

APLICACIÓN BASADA EN ENTORNO 3D Y SENSOR LEAP MOTION PARA LA  
ENSEÑANZA DE PALABRAS CLAVE EN LENGUAJE DE SEÑAS EN CHÍA,  
CUNDINAMARCA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

JHON ANDERSON CAMARGO DUARTE

ROSARIO GIRALDO FLÓREZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN CHÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

2019

APLICACIÓN BASADA EN ENTORNO 3D Y SENSOR LEAP MOTION PARA LA  
ENSEÑANZA DE PALABRAS CLAVE EN LENGUAJE DE SEÑAS EN CHÍA,  
CUNDINAMARCA

JHON ANDERSON CAMARGO DUARTE

561214211

ROSARIO GIRALDO FLÓREZ

561214227

DIRECTOR

INGENIERO EDISON CAÑÓN

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN CHÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos ampliamente a nuestro director de proyecto, el ingeniero Edison Cañón, por su constante colaboración, paciencia y buen trato para con nosotros siempre que alguna duda surgía.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres y hermanas, que siempre estuvieron a nuestro lado, no solo apoyando este proyecto, dándonos su valiosa opinión, sino también desde siempre, permitiéndonos ser las <sup>personas</sup> que somos hoy.

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo con la intención de enseñar gestos básicos del lenguaje de señas colombiano -en la sabana norte de Bogotá, más específicamente, en Chía-, siguiendo los lineamientos establecidos por diversos autores; se buscaba motivar al público objetivo por medio de una herramienta diferente y relativamente novedosa –implementando un sensor LEAP Motion y un entorno gráfico 3D en Unity, que permitiera una interacción más natural entre la persona y la máquina-, para ello, se implementó la metodología RUP, por las diferentes tareas y etapas que maneja.

Una vez implementada la herramienta, se puede observar que las personas se muestran considerablemente más motivadas a la práctica del lenguaje de señas por medio de una solución como la propuesta, ya que es más fácil e interactiva que las típicas cátedras de educación. Se puede observar que la persona puede registrar en su memoria a largo plazo el gesto cuando lo realiza *jugando*, ya que es más fácil recordar las cosas por *gusto* y no por *obligación*.

De igual manera, es importante resaltar las múltiples aplicaciones que se le puede dar al sensor LEAP Motion junto a un entorno gráfico para la enseñanza de las señas manejadas por los sordos, ya que al captar las manos y sus partes, permite unas validaciones más precisas.

Cabe resaltar que la inclusión social es un tema que le concierne a todas las personas de la sociedad, nadie está exento de verse afectado por alguna inhabilidad, o de tener algún miembro cercano padeciéndola, de igual manera, cabe resaltar que –de manera específica- la Universidad tiene un fin social, y cualquier aporte para el mismo es importante y relevante.

## PALABRAS CLAVE

Entorno 3D, Herramienta, Inclusión social, Interfaces naturales, Lenguaje de señas, Sensor LEAP Motion, Sordera.

## **ABSTRACT**

The present work was carried out with the intention of teaching basic gestures of Colombian sign language - in the northern savannah of Bogota, more specifically, in Chia -, following the guidelines established by various authors; The aim was to motivate the target audience through a different and relatively new tool - by implementing a LEAP Motion sensor and a 3D graphic environment in Unity, which would allow a more natural interaction between the person and the machine - for this purpose, the methodology was implemented RUP, for the different tasks and stages it handles.

Once the tool is implemented, it can be seen that people are considerably more motivated to practice sign language through a solution like the one proposed, since it is easier and more interactive than the typical chairs of education. It can be seen that the person can record in his long-term memory the gesture when he does it *playing*, since it is easier to remember things for *pleasure* and *not for obligation*.

In the same way, it is important to highlight the multiple applications that can be given to the LEAP Motion sensor together with a graphic environment for teaching the signs handled by the deaf, since when capturing the hands and their parts, it allows more precise validations.

It should be noted that social inclusion is an issue that concerns all people in society, no one is exempt from being affected by any disability, or having a close member suffering from it, in the same way, it should be noted that - specifically - The University has a social purpose, and any contribution to it is important and relevant.

## **KEYWORDS**

3D environment, Deafness, LEAP Motion sensor, Natural interfaces, Sign language, Social inclusion, Tool.

## Tabla de contenido

<b>1. PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	20
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	21
<b>2.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	21
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	21
<b>3 ALCANCES Y LIMITACIONES</b> .....	22
<b>3.2 ALCANCES</b> .....	22
<b>3.3 LIMITACIONES</b> .....	22
<b>4 JUSTIFICACIÓN</b> .....	23
<b>5 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	28
<b>6 MARCO TEÓRICO</b> .....	29
<b>6.1 MARCO REFERENCIAL</b> .....	29
<b>6.2 MARCO CONCEPTUAL</b> .....	35
<b>6.3 MARCO LEGAL</b> .....	38
<b>6.4 MARCO INGENIERIL</b> .....	39
<b>6.4.1 LENGUAJE DE SEÑAS</b> .....	39
<b>6.4.2 SENSOR LEAP MOTION</b> .....	42
<b>6.4.3 UNITY 3D</b> .....	53
<b>6.4.4 XAMPP</b> .....	56
<b>7 METODOLOGÍA</b> .....	57
<b>8 DESARROLLO DEL PROYECTO</b> .....	61
<b>8.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA</b> .....	61
<b>8.1.1 MODELADO DEL NEGOCIO</b> .....	61

<b>8.1.2 Casos de Uso</b> .....	65
<b>8.1.3 Análisis y Diseño</b> .....	68
<b>8.1.4 Pantallas de la Aplicación</b> .....	70
<b>8.1.5 Programación</b> .....	72
<b>9 TESTER</b> .....	79
<b>10 CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>11 RECOMENDACIONES</b> .....	85
<b>12 PROYECCIONES</b> .....	86
<b>REFERENCIAS</b> .....	87

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Manejo vs Interés.....	18
Figura 2 – Posiciones Sensor LEAP Motion.....	31
Figura 3 – FiMan en Funcionamiento.....	32
Figura 4 – Sensor LEAP Motion.....	42
Figura 5 – Distorsiones de la Imagen.....	45
Figura 6 – Distorsión Compleja.....	45
Figura 7 – Separación de las Cámaras en el Eje X.....	47
Figura 8 – Sistema de Coordenadas.....	48
Figura 9 – Objeto Hand.....	49
Figura 10 – Estructura de Puntos y Líneas.....	50
Figura 11 – Objetos Bones.....	51
Figura 12 – Identificación de los Objetos Bones.....	51
Figura 13 – Entorno Unity.....	53
Figura 14 – Control XAMPP.....	56
Figura 15 – Requisitos Funcionales.....	62
Figura 16 – Requisitos No Funcionales.....	63
Figura 17 – Reglas.....	63
Figura 18 – Restricciones.....	64
Figura 19 – Usuarios.....	64

Figura 20 – Caso de Uso Global.....	65
Figura 21 – Matriz de Riesgo.....	68
Figura 22 – Diagrama de Análisis Creación de Usuario.....	69
Figura 23 – Diagrama de Análisis Realización y Validación de Señas.....	70
Figura 24 – Ventana de Inicio.....	70
Figura 25 – Ventana de Registro.....	71
Figura 26 – Ventana de Lecciones.....	71
Figura 27 – Ventana Continuar.....	72
Figura 28 – Función Start Conexión Base de Datos.....	73
Figura 29 – Datos Conexión Base de Datos.....	73
Figura 30 – Función Conectar.....	74
Figura 31 – Captura de Falanges.....	74
Figura 32 – HandModels.....	75
Figura 33 – Asignación Objetos.....	75
Figura 34 – Validación N° 1.....	76
Figura 35 – Validación letra A.....	77
Figura 36 – Validación Letra C.....	77
Figura 37 – Validación N° 4.....	78
Figura 38 – Sensor Horizontal 1.....	79
Figura 39 – Sensor Vertical 1.....	79

Figura 40 – Sensor Horizontal 2.....	80
Figura 41 – Sensor Vertical 2.....	80
Figura 42 – Mano en Pantalla.....	81
Figura 43 – Prueba N° 1.....	81
Figura 44 – Interacción Sensor 1.....	82
Figura 45 – Interacción Sensor 2.....	82
Figura 46 – Observación Mano del Usuario.....	83

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 – Discapacidad en Colombia.....	41
Tabla 2 – Situación Laboral de las Personas Discapacitadas.....	41
Tabla 3 – Especificaciones Caso de Uso 1.....	65
Tabla 4 - Especificaciones Caso de Uso 2.....	66
Tabla 5 -Especificaciones Caso de Uso 4.....	66
Tabla 6 - Especificaciones Caso de Uso 5.....	67
Tabla 7 - Especificaciones Caso de Uso 6.....	67

### **LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1 – Ciclo de Vida Proyecto.....	58
--	----

## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

**API:** Interfaz de Programación de Aplicaciones.

**DANE:** Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

**FENASCOL:** Federación Nacional de Sordos de Colombia.

**INCOR:** Instituto Nacional para Sordos.

**INU:** Interfaz Natural de Usuario.

**LSC:** Lenguaje de Señas Colombiano.

**ODC:** Observatorio de Discapacidad de Colombia.

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas.

