

# Propuestas de Soluciones TIC emergentes para Personas con Discapacidad

Samuel Villegas<sup>1</sup>, Wilfredo Talledo<sup>2</sup>, Alfredo Barrientos Padilla<sup>3</sup>

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)

## RESUMEN

En la actualidad existe una gran búsqueda de una inclusión social total dentro del país, en la cual también considera a las personas con alguna deficiencia que les impida realizar actividades comunes en la vida cotidiana. La búsqueda de su mayor participación se potenció con la declaración de la Ley N° 29973, Ley General de la Persona con Discapacidad (2012), que promueve la inclusión de estas personas, casi el 6% de la población total, en la vida política, económica, social, cultural y tecnológica. Esto crea la necesidad de conocer y saber qué opciones existen para facilitar la adopción de estas personas y también para mejorar su estilo de vida. Esta investigación busca proponer nuevos proyectos que mejoren la independencia y calidad de vida de las personas con discapacidad mediante el empleo y/o la adaptación de las características de tecnologías y soluciones existentes. En este trabajo se describe una forma de resolver la limitación comunicativa de los sordomudos con el uso de Creative, una cámara interactiva gestual, en un sistema de reconocimiento de señales; una aplicación de entrenamiento fonético como tratamiento para la pos-cirugía del labio leporino, una aplicación de una nueva interfaz móvil para una mayor accesibilidad de los ciegos, y una aplicación de autoaprendizaje braille con un teclado orientado para ciegos.

## PALABRAS CLAVE

---

<sup>1</sup> Correo: samvgs91@gmail.com

<sup>2</sup> Correo: wtalledo@gmail.com

<sup>3</sup> Correo: pcsiabar@upc.edu.pe

Villegas, S, Talledo, W. & Barrientos Padilla, A. (2015). Propuestas de Soluciones TIC emergentes para Personas con Discapacidad. *Sinergia e Innovación*, 3(1), 60-87.

Fecha de recepción: 29/03/15

Fecha de aceptación: 30/04/15

Discapacidad, Tecnología de apoyo, lenguaje de señas, Ceguera, Accesibilidad

## Proposals for ICT solutions for people with disabilities

### ABSTRACT

Today there is a great quest for a total social inclusion within the country that also considers people with disabilities that impair them from performing common activities in their daily lives. The search for their greater participation has been boosted with the statement of the Law 29973 (*Ley General de la Persona con Discapacidad*) (2012), that promotes the inclusion of people with disabilities, nearly 6% of the total population, into political, economic, social, cultural and technological life. This creates the need to know and find out what options exist to ease the adoption of these people and also to enhance their lifestyle. This research seeks to propose new projects that improve independence and quality of life for people with disabilities by employing and/or adapting existing features of technologies and solutions. In this paper, we describe a way to solve the communication limitation of the deaf-mute with the use of Creative, an interactive gesture camera, in a sign recognition system; a phonetic training application as a treatment for leporine post-surgery, a new mobile interface app for greater accessibility for the blind, and a braille app for self-learning with an blind-oriented keyboard.

### KEYWORDS

Disability, assistive technology, sign language, blindness, accessibility

## 1. Introducción

Mediante la colaboración de la Organización Mundial de Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (2001), el porcentaje de la población global que presenta alguna discapacidad fue estimada para el 2004 en dos importantes porcentajes: un aproximado del 2.9% presentaba sólo una discapacidad grave, mientras que el 15.3% presentaba alguna moderada o grave; lo que equivaldría alrededor de 978 y 185 millones de personas, respectivamente.

En el Perú, las acciones tomadas son más recientes. Según la primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad realizada en diciembre de 2012 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), existe 1'575,402 de personas con algún tipo de discapacidad, el 5.2% de la población de dicho año mencionado (2014). Esto muestra y pone en conocimiento público un aspecto social de la realidad que presenta el país. En lo normativo o legal, se tiene la aprobación de la Ley N° 29973 (Ley General de la Persona con Discapacidad), con el propósito de promover un ambiente de inclusión en diferentes aspectos de la vida como ciudadano (2012).

A pesar de estas iniciativas, en otras estadísticas de Lima Metropolitana, se tiene cómo referencia que el acceso a los servicios de accesibilidad tiene un bajo índice. Está determinado que el acceso a salud para personas con discapacidad es del 34%, adicionalmente, un 23% de la población afirma tener dificultades para acceder a servicios tan básicos como transporte y sólo un 10% recibe un tipo de tratamiento adecuado (Murillo Hernández, 2008).

Tomando como referencia estas estadísticas, se puede asumir un alarmante bajo conocimiento de tecnologías adaptativas y, en consecuencia, mucho menos indicios de dar soluciones a problemas básicos de comunicación.

Adicionalmente, se hizo una revisión de soluciones modernas para llegar a la conclusión contextual del problema planteado. Se revisaron soluciones para diferentes limitaciones, por ejemplo, para las limitaciones de comunicación del habla y audición, se descubrieron muchas soluciones de interpretación de señas. Gran parte de estas, están basadas en cámaras 2D, cuyo principal problema son los complejos algoritmos de procesamiento y su considerable porcentaje de fallas en interpretación. Para las personas invidentes, se encontraron varias soluciones que simulan un teclado Perkins, un teclado para el ingreso de información orientado a sus limitaciones. A pesar del aporte, creemos que se puede mejorar el concepto de la solución con ciertas funcionalidades adicionales. Asimismo, se encontraron muchas aplicaciones móviles para

personas invidentes, pero sólo una integraba varias de estas en una sola interfaz. A pesar de esto, no se incluyen ciertas aplicaciones que serían de mayor utilidad para estas personas, además, sólo está disponible en el sistema operativo Android. Por otro lado, en la propuesta para el tratamiento post-cirugía del labio leporino, no se encontró ninguna solución tecnológica para este. Sólo se recopiló que se usan ciertos instrumentos en forma de manguera para la interpretación terapéutica de los resoplidos del paciente.

En evidencia de estas falencias, planteamos soluciones prácticas con base a tecnologías y productos revisados. Para la solución de reconocimiento de señas, se ha identificado una plataforma que evita la necesidad de aplicar algoritmos complejos para el reconocimiento de los dedos de la mano. Por el lado del teclado braille, se revisó la tecnología NFC para agregar funcionalidades de autoaprendizaje con un sintetizador de voz. Para la aplicación interfaz en el sistema Android, se plantea agregar un par soluciones de reconocimiento de billetes y lector de libros en formato DAYSI en la plataforma Windows Phone 8.1. Y, por último, para el tratamiento post-cirugía del labio leporino se planteó una solución de auto-entrenamiento con el uso del API de reconocimiento de voz de la plataforma Windows Phone 8.1.

