUS.....	91
<b>Tabla 16</b> Resultados resumidos del cuestionario de usabilidad SUS .....	116
<b>Tabla 17</b> Resumen de resultados obtenidos de los cuestionarios aplicados a estudiantes .....	118

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Árbol de Problemas .....	13
<b>Figura 2</b> Proceso del mapeo sistemático .....	21
<b>Figura 3</b> Estudios obtenidos en bases digitales luego de aplicación de inclusión, exclusión y consenso de los investigadores .....	29
<b>Figura 4</b> Metodología Design Science.....	47
<b>Figura 5</b> Red de Categorías.....	49
<b>Figura 6</b> Arquitectura de la aplicación "Visión Segura" .....	68
<b>Figura 7</b> Diagrama de entrada y salida de la aplicación "Visión Segura" .....	75
<b>Figura 8</b> Representación visual de las partes importantes del inicio en frío de una aplicación .....	76
<b>Figura 9</b> Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de carga.....	77
<b>Figura 10</b> Prototipo de baja fidelidad de la interfaz del menú principal .....	78
<b>Figura 11</b> Prototipo de baja fidelidad de la interfaz antes del reconocimiento de objetos .....	79
<b>Figura 12</b> Prototipo de baja fidelidad de la interfaz después del reconocimiento de objetos.....	80
<b>Figura 13</b> Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de ayuda .....	81
<b>Figura 14</b> Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de configuración .....	82
<b>Figura 15</b> Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de información .....	83
<b>Figura 16</b> Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de carga.....	84
<b>Figura 17</b> Prototipo de alta fidelidad de la interfaz del menú principal .....	84
<b>Figura 18</b> Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de reconocimiento de objetos .....	85

<b>Figura 19</b> Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de configuración .....	85
<b>Figura 20</b> Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de información .....	86
<b>Figura 21</b> Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de ayuda .....	86
<b>Figura 22</b> Diagrama de flujo de la aplicación "Visión Segura" .....	88
<b>Figura 23</b> Familiaridad de la aplicación "Visión Segura" .....	93
<b>Figura 24</b> Visibilidad de la aplicación "Visión Segura" .....	94
<b>Figura 25</b> Previsibilidad de la aplicación "Visión Segura" .....	95
<b>Figura 26</b> Control de usuario de la aplicación "Visión Segura" .....	96
<b>Figura 27</b> Bajo esfuerzo en la aplicación "Visión Segura" .....	97
<b>Figura 28</b> Navegación en la aplicación "Visión Segura" .....	98
<b>Figura 29</b> Resultado de la primera pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	99
<b>Figura 30</b> Resultado de la segunda pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	100
<b>Figura 31</b> Resultado de la tercera pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	101
<b>Figura 32</b> Resultado de la cuarta pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	102
<b>Figura 33</b> Resultado de la quinta pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	103
<b>Figura 34</b> Resultado de la sexta pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	104
<b>Figura 35</b> Resultado de la séptima pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	105
<b>Figura 36</b> Resultado de la octava pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	106
<b>Figura 37</b> Resultado de la novena pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	107
<b>Figura 38</b> Resultado de la décima pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	108
<b>Figura 39</b> Resultado de la décimo primera pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	109

<b>Figura 40</b> Resultado de la Décimo segunda pregunta del cuestionario de usabilidad SUS .....	110
<b>Figura 41</b> Análisis de los resultados de información del usuario .....	111
<b>Figura 42</b> Análisis de los resultados de uso cognitivo .....	112
<b>Figura 43</b> Análisis de los resultados de interacción del usuario .....	113
<b>Figura 44</b> Análisis de los resultados de interacción del usuario .....	114
<b>Figura 45</b> Análisis de los resultados de la usabilidad de la aplicación .....	115

## Resumen

La visión es uno de los sentidos centrales del cuerpo humano y ciertas personas carecen de este sentido generando la incapacidad para ubicar e interactuar con los objetos, causando así una dependencia de terceras personas. El objetivo del presente trabajo es desarrollar una propuesta de arquitectura de aplicación de control hiperindividualizado mediante humanidad aumentada para la inclusión de personas con ceguera mejorando su interacción en entornos cerrados, para esto se ha considerado: i) identificar propuestas de otros autores que hayan aportado a mejorar la interacción de las personas con ceguera mediante un análisis de trabajos relacionados, ii) proponer una nueva arquitectura para una aplicación de control hiperindividualizada de administración digital, para mejorar la interacción de discapacitados visuales en entornos cerrados utilizando visión computarizada, y iii) analizar y evaluar la accesibilidad, adaptabilidad y usabilidad que presentará la arquitectura propuesta en la simulación de la aplicación de Humanidad Aumentada y visión por computadora, para medir la calidad de experiencia del usuario. Finalmente, se puede decir que la arquitectura propuesta y el prototipo de alta fidelidad de la aplicación “Visión Segura” es viable, esto se observa en los resultados obtenidos en los diferentes grupos evaluados, por lo tanto, se recomienda continuar con el desarrollo de la aplicación.

### Palabras claves:

- **CEGUERA**
- **HCI**
- **HUMANIDAD AUMENTADA**
- **VISIÓN POR COMPUTADORA**
- **VISIÓN SEGURA**

### **Abstract**

Vision is one of the central senses of the human body and certain people lack this sense generating the inability to locate and interact with objects, thus causing dependence on third parties. The objective of this work is to develop a proposal for a hyperindividualized control application architecture using augmented humanity for the inclusion of people with blindness improving their interaction in closed environments, for this we have considered: (i) identify proposals from other authors who have contributed to improve the interaction of people with blindness through an analysis of related works, (ii) propose a new architecture for a hyperindividualized control application of digital administration, to improve the interaction of visually impaired in closed environments using computer vision, and (iii) analyze and evaluate the accessibility, adaptability and usability that the proposed architecture will present in the simulation of the Augmented Humanity and computer vision application, to measure the quality of user experience. Finally, it can be said that the proposed architecture and the high fidelity prototype of the "Safe Vision" application is viable, this is observed in the results obtained in the different groups evaluated, therefore, it is recommended to continue with the development of the application.

#### **Keywords:**

- **BLINDNESS**
- **HCI**
- **AUGMENTED HUMANITY**
- **COMPUTER VISION**
- **VISIÓN SEGURA**



## **Capítulo I**

### **Introducción**

En el capítulo I del presente proyecto de titulación se abordan los antecedentes, la problemática, justificación, objetivos (general y específicos), alcance, hipótesis y la estructura que presentará el presente trabajo.

#### **Antecedentes**

En el informe presentado por la (Organización Mundial de la Salud, 2019) (OMS) el 08 de octubre del 2019 en Ginebra, señala que, las enfermedades de deficiencia visual y oftalmológicas afectan a las personas de diferentes formas: con frecuencia afecta más a personas que viven en zonas rurales, aquellas personas con bajos ingresos, mujeres, personas mayores de 50 años e indígenas. Teniendo en cuenta esto, la OMS indica que, en la actualidad, a nivel mundial existen al menos 2.200 millones de personas con deficiencia visual, dentro de este grupo de personas se estima que al menos 40 millones son ciegas y 135 millones tienen baja visión. Sin embargo, según la OMS cerca del 80% de estos casos se pudo evitar, curar o tratar.

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) existen 485.325 personas con algún tipo de discapacidad en Ecuador, donde el 11.66% de la población ecuatoriana tienen una deficiencia visual, dentro la deficiencia visual existen diferentes grados de ceguera (el grado en el que las personas pueden o no ver los objetos a su alrededor) por ejemplo: el 33.65% de personas sufren un grado de ceguera del 30% al 49%, el 26.72% de personas sufren un grado de ceguera del 50% al 74%, el 30.03% de personas sufren un grado de ceguera del 75% a 84% y el 9.61% de personas sufren un grado de ceguera del 85% al 100% (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2020).

Finalmente, existe el 39.64% de personas con un grado de ceguera del 75% al 100% en los que se enfocara la presente propuesta.

### **Planteamiento del problema**

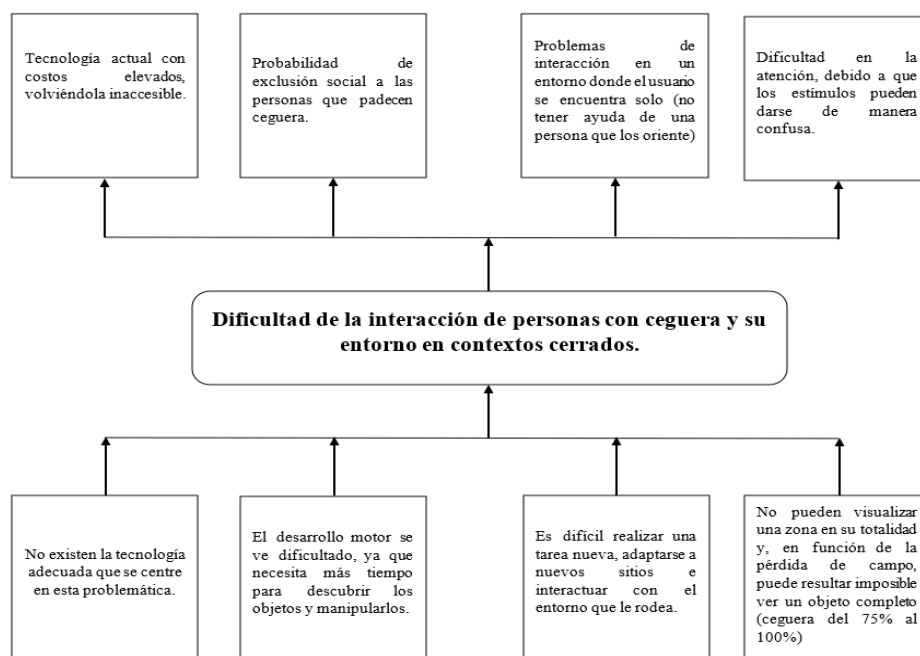
La visión es uno de los sentidos centrales del cuerpo humano y ciertas personas carecen de este sentido o adquieren la ceguera generando la incapacidad para percibir, ubicar e interactuar con los objetos o que estos realicen una acción en específico, causando así una dependencia de terceras personas o ayudantes que les permitan interactuar con su entorno, pero en algunos casos no es así ya que muchas personas viven solas en sus hogares y la detección e interacción con estos objetos es cada vez más difícil. Algunas otras causas y efectos de la ceguera se mencionan en la figura 1. A continuación, surgen algunos ejemplos de interrogantes teniendo en cuenta el siguiente escenario planteado: Suponer que una persona ciega se encuentra de pie en medio de una habitación y nace la necesidad de dirigirse hacia otra habitación o desea interactuar con su entorno (objetos como controles, televisión, comida, entre otras cosas), prender la luz o simplemente saber si esta está encendida o apagada. ¿Qué se debería hacer primero? ¿Cómo proceder en caso de desorientación? Caminar derecho, darse la vuelta, moverse hacia atrás o hacia los lados hasta encontrarse o identificar algún objeto para saber qué hacer o dónde se encuentra (por ejemplo: una silla o un mueble). ¿Dónde se encuentra el dispositivo (televisión, equipo de sonido, entre otros) o el interruptor? Estas interrogantes, como muchas otras, necesitan tener una respuesta por parte de los científicos e investigadores los cuales trabajan por dar algún tipo de solución técnica que responda de forma parcial o total al problema de la movilidad o interacción de las personas ciegas y su entorno.

Al poseer ceguera, se les dificulta a las personas estar conscientes del

entorno que les rodea. La falta de conocimiento a menudo viene acompañada de inconvenientes, desventajas e incluso de riesgo para las personas, pierden la orientación o tienen mayor riesgo de caerse. Pero, las personas necesitan hacer su vida con la mayor normalidad posible. La calidad de vida depende en gran medida de la capacidad de moverse, calcular itinerarios, tomar decisiones y evitar obstáculos (Butler, 1994). Para estas personas, perder la vista es similar a perder su autonomía. Gran parte de las personas que tienen ceguera necesitan de otros humanos para el movimiento y la apreciación ambiental en muchos casos deben memorizar detalles, ubicación y lugares para saber dónde se encuentran las cosas. Incluso en su propia casa, las personas ciegas deben manifestar esfuerzos y carga cognitiva para movilizarse de un lugar a otro o interactuar con objetos que tengan en su hogar e incluso en una habitación en particular.

**Figura 1**

*Árbol de Problemas*



Nota. En esta figura se muestra las causas y efectos del problema central del proyecto de investigación.

## Justificación

Según la OMS existen cerca de 2.200 millones de personas que poseen algún tipo de deficiencia visual de las cuales se estima que hay entre 40 millones de personas ciegas, dentro de estas personas sufren de una agudeza visual grave, donde según la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2018) esta acude a un valor de 6/60, mientras que la ceguera se encuentra en el valor 3/60. En el contexto ecuatoriano según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades el 11.66% tienen una deficiencia visual y dentro de este porcentaje existe el 39.64% de personas con discapacidad visual del 75% al 100% (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2020). El sentido de la vista es uno de los canales sensoriales primarios ya que aproximadamente el 80 % de la información que reciben las personas es a través de este sentido, permitiendo a las persona llegar más allá de su propio cuerpo, coordinar los otros sistemas interrelacionando la información recibida por estos por ejemplo: un bebe cuando escucha que suena algo el sentido de la vista va hacia el sonido, generando información de las características del objeto que genera este sonido, en el caso de un bebe con ceguera percibe que suena algo, este no posee información del objeto que produce el sonido (Vaquero, s.f), otro problema que se ha evidenciado en este tipo de personas es con la interacción entre su entorno y ellos dificultando así la forma de realizar tareas nuevas, adaptarse a nuevos sitios e interactuar con el entorno que les rodea, además su desarrollo motor se ve dificultado en nuevos entornos, ya que se necesita mayor tiempo para descubrir los objetos y manipularlos, teniendo como efecto que las personas que padecen este porcentaje de discapacidad visual sean excluidas socialmente ya que tienen dificultades en la atención debido a que los estímulos podrían llegar de una forma o manera confusa distorsionando de cierto modo la realidad, además que son conscientes de que existen diversas cosas de su entorno que se les escapan, en caso de que estos problemas y desigualdades no sean atendidos de una

manera óptima y sin invadir el espacio personal de las personas con discapacidad estos continuará teniendo problemas como: exclusión social, una interpretación errónea de la realidad y no podrán interactuar con su entorno sin la necesidad de terceras personas.

Actualmente, es innegable la existencia de diversos estudios y/o aplicaciones que dirigidas a personas ciegas, sin embargo, estos aportes se encuentran enfocados a brindar solución a diversos problemas focales que tienen estas personas, por ejemplo: existen aplicaciones como la propuesta por (Delahoz & Labrador, 2017) donde se realiza la detección del suelo, u otra como la propuesta por (Morar, A. Moldoveanu, Petrescu, Ferche, & Moldoveanu, 2017), cuyo objetivo es detectar escaleras.

Aplicaciones que poseen un enfoque único para solventar un objetivo específico, en este proyecto se plantea una arquitectura de aplicación, donde el usuario interactúa con su entorno mediante la visualización ya sea escaleras, dispositivos electrónicos, objetos, personas, animales, etc., para brindarle un aumento a su conocimiento del entorno.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Desarrollar una propuesta de arquitectura de aplicación de control hiperindividualizado mediante humanidad aumentada para la inclusión de personas con ceguera mejorando su interacción en entornos cerrados.

### ***Objetivos Específicos***

- Identificar propuestas de otros autores que hayan aportado a mejorar la interacción de las personas con ceguera mediante tecnología a través de un análisis de trabajos relacionados mediante la búsqueda bibliográfica en tres bases científicas (ACM, IEEE, Scopus) para obtener características intrínsecas que apoyen en el desarrollo de la propuesta de la investigación presentada.

- Proponer una nueva arquitectura para una aplicación de control hiperindividualizado de administración digital (humanidad aumentada), para mejorar la interacción de discapacitados visuales en entornos cerrados utilizando visión computarizada, partiendo del análisis de trabajos relacionados.
- Analizar y evaluar la accesibilidad, adaptabilidad y usabilidad que presentará la arquitectura propuesta en la simulación de la aplicación de Humanidad Aumentada y visión por computadora, para medir la calidad de experiencia del usuario al interactuar con la aplicación.

### **Alcance**

Para delimitar el alcance del proyecto de investigación a desarrollarse se ha dividido en las siguientes fases como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Alcance del proyecto de titulación*

<b>OBJETIVOS</b>	<b>FASES</b>
Estudio y obtención de características intrínsecas que apoyen en el desarrollo de la propuesta de la investigación presentada.	Identificar la cantidad de herramientas y aplicaciones para personas con discapacidad visual en la que se utilice visión por computadora y humanidad aumentada.
Proponer una nueva arquitectura para una aplicación de control hiperindividualizada de administración digital (humanidad aumentada), para mejorar la interacción de	<p>a. Evaluar al menos 2 técnicas de desarrollo para la interacción con personas con ceguera.</p> <p>b. La propuesta de la aplicación se enfocará en personas con</p>

---

<p>discapacitados visuales en entornos cerrados utilizando visión computarizada, partiendo del análisis de trabajos relacionados.</p>	<p>discapacidad visual del 75% al 100%.</p>
---	---

---

Analizar y evaluar la accesibilidad, adaptabilidad y usabilidad que presentará la arquitectura propuesta en la simulación de la aplicación de Humanidad Aumentada y visión por computadora, para medir la calidad de experiencia del usuario al interactuar con la aplicación.

- a. Evaluar al menos 2 técnicas de evaluación de accesibilidad y usabilidad para la interacción de la aplicación desarrollada con personas con ceguera.
- b. Presentación de un prototipo iOS y Android de alta fidelidad de la arquitectura propuesta.
- c. Se va a realizar una evaluación con diferentes usuarios (5 especialistas y 60 estudiantes).

---

Nota. Esta tabla muestra el alcance que tiene el presente proyecto de titulación.

Además, se proponen diferentes preguntas de investigación las cuales se relacionan con los objetivos específicos mencionados, como se muestra a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2***Preguntas de investigación*

OBJETIVOS	FASES
<p><b>OE1.</b> Estudio y obtención de características intrínsecas que apoyen en el desarrollo de la propuesta de la investigación presentada.</p>	<p><b>RQ1 (OE1):</b> ¿Qué tecnologías han sido utilizadas para crear aplicaciones o propuestas para la interacción de las personas con ceguera en sitios cerrados?</p> <p><b>RQ2 (OE1):</b> ¿Qué técnicas se han utilizado para facilitar la interacción de las personas con ceguera con su entorno?</p>
<p><b>OE2.</b> Proponer una nueva arquitectura para una aplicación de control hiperindividualizada de administración digital (humanidad aumentada), para mejorar la interacción de discapacitados visuales en entornos cerrados utilizando visión computarizada, partiendo del análisis de trabajos relacionados.</p>	<p><b>RQ3 (OE2):</b> ¿Qué tipo de accesibilidad se propondrá para una aplicación de control de interiores con visión por computadora?</p>
<p><b>OE3.</b> Analizar y evaluar la accesibilidad, adaptabilidad y usabilidad que presentará la arquitectura propuesta en la simulación de la aplicación de Humanidad Aumentada y visión por computadora,</p>	<p><b>RQ4 (OE3):</b> ¿Que método/métodos existen para validar la propuesta?</p> <p><b>RQ5 (OE3):</b> ¿Qué herramientas existen para validar la propuesta?</p>



---

para medir la calidad de experiencia del usuario al interactuar con la aplicación.

---

Nota. En esta tabla se muestran los objetivos específicos planteados con sus respectivas preguntas de investigación.

### **Hipótesis de Trabajo**

La propuesta de una arquitectura de control hiperindividualizado basada en humanidad aumentada permitirá a las personas con ceguera interactuar con entornos cerrados.

### **Estructura del trabajo**

El presente proyecto de titulación está estructurado por 5 capítulos los cuales abordan las siguientes temáticas: capítulo II es el estado de la cuestión en el cual se realiza una revisión de literatura con sus diferentes fases para llevar a cabo el estado del arte, el capítulo III es el modelo propuesta en el cual se detalla lineamientos de la accesibilidad, el diseño de la arquitectura, las herramientas que se utilizarán y el desarrollo del prototipo de la arquitectura de la aplicación “Visión Segura”, el capítulo IV es la evaluación en donde se diseña el cuestionario que se le realizará al prototipo de la arquitectura de la aplicación, la ejecución o aplicación de la evaluación y análisis de los resultados. Finalmente, el capítulo V son las conclusiones, recomendaciones y los trabajos futuros que se realizarán a partir del presente proyecto.

## Capítulo II

### Estado de la cuestión y marco teórico

En el presente capítulo consta de las siguientes partes: estado de la cuestión o estado del arte en el que se realizará un análisis de trabajos relacionados acordes a la temática planteada, la metodología de investigación donde se expondrán las etapas o fases para la temática y finalmente el marco teórico donde se define la red de categorías de las variables y la definición de las mismas.

#### Estado del Arte

Para la presente sección se analizan los trabajos relacionados con la temática del proyecto, con la finalidad de conocer las diferentes herramientas, técnicas y metodologías de los trabajos que han sido realizados.

Para este proceso se utilizó la metodología de revisión sistemática de literatura que se muestra en la figura 2, esta metodología consta de 3 fases para la extracción de información:

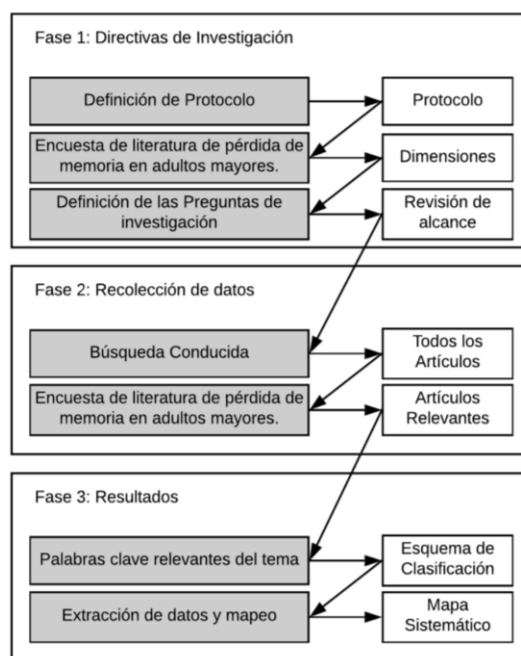
i) **Fase de las directivas de investigación:** se definen diferentes aspectos como: la temática a investigar, objetivo a alcanzar y las preguntas de investigación que se responderán durante el desarrollo.

ii) **Fase de recolección de datos:** se presentan los documentos encontrados más relevantes luego de haber ejecutado la cadena de búsqueda para las distintas bases digitales que se utilizarán para este proyecto.

iii) **Resultados:** de las palabras claves de los artículos más destacados, después de hacer un proceso en el cual se identifican los estudios candidatos, relevantes y primarios.

**Figura 2**

*Proceso del mapeo sistemático*



Nota. Esta figura presenta la metodología de investigación. Imagen tomada de (Sotos, et al., 2018)

### ***Directivas de Investigación***

Para el desarrollo de la primera fase es necesario la realización de los criterios de búsqueda, ya que estos criterios serán esenciales para definir las preguntas de investigación planteadas, estas preguntas servirán como referencia para la búsqueda de los estudios relacionados a la temática tratada, estos procesos fundamentarán la realización de los criterios de inclusión y exclusión para la selección de estudios primarios, para terminar el proceso mediante un análisis de los resultados que se obtuvieron. Las preguntas de investigación que se han definido para el presente proyecto son:

- **RQ1:** ¿Qué tecnologías han sido utilizadas para crear aplicaciones o propuestas para la interacción de las personas con ceguera en sitios cerrados?

- **RQ2:** ¿Qué técnicas se han utilizado para facilitar la interacción de las personas con ceguera con su entorno?

### **Recolección de datos**

Para el desarrollo de la segunda fase se efectuó el análisis de inclusión y exclusión de los estudios relacionados mediante la implementación de la cadena de búsqueda ideal personalizada para las diferentes bases de datos como: ACM, IEEE y Scopus, todo el proceso de filtrado de estos estudios se realizó de manera manual utilizando los criterios de inclusión y exclusión que a continuación se mencionan. Se realizó este procedimiento ya que la revisión sistemática tiene como fin reunir toda la información necesaria que cumpla con los criterios y ayuden al cumplimiento de los objetivos establecidos (antes mencionados en el capítulo I) (Ivarsson & Gorschek, 2011).

### **Palabras clave y cadenas de búsqueda**

Para obtener los estudios primarios para el presente proyecto, se procedió a construir los términos de búsqueda, para ello es necesario identificar el grupo de control que se muestra en la tabla 3, estos estudios tienen relación directa con las preguntas de investigación planteadas para el presente proyecto.

**Tabla 3**

*Grupo de Control*

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Cita</b>	<b>Palabras Claves</b>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet of Things</li> </ul>
<b>EGC1</b>	<b>AmIE: An Ambient Intelligent Environment for Assisted Living</b>	(Kandil, AlBaghdadi, AIAttar, & Damaj, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Context aware,</li> <li>• Ambient intelligence,</li> <li>• Blind</li> <li>• Visually impaired</li> </ul>

	<b>Developing Walking Assistants for Visually Impaired People: A Review</b>	(Islam, Sadi, Zamli, & Ahmed, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visually Impaired People</li> <li>• Walking Assistants</li> <li>• Computer Vision</li> <li>• Sensors</li> <li>• Smartphone</li> <li>• Electronic Travel Aid Navigation</li> <li>• Review.</li> </ul>
<b>EGC2</b>			
	<b>Indoor Spatial Voice Navigation for People with Visual Impairment and Without Visual Impairment</b>	(Tsirmpas, Rompas, Fokou, & Koutsouris, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visually impaired people</li> <li>• People without visual impairment</li> <li>• Indoor space</li> <li>• Voice navigation</li> </ul>
<b>EGC3</b>			
	<b>Smartphone Based Indoor Navigation for Blind Persons using User Profile and Simplified Building Information Model</b>	(Zaib, Khusro, Ali, & Alam, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smartphone application</li> <li>• Indoor navigation</li> <li>• Blind indoor navigation</li> </ul>
<b>EGC4</b>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blind users</li> <li>• Visual disabilities</li> <li>• Indoor localization</li> </ul>
<b>EGC5</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indoor maps</li> </ul>

	<b>Indoor Localization Solution for Users with Visual Disabilities</b>	(Calle-Jimenez, Sanchez-Gordon, & Luján-Mora, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SVG</li> <li>• WCAG</li> <li>• Mobile accessibility</li> <li>• Web accessibility</li> <li>• Wi-Fi beacon frames.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visually impaired</li> </ul>
<b>EGC6</b>	<b>Novel indoor navigation system for visually impaired and blind people</b>	(Chaccour & Badr, Novel indoor navigation system for visually impaired and blind people, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blind</li> <li>• Computer vision</li> <li>• Assistance</li> <li>• Navigation</li> <li>• Obstacle avoidance</li> <li>• Mobile application</li> <li>• Camera</li> </ul>
<b>EGC7</b>	<b>Wearable Navigation System for the Visually Impaired and Blind People</b>	(Kaiser, Kaiser, & Lawo, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wearable computing</li> <li>• Pedestrian Navigation</li> <li>• Visually Impaired</li> <li>• Blind People</li> </ul>
<b>EG8</b>	<b>A Cloud and Vision-based Navigation System Used for Blind People</b>	(Jinqiang, Dijun, Guobin, & Zhongliang, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Networks</li> <li>• Network services</li> <li>• Cloud computing</li> <li>• Computing methodologies</li> <li>• Artificial intelligence</li> <li>• Computer vision</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computer vision tasks</li> <li>• Vision for robotics.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Human-centered computing</li> </ul>
<b>EG9</b>	<b>Indoor Localization for Visually Impaired Travelers Using Computer Vision on a Smartphone</b>	(Fusco & Coughlan, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accessibility technologies</li> <li>• Mobile devices</li> <li>• Computing methodologies</li> <li>• Computer vision.</li> </ul>
<b>EG10</b>	<b>Novel Framework for Outdoor Mobility Assistance and Auditory Display for Visually Impaired People</b>	(Khan, Hussain, Khan, Nawaz, & Baker, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visual Impairment</li> <li>• Outdoor Mobility Assistance</li> <li>• Blind People Navigation</li> <li>• Object Recognition</li> <li>• Obstacle Detection</li> <li>• Healthcare Technology Framework</li> <li>• Data Fusion</li> <li>• Scene Recognition</li> <li>• Healthcare Aid</li> </ul>

Nota. En esta tabla se muestran todos los artículos que forman el grupo de control de la revisión de literatura del proyecto de titulación.

Tras un análisis de los estudios del grupo de control (EGC), se seleccionaron las palabras más relevantes respecto al objetivo de la búsqueda, en este caso fueron: Visually impaired people, blind users, visual disabilities, blind people, people without visual impairment, indoor space, indoor environment, context aware, computer vision, smartphones, mobile device, mobile applications y mobile accessibility.

Una vez identificados los términos se procedió a crear la cadena de búsqueda y modificarla hasta obtener la cadena búsqueda ideal. La primera cadena de búsqueda (CB) es la siguiente:

- **CB1:** (“VISUALLY IMPAIRED PEOPLE” OR “BLIND USERS” OR “VISUAL DISABILITIES” OR “BLIND PEOPLE” OR “PEOPLE WITHOUT VISUAL IMPAIRMENT”) AND (“CONTEXT AWARE” OR “INDOOR SPACE”) AND (“SMARTPHONES” OR “MOBILE ACCESSIBILITY”)

**Tabla 4**

*Resultados de la CB1 en las distintas bases digitales*

<b>Bases digitales</b>	<b>Cantidad de artículos</b>
<b>ACM</b>	0
<b>IEEE Xplore</b>	1120
<b>SCOPUS</b>	90

Nota. En esta tabla se muestran los resultados obtenidos en las diferentes bases digitales con la CB1

- **CB2:** (“VISUALLY IMPAIRED PEOPLE” OR “BLIND USERS” OR “VISUAL DISABILITIES” OR “BLIND PEOPLE” OR “PEOPLE WITHOUT VISUAL IMPAIRMENT”) AND (“CONTEXT AWARE” OR “INDOOR SPACE”) AND (“SMARTPHONE” OR “MOBILE ACCESSIBILITY”) AND (“COMPUTER VISION”)



**Tabla 5**

*Resultado de la CB2 en las distintas bases digitales*

<b>Bases digitales</b>	<b>Cantidad de artículos</b>
<b>ACM</b>	22
<b>IEEE Xplore</b>	39
<b>SCOPUS</b>	5

Nota. En esta tabla se muestran los resultados obtenidos después de depurar la CB1 y aplicar la CB2 en las diferentes bases digitales

- CB3:** (“BLIND PEOPLE” OR “BLIND USERS” OR “VISUALLY IMPAIRED” OR “VISUAL DISABILITIES” OR “VISUALLY-IMPAIRED”) AND (“INDOOR ENVIRONMENT” OR “INDOOR SPACE” OR “INDOOR NAVIGATION”) AND (“MOBILE PHONE” OR “MOBILE DEVICE” OR “SMARTPHONE” OR “SMARTPHONE APPLICATION” OR “MOBILE APPLICATIONS” OR “MOBILE ROBOTICS” OR “WEARABLE DEVICE”)

**Tabla 6**

*Resultados de la CB3 en las distintas bases digitales*

<b>Bases digitales</b>	<b>Cantidad de artículos</b>
<b>ACM</b>	164
<b>IEEE Xplore</b>	136
<b>SCOPUS</b>	1054

Nota. En esta tabla se muestran los resultados obtenidos después de depurar la CB2 y aplicar la CB3 en las diferentes bases digitales

En conclusión, la CB3 es la cadena ideal para la revisión de literatura ya que entrega un número adecuado de artículos en las diferentes bases digitales, los cuales están estrechamente relacionados con la temática del presente proyecto.