**RLCPD:** Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad.

**RUP:** Proceso Unificado Racional.

**SISPRO:** Sistema Integral de Información de la Protección Social.

## CAPITULO 1

### INTRODUCCIÓN

El presente proyecto busca desarrollar una herramienta amena no invasiva que enseñe lenguaje de señas básico por medio de la implementación de un sensor LEAP Motion, junto con su respectivo entorno gráfico, con el fin de que la persona oyente practique la lengua no oral de una manera menos ortodoxa, y más cómoda, atrayéndolos a la misma por medio de la novedad – considerando el hardware implementado como una revolución-.

Se podría afirmar que en Colombia, la mayoría de la población oyente no maneja el lenguaje de señas por considerarlo que es un medio de comunicación exclusivo para aquellos que lo requieren vitalmente, bien por ser sordos, o por tener algún familiar cercano con la mencionada condición. A su vez, de manera específica, gran parte de la población estudiantil de la Universidad de Cundinamarca -en su sede Chía-, no maneja el lenguaje de señas –teniendo como respaldo una encuesta realizada, donde el 93,5% afirma que no lo maneja-.

Las personas con algún tipo de discapacidad tienden a ser educadas en centros especializados –o en casa-, ya que no se buscan soluciones para integrarlos a las aulas de las personas que no cuentan con alguna inhabilidad; en lo competente al proyecto, las instituciones no intentan integrar a su cuerpo académico traductores que permitan que los niños sordos reciban clases con aquellos que sí escuchan, lo que se puede expresar coloquialmente como *los sordos con los sordos, y los oyentes con los oyentes*.

Para llevar a feliz término el proyecto se empleará la metodología RUP –Proceso Unificado de Desarrollo-, por sus diversas tareas y etapas, que permiten un desarrollo un poco más preciso, gracias a las dos dimensiones que maneja, es decir, enfrenta el tiempo –como aspecto dinámico, con fases, iteraciones e hitos- y las tareas –como aspecto estático, con actividades y flujos de trabajo-.

Cabe resaltar, que en primera instancia se busca que la persona oyente sea capaz de manejar señas básicas –como por ejemplo, los números y el abecedario- para poder entablar una conversación con una persona sorda de manera cómoda y entendible para ambos.

Todo se lleva a cabo con el fin de crear una conciencia de integración social, en el sentido de que se deben tratar por igual a las personas independientemente de si presentan o no alguna discapacidad –en este caso específico, sordera-, se busca que las personas oyentes sean capaz de aprender lenguaje de señas de una manera agradable, despertando en ellos la curiosidad por seguir aprendiendo el mismo.

## 1. PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Federación Mundial de Personas Sordas estableció en 1958 la celebración del día internacional del sordo, el último fin de semana del mes de septiembre, con el fin de visibilizar esta población, ya que las personas que no cuentan con su sentido del oído habitan en cada rincón del mundo; a su vez, en cada país las señas cambian, y son realizadas no solo con las manos, sino también con el rostro y diversas partes del cuerpo. No es necesario contar con esta discapacidad para manejar el lenguaje de señas, diversos autores concuerdan con que los oyentes que manejan dicha comunicación cuentan con mayor percepción visual, son mejores comunicadores, cuentan con mejor memoria y una alta capacidad para la resolución de problemas.

Para comenzar, se debe contextualizar el término *discapacidad*, la ONU la define como:

*“Una parte de la condición humana, casi todas las personas sufrirán algún tipo de discapacidad transitoria o permanente en algún momento de su vida, y que al llegar a la senilidad experimentarán dificultades crecientes de funcionamiento; la discapacidad es compleja, y las intervenciones para superar las desventajas asociadas a ella son múltiples, sistémicas y varían según el contexto”*(Organización Mundial de la Salud, 2011).

Como bien menciona la ONU, nadie se encuentra exento de padecer de algún tipo de limitación, esto debido a varios factores, entre los que se encuentran:

- La vejez, ya que las personas mayores son considerablemente más propensas a sufrir de alguna inhabilidad.
- El incremento de problemas crónicos de salud –como lo son la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y los trastornos mentales-.
- Factores tanto ambientales –desastres naturales-, como de otra índole, como accidentes de tránsito, los malos hábitos alimenticios y el abuso de diversas sustancias.

Si bien actualmente la sociedad es más consiente respecto a temas como la inclusión social, aún existen varias brechas entre las personas con y sin algún tipo de discapacidad; aquellos que presentan cierta limitación, se enfrentan a determinadas circunstancias que complican aún más su

desarrollo, como lo son *la falta de estudios, el desempleo o la carencia de recursos* (Cortes & Sotomayor, 2016).

Las personas con limitaciones tienden a estar rodeadas de aquellos que presentan la misma condición; las instituciones educativas no se preocupan lo suficiente por la creación de espacios de convivencia sanos y agradables para todos; los niños no saben lo que es el lenguaje de señas ni la importancia del mismo, a no ser que carezcan de su sentido del oído o que algún familiar cercano se vea afectado por sordera, es por ello que se podría afirmar que la comunicación por señas es algo único y exclusivo de aquellos que la requieren vitalmente.

Actualmente, el Observatorio de Discapacidad de Colombia (ODC), estudia el porcentaje de población con inhabilidad, para mejorar las medidas orientadas a eliminar las barreras incapacitantes y prestar servicios que promuevan la participación de éstas personas. De igual manera se encargan de identificar su situación de salud actual, monitoreando la misma, junto con las condiciones relacionadas y las desigualdades que experimenta comúnmente esta población. El fin mismo de la organización es *“promover los derechos, la igualdad de oportunidades y la accesibilidad universal”*(Gómez, Avella, & Morales, 2015).

El ODC se establece como estrategia técnica para evaluar y hacer seguimiento al cumplimiento de las obligaciones del Estado respecto a los derechos de las personas con discapacidad, al igual que a la identificación y promoción de la eliminación de las barreras existentes para las personas con inhabilidad al momento de ejercer sus derechos.

Según el Sistema Integral de Información de la Protección Social (SISPRO), el departamento con el mayor porcentaje de personas con discapacidad en edad escolar que asiste a establecimientos educativos es Antioquia, seguido por Atlántico y la ciudad de Bogotá.

(Bodega de Datos de SISPRO (SDG), 2018) Asegura que de las personas con discapacidad:

- *“60% estudian, pero sólo el 0,35% y el 0,2% (hombres y mujeres, respectivamente) culminan secundaria.*
- *19,3% han sido remitidas a terapia fonoaudiológica, y 13,88% utilizan aparatos especiales para oír.*

- *En relaciones, el 31% presenta dificultades para comunicarse, y el 18% para relacionarse con los demás y el entorno.*
- *A nivel laboral, casi el 42% no trabaja.*
- *Respecto a los ingresos, el 19% recibe menos de \$500.000 al mes, el 3% recibe más de \$500.000, el 36% también recibe ayuda de algún miembro de la familia.*
- *El 57,23% saben leer y escribir”.*

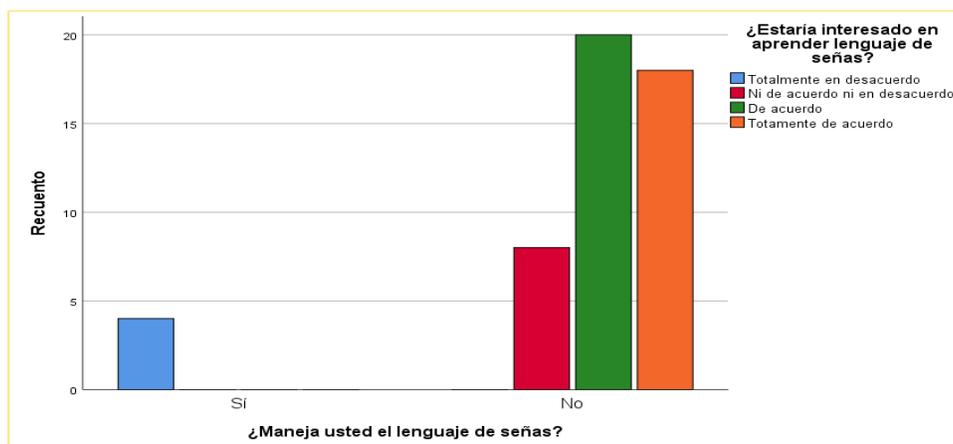
Todos estos porcentajes permiten tener mayor claridad respecto a las desigualdades existentes entre aquellos con y sin algún tipo de invalidez. Es preocupante que un 31% de las personas con discapacidad presente dificultades para hablar y comunicarse, y que el 18% de las mismas, manifiesten dificultad permanente para relacionarse; con esas cifras se puede observar claramente que la sociedad necesita de soluciones para poder mejorar las comunicaciones entre personas con y sin limitaciones, ya que existe una notoria actitud discriminatoria hacia aquellas personas que no escuchan –entendiendo la sordera como una enfermedad, y al ser sordo como un enfermo que debe ser curado-.