La organización de este trabajo está compuesta por cuatro secciones. En la sección dos, Revisión de Literatura, describimos los trabajos e información relevante en TICs y temas relacionados que permiten abordar las soluciones con mayor conocimiento. En la sección tres, Propuestas de Soluciones, detallamos los resultados del esfuerzo plasmado en propuestas. Finalmente, en la sección cuatro, Conclusiones, se resume cómo se ha llegado a la solución para el problema planteado.

## 2. Revisión de Literatura

A continuación, se hará una revisión de la literatura relacionada a las propuestas planteadas antes de abordarlas posteriormente. Con referencia a la propuesta de reconocimiento de señas, se revisó el campo de aplicación de la tecnología de reconocimiento de gestos, los cuales fueron descritos como cuatro por Murthy y Jadon (2009):

- Realidad virtual: Permite una interacción más rea-lista de objetos virtuales en 3D usando ambas manos.

- Interacción robótica: En el campo de la tele-presencia, se puede comandar un robot por medio de gestos, muy similar a una interacción con objetos virtuales [3].
- Aplicaciones de computadoras y tabletas: Los gestos pueden remplazar la activación de comandos que son activados por toques de pantallas o botones.
- Videojuegos: La capacidad de rastrear la mano o cuerpo de un usuario para el control y orientación dentro de un videojuego. Por otro lado, el control de avatares también está dentro de su campo de acción.

En el campo de los sistemas de reconocimiento de señas, Murthy y Jadon (2009) encontraron que estos se basan en tres tipos de aproximaciones para poder obtener la información necesaria para operar:

- Aproximación por modelo kinemático: La forma de procesar consiste en obtener los parámetros de una imagen 2D con base a un modelo 3D. Esta forma de reconocimiento tiene sus limitaciones, la mano de por sí carece de una buena textura y para identificar los bordes se tiene que hacer uso de técnicas de contrastes fuertes.
- Aproximación por vista, es simplemente una comparación intensa de diferentes imágenes de un modelo 2D de la mano, para obtener su significado.
- La aproximación por características de bajo nivel está basada en la argumentación de que no es necesario obtener imágenes de alta calidad, sino que se basan en el uso de algoritmos para identificar puntos críticos de la mano como la palma.

Cuando la primera cámara Kinect sale al mercado, surgen muchas propuestas de reconocimiento de señas (Human Gesture Recognition) por la nueva capacidad de identificar las articulaciones del cuerpo al procesar las imágenes en 3D. Esta funcionalidad resuelve muchos problemas de sistemas similares, cuyas limitaciones exige el uso de varios algoritmos complejos para poder identificar la mano del usuario del resto de la imagen (Asad & Abhayaratne, 2013). A pesar de estas mejoras, esta primera versión de Kinect también tenía limitaciones confirmadas en por el tamaño de las manos a detectar y lo difícil que era identificar los bordes entre los dedos ("Everything Kinect 2", 2014). Para resolver estas nuevas limitaciones, fue necesario, también, aplicar ciertos algoritmos para la identificación del movimiento de los dedos como el Finger-Earth Mover's Distance (FEMD).

Por su parte, Intel lanza al mercado una nueva cámara de reconocimiento de gestos que posee una serie de funcionalidades embebidas para la detección de dedos y pulgares; esta resuelve por sí sola muchas limitaciones de otros sistemas, incluso el mencionado anteriormente (Doss & Raj, 2013). Asimismo, la compañía pone a disposición de los desarrolladores muchos proyectos donde se muestran ejemplos de aplicaciones simples usando las nuevas funcionalidades de rastreo de dedos y pulgares en y su infinidad de usos en soluciones de tecnología (Intel, s.f.-a, s.f.-b).

Con relación a la propuesta de la aplicación interfaz para personas invidentes, se pudo confirmar un mercado actual de aplicaciones móviles que ha ido creciendo a pasos agigantados, incluyendo muchas aplicaciones móviles con características específicas para personas invidentes. La compañía Apple ha liberado en el mercado una considerable cantidad de aplicaciones para problemas específicos de personas invidentes. Tanto Apple como Android presentan soluciones que se enfocan en problemas del día a día que las personas invidentes afrontan, como las siguientes:

- Elección de llamadas por comando de voz (VoiceCommand – Android) ("Google Play, VoiceCommand", s.f.)
- Reconocimiento de billetes (LookTel Money Reader – iOS) (Apple, s.f.)
- Identificación de objetos (ScanLifeBarcode and QR Reader – Android) ("10 Best Android Apps", 2013)
- Navegación (Blind Navigator – Android) ("Google Play, Blind Navigator", s.f.)
- Lectores de Contenido (VoiceOver – iOS/TalkBack - Android) ("Google TalkBack", s.f.; Apple, s.f.)

Todas las aplicaciones que hemos mencionado, excluyendo los lectores de pantalla y la aplicación suite para personas invidentes, tienen otras versiones que realmente no aporta mencionarlas pero sí saber que se han replicado con pocas variantes en sus funcionalidades. Las mencionadas sólo son un vistazo de la gran población de aplicaciones para personas invidentes.

Para abordar la solución de tratamiento de labio leporino, se debe entender un poco más sobre esta discapacidad. Una disfunción del velofaríngeo o labio leporino se refiere a la condición en la que este no se cierra por completo al momento de producir el sonido oral de comunicación.

Se tiene definido tres tipos de disfunción del velofaríngeo (Cincinnati Children's Hospital Medical Center, 2013):

- Insuficiencia velofaríngeal: este tipo se caracteriza por ser un defecto físico en el paladar que evita cerrar por completo la boca con la nariz a nivel del paladar blando.
- Incompetencia velofaríngeal: va relacionado con un desorden neuromotor o psicológico que provoca movimientos estructurales pobres.
- Aprendizaje erróneo del velofaríngeo: va relacionado con el movimiento equivocado del velofaríngeo al emitir sonidos.

En algunos escenarios, después de haber procedido con una cirugía correctiva de la hendidura, el paciente puede desarrollar articulaciones incorrectas al momento de emitir sonidos del habla. Estas anomalías al hablar son conocidas también como producciones compensatorias relacionadas a su previa condición. En consecuencia, el tratamiento principal y básico después de una cirugía correctiva es la retroalimentación auditiva del habla (Cincinnati Children's Hospital Medical Center, 2013). Esta terapia consiste en el contraste del sonido oral que el paciente emite y el sonido correcto que debería emitir ("Top 4 Cleft Palate Speech Therapy", 2012). La terapia de dictado no es efectiva si no se ha realizado una cirugía previa por ser un impedimento físico. El tratamiento de retroalimentación oral se enfoca en una disfunción velofaríngeal relacionada al incorrecto aprendizaje para hablar debido a una condición física previa (Cincinnati Children's Hospital Medical Center, 2013).

### 3. Propuestas de Soluciones

En esta sección presentamos las propuestas de soluciones para personas con discapacidad en las siguientes limitaciones: comunicación de personas invidentes, tratamiento del labio leporino y comunicación de personas sordomudas.