### **Criterios de inclusión y exclusión**

Como lo menciona (Petticrew & Roberts, 2007) al obtener un número grande de estudios, es necesario reducir la cantidad de estudios ya que muchos de estos pueden generar ruido o duplicidad entre las distintas bases digitales. Es por ello que se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

#### **Criterios de inclusión**

Los estudios de las diferentes bases digitales deben cumplir con los siguientes criterios para formar parte de los estudios primarios:

- **I1.** Artículos o soluciones en el que se valide el uso con personas con discapacidad visual en interiores.
- **I2.** Soluciones que se ofrezcan deben estar enfocadas en dispositivos móviles y domótica.
- **I3.** Documentos centrados el desarrollo de aplicaciones para personas con discapacidad visual en ambientes cerrados.

#### **Criterios de exclusión**

Los estudios que se excluirán son los que cuenten con las siguientes características:

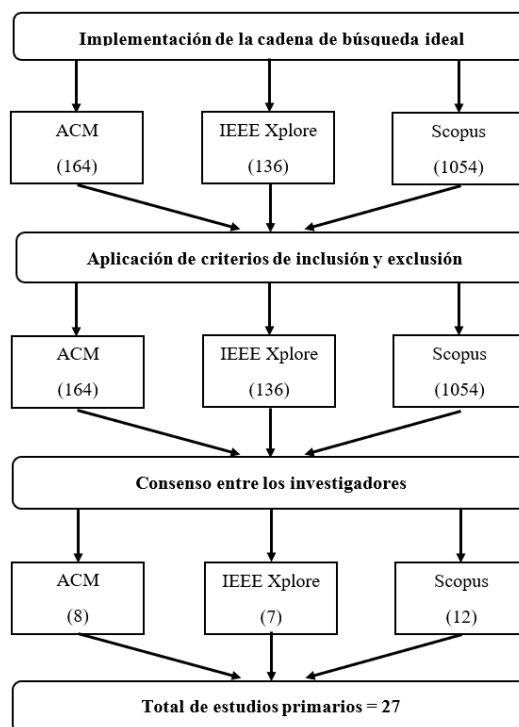
- **E1.** Literatura gris, debido a su proceso de revisión por pares poco claro: editoriales, resúmenes extendidos, tutoriales, demostraciones de herramientas, artículos de simposios de doctorado, resúmenes de investigación, procedimientos, charlas magistrales, informes de talleres e informes técnicos.
- **E2.** Artículos donde las propuestas sean descritas exclusivamente a nivel tecnológico con soluciones reales y no a nivel teórico.
- **E3.** Artículos que no se relacionen con discapacidad visual y ambientes cerrados

### Proceso de selección de estudios primarios y extracción de datos

Posteriormente de haber obtenido la cadena de búsqueda ideal y haber obtenido un total de 1354 estudios candidatos de las tres bases digitales como se muestra en la tabla 6, se procede a aplicar los criterios de inclusión y exclusión antes mencionados, obteniendo un numérico de 72 estudios relevantes. Finalmente, para realizar la selección de los estudios primarios fue necesario la intervención de dos investigadores, los cuales leyeron de forma independiente para llegar a un consenso entre los dos y determinar los estudios que formarán parte del grupo de estudios primarios como se muestra en la figura 3.

**Figura 3**

*Estudios obtenidos en bases digitales luego de aplicación de inclusión, exclusión y consenso de los investigadores*



Nota. En esta figura se muestra un resumen de cómo se fue reduciendo el número de estudios hasta llegar a los estudios primarios.

## **Resultados**

Teniendo ya los estudios primarios con un total de 27 estudios, se procedió a realizar una lectura comprensiva y profunda de cada uno de estos estudios, para posteriormente proceder a contestar las preguntas de investigación anteriormente mencionadas:

- **RQ1: ¿Qué tecnologías han sido utilizadas para crear aplicaciones o propuestas para la interacción de las personas con ceguera en sitios cerrados?**

Existe un abanico de posibilidades en la literatura que ofrecen soporte a personas con discapacidad visual, esto se observa en la tabla 7. Dentro de estos 27 estudios primarios (EP) existen 17 estudios que se enfocan en el apoyo de personas ciegas para la navegación en interiores, los estudios más relevantes dentro de este grupo son: (Chaccour & Badr, Computer vision guidance system for indoor navigation of visually impaired people, 2016) el cual es uno de los pocos estudios que implementa visión por computadora para la parte de navegación que lo hace a través de la implementación de cámaras IP, un teléfono inteligente y una computadora cuya funcionalidad es procesar imágenes en conclusión la solución propuesta tiene resultados prometedores ya que el usuario se siente confiado, seguro y protegido puesto que navega libremente dentro de su casa u oficina sin necesidad de ayuda adicional únicamente es necesario el uso del teléfono inteligente (la complejidad del sistema reside en el algoritmo de procesamiento de visión por computadora). Las funcionalidades del sistema se ponen a disposición del usuario mediante un comando de voz en su teléfono móvil, otro de los estudios relevantes es (Jinqiang, Dijun, Guobin, & Zhongliang, 2017) el cual es un estudio que cuenta con diferentes subsistemas con una aplicación web, una plataforma en la nube, un teléfono inteligente (con Android) y un casco con cámaras, este estudio tiene diferentes usos por ejemplo la navegación y

detección de objetos, es por ello que los autores realizaron dos tipos de pruebas para analizar su funcionalidad, los resultados muestran que el sistema es capaz de proporcionar cerca de 1000 tipos de reconocimiento de objetos se podría decir que tiene un porcentaje del 99.9%, en el caso de la navegación la solución es más eficiente en situaciones que cuentan con poca señal o en interiores generando mejores resultados que los sistemas basados en GPS, el único pero de esta solución es el requisito de construir un mapa basado en la visión de todo el mundo, los lugares que tiene gran similitud dando como resultado una ubicación incorrecta y finalmente otro estudio relevante que no se centra únicamente en la navegación sino en la detección de objetos que es el estudio de (Badave, Jagtap, Kaovasia, Rahatwad, & Kulkarni, 2020) el cual utiliza tecnologías como la API de TensorFlow, cámara, una aplicación para dispositivos Android y dispositivo de audio, la solución es capaz de detectar objetos del entorno del usuario con una precisión del 87% pero es necesario el aprendizaje del modelo de detección de objetos para detectar más objetos, además que se plantean implementar el cálculo de distancias con ese objeto para que la solución sea completa. Otro de los enfoques que se encontró dentro de estos EP es la aplicación de la localización, de los cuales los estudios que la utilizan son: (Calle-Jimenez, Sanchez-Gordon, & Luján-Mora, 2018) que utilizan tecnologías como: interfaz web móvil diseñado con directrices WCAG, redes Wi-Fi y finalmente un teléfono inteligente, la propuesta se evaluó con 20 usuarios, 2 de ellos eran personas ciegas y 18 personas vendadas los ojos, las personas evaluadas dieron como resultado que el sistema es muy bueno para navegar en distancias cortas, pero es necesario que se implementen atajos en el teclado y que se notifique al usuario que existe en la aplicación ayuda y atajos, en conclusión los dos usuarios ciegos dijeron que el modo de simulación de ruta que les ofrece el sistema es útil puesto que conocen con anterioridad el lugar que van a visitar, otro de los estudios es el presentado por (Fusco & Coughlan, 2020) el cual utiliza una aplicación en tiempo

real mediante visión por computadora, señalética informativa y un mapa en 2D de la edificación, en conclusión el sistema únicamente requiere que el usuario sostenga el teléfono con la cámara hacia adelante mientras camina, pero generando una ventaja sobre los otros sistemas que no es obligatorio que el usuario apunte la cámara hacia señales u objetos específicos. Una vez que el algoritmo de localización se fije en la ubicación correcta ofrecerá al usuario una precisión aproximada de 1 metro. Finalmente, los últimos enfoques que se encontraron dentro de estos EP son: la detección de objetos, prevención de caídas, ayuda visual y autenticación, pero el uso de tecnologías para la detección de objetos no se encuentra muy avanzado los únicos estudios encontrados en ese campo fueron el estudio de (Badave, Jagtap, Kaovasia, Rahatwad, & Kulkarni, 2020) y (Ramalingam, Tiwari, & Seth, 2020) las cuales utilizan una aplicación móvil para Android, un teléfono inteligente y la API de TensorFlow, el modelo desarrollado se desplegó con éxito en una aplicación para Android. Incorpora un modelo entrenado por TensorFlow que se utilizó para el reconocimiento de imágenes en tiempo real, las pruebas realizadas demuestran que la aplicación cumple con los requisitos básicos y la salida de audio hace que el usuario se familiarice con el entorno que le rodea, haciéndole sentirse seguro de encontrar su camino.

### Tabla 7

*Respuesta a la primera pregunta de investigación*

Código	Título	Herramientas	Enfoque	Uso	Cita
		- Casco con cámaras			
	<b>A Cloud and Vision-based Navigation</b>	- Teléfono inteligente con sistema	Personas ciegas		(Jinqiang, Dijun, Guobin, &
EP1					

	<b>System</b>	operativo		Navegación y	Zhonglian
	<b>Used for</b>	Android		detección de	g, 2017)
	<b>Blind People</b>	- Aplicación web		objetos	
		- Plataforma de computación en la nube			
	<b>A path-guided audio based indoor navigation system for persons with visual impairment</b>	- Dispositivo Móvil	Personas ciegas	Localización	(Dhruv, Akhil, Rohan, Akhila, & Balakrishnan, 2013)
EP2		- Infrarrojos			
	<b>A Real-Time Smartphone-Based Floor Detection System For The Visually Impaired</b>	-Cámara del teléfono inteligente	Personas con pérdida de visión total o parcial	Detección de suelo y prevención de caídas	(Delahoz & Labrador, 2017)
EP3		- Sistema compuesto por 5 módulos para la detección del piso.			

---

		-Sistema de posicionamiento de interiores			
	<b>A review of technologies and techniques for indoor navigation systems for the visually impaired</b>	(IPS)			
EP4		-Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	Personas ciegas	Navegación	(Simões, y otros, 2020)
		-Sistema Satelital de Navegación Global (GLONASS)			
		-Sistema de Navegación por Satélite BeiDou (BDS).			
<hr/>					
	<b>A Vision Aid for the Visually Impaired using Commodity Dual-Rear-Camera</b>				
EP5		- Teléfono inteligente (Iphone 7,8 o X)	Personas discapacidad visual	Ayuda visual	(Nguyen, Le, Yan, & Dawda, 2018)
		- Auriculares			

---



	<b>Smartphones</b>	- Batería externa			
	<b>An Indoor and Outdoor Navigation System for Visually Impaired People</b>	- Sensores inerciales - Cámara integrada del teléfono inteligente	Personas con baja visión.	Navegación y rastreo	(Croce, y otros, 2019)
EP6					
		- TensorFlow			
	<b>Android Based Object Detection System for Visually Impaired</b>	API - Cámara - Aplicación para dispositivos Android - Dispositivo de audio	Personas ciegas	Detección de objetos y navegación	(Badave, Jagtap, Kaovasia, Rahatwad, & Kulkarni, 2020)
EP7					
	<b>Computer vision guidance system for indoor navigation of visually</b>	- Cámaras IP - Teléfono inteligente - Computadora	Personas ciegas o movilidad reducida	Navegación	(Chaccour & Badr, Computer vision guidance system for indoor
EP8					

	<b>impaired people</b>				navigation of visually impaired people, (2016)
		- Aplicación			
	<b>Intelligent authentication and indoor mobile navigation system for visually disabled</b>	móvil para Android.			
EP9		- Teléfono inteligente	Personas con discapacidad visual	Sistema de Autenticación Inteligente y Navegación	(Anusha, Nachiyappan, & Pradeep, 2020)
		- Arduino			
		- Sensor de presión			
		- Módulos BLE (Bluetooth de baja energía)			
	<b>Indoor Localization for Visually Impaired Travelers Using Computer Vision on a Smartphone</b>	- Aplicación en tiempo real utilizando visión por computadora.	Personas ciegas	Localización en interiores	(Fusco & Coughlan, 2020)
EP10		- Señales informativas			
		- Mapa en 2D			

EP11	<b>Indoor</b>	- Interfaz web			(Calle-
	<b>Localization</b>	móvil	Personas		Jimenez,
	<b>Solution for</b>	(Directrices	con ceguera	Localización	Sanchez-
	<b>Users with</b>	WCAG)	o		Gordon, &
	<b>Visual</b>	- Redes Wi-Fi	discapacida		Luján-
	<b>Disabilities</b>	- Teléfono	des visuales		Mora,
		móvil			2018)
		- Teléfono			
		inteligente			
EP12	<b>Indoor</b>	- Near Field			
	<b>Navigation</b>	Communicatio	Personas	Navegación	(Rosen,
	<b>System for</b>	n (NFC)	ciegas	en interiores	2010)
	<b>Visually</b>	- Etiquetas de			
	<b>Impaired</b>	identificación			
		por			
		radiofrecuenci			
		a (RFID)			
EP13	<b>Indoor</b>	- Aplicación			(Prudtipon
	<b>Navigation</b>	para			gpun,
	<b>System for</b>	dispositivos	Personas	Navegación	Buakeaw,
	<b>Vision-</b>	Android	con	en interiores	Rattanapo
	<b>impaired</b>	- IndoorAtlas	discapacida		ngsen, &
	<b>Individual</b>	(base de	d visual		Sivaraksa,
	<b>An</b>	datos)			2015)
	<b>Application</b>				

	<b>on Android Devices</b>	Reconocimiento de voz mediante la API de Google			
	<b>Mobile</b>	-Teléfono			
EP14	<b>Assistive Application for Blind People in Indoor Navigation</b>	inteligente -Targets de color -Aplicación Android llamada "GuiderMoi"	Personas ciegas	Navegación en interiores	(Hanen, Mohammad, & Faouzi, 2020)
	<b>Navigation system for visually impaired people based on RGB-D camera and ultrasonic sensor</b>	- Cámara RGB-D - Sensor ultrasónico - Raspberry Pi - Fuente de alimentación - Auriculares	Personas ciegas	Navegación en interiores	(Heba & Ali, 2019)
	<b>Novel indoor</b>				(Chaccour & Badr, Novel

EP16	<b>navigation system for visually impaired and blind people</b>	- Cámaras IP -Teléfono inteligente - Computadora	Personas ciegas o movilidad reducida	Navegación	indoor navigation system for visually impaired and blind people, (Khan, 2015)
<b>Novel</b>					
<b>Framework</b>					
EP17	<b>for Outdoor Mobility Assistance and Auditory Display for Visually Impaired People</b>	- Audífonos - Bastón - Sensores - Cámara	Personas ciegas	Asistencia de movilidad	(Khan, Hussain, Khan, Nawaz, & Baker, 2019)
EP18	<b>Real time indoor navigation</b>	- Teléfono inteligente (sensores como micrófono, altavoz,	Personas ciegas	Navegación en interiores	(Vinaya, Pooja, & Meher, 2019)

	<b>system for visually impaired</b>	acelerómetro, brújula) - Aplicación móvil - Balizas BLE - Servidor para procesar la consulta		
EP19	<b>Real-time indoor staircase detection on mobile devices</b>	- Sistema de navegación móvil - Sensor IMU - Camara del teléfono inteligente	-	Reconocimiento de escaleras interiores en interiores (Morar, A. Moldoveanu, Petrescu, Ferche, & Moldoveanu, 2017)
EP20	<b>Situation-based Indoor Wayfinding System for the Visually Impaired</b>	- Iphone - Código de colores	Personas con discapacidad visual	Orientación en interiores (Ko, Ju, & Kim, 2011)
EP21	<b>Smart Phone Application for Indoor</b>	-Teléfono inteligente		(Khan & McCane, 2012)

	<b>Scene Localization</b>	- Aplicación de reconocimiento de escenas basado en visión por computadora	Personas ciegas	Localización de escenarios	
EP22	<b>SBVI: A low-cost wearable device to determine location of the visually impaired safely</b>	- Sensor GPS - Módulo GSM - Teléfonos inteligentes - Aplicación de Google Maps - Microcontrolador (Brazalete)	Personas ciegas	Localización	(Akbar, Nurrohman, Hatta, & Kusnadi, 2019)
EP23	<b>Tracking Indoor Location and Motion for Navigational Assistance</b>	- Teléfono inteligente - Acelerómetro - Sensor de Wi-Fi	Personas ciegas	Ubicación y navegación en interiores	(Paisios, Rubinsteyn, Subramanian, Tierney, & Vyas, 2011)
		- Sistema de posicionamiento	Personas ciegas y		

	<b>Vision-based</b>	o visual (VPS)	con		
	<b>Mobile</b>	dentro del	problemas	Navegación	(Li, y otros,
EP24	<b>Indoor</b>	dispositivo	de visión a	asistida	2019)
	<b>Assistive</b>	Google Tango	viajar de		
	<b>Navigation</b>	- Teléfono	forma		
	<b>Aid for Blind</b>	inteligente	independien		
	<b>People</b>	- Mapa	te en		
		semántico	interiores		
	<b>Vision</b>	- Google's			
	<b>connect: A</b>	TensorFlow			
	<b>smartphone</b>	API.			(Ramaling
EP25	<b>based object</b>	- Cámara del	Personas	Detección de	am,
	<b>detection for</b>	teléfono	ciegas	objetos	Tiwari, &
	<b>visually</b>	inteligente			Seth,
	<b>impaired</b>	(Android)			2020)
	<b>people</b>	- Aplicación			
		escrita en Java			
	<b>Wearable</b>	-Algoritmos de			
	<b>computing</b>	procesamiento			
	<b>for image-</b>	de imágenes			
	<b>based</b>	-Teléfono			(Garcia &
EP26	<b>indoor</b>	inteligente	Personas	Navegación	Nahapetia
	<b>navigation of</b>	(sistema	ciegas	en interiores	n, 2015)
	<b>the visually</b>	operativo			
	<b>impaired</b>	Android)			



		- Google Glass			
	<b>Walking navigation system for visually impaired people based on high-accuracy positioning using QZSS and RFID and obstacle avoidance using hololens</b>	- Identificador de Radiofrecuencia a (RFID) - Sistema Satelital Cuasi-Cenital (QZSS) - HoloLens (una pantalla montada en la cabeza (HMD) desarrollada por Microsoft) - Teléfono inteligente	Personas ciegas	Navegación	(Akihiro, Kei, & Katsushi, 2020)
EP27					

Nota. En esta tabla se muestra un resumen de los 27 estudios primarios enfocándose en las herramientas, enfoques y uso de las soluciones creadas.

- **RQ2: ¿Qué técnicas se han utilizado para facilitar la interacción de las personas con ceguera con su entorno?**

Todas las técnicas y sistemas que se mencionan en la tabla 8, son analizadas y estudiadas en el artículo de (Simões, y otros, 2020), en el estudio se hace referencia únicamente a la localización de personas.

**Tabla 8**

*Técnicas para facilitar la interacción de las personas con discapacidad visual y su entorno*

<b>Sistemas</b>	<b>Técnica</b>	<b>Resumen</b>
<b>Sistema basado en radiofrecuencia</b>	<b>Basado en rango</b>	Extraen información geométrica (distancia o ángulo) de las señales de los nodos inalámbricos y luego mezclar las restricciones geométricas de cada nodo para la obtención del posicionamiento de la persona.
	<b>Rango libre</b>	Se basan en la información de conectividad entre los nodos o la identificación de patrones de recursos de señales que dependen de la ubicación.
<b>Sistemas basados en sensores inerciales</b>	-	Los sistemas basados en redes estiman las posiciones de los usuarios midiendo los recursos de las señales recibidas de una red inalámbrica. Este modelo requiere una intervención en el entorno con la implementación de una infraestructura física.  Los sistemas basados en información inercial calculan sus posiciones sin tener que aplicar recursos externos.
<b>Sistema basado en sonidos</b>	<b>Sonido audible</b>	Es posible utilizar pitidos audibles para codificar la información para los sistemas de localización.

	<p>Las señales sonoras consideradas <b>Sonido Inaudible</b> inaudibles para el oído humano se emiten en bandas por debajo o por encima del umbral de audibilidad.</p>
	<p>La transmisión de datos mediante luz visible <b>Luz visible</b> utiliza cualquier tipo de lámpara para este fin; sin embargo, las luces LED son las más adecuadas.</p>
<p><b>Sistema basado en luz</b></p>	<p>El enfoque más conocido y utilizado es el infrarrojo (IR). Un sistema infrarrojo simple consiste en un diodo emisor de luz, que emite <b>Luz no visible</b> señales infrarrojas en forma de ráfagas de luz no visible, y un fotodiodo receptor para detectar y capturar los pulsos de luz, que luego se procesan para recuperar la información.</p>
	<p>En los sistemas que utilizan la visión por computadora, la posición se considera una <b>Cámaras fijas en la escena</b> cuestión primordial para garantizar la confidencialidad de la información generada. Una aplicación construida para la plataforma Android recibe imágenes obtenidas de varios enlaces de transmisión simultáneos.</p>
<p><b>Sistema basado en visión por computadora</b></p>	<p>Algunos investigadores diseñaron un sistema de posicionamiento en interiores que</p>

---

**Cámaras móviles**

combinaba los sensores de la cámara, los sensores inerciales y el sensor Wi-Fi disponible en los teléfonos inteligentes para experimentar los niveles de precisión y limitaciones. La estrategia de los autores consistió en combinar la visión estereoscópica con los datos obtenidos de los sensores inerciales y el Wi-Fi.

---

Nota. En esta tabla se muestra un resumen de las técnicas que facilitan la interacción de personas ciegas y su entorno

**Metodología de la investigación**

Para el presente proyecto se utilizó la siguiente metodología de investigación debido al objetivo del proyecto el cual es desarrollar una propuesta de arquitectura de aplicación de control hiperindividualizado mediante humanidad aumentada para la inclusión de personas con ceguera mejorando su interacción en entornos cerrados y el alcance que es desarrollar un prototipo de alta fidelidad para mejorar la interacción de las personas con discapacidad visual y su entorno aplicando técnicas de accesibilidad y adaptabilidad, ya que esta metodología abarca todas las fases o etapas necesarias para alcanzar el objetivo del proyecto de investigación:

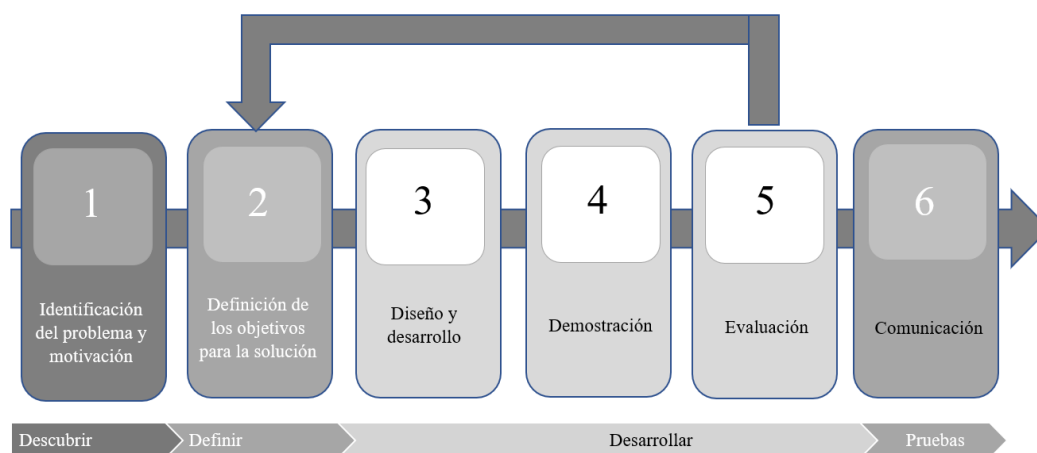
**Metodología Design Science**

La metodología Design Science fue conceptualizada por Simon en el año de 1996 la cual sustenta un paradigma de investigación pragmática, que demanda la creación de soluciones o artefactos innovadores que resuelvan los problemas actuales del mundo real. Por lo general la aplicación de esta metodología es en la ingeniería y la informática, pero cabe recalcar que no se limita a estos campos y se la puede

implementar o encontrar en otras áreas (Hevner & Chatterjee, Design Research in Information Systems, 2010). En la figura 4 se muestran las etapas o fases según (Hevner, March, Park, & Sudha, 2004) y a continuación el detalle de las mismas.

#### Figura 4

##### Metodología Design Science



Nota. En esta figura se muestran las diferentes etapas de la metodología Design Science propuesta por (Hevner, March, Park, & Sudha, 2004).

1. **Identificación del problema y motivación:** en la primera etapa de la metodología es necesario definir el problema de la investigación que se utilizará para desarrollar una solución eficaz, además se debe justificar el valor de la solución logrando conocer que es lo que motiva al investigador y hacia qué público va enfocada la solución, ayudando a comprender el argumento asociado al entendimiento del problema por parte del investigador (Hevner, March, Park, & Sudha, 2004).
2. **Definición de los objetivos para la solución:** los objetivos pueden ser cuantitativos o cualitativos y estos deben relacionarse estrechamente con el problema.
3. **Diseño y desarrollo:** en esta fase se crea la posible solución (modelos, métodos o instancias) (Hevner, March, Park, & Sudha, 2004). Esta actividad incluye determinar

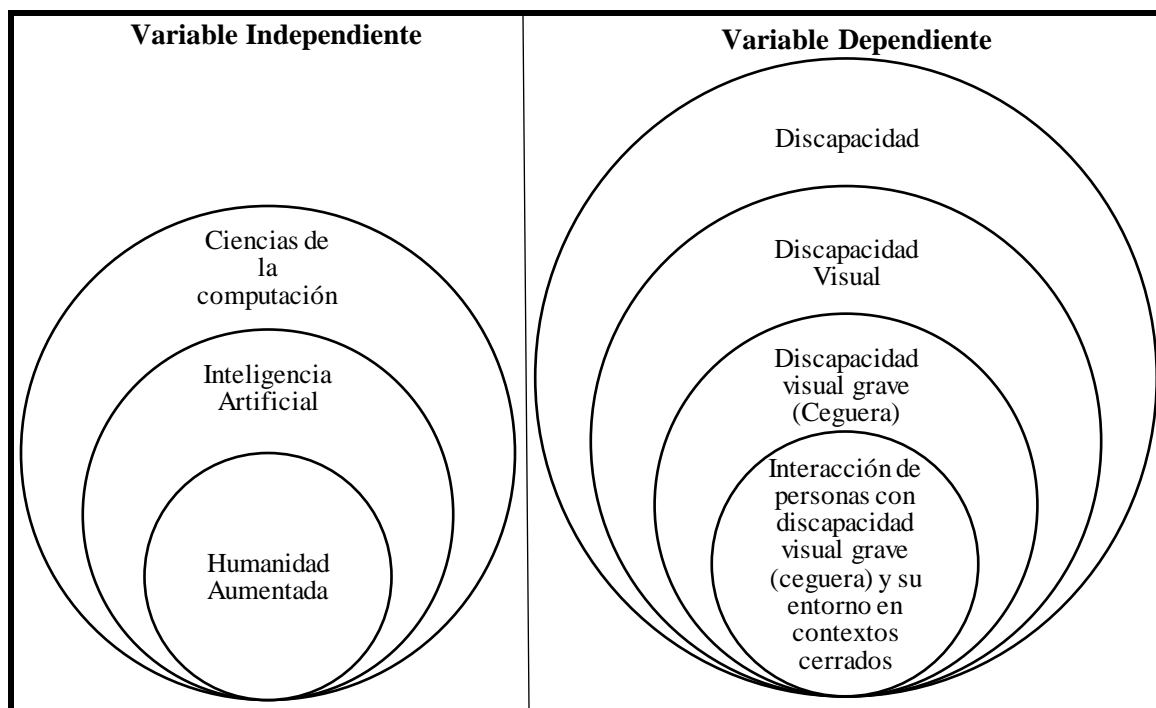
- el posible funcionamiento del artefacto, su arquitectura y posterior la creación del artefacto real.
4. **Demostración:** en esta fase se evidencia la eficacia del artefacto para solventar el problema. Esto podría involucrar el uso del artefacto para experimentar simular o realizar pruebas.
  5. **Evaluación:** en esta fase es necesario comparar la funcionalidad o uso de la solución con los objetivos planteados en la fase 2 y decidir si volver a la fase 3 para mejorar la solución o continuar con la siguiente fase.
  6. **Comunicación:** esta es la fase final de la metodología que busca comunicar cual es la problemática y la importancia que tiene la solución, su utilidad y cuál es la innovación. En las publicaciones de estos proyectos los investigadores pueden utilizar la organización de este proceso para crear o formar el documento (Pfeffers, y otros, 2006).

### **Marco Teórico**

En esta sección del capítulo II se aborda la red de categorías sobre la temática del proyecto, la cual tiene relación con el tema, objetivo general e hipótesis, que se han analizado y seleccionado para obtener las variables dependientes e independientes, mismas que formarán parte del marco teórico. A continuación, se detalla la red de categorías y las variables.

#### ***Red de Categorías***

Con la intención de que el fundamento teórico presentado en el proyecto sea acorde a la temática tratada se procedió a estructurar una red de categorías, buscando que exista una explicación y entendimiento del tema, esta red se muestra a continuación en la figura 5.

**Figura 5***Red de Categorías*

Nota. En esta figura se muestra la red de categorías que forman parte del marco teórico.

### ***Fundamentación Científica de la variable independiente***

#### **Discapacidad.**

El significado según la Real Academia Española (RAE) las personas discapacitadas son aquellas que padecen de una disminución de sus capacidades físicas, sensoriales o psíquicas que las incapacitan de forma parcial o total para realizar su trabajo u otras actividades de la vida cotidiana (Real Academia Española, 2020). Teniendo en cuenta el significado de persona discapacitada se puede mencionar que la OMS en noviembre de 2017 indica que más de 1000 millones de personas poseen algún tipo de discapacidad, representando aproximadamente el 15% de las personas en el mundo.