Si bien existen organizaciones que se encargan de velar por el cumplimiento de los derechos de las personas con discapacidad –de manera específica, de personas sordas- como lo es la Federación Nacional de Sordos de Colombia -FENASCOL-, no se encargan de promover la enseñanza de lenguaje de señas, es decir, la fundación vela para que a la persona sorda no le sean violentados sus derechos, pero no busca maneras de educar en lenguaje no oral, su campo de acción está limitado al cuidado de los derechos, y si bien es de vital importancia que los derechos de ningún individuo sean quebrantados, es de igual manera significativo el crear conciencia sobre una comunicación correcta y eficaz entre todos.

Según los datos obtenidos en el 2018 por el registro de localización y caracterización de personas con discapacidad (RLCPD), en Cundinamarca habitan aproximadamente 48.349 personas con discapacidad (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018).

A continuación, se presenta parte de una encuesta realizada a cincuenta -50- estudiantes de la Universidad de Cundinamarca –sede Chía-, donde se observa –como se menciona anteriormente, en la figura 1- que la mayoría no maneja el lenguaje de señas, pero que estaría dispuesto a aprender el mismo.

Figura 1 - Manejo vs. Interés. Fuente: Elaboración propia



Se debe tener en consideración que en el país existen aproximadamente 455.718 personas con limitaciones para oír, de las cuales 28.868 son de Cundinamarca, y 956 de dichos individuos viven en Chía (INSOR, s.f.), lo que permite apreciar que el gremio de sordos cuenta con una población considerable, tanto dentro como fuera del departamento, y que es por ello que se deben buscar maneras de facilitar la comunicación entre aquellos que escuchan y los que no.

Como se menciona previamente, el país cuenta con un alto porcentaje de personas que carecen de su sentido del oído, por lo que nadie se encuentra exento de toparse con uno de dichos sujetos en cualquier momento y espacio, por ende, es importante que las personas oyentes –y cualquier individuo, de manera general- manejen la comunicación por señas; inclusive, si las personas salen del país, pueden toparse con sordos de otras partes del mundo, y si bien las señas son diferentes, conociendo lo básico –como mínimo- tiene posibilidades de sortear las barreras comunicativas.

Las personas oyentes aprenden lenguaje de señas por motivación, ya sea por interés propio o por necesidad de comunicación con un individuo sordo –con el tiempo, el sujeto oyente puede desempeñarse como interprete, y estar presente en reuniones, conferencias o en la academia, haciendo de puente de comunicación-; la sociedad no está preparada para que la población no oyente pueda desarrollarse en igualdad de condiciones, en la cotidianidad que aquellos sin inhabilidad experimentan en el diario vivir. Cabe reiterar que las personas discapacitadas no son inferiores a aquellas que no presentan ningún tipo de afección –ya sea física, o psicológica-, el

estado de invalidez no es sinónimo de imposibilidad total respecto a un desarrollo completo y adecuado, es por ello que se deben buscar maneras de disminuir las limitantes que tienen, y una solución es *alfabetizar* a los oyentes en el lenguaje de señas, de manera tal que las barreras comunicativas disminuyan y se puedan promover espacios de interacción entre unos y otros.

Algo para tener en cuenta, es que la mayor parte de las soluciones existentes en cuanto a lo relacionado con el lenguaje de señas, están dirigidas a miembros del gremio de los sordos; son limitadas aquellas herramientas que les facilitan el aprendizaje de lenguaje de señas a las personas oyentes. A su vez –como se mostrará más adelante-, algunas de las soluciones existentes giran en torno al lenguaje de señas de otros países –porque el lenguaje de signos varía geográficamente-, al igual que no abarcan la totalidad de las expresiones; con la solución que se lleva a cabo, se pretende que el aprendizaje sea más ameno, y que las personas puedan acceder a nuevas tecnologías, que si bien no son precisamente muy conocidas, tienen un amplio campo de desarrollo –en este contexto en especial, el de captar y validar el movimiento de las manos-. La herramienta está pensada tanto para personas en solitario –para tener en casa-, como para grupos, por ejemplo, para colegios que deseen ampliar sus horizontes de enseñanza de una manera diferente.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo a través del desarrollo de una aplicación con el sensor LEAP Motion y un entorno gráfico 3D se puede enseñar palabras clave en lenguaje de señas a personas oyentes en la sabana norte de Bogotá?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una herramienta que permita la enseñanza de palabras clave en lenguaje de señas colombiano en la sabana norte de Bogotá, utilizando un sensor LEAP Motion y un entorno gráfico 3D en Unity.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recolectar información sobre los requisitos para el desarrollo de un sistema basado en sensores de movimiento y tecnologías 3D para la educación.
- Establecer las pautas pedagógicas que debe cubrir la aplicación para fortalecer el aprendizaje del lenguaje de señas.
- Desarrollar el software con base en las especificaciones pedagógicas y técnicas.
- Realizar pruebas en una población específica para validar el correcto funcionamiento de la herramienta.

### 3 ALCANCES Y LIMITACIONES

#### 3.2 ALCANCES

- La herramienta consta con un sensor LEAP Motion y un entorno gráfico 3D para realizar y evaluar las señas básicas, que le permiten a la persona aprender correctamente el movimiento del brazo y la mano.
- La aplicación enseña señas básicas (como lo son saludos –buenos días, buenas tardes, buenas noches-, el alfabeto y números –en un rango aproximado de 1 a 10- ) para que la persona oyente pueda comunicarse con los individuos sordos de manera más fluida.
- La aplicación es para computadores de casa y/u oficina, compatible con Windows 7 o superior.

#### 3.3 LIMITACIONES

- *“El LEAP Motion proporciona una descripción de datos limitada [...]. Incluso si los datos proporcionados por LEAP Motion no son completamente confiables, dado que es posible que no se detecten algunos dedos”* (Marin, Dominio, Zanuttigh, 2014).
- *“El LEAP Motion está diseñado para ser utilizado en un escritorio hacia arriba con las manos sostenidas sobre él [...] por lo que los objetos orientados verticalmente a veces no se reconocen correctamente”* (Han, Gold, 2014).
- Los usuarios no cuenten con una maquina compatible con el sensor LEAP Motion (los requerimientos mínimos son: Windows 7 –en adelante-, Mac OS X 10.7 –en adelante-, 2 GB de RAM y puerto USB 2.0).
- La adquisición del sensor LEAP Motion puede considerarse costosa para algunos usuarios.
- Las condiciones del entorno para el uso del sensor LEAP Motion –como la iluminación- pueden no ser adecuadas y evitar el correcto funcionamiento del mismo (se recomienda alejar el dispositivo de la luz directa del sol y de fuentes infrarrojas brillantes, se deben retirar las mangas y joyas grandes de las manos, el dispositivo debe estar limpio y sin rayones, y las manos deben estar paralelas al mismo –dentro de su alcance-).

## 4 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se lleva a cabo con el fin de crear una aplicación novedosa y diferente – implementando una tecnología relativamente nueva, como lo es el sensor LEAP Motion- que motive a las personas oyentes a aprender lenguaje de señas; en primera instancia, *señas básicas* para poder entablar una conversación sencilla con un individuo sordo sin inconvenientes, dejando a un lado las barreras limitantes que existen entre unos y otros, brindando así un aporte a la inclusión social que tanto se persigue hoy en día.

