



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL ORIENTADA AL
RECONOCIMIENTO DE SEÑALETICA PARA PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL A TRAVÉS DE MICROSOFT COGNITIVE
SERVICES.

Autores

Albuja Daza Juan Sebastián

Manguia Fonte Alejandro Vladimir

Año

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL ORIENTADA AL
RECONOCIMIENTO DE SEÑALÉTICA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD
VISUAL A TRAVÉS DE MICROSOFT COGNITIVE SERVICES.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingenieros en Redes y Telecomunicaciones.

Profesor Guía

Mg. Milton Neptalí Román Cañizares

Autores

Albuja Daza Juan Sebastián

Manguia Fonte Alejandro Vladimir

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, Desarrollo de una aplicación móvil orientada al reconocimiento de señalética para personas con discapacidad visual a través de Microsoft Cognitive Services, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Albuja Daza Juan Sebastián y Manguia Fonte Alejandro Vladimir, en el semestre 201920, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Milton Neptalí Román Cañizares

Magister en Gerencia de Redes y Telecomunicaciones

CC: 0502163447

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber corregido el trabajo, Desarrollo de una aplicación móvil orientada al reconocimiento de señalética para personas con discapacidad visual a través de Microsoft Cognitive Services, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Albuja Daza Juan Sebastián y Manguia Fonte Alejandro Vladimir, en el semestre 2do del 2019, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Iván Ricardo Sánchez Salazar

Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente

CC: 1803456142

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Albuja Daza Juan Sebastián

CC:171811255-8

Manguia Fonte Alejandro Vladimir

CC: 172379899-5

RESUMEN

Actualmente en la sociedad existen pocas soluciones que permitan elevar la calidad de vida de personas con discapacidades físicas, que ayuden a complementar la falta o pérdida total de algún sentido, impactando directamente en su vida diaria. Uno de los casos más evidentes es el de las personas con discapacidad visual, ya que la mayoría de las señales de precaución y guías informativas utilizan medio visuales, lo cual resulta peligroso para las personas no videntes al no saber qué es lo que se encuentra delante suyo. De acuerdo con una encuesta realizada por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades solamente en el cantón Quito existen alrededor de 7 634 personas no videntes de las cuales 2 202 personas se encuentran laboralmente activas. La falta de autonomía para realizar ciertas tareas aparentemente sencillas es un problema para su vida diaria para este grupo de personas. El reconocimiento de señales como: salida de emergencia, baños, peligro, alto, etc. son fundamentales para toda la sociedad. La habilidad de poder distinguir lugares puntuales en base a letreros es fundamental para la movilidad.

Como una posible solución a este problema se ve la necesidad de implementar una aplicación móvil (aprovechando el crecimiento exponencial de estos dispositivos y sus características de portabilidad y accesibilidad) que ayude al reconocimiento de este tipo de señales mediante el uso de servicios cognitivos, ayudando a la persona a aumentar sus tiempos de reacción y facilitando la ubicación de lugares clave dentro de su entorno de trabajo; otorgándole un sentido de autosuficiencia.

Abstract

In our current society, there are few solutions that allow the improvement of quality of life for people with physical disabilities or that complement their lack of (or absence) of one of their senses, impacting directly on their daily life. One of the most evident cases is the one for people with visual impairment, given that most signals for caution or information use visual media, which does not help at all the people with visual impairment.

Given a poll done by the National Council for Disabilities Equality (CONADIS), in Quito there are about 7,634 people with visual impairment, from which 2,202 people of that group are occupationally active. The lack of autonomy to do certain simple tasks are a problem for these kinds of people. The recall of signals like Emergency Exit, Lavatory, Danger, Stop, etc. are fundamental for all society. The ability to distinguish certain places based on signboards is fundamental for mobility.

As a possible solution to this problem, it has been identified the necessity to develop and implement a mobile application, taking advantage of the exponential growth of these type of devices as well as their features for portability and accessibility, with the ability to recall the mentioned signals. In addition to this, with the use of cognitive services, it is possible to aid users in the reduction of their reaction time as well as increase their sense of location inside their work environment, giving as a result a much higher sense of self-sufficiency to its users.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Alcance	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Metodología del proyecto.....	4
2. Marco teórico	5
2.1. Inteligencia artificial como servicio.....	6
2.1.1. La inteligencia artificial	6
2.1.2. AIAAS	7
2.2. Microsoft cognitive services.....	10
2.2.1. Azure custom vision	12
2.3. Sistemas operativos móviles.....	13
2.3.1. sistema operativo android	14
2.3.2. Desarrollo de aplicaciones Android	20
2.4. Metodología scrum	23
2.5. Control de versionamiento.....	27
2.5.1. Estructura de versionamiento.....	28

2.5.2. Modelo de manejo de fuentes	29
2.6. Cloud y centro de datos	31
2.7. Redes Inalámbricas.....	34
2.7.1. Redes inalámbricas PAN	35
2.7.2. Redes inalámbricas LAN.....	35
2.7.3. Redes inalámbricas MAN.....	37
2.8. Discapacidades Físicas.....	39
2.8.1. Discapacidad visual	39
3. Relación Entre Las Personas Con Discapacidad Visual Y La Tecnología Actual.....	44
3.1. Tecnología actualmente disponible para personas con discapacidad visual	45
3.1.1. Alfabeto Braille	46
3.1.2. Impresora Braille	46
3.1.3. Libros hablados.....	47
3.1.4. Revisores de pantalla y magnificador de texto	48
3.1.5. Líneas Braille	50
3.1.6. Aplicaciones para teléfonos móviles.....	51
3.2. Influencia de la tecnología en personas discapacitadas.....	53
3.3. Conocimiento de las personas con discapacidad visual con respecto a la tecnología actual	56
4. Metodologías y arquitectura de desarrollo	65
4.1. Metodología	65
4.1.1. Metodología exploratoria.....	66

4.1.2. Metodología experimental	68
4.1.3. Definición de técnica de programación (manejo de código fuente).....	69
4.1.4. Estudio y definición de librerías a utilizar	70
4.1.5. Estudio y definición de algoritmos de procesamiento de imágenes.....	71
4.2. Arquitectura.....	73
5. Implementación de la aplicación	76
5.1. Preparación y disposición de ambiente azure con microsoft cognitive services.....	76
5.2. Diseño de interfaces, listeners y servicios	89
5.2.1. Interfaces implementadas	89
5.3. Integración del api de microsoft cognitive services a la aplicación.....	91
5.4. Traducción de inglés a español.....	92
5.5. Flujo de funcionamiento de aplicación	92
5.6. Instalación De La Aplicación	95
5.6.1. Instalación de la aplicación mediante depuración USB	95
5.6.2. Instalación de la aplicación mediante APK.....	97
5.7. Integración de la aplicación con los dispositivos físicos.....	98
6. Pruebas de campo y evaluación de resultados.....	98
6.1. Especificaciones de dispositivos de prueba	99
6.1.1. Teléfonos móviles	99
6.1.2. Cámaras USB	100
6.1.3. Adaptador USB micro - macho a USB tipo a - hembra.....	101
6.2. Pruebas de funcionamiento.....	102

6.3. Pruebas de rendimiento	105
6.4. Pruebas de adaptación.....	107
7. Conclusiones Y Recomendaciones.....	109
7.1. Conclusiones	110
7.2. Recomendaciones.....	113
Referencias	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. contraste gráfico de Inteligencia Artificial e inteligencia humana.	8
Figura 2. Microsoft Cognitive Services	11
Figura 3. representación de varios sistemas operativos móviles.	13
Figura 4. varias pantallas de la interfaz de Android versión 9.....	15
Figura 6. Ilustración de Layouts y elementos visuales con su respectiva jerarquía.....	22
Figura 7. Dos equipos de Rugby realizando un Scrum.....	24
Figura 8. Ilustración de un Sprint completo.	26
Figura 9. Estructura de árbol implementada en Versionamiento.	28
Figura 10. Ilustración de un centro de datos conformando una nube.	31
Figura 11. Categorías de redes inalámbricas.	34
Figura 12. Logotipo Bluetooth interactuando con multimedia.	35
Figura 13. Ilustración de una arquitectura punto-a-punto.	36
Figura 14. Ilustración de una arquitectura punto-multipunto.	37
Figura 15. Posibles implementaciones de una red inalámbrica MAN.	38
Figura 16. bastón blanco con punta roja, símbolo internacional de la ceguera.....	41
Figura 17. Estadísticas de Personas con Discapacidad Registradas en el Ecuador.	42
Figura 18. Grupos Etarios y Grado de Discapacidad en el Ecuador.....	43
Figura 19. Provincias con mayor tasa de discapacidad y grupos etarios en el Ecuador.....	43
Figura 20. Impresora Braille marca Gemini.	47
Figura 21. Fotografía de Thomas Edison junto con su invención. el fonógrafo.....	47

Figura 22. Magnificador de pantalla en uso.....	49
Figura 23. Línea braille Brailiant BI 40.....	50
Figura 24. Niño con discapacidad visual utilizando una línea Braille.	50
Figura 25. Interfaz de la aplicación BeMyEyes.....	52
Figura 26. Estadísticas de Personas con Discapacidad Registradas.	64
Figura 27. Estadísticas de personas con discapacidad laboralmente activas.....	64
Figura 28. Arquitectura de la aplicación.	74
Figura 29. Portada de herramienta Custom Vision AI.....	77
Figura 30. Ventana para crear un nuevo proyecto en Custom Vision.....	78
Figura 31. Página principal de proyectos Custom Vision.....	79
Figura 32. Pestaña de Training Images con opción Tagged.....	80
Figura 33. Pestaña de Training Images con opción Untagged.	81
Figura 34. Pestaña de Performance de Custom Vision.	82
Figura 35. Tipos de entrenamiento del modelo.	83
Figura 36. Parámetros de una iteración.	84
Figura 37. Umbrales de probabilidad y de solapamiento de una iteración.....	85
Figura 38. Vista por defecto de la pestaña Predictions.....	85
Figura 39. Detalle de predicciones realizadas a una imagen.....	86
Figura 40. Detalle de predicciones de una imagen.....	87
Figura 41. Utilización de herramienta Quick Test en una imagen.....	88
Figura 42. Objeto no reconocido dado el ángulo de giro de la imagen.	88
Figura 43. Diagrama de flujo de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes parte I.	92

Figura 44. Diagrama de flujo de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes parte II.	93
Figura 45. Diagrama de flujo de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes parte I.	93
Figura 46. Diagrama de flujo total de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes.	94
Figura 47. Ventana de Android Studio, con las opciones de instalación de aplicación.	96
Figura 48. Primer paso para generar un APK en Android Studio.	97
Figura 49. Mensaje mostrado después de generar el APK satisfactoriamente.	98
Figura 50. Sony Xperia XA.	100
Figura 51. Motorola e5 Play.	100
Figura 52. Cámara Web Logitech C170.	101
Figura 53. Adaptador USB micro - macho a USB tipo a - hembra.	102
Figura 54. Pruebas de campo dentro del campus de la Universidad de las Américas.	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contraste entre Centro de Datos y Nube.....	33
Tabla 2. Software utilizado por personas con ceguera total.	57
Tabla 3. Software utilizado por personas con ceguera parcial.....	58
Tabla 4. Rendimiento obtenido en base al escenario de entrenamiento del modelo.	105
Tabla 5. Tiempo de respuesta obtenido en base al performance por iteración.	106

1. Introducción

1.1. Antecedentes

En la actualidad no existen soluciones tecnológicas que permitan ayudar a personas con alguna discapacidad en su vida diaria de manera que asistan sus deficiencias. En este proyecto nos hemos centrado en asistir a personas con discapacidad visual dado que la mayoría de las señales y avisos de precaución y guías utilizan medios visuales, lo cual no otorga ninguna ayuda para las personas con discapacidad visual y resulta peligroso para este grupo de individuos al tratar de llegar o salir de sus hogares para realizar su recorrido cotidiano.

En el proceso de indagar los hechos actuales, así como evidencias anteriores a este trabajo de titulación, se encontraron estudios de algoritmos de procesamiento de imágenes y texto en exteriores, pero sin ningún desarrollo orientado a la ayuda a personas no videntes tanto en el territorio ecuatoriano como en el extranjero. Lo cual representa un reto utilizar las escasas publicaciones junto con todos los conocimientos y herramientas adquiridas a lo largo de la carrera para entregar a las personas con discapacidad visual una experiencia más segura y cómoda al momento de desplazarse a través de los espacios de trabajo. En otras palabras, el problema al que nos enfrentamos se encuentra en la falta de interés tanto por la sociedad en general, así como por agencias gubernamentales nacionales e internacionales en asistir a las personas con discapacidad visual a moverse de

manera segura tanto en vías públicas como dentro de edificaciones, demostrado así en la falta de proyectos y documentación sobre el tema.

1.2. Alcance

El presente trabajo de titulación se centra en proveer ayuda a personas no videntes en la ciudad de Quito. El principal problema que tienen este grupo de personas es la incapacidad de poder reconocer imágenes de señalética sumamente importantes en su entorno normal de trabajo, dado que es difícil para las empresas lograr una adaptación del entorno laboral orientado a personas no videntes.

Este proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de una aplicación móvil que se encargue de recibir y procesar información de la señalética del entorno mediante el uso de servicios de tipo API REST creados para facilitar el uso directo de Servicios Cognitivos (Inteligencia Artificial como servicio) que den paso al procesamiento de las imágenes captadas por el usuario y permitan finalmente desplegar alertas o mensajes auditivos con respecto a la señalización próxima a la persona invidente. Además, de la ayuda que va a prestar la aplicación móvil a personas no videntes, este trabajo de titulación tiene como objetivo viabilidad de uso de inteligencia artificial como servicio aplicados a distintos campos de investigación e innovación.

1.3. Justificación

La falta de autonomía de personas discapacitadas para realizar ciertas tareas simples en su vida diaria. El reconocimiento de señales como: "PARE", "SALIDA DE EMERGENCIA", "Baños"; son fundamentales para toda la sociedad en la vida

cotidiana, de manera más crítica en situaciones de emergencia donde se requiere el reconocimiento de este tipo de señalética de manera rápida cuando no se puede contar con algún tipo de asistencia de una persona cercana.

La implementación de una aplicación móvil que ayude al reconocimiento de este tipo de señales mediante el uso de servicios cognitivos es fundamental para ayudar a personas invidentes en su movilización y de en cierto grado otorgarles un sentido de autosuficiencia.

La Universidad De Las Américas actualmente cumple con todos los estándares y requisitos gubernamentales con respecto a seguridad y salud ocupacional tanto para su personal administrativo como a los estudiantes que reciben los servicios educacionales que esta institución presta, con señalización clara y letreros que indican de manera precisa los distintos accesos a sus instalaciones, así como puntos de evacuación. Es así, como la Universidad de las Américas y las personas invidentes que trabajan o no dentro de las instalaciones pueden beneficiarse del uso de la aplicación móvil para garantizar su seguridad y movilidad. Finalmente, esta aplicación móvil puede expandir las opciones laborales para personas invidentes, ya que al tener una ayuda visual pueden aumentar su grado de movilidad en los entornos laborales sin necesidad de asistencia.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil mediante el uso de servicios cognitivos de Microsoft para facilitar la movilidad de personas con discapacidad visual en espacios de trabajo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar de la situación actual de las personas con discapacidad visual y su interacción con las tecnologías actuales.
- Diseñar la arquitectura y establecer métodos de desarrollo de la aplicación móvil.
- Implementar la aplicación móvil que capte imágenes de señalética en tiempo real y obtenga su interpretación textual.
- Desarrollar una aplicación que funcione mediante la activación del modo de accesibilidad integrado del dispositivo móvil.
- Probar y evaluar resultados obtenidos.

1.5. Metodología del proyecto

Para el proyecto de titulación planteado, la metodología definida a utilizar está dividida en los distintos componentes que conforman el diseño y desarrollo de la aplicación móvil. Para esto, primero se procederá a utilizar la **metodología exploratoria** ya que tanto la problemática como la solución a esta ha sido

establecida por medio de la observación de los fenómenos sociales que afectan a las personas con discapacidad visual. Una vez que se haya desarrollado una versión beta de la aplicación, pasaremos a utilizar la **metodología experimental** realizando pruebas de campo las cuales nos arrojarán datos para evaluar la calidad de la versión implementada y así realizar los cambios pertinentes para mejorar la misma.

Para cada uno de estos elementos, se ha definido utilizar las siguientes herramientas de manejo de proyectos, las cuales van a ser aplicadas dependiendo de los avances que se obtengan a lo largo del desenvolvimiento del proyecto:

- Reuniones presenciales.
- Videollamadas.
- Llamadas de voz.
- Aplicaciones de Mensajería.
- Lluvia de ideas.

2. Marco teórico

En el presente capítulo, se van a presentar las metodologías y tecnologías que permiten la ejecución del presente trabajo de titulación. Es aquí donde se exhibe el desarrollo, propiedades y ventajas que brindan estos conceptos a utilizar, para poder cumplir con el desarrollo e implementación de una aplicación móvil con reconocimiento de señalética orientada a personas invidentes en espacios interiores.

2.1. Inteligencia artificial como servicio

2.1.1. La inteligencia artificial

“La naturaleza presenta numerosos casos de inteligencia: esta no es específica al ser humano. De hecho, no es ni siquiera propia de los seres vivos: cualquier sistema capaz de adaptarse y ofrecer una respuesta adecuada a su entorno podría considerarse como inteligente”. (Mathivet, 2017)

La palabra propiamente dicha como inteligencia artificial (I.A.) fue mencionada por primera vez por John McCarthy en el año de 1956, dónde se empezó a dar a conocer este nuevo paradigma que años después se convertiría en un tema de gran controversia a lo largo del mundo.

Para poder entender si un programa es considerado como inteligencia artificial, se han inventado varias pruebas que permiten evaluar a programas de acuerdo con su enfoque. Una de estas pruebas es conocido como la prueba de Turing, el cual pone a prueba a un usuario el cual tiene comunicación a través de dos pantallas con un humano y el programa a evaluar. Mediante varias preguntas y respuestas este tiene que determinar cuál es el humano y cuál es la máquina: si este no logra diferenciar el uno del otro la prueba se ha superado exitosamente. Pero esta prueba solo logra evaluar a ciertos programas de comunicación más no a otros que se orientan a otras áreas.

La línea para poder diferenciar si un programa es considerado una IA es delgada; porque puede existir programas que resuelvan complicadas operaciones matemáticas en poco tiempo, que a diferencia de un humano le puede llevar días resolver el mismo problema. Pero este programa no es considerado una IA. Sin embargo, es un trabajo bastante difícil definir exactamente a la inteligencia artificial: pero a esta tarea ayuda que el programa en cuestión posea algún tipo de criterio al momento de resolver un problema, emulando el comportamiento humano al realizarlo. Se cuentan con los siguientes enfoques:

- **El enfoque simbólico:** Se enfoca en que el programa sea capaz de decidir la mejor opción. El entorno debe ser descrito con mayor precisión.
- **El enfoque conexionista:** Se le da al programa la capacidad de evaluar si lo que está haciendo está bien o no, dejando que puede encontrar la solución por sí solo.

2.1.2. AIAAS

El concepto de Inteligencia Artificial como Servicio, o por sus siglas en inglés AlaaS, es un concepto que como muchos en el mercado de la tecnología se ha definido por las empresas que tienen como nicho de mercado promover, generar y vender innovación al mundo, el cual consiste en la implementación de características de la Inteligencia Artificial como: Machine Learning, Deep Learning, Programación Neurolingüística y Computer Vision. De manera anexa a un servicio existente, utilizando una de estas características o juntando varias de ellas, a la vez en

distintas posibles combinaciones; es decir, la Inteligencia Artificial como Servicio solamente puede existir como un complemento secundario a un producto o servicio principal, con el fin de generar **información valiosa a partir de los metadatos** disponibles del producto o servicio principal. En la figura 1 se contrasta gráficamente la Inteligencia Artificial junto con la inteligencia humana, a modo de analogía para poder comprender como la Inteligencia Artificial ha evolucionado hasta llegar al punto dónde se encuentra hoy en día.

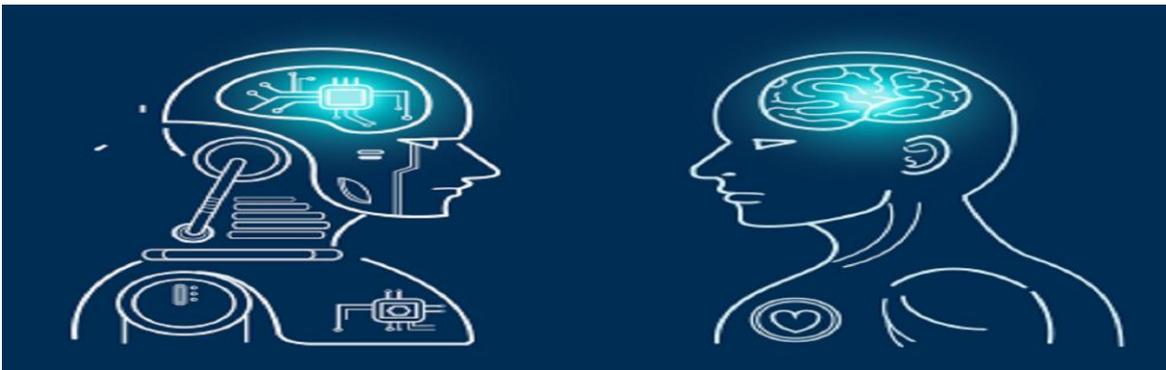


Figura 1: contraste gráfico de Inteligencia Artificial e inteligencia humana.
Tomado de: (Virtual Educa, 2019)

Actualmente en la industria se pueden apreciar ofertas de servicios como Nube Inteligente, Inteligencia en la Nube, y sus variaciones con el fin de captar la atención del mercado y atraer negocio de distintas industrias (finanzas, cuidados médicos, manufactura, automotriz, seguros, marketing, etc.). Gracias a esto, se presentan casos de uso con características muy variadas y objetivos que van desde predecir un evento futuro, proveer análisis de datos profundos, dar opciones y sugerencias de acciones y pasos a seguir, etc. el límite de hasta dónde se puede llegar a aplicar

la inteligencia artificial en el mercado es prácticamente nulo. Ya que se puede incurrir en casi cualquier área de trabajo adaptándose a distintos escenarios.

Con el paso del tiempo el campo de la Inteligencia Artificial se ha ido ampliando a tal punto de otorgar varias opciones y funciones a los usuarios mucho más allá de solo realizar cálculos, por ejemplo: ahora se presentan opciones como análisis cognitivo, computer vision, comprensión del lenguaje, y análisis de datos, lo cual se puede implementar eficazmente sobre ambientes desplegados en la nube.

En el creciente y competitivo mercado hoy en día nos podemos encontrar con algunas opciones disponibles como soluciones de Inteligencia Artificial, entre ellas se tiene:

- Amazon Web Services Predictive Analytics
- Amazon Deep Scalable Sparse Tensor Network Engine
- Google Cloud (Platform)
- Google TensorFlow
- Google Springboard
- Microsoft Cognitive Services
- IBM Watson Developer Cloud

La mayoría de información disponible sobre la Inteligencia Artificial como Servicio, es publicada por las mismas empresas que ofrecen este servicio, lo cual genera parcialidad al momento de analizar cuál de todas las opciones disponibles es la que mejor puede acoplarse a cierta solución. Es por esta razón que las publicaciones

acerca de la Inteligencia Artificial como Servicio, son hechas solamente por grandes empresas tecnológicas con las capacidades técnicas necesarias para ofrecer este servicio, que no cualquier empresa puede estar en capacidad de ofrecer. Después del boom de la computación en la nube, así como la aparición del Internet del Todo (IoT por sus siglas en inglés), las empresas dominantes en el mercado han puesto en la mira a la Inteligencia Artificial como el siguiente escalón del mercado de la tecnología, y a pesar de que aún no se ha generado un uso masivo de estos servicios, puede que en pocos años toda empresa empiece a implementar algún tipo de inteligencia artificial en algunos de sus giros de negocio.

2.2. Microsoft cognitive services

Los servicios cognitivos de Microsoft son un conjunto de algoritmos de Machine Learning, cuyo fin es resolver problemas empresariales con el uso de Inteligencia artificial. Estos servicios se encuentran dentro de la plataforma tecnológica Azure perteneciente a Microsoft. El objetivo de los MCS (Servicios Cognitivos de Microsoft por sus siglas en inglés) es de democratizar la inteligencia artificial al presentarla como un conjunto de componentes discretos para el consumo de los desarrolladores al momento de crear sus propias aplicaciones, mediante llamadas simples de tipo REST (Transferencia Representacional de Estado por sus siglas en inglés) a los APIs (Interfaz de Programación de Aplicación por sus siglas en inglés) disponibles. Como se puede apreciar en la figura 2, este es el logotipo con el que Microsoft presenta sus distintos servicios cognitivos al público.