#### 3.1 Propuestas de soluciones

##### Problema

Uno de los problemas que presentan las personas con ceguera es la dificultad del ingreso de texto en los dispositivos móviles que están conformados únicamente con una pantalla táctil, debido a que el teclado táctil está orientado más para las personas sin esta deficiencia.

Existen soluciones que resuelven este problema, simulando un teclado Perkins en un teléfono inteligente para el ingreso de información usando el sistema braille. Se verá esta propuesta con más detalle en la siguiente sección.

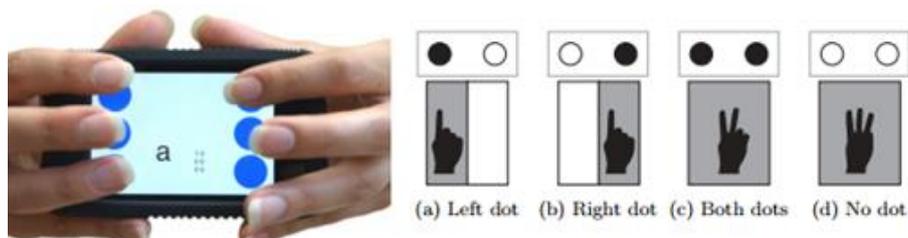
El sistema braille es un código de comunicación que es enseñado como solución para las limitaciones visuales de una persona. En el Perú, entidades como CERCIL (Centro de rehabilitación para Ciegos de Lima) permite que personas que adquieren o nacen con esta limitación puedan aprender este sistema para poder integrarse a la sociedad completamente capacitados. Por otro lado, en entrevistas con el encargado de rehabilitación y capacitación en braille, se mencionó que una de las mayores limitaciones del proceso de aprendizaje es la necesidad de un tipo de enseñanza personalizada. La coyuntura del proceso es tal, que un salón de clase sólo se pueda tener como máximo 10 alumnos. La naturaleza de la limitación misma exige que un profesor guíe personalmente al alumno durante este proceso, cuya duración varía mucho dependiendo de la capacidad del alumno y de la presencia de alguna otra limitación.

### **Trabajos similares**

A continuación se muestran dos soluciones que transforman un teléfono inteligente en un teclado basado en braille.

Frey, Southern y Romero (2011) propusieron y desarrollaron una solución que transforma todo el dispositivo móvil en un teclado braille: BrailleTouch. Este funciona mediante la representación de los caracteres en la pantalla al dividirla en seis bloques. El ingreso de los caracteres se realiza a través de la presión de los distintos puntos del equipo en la pantalla dividida, simulando la generación del carácter. De manera similar, Mascetti, Bernareggi y Belotti (2011) dan otra solución, TypeInBraille, al dar el enfoque de dividir la pantalla por la mitad, en dos sectores. A diferencia de BrailleTouch, el ingreso de cada letra se realiza mediante tres toques en la pantalla, donde cada toque simula al par de puntos de las filas que conforman la letra en braille. La ventaja de TypeInBraille sobre el otro es el hecho que sólo necesita que el dispositivo móvil reconozca mínimamente tres toques simultáneos, mientras que el último puede requerir hasta cinco.

**Figura 1 Ingreso de caracteres en los teclados de BrailleTouch y TypelnBraille**



Fuente: Frey, Southern & Romero, 2011; Mascetti, Bernareggi & Belotti, 2011

Southern, Clawson, Frey, Abowd & Romero (2012) ofrecen una comparación de estas dos soluciones y otras más. Los resultados de este aporte son los siguientes:

- TypelnBraille, solución presentada por Mascetti et al. (2011) donde se ingresa una letra en tres toques basándose en las filas de la letra en braille. Alcanzó una velocidad de 6.3 palabras por minuto con un error de ingreso de 3%.
- BrailleType, solución presentada por Oliveira, Guerreiro, Niclau, Jorge y Gonçalves (2011) donde se ingresa punto por punto. Alcanzó una velocidad de 1.45 palabras por minuto con un 9.7% de error.
- Perkinput, solución presentada por Azenkot, Wobbrock, Prasain y Ladner (2012) donde se ingresa de manera similar que TypelnBraille, sólo que en dos toques y orientado a las columnas de la letra en braille. Alcanzó una velocidad de 6.1 palabras por minuto con un error de 3.5%.
- BrailleTouch, solución presentada por el equipo del autor donde se ingresa la letra mediante la presión coordinada en la pantalla para la representación de la letra. Alcanzó una velocidad de 23.2 palabras por minuto.

Es claro que las soluciones dan una salida para la limitación de ingreso de información. Sin embargo, todavía falta solucionar la brecha de aprendizaje que muchas veces es lo más complicado si se desea que una persona se rehabilite para postular a una universidad. Ninguna de las soluciones plantea una propuesta de autoaprendizaje ni tutorial para una persona que aún no sabe usar teclado braille y mucho menos el sistema braille. Adicionalmente, la limitación relacionada con la cantidad de alumnos por profesor deja muy en claro que la solución como idea debe evolucionar en funcionalidades para brindar una solución más completa. Se puede causar un

gran impacto si se supera esta limitación y se mejora el proceso de aprendizaje con un método más didáctico.

### **Descripción de la propuesta**

Esta propuesta plantea solucionar el problema del aprendizaje del sistema Braille mediante una retroalimentación asistida con el uso de un sintetizador de voz, el reconocimiento de voz y tarjetas NFC con relieves en braille.

En el proceso de aprendizaje braille hay una etapa en la cual se empieza a enseñar el sistema de seis puntos, la cual no puede soportarse en la propuesta por usar maquetas muy grandes para una etiqueta NFC. A pesar de esto, la solución no pierde su impacto ya que esa etapa dura como máximo dos días y es para entender cómo funcionan las conjugaciones del sistema braille.

Seguido de esta etapa, se empieza el adiestramiento con el reconocimiento de las letras, el cual sí puede ser soportado por esta solución. Tarjeta por tarjeta, el usuario podrá ir recibiendo una interpretación de cada relieve cada vez que lo pase por el dispositivo sin necesidad de tener un profesor guiándolo.

Una vez que el usuario se sienta seguro de sus conocimientos, podrá empezar a interpretar los relieves y comandar por voz qué letra cree que le corresponde a la tarjeta. El sistema procesará la voz a texto y comparará con la información que tiene la tarjeta NFC, para luego dar el resultado con el sintetizador de voz.

Adicionalmente, se tendrá una versión mejorada del teclado braille que podrá soportar un tipo de braille abreviado o grado dos (por palabras), además del sistema por letras.

### **Descripción de la arquitectura**

Dentro de los componentes de la propuesta, se plantea utilizar un dispositivo móvil Nokia Lumia 1520. Este dispositivo soporta una cantidad de diez “touch-points”, convirtiéndolo en el candidato perfecto para el sistema de seis puntos de Braille. Sea este hardware u otro dispositivo con la misma cantidad de “touch-points”, este debe tener un controlador KMDf de NFC para la intercomunicación del sistema operativo con etiquetas de proximidad. Este tipo de controladores son propios de un dispositivo móvil y es por esta razón que se elige el modelo Nokia Lumia.