Se resalta el tema de *inclusión social*, porque actualmente el 31% de las personas con algún tipo de discapacidad presenta dificultad para hablar y comunicarse –y a su vez, el 18% manifiesta dificultad permanente para relacionarse-, una de las maneras de disminuir los porcentajes es enseñando nuevas maneras de comunicación –en este caso específico- como lo es el lenguaje de señas –se debe dejar a un lado la percepción de que es un lenguaje que le compete exclusivamente a los sordos, se le debe dar el trato de importancia que merece para abrir las puertas de buenas relaciones entre las personas con y sin carencia del sentido de audición-.

Como valor agregado se tiene que el tema de inclusión social está en pleno apogeo; hoy en día las sociedades se preocupan mucho más por la aceptación y la inclusión de personas con discapacidades, que en épocas anteriores, por ejemplo, la Cancillería de Colombia asegura que (Cancillería de Colombia, s.f.):

*“El Gobierno Nacional ha ratificado convenciones para promover los derechos de las personas con discapacidad y prevenir su discriminación. Colombia ha buscado incrementar la escolaridad y acceso a TICs de las personas con discapacidad brindando los servicios de manera accesible y asequible; se han adoptado medidas para aumentar la ocupación de las personas con discapacidad (“SENA Incluyente”) y se ha avanzado en la sensibilización social frente al tema. Además, el país adelanta la construcción de la Política Pública Nacional de Discapacidad”.*

De igual manera, el Ministerio de Salud en su publicación *Lineamientos generales para la implementación de la Política Pública Nacional de Discapacidad e Inclusión Social en entidades territoriales 2013 – 2022*, habla sobre la Ley 361 de 1997 y la ley 1098 de 2006, las cuales, a grandes rasgos, establecen los derechos de las personas con discapacidad –no solo los contemplados en la

constitución, sino también algunos otros como por ejemplo el poder valerse por sí mismos, y tener una vida digna-.

La sociedad está en un punto de desarrollo en donde la inclusión es proporcional a la evolución. Pero en contraste, las brechas existentes entre personas con y sin inhabilidades son enormes, por ejemplo, en cuanto a lo referente al empleo *el 90% de las compañías no cuentan con empleados que tengan alguna discapacidad* (Arcangeles, 2016).

FENASCOL, como ya se mencionó, busca la mejora de la calidad de vida de las personas sordas, por medio de la defensa de sus derechos y de la realización de programas que respondan a sus necesidades; los principios de dicha organización son: *“unidad, igualdad, respeto, solidaridad y perseverancia, así como la identidad de sus asociados como personas y como grupo”* (FENASCOL, 2017).

Actualmente se pueden encontrar utensilios para la enseñanza de lenguaje de señas, que requieren de la utilización de elementos tales como guantes y una gran cantidad de cableado, es por ello por lo que se pretende desarrollar una herramienta más amena y actualizada para el mismo fin, brindando a la persona oyente la facilidad de practicar el lenguaje de señas sin necesidad de incomodarse con artefactos físicos que pueden llegar a limitar los movimientos necesarios, para ello se empleará una interfaz natural de usuario –NUI, *Natural User Interface* en inglés-, las cuales diversos autores afirman que *“se caracterizan por permitir la interacción con máquinas o sistemas utilizando los movimientos particulares del cuerpo humano, como movimientos de las articulaciones, la cara, las pupilas o incluso la voz”* (Benavides & Vivas, 2018).

Las interfaces naturales de usuario son utilizadas en diversas aplicaciones, entre las que se encuentran el entrenamiento a través de los videojuegos, las videoconferencias en 3D y la asistencia clínica –para el diagnóstico de enfermedades, el despliegue de imágenes para cirugías y la rehabilitación-, lo que se logra gracias a *“la facilidad con que el usuario entiende el funcionamiento de las INU, pues permiten una interacción que se percibe real o como su nombre lo indica natural”* (Benavides & Vivas, 2018).

El agregado de éste tipo de interfaz, radica en que funciona como un espejo para el usuario –sin necesidad de exhaustivos entrenamientos-, en otras palabras, el usuario tiende a mejorar su

experiencia, adaptándose al dispositivo y su funcionamiento, facilitando la realización de tareas – y el aprendizaje-.

De las grandes ventajas de las interfaces naturales de usuario –INU-, se encuentra que mejoran la interacción entre los humanos y las máquinas, ya que permiten que se manipulen por medio de gestos y/o movimientos propios del cuerpo, presentando una curva de aprendizaje corta y sin la necesidad de entrenamientos largos y tediosos; de igual manera, como se comenta previamente, son una *herramienta* que ha revolucionado el mundo de la medicina, facilitando la manipulación de robots quirúrgicos y asistentes –evitando la contaminación, mejorando el trabajo del médico cirujano, y disminuyendo el tiempo de los procedimientos-, al igual que el manejo de pacientes de edad avanzada y aquellos que presentan necesidades especiales –respecto a las terapias de rehabilitación física-.

Si se diseña e implementa una herramienta didáctica y amena no invasiva –por medio del sensor LEAP Motion- donde aprender lenguaje de señas, las personas oyentes podrían sentirse un poco más motivadas a estudiar el mismo, teniendo como referencia lo que establecen las *pedagogías alternativas*, las cuales dejan de lado las prácticas tradicionales, y generan espacios pedagógicos donde el juego prevalece –además, se debe considerar que hoy en día las personas se interesan considerablemente más en los videojuegos, sin tener en cuenta el tipo de dispositivo, es decir, que si se desarrolla una herramienta que asemeje un juego por su software, la sociedad oyente se puede sentir más a gusto con la misma-, y llegaran a comprender la importancia de aprender un lenguaje más expresivo y menos auditivo, ya que el universo de las señas abre las puertas a una comunicación más exacta.

Los valores agregados de la comunicación por gestos se exponen a través de algunos autores, como por ejemplo, Jefferson Marcano (Marcano, 2018), quien enmarca las siguientes:

- *“Se puede comunicar bajo el agua.*
- *Se puede comunicar a distancia sin gritar.*
- *Se disminuye la discriminación.*
- *Es una lengua visual, espacial y gestual.*
- *No importa el ruido”.*

Y como complemento, Mónica Pérez señala las siguientes ventajas (Pérez M. , 2015):

- *“Mejora la memoria, al igual que hace que la función ejecutiva –encargada de coordinar los procesos de planeación y resolución de problemas- sea más eficiente.*
- *Dado que el área del cerebro utilizada para comprender el significado de los símbolos es constantemente estimulada al aprender una seña nueva, hace que aprender una nueva palabra sea mucho más fácil, estudios encuentran que los niños que saben lenguaje de señas tienen un vocabulario más amplio.*
- *Las personas que aprenden lenguaje de señas tienen más facilidad para aprender y retener nueva información, además, presentan un coeficiente intelectual mayor que el promedio”.*

Como dato interesante, las personas con autismo encuentran en el lenguaje de señas una solución a sus barreras comunicativas ya que incrementan el nivel de comunicación, al igual que aportan seguridad y autoestima.

Como ya se ha mencionado previamente, la lengua de señas permite erradicar aquellas barreras comunicativas existentes dentro de las sociedades actuales, entre personas con y sin alguna discapacidad, es por ello que deben explotarse más, para poder aprovechar al máximo todas las ventajas que crean al ser una manera de comunicación más gestual y personal.

La finalidad del proyecto es desarrollar una aplicación con una interfaz de mando natural, es decir, el usuario realiza movimientos gestuales de sus manos sin implementar el uso de paneles táctiles -joystick, etc.- utilizando un entorno 3D en Unity –con el fin de que vea en pantalla *su mano* en un ambiente con todas las dimensiones- y un sensor LEAP Motion –ya que tiene el potencial de cambiar el método de cómo se aprende y enseña lenguaje de señas, sin importar si los consumidores son oyentes o no-, para la enseñanza de la comunicación por gestos a personas que no carecen de su sistema del oído, con el fin de motivar a aquellos que oyen a aprender el mismo– no por obligación, sino por placer-.

Es de vital importancia que la sociedad comience a dar prioridad a la inclusión de los individuos con limitaciones, y para esto, es necesario que los sujetos que no tienen discapacidad auditiva aprendan un poco sobre lenguaje de señas –como mínimo, lo básico del mismo-, para contribuir a este fin, en el presente trabajo se realiza una herramienta para la enseñanza de gestos clave en lenguaje de señas colombiano, por medio de una herramienta diferente y tecnológica

(sensor LEAP Motion y entorno gráfico, que funcionen como “*medio para brindar información básica y contribuir al reconocimiento en el lenguaje de señas y despertar la motivación del estudiante para tener un conocimiento e interés*” (Agudelo, Moreno & Rodríguez, 2014)), de manera tal que las personas sordas se sientan incluidas e iguales dentro de la sociedad general, omitiendo y dejando de lado las barreras discapacitantes que existen; se debe tener en cuenta que “*el ser humano aprende jugando*” (Bourne & Salgado, 2016). Es por ello que se plantea un desarrollo con una herramienta diferente –y novedosa- para motivar al oyente a aprender lenguaje de señas.