La tasa de personas con discapacidad a nivel mundial presenta la tendencia a seguir aumentando debido al envejecimiento y el aumento de enfermedades permanentes o crónicas, estas personas conforman uno de los grupos más marginados del mundo, presentando los peores resultados sanitarios, académicos, además que su participación en la economía es menor y su tasa de pobreza es mayor en comparación de las personas que no padecen ningún tipo de discapacidad (Organización Mundial de la Salud, 2017). En gran parte esto es consecuencia de las dificultades que se les presentan a este grupo de personas, las cuales obstaculizan el acceso a diferentes tipos de servicios (salud, educación, transporte e información).

### ***Tipos de discapacidad***

Según el CONADIS (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015) los tipos de discapacidad se presentan de diferentes maneras y en distintos grados, a continuación, se detallan cada uno de estos:

- **Discapacidad Física:** este tipo de discapacidad también se la conoce como discapacidad motora, esta discapacidad se centra en defectos o problemáticas corporales generalmente vinculadas al descenso o eliminación de las capacidades físicas, por ejemplo: algunas son evidentes como pérdidas de extremidades, hemiparesia (parálisis parcial de alguna extremidad) o paraplejía, otro ejemplo algún tipo de daño visceral (afectaciones a pulmones, corazón, entre otros). Este tipo de discapacidad puede ser adquirida, congénita o genética (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015).
- **Discapacidad psicosocial (mental):** este tipo de discapacidad se refiere a una alteración transitoria o permanente de la mente para realizar ciertas actividades cotidianas, además suele manifestarse mediante deficiencias o trastornos de la conciencia, comportamiento, razonamiento, estado de ánimo, entre otros. Por ejemplo: psicosis, esquizofrenia, bipolaridad, entre otras. Este tipo de casos



varían según el nivel, ya que en niveles graves la tendencia es el internamiento de manera forzosa (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015).

- **Discapacidad intelectual:** esta discapacidad se define como toda limitación del funcionamiento intelectual, es decir tiene dificultades para comprender pensamientos, ideas o información compleja, resolución de problemas, tomar decisiones y el desarrollo de la autonomía, estas dificultades influyen en las relaciones interpersonales, en la participación social. Dentro de este tipo de discapacidad se encuentra el retraso mental y de igual manera que los otros tipos de discapacidades existen diferentes grados de discapacidad (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015).
- **Discapacidades sensoriales:** este tipo de discapacidad se refiere a la limitación procedente de la deficiencia de ciertos sentidos que permiten al ser humano comprender el medio ya sea este externo o interno, las más conocidas son la discapacidad auditiva y visual.
  - **Discapacidad visual:** este tipo de discapacidad se hace presente por una disminución parcial (baja visión, es decir que no ven completamente aun utilizando lentes) o total (ceguera) del sentido de la vista. Esta discapacidad depende de diversos factores entre ellos la luz, momento del día (día o noche), la tensión del ojo. Algunos ejemplos de esta discapacidad son: dificultad para observar la información escrita, dificultad para orientarse o movilizarse (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015).
  - **Discapacidad auditiva:** es una disminución parcial o total de la capacidad para oír, este tipo de discapacidad no se puede apreciar ya que carece de alguna característica física que la haga evidente. La

discapacidad auditiva puede producirse por diversas causas como: genética, congénitas, ocupacionales, tóxicas, envejecimiento, infecciosas, entre otras (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2015).

### **Discapacidad visual**

Según el informe mundial presentado por la OMS sobre la visión, indica que al menos 2200 millones de personas padecen de ceguera o deficiencia visual, de los cuales más de 1000 millones de estos casos aún no han sido tratados (Organización Mundial de la Salud, 2019). En esta informe señala algunos de los principales problemas que hacen que aumenten el número de personas con deficiencia visual, por ejemplo: el envejecimiento, cambios del estilo de vida y la falta de acceso a la atención oftalmológica, especialmente en países con ingresos bajos y medios.

En este informe se llegó a las conclusiones de que es necesario \$ 14 300 millones de dólares para atender a las necesidades insatisfechas de los 1000 millones de personas que no han sido tratadas.

### ***Tipos de discapacidad visual***

Según los detalles mencionados por la OMS sobre la ceguera y discapacidad visual, dicen que en todo el mundo se estima que existe casi 1300 millones de personas con algún tipo de deficiencia visual. En estos detalles se indica que la deficiencia visual se clasifica en dos, tipo de visión de lejos y visión de cerca. Cerca de 188.5 millones de personas padecen de una deficiencia visual moderada, 217 millones de personas padecen de una deficiencia visual moderada a grave, finalmente 36 millones son ciegas y finalmente 826 millones de personas tienen deficiencia visual de cerca, todos estos datos son a nivel mundial en 2018 (Organización Mundial de la Salud, 2018) y en 2019 al menos 2.200 millones de personas poseen algún tipo de discapacidad visual, de las

cuales 40 y 45 millones son ciegos y 135 millones de personas tienen baja visión (OMS, 2019)

La deficiencia visual de lejos tiene diferentes niveles:

- **Leve:** la agudeza visual es menor a 6/12.
- **Moderada:** la agudeza visual es menor a 6/18.
- **Grave:** la agudeza visual es menor a 6/60.
- **Ceguera:** la agudeza visual es menor a 3/60 (Organización Mundial de la Salud, 2018).

La deficiencia visual de cerca tiene las siguientes características:

- La agudeza visual de cerca es menor a N6 o N8 la cual actualmente tiene corrección (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Las principales causas del aumento de casos de personas con deficiencia visual son las afecciones oculares como, por ejemplo:

- Errores de refracción no corregidos
- Cataratas
- Degeneración macular relacionada con la edad
- Glaucoma
- Retinopatía diabética
- Opacidad de la córnea
- Tracoma (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Estas afecciones oculares varían dependiendo del país.

### **Discapacidad visual grave (ceguera)**

La ceguera es conocida como la disminución para ver en diferentes grados y que genera una serie de dificultades que no pueden ser satisfechas o solucionadas con la utilización de lentes o gafas, convirtiéndose en una condición en la cual las personas han perdido el sentido de la vista completa o parcial.

Una de las posibles razones por las que se da la ceguera es por el envejecimiento, seguido por cambios del estilo de vida y la falta de atención oftalmológica, esto se da especialmente en países con ingresos bajos y medios o pueden ser de origen genético o hereditario. Además, la ceguera puede ser parcial o completa; es decir la afectación puede ser solo a un ojo o ambos ojos e incluso a cierta parte del ojo (G & H, 2001).

Según los datos generados por la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2018) se cree que el 80% de la discapacidad visual se puede prevenir o curar realizando el tratamiento adecuado, esto incluye a las afectaciones provocadas por errores de refracción no corregidos, cataratas, degeneración macular relacionada con la edad, glaucoma, retinopatía diabética, opacidad de la córnea, entre otras.

### **Personas con ceguera y su entorno en contextos cerrados**

La problemática central que existe en torno a las personas con ceguera es su interacción el entorno, localización y navegación. A partir de esto han existido una serie de estudios que han creado un entorno inteligente para que la interacción humana y su entorno sea una experiencia agradable.

Para dar un mejor contexto sobre que es un entorno inteligente es necesario conocer el concepto de estas dos palabras, según la RAE el entorno es el ambiente que nos rodea (RAE, 2020) y el término inteligente lo define como un sistema, un edificio o un mecanismo que son controlados por computadoras, capaces de responder a cambios del entorno para definir condiciones adecuadas de funcionamiento sin la

necesidad del ser humano (RAE, 2020). Entonces se define a un entorno inteligente como cualquier espacio físico en donde las tecnologías de la información se combinan y se utilizan para conseguir objetivos específicos para el usuario.

A continuación, se mencionarán algunos ejemplos de tecnologías que han sido utilizadas para crear un entorno inteligente para las personas con ceguera:

- En el estudio de (Rosen, 2010) se desarrolló un sistema de navegación de interiores que se basa en terminales móviles, tecnología Near Field Communication (NFC) y etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID) permitiendo a los usuarios pensar e imaginar un mapa que se almacenará en las etiquetas RFID, las cuales tendrán un mensaje de audio que le provee de indicaciones de hacia dónde moverse.
- (Simões, y otros, 2020) proponen diferentes técnicas y tecnologías de localización y navegación. Entre las tecnologías de localización más conocidas son: los sistemas de posicionamiento de interiores (IPS), Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el Sistema Satelital de Navegación Global (GLONASS) y finalmente el Sistema de Navegación por Satélite BeiDou (BDS). El sistema de localización o posicionamiento, más preciso en interiores es el IPS ya que los sistemas de posicionamiento por satélite disminuyen notablemente su precisión debido a las pérdidas de señal al colisionar con las estructuras de los edificios. Los IPS se pueden clasificar en función de la tecnología que utilizan para el posicionamiento, estos sistemas por lo regular implementa tecnologías como: RFID, inercial, sonido audible y no audible, basado en la luz y basadas en la visión. Teniendo en cuenta esto se puede seguir clasificando estas tecnologías basadas en señales de radiofrecuencia y no basadas en radiofrecuencia.

- En el estudio presentado por (Badave, Jagtap, Kaovasia, Rahatwad, & Kulkarni, 2020) se diseñó una aplicación para Android que usa la cámara del teléfono para detectar los objetos que se encuentran alrededor de las personas, también informa al usuario sobre la dirección y la distancia del objeto. Esta aplicación hace uso del teléfono móvil y la API de detección de objetos de TensorFlow que clasifica 80 objetos por defecto.

En conclusión, existe una diversidad de herramientas, técnicas y tecnologías que permiten a las personas con ceguera tener una mejor calidad de vida sin tener la necesidad de depender de terceras personas. Como se pudo analizar después del estado del arte las tecnologías más utilizadas han sido IPS y RFID.

### ***Fundamentación Científica de la variable dependiente***

#### **Ciencias de la Computación**

Desde los inicios de la década de los 50 el área de informática fue denominada Ciencias de la Computación, debido a que existe una mezcla única entre ciencia, ingeniería y matemática. Algunos ejemplos de actividades que respaldan que el término de ciencias de la computación es adecuado son las siguientes:

- **Ciencia:** algoritmos experimentales, ciencia de la computación experimental y ciencia computacional.
- **Matemáticas:** complejidad de algoritmos, software matemático y análisis numérico.
- **Ingeniería:** diseño, desarrollo, ingeniería de software e ingeniería de computación.

Teniendo presente lo antes mencionado se afirma que la Ciencia de la Computación no es únicamente el desarrollo de software o la construcción y mantenimiento de computadores (Denning, 2005), sino más bien es una ciencia la cual

tiene como fin poner al servicio de las personas diferentes herramientas para la solución de problemas.

En la revista presentada por (Gasca Hurtado & MachucaVillegas, 2017) se seleccionaron una serie de artículos que abordan diferentes temáticas de actualidad y que se enfocan en soluciones del mundo real asociadas a las Ciencias de la Computación como, por ejemplo:

- **Inteligencia Artificial (IA):** como se conoce IA forma parte de una de las ramas de las Ciencias de la Computación y es utilizada como técnica de procesamiento de imágenes y agrupamientos jerárquicos de datos.
- **Internet de las Cosas (IoT):** actualmente las soluciones planteadas por esta área es la solución de problemáticas de agricultura, enfocada específicamente en la parte climatológica.
- **Ingeniería de Requisitos:** es una rama de la Ingeniería de Software que no se centra únicamente en la parte técnica sino factores sociales y humanos relacionados con la elicitación de requisitos.

Finalmente, los científicos en el área de Ciencias de la Computación estudian la naturaleza de la informática para decidir qué problemática resolver. Es decir, las Ciencias de la Computación contemplan problemas macro que pueden estar inmersos en distintas áreas de conocimiento, por ejemplo: es posible comparar varios algoritmos para determinar cuál proporciona la mejor solución en términos de rendimiento y/o precisión. Asimismo, se afirma que esta ciencia posibilita el diseño, evaluación y construcción de sistemas informáticos que ejecuten eficientemente una tarea o especificaciones asignadas (Biermann, 1997).

## **Inteligencia artificial**

La definición de Inteligencia Artificial (IA) es un tema complejo y existen diversas definiciones. Una de ellas define la IA como la habilidad de los ordenadores para realizar actividades que normalmente requieren la presencia humana, pero una definición más acertada o sería que la IA es la capacidad de las máquinas para utilizar algoritmos, aprender de los datos o información recibida y usar lo aprendido al momento de tomar una decisión tal y como lo haría un ser humano, pero con la única diferencia que estos sistemas no necesitan descanso (Rouhiainen, 2018). Para algunas personas el término de IA podría intimidar o incomodar a las personas entonces Sebastian Thrun sugiere que es mejor llamarla “ciencia de datos”, la cual tendría una mayor aceptación por las personas y tal vez podría incomodar menos (Rouhiainen, 2018).

Algunas actividades o situaciones en las que se puede aplicar IA, caben recalcar que estas son algunas de las aplicaciones:

- Reconocimiento de imágenes estáticas, clasificación y etiquetado
- Mejoras del desempeño de la estrategia algorítmica comercial
- Procesamiento eficiente y escalable de datos de pacientes
- Mantenimiento predictivo
- Detección y clasificación de objetos
- Distribución de contenido en las redes sociales
- Protección contra amenazas de seguridad cibernética (Armstrong, 2016).

La IA genera beneficios en diversas áreas puesto que permite que las máquinas y robots realicen tareas que para las personas son repetitivas, difíciles y peligrosas, permitiendo que las personas puedan realizar actividades, tareas o cosas que antes pensaban que era imposible. Es necesario estar atento al crecimiento masivo de la IA



para prevenir y analizar las posibles desventajas directas o indirectas que pueda generar el aumento de la IA.

### **Humanidad aumentada**

Cuando se habla de aumento humano o humanidad aumentada se lo relaciona con cyborgs o cosas futuristas, pero esto no es así. Las personas han estado en un constante aumento de su cuerpo durante cientos de años. Por ejemplo: los lentes, audífonos y prótesis hasta convertirse en implantes y prendas de vestir. Existe una definición clara sobre lo que es humanidad aumentada (AH) la cual se la define como una tecnología de integración humano-máquina que pretende mejorar la capacidad y productividad, cambiando o aumentando los rangos normales de la función humana, mediante la restauración o extensión de las capacidades humanas físicas, intelectuales y sociales (Guerrero, Pereira, & Fernandez Caballero, 2020). Estos cambios en las personas afectarán a los negocios y al mundo haciendo que la humanidad aumentada sea una de las principales tecnologías emergentes según el hiperciclo de Gartner (Gartner, 2019), la humanidad aumentada impulsará una importante interrupción y oportunidad en los próximos diez años o más.

## Capítulo III

### Desarrollo

En esta sección se procederá a detallar las herramientas existentes (Tabla 12) que se utilizaron para el desarrollo de la propuesta y por qué se han seleccionado.

#### Herramientas

##### *Sistema Operativo (SO)*

Para el desarrollo de la aplicación se tuvo en cuenta los SO más vendidos en el mercado, actualmente los más reconocidos en el 2020 son Android, iOS, MIUI y Windows Mobile. En la conferencia de Google en 2019 (Google I/O 2019) anuncia que el Sistema Operativo (SO) Android actualmente funciona en 2500 millones de dispositivos a nivel mundial, es decir que cada 9 de 10 dispositivos tiene el SO Android, a comparación de sus competidores como lo son iOS que en el primer trimestre fiscal del 2020 anunció que actualmente poseía 1500 millones dispositivos activos y Windows Mobile cerca de 1000 millones de dispositivos activos según el anuncio realizado por el vicepresidente de la división Modern Life & Devices Group en Microsoft, Yusuf Mehdi. Otras referencias para respaldar los datos anteriormente mencionados lo explican (Ramírez, 2019) que indica que en 2020 el SO para móvil más usado es Android con 71,42%, iOS con 27.95%, Samsung con 0.2%, KaiOS con 0.14%, Desconocidos con 0.12% y Windows Mobile 0.06%. También (IDC ANALIZE THE FUTURE, 2020) indica la previsión de la cuota de mercado mundial de los SO, donde se prevé que para 2021 la cuota de mercado en Android será de 85% y la cuota de iOS será de un 15%, en este estudio se predice que aumenta el mercado para Android y iOS. Finalmente, para sustentar los datos mencionados indica (canalys, 2021) que los celulares más vendidos en 2020 fueron Apple con 81.8 millones de dispositivos, Samsung con 62 millones de dispositivos y Xiaomi con 43.4 millones de dispositivos.

Teniendo en cuenta los antecedentes mencionados por parte de Microsoft y Apple, se han seleccionado los dos SO debido que dominan el mercado a nivel mundial actualmente siendo estos iOS y Android.

### **Plataforma de desarrollo**

La selección de los dos sistemas operativos más vendidos a nivel mundial hace que se piense en un entorno de desarrollo integrado (IDE) para desarrollar la aplicación que permitirá a las personas interactuar con su entorno, entre estos IDE's es necesario tener en cuenta la herramienta que permita el desarrollo en los dos SO, a continuación, se presentan las características del IDE seleccionado:

- **Xamarin Studio:** permite el desarrollo de aplicaciones nativas para Android, los, macOS, entre otros. Las aplicaciones creadas a través de Xamarin aprovechan la aceleración de hardware específica de la plataforma y se compilan para tener un rendimiento nativo. Permitir el acceso a diferentes funcionalidades nativas de la plataforma (ARKit, CoreML, huella digital, Bluetooth, NFC, entre otros). Finalmente permite el aprovechamiento de las bibliotecas nativas de iOS y Android de la aplicación de Xamarin para obtener características completas y simplificadas (Microsoft, 2020).
- **Xcode:** es el IDE predilecto de los desarrolladores para aplicaciones MAC, iPad o iPhone, este IDE es un conjunto de herramientas, que tiene un editor inteligente de código fuente con autocompletado y un sistema automático de códigos de color que permite leer el código rápidamente sin importar el lenguaje de programación que utilice (Apple, 2020).
- **Android Studio:** es el IDE oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android, este IDE está basado en IntelliJ IDEA. Entre algunas de las características ofrecidas por este IDE son: emulador rápido y cargado de

funciones, entorno unificado, variedad de marcos de trabajo, compatibilidad integrada con Google Cloud Platform, entre otras (Android Studio, 2020).

Teniendo en cuenta las características mencionadas de cada uno de los IDE's propuestos, se ha seleccionado Xamarin Studio puesto que permitirá el desarrollo de la aplicación en ambos SO de forma nativa aprovechando las funcionalidades ofrecidas por los diferentes dispositivos.

### **Base de datos**

En la tabla 9 se muestra una comparativa entre los distintos tipos de bases de datos, que son las bases de datos relacionales (SQL) y base de datos no relacionales (NoSQL). Estas características han sido obtenidas de la página oficial de MongoDB (Schaefer, 2020).

**Tabla 9**

*Comparativa Bases de datos SQL y NoSQL*

<b>Característica</b>	<b>Base de datos SQL</b>	<b>Base de datos NoSQL</b>
Historia del desarrollo	Desarrollado en el decenio de 1970 con el objetivo de reducir la duplicación de datos	Desarrollado a finales de la década de 2000 con un enfoque en la escalada y permitiendo un rápido cambio de aplicación.
Modelo de almacenamiento de datos	Tablas con filas y columnas fijas	<b>Documento:</b> Documentos JSON <b>Valor clave:</b> pares clave-valor. <b>Columna ancha:</b> tablas con filas y columnas dinámicas. <b>Gráfico:</b> nodos y bordes

		<b>Documento:</b> propósito general <b>Valor clave:</b> grandes cantidades de datos con consultas de búsqueda simples <b>Columna ancha:</b> grandes cantidades de datos con patrones de consulta predecibles <b>Gráfico:</b> análisis y relaciones transversales entre datos conectados
Propósito principal	Propósito general	
Esquema	Rígido	Flexible
Ejemplos	Oracle, MySQL, Microsoft SQL Server, and PostgreSQL	<b>Documento:</b> MongoDB y Cassandra <b>Valor clave:</b> Redis y DynamoDB <b>Columna ancha:</b> Cassandra y Hbase <b>Gráfico:</b> Neo4j y Amazon Neptune

Nota. En esta tabla se muestra una comparativa entre las dos bases de datos propuestas para la arquitectura.

Teniendo en cuenta las características antes mencionadas se puede utilizar cualquiera de los dos bases de datos, pero se recomienda el uso de una base de datos

NoSQL ya que al tener que reconocer diferentes objetos, con diferentes características se necesita que la base de datos sea flexible.

El Sistema Gestor de Base de datos (SGBD) seleccionado ha sido MongoDB, ya que en el estudio realizado por (Castillo, Garcés, Navas, Jácome, & Armas, 2017) se realizó una comparativa entre los dos SGBD MongoDB y Cassandra en el cual da como resultado que MongoDB genera los mejores resultados en las pruebas realizadas, brindando al usuario mayor flexibilidad y menor tiempo de ejecución independiente del tamaño de la base de datos. Además, se presenta una comparativa en funcionalidad, software y hardware. Es por ello que se recomienda el uso de la base de datos MongoDB para la presente arquitectura.

### ***Visión por computadora***

Para el reconocimiento de objetos es necesario contar con una herramienta que realice esta tarea, en este caso existen diferentes herramientas en el mercado como son: Matlab, TensorFlow y OpenCV. En el estudio realizado por estudiantes de la Universidad Politécnica Nacional basándose en el estudio realizado por el grupo de investigación “Computer Vision – Video & Image Analysis for Security” de la Universidad de Canadá realizado el 12 de diciembre del 2012 en Cataratas del Niágara, evaluaron diversas características de las herramientas antes mencionadas como se muestra en la tabla 10, llegando a la conclusión que Tensorflow para reconocimiento facial es la mejor opción pese a ser más complicada de usar y requerir hardware especial.

**Tabla 10**

*Comparativa Matlab, OpenCV y Tensorflow*

<b>Características</b>	<b>Matlab</b>	<b>OpenCV</b>	<b>TensorFlow</b>
Facilidad de uso	9	3	4
Velocidad	2	9	10

Recursos Necesarios	4	9	6
Costo	4	10	10
Entorno de desarrollo	8	6	8
Gestión de la memoria	9	4	9
Desarrollo de habilidades de progresión útiles	3	8	10
Ayuda y ejemplo de código	8	9	6
Depuración	9	5	9
Portabilidad	3	8	9
Total	59	71	81

Nota. En esta tabla se muestra una comparativa entre las distintas API's de visión por computadora realizado por (Acuña Escobar, 2019).

### ***Dispositivo móvil***

Para esta parte de la arquitectura se recomienda como requisito mínimo el uso de teléfonos inteligentes de gama media, en la tabla 11 se hace mención a las características de hardware (HW) y Software (SW) mínimas que debe tener este teléfono inteligente.

**Tabla 11**

*Características mínimas de HW y SW del teléfono inteligente*

<b>Característica</b>	<b>Requerimiento mínimo</b>	
Sistema Operativo (SO)	Android 10	iOS 14.X
Tamaño de la pantalla	Cualquier tamaño de la pantalla	
Memoria RAM	2/3 GB	A11 Bionic

Memoria de Almacenamiento o Interna	32 GB (Ampliables con microSD)	64 GB
Banda de Comunicación	4G	4G LTE
Cámara Frontal	8 megapíxeles	7 megapíxeles
Cámara Trasera	<b>Sensor principal:</b> 13 Mpx f/1.8. <b>Gran angular:</b> 5 Mpx f/2.2. <b>Sensor profundidad:</b> 2 Mpx f/2.4	12 megapíxeles con apertura de f/1.8 y estabilización de imagen óptica
Batería	4,000mAh	N/A

Nota. En esta tabla se muestran las características mínimas que debe tener el smartphone independientemente del SO.

**Tabla 12**

*Herramientas*

Herramienta	Si	No
<b>Sistema operativo</b>		
Android	X	
Iphone Operating System (iOS)	X	
MIUI		X
Windows Mobile		X
<b>Plataforma de desarrollo</b>		
Xamarin – Visual Studio	X	
Android Studio		X
Xcode		X



<b>Base de datos</b>	
Structured Query Language (SQL)	X
Not Only Structured Query Language (NoSQL)	X
<b>Visión por computadora</b>	
TensorFlow	X
OpenCV	X
Matlab	X
<b>Dispositivos</b>	
Teléfono inteligente	X

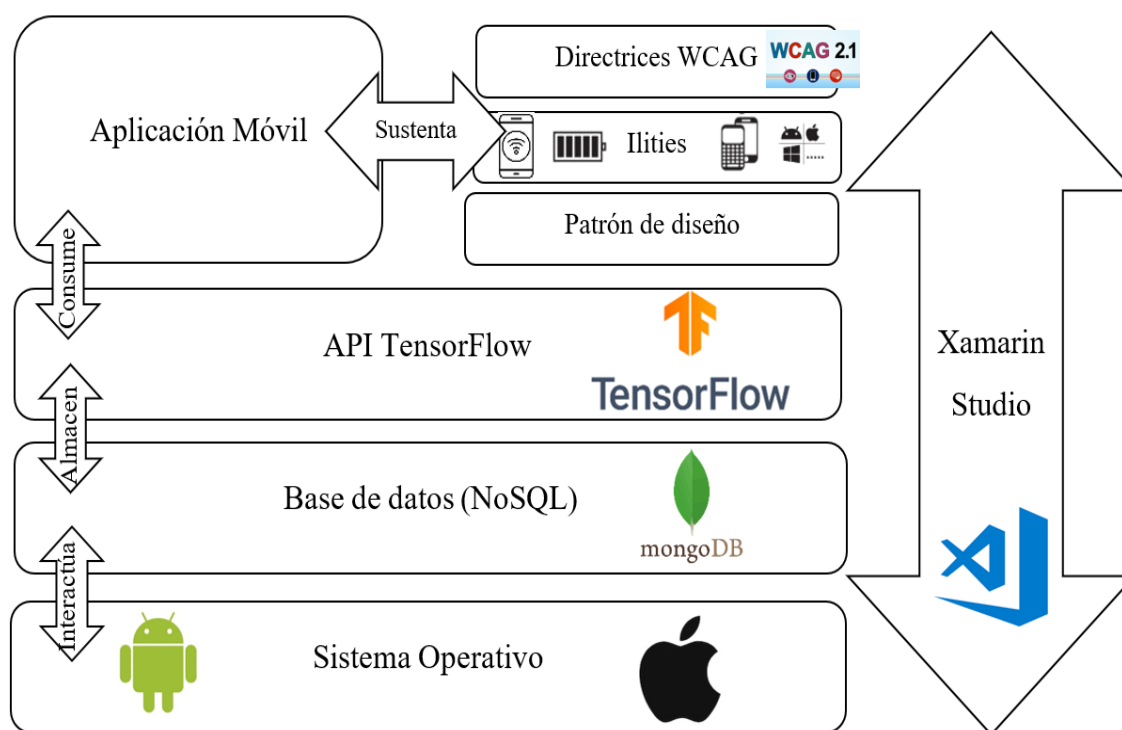
Nota. En esta tabla se muestran las herramientas escogidas para la realización de la arquitectura.

### **Arquitectura**

La arquitectura de la aplicación como se muestra en la figura 6 posee como base los dos SO seleccionados (iOS y Android) que será soporte intangible del HW de cada uno de los dispositivos con las características mínimas señaladas en la tabla 12, este SO le permitirá a la aplicación móvil interactuar con la base de datos para almacenar los objetos reconocidos a través de la API de TensorFlow, esta API será consumida por la aplicación móvil desarrollada en el IDE Xamarin Studio, y además se sustentará el diseño de la aplicación en tres niveles fundamentales: i) las directrices WCAG permitiendo que la aplicación sea de mayor utilidad – accesibilidad para las personas ciegas, ii) las ilities las cuales permitirá conocer los requisitos no funcionales para evaluar el rendimiento del sistema y iii) seguir un patrón de diseño, las cuales son particularidades ya probadas que permitirá que el diseño de la aplicación se presente de manera óptima.

**Figura 6**

*Arquitectura de la aplicación "Visión Segura"*



Nota. En esta figura se muestra la arquitectura con todas las herramientas seleccionadas.

## Diseño

### **Directrices WCAG**

Para el diseño de la aplicación se han tomado en cuenta las directrices WCAG, ya que este documento provee una orientación informativa (pero no establece requisitos) con respecto a la interpretación y aplicación de las pautas de accesibilidad al contenido web (WCAG) 2.0 a aplicaciones y contenido móvil web y no web.

Todas las notas y recomendaciones relacionadas con las tecnologías móviles presentadas por la W3C incluyen mejoras prácticas de Web Móvil y Aplicaciones de Web Móvil. Estos documentos ofrecen una orientación general a los desarrolladores de

cómo crear aplicaciones y contenidos que funcionen correctamente en dispositivos móviles.

La guía WCAG cuenta con diferentes consideraciones, de las cuales se ha trabajado con algunas de estas para el desarrollo de la aplicación propuesta. La primera consideración es la parte perceptible como: el tamaño, el zoom o la orientación de la pantalla. En el literal 2.1 de la guía WCAG (W3C, 2015) indica que el tamaño pequeño de la pantalla de los dispositivos móviles es una de las características más comunes, pero se puede procesar una gran cantidad de información, el tamaño de la pantalla limita la cantidad de información que se puede presentar, especialmente cuando el usuario es una persona con baja visión. En este apartado se recomienda que se presenten los módulos o información específica. Por ejemplo, la interfaz de la aplicación puede contener menos módulos, imágenes o centrarse en escenarios relevantes. El criterio de éxito WCAG 2.0 que está más relacionado con el zoom / aumento es el literal 1.4.4 (W3C, 2015) el cual habla sobre el cambio del tamaño del texto (nivel AA), en el que se requiere que el texto sea redimensionable sin tecnología de asistencia hasta en un 200%. Para cumplir con este requisito, el contenido no debe impedir la ampliación del texto por parte del usuario. Deben evitarse los valores restrictivos para los atributos escalables por el usuario y de escala máxima de este meta elemento.

Basado en el literal 3.2 (W3C, 2015) indica que el mejor tamaño para los objetivos táctiles en este caso los botones deben tener un tamaño mínimo de 9 mm de alto por 9 mm de ancho y tienen que estar rodeados estos objetivos con una cantidad pequeña de espacio inactivo.

Además, teniendo en cuenta el literal 3.5 (W3C, 2015) que trata sobre la ubicación de los botones, los cuales deben encontrarse en lugares accesibles para diferentes usuarios, como se muestra en la figura 10, 11 y 12. La ubicación de los

botones en la pantalla se han pensado para diferentes tipos de usuario (usuarios diestros y zurdos) y que puedan ser accedidos con una sola mano. Finalmente, el literal 4.2 (W3C, 2015) hace referencia a que la aplicación debe tener un diseño coherente, es decir, que los botones que realizan la misma funcionalidad (por ejemplo: el botón de atrás) se encuentren en la misma posición para facilitar su navegación.