Otro componente de la arquitectura es el Sintetizador de voz, el cual está incorporado en el sistema operativo Windows Phone 8.1. Esta tecnología permite emitir mensajes de voz que serán

usados en el proceso de retroalimentación para informar al usuario mientras ingresa el mensaje. Internamente se estará realizando una concatenación de las letras y/o palabras que formarán el mensaje final. Adicionalmente, el usuario podrá realizar un gesto sobre la pantalla, de izquierda a derecha, para recibir retroalimentación de lo que va concatenando como texto.

Near Field Communication (NFC) es una tecnología que permite reconocer tarjetas NFC mediante el uso de radio frecuencia de corto alcance. Con esto se puede almacenar información en pequeños dispositivos para luego ser consultados mediante el uso de un Smartphone. El sistema operativo usa un tipo controlador de comunicación por proximidad (NFC DDI) para intercambiar información con estas tarjetas, las cuales serán parte fundamental del proceso de autoaprendizaje (Microsoft, s.f.-a, s.f.-b, Rouse, 2007).

Para comprobar lo aprendido en el sistema braille por parte del usuario, el proceso de auto-evaluación se soportará en el reconocimiento de voz que viene integrado en el sistema operativo. Este componente es un API dentro de la plataforma Windows Phone 8.1, el cual será implementado en la aplicación para automatizar este proceso.

**Figura 2 Arquitectura de la aplicación del teclado braille con funcionalidades de autoaprendizaje**



Elaboración propia.

Esta arquitectura supera a las otras versiones de teclado braille a nivel de funcionalidad, el cual se ve reflejado en el uso de tres componentes a nivel de sistema operativo: el sintetizador de voz, el reconocimiento de voz y el servicio de proximidad para las tarjetas NFC. Al incluir estos componentes se puede soportar los procesos que se aspira mejorar en el aprendizaje del sistema braille.

## Descripción del proceso

La forma procesamiento de la propuesta está separada en tres procesos:

- El primero consiste en el almacenamiento de información de letras o palabras en tarjetas NFC junto con el relieve braille respectivo. Estas tarjetas, una vez tengan información almacenada, se usarán como herramienta para entrenar al usuario con el reconocimiento táctil de los relieves braille con una retroalimentación del sintetizador de voz.

**Figura 3 Proceso del registro de información de la tarjeta NFC al dispositivo móvil**



Elaboración propia.

- El segundo se basa en la comparación de lo que el usuario ha interpretado del relieve de una tarjeta con la interpretación que la tarjeta posee. El sistema resolverá la comparación y comunicará al usuario por medio del sintetizador de voz.

**Figura 4 Proceso de evaluación de la respuesta descrita por el usuario mediante reconocimiento voz**



Elaboración propia

- El tercer proceso se basa en un algoritmo simple de reconocimiento de toques en la pantalla del móvil, organizadas por regiones transversales. El proceso de reconocimiento de puntos de toque está relacionado a estas regiones, las cuales tienen asignada uno de los seis puntos del sistema braille, respectivamente. Una vez se detecte que una conjugación de las regiones ha sido seleccionada, se procesa la combinación y se obtiene una letra o palabra, si esta corresponde a la combinación realizada.

**Figura 5 Proceso funcional para el teclado braille mediante reconocimiento de toques en la pantalla**

Elaboración propia.

Los algoritmos varían dependiendo de cómo se desea desarrollar el reconocimiento de los puntos de toque y muchas veces depende del dispositivo móvil. Afirmamos que la capa de software de esta solución es poco relevante por la simplicidad de esta y dependerá exclusivamente de cómo se aborde en la instanciación y de la experiencia del desarrollador con Windows Phone 8.1.

### 3.2 Sistema de reconocimiento de señas con Intel Gesture Camera

#### Problema

El problema de las personas sordomudas es la comunicación al no poder emitir sonidos y recibir mensajes por medio auditivo. Para solucionar esta limitación se hace uso del lenguaje de señas, el cual consiste en una serie de combinaciones de gestos con las manos para enviar y recibir mensajes con otros que sepan este lenguaje. Sin embargo, no todas las personas conocen este sistema. En los últimos cinco años, han surgido sistemas basados en TIC que dan solución al problema de comunicación de forma parcial. Esto es logrado con la implementación de una nueva interfaz que permite reconocer y procesar señas, con la aplicación de complejos algoritmos para procesar las imágenes capturadas por diferentes tipos de cámaras.

#### Trabajos similares

Existen varias soluciones para el reconocimiento de señas desde varios años atrás. Todas tratan, en diferentes formas, de solucionar la complejidad del reconocimiento de las señas, ya sea por medio del reconocimiento visual o por el uso de sensores. Murthy y Jadon (2009) resumen las mejores y más completas soluciones relacionadas al reconocimiento de señas hasta el 2009 por visión o sensores.

Starner y Pentland desarrollaron un sistema basado en el reconocimiento visual con una cámara 2D. El sistema soporta el sistema americano de lenguaje de señas y es capaz de reconocer 14

gestos en tiempo real para manipular pantallas de un ordenador y objetos de este (en Murthy & Jadon, 2009).

Hasanuzzaman, Ampornaramveth, Bhuiyan, Shirai y Ueno presentaron un sistema de reconocimiento de gestos basados en la captura de imágenes (en Murthy & Jadon, 2009). El algoritmo de reconocimiento de las manos está basado en una segmentación de las tonalidades de piel y la relación por patrones. Parte de este procesamiento combinaba otros algoritmos, el coeficiente de correlación y el mínimo calificado por distancia, para la interpretación de las señas. Este prototipo fue capaz de reconocer diez gestos con las manos y dos gestos faciales, los cuales eran retransmitidos a robots a través de una plataforma de software. Este sistema realiza el reconocimiento de patrones de imágenes con una cámara 2D (Murthy & Jadon, 2009).

Elena Sánchez-Nielsen, Luis Anton-Canalís y Mario Hernández desarrollaron un sistema de reconocimiento de señas con base a la captura rápida de segmentación para la obtención de la imagen de una mano en movimiento. Para el reconocimiento de gestos, hace uso de la métrica "Hausdorff" para la comparación de formas. El sistema obtuvo como resultado el reconocimiento de 26 gestos con las manos, con un 90% de precisión (en Murthy & Jadon, 2009).

AdityaRammamoorthy, NamrataVaswani, SantanuChaudhury y SubhashisBanerjee realizaron un trabajo similar usando un algoritmo que procesa las imágenes antes de llegar a una posición estacionaria. De esta forma, mejoraron la rapidez con la que se obtiene una interpretación de las imágenes. El algoritmo que se usa para el reconocimiento de señas está basado en el Modelo oculto de Márkov, que consiste en obtener el valor oculto en un instante de tiempo, en este caso, la seña que el usuario desea realizar (en Murthy & Jadon, 2009).