## **5 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**SOFTWARE, SISTEMAS EMERGENTES Y NUEVAS TECNOLOGÍAS:** Conjunto de programas, subprogramas, subrutinas y menús que se elaboran a manera de aplicaciones y/o paquetes para cumplir con un fin específico (Acuerdo N° 007 de mayo 29 de 2003).

## CAPITULO 2

### 6 MARCO TEÓRICO

#### 6.1 MARCO REFERENCIAL

Para la realización del presente proyecto se llevó a cabo una investigación sobre proyectos orientados a la enseñanza de lenguaje de señas, para comprender el panorama de la temática y todas aquellas soluciones planteadas y ya existentes, para evitar realizar un diseño ya existente, y de igual manera, para prever los errores; entre las ponencias encontradas se pueden observar herramientas invasivas, que requieren del uso de guantes y gran cantidad de cableado para la validación del movimiento de los dedos y/o parte del brazo.

Algunos de los trabajos encontrados están orientados a personas sordas –en el sentido de que realizan la seña, y el programa *traduce* para que la persona oyente comprenda el mensaje-; lo que se pretende con el presente trabajo, es que las personas oyentes se motiven en aprender lenguaje de señas por medio de una interfaz natural –integrando el uso del ya mencionado sensor LEAP Motion y un entorno gráfico 3D-, para que adquieran algunas bases del lenguaje de señas, y puedan comunicarse con el gremio de sordos, al menos, por medio de gestos *básicos*.

A continuación, se exponen los trabajos encontrados que presentan relación con el proyecto planteado.

Por un lado, se tiene a Agudelo, Moreno & Rodríguez (2014), quienes en su documento *Las TIC como herramienta de inclusión para estudiantes con discapacidad auditiva, una experiencia en Educación Superior*, definen a las TIC como “*medio para brindar información básica y contribuir al reconocimiento en el lenguaje de señas y despertar la motivación del estudiante para tener un conocimiento e interés*”; en éste documento, las autoras exponen su trabajo, que consiste en el reconocimiento de voz, para la posterior digitalización de comentarios audios en texto, para permitir visualizar la interpretación del párrafo en lenguaje de señas colombiana. En ésta obra se muestra que las herramientas diseñadas tienden al análisis de audio para convertir las palabras en señas, y si bien la persona oyente puede ver la seña claramente de lo que desea decir, no hay manera de asegurar que se aprendió y que la interpretación este correcta, a su vez, al funcionar como un *traductor* entre audio e imagen, el oyente no ve la necesidad de

aprender el lenguaje de signos, ya que la herramienta se encarga de realizar los gestos requeridos para lo que desea expresar, es decir, la persona puede preguntarse ¿si la herramienta hace el gesto, para qué aprenderlo, si lo único que se debe hacer es hablar?, allí es donde radica la principal falencia, si bien facilita la interacción en el sentido oyente-sordo, no da soporte de aprendizaje, ni promueve el mismo.

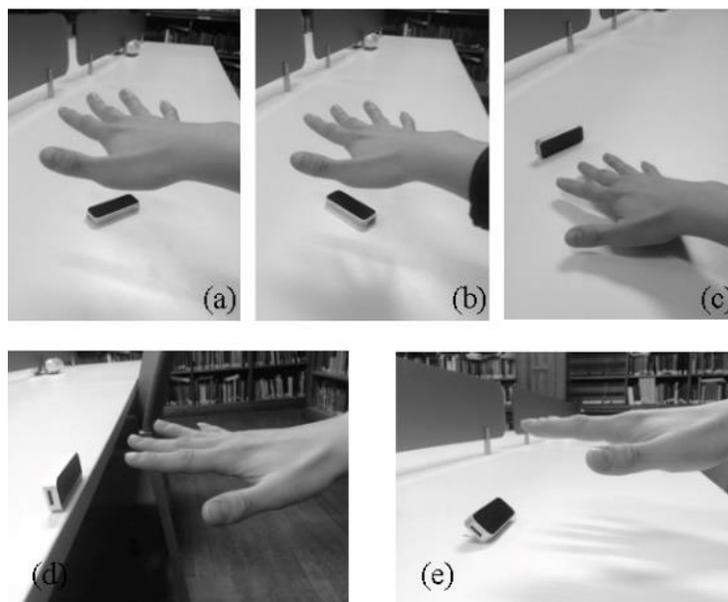
Por otra parte, Chuan, Regina & Guardino (2014), en su trabajo *American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor*, entregan una sección dedicada a los atributos del sensor LEAP Motion; al igual que aseguran que señalado sensor combinado con una cámara web, tiene el potencial de cambiar el método en como los individuos aprenden y enseñan el lenguaje de señas por el entorno que *desarrolla*, sin importar si son o no oyentes. Si bien los sensores LEAP Motion estaban en desarrollo a la fecha de ésta publicación, el potencial de esta tecnología ha demostrado ser considerablemente grande, es por ello que las letras que en éste proyecto no se reconocen plenamente, hoy en día pueden analizarse de manera más precisa. Paralelamente, cabe resaltar que en éste trabajo sólo se manejaron las letras del abecedario inglés. En conclusión, fue un desarrollo competente para el lenguaje de señas inglés –no se puede olvidar que el lenguaje gestual varía según la zona-, y que si bien no abarcaba todos los gestos, permiten contar con un punto de partida para los desarrollos posteriores.

También se encontró el trabajo de los japoneses Funasaka, Ishikawa, Takata & Joe (n.d.), quienes en su escrito *Sign Language Recognition using Leap Motion Controller*, tienen como objetivo el reconocimiento de 24 letras -excluyendo 2 que requieren movimiento de dedos- en lenguaje de señas japones; dedican una parte del trabajo para mencionar las funciones del sensor LEAP Motion. Al momento de concluir el trabajo, aseguran que el reconocimiento de las señas es el esperado, pero que es de vital importancia incluir las señas que requieren movimiento, deja abierta la puerta para que se perfeccione el trabajo y se pueda entregar un sistema de reconocimiento de todas las señas japonesas; si bien dicho trabajo no abarca todos los gestos, entrega información vital, como lo son los atributos del sensor y el campo abarcado.

A su vez, Han & Gold (2014), en su documento *Lessons Learned in Exploring the Leap Motion(TM) Sensor for Gesture-based Instrument Design*, mencionan lo aprendido luego de realizar pruebas con el sensor LEAP Motion; hacen especial énfasis en la importancia de la

orientación del sensor e iluminación del recinto para que los datos que recibe sean lo más precisos y acertados posible. Éste trabajo involucró el colocar el sensor en varios ángulos –como se puede observar en la figura a continuación- para investigar el potencial en situaciones no relacionadas con una mesa, paralelamente, se menciona que el sensor infrarrojo no capta en su totalidad ciertos objetos.

Figura 2 – Posiciones sensor LEAP Motion. Fuente:  
[http://www.nime.org/proceedings/2014/nime2014\\_485.pdf](http://www.nime.org/proceedings/2014/nime2014_485.pdf)



Otra de las obras encontradas fue la de Andrade (2016), quien en su trabajo *Un enfoque inteligente para el reconocimiento de gestos manuales*, reconoce el interés que ha generado el reconocimiento de gestos de las manos en los últimos años gracias a sus diversos campos de aplicación, como lo son “*interacción humano-computadora, robótica, videojuegos, interpretación automática de lenguaje de señas y demás*”. El autor hace especial énfasis en la interacción entre el hombre y la máquina, y resalta el auge de la interpretación de señas por medio de sensores; el análisis de señas es un *nuevo* campo de desarrollo con múltiples finalidades; se recalca que el desarrollo de interfaces naturales permite avanzar a campos que facilitan aun más la vida de las personas en diversos aspectos –como por ejemplo, en los ambientes médicos-, es por ello que se deben buscar maneras de aprovechar al máximo tales interfaces.