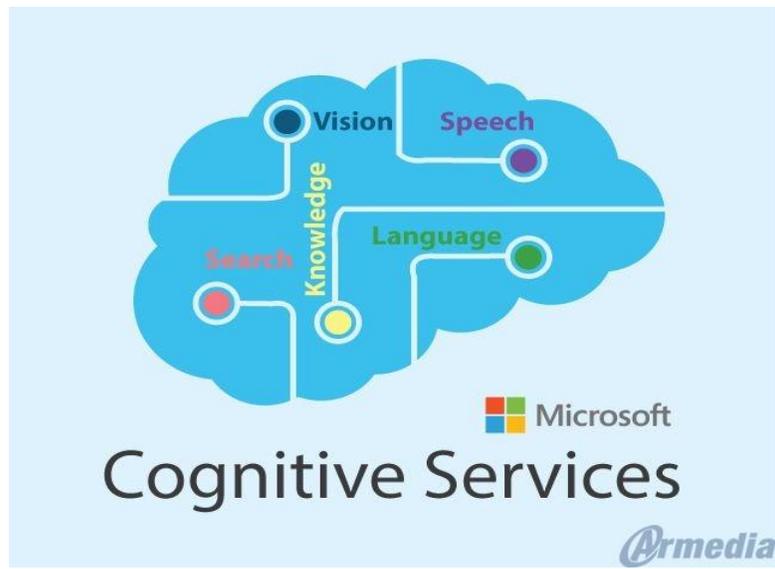


Figura 2. Microsoft Cognitive Services
Tomado de: (Armedia, 2019)

Los servicios cognitivos de Microsoft se encuentran agrupados en 5 categorías principales:

- Visión
- Habla
- Lenguaje
- Conocimiento
- Búsqueda

El grupo en el cual se encuentra albergada nuestra aplicación, es el **grupo Visión**.

Dentro de este grupo, existen 5 distintos APIs dependiendo del contenido que se vaya a transmitir a MCS. En nuestro caso, la API que se va a utilizar se denomina **Custom Vision** que como Microsoft lo describe: “Custom Vision Service permite crear clasificadores personalizados de imágenes..”(Mehrotra, n.d.)

2.2.1. Azure custom vision

Azure Custom Vision es un servicio cognitivo perteneciente a la clasificación de visión, el cual permite desarrollar, aplicar y perfeccionar los clasificadores personalizados utilizados en las imágenes. Un clasificador de imágenes es básicamente inteligencia artificial como servicio en el cual se aplican diferentes etiquetas (dentro del servicio se traducen como clases) a las imágenes en cuestión, de acuerdo con lo que se quiera reconocer y las características visuales del mismo.

Este servicio de reconocimiento de imágenes utiliza un algoritmo avanzado de aprendizaje automático el cual aplica etiquetas a imágenes seleccionadas por el desarrollador. En el proceso de entrenamiento es vital que las imágenes seleccionadas presenten y carezcan de las características deseadas en cuestión. Todas las imágenes deben ser etiquetadas por el desarrollador, para luego ser enviadas al entrenador. Después, el algoritmo de entrenamiento se encarga de estos datos y calcula su propia precisión, para luego ejecutar pruebas sobre sí mismo con estas imágenes, cumpliendo con el proceso de entrenamiento. Finalmente, se puede probar el entrenamiento (más conocido como una "iteración") así como observar los resultados, y en base a eso volver a entrenarlo para clasificar las imágenes nuevas en función de las necesidades y requerimientos definidos.

Finalmente, Custom Visual es óptimo para el reconocimiento de diferencias fundamentales entre las imágenes ingresadas. Gracias a esto es posible iniciar el entrenamiento de un modelo con una pequeña cantidad de datos. Pero con una

pequeña cantidad de datos el servicio no es óptimo para reconocer pequeñas diferencias entre las imágenes.

2.3. Sistemas operativos móviles

Los sistemas operativos móviles son un tipo de sistema operativo para terminales móviles, accesorios inteligentes, tabletas, y varios dispositivos móviles, y no incluye a los sistemas operativos que se instalan en computadoras portátiles o 'laptops' (ese es el concepto hoy en día, pero se prevé que en el futuro los sistemas operativos móviles sean una parte de los sistemas operativos de computadoras tanto de escritorio como portátiles). La figura 3 se puede observar los distintos tipos y variedades que existen de sistemas operativos existentes hoy en día.



Figura 3. representación de varios sistemas operativos móviles.
Tomado de: (Baz, 2017)

En la actualidad, los sistemas operativos móviles combinan características de un sistema operativo de un computador con los componentes de los que se compone un teléfono móvil: modem inalámbrico, un módulo GSM, pantalla táctil, Bluetooth, Wi-Fi, GPS, cámaras, NFC, entre otros. Analizando un poco más a detalle estos sistemas operativos se ha identificado que estos están divididos en dos partes: la

parte que maneja las comunicaciones (radiofrecuencia, modem, antenas, etc.) y su contraparte que maneja la interfaz de usuario y las posibles interacciones con el resto de los componentes del dispositivo (pantalla, cámara, Bluetooth, etc.). Esto viene dado así por diseño, y por el origen y evolución que estos sistemas operativos a lo largo del tiempo.

Desde 1973 hasta 1993, los sistemas operativos de los teléfonos móviles venían integrados en chips ROM, y solamente servían para controlar las operaciones básicas de un teléfono. Desde 1993 hasta el día de hoy, varias empresas de tecnología han desarrollado poco a poco la integración de los teléfonos móviles y las capacidades de una computadora de escritorio, hasta el punto de poder realizar las mismas tareas que las hacemos en una computadora de escritorio, y dependiendo del dispositivo pueden superar a las computadoras en ciertos aspectos.

2.3.1. sistema operativo android

Android es un sistema operativo móvil creado por Android Inc. y adquirido por Google, basado en una versión modificada del núcleo (kernel) de Linux, junto con varios otros componentes de código abierto. Android fue anunciado al público en 2007, pero no estuvo disponible sino hasta un año después que fue implementado en un teléfono móvil; hoy en día es el sistema operativo más popular y utilizado de todos los teléfonos móviles e incluso tabletas en todo el mundo.

2.3.1.1. Interfaz gráfica

La interfaz de usuario de Android, por defecto, está basada principalmente en la “manipulación directa”, es decir: utilizando puntos de contacto táctil que correspondan de cierta manera a acciones del mundo real, como deslizar, presionar, rozar, pinchar y arrastrar objetos mostrados en la pantalla, así como la presencia de un teclado visible en pantalla y que permite escribir en campos de texto, aunque a su vez, Android permite la conexión de controladores y teclados externos. En la figura 4 se muestran varias pantallas de la interfaz de la versión 9 de Android.



Figura 4. varias pantallas de la interfaz de Android versión 9.
Tomado de: (Amadeo, 2016)

Componentes internos como acelerómetros, giroscopios y sensores son utilizados por el sistema operativo y las aplicaciones instaladas para brindar una experiencia más fácil al momento de utilizar el dispositivo para ciertas tareas que en la actualidad se consideran cotidianas: revisar notificaciones, ver el mapa y ubicaciones locales, enviar multimedia, entre otros. Pero ¿cuál es el punto de partida para lograr todo esto?

La respuesta está en la pantalla de inicio: una vez que se ha iniciado el sistema operativo Android, el dispositivo muestra en pantalla la navegación principal y el centro de información: como el “escritorio” (de un sistema operativo de computador) que muestra accesos directos a varias aplicaciones. En la parte superior de la pantalla se ubica la barra de estado, la cual muestra información puntual sobre el dispositivo y su conectividad, que al ser expandida muestra información más detallada, así como notificaciones (las notificaciones son datos informativos y oportunos del estado del dispositivo y de las aplicaciones que están en segundo plano), las cuales al ser apuntadas abre la aplicación correspondiente en el contexto de la notificación.

2.3.1.2. Aplicaciones

Las aplicaciones tienen como objetivo extender la funcionalidad del dispositivo. Gracias a los distintos componentes y características de los dispositivos, las aplicaciones otorgan nuevos casos de uso para el usuario del teléfono. Estas aplicaciones son desarrolladas como cualquier otro software: requieren un IDE, código fuente, para luego ser compiladas y ejecutadas en el dispositivo.

2.3.1.3. Manejo de recursos

Dado que los dispositivos móviles requieren de una batería la cual otorga la energía necesaria para que estos teléfonos y tabletas puedan ser utilizados sin la necesidad de estar todo el tiempo conectados, el sistema operativo Android está diseñado para manejar la potencia de procesamiento para resguardar el ahorro de batería lo mayor

posible: cuando una aplicación no se encuentra en uso, el sistema suspende su operación para que esta pueda ser reanudada una vez que se la solicite. De esta manera, mientras está suspendida, la aplicación no utiliza energía o recursos del procesador.

Cuando la memoria disponible es limitada, el sistema empezará automáticamente a cerrar procesos no utilizados, empezando por aquellos que se encuentran inactivos por mayor periodo de tiempo.

2.3.1.4. Hardware

La plataforma principal del hardware para Android es ARM, aunque también soporta las arquitecturas x86 y x86-64. Desde el 2012 empezaron a aparecer dispositivos Android con procesadores Intel, y desde el 2014 se brindó soporte a variantes de 64-bits y 32-bits.

Los requerimientos mínimos en cuestión de RAM para dispositivos de Android versión 7.1 varían desde 512 MB hasta 2 GB según las prestaciones y el tamaño de la pantalla, ya que es el tamaño de la pantalla el componente que dicta el perfil de volumen que ocupará el dispositivo. Los requerimientos mínimos del sistema Android se han ido incrementando a la par con la evolución tecnológica, por lo que estos no son estáticos y dependen en gran parte de la gama del dispositivo; si este es de amplias prestaciones, o es de tipo económico. Entre los componentes de hardware que incorpora un Android, se encuentran cámaras fotográficas o de video, GPS, sensores de orientación, controles dedicados para juegos, acelerómetros,

giroscopios, barómetros, magnetómetros, sensores de proximidad, sensores de presión y termómetros. Aunque algunos componentes no son necesarios para su funcionamiento, se han vuelto estándares para el consumidor.

2.3.1.5. Actualizaciones

Google anuncia nuevas versiones incrementales para Android de manera anual. Las actualizaciones pueden ser instaladas en los dispositivos de modo OTA o manualmente. Hasta abril del 2019, su última versión se denomina “Pie” y corresponde a la versión 9.

En contraste con el sistema operativo de Apple, iOS, las actualizaciones de Android llegan a los dispositivos con particulares retrasos, con la excepción de los dispositivos fabricados por Google como Nexus y Píxel; las actualizaciones pueden arribar meses después de que sea anunciada al público, o tal vez no puedan ser implementadas nunca para ciertos dispositivos. Esto sucede por la amplia variación en componentes de hardware que tienen los dispositivos Android, ya que cada empresa utiliza distintos componentes y estos no necesariamente pueden ser compatibles con futuras versiones. Aparte de esto, los retrasos también vienen por parte de las operadoras móviles, quienes toman las actualizaciones y realizan extensas modificaciones antes de que las nuevas versiones puedan ser instaladas en los dispositivos junto con pruebas de rendimiento y funcionamiento en sus redes particulares, dado que no existe un verdadero soporte una vez que los equipos son entregados a los usuarios por parte de los fabricantes de los dispositivos.

2.3.1.6. Arquitectura de software

Con base en el Kernel de Linux, existen librerías, APIs y software intermediario escrito en lenguaje C, junto con software de aplicaciones ejecutándose en un marco de referencia de aplicaciones con librerías compatibles con Java.

Android utiliza ART como su ambiente de ejecución, el cual utiliza compilación AOT para compilar todo el código de aplicación en lenguaje de máquina cuando se instala una aplicación.

Dado que Android no cuenta con un sistema de ventanas como “X” por defecto y tampoco soporta todas las librerías GNU estándar, es difícil permitir la portabilidad de aplicaciones o librerías existentes en Linux hacia Android, pero últimamente gracias a la versión r5 de su SDK, se logra tener soporte para aplicaciones desarrolladas en C y en C++.

2.3.1.7. Seguridad y malware

En cuanto a lo que seguridad concierne, el sistema operativo Android en si es muy seguro, así como lo es su predecesor Linux. Android separa los recursos del sistema de las aplicaciones que se instalan en el dispositivo, y solamente permite que las aplicaciones accedan a los recursos de sistema si el usuario otorga permiso para ello.

Desde el lanzamiento de la tienda de aplicaciones Google Play, al momento en que el usuario desea instalar una aplicación desde esta plataforma, se muestra una lista

de permisos necesarios para funcionar, y la aplicación se puede instalar solamente cuando el usuario accede a otorgar dichos permisos a la aplicación. Esta implementación fue modificada con el lanzamiento de la versión 6 de Android, donde se solicita al usuario los permisos que requiere la aplicación en el momento en que se requiere acceso al recurso, y no se otorgan todos los permisos que requiere la aplicación automáticamente al momento en que esta es instalada evitando que el usuario acepte permisos de la aplicación para acceder a recursos más allá de los necesarios para cumplir las funciones realizadas por el usuario o los objetivos ofrecidos.

Desde febrero del 2012, se implementó Google Bouncer: un analizador de malware que se encarga de verificar si las aplicaciones disponibles en la tienda de aplicaciones Google Play son seguras, y en noviembre del mismo año se implementó la habilidad de “Verificar aplicaciones” para permitir el análisis tanto de aplicaciones de la tienda de aplicaciones Google Play como de fuentes de terceros en busca de comportamiento malicioso.

2.3.2. Desarrollo de aplicaciones Android

El desarrollo de aplicaciones Android es el proceso de creación nuevas aplicaciones para dispositivos que funcionan con el sistema operativo Android. Para esto, Google pone a disposición del público en general el Kit de Desarrollo de Software Android (conocido popularmente como Android SDK), el cual usa una compilación de distintos lenguajes de programación como Kotlin, Java, C, C++, Go, y JavaScript.

2.3.2.1. Android SDK

El Android SDK está en constante evolución, soportando hoy en día herramientas y lenguajes compatibles con otros sistemas operativos, IDEs (ambientes de desarrollo integrados), e incluso herramientas desarrolladas por terceros. Android SDK incluye un depurador, una amplia 'biblioteca' de librerías, un emulador de dispositivos, ejemplos de implementación de código, documentación y tutoriales, y funciona actualmente sobre los sistemas operativos Linux, Mac OS X (versión 10.5.8 en adelante), y Windows (7 en adelante).

2.3.2.2. Ambiente de desarrollo integrado

Hasta el año 2014, los ambientes de desarrollo integrado que utilizaba el Android SDK y recomendado por Google eran Eclipse y Netbeans, junto con un plugin con herramientas de desarrollo Android (ADT por sus siglas en inglés), pero un año después Google lanzaría el Android Studio, el ambiente de desarrollo integrado oficial para aplicaciones Android hasta el momento.

2.3.2.3. Android SDK platform tools

Los Android SDK Platform Tools son herramientas exclusivas y necesarias para el desarrollo de aplicaciones Android, principalmente herramientas de línea de comandos como 'adb' y 'fastboot' para enviar instrucciones a un dispositivo Android, y lograr realizar respaldos, formatear particiones, borrar y escribir imágenes binarias en particiones, entre otras.

2.3.2.4. Desarrollo de interfaz gráfica

La base de la interfaz gráfica de Android son los Layouts, los cuales se pueden definir en español como los planos, que cumplen la función de contenedores, donde se ubican todos los elementos visuales de la aplicación de forma jerárquica. La figura 5 muestra un ejemplo de la jerarquía aplicada con Layouts y elementos visuales, donde los Layouts son grises y los elementos visuales son de color plateado.

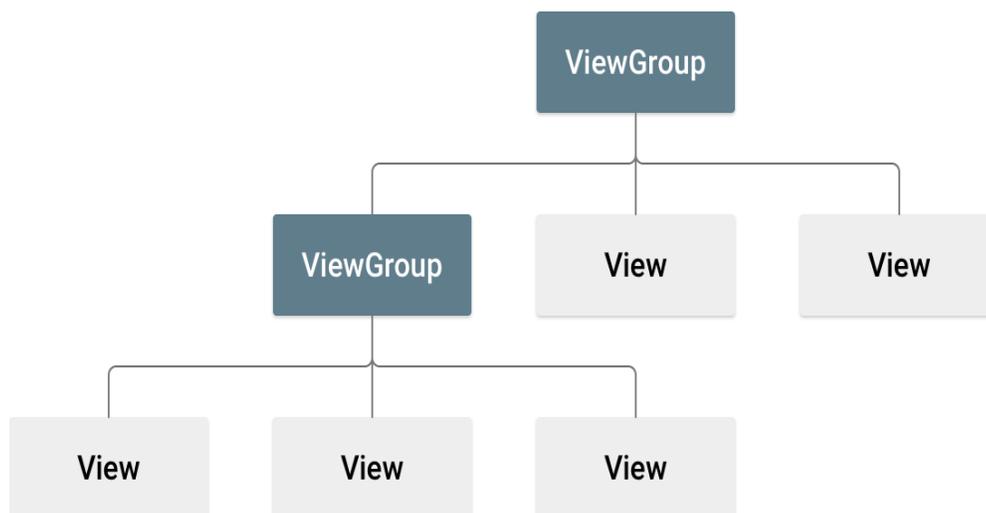


Figura 5. Ilustración de Layouts y elementos visuales con su respectiva jerarquía.

La interfaz gráfica de cada ventana y pantalla en una aplicación Android se debe definir en un archivo de formato XML, donde se debe describir los atributos que tendrán los elementos y Layouts a utilizarse, principalmente su ID y el espacio que ocuparán en pantalla junto con su orientación.

Una vez que se han definido visualmente los elementos que existirán en pantalla, se los puede referenciar para interactuar con ellos normalmente.

Se puede especificar el tamaño exacto que cada elemento puede ocupar en pantalla, utilizando las distintas unidades de medición disponibles:

- Pixeles.
- Pulgadas.
- Milímetros.
- Pixeles de densidad independiente.
- Pixeles de escala independiente.

2.3.2.5. Interfaces (programación)

Las interfaces en programación no deben ser confundidas con interfaces gráficas, definen las acciones de los objetos, estas deben ser definidas al momento de ser instanciadas. Se definen así porque las acciones de los objetos son los que habilitan su interacción con otros objetos.

Por ejemplo, si definimos un objeto Bicicleta, su interfaz comprendería acciones como incrementar velocidad, aplicar frenos, cambio de marcha, entre otras. Las acciones en programación llegan a ser métodos que, al momento en que se implementa una interfaz, es obligatorio que se los defina.

2.4. Metodología scrum

La metodología Scrum se remonta al año 1986 a un artículo del Harvard Business Review titulado “The New Product Development Game” donde definen una nueva

forma de organizar el conocimiento permitiendo la generación de innovación de forma continua, incremental y repetitiva. La metodología Scrum tiene varios casos de éxito, y hoy en día se la define como un **marco de trabajo que ayuda a equipos de trabajo a colaborar de mejor manera.**

Haciendo una analogía como se muestra en la figura 6, todos los miembros del equipo se juntan para luchar juntos hacia obtener la posesión del balón; si tan solo uno de ellos desmaya, la presión que sufre el resto del equipo es mayor y todos asumen las consecuencias de ello.



Figura 6. Dos equipos de Rugby realizando un Scrum.
Tomado de: (Sports, 2018)

Como el Scrum de Rugby, que es de donde se inspira y origina su nombre, la metodología Scrum se basa en iteraciones de sprints, en donde el equipo de trabajo se reúne para descomponer el proyecto en pequeñas partes, preparándose de antemano para los posibles cambios que puedan surgir a lo largo del desarrollo del proyecto. Dada la generalidad con la que se define Scrum, esta metodología es

utilizada por varios departamentos de una empresa, no solo en el departamento de Sistemas.

Scrum anima a los equipos de trabajo a aprender a base de los logros y pérdidas obtenidas, de manera empírica y dando paso a esquemas de organización flexibles, siendo así uno de los marcos de trabajo que mejor logran reducir el riesgo y el costo, así como obtener retroalimentación más acelerada de los usuarios y valoración de resultados más activa y pronta.

Los roles que conforman a un equipo de trabajo Scrum son 4:

- **Dueño del producto:** en otras palabras, el cliente o la persona que al final será la acreedora del producto una vez que esté terminado.
- **Parte interesada:** es el grupo de personas que van a usar o trabajar sobre el producto una vez que esté terminado.
- **Scrum Master:** es el líder y coordinador del marco de trabajo, el cual se debe asegurar que cada componente del Scrum se cumpla a cabalidad.
- **Equipo de desarrollo:** es el grupo de personas que se encargan de trabajar sobre el producto y son los responsables de la evolución de este.

En la figura 7 se muestran las distintas fases y etapas que conlleva un Sprint de Scrum.

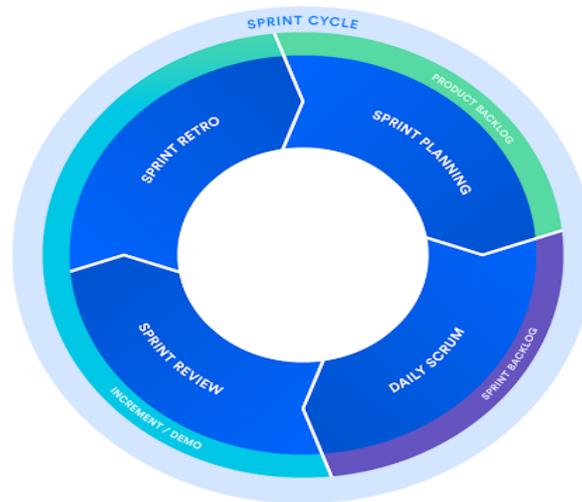


Figura 7. Ilustración de un Sprint completo.
Tomado de: (Rehkopf, 2019)

Como se muestra en la figura 7, el “Sprint” de Scrum se compone de las siguientes partes:

- **Sprint Backlog:** es la asignación de tareas y la documentación de su avance acorde se las va completando.
 - *Scrum diario:* reunión de todos los integrantes del equipo de trabajo reportando su trabajo del día anterior, objetivos para hoy, impedimentos o dificultades que tengan para completar una tarea.
- **Product Backlog:** asignación de prioridad de los requerimientos del producto.
 - Planificación de Sprints: se definen los objetivos del sprint y las tareas que van a ser asignadas mediante el Sprint backlog.

- **Increment / Demo:** es la compilación y demostración del trabajo realizado por cada miembro del equipo una vez que se ha completado el Sprint Backlog. Cuando esta fase es iniciada, infiere la culminación del Sprint, y al igual que al inicio del Sprint, todos los miembros de todos los roles participan.
 - Revisión de Sprints

Retrospectiva de Sprints: consiste en la entrega de retroalimentación para identificar las partes que funcionaron y las que no, para actualizar el nuevo Sprint Backlog y Product Backlog, de esta manera iniciando un nuevo Sprint.

2.5. Control de versionamiento

Versionamiento, también conocido como control de versión y como Version Control en inglés, es el manejo de cambios al código fuente de la aplicación dada la necesidad de organizar y controlar los cambios que realizan los grupos de desarrolladores encargados de construir un programa o aplicación, llevado a cabo por un software.

Por lo general, cada cambio se identifica por un código o número denominado “número de revisión”, y usualmente este es secuencial positivo (es decir, que la revisión 2 viene después de la 1, y después de la revisión 2 sigue la 3 y así sucesivamente). Los números de revisión están ligados a su creador junto con su marca de tiempo, y pueden ser restaurados, comparados entre sí, e incluso combinados entre ellos (si es que son compatibles).

2.5.1. Estructura de versionamiento

La estructura de versionamiento se la define usualmente como la estructura de un árbol acíclico, donde cada programa, aplicación o parte de una, se alberga en el Trunk (tronco), y cada variación creada por los desarrolladores se la considera un Branch (rama) que termina formando parte del Trunk nuevamente acorde se van dando nuevos avances. La figura 8 muestra los elementos y el flujo estándar de versionamiento la cual hace referencia a la línea de tiempo que forman las revisiones, y dado que cada una de éstas o bien forma parte del tronco o es una rama independiente, se las puede etiquetar de tal manera que ilustre en una línea de tiempo cómo estas se combinan (Merge) para volver a formar parte del tronco.