Ren, Meng, Yuan y Zhang (2011) crearon un sistema robusto de reconocimiento de señas con base al reconocimiento de imágenes en 3D. Este sistema usa la cámara de profundidad del Kinect para poder reconocer las manos del resto del cuerpo en adición al reconocimiento RGB. Para el reconocimiento de señas, se hace uso de la métrica "Finger-Earth Mover's Distance" (FEMD), que compara la distancia entre las distribuciones de dos imágenes 2D, extrapoladas de los modelos 3D capturados por la cámara Kinect. La precisión del reconocimiento de señas de este sistema es de 90.6% para cálculos aritméticos y lógicos de comparación de valores, de las señas interpretadas.

Después de haber revisado estos trabajos, se concluye que, en general, estas soluciones tienen un desempeño aceptable para el reconocimiento de señas, pero sus limitaciones van relacionadas a la complejidad de sus algoritmos y a la limitada cantidad de gestos capaces de reconocer. Adicionalmente, en muchos casos, la correcta interpretación depende de la velocidad del movimiento de las manos. En la vida real, una persona que se comunica por medio de señas puede interpretar una cantidad de gestos con las manos a una velocidad relativamente rápida.

### **Descripción de la propuesta**

Ya se ha mencionado una serie de propuestas que abordan problemas similares al planteado en este trabajo, sin embargo, en ninguna se describe una solución completa para limitaciones del habla.

Esta propuesta consiste en crear un sistema robusto para el reconocimiento de señas, habilitando la comunicación de personas que no practiquen el lenguaje de señas. Para lograr dicha comunicación, se hará uso de un ordenador para la automatización de la lógica de interpretación de señas y una cámara Intel Gesture, para conocimiento de dedos, pulgar y articulaciones.

La ventaja de esta solución está en el uso de una plataforma que facilita el procesamiento de reconocimiento de los dedos con un nivel de precisión muy superior a otras propuestas. Asimismo, se hará uso del sintetizador de voz del sistema operativo Windows 8 para completar el ciclo de comunicación una vez se tenga procesado el mensaje.

### **Descripción de la arquitectura**

La arquitectura de esta propuesta tiene perspectivas a nivel de software y componentes de hardware de otros proveedores.

La perspectiva física está compuesta por dos componentes básicos: un ordenador con el sistema operativo Windows 8 y una cámara Intel Gesture. Esta cámara capturará la información del usuario, para luego ser procesada por el software intérprete que debe ser desarrollado y desplegado en el ordenador. Este último servirá también de emisor de mensajes una vez se haya logrado procesar la información con el software intérprete.

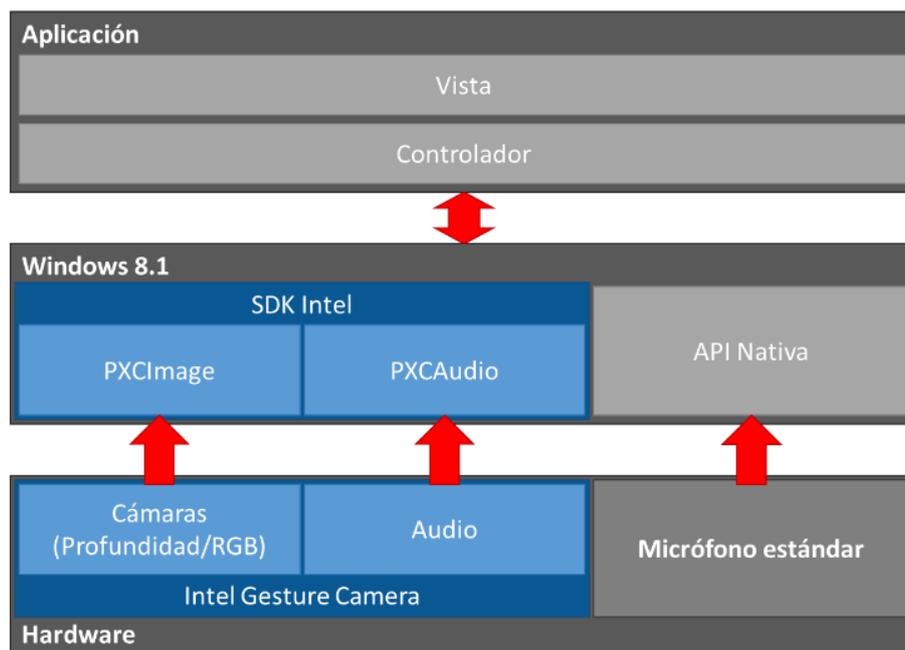
La primera capa de software es la de drivers y controladores de buses de información para la cámara y audio. La siguiente capa también tiene componentes de software, estos están disponibles para acceder a la información de las imágenes y sonidos capturados por los

dispositivos electrónicos de la cámara. En esta se encuentra el módulo PXCImage, el componente de software que tiene las funcionalidades para acceder a la información capturada por los sensores de la cámara Intel. Este habilitará las funcionalidades por medio de código de programación, para el diseño de los algoritmos necesarios para la interpretación de señas. Adicionalmente, se hará uso del módulo PXCAudio para la información que recibirá el usuario en casos de limitaciones auditivas.

El software intérprete podrá acceder a las funcionalidades de detección de dedos por medio del módulo PXCImage. Este aplicará un algoritmo sencillo relacionado a los pulgares, los dedos y cercanía con el centro de la palma para las diferentes señas. Para interpretaciones más complejas como el uso de los brazos, se hará uso de las funcionalidades de reconocimiento de extremidades y articulaciones. La ventaja de esta nueva plataforma es la reducción, casi perfecta, del margen de error en el reconocimiento de las articulaciones de la mano y extremidades, sin necesidad de aplicar demasiadas capas de código. Esto permite mejorar y ampliar el vocabulario que el sistema puede reconocer, una desventaja que otros sistemas presentaban.

Por otro lado, otro componente de software de esta arquitectura es el API nativo de Windows para poder enviar datos de salida con el sintetizador de voz. Este permitirá automatizar los procesos de voz que servirán como nueva interfaz para que el usuario transmita los mensajes ya procesados.

El software intérprete, el último componente de esta propuesta, estará diseñado bajo un modelo similar al MVC, haciendo uso del concepto de centralización de las funcionalidades. Los periféricos del sistema interactuarán con el Controlador y, a su vez, enviarán las respuestas por estos mismos o directamente a la Vista de la aplicación, en caso de un proceso Voz-Texto.

**Figura 6 Arquitectura para el Sistema de Reconocimiento de Señas con Intel Gesture Camera**

Elaboración propia

La ventaja que este sistema presenta en su arquitectura es la baja complejidad en el proceso de interpretación de señas y la amplia precisión. La forma de procesar las señas se basa en la ubicación de cada una de estas articulaciones y su distribución alrededor del centro de la mano. De esta forma, se mejora el desempeño y la capacidad de interpretar una gran cantidad de señas por la identificación de cada dedo de la mano. Las otras soluciones aplicaban algoritmos para procesar las imágenes, reduciendo el desempeño por la aplicación de búsquedas en una serie de condiciones en una base de datos.