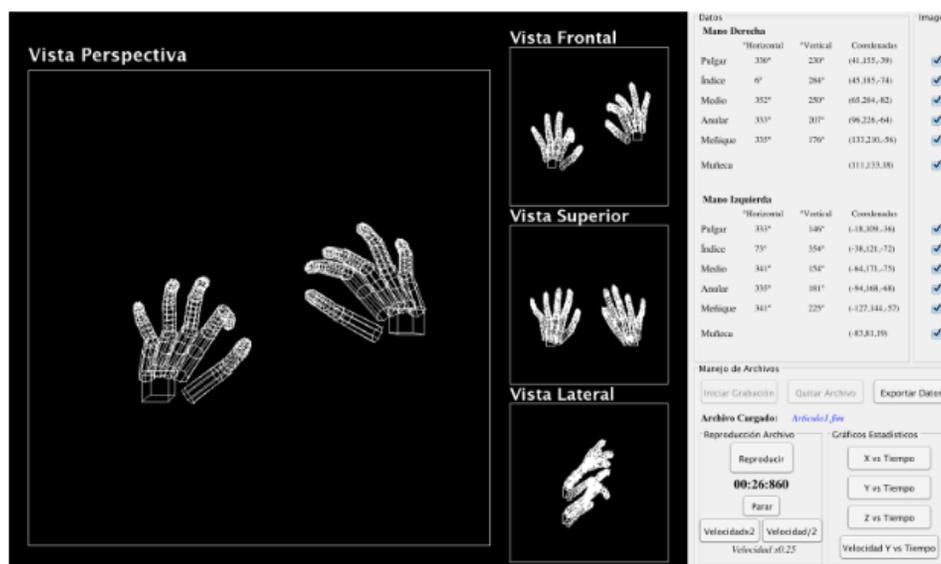
Otro de los documentos consultados se llevó a cabo en la Escuela Politécnica Superior de

Linares (2014), donde se desarrolló un trabajo cuya finalidad era la de “*diseñar un traductor de lengua de signos para facilitar y agilizar la comunicación entre una persona sordomuda y una persona con capacidad auditiva que conozca la lengua de signos*”, llevado a cabo implementando el sensor LEAP Motion. Se pretendía, de manera directa “*reconocer y grabar gestos correspondientes al lenguaje de signos. [...] 10 gestos*”. Aquí, se busca diseñar un diccionario como tal, para que el individuo oyente pueda comprender de manera más rápida lo que el sujeto sordo desea expresar, pero teniendo en cuenta que tal desarrollo está limitado exclusivamente a diez gestos, el oyente logra comprender lo que el sordo desea expresar, pero no por ello el individuo sordo entiende lo que le quieren decir.

Uno de los trabajos más relevantes encontrados es el de Carballo, Barrero & Villazon (2016), quienes en su documento *FiMAN: Sistema Computarizado para Análisis de Movimientos Digitales* afirman que: “*La reciente tecnología de dispositivos y sensores infrarrojos han abierto nuevas posibilidades para el desarrollo de software (análisis de movimientos corporales) [...] utilizada en áreas como la salud, la enseñanza, la realidad virtual y aumentada, control de robots y entretenimiento*”. Lo que los autores pretenden con este desarrollo, es el poder grabar movimientos de las manos por medio del sensor LEAP Motion, para ver los mismos en un entorno gráfico para su posterior análisis, como se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 3 – FiMan en funcionamiento. Fuente:

[http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v1n16/v1n16\\_a08.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v1n16/v1n16_a08.pdf)



Otra de las instituciones que ha realizado desarrollos importantes, es la Universidad Politécnica Salesiana (2015), de Ecuador, donde se desarrolló un juego mediante sensores LEAP Motion para estimular el aprendizaje del lenguaje básico de señas ecuatoriano. En el documento se menciona que “*el aprendizaje del lenguaje de señas puede resultar tedioso [...] al no estar familiarizados con este lenguaje*”. A lo largo del documento, se exponen los juegos desarrollados para fomentar y facilitar el estudio de lenguaje de señas de manera didáctica. Si bien el autor menciona que existen gestos universales, de manera general, las señas tienden a variar entre los países; y si bien se desarrolló una interfaz gráfica para enseñar lenguaje de señas usando un sensor LEAP Motion, la diferencia principal entre los desarrollos realizados por terceros, y el que este trabajo persigue, radica en la manera de desarrollar la interfaz y la interacción llevada a cabo entre persona-máquina.

Como se puede observar, existe una variedad de trabajos realizados relacionados con lo que es el sensor LEAP Motion y lenguaje de señas, por un lado, es importante tener en cuenta la diferencia existente entre las señas de cada país, al igual de las limitaciones existentes en cada uno de los desarrollos, ya que hay algunos que no abarcan todos los gestos, y están dirigidos exclusivamente a las personas oyentes.

Teniendo como referencia los trabajos existentes es que se plantea el desarrollo de una interfaz natural que combine la utilización del sensor LEAP Motion y Unity, para que los individuos oyentes puedan aprender lenguaje de señas –colombianas- de una manera menos ortodoxa y más amena; si bien la herramienta no abarca la totalidad de las expresiones de los sordos del país, funciona como un puente de señas básicas para que las personas que escuchan puedan *defenderse* al momento de encontrarse con un miembro del gremio que no puede expresar verbalmente sus ideas.

El lenguaje de señas no puede ser algo exclusivo de personas sordas, los oyentes pueden desarrollar la capacidad de comunicarse gestualmente con la práctica, es por eso que se pretende despertar la motivación requerida por los oyentes para aprender éste lenguaje; previamente se ha mencionado que las personas tienden a aprender lenguaje de señas exclusivamente cuando lo requieren vitalmente, cuando lo ideal sería que se aprendiera como una herramienta –y solución- para combatir las barreras que existen entre aquellos que pueden escuchar y los que no. La única

diferencia entre sordos y oyentes es esa, la capacidad de percibir los sonidos, es por ello que el aprendizaje de lengua de señas no es más complicado para unos u otros, ambos cuentan con las capacidades requeridas para el aprendizaje del mismo.

## 6.2 MARCO CONCEPTUAL

**Análisis de imágenes:** es la extracción de información derivada de sensores, y que se representa de manera bi o tridimensional, utilizando análisis visual y/o digital. Abarca fotografía –monocromática o a color-, infrarrojo, imagen de satélite, de radar, ultrasonido, resonancias, etc.

**Aplicación:** programa utilizado por el usuario para la realización de una o varias tareas, de manera general, se diseñan con la finalidad de resolver algún problema o de simplificar una actividad compleja. Se pueden ejecutar en equipos de cómputo, equipos móviles y/o tabletas.

**Barreras Discapacitantes:** las personas con algún tipo de discapacidad tienden a tener peores resultados sanitarios y académicos, al igual que una menor participación económica y tasas de pobreza más altas que las personas que no presentan alguna limitación –como se expone previamente-, todo esto debido a los obstáculos que entorpecen el acceso de mencionada población con inhabilidad a servicios considerados como obvios –y obligatorios- como lo son la salud, la educación, el empleo, el transporte y la información. Entre las barreras discapacitantes más relevantes se encuentran las políticas y normas insuficientes –en cuanto a que no aseguran el cumplimiento de los derechos de las personas con inhabilidad, o a que no se cumplen-, las actitudes negativas de las personas que no cuentan con algún tipo de limitación, la prestación insuficiente de los servicios, la financiación insuficiente –en cuanto a aquellos tratamientos que no son fáciles de costear- y la falta de accesibilidad –que como ya se mencionó, es una limitante enorme para una vida digna por parte de los discapacitados-.

**Discapacidad:** condición de deficiencia –completa o parcial- de algunas personas –ya sea física, mental, intelectual o sensorial- que a largo plazo afecta la forma en que interactúa y participa dentro de la sociedad.

**Entorno 3D:** medio que simula la realidad al manejar tres dimensiones –el largo, el ancho y la profundidad- dando la ilusión de profundidad y volumen, donde los usuarios pueden interactuar entre sí y utilizar los objetos que encuentren. De igual manera, el entorno 3D transporta al usuario a diversas posibilidades y entornos recreados, donde debe interactuar con los contenidos que le son entregados.

**Inclusión Social:** es la tendencia a posibilitar que personas en riesgo de exclusión social tengan la oportunidad de participar de manera plena en la vida social. Son especialmente susceptibles de exclusión aquellas personas en situación de precariedad o pertenecientes a grupos estigmatizados –ya sea por su origen, género, condición física, orientación sexual, etc.-. De manera general, la inclusión social pretende mejorar de manera integral las condiciones de vida de los individuos –en cuanto a educación, trabajo e ingresos económicos-, que todos los ciudadanos puedan gozar de sus derechos, desarrollar y aprovechar al máximo las oportunidades para vivir en bienestar.