### ***Patrones de diseño***

Para el diseño de la aplicación “Visión Segura”, también se ha considerado el aplicar patrones de diseño para que la aplicación tenga un diseño óptimo, la guía de (Babich, 2018) presenta diferentes recomendaciones sobre el diseño de la aplicación, se enumerarán a continuación las recomendaciones que se han considerado en el diseño de la aplicación “Visión Segura”:

i) **Minimizar la carga cognitiva:** (Babich, 2018) define a esta característica como proporcionar la información necesaria al usuario sin abrumarlo y hacer que el usuario se aburra y no realice ninguna tarea en la aplicación, es por ello que, se diseña la aplicación con la cantidad de módulos e información necesaria para evitar casos de aburrimiento o confusión por parte del usuario.

ii) **Ordenado:** Suprimir el desorden es una de las principales recomendaciones que se hacen al momento de diseñar una aplicación. El desorden es uno de los peores adversarios del buen diseño de una aplicación. Cada botón, ícono e imagen que se agregue hace que la pantalla o la aplicación en sí sea más complicada. Para el diseño de una aplicación es necesario deshacerse de cualquier cosa que no sea necesaria, reduciendo el desorden y ayudando a la comprensión. Para esto es necesario mantener el contenido y los elementos al mínimo en la interfaz (presentar lo que el usuario necesita saber).

iii) **Evitar la jerga:** utilizar lo que se conoce sobre el público objetivo para determinar si las palabras o frases utilizadas son las apropiadas para ellos.

iv) **Diseño coherente:** Mantener una apariencia uniforme general en toda la aplicación es esencial. La coherencia significa: i) **coherencia visual:** tipos de letras, etiquetas y botones deben ser coherentes en toda la aplicación, ii) **consistencia funcional:** los elementos interactivos deben funcionar de una forma similar en toda la aplicación y iii) **coherencia externa:** el diseño debe ser coherente en varios productos.

v) **Poner al usuario en control:** un ejemplo utilizado por el autor (Babich, 2018) indica que, el botón de “atrás” debe funcionar correctamente, es decir, que este botón le permita regresar y hacer correcciones o echar un segundo vistazo a lo realizado anteriormente, evitando crear un botón de “atrás” incorrecto que le lleve a la pantalla de inicio.

vi) **Simplificar la navegación:** los usuarios deberían poder explorar la aplicación de forma intuitiva y completar todas las tareas principales sin ningún tipo de ayuda o explicación.

vii) **Comunicar la ubicación actual:** los usuarios deben conocer en todo momento en que parte o tarea de la aplicación se encuentran exactamente.

viii) **Evitar los muros de acceso:** evitar el inicio de sesión o registro obligatorio antes de poder utilizar una aplicación.

ix) **Hacer que el texto sea legible:** es necesario que se utilice un tamaño de fuente correcto (cualquier valor inferior a 16 pixeles), una familia de fuente clara y fácil de leer (fuente predeterminada de iOS: San Francisco y Android: Roboto), es necesario asegurarse que exista un contraste balanceado entre la fuente y el fondo para que se le facilite al usuario la lectura, evitar escribir todo el texto con mayúsculas y no apretar el espacio entre líneas.

x) **Diseño para dedos, no cursores:** diseñar elementos procesables en una interfaz móvil, es vital hacer objetivos lo suficientemente grandes para que los usuarios puedan tocarlos fácilmente.

xi) **Considerar la zona del pulgar:** es necesario prever las zonas naturales de los pulgares y las formas en la que los usuarios toman el celular para que el diseño de la aplicación se adapte a los diferentes usuarios.

### ***Ilities***

En el artículo de (Martinez, Ferre, Guerrero, & Juristo, 2020) mencionan que las ilities son atributos o cualidades no funcionales y estas cualidades normalmente están relacionados con los requisitos técnicos o la calidad de un sistema o componente de software, en este caso específico, la aplicación de “Visión Segura”, según (Martinez, Ferre, Guerrero, & Juristo, 2020) las ilities son las siguientes:

**i) Conectividad:** la aplicación debe estar disponible a pesar de cualquier falta de conectividad de datos o limitaciones de banda.

**ii) Interoperabilidad:** la aplicación debería considerar la posibilidad de compartir recursos y la comunicación entre aplicaciones internas y externas mediante el uso de APIs adecuadas.

**iii) Flexibilidad:** la aplicación debe tener en cuenta la adaptabilidad a diferentes contextos móviles y configuraciones de usuario, como el nivel de brillo de la pantalla, las preferencias de conectividad.

**iv) Energía:** la aplicación debe reducir el consumo de energía de la batería del dispositivo móvil.

**v) Heterogeneidad de dispositivos:** la aplicación debe comportarse correctamente tanto en dispositivos de gama alta como de gama baja, independientemente de su capacidad de procesamiento, garantizando una integración

eficaz con hardware como: cámaras HD, GPS, NFC y bluetooth, etc. También es necesario tener en cuenta la experiencia del usuario en pantallas pequeñas.

**vi) Plataformas:** la aplicación debe garantizar que los usuarios de las diferentes plataformas tengan una experiencia de usuario básica común.

**vii) Seguridad de los datos:** la aplicación debe gestionar las amenazas internas y externas, y la vulnerabilidad causada por la falta de conocimiento de los usuarios, los ataques a los dispositivos o el mal uso intencionado.

Teniendo en cuenta las ilities mencionadas anteriormente se procederá a evaluar la aplicación "Visión Segura", para saber si ésta cuenta con los requisitos no funcionales necesarios para ser un producto software de calidad. En el artículo de (Martinez, Ferre, Guerrero, & Juristo, 2020) se menciona que cada sprint se lo puede denominar una pantalla de la aplicación para saber si esta cumple con las características o no, el despliegue de las características con su ilitie respectiva se expone en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Ilities de la aplicación "Visión Segura"*

	<b>Características</b>	<b>Tarea</b>	<b>Mobile Ilities</b>
<b>Sprint 1: Menú Principal</b>			Conectividad
	Reconocimiento de objetos	Diseño de la API y el uso	Interoperabilidad Heterogeneidad Plataformas
	Ayuda		Interoperabilidad
		Diseño de la interfaz	Plataformas Flexibilidad
	Configuraciones		Energía

			Plataformas
<b>Sprint 2: Reconocimiento de objetos</b>	Uso de la API de Tensor Flow para el reconocimiento de objetos		Conectividad Interoperabilidad Plataformas
	Inserta datos de forma offline en la base de MongoDB	Codificación, diseño de la API	Conectividad
	Acceso a la cámara del dispositivo	y el uso	Interoperabilidad Heterogeneidad
<b>Sprint 3: Configuraciones</b>	Bajar o aumentar el volumen de la aplicación		Flexibilidad Energía Plataformas
	Aumentar o disminuir el tamaño de la fuente		Flexibilidad Energía Plataformas
		Diseño de la API	Plataformas
	Activar o desactivar la vibración y el sonido de la aplicación	y el uso	Flexibilidad Energía Plataformas
	Activar o desactivar el tutorial de la aplicación		Flexibilidad Energía Plataformas
<b>Sprint 4:</b>			Interoperabilidad
<b>Ayuda</b>	Uso de los altavoces del smartphone	Diseño de la API y el uso	Heterogeneidad Plataformas



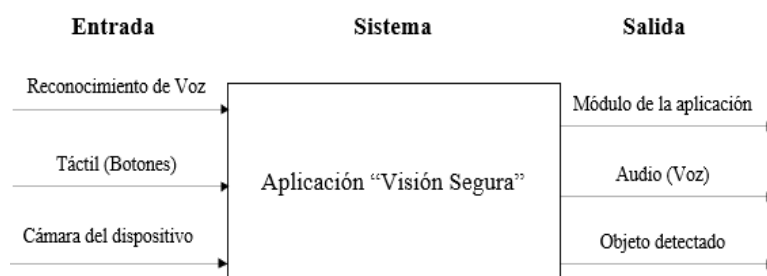
<b>Sprint</b>	<b>5: Información</b>	Uso de los altavoces del	Diseño de la API y	Interoperabilidad
		smartphone	el uso	Heterogeneidad Plataformas

Nota. En esta tabla se muestran las diferentes pantallas representadas por sprint y las ilities que tiene cada sprint.

Como se observa en la figura 7 la aplicación “Visión Segura” permitirá el reconocimiento de voz al usuario que le ayudará a acceder a cualquier módulo de la aplicación, al igual que el funcionamiento de los botones, la aplicación generará una salida de audio indicándole al usuario en que módulo se encuentra posterior al reconocimiento de voz.

### Figura 7

*Diagrama de entrada y salida de la aplicación “Visión Segura”*



Nota. En esta figura se muestran las entradas y salidas que tiene la aplicación “Visión Segura”.

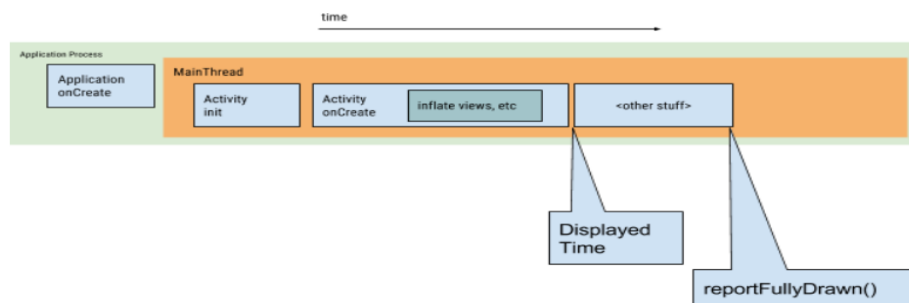
### ***Prototipo de baja fidelidad de la aplicación “Visión Segura”***

#### **Interfaz de carga.**

La documentación ofrecida por Android en su página principal Developers (Android, 2020), indica que existen diferentes inicios de una aplicación, pues estos dependen de ciertos estados y como interactúan con el SO. Esta guía hace mención a tres estados: frío, caliente lento y caliente. En la figura 8 se puede observar cómo los procesos de la aplicación y el sistema transfieren el trabajo entre ellos.

**Figura 8**

Representación visual de las partes importantes del inicio en frío de una aplicación



Nota. Esta figura ha sido obtenida de la página oficial de Android (Android, 2020).

A continuación, se detallan los diferentes estados y la cantidad de tiempo que se demora una aplicación al iniciar:

1. **Inicio frío** (tarda 5 segundos o más): este inicio hace referencia a una aplicación que se inicia desde 0, esto quiere decir que el sistema aún no crea el proceso de la aplicación. Por ejemplo: cuando la aplicación se inicia por primera vez desde que se instaló en el dispositivo o desde que el sistema finalizó la actividad de la aplicación (Android, 2020).
2. **Caliente lento** (tarda 2 segundos o más): este inicio comprende un subconjunto de operaciones que se realizan durante el inicio frío. Por ejemplo: el usuario cancela la operación de la aplicación y vuelve a iniciarla o el sistema quita la aplicación de la memoria (Android, 2020).
3. **Caliente** (tarda 1.5 segundos o más): este inicio de la aplicación requiere menos sobrecarga que el inicio en frío. La única tarea que debe realizar el sistema es llevar la actividad a primer plano (Android, 2020).

Teniendo en cuenta las características anteriores y los usuarios a los que está enfocado el presente proyecto, la aplicación cumple con el tiempo de inicio dependiendo de cada uno de los estados. La interfaz de carga se muestra en la figura 9 la misma que ha sido representada para SO Android e iOS.

**Figura 9**

*Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de carga*



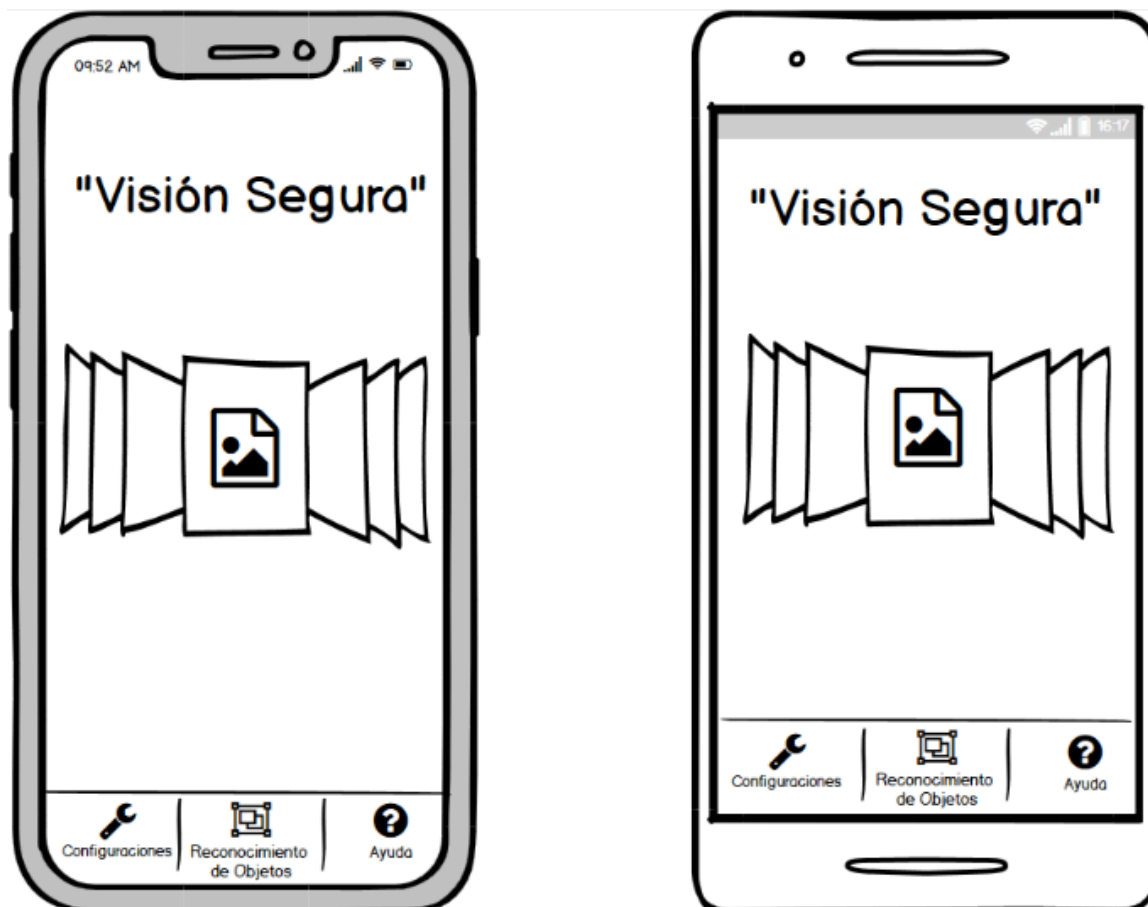
Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz de carga de la aplicación “Visión Segura”.

### **Interfaz home**

En la figura 10 se visualiza la pantalla de home, en esta pantalla se muestran tres botones que tienen como objetivo direccionar a las diferentes partes de la aplicación como, por ejemplo: la detección de objetos, configuración de la aplicación y ayuda de la aplicación. Esta interfaz cumple con las consideraciones 3.2 y 3.5 de la guía WCAG que trata sobre la ubicación y tamaño de los botones. Cada uno de estos botones cuentan con sonido para que el usuario con discapacidad visual (ceguera) conozca la ubicación en la pantalla que se encuentra.

**Figura 10**

*Prototipo de baja fidelidad de la interfaz del menú principal*



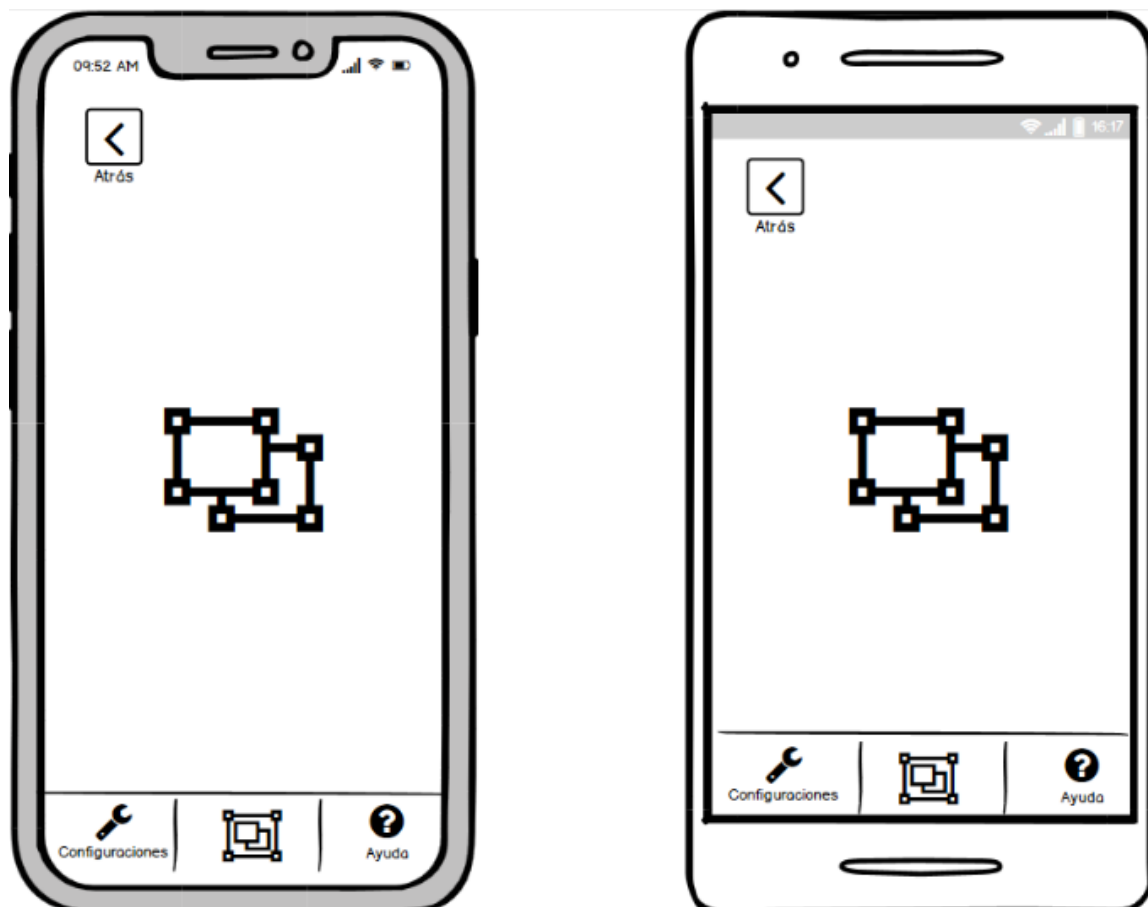
Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz del menú principal de la aplicación “Visión Segura”.

#### **Interfaz antes del reconocimiento.**

La interfaz presentada en la figura 11 expone el antes de que se ejecute el proceso de detección de objetos mediante la cámara, la distribución de los botones en la pantalla no interfiere en la navegación de la misma, además al igual que la anterior interfaz (figura 10) cumple con las consideraciones 2.1, 3.2, 3.5 y 4.2 de la guía WCAG.

**Figura 11**

*Prototipo de baja fidelidad de la interfaz antes del reconocimiento de objetos*



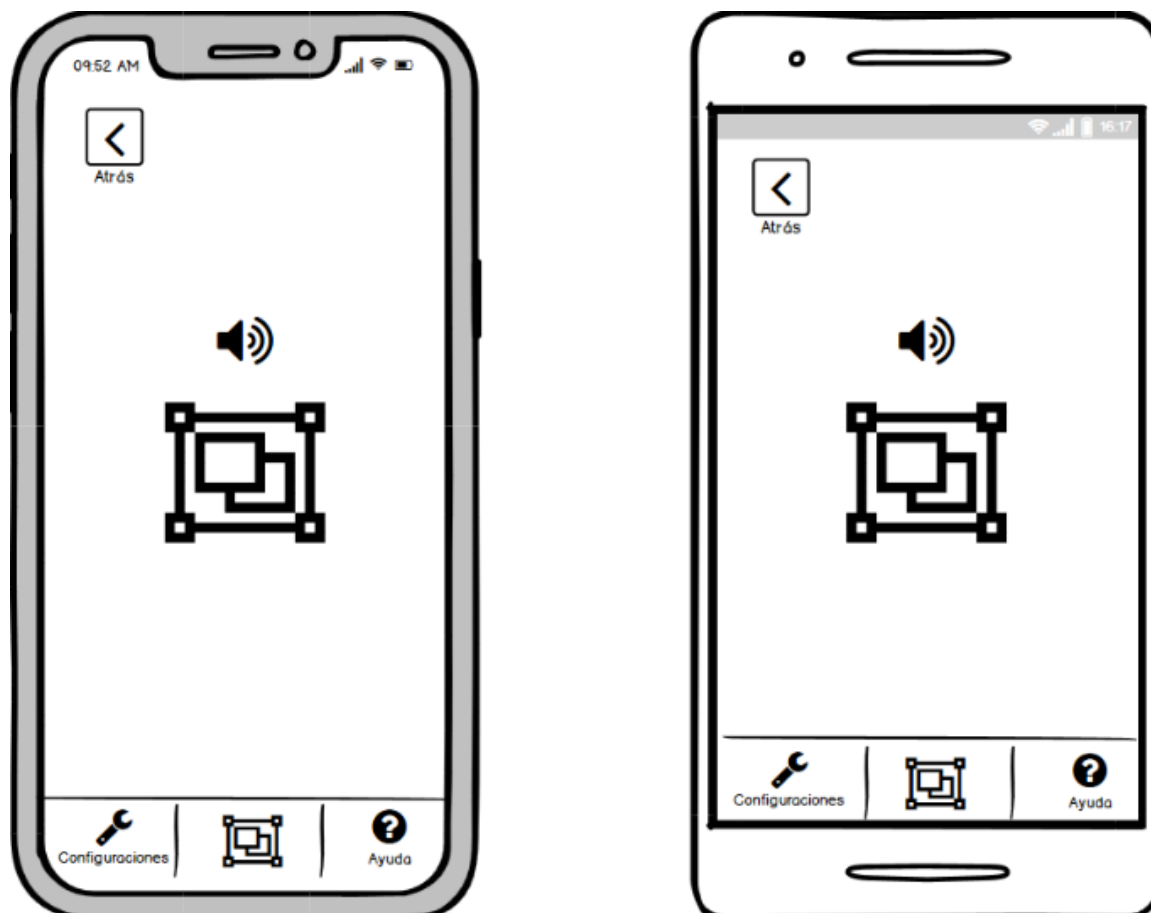
Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz antes del reconocimiento de objetos en la aplicación “Visión Segura”.

#### **Interfaz después del reconocimiento.**

La interfaz presentada en la figura 12 se despliega al momento en el que la aplicación reconoce algún objeto mediante la cámara, este emitirá un sonido con el nombre del objeto reconocido, además, esta interfaz es la misma que la figura 11 a la que se le agrega la funcionalidad de reconocimiento.

**Figura 12**

*Prototipo de baja fidelidad de la interfaz después del reconocimiento de objetos*



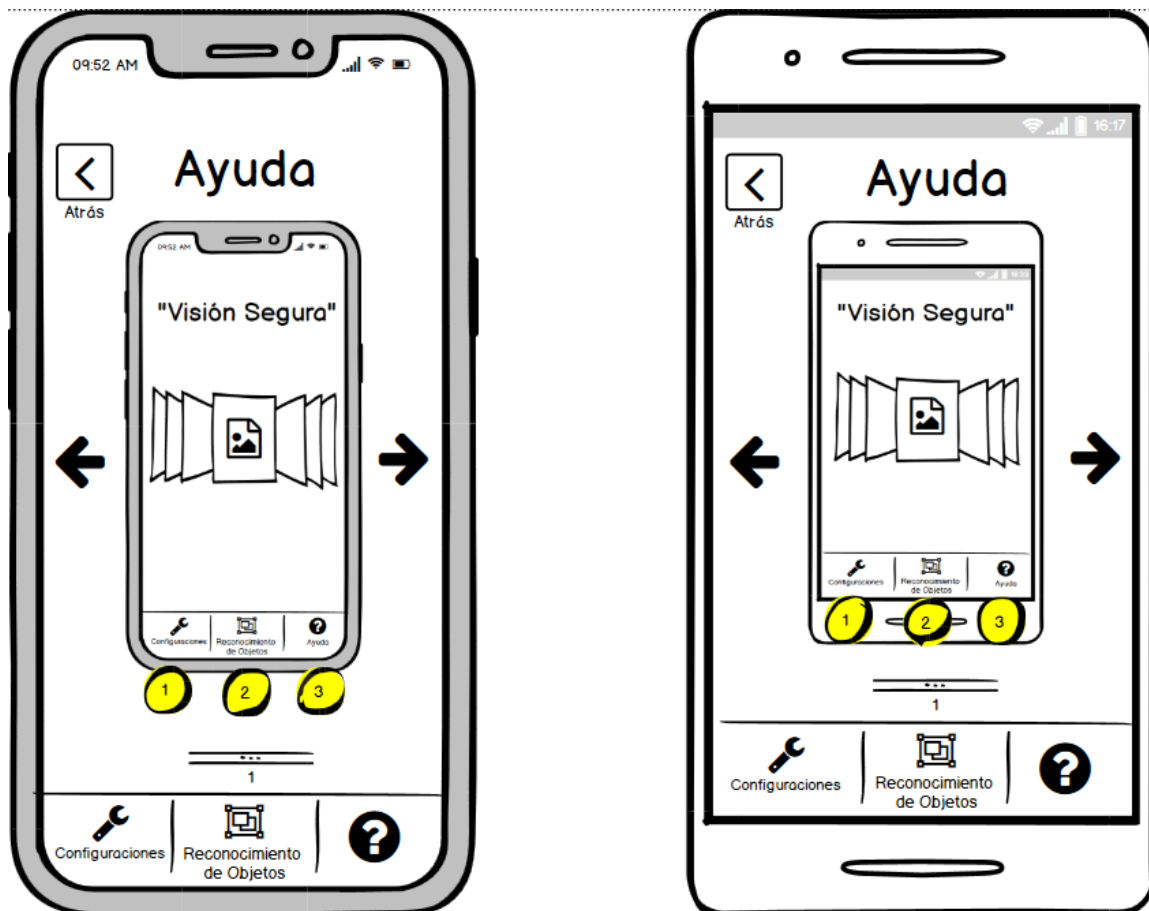
Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz después del reconocimiento de objetos en la aplicación “Visión Segura”.

### **Interfaz de ayuda.**

La interfaz presentada en la figura 13 permitirá al usuario conocer u obtener ayuda de algún tipo de funcionalidad de la aplicación, ya sea esta de la parte de detección de objetos, información o configuración. Permiéndole tener una ayuda tanto visual como auditiva.

**Figura 13**

*Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de ayuda*



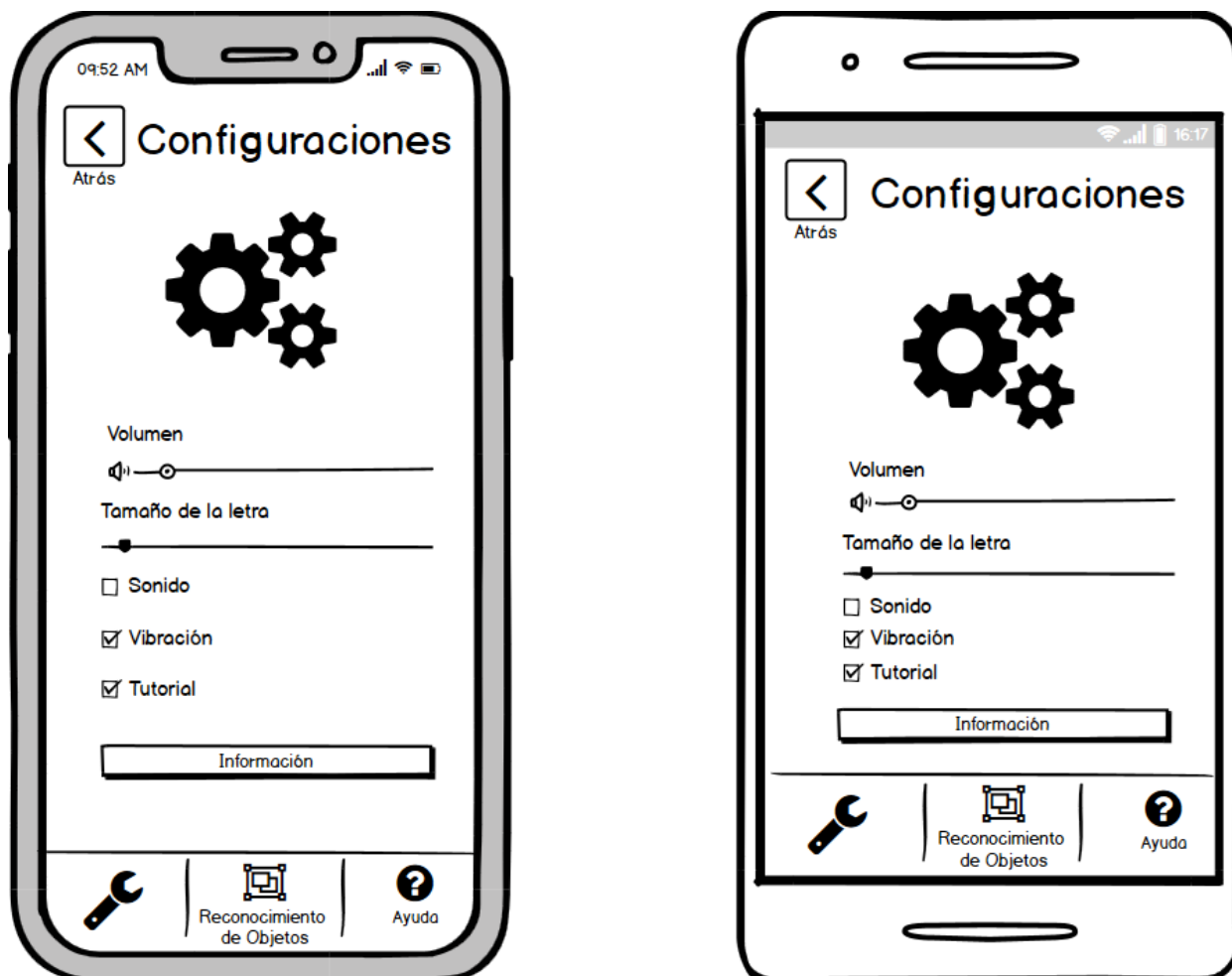
Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz ayuda de la aplicación “Visión Segura”.

#### **Interfaz de configuración.**

La interfaz presentada en la figura 14 permitirá al usuario modificar algunos aspectos que vienen predeterminados en la aplicación, por ejemplo, subir o bajar el volumen, aumentar o disminuir el tamaño de las letras (cumpliendo con la consideración 1.1.4), poner o quitar el sonido de la aplicación y por último la vibración del smartphone que brinda la sensibilidad háptica al usuario.

**Figura 14**

*Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de configuración*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz de configuración de la aplicación "Visión Segura".