### Descripción del proceso

El proceso principal de esta solución consiste en el reconocimiento e interpretación de señas, y emisión del mensaje procesado. Seguido de esto, puede recibirse información en forma de audio que será mostrada en pantalla, en caso la persona presente limitaciones auditivas.

El proceso inicia cuando el usuario empieza a realizar gestos para la interpretación de estos. La información es capturada por las cámaras del dispositivo Intel y dispuestas al sistema operativo para poder ser accedida por el controlador por medio del módulo de software PXImage.

Una vez que la información ha sido recibida por el Controlador, se hace uso de los algoritmos para interpretar los puntos obtenidos. Los algoritmos estarán orientados a interpretar la ubicación de cada uno de los dedos. La conjugación de posiciones de estos elementos son señas que deberán ser procesadas por un algoritmo desarrollado en la instanciación.

Este proceso será repetitivo mientras se detecte que el usuario está realizando gestos.

Posteriormente, el controlador enviará las cadenas de texto obtenidas de la interpretación para poder ser emitidas por el sintetizador de voz.

**Figura 7 Proceso básico para el reconocimiento de señas**



Elaboración propia

El proceso de retroalimentación dependerá si el usuario presenta limitaciones auditivas y necesite que el mensaje auditivo que reciba sea dispuesto en formato texto. Este proceso parte de la cámara Intel, el cual permite reconocer la voz y disponerla al módulo de audio PXCAudio para poder entregar la cadena de texto al controlador y este mostrarla en la Vista.

### 3.3 Aplicación suite para personas invidentes

#### Problema

Actualmente existen una considerable cantidad de aplicaciones móviles y muchas otras aplicaciones que están orientadas a brindar accesibilidad a las personas invidentes.

Sin embargo, el problema de la navegabilidad para las personas invidentes se ha vuelto una dificultad que vale el esfuerzo evaluar soluciones. Adicionalmente, cabe resaltar que una persona invidente hacen uso de una cantidad considerable de aplicaciones móviles para poder hacer actividades diarias como salir a comer o incluso localizar un banco para realizar alguna diligencia.

Existen funcionalidades en los diferentes sistemas operativos que le permiten acceder a aplicaciones por medio de la voz. Sin embargo, es un requerimiento de privacidad habilitar a la persona invidente a no necesitar alzar la voz constantemente para acceder funcionalidades de uso diario.

### Trabajos similares

La concepción de una solución integrada de varias aplicaciones no ha sido construida en ninguna otra plataforma móvil que en Android hasta el momento. El nombre de esta App es Mobile Accessibility y consiste en un sets de botones donde se accede a funcionalidades básicas y necesarias para una persona con limitaciones visuales (Code Factory, s.f.):

- Llamadas: Pueden escuchar el nombre del contacto que está llamando
- Contactos: Administración de contactos
- SMS: Mensajería
- Alarmas
- Web
- Calendario
- Email
- Geolocalización: Permite al usuario invidente ubicarse geográficamente por medio de una voz sintetizada
- Apps: Permite acceder a otras aplicaciones ya instaladas
- Configuración: Configuración general de características como notificaciones, eco de teclado, etc.

### Descripción de la propuesta

La solución que se plantea desarrollar es una única interfaz para el usuario invidente con el objetivo de volver accesible el teléfono móvil. Esta interfaz tendría un fácil acceso para las siguientes aplicaciones:

- Llamadas
- Contactos
- SMS
- Alarmas
- Web

- Calendario
- Email
- Geolocalización y Búsqueda de lugares
- Apps: Permite acceder a otras aplicaciones ya instaladas
- Configuración: Configuración general de características como notificaciones, eco de teclado, etc.
- Detector de Billetes
- Lector de Libros en formato DAYSI

Adicionalmente, se plantea agregar nuevas funcionalidades de ingreso de información por medio del reconocimiento de voz y el uso de un teclado braille, idéntico a la primera propuesta.

La factibilidad de desarrollo está sustentada por la existencia de otras soluciones similares. El alcance de la solución puede definirse en la instanciación de la propuesta al tener más información sobre recursos y capacidad de desarrollo.

### **Descripción de la arquitectura**

Los componentes de esta propuesta son bastante comunes y no se mencionarán muchos detalles a nivel técnico por no ser la esencia de la propuesta.

El primer componente es el sistema operativo, el cual ofrecerá todos los componentes de software necesarios para soportar las otras aplicaciones.

El siguiente componente es la aplicación interfaz, que soportará todas las aplicaciones mencionadas en la descripción y servirá como nuevo medio para interactuar con el dispositivo móvil.

Los siguientes componentes son las aplicaciones que se mencionaron en la descripción. Cada una de estas debe ser desarrollada y se integrarán con la interfaz.

La esencia principal de la propuesta es el planteamiento de la propuesta en la plataforma Windows Phone 8, con la funcionalidad del reconocimiento de billetes y la habilitación del nuevo tipo de ingreso de información, el teclado braille.

**Figura 8 Arquitectura para la Aplicación suite para personas invidentes**

Elaboración propia

### Descripción del proceso

La forma como se realizarían las mensajerías será mediante la aplicación teclado braille integrado. Por otro lado, un “voice recognition” y “screenreader” serían los encargados de soportar el proceso de realizar llamadas, ya sea por medio de reconocimiento de voz o navegación por el listado de los contactos. Cabe mencionar que el “screenreader” o lector de pantalla ofrece una navegación asistida por medio de un sintetizador de voz al dictar las opciones por las que se navega. Para poder navegar por una ciudad o realizar una búsqueda rápida de un establecimiento comercial, se empleará la aplicación de Geolocalización con el uso de voicerecognition y/o screenreader.

Para la lectura de libros, se plantea desarrollar e integrar un software que permita la lectura de libros en formatos especiales como DAISY. Sin embargo, no deja la posibilidad de que se use el Screen Reader para acceder a archivos pdf u otras extensiones para información digital.

El resto de aplicaciones no se mencionarán por lo trivial de sus funcionalidades, como la aplicación alarma.

En resumen, esta propuesta propone abarcar plataformas en donde otras aplicaciones similares no se han implementado. Adicionalmente, se agregan funcionalidades que son de gran aporte,

como el lector de libros DAYSI, el reconocimiento de billetes y la funcionalidad de ingreso de información con el sistema braille.

### 3.4 Tratamiento post-cirugía de labio leporino

#### Problema

El tratamiento post-cirugía de labio leporino es una intervención física que resuelve casi el 80% del problema del habla o nasalidad al momento de pronunciar palabras.