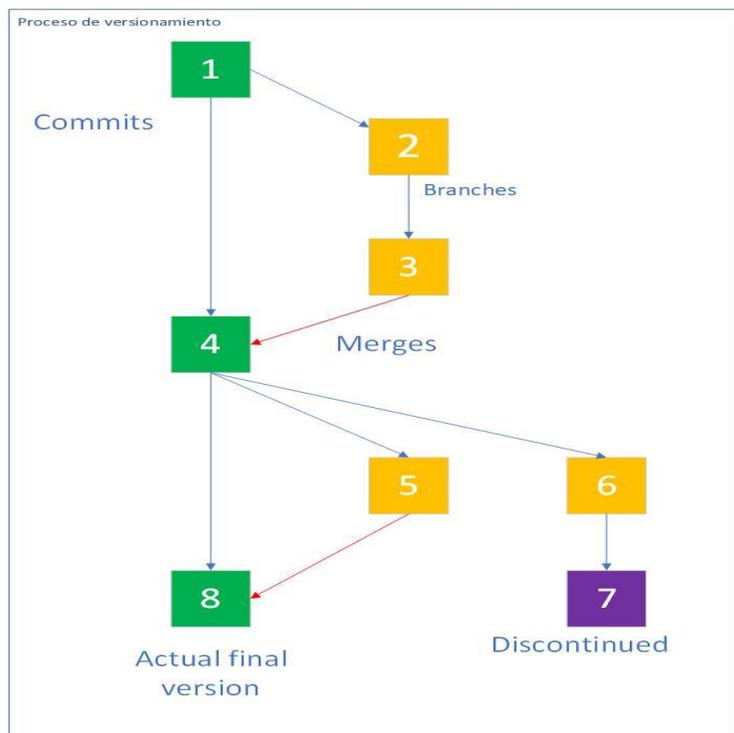


Figura 8. Estructura de árbol implementada en Versionamiento.

2.5.2. Modelo de manejo de fuentes

Los sistemas de control de versión tradicionales utilizan un modelo centralizado donde todas las funciones de control de versión se dan lugar en un servidor compartido. Si dos desarrolladores intentan cambiar el mismo archivo al mismo tiempo, sin algún método que maneje el acceso, los desarrolladores podrían terminar sobrescribiendo el trabajo de cada uno. Los sistemas de control de versiones solucionan este problema con uno de los dos modelos de manejo de fuentes distintos.

2.5.2.1. Operaciones atómicas

Una operación se considera atómica si el sistema mantiene su estado de consistencia antes, durante y después de que se realice la operación, aun cuando ésta falle. La operación atómica más crítica es la operación *Commit*. En contexto, esta operación ordena al sistema de control de versión que agrupe todos los cambios, los integre en la rama o tronco y los publique para el acceso de todos los usuarios.

2.5.2.2. Bloqueo de archivos

La manera más simple de prevenir los problemas de concurrencia está dada por el bloqueo de archivos, lo cual hace que tan solo un desarrollador a la vez tenga la posibilidad de realizar cambios a los archivos (aunque en realidad son copias o “checkouts” de los archivos, por seguridad). El resto de los usuarios pueden acceder

al archivo, pero únicamente a realizar la operación de lectura, hasta que el primer desarrollador guarde los cambios o los cancele).

Aunque este modelo de manejo de versión prevea conflictos a la hora de combinar cambios bruscos a uno o más archivos, si el bloqueo interfiere con las tareas del resto de desarrolladores, estos pueden verse tentados a burlar la seguridad y realizar los cambios fuera del software de control de versión, lo cual puede ocasionar problemas aún mayores.

2.5.2.3. Combinación de versiones

La mayoría de los sistemas de control de versión se basan en este modelo, y permiten que varios desarrolladores editen el mismo archivo al mismo tiempo dando prioridad al orden en que estos guardan los cambios, siendo el primer desarrollador que guarde sus cambios quien no sufrirá ningún contratiempo, mientras que el resto deberá actualizar estos cambios antes de guardar los suyos para evitar entrar en conflicto al momento de combinar los cambios.

Esto puede causar problemas de compatibilidad si la actualización contiene cambios no esperados, entrando en conflictos lógicos que pueden limitar la disponibilidad de operaciones de combinación automáticas o casi-automáticas. Como medita a esto herramientas como GitHub mantienen dos versiones de código, una local y otra en la nube permitiendo que al realizar un commit en conjunto si existen líneas sobre escritas permite decidir cuál de los cambios mantener o no: ayudando en sobre medida a los desarrollos masivos en equipos grandes.

2.6. Cloud y centro de datos

Cuando utilizamos el término “Cloud” en conversaciones respecto a tecnología, en general se hace referencia a una metáfora que representa a una red de servidores remotos que operan juntos para cumplir una o más funciones y se los identifica como un solo ecosistema.

Las funciones de estos servidores varían (entre brindar almacenamiento variable y dinámico, ejecución de aplicaciones, y la entrega de contenidos tanto multimedia como no multimedia) pero lo que todas las “nubes” tienen en común es que permiten el acceso a sus usuarios por medio de Internet. Gracias a los avances tecnológicos el acceso a Internet por parte de las personas en todo el mundo es cada día mejor, así como la velocidad a la que podemos acceder a la información, y es por esto por lo que la utilización de una “nube” para consumir o proveer servicios se ha vuelto factible y conveniente para muchas empresas.

La figura 9 ilustra una interpretación de un centro de datos que conforma la nube.



Figura 9. Ilustración de un centro de datos conformando una nube.
Tomado de: (Forrest, 2017)

Existen varios tipos de nube, divididas por el tipo de acceso que brindan:

- Nube pública.
- Nube privada.
- Nube híbrida.

Muchas veces se pone en contraste a una “Nube” junto con un Centro de Datos. Un Centro de Datos es un espacio físico que alberga sistemas de comunicación, servidores y componentes de almacenamiento de datos, así como a todos los dispositivos y equipos necesarios para su funcionamiento.

Tener un Centro de Datos permite a los negocios tener un mayor control sobre los recursos utilizados para cumplir con los objetivos de su organización, aunque a su vez requiere que el personal esté entrenado sobre los cuidados que se deben tener en este espacio, especialmente aquel personal encargado del funcionamiento de cada equipo dentro del Centro de Datos.

Existen empresas dedicadas a proveer a sus clientes de Centros de Datos para almacenar sus datos, y dependiendo de los requerimientos del cliente, la empresa puede hacerse cargo solamente del plano secundario (brindar y mantener las fuentes de alimentación de energía, seguridad física, comunicaciones) o puede brindar al cliente todo un Centro de Datos que cumpla con los requerimientos definidos.

En lo que respecta a tomar la decisión de cómo van a manejarse los datos de la empresa, sea por una Nube o por un Centro de Datos, se deben realizar varios análisis para determinar cuál es el costo – beneficio de cada opción y tomar la mejor decisión. Entre los análisis que se deben realizar se encuentran:

- Análisis de Riesgo
- Análisis de Disponibilidad
- Análisis de Impacto
- Análisis de Seguridad

A continuación, se muestran algunas diferencias en distintos aspectos entre un Centro de Datos y la Nube:

Tabla 1.
Contraste entre Centro de Datos y Nube.

	Centro de Datos	Nube
Servidores	Propios o Locales.	Integrados y tolerantes a fallos.
Recursos	Particionados, rendimiento compartido.	Unificado, rendimiento aislado.
Administración	Control total manual propio o Local.	Control total centralizado y automatizado.
Programación de inactividad	Planificación anticipada, sobreabastecimiento.	Flexible y escalable.
Alquiler	Espacio físico, valor determinado por cada equipo.	Uso o disponibilidad lógica.
Servicios y Aplicaciones	Fijos sobre equipos físicos.	Móviles y dinámicos sobre uno o varios equipos físicos o virtuales.

2.7. Redes Inalámbricas

Una red inalámbrica es una red compuesta de nodos que utiliza conexiones de datos inalámbricas en un área determinada denominada área de cobertura. Estas redes se definen por el área de cobertura al que logran establecer conectividad, así como por los estándares y protocolos de red determinados por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos en la región de las Américas y por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeas (ETSI por sus siglas en inglés) en Europa y Asia. En la figura 10 muestra las categorías de redes inalámbricas según su área de cobertura.

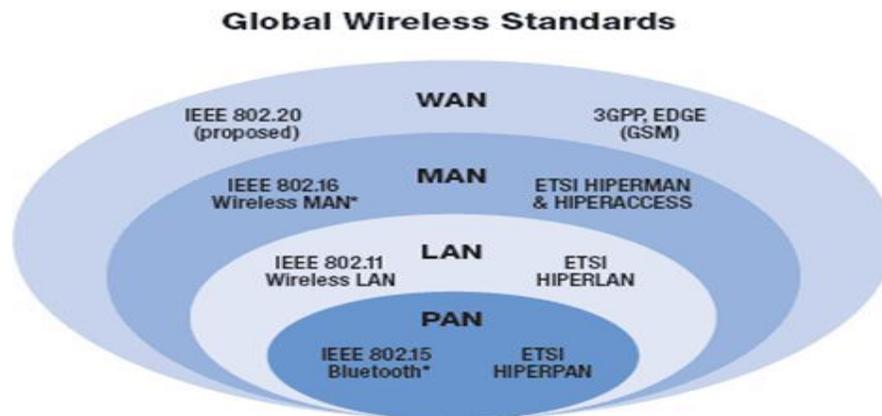


Figura 10. Categorías de redes inalámbricas.
Tomado de: (Tada, 2012)

El uso de redes inalámbricas es una parte fundamental en el desarrollo de este trabajo de titulación, ya que se pretende tener una comunicación constante con el servicio cognitivo alojado en la nube con el terminal móvil a través de redes inalámbricas. A continuación, se enlistan los diferentes tipos de redes inalámbricas existentes:

2.7.1. Redes inalámbricas PAN

Las redes inalámbricas PAN (Red de Área Personal, por sus siglas en inglés) interconecta dispositivos en un área relativamente pequeña, la cual generalmente cubre desde centímetros hasta 15 metros a la redonda. Los dispositivos más populares que utilizan este tipo de redes son los aparatos Bluetooth, y utilizan los estándares IEEE 802.15 e HIPERPAN. La figura 11 ilustra el logotipo Bluetooth junto con los distintos tipos de multimedia con los que puede interactuar.



Figura 11. Logotipo Bluetooth interactuando con multimedia.
Tomado de: (Lalla, 2014)

2.7.2. Redes inalámbricas LAN

Las redes inalámbricas LAN (Red de Área Local por sus siglas en inglés) se encargan de enlazar dos o más dispositivos sobre una corta distancia utilizando un método de distribución el cual generalmente es un Punto de Acceso inalámbrico.

En este tipo de red se pueden implementar enlaces punto-a-punto fijos entre computadoras o una red de computadoras en ubicaciones distantes mediante la utilización de microonda o por un haz de luz láser modulado sobre línea de vista; este ejemplo de implementación de red inalámbrica LAN es utilizado comúnmente entre ciudades para interconectar dos o más edificios de distancias que pueden llegar alrededor de los 40 kilómetros como se muestra en la figura 12:

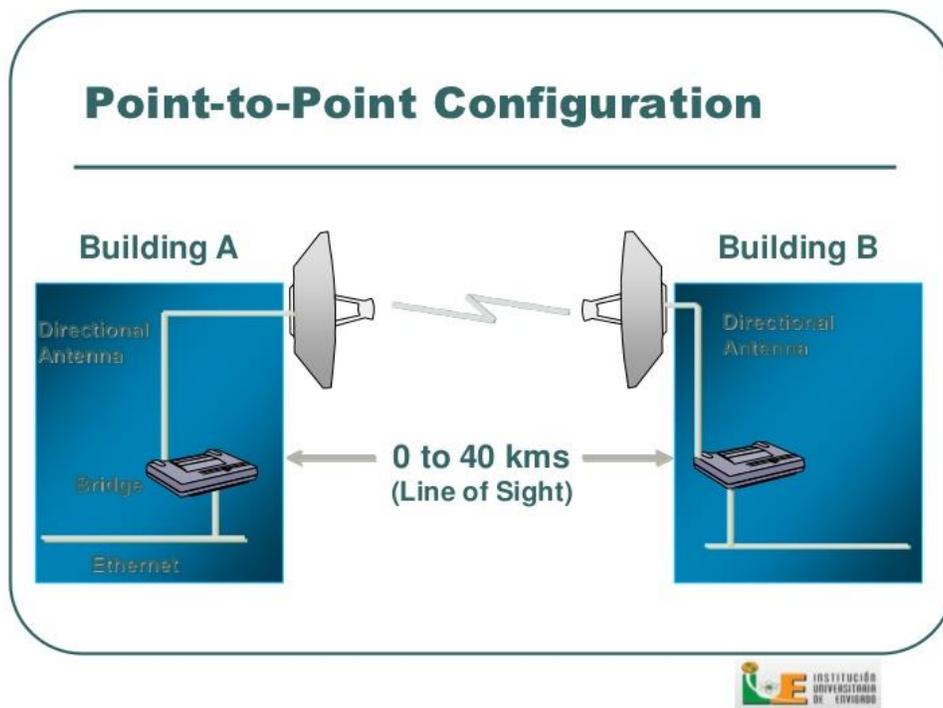


Figura 12. Ilustración de una arquitectura punto-a-punto.
Tomado de: (Oquendo, 2012)

El otro tipo de enlace es el de punto-a-multipunto (siendo este el más utilizado por el público en general) donde el dispositivo Punto de Acceso se encarga de otorgar conectividad a los clientes sean tanto fijos o móviles, y se puede conectar a la red

tanto por un enlace inalámbrico como por cable. La figura 13 ilustra de manera superficial la arquitectura de este tipo de red.

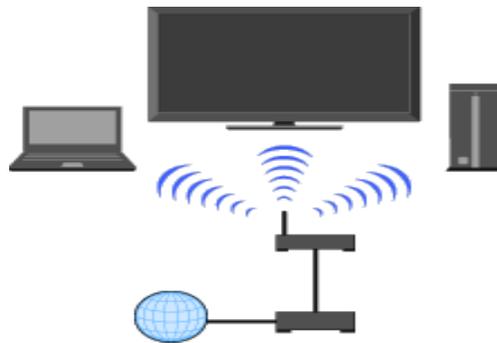


Figura 13. Ilustración de una arquitectura punto-multipunto.
Tomado de: (Sony, 2010)

Los dispositivos que utilizan el estándar de redes inalámbricas LAN IEEE 802.11 son vendidos en el mercado bajo la “marca” Wi-Fi, a diferencia de los dispositivos que se basan en el estándar ETSI HIPERLAN. Para conectarse a una red Wi-Fi, se requiere de un dispositivo que sea tanto un punto de acceso como un enrutador, lo cual cumplen hoy en día los teléfonos móviles para establecer y compartir rápidamente una red inalámbrica entre dispositivos cercanos, usualmente con el fin de compartir los datos de la red móvil a los dispositivos que se conecten a esta red.

2.7.3. Redes inalámbricas MAN

Las redes inalámbricas MAN (Red de Área Metropolitana por sus siglas en inglés) son aquellas redes que interconectan varias redes inalámbricas LAN, y están definidas por el estándar IEEE 802.16, ETSI HIPERMAN y ETSI HIPERACCESS.

La figura 14 ilustra las posibles implementaciones de una red inalámbrica MAN.

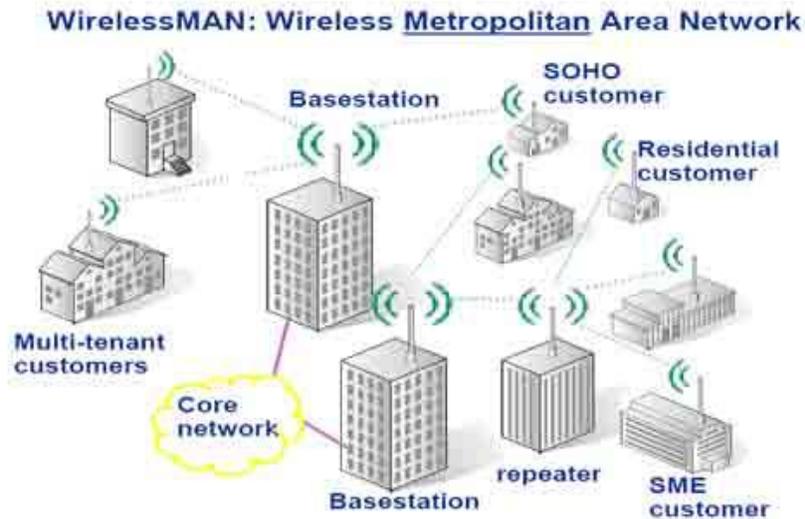


Figura 14. Posibles implementaciones de una red inalámbrica MAN.
Tomado de: (United Communications Ltd, 2006)

Un ejemplo claro de este tipo de red es WiMAX (Interoperabilidad Mundial de Acceso Microonda por sus siglas en inglés), y se lo utiliza generalmente para proveer de acceso internet inalámbrico a ciudades o países enteros. Dada la evolución tecnológica de hoy en día, las redes WiMAX pueden proveer tanto el servicio de internet como el servicio de telefonía y televisión por cable.

Se considera que con el avance tecnológico la velocidad de las redes inalámbricas va a ir evolucionando a pasos agigantados, y con el aumento en la velocidad de comunicación el campo para utilizar dispositivos y programas que dependan de una conexión latentes con acceso de internet va a aumentar el campo de aplicación de estos dispositivos y programas: como el presente trabajo de titulación que necesita un constantes acceso a la red de internet.

2.8. Discapacidades Físicas

En este apartado se definirá las discapacidades físicas como tal, además de profundizar más en la discapacidad física a la que se quiere alcanzar con este trabajo de titulación.

Se define como una discapacidad física a aquella limitación que sufre una persona en su movilidad, destreza, resistencia o funcionamiento físico. Los tipos de discapacidades físicas se definen por la característica a la cual esta afecta:

- Discapacidad móvil
- Discapacidad visual
- Discapacidad auditiva
- Discapacidad mental
- Discapacidad funcional

Cada discapacidad posee sus propias características, y problemas que tienen que enfrentar las personas que las tienen a la hora de querer incluirse en la sociedad actual. Pero en este caso la profundización se centrará en la discapacidad visual y sus características propias.

2.8.1. Discapacidad visual

La discapacidad visual, también referida como pérdida de la vista o ceguera, consiste en la afectación de la agudeza y campo visual de una persona aun cuando

se han tomado medidas para intentar mejorar o corregir esta afectación (es decir, cuando esta afectación persiste con la utilización de lentes). Aunque también existe una forma de discapacidad visual que no permite la distinción correcta de colores (daltonismo), no se va a entrar en detalle acerca de esta.

2.8.1.1. Clasificación de discapacidad visual

La Organización Mundial de la Salud ha definido los siguientes puntajes para determinar la clase de discapacidad visual que tiene una persona:

- 20/30 a 20/60: pérdida de visión leve o casi normal.
- 20/70 a 20/160: pérdida de visión moderada o visión moderadamente baja.
- 20/200 a 20/400: pérdida de visión severa o visión severamente baja.
- Mayor a 20/1000: Discapacidad visual casi total o ceguera casi total.
- Falta de percepción de Luz: Discapacidad visual completa o ceguera total.

2.8.1.2. Causas de la discapacidad visual

Las razones por las que una persona puede sufrir de discapacidad visual pueden darse tanto en la gestación del individuo como por enfermedades que afectan la visión. La siguiente lista muestra las causas más comunes en personas con discapacidad visual según datos recogidos en el año 2010:

1. Ametropía (42%)
2. Cataratas (33%)
3. Glaucoma (2%)

4. Degeneración macular relacionada con la vejez (1%)
5. Opacidad cornea (1%)
6. Retinopatía diabética (1%)
7. Indeterminado (18%)

Cabe mencionar que, de todas estas personas, el 90% habitan en países en desarrollo.

2.8.1.3. La movilidad y la discapacidad visual

Muchas personas con discapacidad visual severa logran moverse de manera independiente mediante la utilización de varias técnicas o herramientas. Especialistas en orientación y movilidad son profesionales entrenados para enseñar a personas con discapacidad visual como viajar con seguridad, independencia y sin temor hacia sus lugares habituales, dentro de su hogar y en su comunidad.

El símbolo internacional de la ceguera es el bastón blanco con punta roja. Este bastón tiene como característica que se puede doblar y tiene una gran longitud, con el fin de que sea portable y extienda el rango de sensación de la persona que lo use. La figura 15 muestra un ejemplo de este bastón.

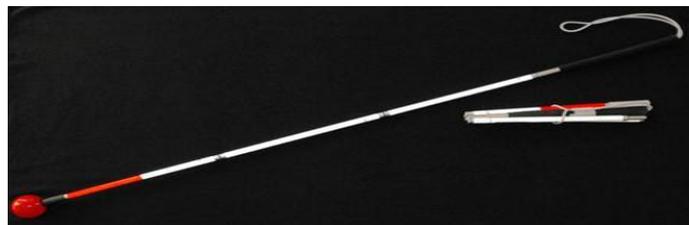


Figura 15. bastón blanco con punta roja, símbolo internacional de la ceguera.

Dentro del Ecuador se tiene un aproximado de 54 717 personas con discapacidad visual de los cuales el 59.21% son hombres, el 40.78% son mujeres y el resto son LGBTI como se puede observar en la figura 16.

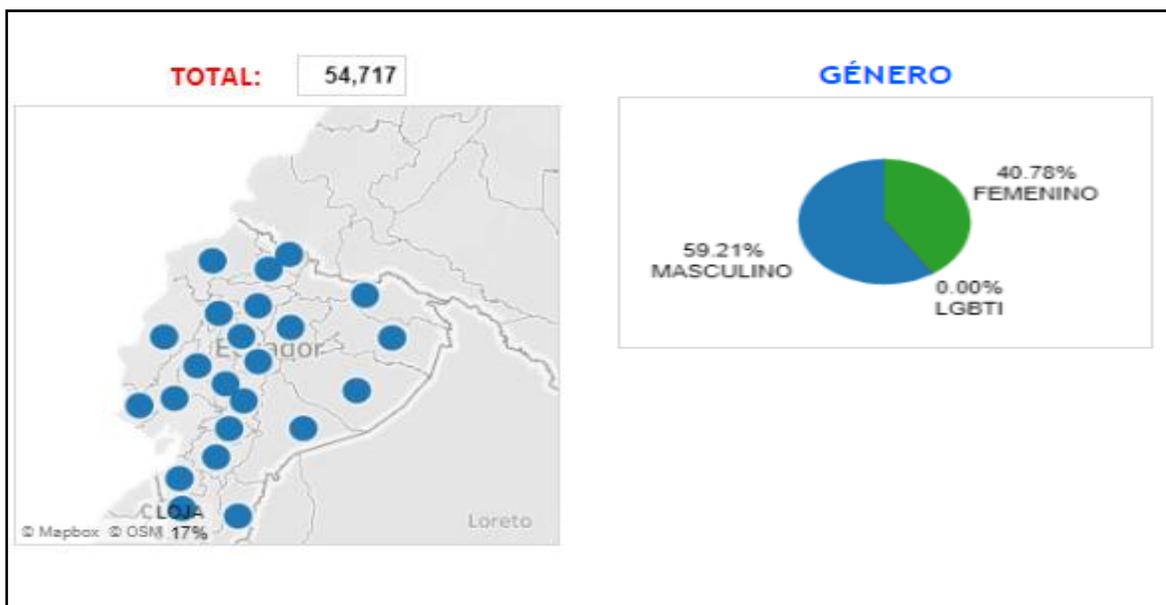


Figura 16. Estadísticas de Personas con Discapacidad Registradas en el Ecuador. Tomado de: (CONADIS, 2019)

De la población antes mencionada esta se divide en cuatro grupos de nivel de discapacidad, en el cual la más alta tasa poblacional se encuentra con una discapacidad entre el 39% y el 49% de discapacidad. Además, de que la edad en con más alta tasa de discapacidad es entre los 30 a 65 años dónde se registra la mayor población de personas con discapacidad visual como se muestra en la figura 17.

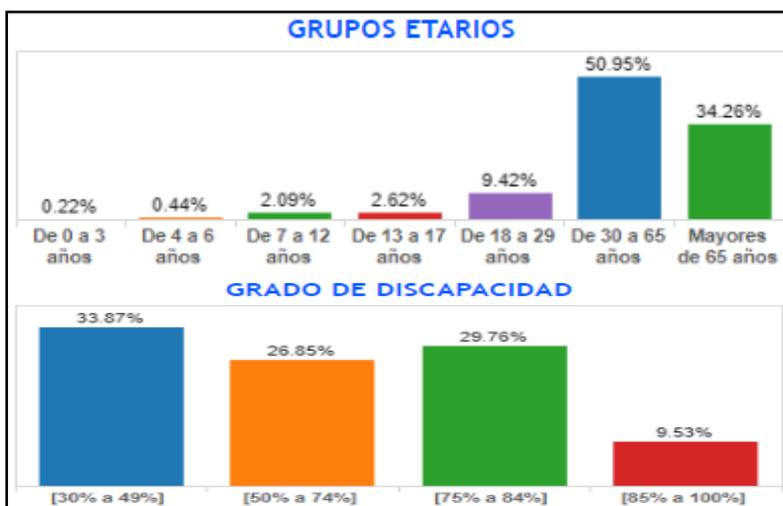


Figura 17. Grupos Etarios y Grado de Discapacidad en el Ecuador.
Tomado de: (CONADIS, 2019)

De este grupo general de personas, apenas 10 078 personas invidentes se encuentran laboralmente activas lo que representa un 18,41% del total de la población. También se puede definir que la edad con más población de personas activas es entre 30 a 45 años. Finalmente, como se puede observar en la figura 18 las provincias del Ecuador con más personas discapacitadas son Guayaquil y Pichincha con el 25.59% y el 25.33% respectivamente.