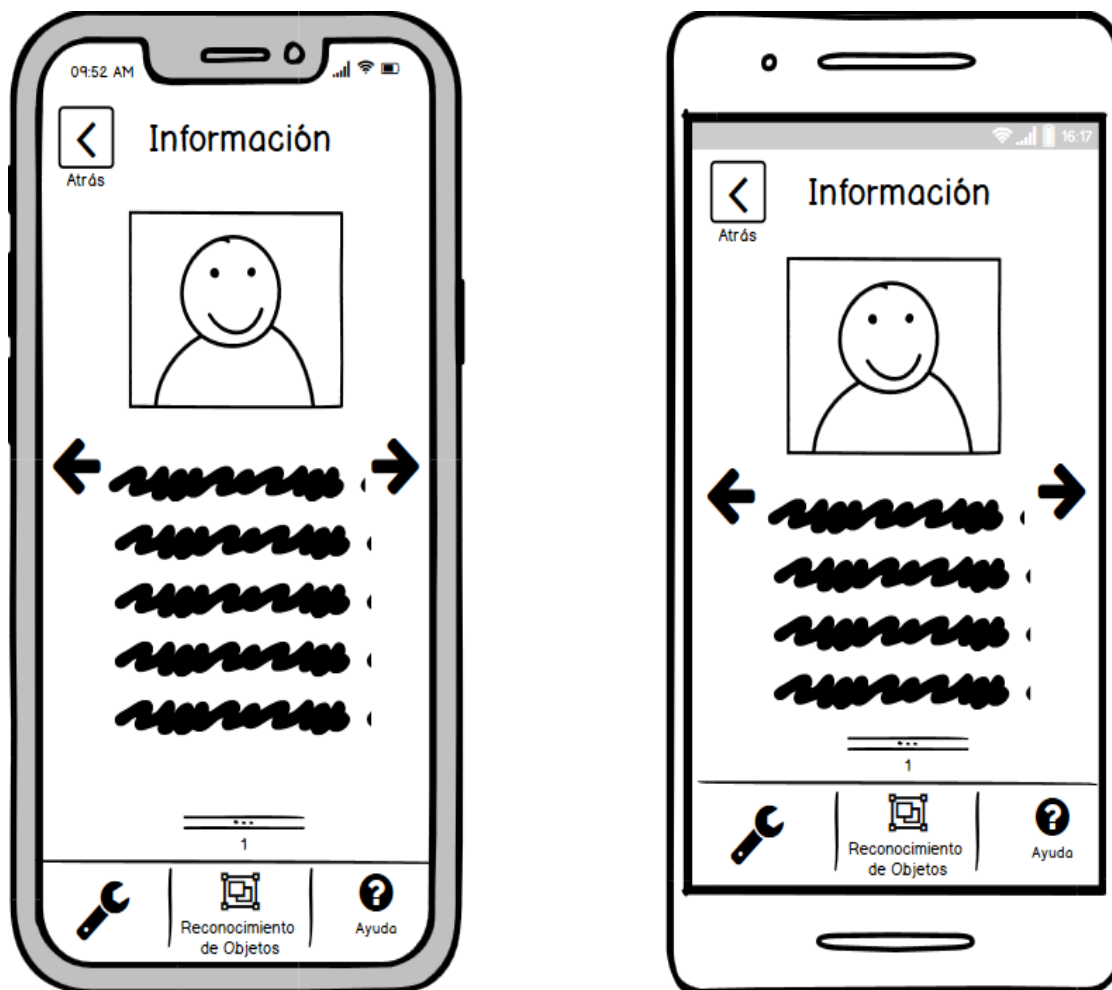
#### **Interfaz de información.**

La interfaz presentada en la figura 15 mostrará información de los investigadores y la entidad educativa en donde se desarrolló, además de permitirle al usuario tener una lectura de la información presentada tanto visual como auditiva.



**Figura 15**

*Prototipo de baja fidelidad de la interfaz de información*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz de información de la aplicación “Visión Segura”.

***Prototipo de alta fidelidad de la aplicación “Visión Segura”***

En las siguientes figuras (fig. 16 – fig. 21) se muestra el prototipo de alta fidelidad, teniendo en cuenta lo realizado en el prototipo de baja fidelidad, cada una de estas interfaces realizadas han sido realizadas en los dos SO propuestos (iOS y Android).

**Figura 16**

*Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de carga*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz de carga de la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 17**

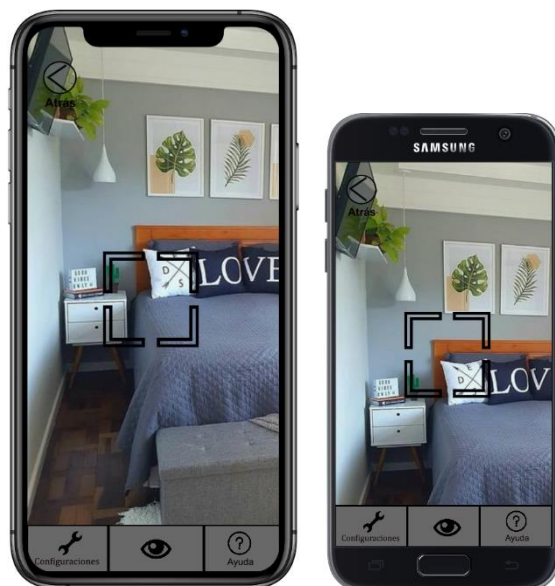
*Prototipo de alta fidelidad de la interfaz del menú principal*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz del menú principal de la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 18**

*Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de reconocimiento de objetos*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz de reconocimiento de objetos de la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 19**

*Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de configuración*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz de configuración de la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 20**

*Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de información*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz de información de la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 21**

*Prototipo de alta fidelidad de la interfaz de ayuda*



Nota. En esta figura se muestra el diseño que tiene la interfaz ayuda de la aplicación “Visión Segura”.

## Diagrama de flujo

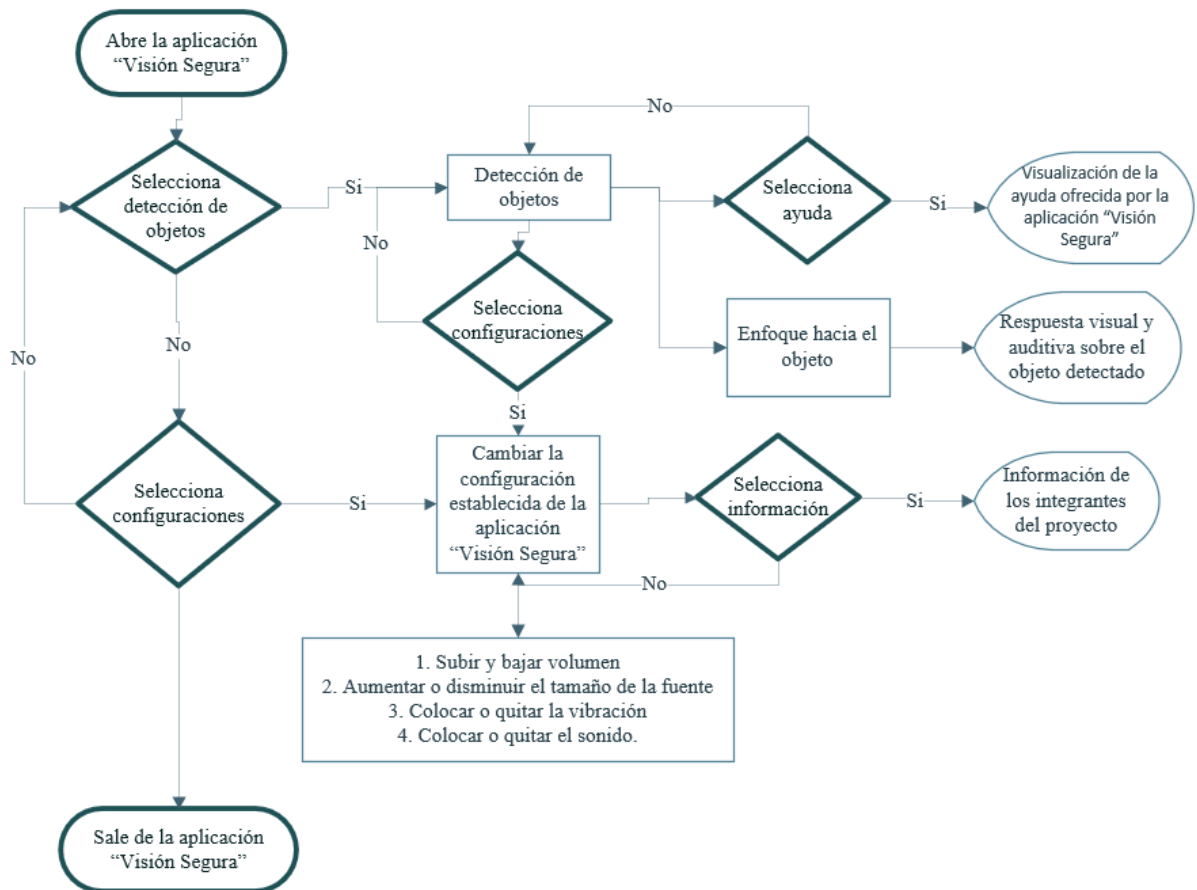
La aplicación “Visión Segura” inicia desde que se abre, en donde tiene 3 opciones (Detección de objetos, configuraciones y ayuda), como se muestra en la figura 22, cada opción tiene diferente funcionalidad como se menciona a continuación:

- **Módulo de detección de objetos:** esta opción le permite al usuario reconocer diferentes objetos que se encuentren dentro del objetivo, recibiendo una alerta tanto visual como auditiva. Dentro de esta opción se encuentran módulos como configuraciones y ayuda.
- **Módulo de ayuda:** el módulo de ayuda está apegado al módulo de detección de objetos, este módulo le permite al usuario entender o conocer el funcionamiento que le ofrece la aplicación “Visión Segura”, esta ayuda al igual que la detección de objetos tiene funcionalidad tanto auditiva como visual.
- **Módulo de configuraciones:** este módulo le permite al usuario modificar las configuraciones preestablecidas que tiene la aplicación “Visión Segura”, por ejemplo: subir o bajar el volumen, aumenta o disminuir el tamaño de la fuente, quitar o colocar la opción de vibración y sonido, finalmente el módulo de información.
- **Módulo de información:** en este módulo se presenta información de la institución educativa en la que se realizó el presente proyecto y los integrantes del proyecto.

Finalmente, todos los botones antes presentados cuentan con la alerta tanto visual y auditiva permitiendo así que la navegación dentro de la aplicación sea fácil e intuitiva.

Figura 22

Diagrama de flujo de la aplicación "Visión Segura"



Nota. En esta figura se muestra el flujo de la aplicación "Visión Segura" dependiendo de la acción que realice el usuario.

## Capítulo IV

### Resultados

En esta sección se exponen los cuestionarios de usabilidad utilizados para los diferentes usuarios (comunes y especialistas), donde, una vez obtenida la data se procederá a interpretar, analizar y discutir los resultados.

#### Preguntas

En las tablas 14 y 15 se muestran las preguntas que se utilizaron para los diferentes usuarios en este caso 61 estudiantes y 6 especialistas, todas las notas que den los usuarios serán del 1 – 5, siendo 1 lo peor y 5 lo mejor según la escala de Likert. La escala de Likert es un instrumento psicométrico donde el encuestado indica su acuerdo o desacuerdo sobre la pregunta que se realiza, a través de una escala ordenada (Matas, 2018).

#### ***Cuestionario para estudiantes***

En la tabla 14 se muestra el cuestionario utilizado para los estudiantes, en donde se evaluará la información y la ayuda que ofrece la aplicación “Visión Segura” a los usuarios, el uso cognitivo, la usabilidad y la interacción que tienen los usuarios al momento de utilizar la aplicación. Cada uno de estas características evaluadas tendrán diferentes apartados que ayudarán a tener una mejor percepción de la aplicación.

#### **Tabla 14**

##### *Cuestionario de usabilidad estudiantes*

Pregunta	1	2	3	4	5
<b>Información del usuario</b>					
<b>Impresión:</b> ¿Los valores predeterminados son operados fácilmente?					
<b>Disfrute:</b> ¿La aplicación utiliza un diseño estético que incluya colores para proporcionar experiencias emocionantes a los usuarios?					

---

**Familiaridad:** ¿La aplicación aparte de usar metáforas e íconos familiares, utiliza lenguajes centrados en el usuario?

---

**Jerarquía:** ¿Se proporciona un diseño por fase a los usuarios, para que la aplicación sea más fácil de utilizar?

---

**Multimodalidad:** ¿Cuándo se muestra ayuda, se proporciona una modalidad como sonido y una pantalla visual?

---

**Visibilidad:** ¿El diseño de los factores gráficos son adecuados?

---

### Uso Cognitivo

---

**Consistencia:** ¿Los términos e interfaces se mantienen de manera consistente para evitar confusiones entre cambio de pantallas?

---

**Facilidad de aprendizaje:** ¿Las funciones y las características de la aplicación son efectivas?

---

**Previsibilidad:** ¿Las funciones y las características de la aplicación son fáciles de aprender?

---

**Reconocimiento:** ¿Se proporciona la información adecuadamente para que los usuarios no tengan que usar memoria a corto plazo?

---

### Ayuda del usuario

---

**Control de usuario:** ¿La aplicación hace que los usuarios sientan que están controlando el sistema y el sistema está respondiendo a sus acciones?

---

**Información:** El usuario puede observar información de ayuda.

---

### Interacción del usuario

---

**Manipulación:** ¿La información que aparece en la pantalla y la acción que hace debería coincidir de forma intuitiva?

---



---

**Realimentación:** ¿La secuencia del proceso y el estado del sistema son consistentes?

---

**Bajo esfuerzo:** ¿La aplicación minimiza el esfuerzo de operar y evita el cansancio de los usuarios?

---

**Sensibilidad:** ¿La aplicación responde rápidamente a la acción del usuario?

---

### Usabilidad de la aplicación

---

**Disponibilidad:** ¿La aplicación cuenta con una velocidad de operación inicial rápida y se mantiene igual en la ejecución?

---

**Basado en contexto:** ¿La interfaz de usuario fue diseñado considerando varios tipos de entornos cerrados, especialmente para entornos cerrados?

---

**Salir:** ¿Al salir de la aplicación resulta fácil volver abrir la aplicación?

---

**Navegación:** ¿Puede navegar libremente en la aplicación cuando se está realizando su trabajo?

---

Nota. En esta tabla se muestra el cuestionario que se aplicó a los estudiantes para medir la usabilidad de la aplicación “Visión Segura”

#### ***Cuestionario para especialistas***

En la tabla 15 se muestra el cuestionario de usabilidad SUS, este cuestionario fue utilizado con los especialistas, el propósito de este cuestionario es tener un test fácil de puntuar y completar.

**Tabla 15**

*Cuestionario de Usabilidad SUS*

Pregunta	1	2	3	4	5
1. Calificación de la arquitectura propuesta.					

---

- 
2. Calificación del diseño de la aplicación.
- 
3. Creo que me gustará visitar con frecuencia esta aplicación
- 
4. Encontré la aplicación innecesariamente compleja
- 
5. Pensé que era fácil utilizar la aplicación en contextos cerrados
- 
6. Creo que necesitaría del apoyo de un experto para recorrer la aplicación
- 
7. Encontré las diversas funcionalidades de la aplicación bastante bien integradas
- 
8. Pensé que había demasiada inconsistencia en la aplicación
- 
9. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían rápidamente a utilizar la aplicación
- 
10. Encontré la aplicación muy grande al recorrerlo
- 
11. Me sentí muy confiado en el manejo de la aplicación
- 
12. Necesito aprender muchas cosas antes de manejarme en la aplicación
- 

Nota. En esta tabla se muestra el cuestionario SUS que ha sido aplicado a los especialistas.

## **Resultados**

En esta sección se mostrarán los resultados más relevantes de cada uno de los cuestionarios realizados para los estudiantes y especialistas.

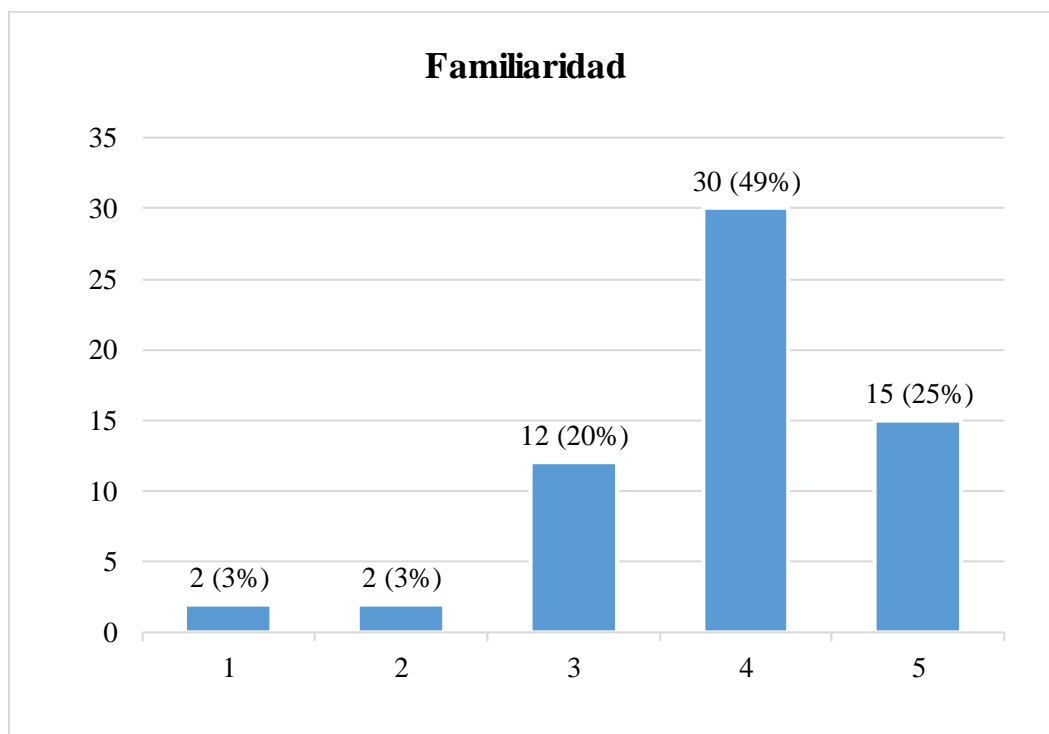
## **Resultados del cuestionario para estudiantes**

### **Información del usuario.**

En el apartado de información del usuario, los puntos más relevantes son la familiaridad y la visibilidad, puesto que, al ser enfocado a usuarios con discapacidad visual, el aplicativo debe adaptarse a nuevas tareas y que a su vez presenta familiaridad y facilidad de uso para que este sea de apoyo y ayuda al usuario en el desarrollo de sus actividades diarias. En la figura 23 se observa que el 74% de usuarios puntúan que la aplicación "Visión Segura" cuenta con familiaridad en un rango de 4 y 5. Además, la visibilidad el 74% de los usuarios la puntúan con en un rango de 4 y 5 como se muestra en la figura 24.

**Figura 23**

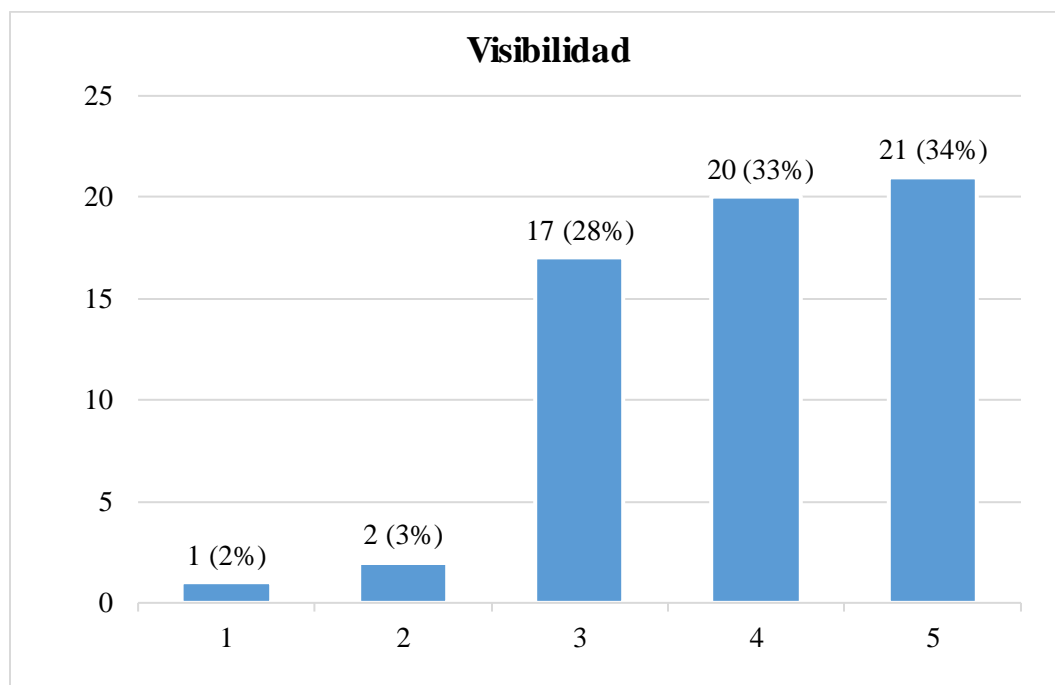
*Familiaridad de la aplicación "Visión Segura"*



Nota. En esta figura se muestran en porcentajes la puntuación obtenida en la característica más relevante de información de usuario que es familiaridad.

**Figura 24**

*Visibilidad de la aplicación "Visión Segura"*



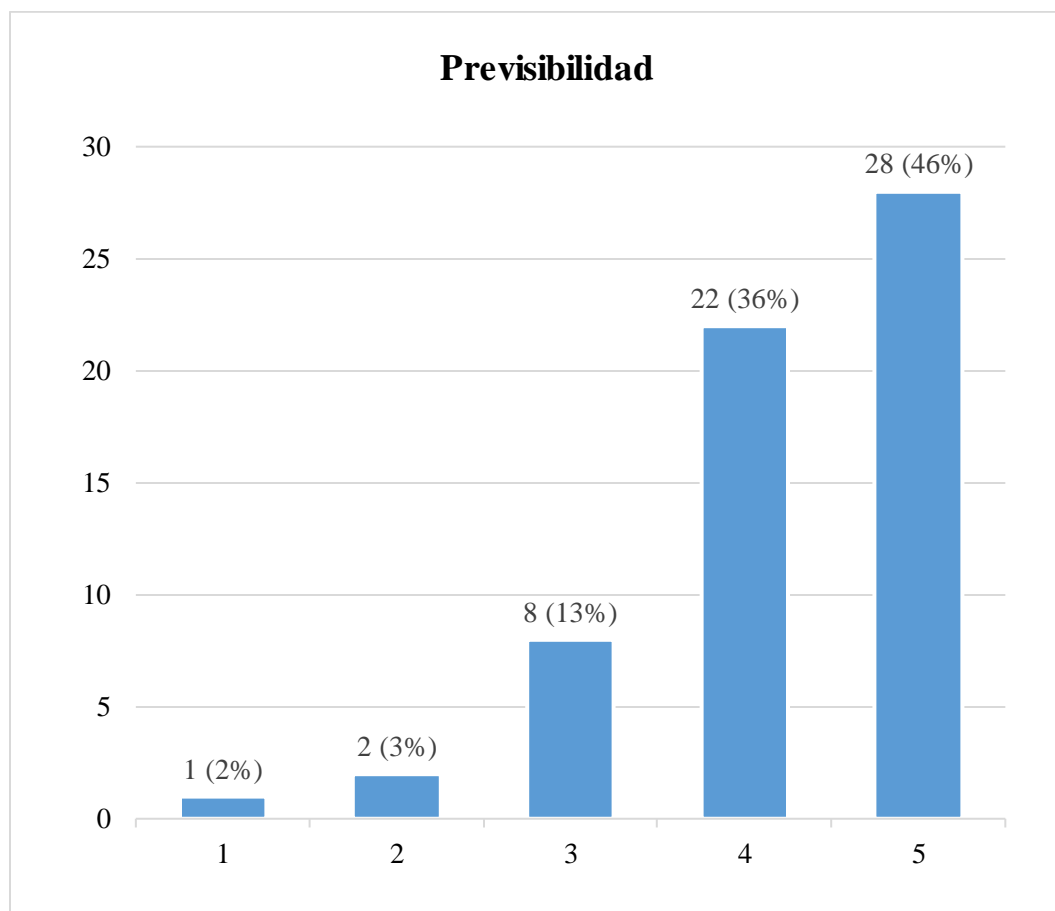
Nota. En esta figura se muestra en porcentajes la puntuación obtenida en la característica más relevante de información de usuario que es visibilidad.

### **Uso cognitivo.**

El apartado de uso cognitivo posee cuatro puntos claves, sin embargo, el que presenta mayor relevancia es la previsibilidad que tiene la aplicación, puesto que esta tiene que ver con la facilidad de aprendizaje que le ofrece "Visión Segura" en cuanto a sus características y funcionalidades. En esta característica, 49% de los usuarios otorgaron un puntaje de 5 en la escala de Likert y 36% de los usuarios 4 puntos como se muestra en la figura 25. Esto da a notar que las características y funcionalidades que posee la aplicación son las adecuadas para presentar a los usuarios finales, por ejemplo: el evitar que la aplicación posea información innecesaria, acumulación de botones o carga de funcionalidades que permitan que el usuario se le dificulte manejar la aplicación.

**Figura 25**

*Previsibilidad de la aplicación "Visión Segura"*



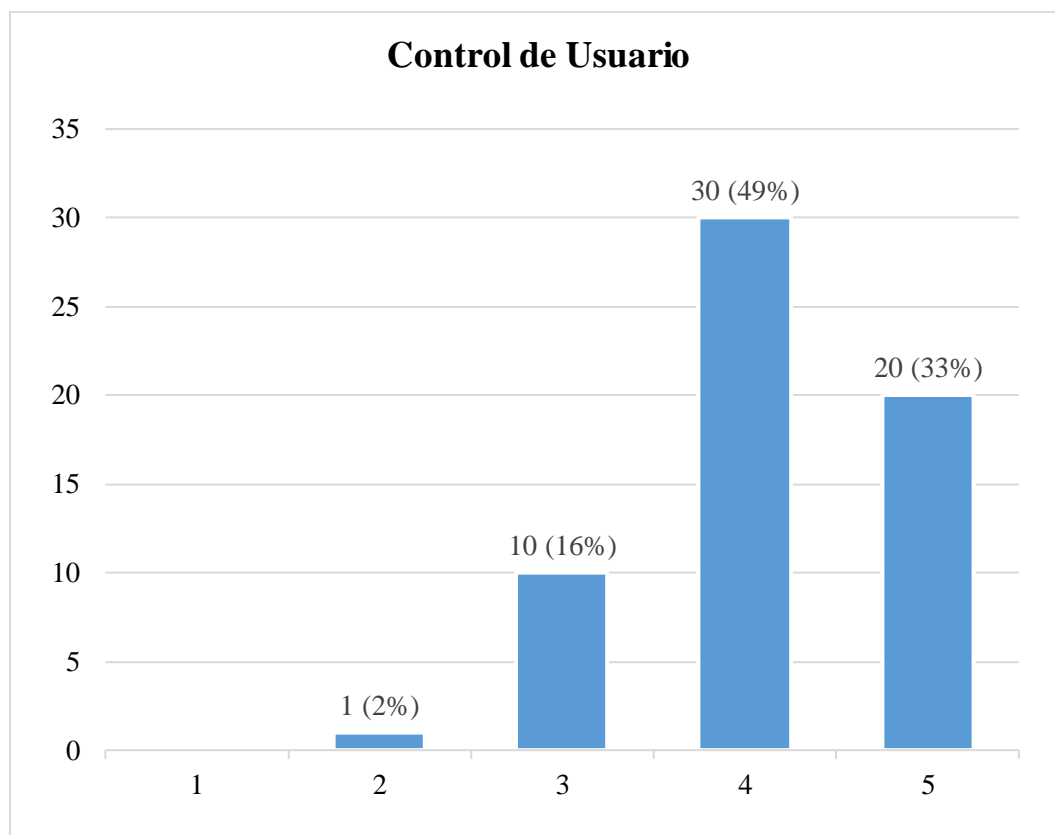
Nota. En esta figura se muestra en porcentajes la puntuación obtenida en la característica más relevante de información de uso cognitivo que es previsibilidad.

#### **Ayuda de usuario.**

En el apartado de ayuda de usuario, existen dos características a tomar en cuenta que son: el control del usuario y la información. En este caso el control de usuario resulta relevante debido a que los usuarios finales necesitan sentir que están controlando el sistema y este está haciendo lo que ellos desean. Como resultado se tiene que el 49% de usuarios puntúan 4 según la escala de Likert, mientras que el 33% de usuarios puntúan 5 como se muestra en la figura 26.

**Figura 26**

*Control de usuario de la aplicación "Visión Segura"*



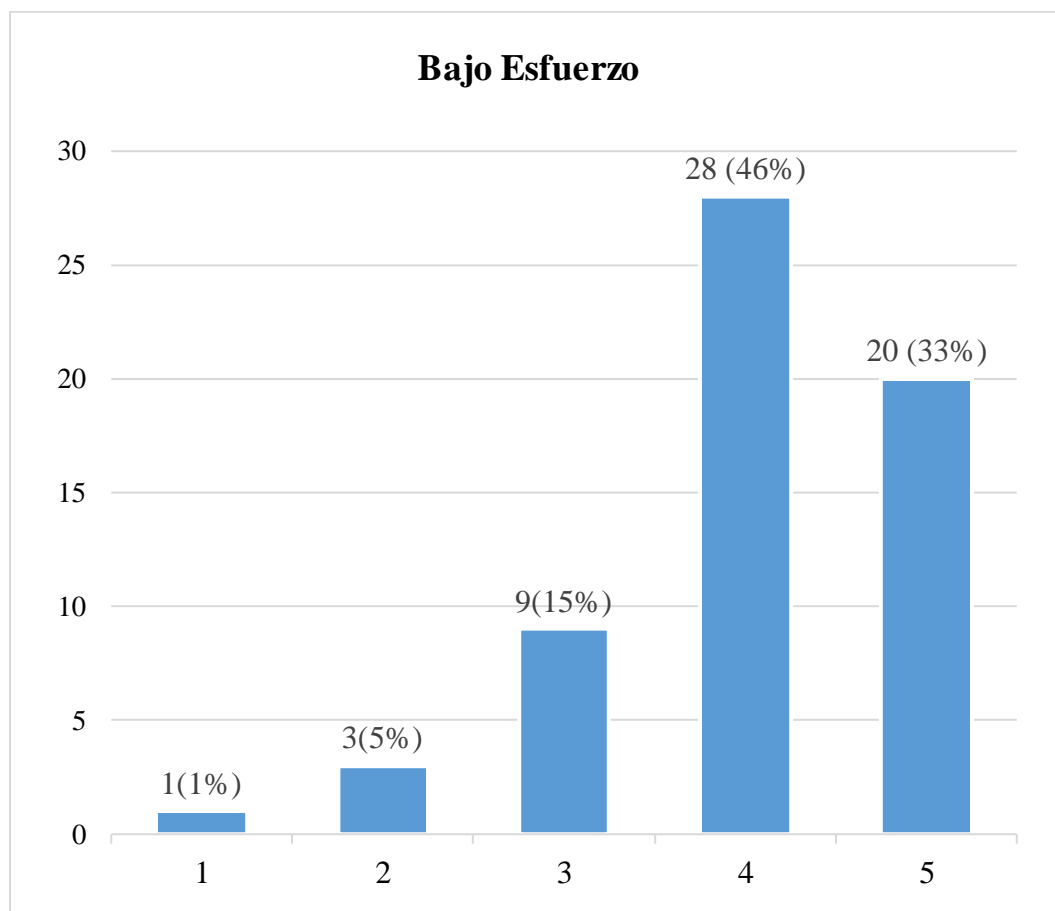
Nota. En esta figura se muestra en porcentajes la puntuación obtenida en la característica más relevante de ayuda de usuario que es control de usuario.