A pesar de una intervención de quirúrgica, el paciente puede presentar ciertos comportamientos al momento de hablar, muy similares a uno que no ha recibido tratamiento. Esto se debe a que hay un mal aprendizaje que proviene del tiempo que se vivió con la malformación y que debe ser corregido por medio de entrenamiento.

Para estas sesiones, se hace uso de herramientas físicas que conectan la nariz al oído del paciente. De esta forma se puede entrenar al paciente a hablar correctamente ya que no presenta aberturas en el palatino superior blando. Es cuestión de recibir un entrenamiento neuromotor del habla.

Estas sesiones son, en su gran mayoría, acompañadas por terapeutas que dan consejos con base a lo que van escuchando de los pacientes.

La propuesta que se plantea va orientada a apoyar este proceso con una herramienta que reconozca los sonidos emitidos del paciente y provea de las recomendaciones necesarias de un terapeuta.

#### Trabajos similares

Actualmente no existen soluciones orientadas precisamente a un tratamiento post-cirugía de labio leporino. Sin embargo, sí existen aplicaciones que están orientadas al reconocimiento de fonemas para entrenamiento del habla de personas en sus primeros años académicos.

Existen aplicaciones que soportan el reconocimiento de pronunciación para el entrenamiento de lectura de niños que están aprendiendo a hablar. Asimismo, existen varias decenas de aplicaciones que se basan en las funcionalidades de pronunciación como la aplicación "Pronunciation Guide" en la Windows Phone ("Pronunciation Guide", s.f.). Así como esta, existen otras aplicaciones similares que ofrecen aprendizaje de varios otros lenguajes que están con base

a una comparación de textos tomando como fundamento un léxico (“Learn Pronunciation English”, s.f.).

### **Descripción de la propuesta**

Esta propuesta plantea mejorar un proceso terapéutico para niños que se han sometido a una operación correctiva de labio leporino.

La aplicación consistirá en la retroalimentación y evaluación de cómo el paciente está pronunciando las palabras mediante el reconocimiento de fonemas. El sistema podrá identificar los defectos en la pronunciación y ofrecer recomendaciones con base a dichos defectos. Las recomendaciones serán de tipo terapéutico y ofrecerán la retroalimentación necesaria para que el usuario pueda mejorar mientras es evaluado con nuevas palabras.

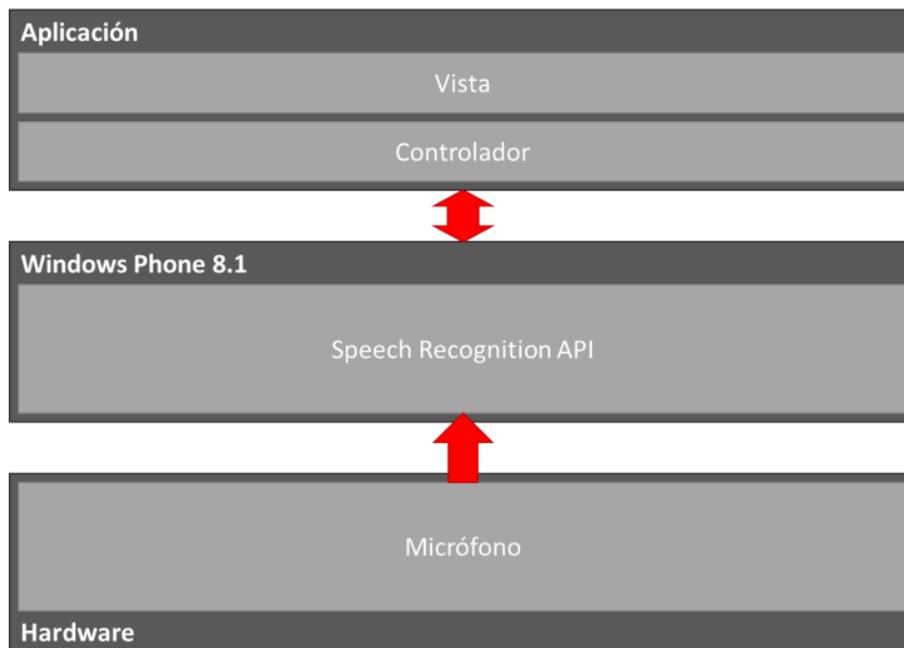
El aporte esencial de la propuesta está enfocado en la aplicación de una lógica de programación para brindar las recomendaciones adecuadas con relación a los errores identificados.

### **Descripción de la arquitectura**

La arquitectura de esta propuesta está enfocada exclusivamente en componentes de software. El primer componente de software es el API Speech Recognition de Windows Phone 8.1. Este dispone de las funcionalidades necesarias para poder acceder a la información que son captadas por el dispositivo móvil. El API posee funcionalidades que permite reconocer una palabra dependiendo de la configuración del léxico que tenga el sistema operativo. Adicionalmente, se podrá interpretar palabras que no sean propias del léxico configurado y enviarlas en formato texto a la aplicación que la llame. Esta última funcionalidad es muy importante para identificar los errores en pronunciación y dependerá del léxico del idioma configurado.

El siguiente componente de software es la aplicación móvil desplegada en el sistema operativo del teléfono inteligente. Este estará diseñado bajo un esquema MVC, haciendo uso del concepto de centralización de las funcionalidades.

La aplicación realizará el procesamiento de las palabras y retornará el resultado con las recomendaciones relacionadas a los errores identificados en la pronunciación. A pesar de ser una propuesta nueva en el enfoque del problema a solucionar, la arquitectura es muy similar a cualquier otra aplicación que usa las funcionalidades de reconocimiento de voz.

**Figura 9 Arquitectura para la Aplicación de tratamiento post-cirugía de Labio Leporino**

Elaboración propia

### Descripción del proceso

El proceso principal de la aplicación es el reconocimiento de voz. El proceso inicia cuando la aplicación indica al usuario, de forma textual, pronunciar una palabra. Las vibraciones en el aire son capturadas por componentes de Hardware del dispositivo y dispuestas al sistema operativo.

Posteriormente, el Controlador recibirá la información por medio del API de reconocimiento de voz para proceder a comparar la palabra captada con la palabra mostrada en un inicio. El API podrá darle una pronunciación a la palabra que se capturó si este no aparece en el léxico configurado. Con esta “nueva” palabra se podrá identificar qué sílabas o letras el usuario no está pronunciando correctamente. Para estos errores, se brindarán las recomendaciones respectivas que usualmente se daría en una terapia de pronunciación.

Una vez que se tenga el resultado, este se mostrará al usuario de forma textual en la vista.

**Figura 10 Proceso para el análisis de fonemas mediante el reconocimiento de voz**

Elaboración propia

## 4. Conclusión

Se ha planteado las propuestas innovadoras con base a la necesidad general de soluciones adaptativas. Estas propuestas son consideradas como aporte, ya sea por la aplicación de una nueva versión de la tecnología o la concepción de una nueva solución. La propuesta de reconocimiento de señas usa una cámara Intel con funcionalidades de reconocimiento de dedos y pulgares, solucionando la limitación de comunicación de personas sordomudas. La solución para la terapia de recuperación post-cirugía de labio leporino es una propuesta completamente nueva e innovadora. Finalmente, la propuesta de teclado braille con funcionalidades de autoaprendizaje y la suite de aplicaciones de apoyo para personas invidentes son mejoras de sistemas similares para problemas de comunicación.