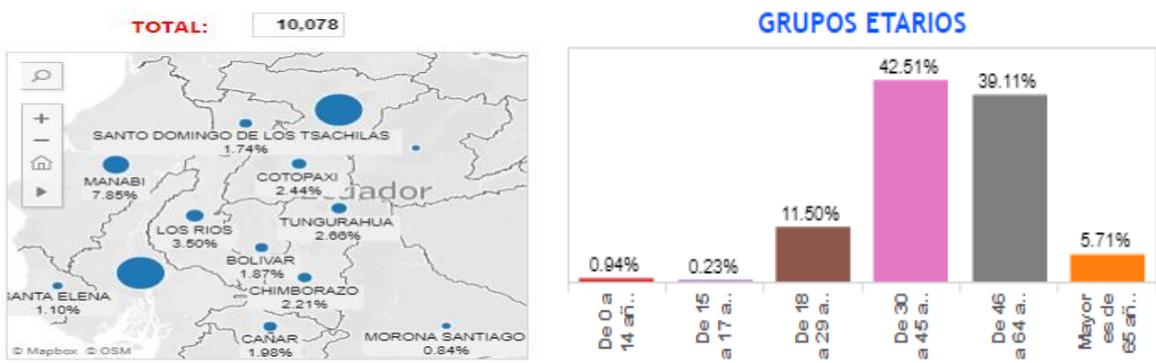


Figura 18. Provincias con mayor tasa de discapacidad y grupos etarios en el Ecuador.
Tomado de: (CONADIS, 2019)

3. Relación Entre Las Personas Con Discapacidad Visual Y La Tecnología Actual

Actualmente en el colectivo social, especialmente en distritos metropolitanos estructurados, se utilizan objetos que ayudan a personas videntes a ubicarse físicamente, prevenir o alertar sobre algún peligro o información útil. Algunos de estos objetos son semáforos vehiculares, semáforos peatonales, señales pintadas sobre el asfalto o en rótulos erguidos por tubos sobre la acera; pero ¿se ha preguntado usted cómo podría reconocer estos objetos sin el sentido de la vista? Es gracias a esta interrogante que se decidió crear una solución para ayudar a personas que tengan limitaciones visuales o parcialmente invidentes, con la ayuda de las nuevas tecnologías disponibles como: Servicios Cognitivos de Microsoft y los teléfonos móviles que permiten la implementación de aplicaciones con servicios Web, uniendo así ambas tecnologías para diseñar, desarrollar e implementar una aplicación móvil que logre interpretar estos objetos tan fundamentales para la movilidad de una persona en una metrópolis.

La relación entre las personas con discapacidad visual y la tecnología actual, está muy definida por la demografía de estas personas. Esto se puede evidenciar fácilmente por las facilidades que existen para las personas con discapacidad visual en un determinado país y como estas mismas facilidades no se encuentran en otro país. Aunque el alcance a la tecnología es hoy en día mucho más fácil para todas las personas sin importar su ubicación geográfica, esta relación está muy ligada al

desarrollo tanto social como financiero de la demografía de la persona, ya que en primera instancia las políticas vigentes en la ubicación geográfica definen si es un derecho o una obligación que se implementen soluciones para personas con discapacidad visual que involucren el uso de la tecnología. Un claro ejemplo de esto es como en el Reino Unido se implementó una ley en 1996 (Broadcasting Act, 1996) que garantice a sus ciudadanos con discapacidad visual y discapacidad auditiva el acceso a las transmisiones públicas de comunicaciones, mientras que en el Ecuador se implementó una ley similar 16 años después.

3.1. Tecnología actualmente disponible para personas con discapacidad visual

En los últimos años, la tecnología encargada de ayudar a personas con algún tipo de discapacidad, se denomina tecnología “de asistencia”, y se la define como un tipo de tecnología que tiene como objetivo promover la funcionalidad, autonomía, independencia, calidad de vida e inclusión social de sus usuarios. Hoy en día, esta tecnología viene incorporada en los sistemas operativos de computadora, con amplificadores de pantalla y sintetizadores de voz

En países más desarrollados, como lo son Estados Unidos y España, se desarrolla esta tecnología para personas con discapacidad visual: impresoras braille, libros hablados (mejor conocidos como “Audiolibros”), lectores de códigos de barra, revisores de pantalla y líneas braille.

3.1.1. Alfabeto Braille

El lenguaje braille tuvo sus orígenes en Francia con Louis Braille, quién al quedarse ciego después de un accidente tuvo que ingresar a una escuela para niños Ciegos y Sordos de París. En la escuela probó un lenguaje de lecto-escritura táctil inventado por el militar Charles Barber de la Serre, que consistía en una serie de perforaciones que representaban un carácter. Después, de un tiempo Braille vio la validez del sistema y reinventó el lenguaje que en un principio constaba de un sistema de 8 puntos, que finalmente con el paso de los años se lo simplificó y estandarizó en un sistema de 6 puntos.

Hay que aclarar que el lenguaje braille no es un idioma, sino más bien es una representación en relieve de las letras del alfabeto escrito, creando una equivalencia entre estas dos representaciones de un idioma. La implementación de este sistema de lectura y escritura permitió que las personas puedan llegar inclusive a dedicarse en el campo de la informática o la música. Finalmente, en el campo tecnológico se empezó a pensar en máquinas que sean capaz de manejar braille como lenguaje de entrada y salida para el procesamiento de información.

3.1.2. Impresora Braille

La impresora Braille es una impresora de tipo "Impacto" que procesa el texto de entrada y produce células táctiles Braille. Usualmente estas impresoras vienen con un software integrado de traducción Braille. La figura 19 muestra una de las varias impresoras Braille disponibles en el mercado.



Figura 19. Impresora Braille marca Gemini.
Tomado de: (Disabled Living Foundation, 2019)

3.1.3. Libros hablados

Los libros hablados son grabaciones de un libro o de texto siendo leído en voz alta. Existen dos tipos de libros hablados: aquellos denominados “íntegros” (que la grabación contiene una lectura completa del libro o texto) y aquella denominada “no íntegra” (la grabación se limita a un compendio del libro o texto). La figura 20 ilustra a Thomas Edison junto con su invención: el fonógrafo.



Figura 20. Fotografía de Thomas Edison junto con su invención: el fonógrafo.
Tomado de: (Getty Images, 2018)

El origen de los libros hablados data al año 1877 con la invención del fonógrafo, donde Thomas Edison lo diseñó para permitir la implementación de Libros fonográficos. Dadas las limitaciones tecnológicas de la época, este caso de uso no se popularizó sino hasta después de 50 años ya que los cilindros donde inicialmente se almacenaban las grabaciones tenían una capacidad máxima de 4 minutos, y alrededor de los años 1930 se diseñaron los platillos planos que permitirían grabaciones de hasta 20 minutos, y desde ese entonces la tecnología permitiría grabaciones de longitud cada vez más extensas en cintas magnéticas, pasando por los reproductores de casetes y discos compactos hasta las grabaciones que se utilizan hoy en día en formatos digitales.

Este tipo de multimedia es consumido también por personas que no cuentan con discapacidad visual, y que disfrutan de obtener información de forma auditiva.

3.1.4. Revisores de pantalla y magnificador de texto

Un revisor de pantalla, o también denominado lector de pantalla, es un tipo de Tecnología de Asistencia de gran utilidad para las personas con discapacidad visual, personas analfabetas o personas con alguna discapacidad cognitiva. Un lector de pantalla en esencia es una aplicación de software que interpreta el texto desplegado en una pantalla manifestándolo por medios no visuales, como es el Texto a Voz, señales sonoras, o una línea de Braille. Usualmente estos programas se basan en Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR por sus siglas en inglés).

Esta tecnología se encuentra ya disponible en varios sistemas operativos de computador comerciales, así como en sistemas operativos de teléfonos móviles, aunque existen servicios que permiten a sus usuarios acceder a páginas de internet por teléfono sin necesidad de utilizar una computadora o un teléfono móvil, denominado TeleTender.

Los Magnificadores de pantalla son programas que permiten ampliar o engrandecer el texto o los objetos mostrados en pantalla en cierto porcentaje, permitiendo visualizar con mayor facilidad y detalle una sección específica de la pantalla. La figura 21 muestra un ejemplo de cómo funciona este programa: donde se encuentra el ícono de lupa es donde el texto se visualizará más grande, y este puede ubicarse en cualquier parte de la pantalla para ampliar cualquier sección de esta.



Figura 21. Magnificador de pantalla en uso.
Tomado de: (Terapiatics, 2013)

3.1.5. Líneas Braille

Una línea Braille, o también denominado terminal Braille, es un dispositivo electromecánico que despliega caracteres Braille mediante alfileres de plástico que se exhiben o esconden mediante una superficie plana, la cual en comparación a una impresión Braille el usuario no tiene que lidiar con páginas de papel para obtener la información requerida. La figura 22 muestra una línea Braille moderna, y la figura 23 muestra a un niño haciendo uso de esta.



Figura 22. Línea braille Brailiant BI 40.
Tomado de: (Humanware, 2019)



Figura 23. Niño con discapacidad visual utilizando una línea Braille.
Tomado de: (CNN en Español, 2019)

3.1.6. Aplicaciones para teléfonos móviles

Actualmente, con el crecimiento exponencial de los terminales móviles y las aplicaciones que estos llevan, el desarrollo de aplicaciones inclusivas que puedan ayudar en cierto grado a mejorar la calidad de vida de personas invidentes o con otra discapacidad se ha incrementado, esto sin considerar el modo de “accesibilidad” con el que vienen integrados algunos sistemas operativos para ayudar a que las personas con alguna discapacidad puedan manipular el dispositivo móvil de mejor manera.

Centrándose específicamente en el grupo de personas invidentes, estos avances tecnológicos han logrado facilitar la vida diaria de estas personas. Que por ejemplo una tarea tan simple como leer algo que está escrito de manera visual que antes era imposible para una persona invidente sin la ayuda de otra persona, ahora es más sencillo mediante aplicaciones que a través de una cámara (hora en día integrada en la mayoría de los dispositivos móviles) se puede utilizar una aplicación capaz de leer el texto que se le presenta frente a él. Más aún en la era digital, dónde no se posee ningún medio físico para interactuar con el contenido mostrado más que una pantalla digital.

En la investigación realizada se encontró con varias aplicaciones destinadas a la inclusión de personas invidentes, a continuación, se detallarán varias de las aplicaciones mencionadas.

- **BrailleBack:** Es una de las aplicaciones que más ha ayudado a las personas

no videntes con la lectura de Braille. Eyes-Free Project fue el desarrollador de esta aplicación la cual se puede integrar a través de bluetooth a pantallas braille que junto con Talkback ofrece una experiencia completa para los usuarios.

- **BeMyEyes:** Una de las aplicaciones con una fuerte orientación a la inclusión entre personas invidentes y no invidentes. Ya que se necesita de ambas partes para poder funcionar. Esta aplicación consiste en que una persona invidente apunta con la cámara el objeto que desea saber lo que es o su descripción detallada y el resto de los usuarios no invidentes son los que describen la imagen de acuerdo con lo solicitado, como se puede ver en la figura 24.

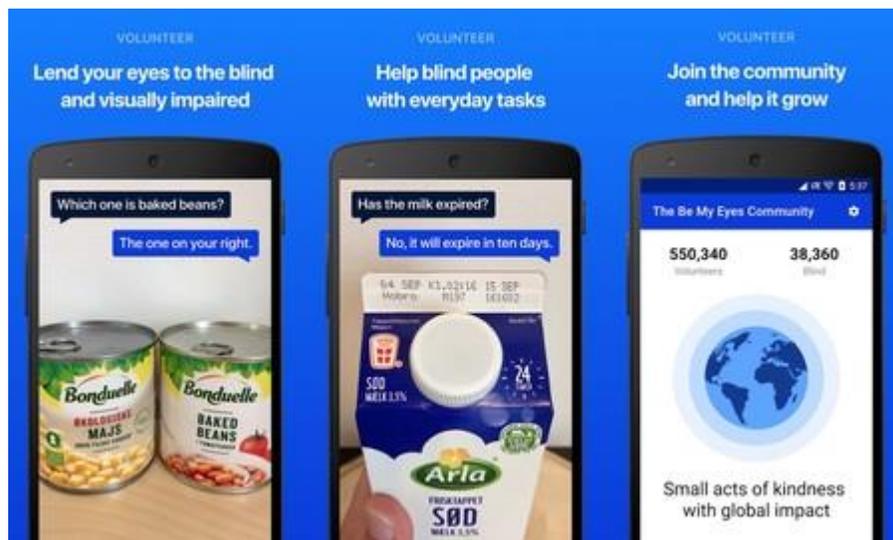


Figura 24. Interfaz de la aplicación BeMyEyes.
Tomado de: xatakandroid,(2019)

- **Lazarillo GPS:** Es una aplicación como el nombre lo procura, basada en los perros guías de personas con discapacidad visual. Esta aplicación pretende orientar a la persona de manera espacial, describiendo a detalle lo que existe a su

alrededor según la ubicación en el mapa que se encuentra. Es una guía auditiva bastante completa que permitirá ubicar tiendas, servicios cercanos, etc. de manera fácil para los usuarios.

- **A Blind Legend:** nos encontramos con una aplicación que sobresale de esta realidad, ya que es el videojuego más reconocido para personas invidentes. En este videojuego solo se puede escuchar mas no oír nada de lo que pasa dentro de este. La mecánica de este juego se basa en la utilización de los demás sensores del teléfono para poder realizar las interacciones dentro del video juego como: pulsar la pantalla, mover el teléfono para atacar o realizar alguna acción específica.

El desarrollo de aplicaciones inclusivas, para que todos podamos gozar del uso de la tecnología es fundamental para romper las brechas que existen en la sociedad actualmente. Y gracias a aplicaciones como las antes mencionadas se está logrando un avance, pero es muy lento comparado con la evolución de la tecnología como tal.

3.2. Influencia de la tecnología en personas discapacitadas.

En un informe elaborado por la Fundación Adecco y Keysight, el crecimiento de la contratación de personas discapacitadas ha presentado un gran aumento entre los años 2008 y 2014. Cómo se puede observar en la figura 25 en el 2014 según el estudio se alcanzó un 19% más de contrataciones que en el año 2013.



Figura 25. Estadísticas de personas con discapacidad laboralmente activas. Tomado de: (Gil, 2019).

Según el estudio varios han sido los factores son los que han influido en el crecimiento de la contratación, pero uno muy influyente dentro de estos es la Revolución Tecnológica. Con las nuevas tecnologías de ha podido empezar a borrar fronteras laborales para las personas discapacitadas a los que antes estaban prácticamente excluidos. Las adaptaciones a los puestos de trabajo mediante la tecnología han ayudado la compensar problemas de movilidad, audición, o visión reducidas, posibilitando que las personas con discapacidad utilicen su potencial cognitivo en el ámbito laboral.

Según este estudio: más de la mitad (un 53%) asegura que este tipo de adaptaciones facilitan en gran medida las tareas que su puesto de trabajo requiere, permitiéndoles ser autónomos en sus tareas. (Gil, 2019)

Finalmente, una de las barreras más grandes que presentan este grupo de personas no es la falta de recursos tecnológicos disponibles para su condición. Más bien es la incapacidad para poder adquirirlos, ya que muchas de las personas que poseen algún tipo de discapacidad también a pertenecer a una índole de bajos recursos económicos.

La ONU alertaba, recientemente, que el 80% de las personas con discapacidad en el mundo viven bajo el umbral de la pobreza. En España, el 65% de las familias con miembros con discapacidad afirma llegar con dificultad a fin de mes. (Gil, 2019) Lo que esto conlleva a que personas discapacitadas tengan problemas para adquirir tecnología inclusiva o inclusive tecnología que para personas sin discapacidad la considera normal como: televisor, celular, etc.

Como se puede observar en la figura 26 un 22% de la población sufre de una barrera económica para poder adquirir o utilizar tecnología adaptada a sus necesidades.

TECNOLOGÍA Y DISCAPACIDAD

¿Qué tipo de barreras encuentra en su acceso a la tecnología?

En porcentaje.



Figura 26. Tipos de barreras que presentan las personas con discapacidad para acceder a tecnología actual.

Tomado de: (Gil, 2019).

3.3. Conocimiento de las personas con discapacidad visual con respecto a la tecnología actual

Para poder determinar el nivel de conocimiento e interacción que tienen las personas con discapacidad visual con respecto a la tecnología actual, es importante delinear la cantidad de personas que conforman este grupo con respecto a una demografía en particular y a su entorno social.

En el año 2007, se condujo una encuesta en Brasil a varias escuelas de São Paulo a profesores que trabajen en escuelas donde tengan estudiantes con discapacidad visual en niveles primario y secundario, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Un 61.4% de los profesores afirmaron que el uso de recursos de asistencia tecnológicos tiene distinta aplicabilidad para estudiantes con discapacidad visual, y un 98.3% de estos maestros están de acuerdo en que las escuelas deben tener programas destinados a estudiantes con discapacidad visual. (Cássia Cristiane de Freitas Alves, 2009)

En el año 2009 se publicó un estudio basado en estudiantes de universidad canadienses para determinar la accesibilidad que estos tienen a la tecnología. Los resultados son los siguientes:

La tabla 2 muestra los tipos de tecnología de computadora más populares entre los participantes de este estudio con ceguera total, mientras que la tabla 3 muestra los tipos de tecnología de computadora más populares entre los participantes con ceguera parcial:

Tabla 2.

Software utilizado por personas con ceguera total.

Software utilizado	Número de usuarios	Total muestra
Texto a Voz	23	24
Revisor de pantalla	21	
Línea Braille	17	

Procesador de texto	10	
Ratón alternativo (Trackball o mouse en teclas)	2	

Tabla 3.

Software utilizado por personas con ceguera parcial.

Software utilizado	Número de usuarios	Total muestra
Magnificador de pantalla o Enfocador	81	116
Procesador de texto	63	
Texto a Voz	58	
Monitor de gran tamaño	53	
Revisor de pantalla	39	
Ratón alternativo (Trackball o mouse en teclas)	12	
Programa de dictado	9	
Teclado físicamente grande o en pantalla	7	
Línea Braille	5	

Las conclusiones a las que este estudio llegó, mediante el análisis de un total de 18 plataformas de aprendizaje tecnológicas distintas con respecto a la accesibilidad que estas disponen, son las siguientes:

- Todos los participantes del estudio, es decir personas con ceguera total y personas con ceguera parcial, consideraron que correo electrónico, aulas virtuales, foros en línea y archivos relacionados con sus cursos manejados con Microsoft Word eran bastante accesibles.
- Todos los participantes del estudio consideran que la tecnología actual de videoconferencia, pruebas y exámenes en línea, contenido presentado en dispositivos extraíbles y en Flash (plataforma multimedia interactiva utilizada para presentar animación) eran muy poco accesibles.
- Algunas plataformas que las personas con ceguera parcial encontraban moderadamente accesibles, eran consideradas poco accesibles por los participantes con ceguera total.
- La poca accesibilidad de páginas web y CMS (Sistemas de Manejo de Cursos por sus siglas en inglés) presentan ciertos problemas para los participantes con ceguera parcial, y para los participantes con ceguera total los problemas que se presentan son mayores, los cuales incluyen, pero no se limitan a problemas de accesibilidad con archivos PDF y de apuntes de curso.
- Todos los participantes del estudio dieron a notar la escasez de tecnologías computacionales adaptables, así como su falta de conocimiento sobre cómo utilizar el material de aprendizaje electrónico de manera efectiva.
- Tácitamente, todos los participantes del estudio usan algún programa de accesibilidad, sea este Texto a Voz o Revisor de Pantalla o ambos.
- Más del 60% de los participantes con ceguera total utilizan una línea Braille.

- La mayoría de los participantes indicaron que utilizan al menos 2 tecnologías de accesibilidad distintas para leer en el computador.
- Las tecnologías de accesibilidad disponibles en los institutos educativos de los participantes están desactualizadas en comparación a la tecnología que los participantes tienen disponibles en sus hogares, especialmente para las personas que presentan ceguera total.
- Las necesidades que presentan las personas con ceguera parcial con respecto a las distintas tecnologías de accesibilidad son muy diferentes a las necesidades expuestas por las personas con ceguera total.
- Todos los participantes presentaron inconvenientes con alguna de las siguientes características de las tecnologías de accesibilidad:
 - Uso y manejo del computador.
 - Soporte técnico.
 - Disponibilidad de tecnología de accesibilidad tanto en computadoras de uso general como en computadoras adaptadas para la accesibilidad.
 - Renta y uso de equipos pertenecientes al instituto educativo.
- Los participantes con ceguera total presentaron inconvenientes con alguna de las siguientes características de las tecnologías de accesibilidad:
 - Cursos de educación a distancia.
 - Asesoría en tecnología por parte del instituto educativo.
 - Accesibilidad a equipos tecnológicos de la biblioteca.

- Material de aprendizaje electrónico utilizado por los profesores.
- Todos los participantes indicaron que sus necesidades fueron saciadas con respecto a:
 - La habilidad para utilizar tecnologías de accesibilidad en clase.
 - El diseño de los sitios web del instituto educativo.
 - Disponibilidad del material de curso en formatos electrónicos.
 - Atención y ayuda por parte del personal educativo.
 - Disponibilidad del acceso a Internet.
 - Financiamiento para obtener tecnología de accesibilidad de uso personal.
 - Comodidad utilizando la tecnología de accesibilidad necesaria en el aula de clase.

Todas estas observaciones, quejas y comentarios por parte de los participantes no son nuevas y han llegado a mantenerse como “no resueltas”, o con soluciones alternativas fuera del alcance tecnológico que conllevan a ocupar mayor tiempo, esfuerzo, y a **depender de otras personas** para llevar a cabo el proceso de aprendizaje, demostrando así que aún existe **un largo camino para establecer independencia de las personas no videntes al momento de utilizar tecnología** para conllevar su proceso de aprendizaje (Catherine S. Fichten, 2009).

En el mismo año 2009, se publicó otro estudio esta vez basado en datos recopilados a lo largo de 5 años (desde 1999 hasta 2004) mediante encuestas orientadas a estudiantes, padres y personal de escuelas que formen parte del programa de

educación especial a nivel nacional proporcionado por el Departamento (ministerio) de educación de Estados Unidos, analizando así a estudiantes desde que empiezan a recibir educación especial hasta sus 21 años (SEELS, 2006).

Este estudio obtuvo varias conclusiones:

- Menos de la mitad de los estudiantes con discapacidad visual en los Estados Unidos con mayor probabilidad a beneficiarse de la tecnología de asistencia, se les brindaba la oportunidad apropiada para hacerlo.
- Las leyes de educación especial existentes en Estados Unidos no se están implementando de manera efectiva con respecto al aprovechamiento de la tecnología de asistencia disponible para personas con discapacidad visual.
- A lo largo de los 5 años que se llevó a cabo este estudio no existió un cambio significativo del uso que se le ha dado a la tecnología de asistencia.
- Los estudiantes con discapacidad visual presentan un retraso cognitivo en el proceso de aprendizaje en contraste con sus compañeros de curso sin esta discapacidad.
- Los estudiantes con discapacidad visual que atienden escuelas locales tienen probabilidades mucho menores a usar tecnología de asistencia que aquellos estudiantes que asisten a escuelas particulares
- Los estudiantes con discapacidad visual que interactúan e involucran a sus padres en su educación (reuniones de padres y profesores, sesiones de entrenamiento, programas que incentiven el uso de tecnología de asistencia)

muestran un mayor uso de la tecnología de asistencia en comparación a aquellos que no lo hacen. Esto gracias al conocimiento, socialización y confianza que obtienen los padres para asistir a sus hijos a aprovechar la tecnología disponible.

Dentro de la demografía a nuestro alcance para el desarrollo de la aplicación, se han podido encontrar estadísticas definidas hasta el 2 de diciembre de 2018 las cuales reflejan un total de 7,634 personas identificadas con discapacidad visual residentes en el cantón Quito, de la provincia de Pichincha, perteneciente a Ecuador (conformando un 0.05 por ciento del total de líneas activas del Servicio Móvil Avanzado del país hasta septiembre de 2018). Dentro de este grupo, 2,202 personas se encuentran laboralmente activas, representando alrededor del 29% de las personas con discapacidad visual en Quito, y el 95.19% de personas de este grupo se encuentran entre los 18 y 65 años, rango de edad en el que se encuentran la mayoría de usuarios del Servicio Móvil Avanzado, dando como total un aproximado de 2,096 personas las que podrían hacer uso y beneficiarse de nuestra aplicación así como de la tecnología actualmente disponible para personas con discapacidad visual como se puede observar en las figuras 27 y 28.