#### **Interacción de usuario.**

En el apartado de interacción de usuario, la característica que ha resaltado tras la evaluación ha sido "bajo esfuerzo", puesto que lo que busca la aplicación es facilitar a las personas la interacción con su entorno y minimizar el esfuerzo de operar la aplicación, evitando así el cansancio de los usuarios. Los resultados de esta característica son: 48% de usuarios puntúan 4 en la escala de Likert, mientras que el 34% de usuarios puntúan 5 como se muestra en la Figura 27.

**Figura 27**

*Bajo esfuerzo en la aplicación "Visión Segura"*



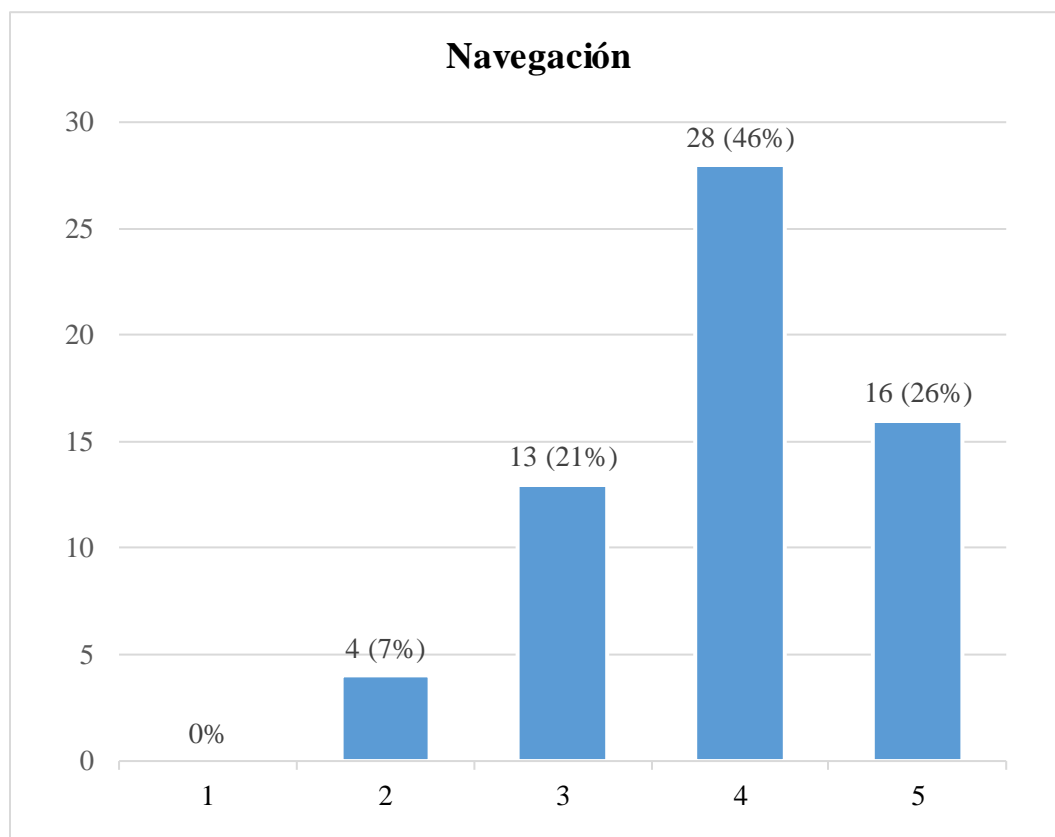
Nota. En esta figura se muestra en porcentajes la puntuación obtenida en la característica más relevante de interacción de usuario que es bajo esfuerzo.

#### **Usabilidad de la aplicación.**

En el apartado de uso del usuario, posee cuatro características a puntuar, sin embargo, la característica sobresaliente es la navegación (le permite al usuario navegar libremente en la aplicación), en esta característica cerca del 46% de usuarios lo puntúan con 4 en la escala de Likert, mientras que el 26% de usuarios lo puntúan con 5 como se muestra en la figura 28.

**Figura 28**

*Navegación en la aplicación "Visión Segura"*



Nota. En esta figura se muestra en porcentajes la puntuación obtenida en la característica más relevante de uso del usuario que es navegación.

### ***Resultados del cuestionario para especialistas***

Este cuestionario es utilizado para medir la experiencia de usuario, calculando la usabilidad de un objeto, dispositivo o aplicación. Esta escala es sencilla de utilizar, esto se ha evidenciado en los resultados obtenidos en diferentes pruebas que se han realizado, demostrando confiabilidad y certeza en los resultados.

En este cuestionario se tomó en cuenta las preguntas que se encuentran en la tabla 15 y a continuación, se presenta los resultados obtenidos al aplicar el cuestionario SUS a los especialistas.

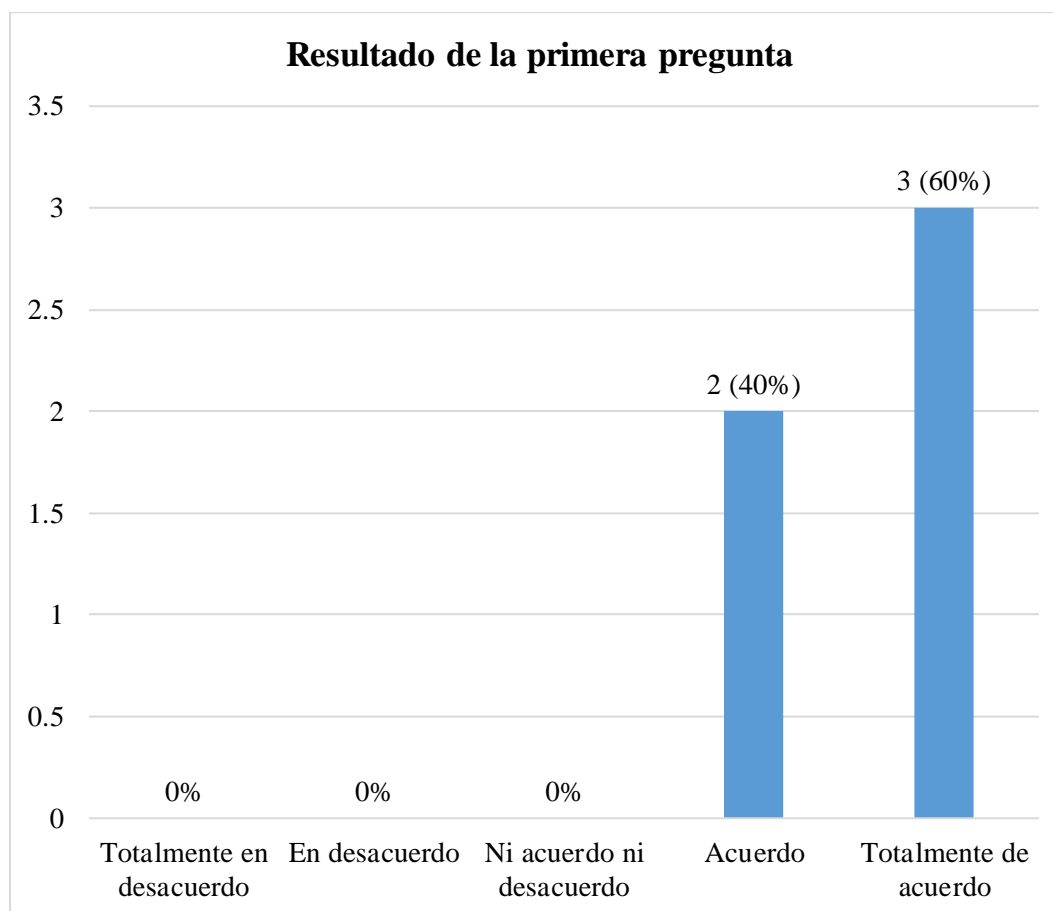


### Calificación de la arquitectura propuesta.

El primer punto del cuestionario es calificar la arquitectura propuesta, como se muestra en la figura 29 los especialistas puntuaron entre 5 y 4 según la escala de Likert, es decir que el 60% de los especialistas están “totalmente de acuerdo” y el 40% están de “acuerdo” respectivamente.

**Figura 29**

*Resultado de la primera pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a la arquitectura propuesta

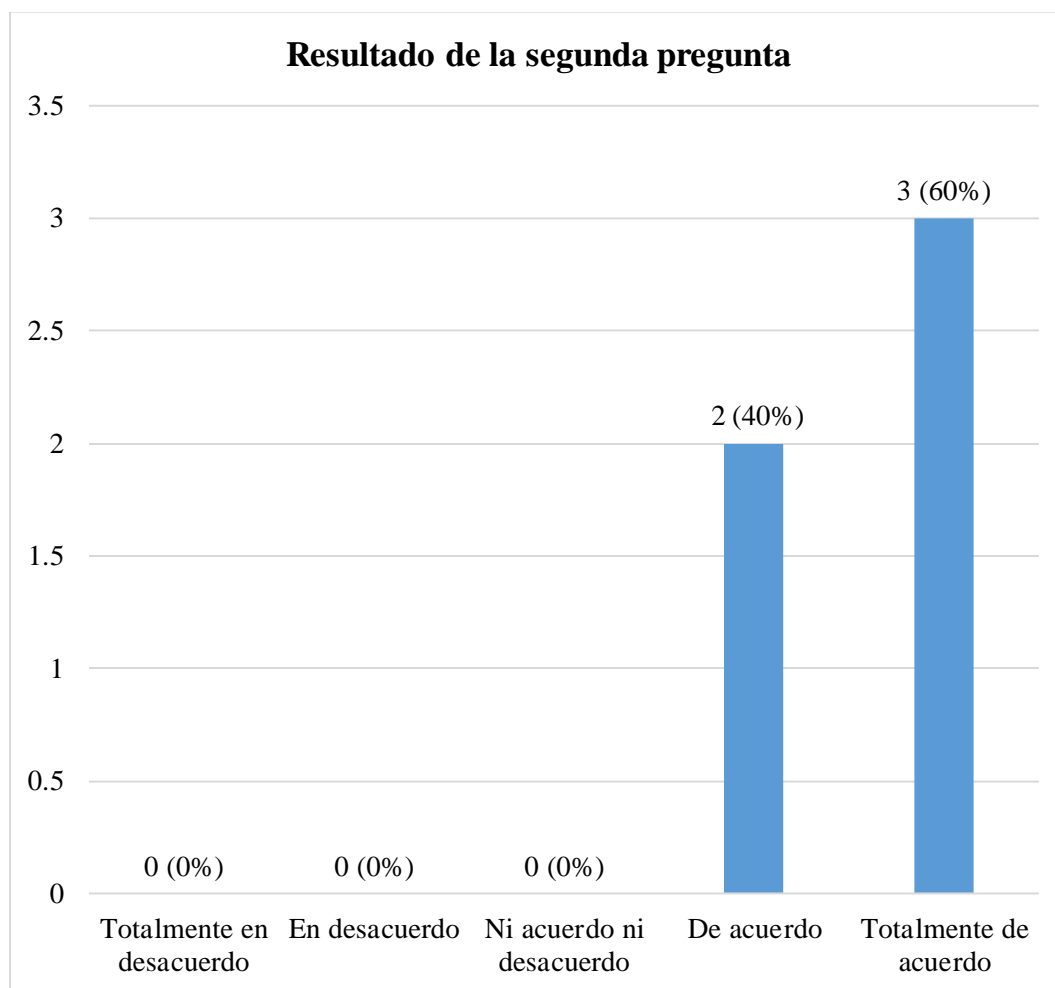
### Calificación del diseño de la aplicación.

El segundo punto del cuestionario es el diseño de la aplicación, como se muestra en la figura 30 los especialistas puntuaron entre 4 y 5 según la escala de Likert,

es decir que el 60% de los especialistas están “totalmente de acuerdo” y el 40% están de “acuerdo” con el diseño de la aplicación “Visión Segura” respectivamente.

**Figura 30**

*Resultado de la segunda pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



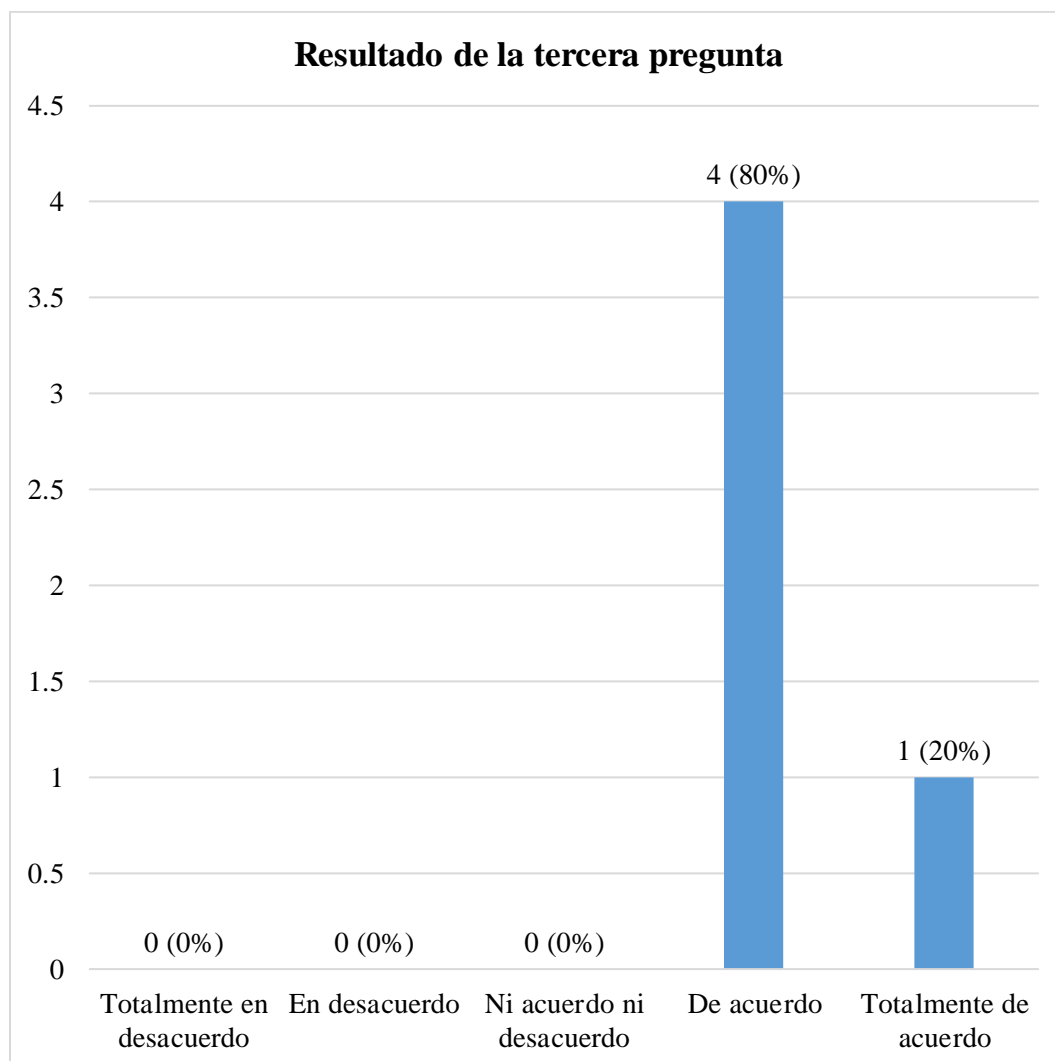
Nota. En esta figura se muestra las calificaciones de los especialistas respecto al diseño de la aplicación “Visión Segura”

**Creo que me gustará visitar con frecuencia esta aplicación.**

El tercer punto del cuestionario es si visitarían con frecuencia la aplicación, como se muestra en la figura 31 los especialistas puntuaron entre 4 y 5 según la escala de Likert, es decir que el 80% están de “acuerdo” y el 20% están “totalmente de acuerdo” respectivamente.

**Figura 31**

*Resultado de la tercera pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



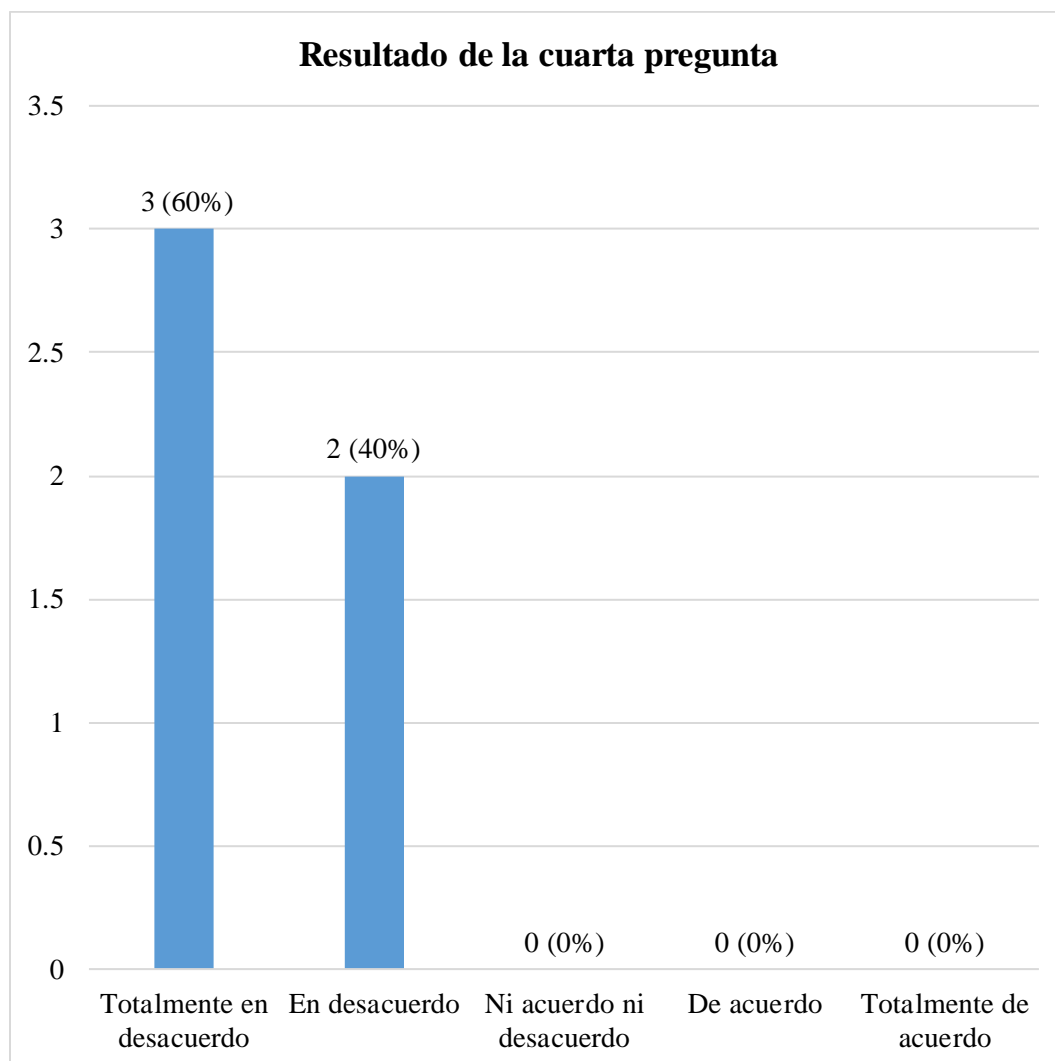
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a si visitaría con frecuencia la aplicación “Visión Segura”

#### **Encontré la aplicación compleja.**

El cuarto punto del cuestionario es que el especialista encontró compleja la aplicación, como se muestra en la figura 32 los especialistas puntuaron entre 1 y 2 según la escala de Likert, es decir que el 60% están de “totalmente en desacuerdo” y el 40% están en “desacuerdo” respectivamente.

**Figura 32**

*Resultado de la cuarta pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



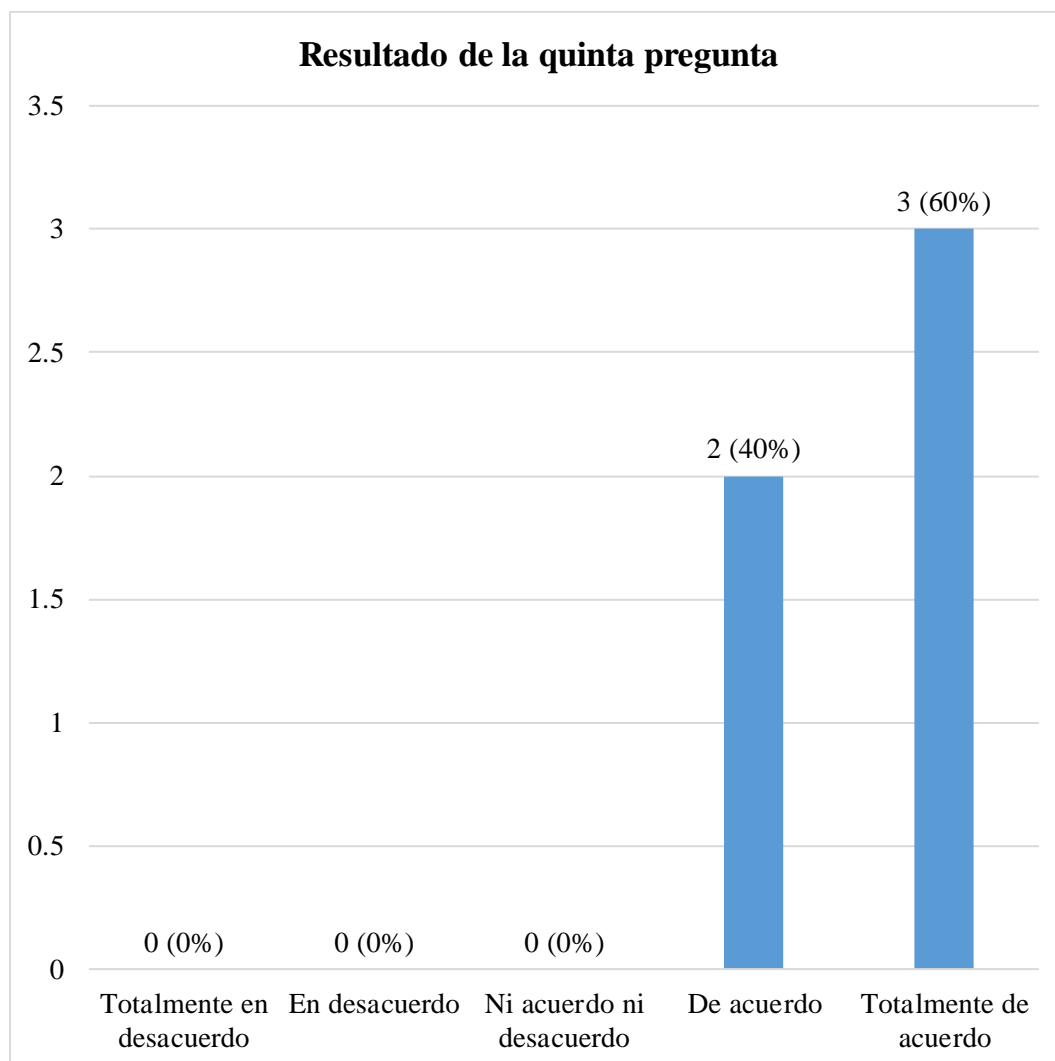
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a si se encontró complejo el funcionamiento de la aplicación “Visión Segura”

**Pensé que era fácil de usar en contextos cerrados.**

El quinto punto del cuestionario es que el especialista piensa que sería fácil de usar la aplicación por los usuarios finales, como se muestra en la figura 33 los especialistas puntuaron entre 5 y 4 según la escala de Likert, es decir que el 60% están de “Totalmente de acuerdo” y el 40% están de “acuerdo” respectivamente.

**Figura 33**

*Resultado de la quinta pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



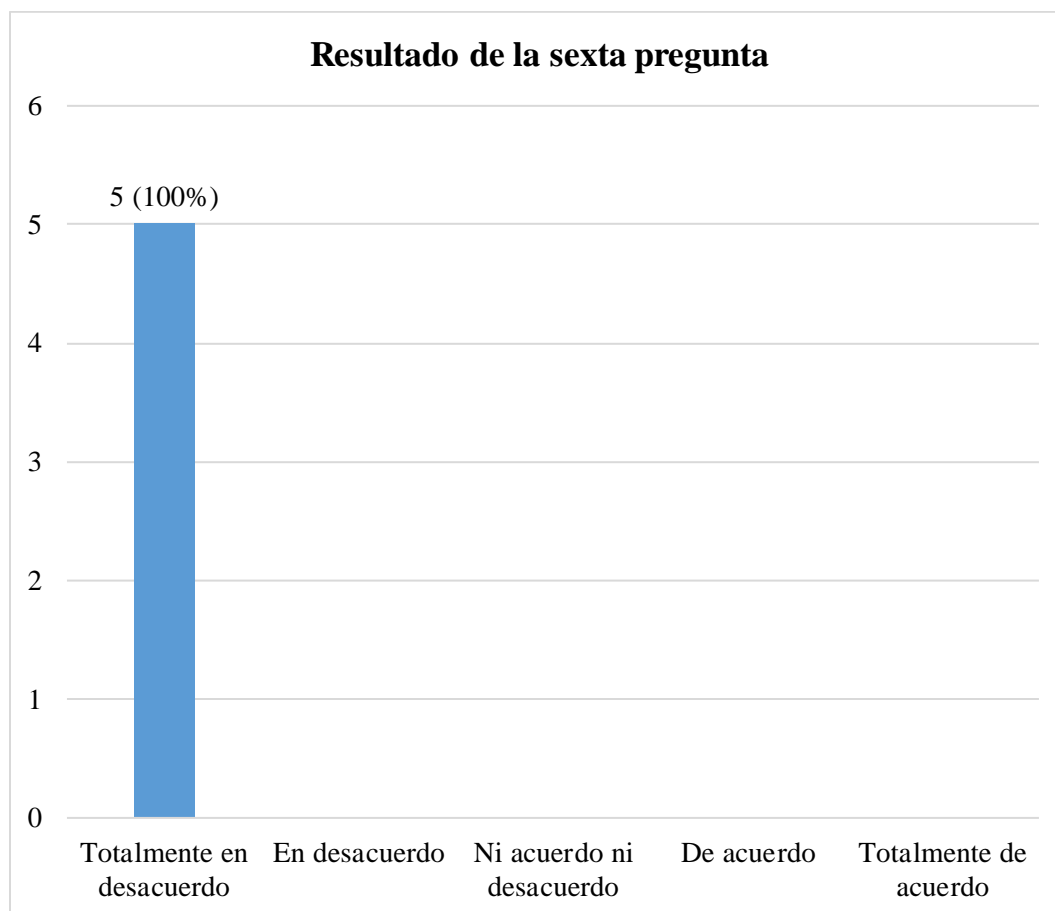
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a si piensan que resultaría fácil de usar la aplicación “Visión Segura”

**Creo que necesitaría del apoyo de un experto para recorrer la aplicación.**

El sexto punto del cuestionario es que el especialista piensa que los usuarios finales necesitarían del apoyo de una especialista para recorrer la aplicación, como se muestra en la figura 34 los especialistas puntuaron 1 según la escala de Likert, es decir que el 100% están “Totalmente en desacuerdo”.

**Figura 34**

*Resultado de la sexta pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



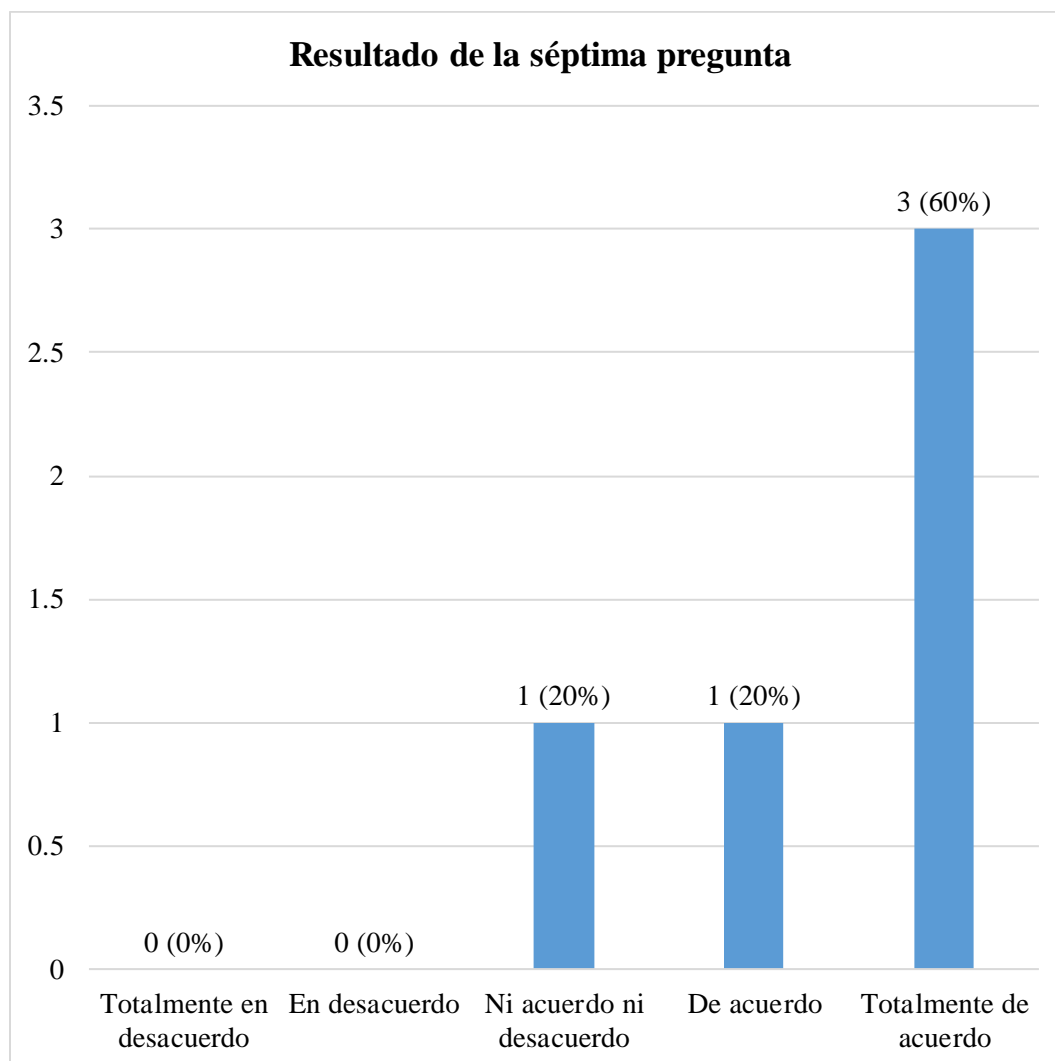
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a si se necesitaría la ayuda de un experto para recorrer la aplicación “Visión Segura”.