**Interfaz natural de usuario:** NUI –de sus siglas inglés, *Natural User Interface*-, es una evolución en cuanto a la relación entre el hombre y la máquina, ya que crea un paradigma donde se interactúa con el sistema sin la necesidad de implementar dispositivos tradicionales como los ratones, los teclados, pantallas táctiles y demás, en lugar de dichos elementos, se utilizan los movimientos –gestos- creados con las manos –y el cuerpo en general-. A su vez, las NUI se enfocan en las comunicaciones naturales del hombre, capturando información en tiempo real.

**Lenguaje de Señas:** también conocida como lengua de signos, es la lengua natural de expresión y configuración gesto-espacial y percepción visual, con la cual las personas sordas pueden comunicarse con su entorno social –el cual se encuentra conformado bien por otros sordos u oyentes-.

**Pedagogías Alternativas:** son aquellas que pretenden dejar de lado las prácticas docentes tradicionales, como lo son el uso sistemático de fichas basadas en contenidos propuestos por editoriales, que pueden llegar a generar apatía, cansancio y desinterés por parte de los alumnos –entre las que resaltan la Waldorf y la Reggio Emilia- que buscan mostrar que se puede aprender jugando, ya que el juego es considerado como un medio mediante el cual los niños desarrollan todos los aspectos de su persona, y se relacionan con los demás y el entorno.

**Sensor LEAP Motion:** sensor de movimiento no invasivo que capta los dedos y las manos, mostrando los mismos en un ambiente virtual 3D –traza una imagen virtual de las manos y articulaciones desde la muñeca, rastreando todos los movimientos-. Se conecta por medio de cable USB al equipo.

**Soluciones Invasivas:** se pueden entender como aquellas soluciones que exigen al usuario la implementación, aplicación y colocación de herramientas externas -tales como guantes, gafas, etc.-, que pueden generar una limitación en la realización de ciertos movimientos *naturales*, y que por ende, limitan la experiencia del usuario.

**Sordera:** se entiende como la falta o limitación de la capacidad auditiva, puede ser absoluta –lo que se conoce como cofosis- o parcial –hipoacusia-. La persona puede desarrollar sordera por diversos factores, ya sea por herencia, un golpe, una enfermedad o estímulos auditivos muy fuertes; puede ser severa, moderada, leve, etc. Esta discapacidad se puede tratar mediante audífonos o prótesis auditivas.

**Unity:** motor de videojuegos multiplataforma, disponible para Microsoft Windows, OS X y Linux, con soporte de compilación con diferentes plataformas –como lo son Blender, 3ds Max, Maya, Adobe Photoshop, etc.-. Cuenta con soporte para mapeado de relieve, de reflejos, por paralaje, sombras dinámicas, efectos de post-procesamiento de pantalla completa, etc.

### 6.3 MARCO LEGAL

Para iniciar el tema legal que respecta a la lengua de señas, se debe tener en cuenta que a nivel Colombia estuvo prohibida, y no fue sino hasta el año 1996, con la ley 324 que “*es reconocida y deja de estar vetada en el país*” (Quintero, 2018).

De igual manera, dentro del amplio marco constitucional del país se pueden observar algunas normativas que buscan la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad, por ejemplo –como ya se mencionó previamente-, el Ministerio de Salud en su publicación *Lineamientos generales para la implementación de la Política Pública Nacional de Discapacidad e Inclusión Social en entidades territoriales 2013 – 2022*, habla sobre la Ley 361 de 1997, la cual reconoce y establece mecanismos para la garantía de los derechos y la inclusión de las personas con discapacidad, y a su vez, menciona la ley 1098 de 2006, y de manera precisa, el artículo 36, donde se establecen los derechos de los infantes y adolescentes con discapacidad, contemplando no solo los establecidos en la constitución política y los tratados y convenios internacionales, sino también (Ministerio de Salud, s.f.):

*“tienen derecho a gozar de una calidad de vida plena, y a que se les proporcionen las condiciones necesarias para que puedan valerse por sí mismos, e integrarse a la sociedad. [...] al respeto por la diferencia y a disfrutar de una vida digna, a recibir atención, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y cuidados especiales en salud, educación, orientación y apoyo a los miembros de la familia o a las personas responsables de su cuidado, [...] a ser destinatarios de acciones y oportunidades para reducir su vulnerabilidad y permitir la participación”.*

Colombia cuenta con una gran cantidad de leyes que buscan mejorar la calidad de vida de las personas, y si bien en algunos casos se desconocen las mismas, no es una excusa válida para no cumplirlas, es decir, el desconocimiento de una norma no puede ser justificación para violentar los derechos de los demás, es trabajo de todos buscar la manera de crear conciencia en la sociedad para que bien conozcan las leyes, o como mínimo, que las cumplan.

## 6.4 MARCO INGENIERIL

### 6.4.1 LENGUAJE DE SEÑAS

Para comenzar, es necesario hablar sobre el lenguaje de señas –o expresión de signos-, que es el dialecto natural de las personas sordas, y *“se basa en movimientos y expresiones a través de las manos, los ojos, el rostro, la boca y el cuerpo”* (INSOR, 2019). También podría definirse como *“lengua natural de producción gestual y percepción visual, que tiene estructuras gramaticales perfectamente definidas”* (Sol, 2015).

Se sobreentiende que el lenguaje de señas *“constituye el principal recurso para la comunicación dentro de la comunidad sorda, que la aprende de forma natural y la convierte en una lengua necesaria, útil y práctica”* (Becerra, 2016), y se debe tener claridad en que no es precisamente universal, es decir, la gramática es la misma en todas las lenguas de señas, pero los gestos difieren según el país; inclusive dentro de Colombia la entonación cambia de acuerdo a la región, por ejemplo *“en la costa [...] se hace con los brazos más abiertos [...], en la región andina, los movimientos son más recatados”* (Quintero, 2018).

Como se mencionó previamente, fue a partir de 1996 que en Colombia la lengua de señas deja de estar prohibida, pero es hasta el año 2016 que es agregada en la lista de lenguas nativas del país, lo que asegura su protección y promoción, como el mejoramiento de estatus –es decir, se considera como patrimonio cultural del país, y se debe proteger, divulgar y garantizar que la población que la usa tenga acceso total a la misma-.

Se estima –según el Instituto Nacional para Sordos, INCOR- que existen aproximadamente 455.718 personas en condición de sordera en el país, pero aun así, impera poca voluntad social y política para aplicar el lenguaje de señas, por ejemplo, *“los canales privados y otros programadores se resisten a hacerlo, muchas veces, por razones estéticas y optan por el Closed Caption, un sistema de subtítulos donde se puede leer, no solo lo que dicen las personas, sino los sonidos”* (Quintero, 2018)., el problema radica en que no toda la población sorda cuenta con las habilidades requeridas para leer el español escrito, sin contar con que es una herramienta deficiente, con destiempo y errores.

La diferencia entre la lengua oral y la de señas, es que la primera establece un canal vocal-auditivo, mientras que la segunda implementa un canal gesto-viso-espacial, lo que permite una comunicación eficaz sin importar la cantidad de ruido que exista en el medio. Se debe tener en cuenta que ambos tipos de expresiones son importantes, y es por ello que se debe invertir en la enseñanza y el aprendizaje de los dos.

Ahora bien, ¿Qué es la sordera?, se entiende por sordera la carencia parcial o total del sentido del oído, esta privación puede ser leve, moderada, grave o profunda, puede afectar a uno o ambos oídos, y causar dificultades para escuchar conversaciones y/o ciertos sonidos.

Hay que tener en cuenta que la pérdida de la audición puede ocurrir por dos factores: causas congénitas –al momento del nacimiento o poco después, ya sea por principios hereditarios, complicaciones durante el embarazo o el parto- o adquiridas –puede ocurrir a cualquier edad-. Ahora bien, ¿Qué consecuencias conlleva la pérdida de la audición? Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se presentan secuelas funcionales –“*se limita la capacidad de la comunicación*”-, económicas –“*tasa de desempleo alta*”-, sociales y emocionales –“*sensaciones de soledad, aislamiento y frustración*”- (OMS, 2018).

Diversos autores se refieren a un *Mundo Sordo*, que definen como “*grupo de personas con características comunes y una forma de vida particular, que poseen conocimientos de su mundo y comparten experiencias de lo que es ser sordo*” (De la Paz & Salamanca, 2016).

Desde hace más de 100 años, los sordos han sido discriminados por las personas oyentes, en el sentido de que no se les reconoce –ni se valora- su cultura y la comunidad que constituyen, prevaleciendo más el tema *sordera* sobre el tema *persona*. Este distanciamiento se ve ampliamente reflejado en el ámbito educativo ya que “*no se han considerado educadores sordos en las escuelas y se ha ofrecido un enfoque educativo cuyo objetivo principal es oralizar a los niños, es decir, oyentizarlos*” (De la Paz & Salamanca, 2016).