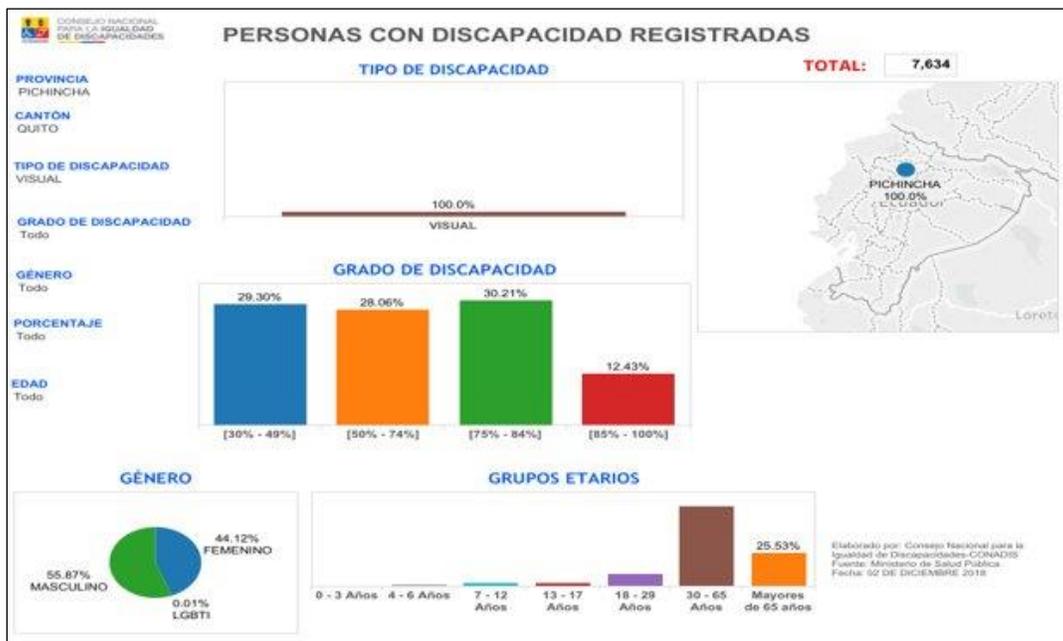


Figura 27. Estadísticas de Personas con Discapacidad Registradas. Tomado de: (CONADIS, 2019).

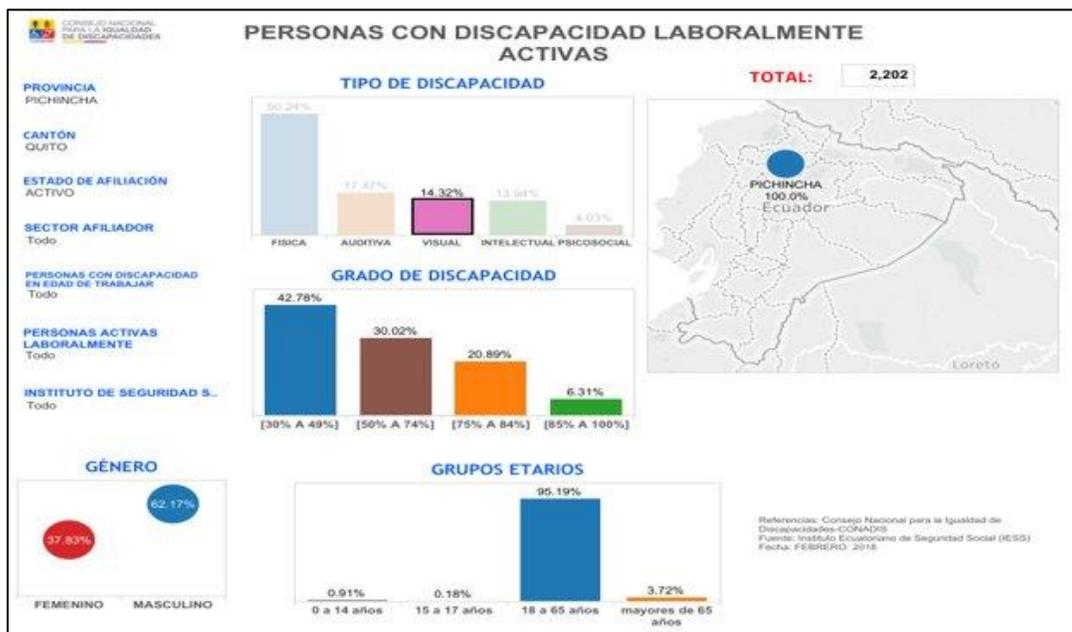


Figura 28. Estadísticas de personas con discapacidad laboralmente activas. Tomado de: (CONADIS, 2019).

4. Metodologías y arquitectura de desarrollo

El crecimiento sobre medido de los terminales móviles hoy en día es causado principalmente por la evolución de los SO (Sistemas Operativos), que con el pasar de los años estos se han vuelto más robustos y escalables. Permitiendo a las personas dedicadas al desarrollo de aplicaciones móviles crear aplicaciones más complejas y de gran tamaño. Además, como se puede evidenciar hoy en día las aplicaciones móviles han sobrepasado el horizonte de simples algoritmos y sus estructuras de almacenes de datos, la definición y diseño de un sistema de software móvil con su estructura global emerge como una como un nuevo reto para los ingenieros tanto a nivel de infraestructura, arquitectura y desarrollo. Este capítulo tiene como objetivo establecer una la solución arquitectónica óptima, de acuerdo con los criterios más reconocidos en la arquitectura utilizada para el desarrollo de software en general, y así poder llegar a estandarizar, siguiendo los lineamientos de procesos, enfoques y metodologías utilizados en modernos entorno de desarrollo.

4.1. Metodología

La metodología se encuentra dividida en distintos componentes que juntos componen el diseño y desarrollo de la aplicación móvil. Dentro de estos métodos de encuentran tanto métodos de investigación como metodologías orientadas al desarrollo de una aplicación móvil.

4.1.1. Metodología exploratoria

La metodología exploratoria se utiliza para conocer el contexto sobre un tema en específico, con el objetivo de encontrar evidencias relacionadas con la problemática. Se escogió su utilización en este trabajo de titulación, por la flexibilidad que representa esta metodología. Además, que la investigación exploratoria es encargada de generar hipótesis para impulsar el desarrollo de estudios más profundos sobre temas específicos, que en este caso es la viabilidad de desarrollar una aplicación 'asistida' de ayuda a personas invidentes.

Entre las características principales de la metodología exploratoria están:

- La priorización de los puntos de vista de los usuarios.
- Ausencia de una estructura específica; se puede utilizar el proceso que más convenga según el escenario.
- Se puede encontrar una solución a unos problemas ignorados en el pasado.

El proceso que se llevó a cabo utilizando la metodología exploratoria son los siguientes:

4.1.1.1. Identificación del Problema

La definición del problema, tal como lo sugiere la metodología, se lo realizó mediante una pregunta simple que se ajusta al contexto de la problemática. ¿Cómo haría usted para reconocer señalética si no puede ver? Con esta simple pregunta se deja bastante clara la problemática que tienen las personas invidentes, que como

se ha mencionado antes, de momento no existe una solución que les pueda ayudar a resolver este problema.

4.1.1.2. Establecimiento de la Hipótesis

Al no contar con estudios previos, sobre cómo podría la tecnología abordar este problema de las personas invidentes o de como una persona invidente se puede acoplar a una herramienta tecnológica que reemplace su sentido visual se han formulado las siguientes premisas:

- Aprovechando el avance tecnológico tanto en terminales móviles, como en inteligencia artificial se podría crear una aplicación móvil la cual aproveche estos dos mundos para poder realizar un reconocimiento de señalética de mediante la captura y procesamiento de imágenes.
- La disposición de una aplicación que ayude a personas invidentes al reconocimiento de señalética simple utilizando terminales móviles ayudaría a facilitar ciertas tareas en entornos laborales.
- El uso de un terminal móvil para el alojamiento de tecnología de reconocimiento de objetos en lugar de hardware dedicado haría más fácil el acostumbrarse a su uso cotidiano al verlo como una aplicación más dentro de un teléfono.

4.1.2. Metodología experimental

El método experimental es un método científico el cual basa su funcionamiento en la manipulación de variables en un entorno controlado sobre un fenómeno en concreto y en la observación de como el resto del sistema se comporta de acuerdo con estos cambios.

En el campo del software aplicando la metodología experimental o empírica es una subárea que impulsa la aplicación del método científico en los desarrollos de software. El objetivo de esto es volver más sustentable y generar evidencia sobre la evolución del conocimiento. Para finalmente hacer el conocimiento adquirido más aplicable al ámbito profesional.

Bajo estas premisas y utilizando la hipótesis planteada anteriormente, la aplicación del método científico se lo realizó en la fase de experimentación, variando el número de objetos a reconocer por la imagen viendo así el cambio de comportamiento del usuario que está utilizando el sistema. Ya que al variar la información con la que se bombardea al usuario final este puede inclinar su comportamiento hacia uno más cómodo o molesto con el uso de la aplicación.

La elección de este método a diferencia de otros métodos no experimentales fue que gracias a que se procede con la formación de escenarios especiales que producen eventos esperados bajo favorables circunstancias para su posterior observación científica. Además, que el experimentador toma un papel activo dentro

de la producción del suceso en cuestión logrando así una estrecha relación entre el entorno, el sistema y el experimentado.

4.1.3. Definición de técnica de programación (manejo de código fuente)

La definición de una metodología de desarrollo depende de varios factores, los cuales influyen a la hora de empezar un proyecto de programación. Entre los diferentes factores más influyentes son: el tiempo, el número de personas a cargo del desarrollo, el nivel de dificultad y las herramientas que se van a utilizar en el proyecto. En este caso se va a utilizar una metodología ágil, la cual se adapta a las condiciones iniciales del proyecto y puede evolucionar en el camino de este. Para ello se ha seleccionado la metodología de trabajo SCRUM la cual se define como un marco de trabajo ágil para el desarrollo de proyectos de alta complejidad con alta adaptabilidad a cambios.

Para este desarrollo aplicando la metodología de SCRUM, el *product owner* será tomado como la propia Universidad de las Américas, la cual será poseedora del presente trabajo de titulación. La parte interesada es la más importante ya que gracias a las charlas con personas invidentes se pudo crear un producto *backlog*, el cual contiene los principales requerimientos del usuario siendo ellos las personas que utilizarán el producto una vez que esté terminado. El papel de *Scrum Master* fue tomado por el presente tutor de este trabajo de titulación, que a través de reuniones semanales se llevó el control y avance de la aplicación. Finalmente, el equipo de desarrollo consta de dos personas sobre las cuales se han repartido las

diferentes tareas de creación de la aplicación.

4.1.4. Estudio y definición de librerías a utilizar

Una librería de programación se lo puede entender simplemente desde su nombre. Ya que no muy lejos de este, es una biblioteca que contiene información prescrita y codificada por una persona (programador), la cual facilita el uso de ciertos métodos o funciones que de manera nativa tendrían una complicada implementación.

Existen dos tipos de librerías de programación:

- **Bibliotecas estándar estáticas:** Se la conoce comúnmente como archivo, es un fichero el cual contiene varios ficheros de código enlazados al código principal. Al realizar el programa el proceso de compilación, los archivos van a ser copiados en el programa ejecutable final donde son necesarios para realizar la ejecución del programa.
- **Bibliotecas dinámicas:** Son ficheros, los cuales son cargados solo cuando se necesitan y pueden ser llamados en cualquier momento por el programa en ejecución. Por esta razón son ficheros que deben estar disponibles independientemente del programa a ejecutar. Durante el procedimiento de enlace, se genera un fichero el cual es ejecutable y contiene anotaciones que las Librerías dinámicas requieren y funcionan llamadas “esbozo” que se encargan de delegar la llamada a la función para realizar una carga dinámica.

Entre las librerías utilizadas en el desarrollo de la aplicación, destacan la siguientes:

- *AndroidUSBCamera*: Es una librería creada por el usuario de Github Jiangdongguo de origen chino, licenciada bajo Apache, Version 2.0. Según el creador de esta librería, esta fue creada en base a otra librería llamada UVCCamera, el uso y adquisición de datos desde la cámara usb están muy empaquetados para ayudar a los desarrolladores a utilizar dispositivos de cámaras usb de manera fácil mediante unas pocas sencillas instrucciones.
- *Apache HttpClient Rest*: Es una librería utilizada para poder realizar peticiones Rest de manera sencilla. En el desarrollo de la aplicación se utilizó para el envío de peticiones POST hacia el end point de Custom Visual.
- *Google Gson*: Es una librería de Java la cual puede ayudar a convertir Objetos Java en formato JSON. También puede ser usada para convertir un JSON string a un equivalente objeto en Java.

4.1.5. Estudio y definición de algoritmos de procesamiento de imágenes

Dentro del servicio de Custom Visual se tiene distintos tipos de configuración y modo de empleo de los algoritmos de inteligencia artificial para sacar el máximo provecho de este servicio. Esos se los denomina dominios, cada dominio esta optimizado con diversos algoritmos de procesamiento de imágenes para el reconocimiento o clasificación de estas. Entre los distintos tipos de dominios disponibles por el momento se encuentran:

- Genérico: Este dominio es el que se utiliza por defecto en la mayoría de los proyectos, se encuentra optimizado para realizar una amplia gama de tareas en la clasificación de imágenes.
- Alimentos: Este algoritmo se encuentra optimizado para reconocer de mejor manera imágenes de platos como se los vería en un menú de restaurante, en caso de querer clasificar frutas o verduras de manera individual este la opción más adecuada para ese escenario.
- Puntos de referencia: Es un dominio optimizado para el reconocimiento de puntos de referencia reconocibles, y estos pueden ser naturales como artificiales. Este algoritmo funciona mucho mejor cuando el punto de referencia visible de manera clara en la fotografía.
- Minoristas: Este algoritmo de procesamiento se centra en la clasificación detallada de imágenes, ya que por ejemplo se puede llegar a clasificar imágenes de un catálogo con una alta precisión de reconocimiento entre camisas, pantalones y vestidos.
- Dominios compactos: Este dominio es más peculiar que los antes mencionados, porque está optimizado para las restricciones de clasificación en tiempo real en dispositivos móviles.

Finalmente, el algoritmo de procesamiento que mejor se ajusta al objetivo del presente trabajo de titulación es el de Dominios compactos: por su flexibilidad, optimización para operaciones en tiempo real y alta compatibilidad de trabajo con dispositivos móviles.

4.2. Arquitectura

Hoy en día, dentro del mercado de aplicaciones móviles, existe una dependencia por parte de los consumidores hacia los tiempos de entrega de la información rápidos, y usualmente el desarrollo de una aplicación no suele considerar aspectos arquitectónicos en el desarrollo del sistema. Pero el considerar realizar el diseño de la arquitectura podría aportar muchos beneficios en el proceso de desarrollo de una aplicación móvil.

La arquitectura planteada para esta solución es una arquitectura en tiempo real tipo *soft* periódica. Para que la aplicación funcione correctamente, es necesario que el sistema responda a eventos en un corto intervalo de tiempo, de forma que al captar las imágenes esta acción se considera como un estímulo de entrada, lo cual acciona el programa de procesamiento y retorna una salida inmediatamente. Considerando que el usuario no tiene que realizar ninguna acción para iniciar el proceso de captura de imágenes, la arquitectura implementada se basa en estímulos periódicos de cinco mil milisegundos cada periodo, generando una reacción en cadena de estímulos de entrada y respuestas como salida en forma perpetua.

Los estímulos periódicos en una aplicación de tiempo real son generados usualmente por dispositivos de entrada (sensores, u otro dispositivo electrónico que pueda genera información) los que proporcionan información sobre el entorno, las respuestas obtenidas se basan en la información enviada por el dispositivo de

entrada.

En este caso la arquitectura sobre la cual funciona la solución planteada se compone de: terminales móviles, nube como alojamiento y procesamiento de información como servicio (IAaaS) y finalmente los dispositivos de interacción con el medio (cámara y speaker) como muestra la figura 29. El diseño contempla el proceso desde que la cámara en este caso externa captura una imagen, la recibe el dispositivo móvil convirtiéndola en una petición REST que apunta al *EndPoint* del servicio de procesamiento de imágenes, dónde se encuentra la inteligencia artificial previamente entrenada. Luego esta imagen es almacenada en un almacén de imágenes. Finalmente, resultado final del procesamiento de la imagen recibida retorna como texto en formato JSON el cual es procesado por el dispositivo móvil y convertido en este hablado por este.

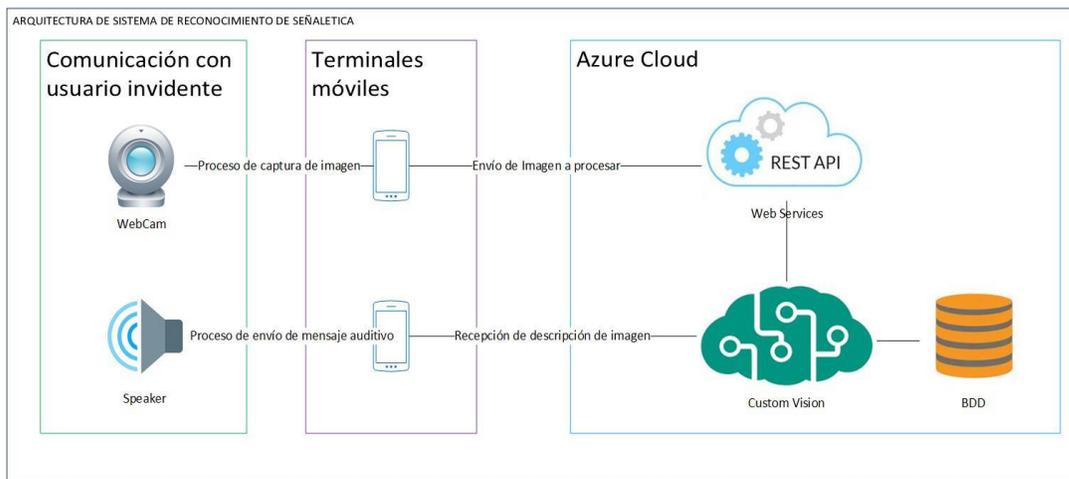


Figura 29. Arquitectura de la aplicación.

Un software en tiempo real tiene que responder a estímulos que se dan en diferentes instantes temporales, por lo tanto, la arquitectura debe estar organizada

para que tan pronto como se genere y se reciba el estímulo, el sistema puede ceder el control a manejador pertinente. Por ende, el diseño de los sistemas basados en tiempo real se diseña como un conjunto de procesos que cooperan entre sí de manera concurrente, con el objetivo de que el sistema sea capaz de soportar la gestión de estos procesos. Además, de controlar posibles fallas dentro del flujo normal de operación del sistema. Por eso se utiliza un supervisor de errores, que inicia en conjunto con la aplicación y la monitorea constantemente con un proceso en background.

Como solución al diseño de un sistema estímulo-respuesta en tiempo real, se va a utilizar servicios cognitivos en la nube como SaaS, los que van a ser utilizados mediante peticiones tipo REST por parte del dispositivo móvil hacia un web service tipo API en tiempo real. El terminal móvil va a realizar la captura y el envío de las imágenes, mientras que el API se comunica con el servicio de Custom Vision el cual realiza el procesamiento y almacenamiento de la información.

Luego, se retorna una respuesta en texto, sobre el contenido de la imagen, la cual va a ser recibida por el dispositivo móvil y transmitida por una bocina conectada al dispositivo como parlante o auriculares. Finalmente, este modelo arquitectónico permite recoger rápidamente los datos a procesar desde el generador de imágenes, permitiendo el procesamiento concurrente entre las acciones de captura de imágenes, procesamiento de imágenes y entrega de respuesta hablada.

5. Implementación de la aplicación

En este apartado se describe todo el proceso realizado para poder llegar al producto final. Para ello se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Preparación y disposición de ambiente Azure con Microsoft Cognitive Services.
- Diseño de la interfaz gráfica.
- Diseño de Modelos, Listeners y Servicios.
- Diseño de la actividad principal.
- Integración del API de Microsoft Cognitive Services a la aplicación Android.
- Flujo de casos de uso.

A continuación se definirá cada uno de los ítems a detalle.

5.1. Preparación y disposición de ambiente azure con microsoft cognitive services.

El primer paso para poder empezar a utilizar el servicio de Custom Vision (uno de los tantos Servicios Cognitivos de Microsoft), consiste en obtener las llaves de entrenamiento y predicción, ya que estas son las que permitirán la interacción de nuestra aplicación con el servicio. Para obtenerlas, se debe iniciar sesión en el sitio web de Microsoft Custom Vision con una cuenta de Microsoft como se puede observar en la figura 30.

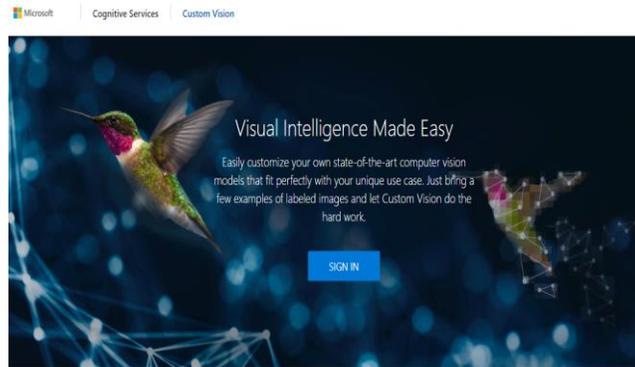


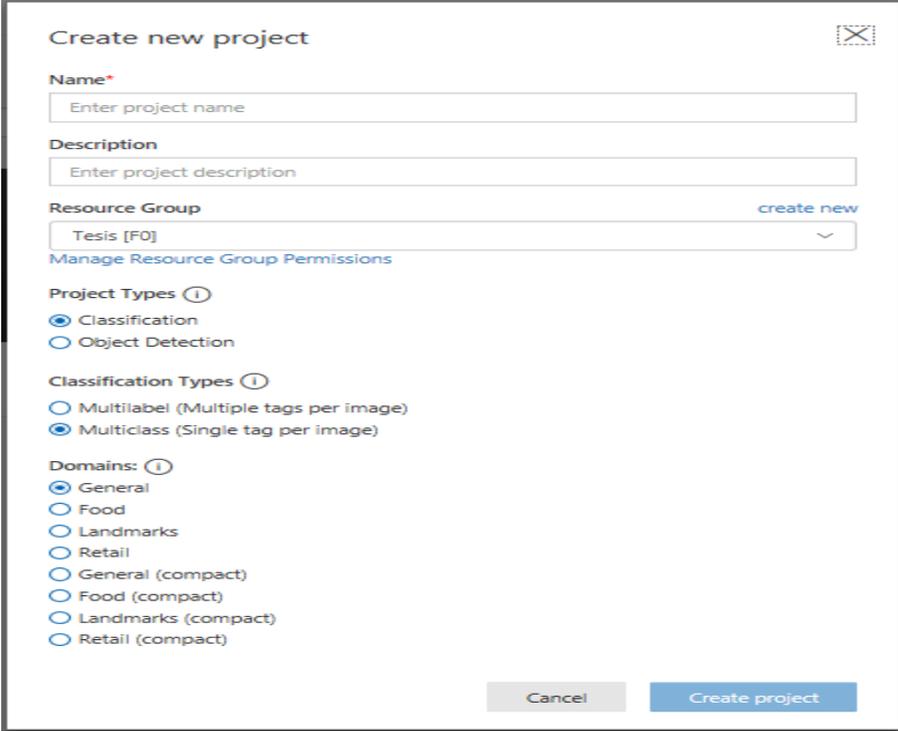
Figura 30. Portada de herramienta Custom Vision AI.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

A continuación, se definen en breves rasgos los pasos que se deben realizar para lograr la interacción entre la aplicación con el ambiente Azure:

1. Definir las etiquetas que van a tener las imágenes.
2. Configurar en la aplicación la API para el envío de imágenes (explicado en el apartado 4.4)
3. Enviar las imágenes desde la aplicación.
4. Entrenar al algoritmo con las imágenes cargadas y las etiquetas definidas.
5. Probar la predicción del algoritmo.
6. Repetir los pasos 3, 4 y 5.

Una vez que se hayan obtenido estas claves, el siguiente paso consiste en preparar el ambiente Azure. Para esto, se debe proveer una forma de pago para la suscripción Azure, la cual hasta la redacción del presente documento acepta tarjetas de crédito, así como de débito Visa o MasterCard. Una vez realizado este paso, se procede a crear un proyecto mediante la página web de Custom Vision

(<https://www.customvision.ai/projects>). La descripción del proyecto se define con los detalles en la figura 31.



The screenshot shows a 'Create new project' dialog box with the following fields and options:

- Name***: A text input field with the placeholder 'Enter project name'.
- Description**: A text input field with the placeholder 'Enter project description'.
- Resource Group**: A dropdown menu showing 'Tesis [F0]' and a 'create new' link. Below it is a link for 'Manage Resource Group Permissions'.
- Project Types**: Two radio buttons: 'Classification' (selected) and 'Object Detection'.
- Classification Types**: Two radio buttons: 'Multilabel (Multiple tags per image)' and 'Multiclass (Single tag per image)' (selected).
- Domains**: A group of radio buttons including 'General' (selected), 'Food', 'Landmarks', 'Retail', 'General (compact)', 'Food (compact)', 'Landmarks (compact)', and 'Retail (compact)'.
- Buttons**: 'Cancel' and 'Create project' buttons at the bottom right.