**Encontré las diversas posibilidades de la aplicación bastante bien integradas.**

El séptimo punto del cuestionario es que el especialista considera que las diversas funcionalidades de la aplicación están bien integradas, como se muestra en la figura 35 los especialistas puntuaron entre 3, 4 y 5 según la escala de Likert, es decir que el 20% están “Ni acuerdo ni en desacuerdo”, el 20% están de “acuerdo” y el 60% están “totalmente de acuerdo” respectivamente.

**Figura 35**

*Resultado de la séptima pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



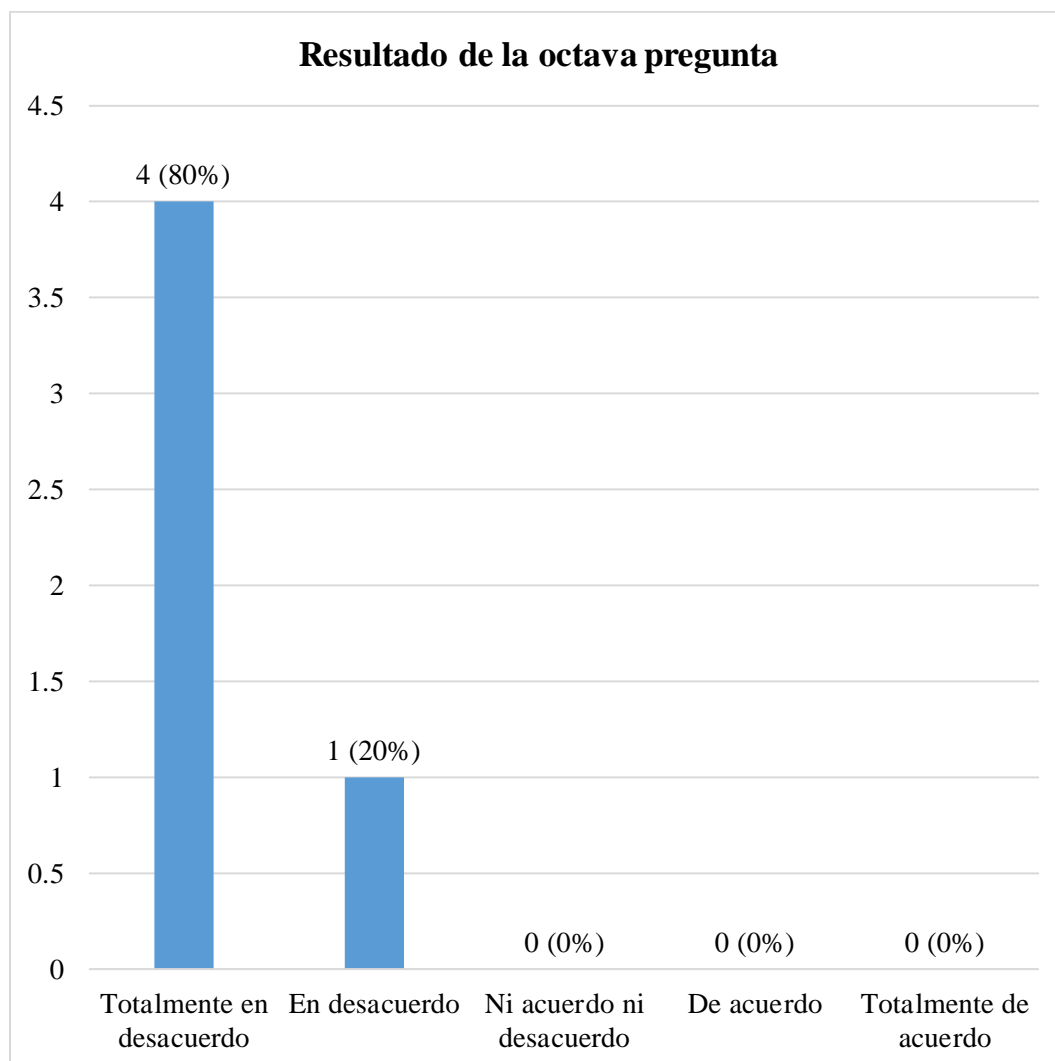
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a si están bien integradas las posibilidades o funcionalidades de la aplicación “Visión Segura”.

**Pensé que hay inconsistencia en la aplicación.**

El octavo punto del cuestionario es que el especialista considera que existe inconsistencias en la aplicación, como se muestra en la figura 36 los especialistas puntuaron entre 1 y 2 según la escala de Likert, es decir que el 80% están “Totalmente en desacuerdo”, el 20% están en “desacuerdo” respectivamente.

**Figura 36**

*Resultado de la octava pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a si consideran que existe inconsistencias en la aplicación “Visión Segura”

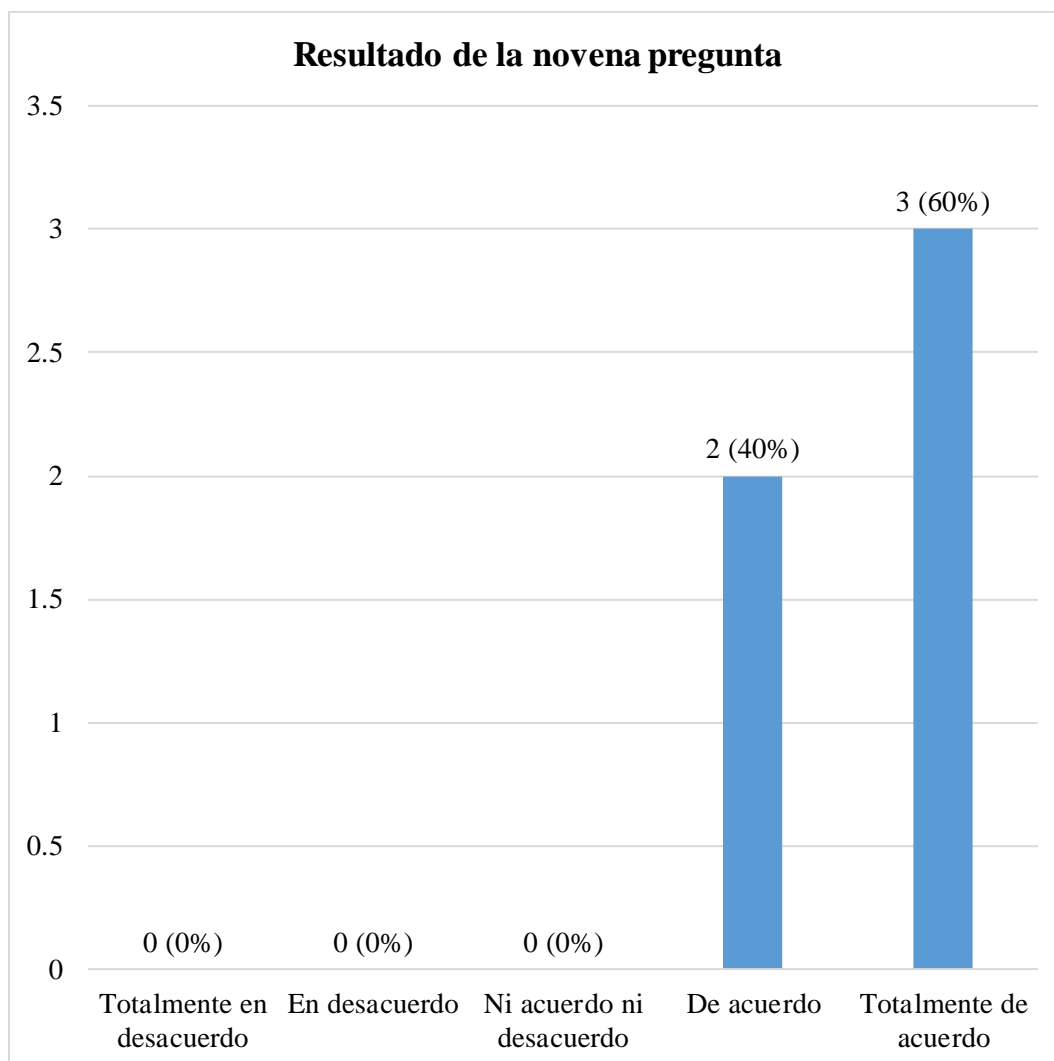
**Imagino que la mayoría de las personas aprenderían rápidamente a utilizar la aplicación.**

El noveno punto del cuestionario es que el especialista considera que los usuarios finales aprenderían rápidamente a utilizar la aplicación, como se muestra en la figura 37 los especialistas puntuaron entre 5 y 4 según la escala de Likert, es decir que el 60% están “Totalmente en acuerdo”, el 20% están de “acuerdo” respectivamente.



**Figura 37**

*Resultado de la novena pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



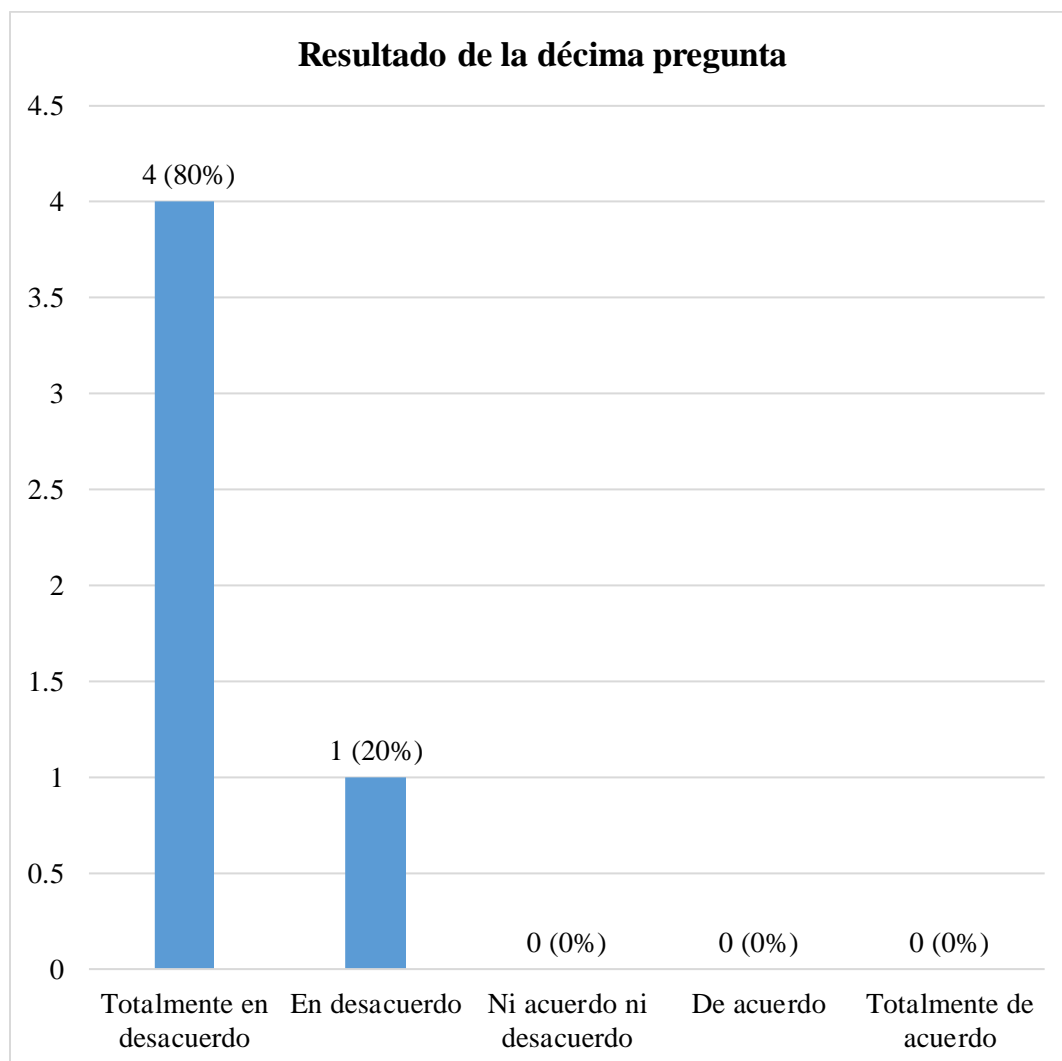
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a que los usuarios aprenderían rápidamente a utilizar la aplicación “Visión Segura”

**El recorrido de la aplicación me resultó extenso.**

El décimo punto del cuestionario es que el especialista considera que el recorrido de la aplicación le resultó demasiado extenso, como se muestra en la figura 38 los especialistas puntuaron entre 1 y 2 según la escala de Likert, es decir que el 80% están “Totalmente en desacuerdo”, el 20% están en “desacuerdo” respectivamente.

**Figura 38**

*Resultado de la décima pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



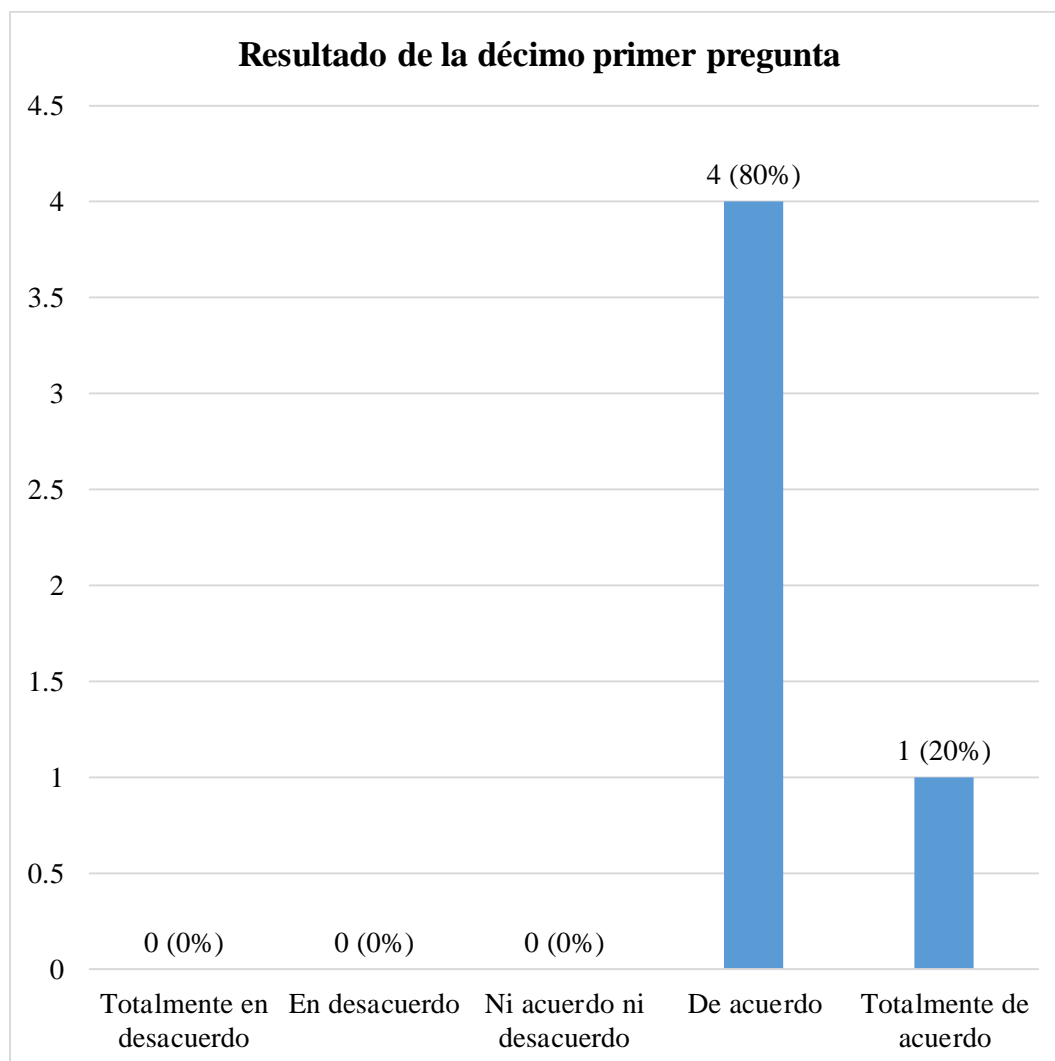
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a que los usuarios aprenderían rápidamente a utilizar la aplicación “Visión Segura”

**Me sentí muy confiado en el manejo de la aplicación.**

El décimo primer punto del cuestionario es que el especialista considera que se sintió confiado al momento de manejar la aplicación, como se muestra en la figura 39 los especialistas puntuaron entre 5 y 4 según la escala de Likert, es decir que el 20% están “Totalmente de acuerdo”, el 80% están de “acuerdo” respectivamente.

**Figura 39**

*Resultado de la décimo primera pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



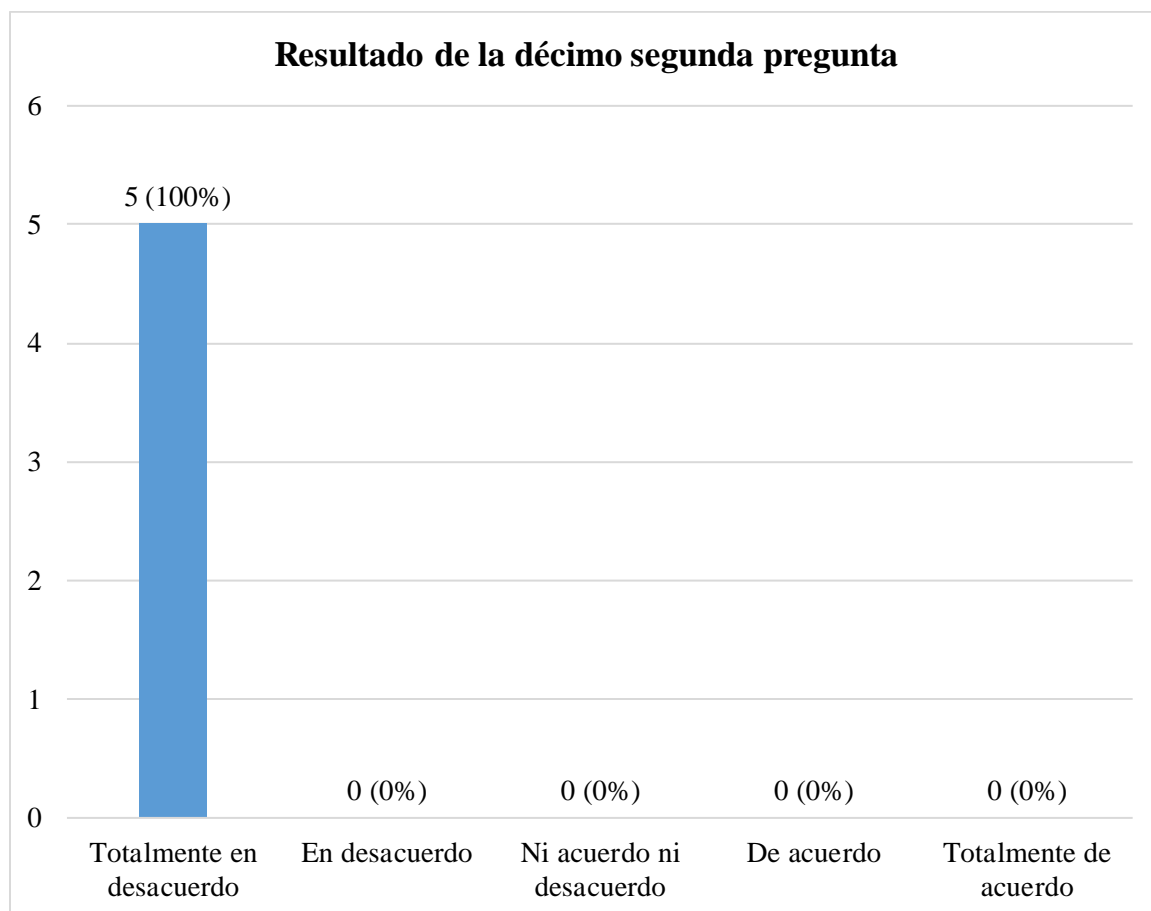
Nota. En esta figura se muestran las calificaciones de los especialistas respecto a que se sintieron cómodos al utilizar la aplicación “Visión Segura”

**Necesito aprender muchas cosas antes de manejarme en la aplicación.**

El décimo segundo punto del cuestionario es que el especialista piensa que los usuarios finales necesitarían aprender muchas cosas antes de manejar la aplicación, como se muestra en la figura 40 los especialistas puntuaron 1 según la escala de Likert, es decir que el 100% están “Totalmente en desacuerdo”.

**Figura 40**

*Resultado de la décimo segunda pregunta del cuestionario de usabilidad SUS*



Nota. En esta figura se muestra las calificaciones de los especialistas a si consideran necesario aprender muchas cosas para manejar la aplicación “Visión Segura”

### **Análisis y discusión de resultados**

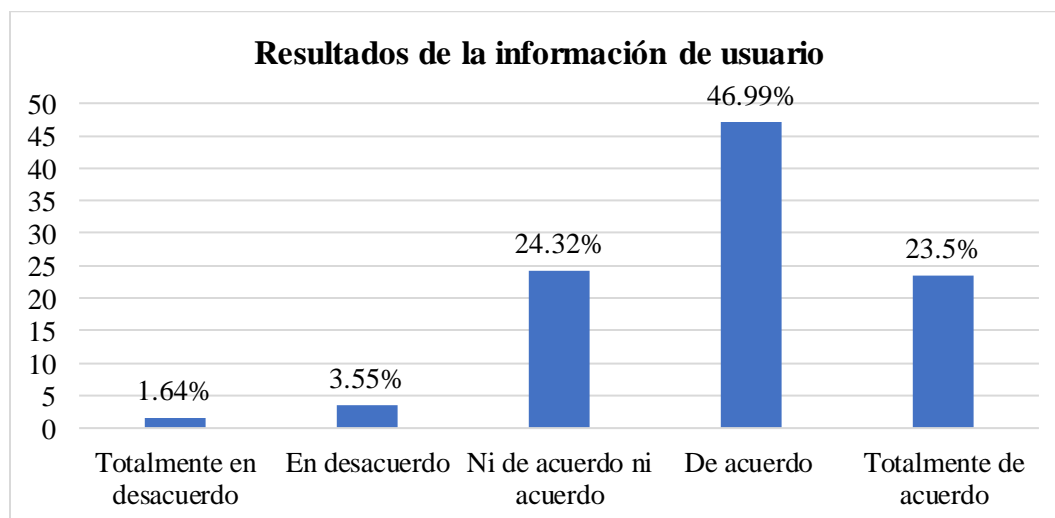
Posterior a aplicar los cuestionarios de usabilidad, se procedió a realizar el tratamiento respectivo para el análisis de estos, por cuanto la información que se obtenga será la que indique las conclusiones a las que llegará el presente proyecto de titulación, para esto mostrará las cualidades de usabilidad y adaptabilidad de la aplicación “Visión Segura” de acuerdo con las percepciones de los usuarios a los que se les realizó los cuestionarios.

### **Análisis de los resultados de información del usuario**

La primera característica que se evalúa en el cuestionario realizado en los estudiantes es la información de usuario, la cual contiene apartados como: valores predeterminados, disfrute, familiaridad, jerarquía, multimodalidad y visibilidad. Como se muestra en el figura 41, se realizó una suma de todos los valores obtenidos en los diferentes apartados, generando como resultado en la escala de Likert: i) 46.99% de usuarios evaluados – de acuerdo, ii) 23.5% está totalmente de acuerdo, obteniendo un resultado del 70.49% donde los usuarios puntúan favorablemente la característica de información de usuario, es decir, que es fácil de operar la aplicación con los valores predeterminados, donde la aplicación “Visión Segura” utiliza un diseño estético que proporciona experiencia emocionante al usuario, utiliza metáforas e íconos familiares centrados en el usuario, la aplicación es fácil de utilizar proporcionando un diseño por fases, muestra ayuda tanto visual como auditiva y el diseño gráfico es adecuado de la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 41**

*Análisis de los resultados de información del usuario*



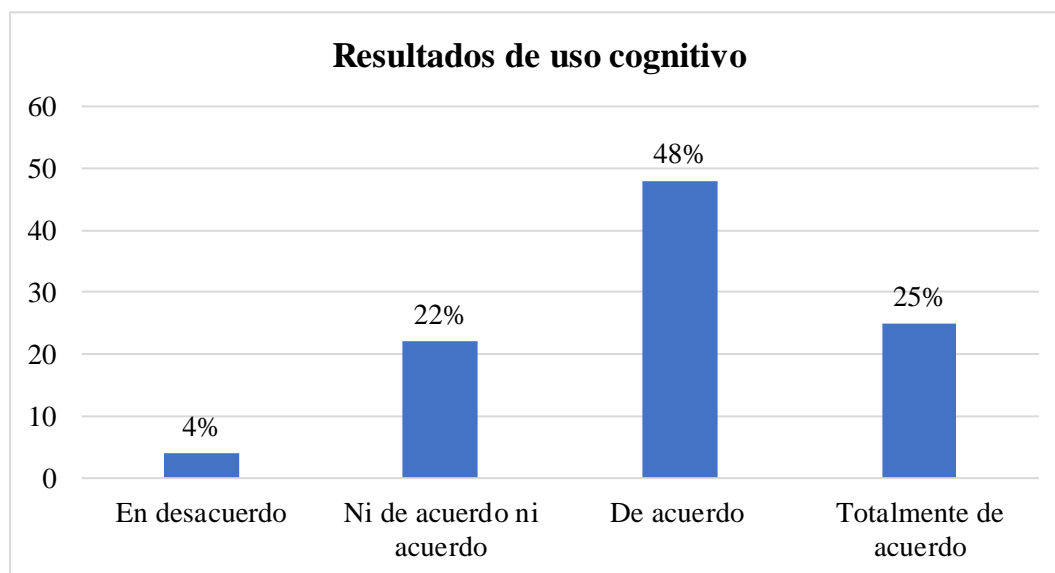
Nota. En esta figura se muestra un resumen del porcentaje obtenido de cada una de las puntuaciones según la escala de Likert en la característica de información de usuario.

### **Análisis de los resultados de uso cognitivo**

La segunda característica que se evalúa en el cuestionario realizado en los estudiantes, es el uso cognitivo, el cual tiene apartados como: consistencia, facilidad de aprendizaje, previsibilidad y reconocimientos. Como se muestra en el figura 42, se realiza una suma de todos los valores recopilados en los diferentes apartados, generando como resultados en la escala de Likert, donde: i) El 48% de los usuarios está de acuerdo, ii) El 25% está totalmente de acuerdo, brindando un resultado donde el 73% de usuarios puntúan favorablemente la característica de uso cognitivo que hace referencia a que las interfaces mantienen consistencia para evitar confusiones, son efectivas y fáciles de aprender las funciones y características de la aplicación. Finalmente se proporciona información adecuada para que los usuarios no tengan que utilizar memoria de corto plazo en la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 42**

*Análisis de los resultados de uso cognitivo*



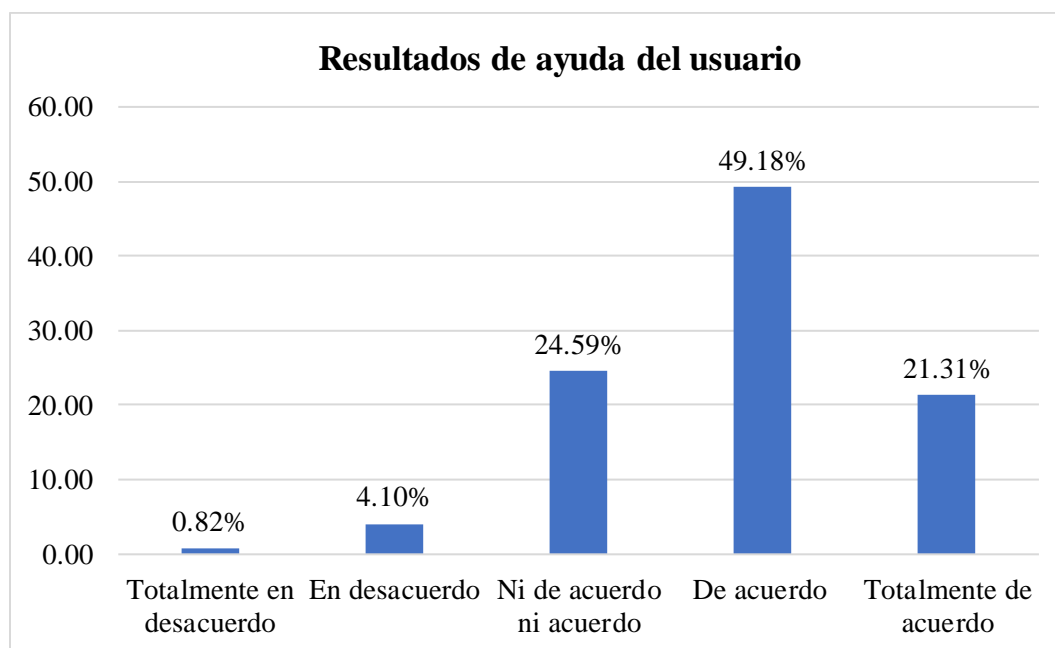
Nota. En esta figura se muestra un resumen del porcentaje obtenido de cada una de las puntuaciones según la escala de Likert en la característica de uso cognitivo.

### **Análisis de los resultados de ayuda del usuario**

La tercera característica que se evalúa en el cuestionario realizado en los estudiantes, es la ayuda de usuario, la cual tiene apartados como: el control del usuario y la información que provee la aplicación “Visión Segura”. Como se muestra en el figura 43, se realiza una suma de todos los valores recopilados en los diferentes apartados, generando como resultados en la escala de Likert, donde: i) El 49.18% de los usuarios está de acuerdo, ii) El 21.31% está totalmente de acuerdo, brindando como resultado que el 70.49% de usuarios puntúan favorablemente la característica de ayuda del usuario que hace referencia a que los usuarios sienten que están controlando la aplicación “Visión Segura” y el sistema está respondiendo a sus acciones, y finalmente el usuario puede observar información de ayuda sobre la utilización de la aplicación.