## Referencias

- Apple. (s.f.). Apple - Accessibility -iOS [página web]. Recuperado de <https://www.apple.com/accessibility/ios>.
- Azenkot, S., Wobbrock, J. O., Prasain, S., Ladner, R. E. (2012). *Input Finger Detection for Nonvisual Touch Screen Text Entry in Perkinput*. Paper presented at Graphics Interface. Conference 2012, Canadian Information Processing Society, Toronto.
- Cincinnati Children's Hospital Medical Center (2013). Velopharyngeal Dysfunction [página web]. Recuperado de <http://www.cincinnatichildrens.org/health/v/velopharyngeal/> . .
- Code Factory (s.f.). App Store for Blind and Visually Impaired People [Página web]. Recuperado de <http://www.codefactory.es/en/products.asp?id=415>.
- Doss, S. & Raj, C. (2013, 21 de agosto). Developing applications using Intel® Perceptual Computing Technology. *Intel Developer Zone*. Recuperado de <https://software.intel.com/en-us/articles/developing-applications-using-intel-perceptual-computing-technology>.
- Everything Kinect 2 In "One" Place! (See What I Did There?). (2014, 3 de febrero). Recuperado de <http://123kinect.com/everything-kinect-2-one-place/43136/>.
- Frey, B., Southern, C., Romero, M. (2011). BrailleTouch: Mobile Texting for the Visually Impaired. En Stephanidis, C. (Ed.). *Universal Access in Human Computer Interaction 6th International Conference, UAHCI 2011, Held as Part of HCI International 2011, Orlando, FL, USA, July 9-14, 2011, Proceedings, Part III* (19-25). Berlin: Springer-Verlag. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-21666-4\\_3](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-21666-4_3).
- Google TalkBack - Aplicaciones Android en Google Play. (s.f.). Recuperado de [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.marvin.talkback&hl=es\\_419](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.marvin.talkback&hl=es_419).
- Google Play, Voice Command - Aplicaciones Android en Google Play. (s.f.). Recuperado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ToxicBakery.apps.voicecommand>.

Google Play, Blind Navigator - Aplicaciones Android en Google Play. (s.f.). Recuperado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.blindnavigator> .

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). *Primera Encuesta Nacional Realizada sobre la Discapacidad 2012*. Recuperado de [http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1171/ENEDIS%202012%20-%20COMPLETO.pdf](http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1171/ENEDIS%202012%20-%20COMPLETO.pdf)

Intel. (s.f.-a). Intel® Perceptual Computing SDK Tutorials [página web]. Recuperado de <https://software.intel.com/en-us/articles/intel-perceptual-computing-sdk-tutorials>.

Intel. (s.f.-b). Intel Developer Zone [página web]. Recuperado de [https://software.intel.com/en-us/search/site/?f\[0\]=bundle%3Aarticle](https://software.intel.com/en-us/search/site/?f[0]=bundle%3Aarticle).

Learn Pronunciation English | Windows Phone Apps + Game Store (United States) (s.f.). Recuperado de <http://www.windowsphone.com/en-us/store/app/learn-pronunciation-english/0de5e6a9-3d84-4e0e-bf68-1dd3d9aa26ca>.

Ley General de la Persona con Discapacidad. Ley N° 29973 del Perú (2012).

Mascetti, S., Bernareggi, C. & Belotti, M. (2011). *TypeInBraille: Quick Typing on Smartphones by Blind Users*. Recuperado de [http://homes.di.unimi.it/~mascetti/Sergio\\_Mascetti\\_home\\_page/Research\\_files/TR39-2011.pdf](http://homes.di.unimi.it/~mascetti/Sergio_Mascetti_home_page/Research_files/TR39-2011.pdf).

Microsoft. (s.f.-a). Windows NFC Enabled Smartphones. Recuperado de <https://www.microsoft.com/en-gb/mobile/nfc-phones/>.

Microsoft. (s.f.-b). Design Guide (Windows Drivers). Recuperado de [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/dn928206\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/dn928206(v=vs.85).aspx).

Murillo Hernández, R. (2008). La Inclusión de las Personas con Discapacidad: *Sistematización de la intervención de PROPOLI en discapacidad: Lecciones aprendidas y recomendaciones para futuras intervenciones*. Recuperado de <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/2019/1/BVCi0001650.pdf>.

- Murthy, G. R. S. & Jadon, R. S. (2009). A review of vision based hand gestures recognition. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, 2(2), 405–410.
- Oliveira, J., Guerreiro, T., Niclau, H., Jorge, J., Gonçalves, D. (2011). BrailleType: Unleashing Braille over Touch Screen Mobile Phones. En Campos, P., Graham, N., Jorge, J., Nunes, N., Palanque, P. & Winckler, M. (Eds.). *Human-Computer Interaction - INTERACT 2011 13th IFIP TC 13 International Conference, Lisbon, Portugal, September 5-9, 2011, Proceedings, Part I*. (100-107). Berlin: Springer-Verlag. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23774-4\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-23774-4_10).
- Organización Mundial de la Salud & Organización Panamericana de la Salud. (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud*. Recuperado de [http://conadis.gob.mx/doc/CIF\\_OMS.pdf](http://conadis.gob.mx/doc/CIF_OMS.pdf).
- Pronunciation Guide | Windows Phone Apps + Game Store (United States) (s.f.). Recuperado de <http://www.windowsphone.com/en-us/store/app/pronunciation-guide/05f729b1-5279-e011-986b-78e7d1fa76f8>.
- Ren, Z., Meng, J., Yuan, J. & Zhang, Z. (2011). *Robust Hand Gesture Recognition with Kinect Sensor*. In Conference Proceedings of the 19th International Conference on Multimedia 2011, Scottsdale, AZ.
- Rouse, M. (2007). What is Near Field Communication (NFC)? Recuperado de <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Near-Field-Communication>.
- Southern, C., Clawson, J., Frey, B., Abowd, G. & Romero, M. (2012). *An Evaluation of Braille Touch Mobile Touchscreen Text Entry for the Visually Impaired*. In MobileHCI '12 Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, New York. <http://dx.doi.org/10.1145/2371574.2371623>.
- 10 Best Android Apps for the Visually Impaired. (2012, 3 de noviembre). *Apps4Android*. Recuperado de <http://www.apps4android.org/?p=4107>.
- Top 4 Cleft Palate Speech Therapy Techniques. (2012, 12 de noviembre). Recuperado de <http://www.speechbuddy.com/blog/speech-therapy-techniques/top-4-cleft-palate-speech-therapy-techniques>.