Figura 31. Ventana para crear un nuevo proyecto en Custom Vision. Tomado de: (Microsoft, 2019)

Entre la gran variedad de algoritmos de reconocimiento que ofrece el servicio de Custom Visual, el que más se adapta a la realidad es el de Dominios compactos. Ya que es una solución precisamente orientada al procesamiento de imágenes en tiempo real para dispositivos móviles.

Después, se encontrará con la pantalla principal de Projects, donde se mostrará alguna imagen en miniatura de las que se han cargado con anterioridad al proyecto, como muestra la siguiente figura 32.

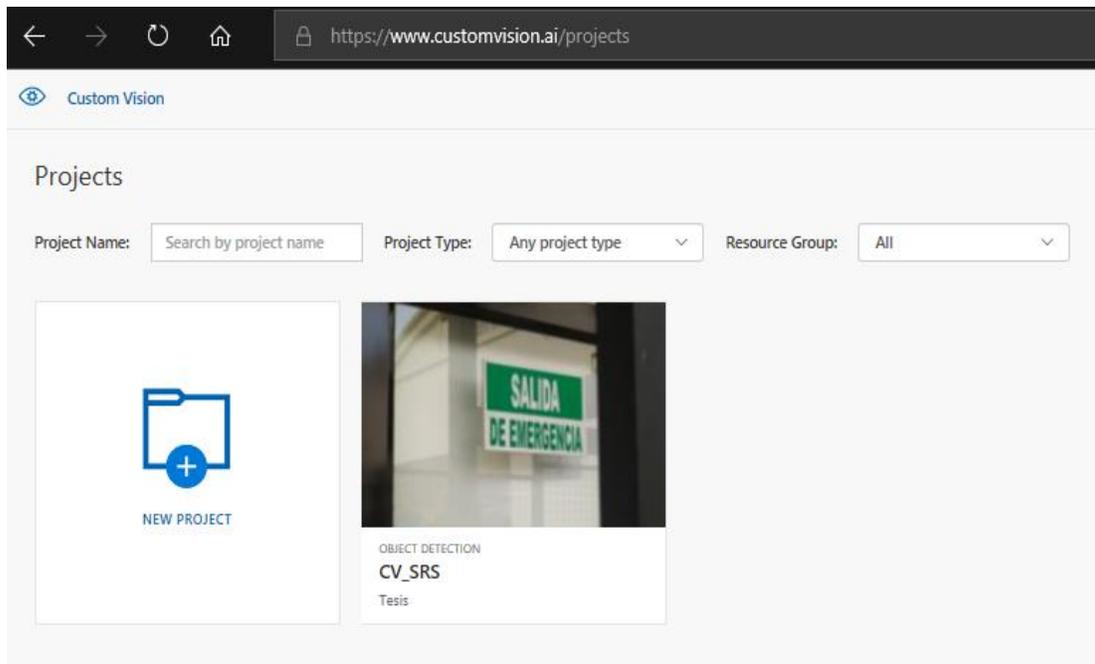


Figura 32. Página principal de proyectos Custom Vision.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Al momento de ingresar al proyecto, se encuentran disponibles 3 pestañas principales en la parte superior: “Training Images”, “Performance”, y “Predictions”. En la pestaña Training Images (entrenamiento con imágenes) existen dos opciones: en la barra lateral izquierda: imágenes etiquetadas e imágenes no etiquetadas, como se evidencia en la figura 33.

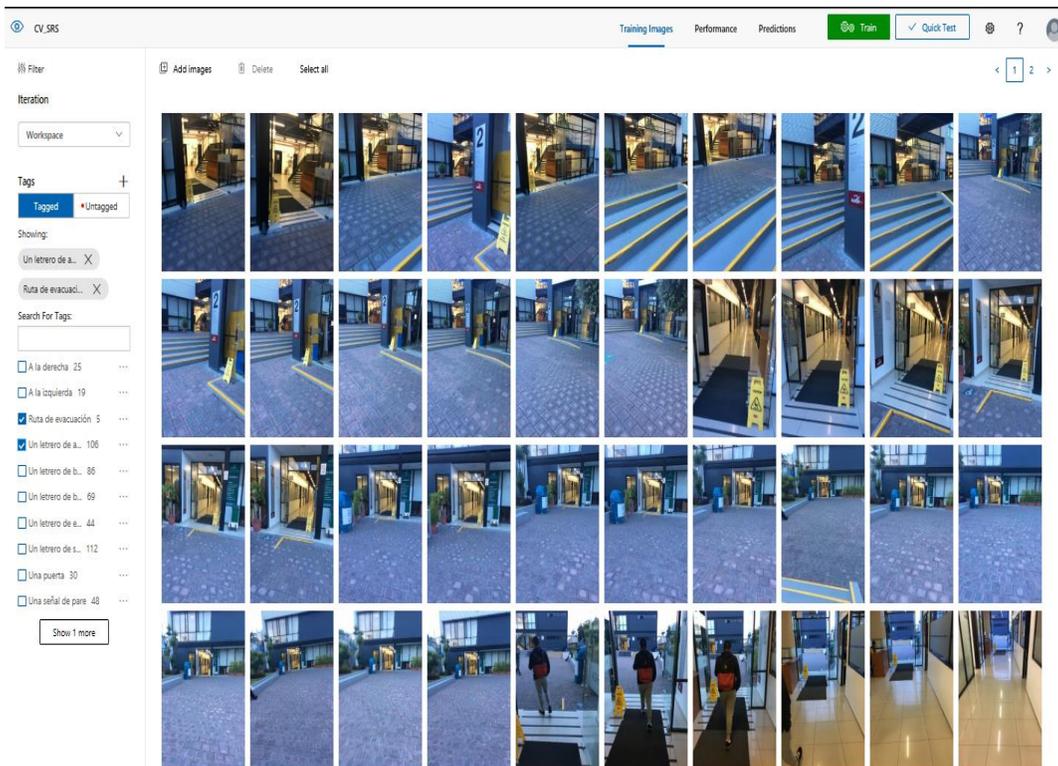


Figura 33. Pestaña de Training Images con opción Tagged.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Dentro de la opción Tagged de la pestaña Training Images, se definen las etiquetas correspondientes a cada imagen de manera que los algoritmos de inteligencia artificial aprendan a predecir las imágenes al momento de realizar las pruebas, acorde las imágenes etiquetadas.

Dentro de la opción Untagged de la pestaña Training Images, se encuentran las imágenes que no se han clasificado aun o imágenes a las que se les ha borrado su etiqueta, como se muestra en la figura 34.

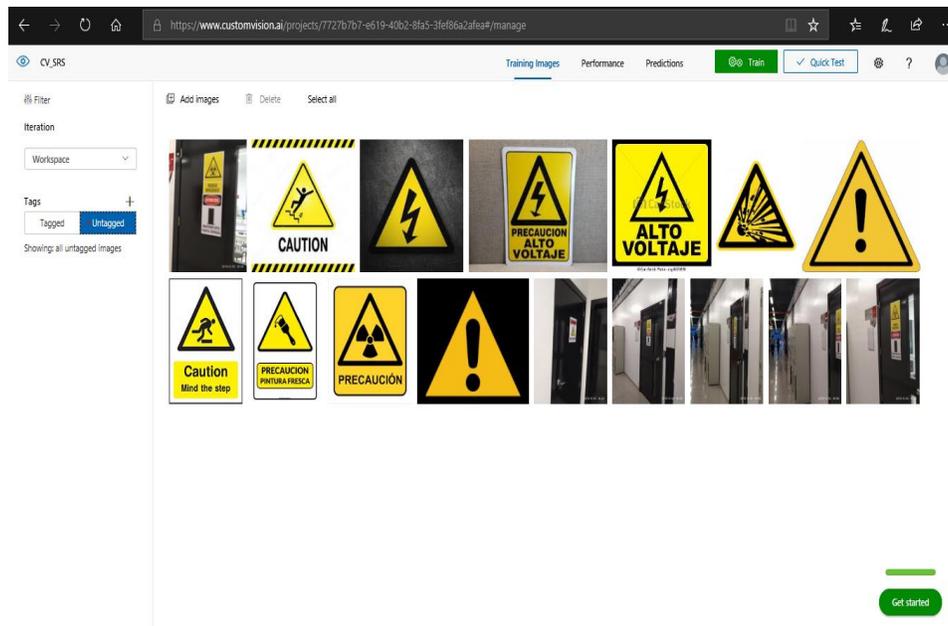


Figura 34. Pestaña de Training Images con opción Untagged.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Continuando con la siguiente pestaña, específicamente a la pestaña Performance, es donde se definen cada una de las iteraciones donde se entrena al algoritmo de predicción de objetos imágenes y sus respectivos parámetros, como son **Precisión**, **Reconocimiento**, y el **Promedio de Precisión del Modelo** como se muestra en la figura 35.

- La **Precisión** y el **Reconocimiento** son medidas distintas, pero se relacionan estrechamente con la exactitud del modelo. Por ejemplo, si se le pide identificar al modelo 3 letreros de 'salida de emergencia' y 3 letreros de 'piso mojado', y el modelo identifica correctamente 2 letreros de salida de emergencia pero confunde a 2 letreros de 'piso mojado' como letreros de 'salida de emergencia', obtendremos una **Precisión del 50%**, mientras que el **Reconocimiento** será **de 67%**, ya que de las 4 imágenes identificadas

como letreros de 'salida de emergencia', 2 fueron identificadas correctamente, y del total de imágenes que debía reconocer como letreros de 'salida de emergencia' (3), logró identificar correctamente 2.

- El **Promedio de Precisión del Modelo (mAP por sus siglas en inglés)**, consiste básicamente en la media de la razón de falsos positivos calculados sobre un rango de umbrales.

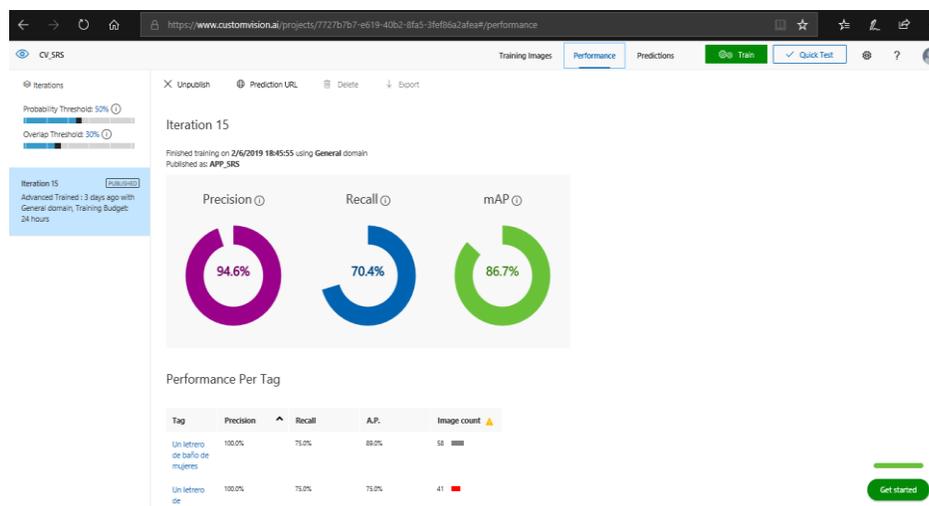


Figura 35. Pestaña de Performance de Custom Vision.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Para entrenar al modelo, existen 2 tipos de aprendizajes: aprendizaje rápido, o aprendizaje avanzado. Mientras más dure el aprendizaje (es decir, utilizando el aprendizaje avanzado), mejores serán los resultados al momento de realizar pruebas. La figura 36 muestra estas opciones al momento de querer realizar un nuevo entrenamiento.

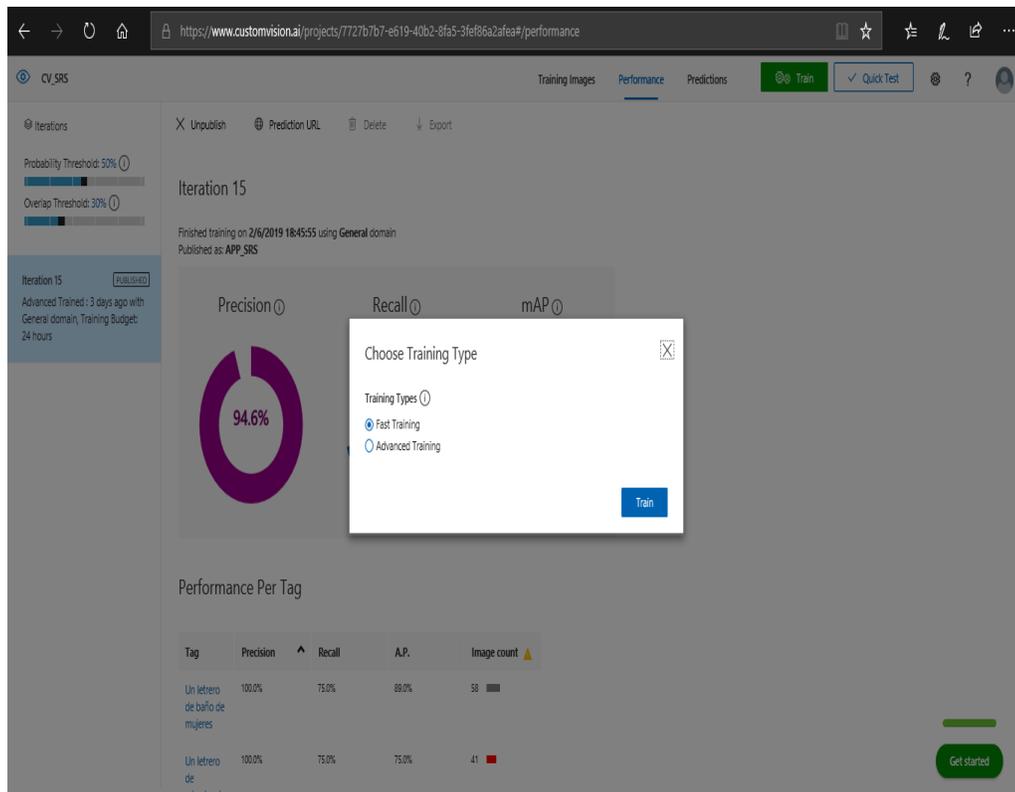
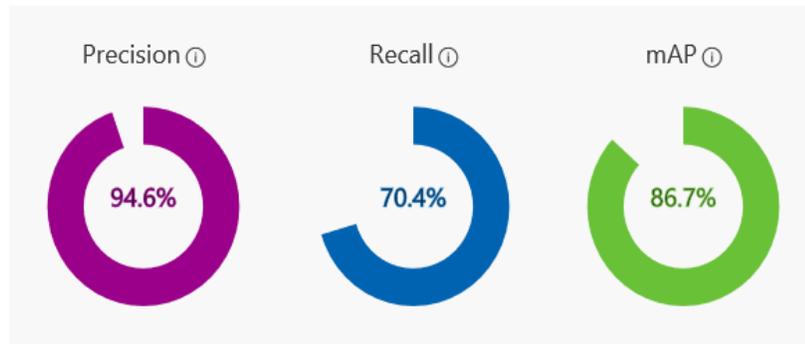


Figura 36. Tipos de entrenamiento del modelo.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

A continuación, en la figura 37 se muestra la pantalla de control Iteraciones la cual contiene información de cada entrenamiento realizado por el modelo, donde se muestra cada uno de los 3 parámetros explicados anteriormente, determinando la efectividad de cada entrenamiento para cada etiqueta, así como la cantidad de imágenes utilizadas para este.

Iteration 15

Finished training on 2/6/2019 18:45:55 using General domain
Published as: APP_SRS



Performance Per Tag

Tag	Precision	Recall	A.P.	Image count
Un letrero de baño de mujeres	100.0%	75.0%	89.0%	58
Un letrero	100.0%	75.0%	75.0%	41

Figura 37. Parámetros de una iteración.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Hay que prestar especial atención al número total de iteraciones, ya que por cada una de ellas se consumen recursos de Azure, los cuales representan un valor económico y serán recargados al modo de pago ingresado al momento de configurar la cuenta Azure.

La figura 38 muestra el número de iteraciones, junto con el umbral de probabilidad (el porcentaje mínimo de predicción para ser considerado válido al momento de calcular la precisión y reconocimiento) y el umbral de solapamiento (porcentaje mínimo de solapamiento entre recuadros limitantes y recuadros de verdad base para ser considerados una predicción correcta).

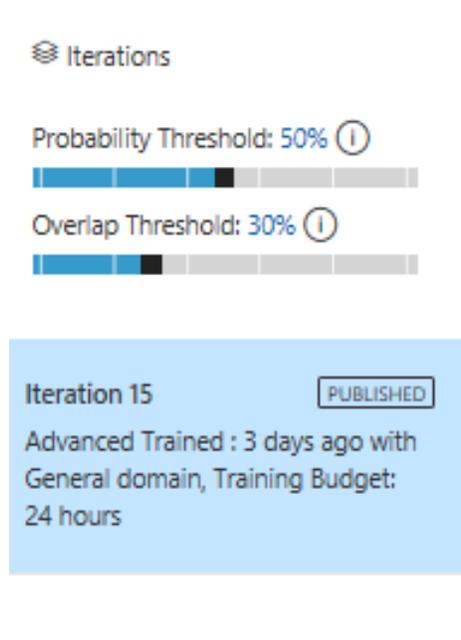


Figura 38. Umbrales de probabilidad y de solapamiento de una iteración.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

La tercera pestaña principal de Custom Vision es la pestaña de Predictions. En esta pestaña se puede obtener una vista previa de las predicciones realizadas a la imagen para las etiquetas configuradas, como se muestra en la figura 39.

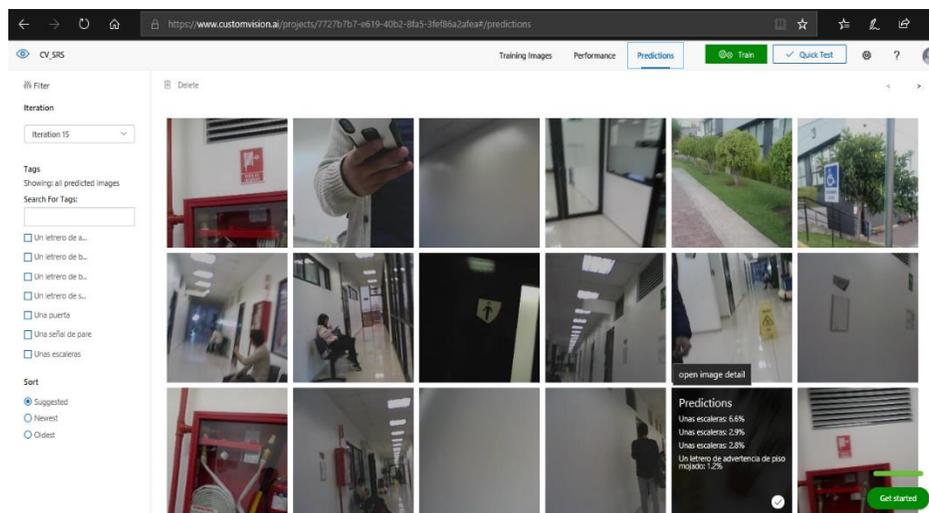


Figura 39. Vista por defecto de la pestaña Predictions.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Al momento de ingresar a los detalles de una imagen, se muestran las detecciones obtenidas en recuadros rojos, así como su respectiva predicción. A continuación, se puede confirmar la predicción para que esta forme parte del entrenamiento del modelo, o corregir la predicción antes de que forme parte del entrenamiento. Las figuras 40 y 41 muestran dos imágenes con sus respectivas predicciones.

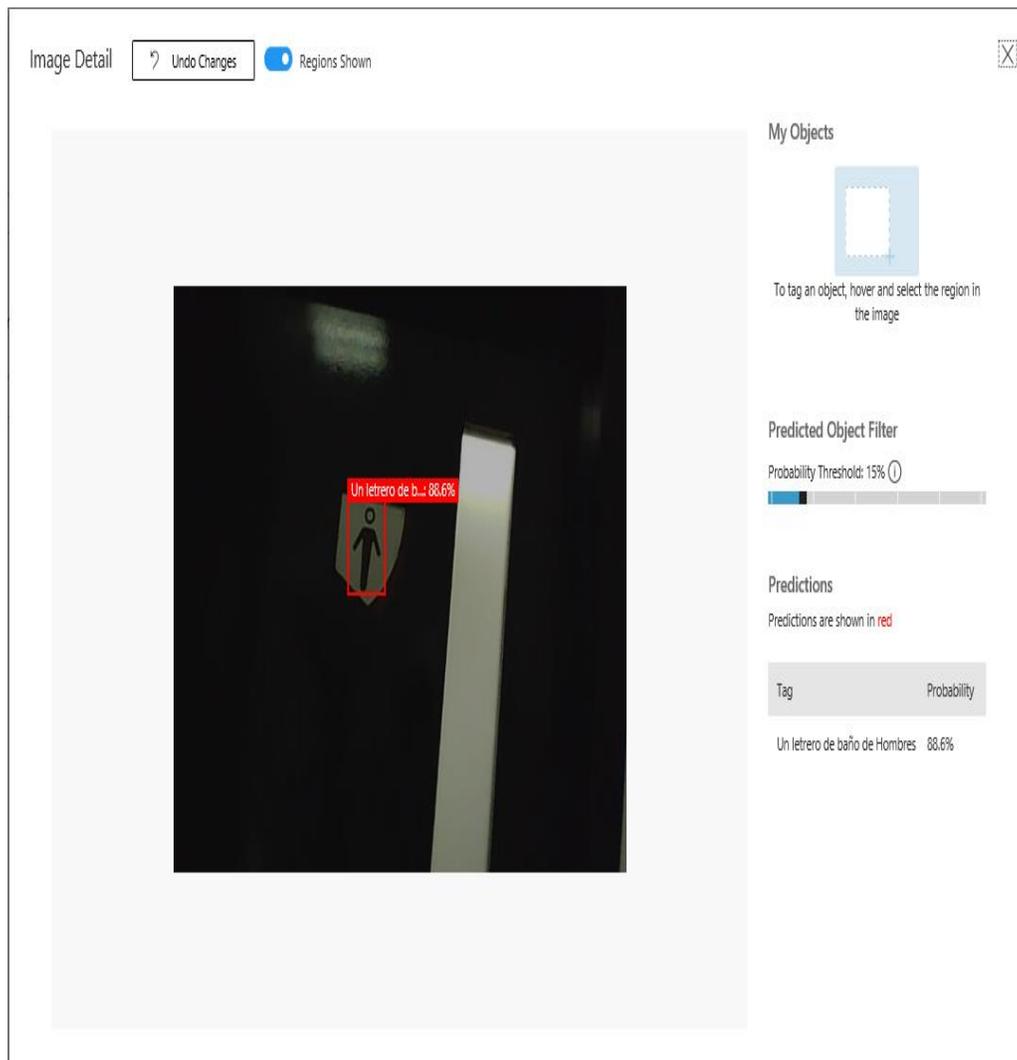


Figura 40. Detalle de predicciones realizadas a una imagen.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

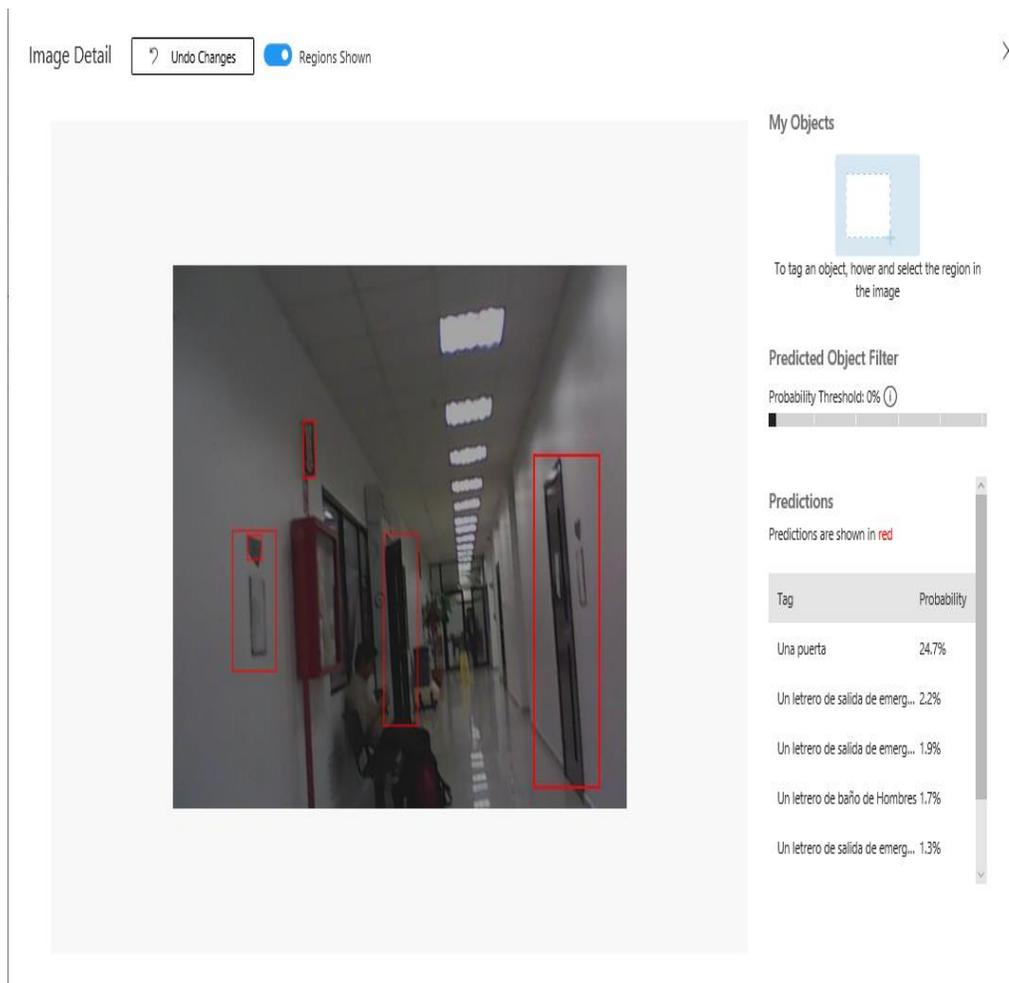


Figura 41. Detalle de predicciones de una imagen.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Azure Custom Vision pone a disposición una herramienta para obtener una vista previa estimada del rendimiento que va a tener la iteración, llamada Quick Test; se la puede considerar como un paso previo a realizar para asegurar la calidad de la iteración antes de que forme parte del entrenamiento real del modelo. La figura 42 muestra su interfaz gráfica.