**Figura 43**

*Análisis de los resultados de interacción del usuario*



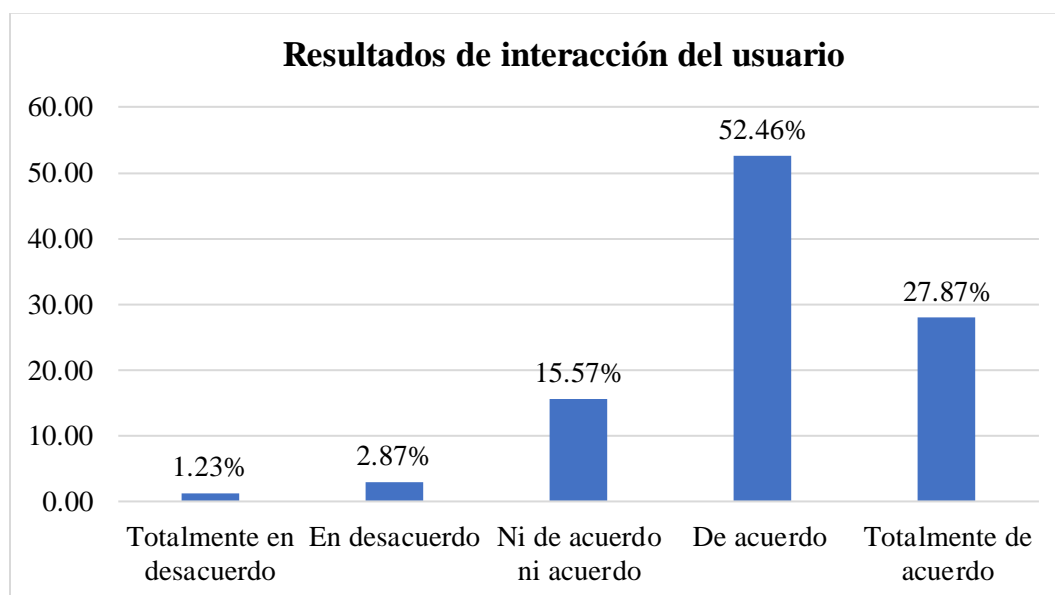
Nota. En esta figura se muestra un resumen del porcentaje obtenido de cada una de las puntuaciones según la escala de Likert en la característica de ayuda de usuario.

### **Análisis de los resultados de interacción del usuario**

La cuarta característica que se evalúa en el cuestionario realizado en los estudiantes, es la interacción del usuario, la cual tiene apartados como: la manipulación, retroalimentación, bajo esfuerzo y sensibilidad ofrecida por la aplicación “Visión Segura”. Como se muestra en el figura 44, se realiza una suma de todos los valores recopilados en los diferentes apartados, generando como resultados en la escala de Likert, donde: i) El 52.46% de los usuarios está de acuerdo y el 27.87% está totalmente de acuerdo, brindando como resultado que el 80.33% de usuarios puntúan favorablemente la característica de interacción del usuario que hace referencia que la información o las acciones que aparecen en la pantalla se lo realiza de manera intuitiva, la secuencia de procesos es consistente, minimiza el esfuerzo de operar evitando el cansancio al momento de utilizar la aplicación y finalmente el usuario obtiene una respuesta rápida de la interacción con la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 44**

*Análisis de los resultados de interacción del usuario*



Nota. En esta figura se muestra un resumen del porcentaje obtenido de cada una de las puntuaciones según la escala de Likert en la característica de interacción de usuario

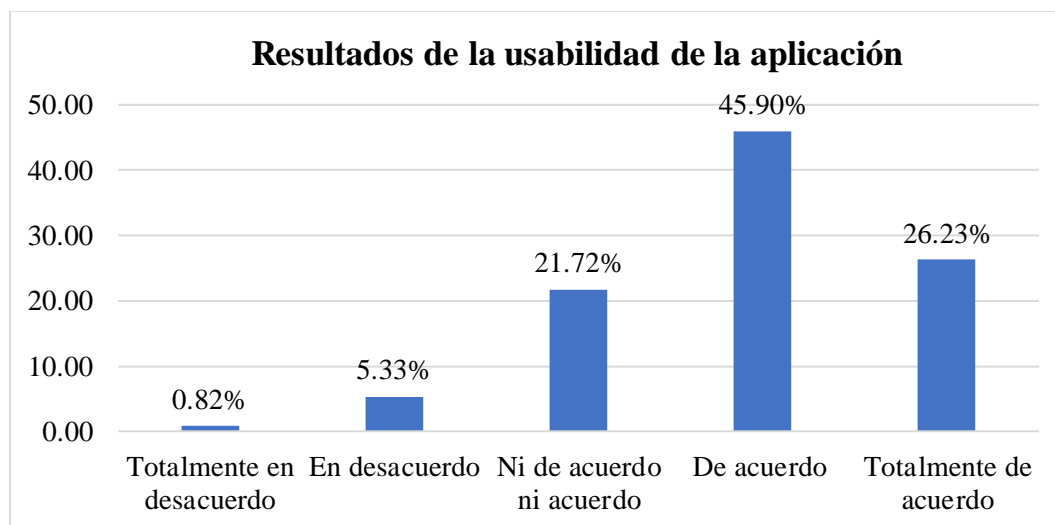


### **Análisis de los resultados de la usabilidad de la aplicación**

La última característica que se evalúa en el cuestionario realizado en los estudiantes, es la usabilidad de la aplicación, la cual tiene apartados como: disponibilidad, el contexto en el que se realizó y la navegación ofrecida por la aplicación “Visión Segura”. Como se muestra en el figura 45, se realiza una suma de todos los valores recopilados en los diferentes apartados, generando como resultados en la escala de Likert, donde: i) El 45.90% de los usuarios está de acuerdo y el 26.23% está totalmente de acuerdo, brindando como resultado que el 72.13% de usuarios puntúan favorablemente la característica de uso del usuario que hace referencia que la aplicación “Visión Segura” cuenta con una velocidad de operación inicial rápida, la interfaz de usuario fue diseñado considerando varios tipos de entornos, al salir de la aplicación resulta fácil volver a abrir la aplicación y se puede navegar libremente en la aplicación “Visión Segura”.

**Figura 45**

*Análisis de los resultados de la usabilidad de la aplicación*



Nota. En esta figura se muestra un resumen del porcentaje obtenido de cada una de las puntuaciones según la escala de Likert en la característica de usabilidad de la aplicación.

### **Análisis de los resultados del cuestionario de usabilidad SUS**

En la tabla 16 se muestra un resumen de los resultados obtenidos tras aplicar el cuestionario de usabilidad SUS a los especialistas. Los resultados han sido favorables en todos los aspectos evaluados, a continuación se explicarán los aspectos más relevantes: i) la arquitectura propuesta de la aplicación “Visión Segura” obtuvo un 100% de aceptación tanto las herramientas propuestas y la interrelación entre ellas, ii) el diseño de la aplicación igualmente obtuvo un 100% de aceptación por parte a los especialistas en cuanto a distribución de los botones, colores e imágenes, iii) los especialistas no han considerado que la aplicación “Visión Segura” le resulte innecesariamente compleja la aplicación, esta característica es necesaria teniendo en cuenta los usuarios finales, más bien consideran que sería fácil utilizar la aplicación y no es necesario la ayuda de un experto para recorrer la aplicación, iv) la aplicación “Visión Segura” presenta la funcionalidad bien integradas en los distintos módulos, no existe alguna inconsistencia relacionada con la misma y v) no se necesita aprender muchas cosas para manejar la aplicación generando comodidad en los especialistas al momento de interactuar con la aplicación.

**Tabla 16**

*Resultados resumidos del cuestionario de usabilidad SUS*

<b>Pregunta</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1. Calificación de la arquitectura propuesta.	0%	0%	0%	<b>40%</b>	<b>60%</b>
2. Calificación del diseño de la aplicación.	0%	0%	0%	<b>40%</b>	<b>60%</b>
3. Creo que me gustará visitar con frecuencia esta aplicación	0%	0%	0%	<b>80%</b>	<b>20%</b>

4. Encontré la aplicación innecesariamente compleja	<b>60%</b>	<b>40%</b>	0%	0%	0%
5. Pensé que era fácil utilizar la aplicación en contextos cerrados	0%	0%	0%	<b>40%</b>	<b>60%</b>
6. Creo que necesitaría del apoyo de un experto para recorrer la aplicación	<b>100%</b>	0%	0%	0%	0%
7. Encontré las diversas funcionalidades de la aplicación bastante bien integradas	0%	0%	<b>20%</b>	<b>20%</b>	<b>60%</b>
8. Pensé que había demasiada inconsistencia en la aplicación	<b>80%</b>	<b>20%</b>	0%	0%	0%
9. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían rápidamente a utilizar la aplicación	0%	0%	0%	<b>40%</b>	<b>60%</b>
10. Encontré la aplicación muy grande al recorrerlo	<b>80%</b>	<b>20%</b>	0%	0%	0%
11. Me sentí muy confiado en el manejo de la aplicación	0%	0%	0%	<b>80%</b>	<b>20%</b>
12. Necesito aprender muchas cosas antes de manejarme en la aplicación	<b>100%</b>	0%	0%	0%	0%

Nota. En esta tabla se muestra un resumen de todas las características evaluadas a los especialistas en el cuestionario de usabilidad SUS.

En la tabla 17 se muestra un resumen de los resultados totales obtenidos luego de aplicar los cuestionarios al grupo de estudiantes, en el cual se observa que la característica mejor puntuada con 366 puntos en la escala de Likert es la de información del usuario, para esto se ha tenido en cuenta los usuarios finales de la aplicación. Es relevante que los usuarios operen fácilmente la aplicación con los valores predeterminados de la aplicación, tenga un diseño estético y la ayuda para los usuarios

se presente tanto visual como auditiva. En segundo lugar, con 244 puntos en la escala de Likert se presentaron tres características, que son: i) uso cognitivo, ii) interacción del usuario y iii) usabilidad de la aplicación. Finalmente, la característica con menor puntuación es la de ayuda del usuario, esto se explica en relación a que existen menos ítems de calificación en el análisis de resultados, debido a que en la categoría “Totalmente en desacuerdo” ningún usuario la seleccionó y apenas 3 usuarios puntuaron que están en “Desacuerdo” con las características presentadas en ese apartado. En conclusión, 583 puntos poseen la categoría “De Acuerdo”, seguido de 321 “Totalmente de acuerdo” y 257 puntos “Ni acuerdo ni desacuerdo”, lo que indica que la aplicación cumple con una usabilidad del 95% y sea adaptable para los usuarios finales.

**Tabla 17**

*Resumen de resultados obtenidos de los cuestionarios aplicados a estudiantes*

<b>Característica/</b>	<b>Totalmente</b>	<b>En</b>	<b>Ni acuerdo</b>	<b>De</b>	<b>Totalmente</b>	<b>Total</b>
<b>Escala de</b>	<b>en</b>	<b>desacuerdo</b>	<b>ni</b>	<b>acuerdo</b>	<b>de acuerdo</b>	
<b>Likert</b>	<b>desacuerdo</b>		<b>desacuerdo</b>			
<b>Información de</b>	6	13	89	172	86	<b>366</b>
<b>usuario</b>						<b>(30%)</b>
<b>Uso Cognitivo</b>	3	9	54	116	62	<b>244</b>
						<b>(20%)</b>
<b>Ayuda del</b>	0	3	23	55	41	<b>122</b>
<b>usuario</b>						<b>(10%)</b>
<b>Interacción del</b>	3	7	38	128	68	<b>244</b>
<b>usuario</b>						<b>(20%)</b>
<b>Usabilidad de</b>	2	13	53	112	64	<b>244</b>
<b>la aplicación</b>						<b>(20%)</b>

---

<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>45</b>	<b>257</b>	<b>583</b>	<b>321</b>	<b>1220</b>
	<b>(1%)</b>	<b>(4%)</b>	<b>(21%)</b>	<b>(48%)</b>	<b>(26%)</b>	<b>(100%)</b>

---

Nota. En esta tabla se muestra un resumen y comparativa de todas las características evaluadas en el cuestionario que se presentó a los estudiantes.

Finalmente, tras realizar la evaluación con los usuarios (especialistas y estudiantes), la propuesta de la arquitectura y el prototipo de alta fidelidad han otorgado resultados favorecedores, que respaldan el desarrollo de este proyecto de investigación.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

En Ecuador existen 485.325 personas con algún tipo de discapacidad, dentro de este grupo el 11.66% posee algún tipo de deficiencia visual como, por ejemplo: la ceguera la cual el 39.64% de personas de este grupo tienen un grado de ceguera del 75% al 100%. Mediante la búsqueda de trabajos relacionados se verificó la existencia de un abanico de posibilidades en la literatura que ofrecen soporte a personas con discapacidad visual como navegación en interiores, localización, sistema para prevención de caídas, asistencia de movilidad y detección de objetos. Las soluciones de soporte enfocadas en personas ciegas para la detección de objetos resultan complejas y cuentan con diversos componentes o herramientas que forman parte del sistema como, por ejemplo: cámaras, cascos, API's, aplicación en la nube y dispositivos inteligentes. A partir de esta búsqueda se encontraron diversas técnicas que facilitan la interacción de personas con ceguera y su entorno entre ellas: i) basadas en rango, ii) rango libre, iii) sonido audible, iv) sonido inaudible, v) luz visible, vi) luz no visible, vii) cámaras fijas en la escena y viii) cámaras móviles, todas estas técnicas implementadas en diferentes sistemas y soluciones.

Para la selección de las herramientas de la arquitectura se tuvo en cuenta los sistemas operativos que dominan el mercado (iOS y Android), el IDE Xamarin Studio que permite el desarrollo de la aplicación como si fuese nativa para los dos SO, la base de datos MongoDB teniendo en cuenta los diferentes objetos al momento de reconocerlos. Se realizó una comparativa entre las diferentes API's de visión por computadora existentes en el mercado (Matlab, OpenCV y TensorFlow), seleccionando

la mejor API (TensorFlow) para este proyecto de investigación, todo lo mencionado conforma la arquitectura de la aplicación “Visión Segura”.

Para el desarrollo de los diferentes prototipos de la aplicación “Visión Segura” se tomaron en consideración diversos documentos como la WCAG, el cual permite que las barreras de acceso a la información se reduzcan, se utilizaron las recomendaciones WCAG ya evaluadas y específicas para personas con algún tipo de discapacidad. Además, se implementaron directrices de diseño que permitieron que la aplicación “Visión Segura” presente un diseño estructurado, y por último la implementación de las ilities, las cuales están relacionadas con los requisitos técnicos y de calidad de un sistema.

Para la evaluación, se consideró un grupo de 64 usuarios estudiantes en el cual se obtuvo que un 5% de los encuestados están en desacuerdo con las características presentadas en el prototipo de alta fidelidad presentado por la aplicación “Visión Segura”, mientras que el 95% restante de usuarios se encuentran conformes con la aplicación presentada. Se ocuparon diversos métodos para la evaluación, como por ejemplo: i) retroalimentación el cual permite mejorar ciertas características a partir de los comentarios obtenidos en la encuesta y presentación del prototipo, ii) cuestionarios de usabilidad (SUS) y iii) escala de Likert para medir el nivel de satisfacción de los usuarios, en el cual por parte de los estudiantes se obtuvo que la mayoría coinciden en puntuar entre 4 (De acuerdo) y 5 (Totalmente de acuerdo) según la escala en la característica presentada. Otro grupo de usuarios evaluados fueron los especialistas (docentes) en la cual se observa en los resultados favorecedores: i) los especialistas están totalmente de acuerdo con el diseño, con la arquitectura, con las funcionalidades y ii) están en desacuerdo con que la aplicación es muy compleja, presenta inconsistencias o es muy extenso el recorrido de la aplicación para cumplir con su objetivo.

Para finalizar, la arquitectura propuesta y el prototipo de alta fidelidad de la aplicación “Visión Segura” se considera como una herramienta de control hiperindividualizado que permite mejorar la interacción de las personas ciegas y su entorno, además se considera que es una propuesta viable, esto se observa en los resultados obtenidos en los diferentes grupos evaluados (estudiantes y especialistas) y se cree pertinente continuar con el desarrollo de la aplicación “Visión Segura” permitiendo así experimentar con usuarios finales (personas con ceguera).

### **Recomendaciones**

Es importante tener en cuenta los requerimientos mínimos del dispositivo móvil que se especifican en el presente proyecto para que la aplicación “Visión Segura” se ejecute con fluidez.

Es necesario utilizar las recomendaciones dadas por la WCAG, directrices de diseño e ilities mencionadas en el documento ya que estas son recomendaciones ya evaluadas y permiten que la aplicación resulte fácil de usar, elimine barreras de acceso a la información y genere un software de calidad.

Se recomienda tener en cuenta las especificaciones de las herramientas seleccionadas para la arquitectura al momento de realizar la aplicación “Visión Segura”, con el propósito que la aplicación presente un correcto desempeño en su uso.

Es necesario tener en cuenta a las personas con algún tipo de discapacidad visual ya que en el Ecuador cerca del 11.66% de personas lo tienen, este grupo de personas pueden necesitar ayuda para desenvolverse en sus actividades diarias, dentro de este grupo se pueden realizar propuestas de investigación para apoyar a la comunidad.

Se recomienda realizar pruebas en personas que tengan discapacidad visual (ceguera) del 75% al 100% para validar la propuesta de la arquitectura y aplicación de “Visión Segura” una vez se disponga de la aplicación en código. Sin embargo, a pesar



de no mencionarse en los objetivos específicos y en el alcance, el prototipo propuesto hubiese tenido viabilidad para realizar la evaluación a usuarios finales en los que se enfocaría esta propuesta, esta evaluación no se la pudo realizar a pesar de tener el prototipo para evaluar la usabilidad con personas ciegas, debido a la emergencia sanitaria mundial COVID-19.

### **Trabajos Futuros**

Analizando los diferentes resultados obtenidos en los cuestionarios, las recomendaciones realizadas por los especialistas y los trabajos relacionados surgieron ideas para continuar con el trabajo realizado. Entre los trabajos futuros se han planteado:

- Usar como base el prototipo de alta y baja fidelidad para desarrollarlo como una aplicación móvil (código) y esta se encuentre en las tiendas virtuales (App Store y Play Store) para los diferentes sistemas operativos en el IDE Xamarin Studio.
- Tener en cuenta la operabilidad en otros sistemas operativos emergentes, como lo es MIUI de Xiaomi el cual los últimos años ha ganado mercado y diferentes tamaños de pantallas, para cubrir un mayor grupo de usuarios.
- Una vez realizado el aplicativo móvil, realizar pruebas de usabilidad con usuarios que tengan ceguera para validar con ellos el funcionamiento de la aplicación “Visión Segura”.
- Exponer los resultados del presente trabajo de investigación mediante la presentación de un artículo técnico en una revista y/o congreso con índice JCR.

## Bibliografía

- Acuña Escobar, D. A. (19 de Febrero de 2019). Visión artificial aplicada a la detección e identificación de personas en tiempo real. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Akbar, S., Nurrohman, T., Hatta, M., & Kusnadi, I. (2019). SBVI: A low-cost wearable device to determine location of the visually-impaired safely. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 012039.
- Akihiro, Y., Kei, S., & Katsushi, M. (2020). Walking navigation system for visually impaired people based on high-accuracy positioning using QZSS and RFID and obstacle avoidance using hololens. *International Journal of Innovative*, 1459-1467.
- Android. (22 de Mayo de 2020). *developers*. Obtenido de developers: <https://developer.android.com/topic/performance/vitals/launch-time?hl=es>
- Android Studio. (01 de Octubre de 2020). *developers*. Obtenido de developers: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- Anusha, K., Nachiyappan, S., & Pradeep, K. (2020). Intelligent authentication and indoor mobile navigation system for visually disabled. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 1363-1374.
- Apple. (01 de Octubre de 2020). *App Store*. Obtenido de <https://apps.apple.com/es/story/id1439636456>
- Armstrong, M. (18 de Noviembre de 2016). *statista*. Obtenido de statista: <https://www.statista.com/chart/6810/the-future-of-ai/>

- Babich, N. (2018). A Comprehensive Guide To Mobile App Design. *Smaching Magazine*, 64.
- Badave, A., Jagtap, R., Kaovasia, R., Rahatwad, S., & Kulkarni, S. (2020). Android Based Object Detection System for Visually Impaired. *2020 International Conference on Industry 4.0 Technology (I4Tech)*, (págs. 34-38).
- Biermann, A. (1997). Great ideas in computer science: a gentle introduction. *Mit Press*.
- Butler, R. (1994). Geography and vision-impaired and blind populations. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 63–85.
- Calle-Jimenez, T., Sanchez-Gordon, S., & Luján-Mora, S. (2018). Indoor Localization Solution for Users with Visual Disabilities. En T. Calle-Jimenez, S. Sanchez-Gordon, & S. Luján-Mora, *2018 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)* (págs. 205-212).
- canalys. (28 de Enero de 2021). *canalys*. Obtenido de <https://www.canalys.com/newsroom/global-smartphone-shipment-Q4-2020>
- Castillo, J., Garcés, J., Navas, M., Jácome, D., & Armas, J. (2017). Base de Datos NoSQL: MongoDB vs. Cassandra en operaciones CRUD (Create, Read, Update, Delete). *Revista Publicando*, 79-107.
- Chaccour, K., & Badr, G. (2015). Novel indoor navigation system for visually impaired and blind people. En K. Chaccour, & G. Badr, *2015 International Conference on Applied Research in Computer Science and Engineering (ICAR)* (págs. 1-5).
- Chaccour, K., & Badr, G. (2016). Computer vision guidance system for indoor navigation of visually impaired people. *2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems (IS)*, (págs. 449-454).

- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2015). Manual de Atención en Derechos de Personas con Discapacidad en la Función Judicial. *Manual de Atención en Derechos de Personas con Discapacidad en la Función Judicial*. Quito, Pichincha , Ecuador.
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (Febrero de 2020). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Croce, D., Giarre, L., Pascucci, F., Tinnirello, I., Galioto, G., Garlisi, D., & Lo Valvo, A. (2019). An Indoor and Outdoor Navigation System for Visually Impaired People. *IEEE Access*, 170406-170418.
- Delahoz, Y., & Labrador, M. A. (2017). A real-time smartphone-based floor detection system for the visually impaired. En Y. Delahoz, & M. A. Labrador, *2017 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)* (págs. 27-32).
- Denning, P. (2005). Is Computer Science Science? *Association for Computing Machinery*, 27-31.
- Dhruv, J., Akhil, J., Rohan, P., Akhila, K., & Balakrishnan, M. (2013). A Path-Guided Audio Based Indoor Navigation System for Persons with Visual Impairment. *Association for Computing Machinery*, 2.
- Fusco, G., & Coughlan, J. M. (2020). Indoor Localization for Visually Impaired Travelers Using Computer Vision on a Smartphone. *Association for Computing Machinery*, 11.

- G, B., & H, T. (2001). Cataract blindness--challenges for the 21st century. *Bulletin of the World Health Organization*, 249-256.
- Garcia, G., & Nahapetian, A. (2015). Wearable Computing for Image-Based Indoor Navigation of the Visually Impaired. *Association for Computing Machinery*, 6.
- Gartner. (21 de Octubre de 2019). *Smarter With Gartner*. Obtenido de Smarter With Gartner: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020/>
- Gasca Hurtado, G. P., & MachucaVillegas, L. (2017). Ciencias de la Computación en el mundo real. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, 9-12.
- Guerrero, G., Pereira, A., & Fernandez Caballero, A. (2020). Augmented Humanity: A Review of Systematic Mapping. *HCI Journal*.
- Hanen, J., Mohammad, A., & Faouzi, B. (2020). Mobile Assistive Application for Blind People in Indoor Navigation. *International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, (págs. 395-403).
- Heba, H., & Ali, F. (2019). Navigation system for visually impaired people based on RGB-D camera and ultrasonic sensor. *Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technology* (págs. 172-177). Baghdad: Association for Computing Machinery.
- Hevner, A., March, S., Park, J., & Sudha, R. (2004). Design Science in Information Systems Research. *Management Information Systems Research Center*, 75-105.
- IDC ANALIZE THE FUTURE. (15 de Diciembre de 2020). *IDC ANALIZE THE FURUTE*. Obtenido de <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>

- Islam, M. M., Sadi, M. S., Zamli, K. Z., & Ahmed, M. M. (2019). Developing Walking Assistants for Visually Impaired People: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 1-17.
- Ivarsson, M., & Gorschek, T. (2011). A method for evaluating rigor and industrial relevance of technology evaluations. *Empirical Software Engineering*, 365-395.
- Jinqiang, B., Dijun, L., Guobin, S., & Zhongliang, F. (2017). A Cloud and Vision-Based Navigation System Used for Blind People. *Association for Computing Machinery*, 6.
- Kaiser, E. B., Kaiser, E. B., & Lawo, M. (2012). Wearable Navigation System for the Visually Impaired and Blind People. En E. B. Kaiser, E. B. Kaiser, & M. Lawo, *2012 IEEE/ACIS 11th International Conference on Computer and Information Science* (págs. 230-233).
- Kandil, M., AlBaghdadi, R., AlAttar, F., & Damaj, I. (2019). AmIE: An Ambient Intelligent Environment for Assisted Living. En M. Kandil, R. AlBaghdadi, F. AlAttar, & I. Damaj, *2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)* (págs. 1-6).
- Khan, N. Y., & McCane, B. (2012). Smartphone Application for Indoor Scene Localization. *Association for Computing Machinery*, 201-202.
- Khan, W., Hussain, A., Khan, B., Nawaz, R., & Baker, T. (2019). Novel Framework for Outdoor Mobility Assistance and Auditory Display for Visually Impaired People. *12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)*, (págs. 984-989). Kazan.
- Ko, E., Ju, J. S., & Kim, E. Y. (2011). Situation-Based Indoor Wayfinding System for the Visually Impaired. *Association for Computing Machinery*, 35-42.

- Li, B., Muñoz, J. P., Rong, X., Chen, Q., Xiao, J., Tian, Y., . . . Yousuf, M. (2019). Vision-Based Mobile Indoor Assistive Navigation Aid for Blind People. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 702-714.
- Martinez, D., Ferre, X., Guerrero, G., & Juristo, N. (2020). An Agile-Based Integrated Framework for Mobile Application Development Considering Ilities. *IEEE Access*, 8, 72461-72470.
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista electrónica de investigación educativa*, 38-47.
- Microsoft. (14 de Julio de 2020). *Microsoft*. Obtenido de Visual Studio:  
<https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/mac/xamarin/>
- Morar, A. C., A. Moldoveanu, F., Petrescu, L., Ferche, O., & Moldoveanu, A. (2017). Real-Time Indoor Staircase Detection on Mobile Devices. *2017 21st International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS)*, (págs. 287-293).
- Nguyen, M., Le, H., Yan, W. Q., & Dawda, A. (2018). A Vision Aid for the Visually Impaired using Commodity Dual-Rear-Camera Smartphones. *2018 25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)*, 1-6.
- Organización Mundial de la Salud. (Noviembre de 2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de  
<https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/#:~:text=Dato%201%3A%20más%20de%201000,15%25%20de%20la%20población%20mundial.>

Organización Mundial de la Salud. (11 de Octubre de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

Organización Mundial de la Salud. (11 de Octubre de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

Organización Mundial de la Salud. (08 de Octubre de 2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/detail/08-10-2019-who-launches-first-world-report-on-vision>

Paisios, N., Rubinsteyn, A., Subramanian, L., Tierney, M., & Vyas, V. (2011). Tracking indoor location and motion for navigational assistance. *UIST'11 Adjunct - Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 83-84.

Petticrew, W., & Roberts, H. (2007). Guide Systematic Reviews in th Social Sciences: a Practical. *Sociology of Health / Illness*, 318-319.

Peffers, K., Tuunanen, T., Gengler, C. E., Rossi, M., Hui, W., Virtanen, V., & Bragge, J. (2006). The design science research process: A model for producing and presenting information systems research. En K. Peffers, T. Tuunanen, C. E. Gengler, M. Rossi, W. Hui, V. Virtanen, & J. Bragge, *Proceedings of the First International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology* (págs. 83-106). Claremont.



Prudtipongpun, V., Buakeaw, W., Rattanapongsen, T., & Sivaraksa, M. (2015). Indoor Navigation System for Vision-Impaired Individual: An Application on Android Devices. En V. Prudtipongpun, W. Buakeaw, T. Rattanapongsen, & M. Sivaraksa, *2015 11th International Conference on Signal-Image Technology Internet-Based Systems (SITIS)* (págs. 633-638).

RAE. (10 de Septiembre de 2020). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/entorno%20?m=form>

RAE. (10 de Septiembre de 2020). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/inteligente%20?m=form>

Ramalingam, D., Tiwari, S., & Seth, H. (2020). *Vision Connect: A Smartphone Based Object Detection for Visually Impaired People*.

Ramírez, P. (22 de 12 de 2019). *IT Software*. Obtenido de <https://itsoftware.com.co/content/sistemas-operativos-mas-usados/>

Real Academia Española. (2020). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/discapitado?m=form>

Rosen, I. (2010). Indoor Navigation System for Visually Impaired. *Association for Computing Machinery*, 143-149.

Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. *Madrid: Alienta Editorial*.

Schaefer, L. (27 de Septiembre de 2020). *mongoDB*. Obtenido de <https://www.mongodb.com/nosql-explained/nosql-vs-sql>

Simões, W., Machado, G., Sales, A., Lucena, M., Jazdi, N., & Lucena Jr, V. (2020). A Review of Technologies and Techniques for Indoor Navigation Systems for the Visually Impaired. *Sensors*, 3935.

- Sotos, P., Navarro, E., Torio, J., Dompablo, M., Caballero, A., & Jimenez, R. (2018). Pharmacological interventions in social cognition deficits: A systematic mapping review. *Psychiatry Research*, 57-67.
- Tsirmpas, C., Rompas, A., Fokou, O., & Koutsouris, D. (2015). An indoor navigation system for visually impaired and elderly people based on Radio Frequency Identification (RFID). *Information Sciences*, 288-305.
- Vaquero, J. (s.f). Aspectos sobre las actividades acuáticas para personas con discapacidad visual. 14-16.
- Vinaya, G., Pooja, N., & Meher, K. (2019). Real Time Indoor Navigation System For Visually Impaired. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2249-8958.
- W3C. (26} de Febrero de 2015). *W3C*. Obtenido de W3C:  
<https://www.w3.org/TR/mobile-accessibility-mapping/>
- Zaib, S., Khusro, S., Ali, S., & Alam, F. (2019). Smartphone Based Indoor Navigation for Blind Persons using User Profile and Simplified Building Information Model. En S. Zaib, S. Khusro, S. Ali, & F. Alam, *2019 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE)* (págs. 1-6).