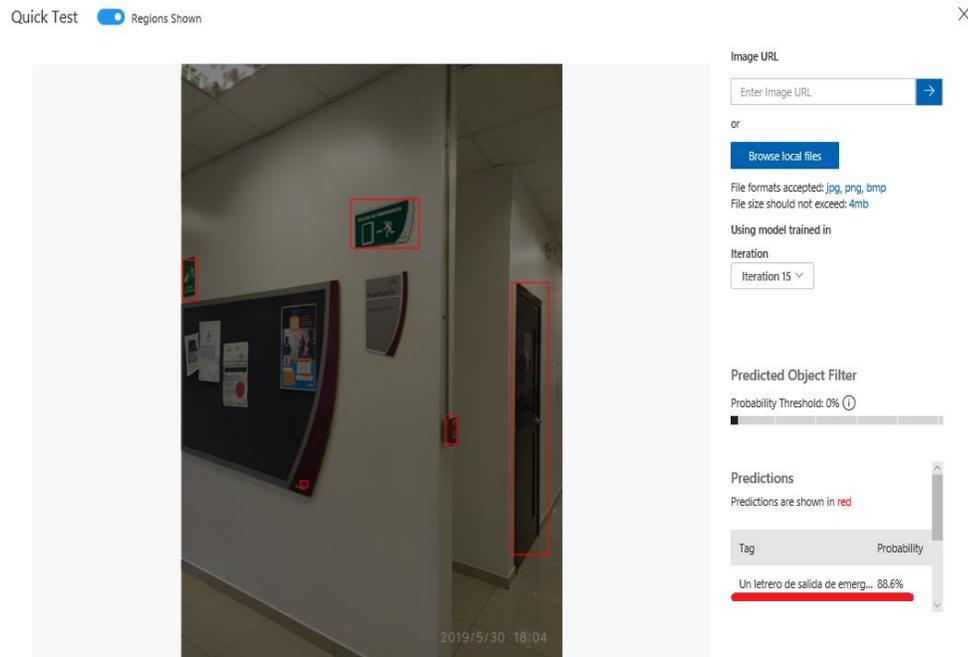


Figura 42. Utilización de herramienta Quick Test en una imagen.
Tomado de: (Microsoft, 2019)

Además, en referencia que si la aplicación a realizar puede llegar a mover su eje vertical varios grados de inclinación el servicio de reconocimiento de imágenes no va a poder funcionar de manera correcta. Cómo se muestra en la figura 43.



Figura 43. Objeto no reconocido dado el ángulo de giro de la imagen.

Finalmente, dependiendo el medio en el que se va a desempeñar la aplicación se tiene que tomar en cuenta el entrenamiento de la inteligencia artificial en diferentes ángulos de la misma imagen para que no presente errores de reconocimiento.

5.2. Diseño de interfaces, listeners y servicios

En el proceso de desarrollo de la aplicación orientada al uso de personas invidentes, no se puso mayor énfasis en la creación de elementos visuales. Por ello a continuación se describirán los pasos a seguir que realizaron solo a nivel funcional de la aplicación.

5.2.1. Interfaces implementadas

Las siguientes son las interfaces implementadas en la actividad principal:

- SRSListener
- ActivityCompat.OnRequestPermissionsResultCallback
- TextToSpeech.OnInitListener
- CameraDialog.CameraDialogParent
- CameraViewInterface.Callback

5.2.1.1. Srslistener

Esta interfaz define solamente 2 métodos. Esta interfaz está orientada al uso de la cámara del dispositivo móvil como recurso de entrada para las imágenes tomadas de manera periódica el cual retorna un arreglo de bytes los cuales son enviados al

servicio de Custom Visual para su procesamiento. Y un método de espera el cual tiene como parámetros de entrada el texto resultante del procesamiento de la imagen como respuesta de Custom Visual, para después enviar la imagen a ser transformada en texto hablado.

5.2.1.2. Activitycompat.onrequestpermissionsresultcallback

Esta interfaz se utiliza para solicitar los permisos de uso de los artefactos del dispositivo necesarios para el funcionamiento de la aplicación.

5.2.1.3. Texttospeech.oninitlistener

Esta interfaz, proveniente de la librería '*android.speech.tts.TextToSpeech*', se utiliza para definir la acción a realizar una vez que el motor de Texto a Voz se ha iniciado satisfactoriamente. Gracias a esta interfaz es posible la interacción auditiva con el usuario final.

5.2.1.4. Cameradiolog.cameradiologparent

Esta interfaz, proveniente de la librería '*com.serenegiant.usb*', se utiliza para definir las acciones a realizar cuando se utiliza el monitor de USB y cuando este deja de ser utilizado (para el uso de una cámara externa) mediante listeners que se ejecutan en background estos permiten detectar inmediatamente cuál es el estado de la cámara.

5.2.1.5. Cameraviewinterface.Callback

Esta interfaz, proveniente de la librería *'com.serenegiant.usb.widget'*, define las acciones a realizar una vez que se haya creado, cambiado o destruido la vista de la transmisión en vivo de la cámara externa USB.

5.3. Integración del api de microsoft cognitive services a la aplicación

El servicio cognitivo de Microsoft a utilizar se denomina Azure Custom Vision. Este servicio utiliza un algoritmo de Machine Learning para aplicar etiquetas a imágenes, donde el desarrollador es quien define las etiquetas y especifica si las imágenes enviadas a este servicio caracterizan o no las etiquetas definidas, lo cual permite que el algoritmo se entrene para identificar de mejor manera las etiquetas con las imágenes que se le han sido proporcionadas.

Para realizar la comunicación entre el servicio alojado en la nube y el terminal móvil, se creó una clase dentro de la aplicación llamada "CustomVisualPredictionService" la cual al recibir una imagen crea un hijo en background para ejecutar una petición REST hacia el servicio para después a través de la interfaz SRSListener comunicarse con el hilo principal de la aplicación y entregar el mensaje proveniente del servicio. Aquí se utiliza la librería HttpClient de apache y Gson de Google que ayudan a realizar el proceso de petición y recepción de respuesta de manera fácil.

5.4. Traducción de inglés a español

Por defecto, los Servicios Cognitivos de Microsoft dan respuestas en inglés, por lo que se necesitó implementar adicionalmente un servicio de traducción el cual se encuentra incluido en los APIs de MCS.

5.5. Flujo de funcionamiento de aplicación

Una vez que ha iniciado la aplicación, implementado las interfaces necesarias y se han inicializado los listeners la aplicación pasa al modo de funcionamiento automático en tiempo real sin necesidad de que el usuario interactúe con la aplicación, siendo el cierre de la aplicación la única manera de que esta se detenga. A continuación, en las figuras 44, 45 y 46 se explica el funcionamiento de la aplicación representada con un diagrama de flujo de manera detallada. Finalmente, la figura 47 presenta el flujo global del funcionamiento de la aplicación.

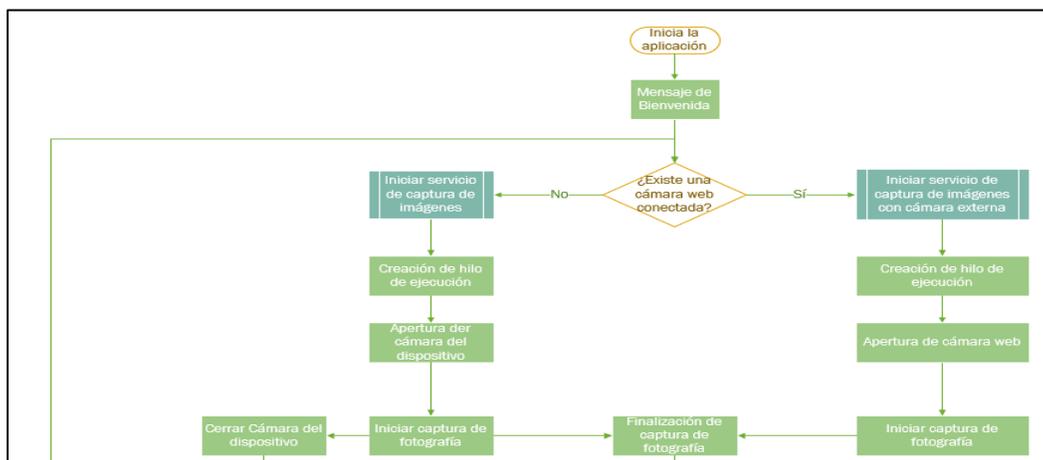


Figura 44. Diagrama de flujo de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes parte I.

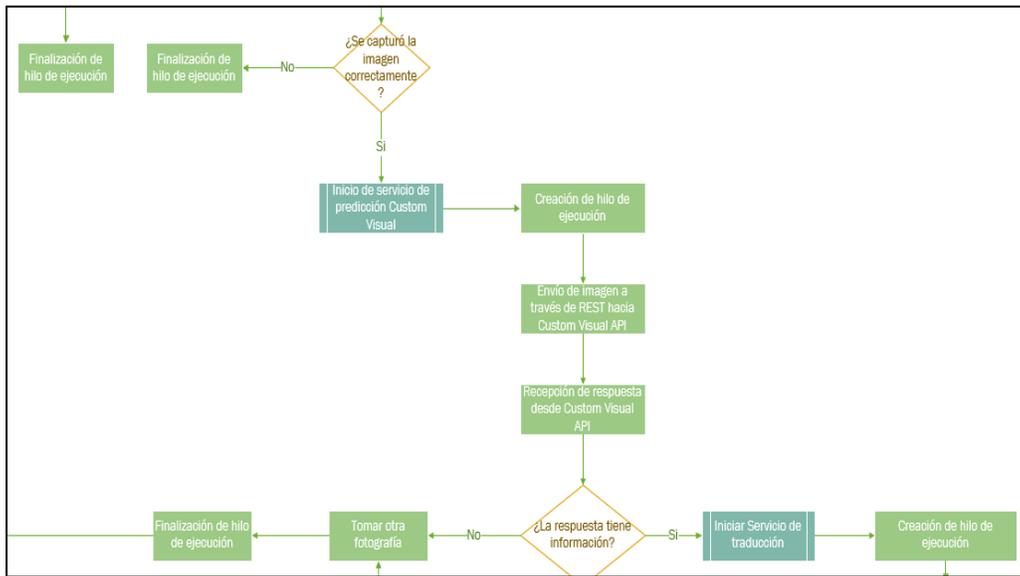


Figura 45. Diagrama de flujo de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes parte II.

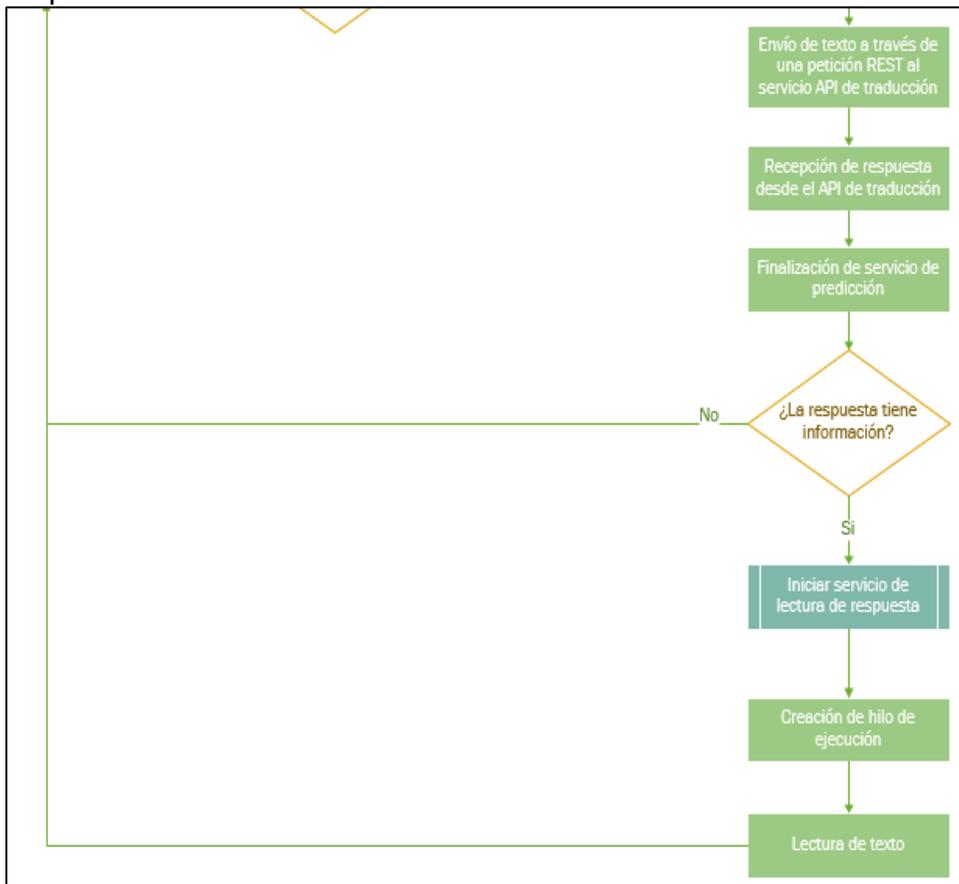


Figura 46. Diagrama de flujo de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes parte I.

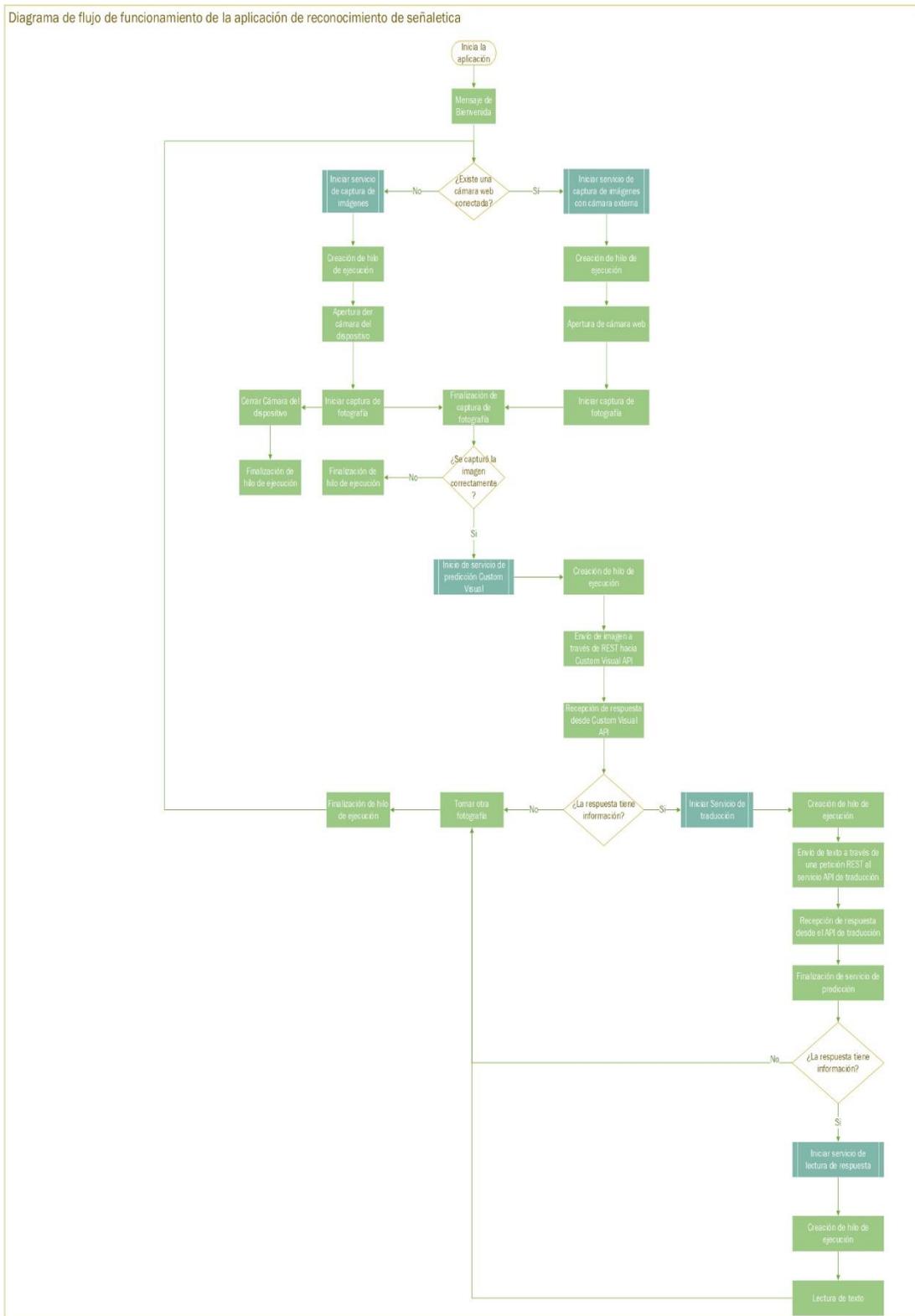


Figura 47. Diagrama de flujo total de la operación de la aplicación de reconocimiento de imágenes.

5.6. Instalación De La Aplicación

A diferencia de los programas desarrollados para computadora, para poder ejecutar la aplicación se requiere de un dispositivo Android para correr la aplicación. Es así como por fines de desarrollo, y gracias al Ambiente de Desarrollo Integrado Android Studio, esta herramienta permite crear un dispositivo Android virtual donde se instala y corre la aplicación.

Sin embargo, dado que la aplicación requiere que se integre una cámara USB externa, esta opción es solamente viable para verificar y corregir errores de compilación, más no errores en tiempo de ejecución, por lo que se probó la ejecución de la aplicación en varios dispositivos Android, definidos en el capítulo 5.

Para instalar la aplicación, es necesario poseer el código fuente del proyecto en Android Studio, y existen 2 maneras de hacerlo.

5.6.1. Instalación de la aplicación mediante depuración USB

Utilizando este método, es necesario que el dispositivo tenga habilitado la opción de “Depuración por USB”, para lo cual es necesario que en el dispositivo se encuentren habilitadas de antemano las Opciones de Desarrollador. Para habilitar las opciones de desarrollador, existen muchas maneras de hacerlo las cuales dependen directamente del modelo del dispositivo, así como la versión de Android instalada (dado que existen variaciones del sistema operativo Android, los pasos específicos pueden variar). Según la documentación oficial de Android, en

dispositivos con versiones Android 4.2 en adelante, se debe realizar las siguientes indicaciones en el dispositivo:

1. Abrir la aplicación de “Configuración”.
 - a. Si el dispositivo tiene una versión Android 8.0 en adelante, adicionalmente se debe seleccionar la opción “Sistema”.
2. Al final de las opciones, seleccionar la opción “Sobre el teléfono”.
3. Al final de las opciones, seleccionar la opción “Versión de kernel” siete veces.
4. Regresar a la pantalla anterior, y ubicar la opción “Opciones de Desarrollador” al final de las opciones.

Ahora, se debe seleccionar las “Opciones de Desarrollador” y habilitar la opción de “Depuración por USB “. Una vez realizado esto, se puede ejecutar la aplicación en dos modos: sin acceso a Logcat, o con acceso Logcat (este segundo modo se denomina “ejecución en modo depuración”). La figura 48 muestra los botones de estos dos modos que se muestran durante la ejecución del programa.

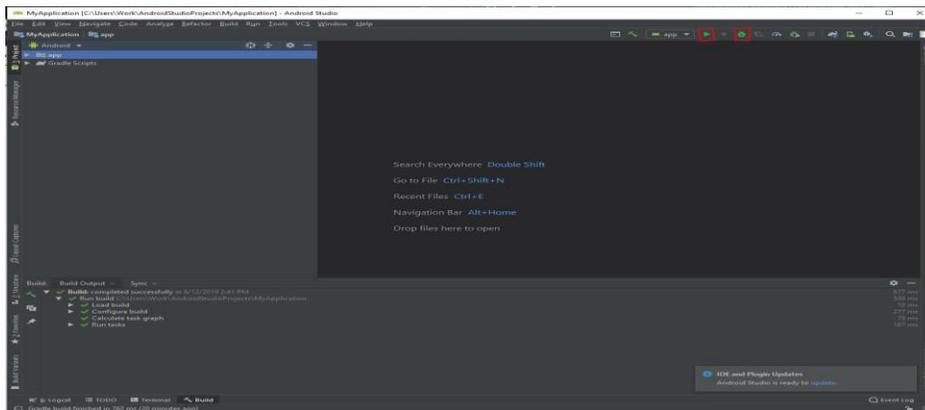


Figura 48. Ventana de Android Studio, con las opciones de instalación de aplicación.

5.6.2. Instalación de la aplicación mediante APK

Para instalar la aplicación mediante la elaboración de un archivo APK, se lo debe crear a partir del código fuente en Android Studio, siguiendo los siguientes pasos:

1. En la barra de menú en la parte superior, ir a Build > Build Bundle(s) / APK(s) > Build APK(s) como se muestra en la figura 49 de Android Studio

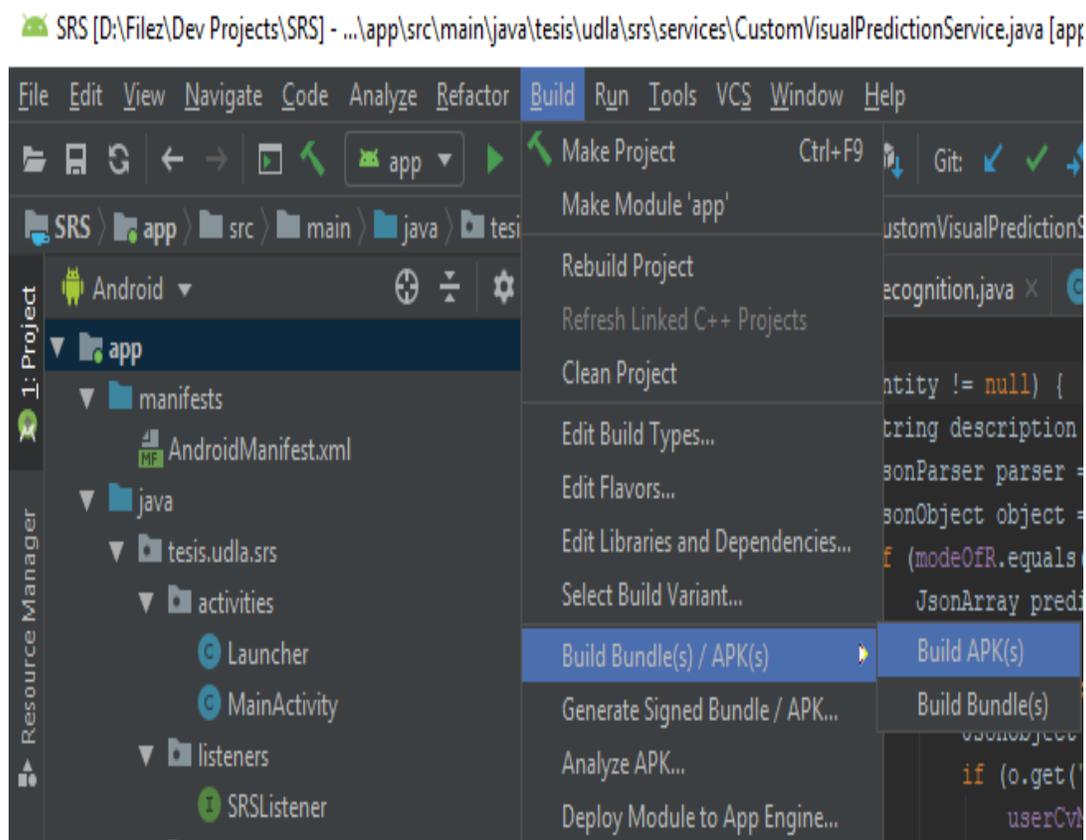


Figura 49. Primer paso para generar un APK en Android Studio.

2. En la esquina inferior derecha, se mostrará un mensaje donde se puede hacer clic para dirigirse a la carpeta donde se encuentra el archivo APK. Como se muestra en la figura 50.

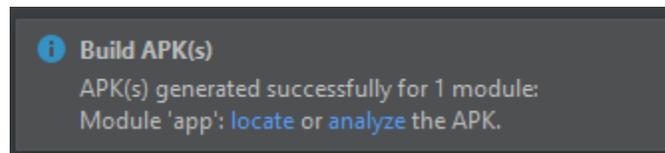


Figura 50. Mensaje mostrado después de generar el APK satisfactoriamente.

3. Copiar este archivo al dispositivo, y ejecutarlo para empezar la instalación.

5.7. Integración de la aplicación con los dispositivos físicos

Una vez que se ha instalado la aplicación en el dispositivo Android, la aplicación empieza a funcionar automáticamente, requiriendo solamente en la primera ejecución de esta que el usuario acceda y otorgue los permisos necesarios para que la aplicación tome el control de las prestaciones del dispositivo y funcione correctamente.

Si se ha conectado una cámara externa mediante el puerto USB, la aplicación empezará a controlarla, mostrando en pantalla la transmisión en vivo de esta y utilizándola para la toma de imágenes. Caso contrario, la aplicación utilizará la cámara integrada del teléfono y continuará con su ejecución normal.

6. Pruebas de campo y evaluación de resultados

Como punto principal para entrar en contexto se va a definir los dispositivos a ser utilizados para las pruebas, así como los parámetros cruciales para una retroalimentación práctica que brinde información útil.

Una vez que se ha definido la estructura de pruebas, empieza el proceso de realización de estas. Para esto, se definió realizar las primeras pruebas en sujetos sin discapacidad visual los cuales deben simular tener discapacidad visual, logrando de esta manera que los sujetos contrasten su experiencia con la aplicación y la percepción que estas tienen acerca de las personas con discapacidad visual, obteniendo de esta manera información ventajosa para el mejoramiento del desarrollo de la aplicación.

6.1. Especificaciones de dispositivos de prueba

Los dispositivos de prueba utilizados se conforman de teléfonos móviles con sistema operativo Android, y una cámara USB externa conectada mediante un adaptador Micro-USB Macho a USB-A Hembra.

6.1.1. Teléfonos móviles

6.1.1.1. Xperia XA

El dispositivo Xperia XA es un dispositivo lanzado al mercado en junio del 2016, con una versión de Android preinstalada 6.0.1 la cual se puede actualizar hasta la versión 7. Viene incorporado con una cámara de 13 Megapíxeles, así como un almacenamiento interno de 16 Gigabytes, memoria de acceso aleatorio de 2 Gigabytes de capacidad, y una batería de 2300 miliamperios hora.



Figura 51. Sony Xperia XA.
Tomado de: (MercadoLibre, 2019)

6.1.1.2. Motorola e5 Play

El dispositivo Motorola e5 Play, es un teléfono móvil lanzado en Julio de 2018, con una versión de Android preinstalada 8.0 (la más reciente), cargado con una cámara de 8 Megapíxeles, almacenamiento interno de 16 Gigabytes, memoria de acceso aleatorio de 2 Gigabytes de capacidad, y una batería de 2800 miliamperios hora.



Figura 52. Motorola e5 Play.
Tomado de: (GSMarena, 2019)

6.1.2. Cámaras USB

6.1.2.1. Logitech C170

La cámara web Logitech C170 cuenta con los estándares VGA, USB 2.0, LWS 2.2 y VID 1.8, con una resolución óptica de 640x480 y 5 Megapíxeles, micrófono

monofónico integrado, distancia focal de 2.3 milímetros, campo de vista diagonal de 58 grados, captura de video en resolución 640x480 a 30 cuadros por segundo, indicador LED, y un cable de 121.92 centímetros de longitud.

En cuanto a sus dimensiones, estas son de 7.03 centímetros de ancho, 7.1 centímetros de profundidad, y 6.06 centímetros de altura, pesando un total de 75 gramos.



Figura 53. Cámara Web Logitech C170.
Tomado de: (Logitech, 2019)

6.1.3. Adaptador USB micro - macho a USB tipo a - hembra

Este tipo de adaptadores permite la conexión de periféricos al teléfono móvil. Gracias al sistema operativo Android, el cual cuenta con los Drivers necesarios para reconocer e interactuar con este tipo de periféricos, y al estándar USB, es posible conectar una cámara USB externa al teléfono para que sea esta cámara la que interactúe con la aplicación, evitando así la exposición innecesaria del teléfono móvil, otorgando comodidad y seguridad al momento de utilizar la solución.



Figura 54. Adaptador USB micro - macho a USB tipo a - hembra.
Tomado de: (Officeworks, 2019)

6.2. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento tienen como fin verificar que las características de la aplicación cumplan con las expectativas del alcance visionado en este trabajo de titulación, se encargan de medir la similitud del resultado esperado y el resultado otorgado por la aplicación.

Resultados:

Los resultados de las pruebas de usabilidad fueron satisfactorios con respecto a las expectativas planteadas, cómo se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 4.

Rendimiento obtenido en base a las expectativas esperadas por la aplicación.

Expectativa	Resultado	Observaciones
Mensaje de bienvenida al iniciar la aplicación.	Satisfactorio	La aplicación anuncia en voz alta el inicio de ejecución de la aplicación.

<p>La aplicación asegura su reutilización ya que esta debe estar funcionando tanto en primer plano como en segundo plano para leer la señalética en voz alta al usuario y notifica a este en caso de producirse algún error en su ejecución.</p>	<p>Insatisfactorio</p>	<p>La aplicación si cumple con la reutilización, sin embargo, al no reconocer nada esta no envía ningún tipo de señal o alerta de que no se esta observando nada o que el objeto es irreconocible (en caso de no haber nada delante o en caso de cambio de enfoque y posición de la imagen respectivamente)</p>
<p>La aplicación genera una alerta temprana gracias a las señales auditivas sobre objetos peligrosos que se encuentran frente al usuario</p>	<p>Satisfactorio</p>	<p>Un ejemplo de ello es la detección de piso mojado frente al usuario, dando así la capacidad de reaccionar ante tal evento de manera temprana.</p>
<p>La aplicación genera la capacidad de ubicación de entorno asistido para poder encontrar una</p>	<p>Satisfactorio</p>	<p>Considerando que es aún una versión beta de la aplicación, el desempeño de esta fue bastante bueno en las pruebas realizadas a tratar de</p>

salida de emergencia de manera autosuficiente		encontrar la salida de emergencia en un ambiente controlado.
La aplicación reconoce la señalética configurada a una distancia prudente para dar tiempo al usuario a reaccionar.	Por mejorar	La aplicación en un entorno controlado puede reconocer las imágenes configuradas en la IA de manera correcta, sin embargo, al cambiar alguna de las variables normales como: ángulo de captura de imágenes, velocidad de internet, movimientos bruscos de enfoque; la aplicación empieza a presentar deficiencias al no estar preparada para estos escenarios.

A continuación, se detallan inconvenientes puntuales respecto a los resultados obtenidos por las pruebas realizadas, que pueden ser solventados en una segunda versión del sistema:

- La aplicación depende mucho de la conexión a Internet y la velocidad que se tenga de la misma, pudiendo demorar el procesamiento de la imagen y reduciendo el tiempo de reacción de la persona que estar utilizando el sistema.

- Al cambiar el ángulo vertical de captura de imagen, se pierde la capacidad de reconocimiento ya que la IA se entrenó teniendo en cuenta 90° fijos de los objetos a reconocer, como se lo menciona en la figura 43 en la sección 5.1. Esto no se considera como un error de funcionamiento ya que se concibió la aplicación de esta manera, pero se puede utilizar como mejora para una siguiente versión.

6.3. Pruebas de rendimiento

Las pruebas de rendimiento, a diferencia de las pruebas de adaptación y pruebas de funcionamiento que se realizan con el lanzamiento de nuevas versiones, se deben realizar constantemente ya que el rendimiento de la aplicación no depende de la versión de la aplicación sino de la frecuencia y uso que se le da a esta.

Resultados:

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en el entrenamiento del modelo variando ciertos parámetros de acuerdo con la necesidad que se ha ido dando en el proceso de desarrollo de la aplicación.

Tabla 5.

Rendimiento obtenido en base al escenario de entrenamiento del modelo.

Número de etiquetas	Promedio de imágenes por etiqueta	Tiempo de entrenamiento	Rendimiento		
			Precisión	Reconocimiento	mAP
1	50	Menos de 1 hora	98.70%	92.60%	100%

2	50	Menos de 1 hora	91.40%	80.30%	96.70%
2	100	Menos de 1 hora	100.00%	76.7%	95%
5	100	12 horas	99.80%	96.7%	100%
7	40	12 horas	94.60%	70.40%	86.70%
13	50	12 horas	87.90%	65.40%	77.20%

Como se puede observar en la tabla 5 mientras mayor es el tiempo de entrenamiento la capacidad de reconocimiento de imágenes aumenta. Otro aspecto importante detectado dentro del sistema de entrenando de reconocimiento es que mientras más desbalanceado esté el número de imágenes por etiqueta, menor es la probabilidad de reconocer la figura deseada.

El rendimiento de cada iteración realizada afecta directamente proporcional al tiempo de respuesta que el servicio cognitivo devuelve como se lo puede observar en la tabla 6.

Tabla 6.

Tiempo de respuesta obtenido en base al performance por iteración.

Iteración	Precisión	Reconocimiento	mAP	Tiempo promedio de respuesta [s]
1	98.70%	92.60%	100%	0.35
2	91.40%	80.30%	96.70%	0.47
3	100.00%	76.7%	95%	0.4
4	94.60%	70.40%	86.70%	0.98
5	87.90%	65.40%	77.20%	1.5

6.4. Pruebas de adaptación

Las pruebas de aceptación de usuario (UAT por sus siglas en inglés) tienen como propósito asegurar que las características de la aplicación cumplan con la necesidad del usuario, pero aún más importante sea de fácil utilización para el e intuitivo.

Las pruebas de campo simuladas fueron realizadas con sujetos sin discapacidad visual, los cuales fueron de gran utilidad para determinar el rendimiento y usabilidad de la aplicación a lo largo del desarrollo de esta, tomando en cuenta las expectativas de una aplicación moderna que tienen las personas sin discapacidad visual, así como la usabilidad de esta al simular de manera práctica la posesión de esta discapacidad.

Estas pruebas consistieron en caminar a lo largo del campus Queri de la Universidad De Las Américas, una de sus 3 sedes ubicadas en la ciudad de Quito, la cual cuenta con una buena implementación de señalética con respecto a salidas de emergencia y rutas de evacuación tanto en el interior como en el exterior de cada uno de sus edificios como se muestra en la figura 55.

En este caso se utilizó el sistema para poder encontrar una salida de emergencia únicamente utilizando el sistema, sin ayuda de ningún otro tipo. Además, de tener que enfrentarse a obstáculos típicos que se pueden encontrar en una oficina como: piso mojado, puertas.



Figura 55. Pruebas de campo dentro del campus de la Universidad de las Américas.

De manera automática, la aplicación envía las imágenes tomadas por la cámara y lee en voz alta cuando ha reconocido un objeto etiquetado por los desarrolladores en la plataforma de Microsoft Custom Vision, permitiendo el paso libre del usuario y dando valor solamente cuando el modelo de Inteligencia Artificial está seguro de reconocer la señalética, brindando información que permitirá al usuario tomar el camino correcto según su destino.

Resultados:

Los resultados de las pruebas con respecto al alcance definido para este trabajo de titulación fueron los siguientes:

- El usuario no tuvo problema para lanzar la aplicación y dejarla funcionar, al momento de presentarse algún error la aplicación automáticamente se reinicia sola. La aplicación solo requirió ser iniciada, luego pasa a funcionar en segundo plano de manera desatendida, permitiendo su uso e interacción con el resto de las aplicaciones sin que estas interfieran con su ejecución.

- La aplicación se comportó de manera estable, funcionando de manera correcta sin importar las veces que esta sea cerrada e iniciada con frecuencia por el usuario.
- Las personas videntes tienen problemas al adaptarse a caminar sin poder usar su sentido de la vista, lo cual causa que para el usuario sea más difícil adaptarse al uso de la aplicación.
- Las personas videntes al estar acostumbradas al movimiento de cabeza para poder observar su entorno evitaron que la cámara se mantenga enfocada en el punto frente a ellos, causando retrasos o falsos positivos en el reconocimiento de imágenes.
- La primer vez le costó mucho al usuario a seguir las ordenes de la aplicación, en promedio de todas las pruebas ejecutadas le tomó a un usuario un promedio de 36 minutos y 7 pruebas para poder adaptarse al uso de la aplicación.

7. Conclusiones Y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

Se ha logrado crear tecnología inclusiva día a día capaz de ayudar o brindar servicios a personas invidentes como se lo hace con personas sin discapacidad; prueba de esto es la creación de aplicaciones disponibles en el mercado orientadas a la inclusión siendo el objetivo de la aplicación desarrollada en el presente trabajo de titulación.

La tecnología que se puede encontrar disponible en el mercado tanto a nivel de ayuda como entretenimiento es muy limitada, para personas invidentes; ya que otro tipo de discapacidades como la pérdida auditiva no impide que use gran cantidad de la tecnología creada para personas sin discapacidad. Pero hay que tomar cuenta que en promedio una persona que sufre de discapacidad suelen presentar tasas de pobreza superiores a la media, mitigando la posibilidad de adquirir tecnología adaptada a sus necesidades (que en general suele ser costosa) y como resultado de esto grandes empresas no vea a este grupo de personas como un potencial nicho de mercado en el cual se pueda invertir.

Gracias a que Microsoft ofrece IA como servicio, la arquitectura construida bajo el modelo cliente – servidor fue lo suficiente robusta para soportar una interacción en tiempo real la cual tiene bastante exigencia en performance, siendo la conexión de

internet el único inconveniente ya que se necesita de una velocidad de carga de 10Mbps mínimo para que las predicciones no tengan retrasos de reconocimiento.

Gracias al dinamismo y adaptabilidad de la metodología SCRUM, se logró que en el proceso de desarrollo al encontrarse con imprevistos que no se pudieron visionar en primera instancia (por la falta de precedentes de un trabajo similar), se puedan solventar sin problema y se pueda continuar con los Sprints de ejecución sin problema; modificando en ocasiones el camino trazado pero como resultado final: llegando al tiempo de entrega establecido y alcanzando el objetivo principal planteado en el presente trabajo de titulación.

Durante del proceso de ejecución de pruebas al realizar varias mediciones, se concluye que la velocidad de la red inalámbrica que se está utilizando para poder acceder al servicio web (Wifi o móvil) es un factor fundamental que afecta al tiempo de respuesta percibido por el usuario, ya que al tener una demora en la subida de la imagen se tiene una demora de procesamiento y por ende de respuesta de reconocimiento.

El uso del servicio de texto hablado nativo de Android fue en gran ayuda a simplificar la implementación de esta funcionalidad dentro del sistema; el proceso es sencillo ya que solo se procesa una respuesta en formato JSON proveniente del servicio web para luego compactar la respuesta en una cadena de caracteres que son leídos por el servicio concluyendo con el proceso de ejecución.

Gracias a la evolución del sistema operativo Android, se pudo lograr la interacción con la aplicación en Modo Accesibilidad de manera simple y rápida, sin necesidad de emplear tiempo en la modificación de la aplicación. Se logró el objetivo de lanzar la aplicación por comandos de voz, dando la posibilidad al usuario de ejecutar la aplicación de manera sencilla para personas invidentes.

El modo accesibilidad dio la apertura suficiente para que la aplicación una vez lanzada por el usuario pase a ejecutarse a sí mismo como un proceso secundario, liberando recursos físicos utilizados para la presentación de componentes como el *layout*.

El uso de la cámara del dispositivo o externa como medio de captura de imágenes para su posterior procesamiento es relativamente sencillo gracias a la gran cantidad de información que se encuentra en línea; el mayor inconveniente que se tuvo fue el tiempo que toma poder enviar la imagen al servicio en línea, generando retrasos en la obtención de la respuesta esperada sobre la imagen tomada en cuestión.

Al momento de probar e implementar la aplicación móvil, se obtuvieron indicios positivos de reconocimiento de señalética, la cual al ser personalizada para mantener el estilo y colores de la institución no sigue un patrón de diseño universal; sin embargo, la solución se adapta de manera íntegra a esta condición, reconociendo la señalética de manera correcta.

En la fase de pruebas del sistema los resultados obtenidos fueron los esperados, cumpliendo a cabalidad el objetivo principal del trabajo de titulación que es el

reconocimiento de señalética dentro espacios de trabajo y que la solución sea adoptada de manera fácil por personas invidentes de manera satisfactoria.

7.2. Recomendaciones

Al momento de entrenar al modelo de Inteligencia Artificial, se recomienda cargar en la plataforma de Microsoft Custom Vision, la mayor cantidad de imágenes posibles de los objetos que se pretenden reconocer, ya que esto permitirá al modelo de Inteligencia Artificial mejorar su reconocimiento en varios escenarios, sin importar la diferencia entre cada escenario.

Gracias a la implementación del método científico se pudo evidenciar la viabilidad del sistema, ya que al variar los distintos escenarios que se pueden presentar en la vida real. El usuario invidente ha podido lograr un tiempo de reacción considerable, pudiendo evitar peligros considerables frente a él de manera sencilla solo con la utilización de la aplicación de asistencia.

Una recomendación clara debido a distintos problemas en el transcurso del desarrollo de la aplicación es la obtención y utilización de más de 100 imágenes en el entrenamiento del modelo de Custom Visual para cada etiqueta, debido a que los algoritmos de procesamiento de imagen e inteligencia artificial presentes dentro del entrenamiento del modelo presentan un mejor rendimiento con un gran número de imágenes, resultando una mejor y precisa detección en tiempo real. A su vez, se

deben incorporar un número equitativo de imágenes para cada etiqueta para no desbalancear las métricas de reconocimiento.

De ser utilizado este proyecto como referencia para otros proyectos, se recomienda tomar en cuenta la compatibilidad y alteración de los teléfonos móviles con la integración de periféricos externos USB como los que se utilizaron en este proyecto, de tal manera que brinden un uso cómodo y práctico a sus usuarios, considerando sus valores físicos como dimensiones, peso, interfaz de conexión y portabilidad.

Las metodologías implementadas, tanto la metodología experimental como la metodología exploratoria, fueron de imperativa importancia y relevancia para lograr un desarrollo satisfactorio de la aplicación, cumpliendo a cabalidad los objetivos generales y específicos del proyecto.

Referencias

Amadeo, R. (2016). *The (updated) history of Android*. Recuperado el 27 de Junio de 2019, de: <https://cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/2016/10/history-of-android-1-800x536.jpg>

Armedia. (2019). Armedia. Recuperado el 27 de Junio de 2019, de: <https://www.armedia.com/blog/microsoft-azure-face-api/>

Barcode2u. (2019). Argox AS8120 CCD *Barcode Scanner*. Recuperado el 27 de Junio de 2019, de: <http://barcode2u.com.my/wp-content/uploads/2017/07/argox-as8120-ccd-barcode-scanner-silveseraph-1110-12-silveseraph@28-1.jpg>

Baz, K. A. (2017). *What is The Future Of These Mobile Operating Systems?* Recuperado el 27 de Junio de 2019, de: https://cdn-images-1.medium.com/max/1600/1*x7NpW4wjYFXynln8Qhzkxw.jpeg

Cássia Cristiane de Freitas Alves, G. B. (2009). *Assistive technology applied to education of students with visual impairment*. Panamerican Journal of Public Health, 148-52.

Catherine S. Fichten, J. V. (2009). *Accessibility of e-Learning and Computer and Information Technologies for Students with Visual Impairments in Postsecondary Education*. Journal of Visual Impairment & Blindness, 543-557.

CONADIS. (2019). Estadísticas de Discapacidad. Recuperado el 27 de Junio de 2019, de: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

Disabled Living Foundation. (2019). *Gemini Embosser*. Recuperado el 27 de Junio de 2019, de: <https://images.dlf.org.uk/mee/products/med/0047722-0012996-21481.jpg>

Forrest, C. (2017). *Has IT's default setting switched from data center to cloud?* Recuperado el 27 de Junio de 2019, de: ZDNet: <https://zdnet3.cbsistatic.com/hub/i/r/2017/04/25/750531f7-07db-4a3c-b266-7642d926af7f/resize/770xauto/dc20cf159d3880e9fb075f77153294b9/cloudvdc.jpg>

Getty Images. (2018). *Getty Images*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: [https://www.thoughtco.com/thmb/8JQEQJL88vRmyH4l6KhqplkDdsM=/975x0/filters:no_upscale\(\):max_bytes\(150000\):strip_icc\(\):format\(webp\)/Edison-early-phonograph-3000-3x2-5a44fae1b39d030037b22468.jpg](https://www.thoughtco.com/thmb/8JQEQJL88vRmyH4l6KhqplkDdsM=/975x0/filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc():format(webp)/Edison-early-phonograph-3000-3x2-5a44fae1b39d030037b22468.jpg)

Gil, I. (2019). Recuperado el 27 de Julio de 2019, de: <https://fundacionadecco.org/azimut/las-nuevas-tecnologias-al-servicio-de-la-discapacidad/>

GSMarena. (2019). Motorola Moto e5 Play *Official Images*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: https://www.gsmarena.com/motorola_moto_e5_play-pictures-9175.php

Humanware. (2019). *Humanware - Brailliant BI 40*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: https://store.humanware.com/media/catalog/product/cache/3/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/b/r/brailliant_40_angle_lowres_2.jpg

Lalla, C. (2014). *How to Use Bluetooth Technology*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: http://cdn2.content.compendiumblog.com/uploads/user/6fc6d6b3-7eee-4903-8af8-bde35ad27ae5/d9ac3c83-ee43-49a8-b144-ddf6bb098bbf/Image/49e7b0ace4c94294d8a9e81f7021cd31/bluetooth_article_image_350x200.jpg

Logitech. (2019). Logitech. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: https://support.logitech.com/en_us/product/webcam-c170/specs

MercadoLibre. (2019). Sony Xperia Xa 13mp, 16gb, 2gb De Ram, Octa-core. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-459954231-sony-xperia-xa-13mp-16gb-2gb-de-ram-octa-core-_JM

Microsoft. (s.f.). Projects. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: <https://www.customvision.ai/projects>

Officeworks. (2019). Comsol Micro USB USB On the Go Adaptor 15cm. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: <https://www.officeworks.com.au/shop/officeworks/p/comsol-micro-usb-usb-on-the-go-adaptor-15cm-cou2mbaad>

Oquendo, D. (2012). *Wireless Lan*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: <https://image.slidesharecdn.com/wirelesslan-120831134427-phpapp01/95/wireless-lan-duver-oquendo-23-728.jpg?cb=1346421302>

Rehkopf, M. (2019). *Sprints*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: https://wac-cdn.atlassian.com/dam/jcr:14abbbfb-5870-4c24-8b26-c5a56b25de59/scrum_process_atlassian.svg?cdnVersion=319

SEELS. (2006). *A national profile of students with visual impairments in elementary and middle schools: a special topic report from the special education elementary longitudinal study*. SRI International.

SIGOS. (2019). *4 Types of Mobile App Testing Your QA Team Needs to Be Doing*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: <https://appexperience.sigos.com/blog/four-types-mobile-testing/>

Sony. (2010). Sony. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: http://docs.esupport.sony.com/imanual/NA/EN/share/res_common/i_fwifii_dis1.full.png

Sports, S. (2018). *Scrum laws in Argentina have weakened the Pumas scrum, says Mario Ledesma*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: https://e0.365dm.com/18/11/768x432/skysports-scrum-australia-argentina_4503464.jpg?20181129114315

Tada, N. (2012). *Trust appraisal and neighbour defence routing in mobile adhoc network*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: https://www.researchgate.net/publication/319998320_Trust_appraisal_and_neighbour_defence_routing_in_mobile_adhoc_network

United Communications Ltd. (2006). *United Communications Ltd: Wireless MAN*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: <http://www.united.com.mu/image/wirelessman.jpg>

Virtual Educa. (2019). *Inteligencia artificial: la próxima revolución en la Educación*. Recuperado el 27 de Junio de 2019 de: <https://i1.wp.com/virtualeduca.org/mediacenter/wp-content/uploads/2019/02/CEREBRO.png?resize=696%2C459&ssl=1>