Para tener una visión más precisa de la discapacidad en Colombia se pone a disposición la tabla 1, a continuación.

*Tabla 1 – Discapacidad en Colombia*

<i>60% asisten a establecimientos educativos</i>	<i>0,35% de éstos hombres cuentan con una educación básica secundaria</i>
	<i>0,2% de éstas mujeres cuenta con una educación básica secundaria</i>
<i>19,3% han sido remitidas a fonoaudiología</i>	<i>13,88% de éstas personas cuentan con aparatos especiales para oír</i>
<i>31% presentan dificultad para hablar y comunicarse</i>	<i>18% de las mismas presentan dificultad para relacionarse con los demás</i>

Y para presentar el panorama laboral de las personas con inhabilidad, se expone la tabla 2.

*Tabla 2 – Situación laboral de las personas discapacitadas*

<i>El 57,84% cuenta con un trabajo</i>	<i>6,2% en la industria</i>
	<i>15% en comercio</i>
	<i>35% en actividades agrícolas</i>
	<i>0,82% en actividades pecuarias</i>
	<i>0,82% en servicios</i>

*Aproximadamente el 42% no cuenta con un trabajo*

Si bien se observa que más del 50% de las personas con alguna limitación cuentan con un trabajo, solo el 3% recibe más de \$500.000 pesos de sueldo, lo que permite asegurar que el resto de ese porcentaje recibe un salario inferior al mínimo aprobado por el gobierno -lo que quiere decir que existe una seria disminución en cuanto a los ingresos por el simple hecho de presentar algún tipo de limitación-, de igual manera, se debe tener en cuenta que el 36% debe recibir ayuda por

parte de algún familiar para poder suplir sus necesidades, y un 5% de los mismos recibe a su vez, ayuda de terceros para poder solventar las mismas.

Teniendo en cuenta estos factores discriminantes, se plantea la realización de una herramienta que permita aprender algunas señas básicas del amplio y complejo sistema de lengua de señas colombianas, con el fin de permitir a personas oyentes aprender aquellas señas de una manera más amena y agradable por medio de la implementación de un sensor LEAP Motion –de manera tal que la persona se sienta cómoda con una herramienta no invasiva, sino más bien, brindando una experiencia similar a lo que sería un Kinect-.

#### 6.4.2 SENSOR LEAP MOTION

El sitio oficial de LEAP Motion asegura que *“aproximadamente 300.000 desarrolladores alrededor del mundo utilizan el sensor para crear realidades para vivir, trabajar y jugar, ya que es poderoso y rápido y ofrece una interacción intuitiva”* (LEAP Motion, 2018).

Como se puede observar en la siguiente imagen, el sensor consta de *“un par de cámaras estéreo infrarrojas con iluminación LED. Los datos del sensor son recibidos especialmente los provenientes de manos, dedos y brazos”* (López, 2016).

Figura 4 – Sensor LEAP Motion. Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/04/leap-motion-caracteristicas-tecnicas/>



Como se puede observar, el sensor cuenta con tres LEDs, dos cámaras y un microcontrolador.

Entrando en detalle, se puede afirmar que las cámaras son una parte considerablemente importante del sensor ya que son las que capturan los movimientos, y su correcto funcionamiento condicionará la correcta marcha del sensor. Las cámaras cuentan con *“un sensor monocromático, sensible a la luz infrarroja, con una longitud de onda de 850 nm. Estos sensores pueden trabajar a una velocidad de hasta 200 fps [...] Además, cada sensor es de tipo CMOS”* (Belda, 2015). Esos 200 fps –fotogramas por segundo- dependen del equipo al que se conecte el sensor. Los sensores de las cámaras son del tipo CMOS ya que, como asegura Belda:

- *“La digitalización de los píxeles se produce dentro de cada celda, por lo que no es necesario un chip externo [...] se traduce en mayor velocidad para capturar imágenes y en menor espacio para albergar los sensores.*
- *Son sensores económicos.*
- *No producen el fenómeno blooming, que se produce cuando una celda se satura de luz y hace que las celdas de alrededor también se saturen.*
- *La lectura simultánea de celdas es mayor.*
- *Tienen un consumo eléctrico menor”.*

Los LEDs trabajan en el espectro de luz infrarroja a una longitud de onda de 850 nanómetros, varían su consumo eléctrico dependiendo de la luz existente en la zona de cobertura para asegurar una misma resolución de imagen. En el sensor se encuentran separados por pequeñas barreras de plástico para asegurar que la iluminación sea uniforme, y de paso, se protege a los sensores de una posible saturación de luz, dado que el infrarrojo no los ilumina directamente.

El microcontrolador es un circuito integrado que cumple la función de BIOS. *“Contiene el programa que controla todo el dispositivo –para, entre otras cosas, regular la iluminación- y se encarga de recoger la información de los sensores para luego enviarla al driver o controlador instalado en el ordenador”* (Belda, 2015).

La conexión entre el equipo y el sensor LEAP Motion se realiza por medio de USB, que suele ser de alta velocidad y puede soportar USB 3.0.

Los datos se envían y reciben al controlador del equipo por medio de dos puertos serie: UART\_RX y UART\_TX. La zona de cobertura del sensor es una semiesfera de 61 cm de radio, la zona depende “del ángulo de visión de las lentes de las cámaras y de la intensidad máxima que puede entregar la conexión USB a los LEDs” (Belda, 2015). A su vez, el ángulo de visión depende de la distancia focal y del tamaño del sensor, de la siguiente forma:

$$\alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{d}{2 \cdot f}\right)$$

Donde la  $d$  es la diagonal del sensor, y la  $f$  la distancia focal.

Tanto el ángulo de visión horizontal como el vertical del sensor LEAP Motion son de  $150,92^\circ$  -estos se encargan de delimitar la zona de interacción-. En la API del dispositivo se define una zona de trabajo llamada *Interaction Box* por un volumen de 110,55 mm x 110,55 mm x 69,43 mm –altura, anchura y profundidad respectivamente-, que varía sus dimensiones dependiendo de donde se encuentre el objeto a rastrear. Desde el driver del dispositivo se puede configurar la altura a la que se encontrará el centro de la zona de interacción –dicha altura puede estar entre 7 y 25 cm desde el dispositivo-.

El sensor LEAP Motion ilumina la zona de cobertura mediante la luz infrarroja emitida a través de los LEDs. Cuando los objetos –en este caso, las manos- son iluminados, se produce una reflexión de luz que llega al dispositivo e incide sobre las lentes de las cámaras. “*Estas lentes –biconvexas-, concentran los rayos en el sensor de cada cámara; y los datos recogidos por los sensores se almacenan en una matriz –imagen digitalizada- en la memoria del controlador USB*” (Belda, 2015). Es en la memoria del controlador USB donde se realizan los ajustes de resolución adecuados mediante el microcontrolador del dispositivo.

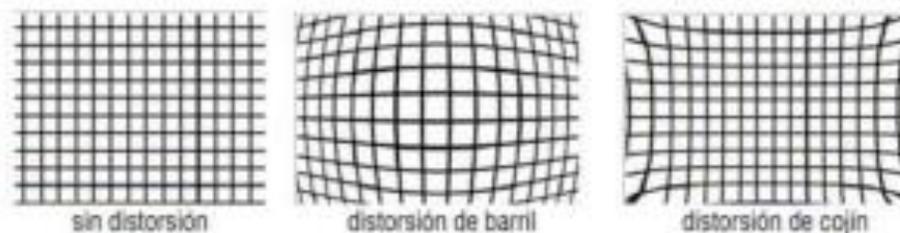
Una vez ajustada la resolución, los datos recogidos por los sensores son enviados directamente al driver instalado en el ordenador, dichos datos representan un valor de intensidad luminosa por cada pixel de la imagen capturada y se guardan en un buffer –que es una memoria de almacenamiento temporal de información-. El valor de intensidad luminosa se cuantifica a 8 bits para generar una imagen RAW –que contiene la totalidad de los datos de la imagen tal y como

ha sido captada- en escala de grises –lo que quiere decir, que existen un total de 256 posibles valores de luminosidad-. A su vez, cada imagen tiene un tamaño de 640 x 120 píxeles –lo que significa, que hay un total de 76.800 píxeles por imagen-, y ya que el dispositivo solo recoge y envía los datos, tiene una velocidad considerable.

En el momento en que las imágenes de las cámaras llegan al driver, son analizadas para identificar las manos –y los dedos- a partir de un modelo matemático de caracterización anatómico. De igual manera, la profundidad se obtiene mediante otro algoritmo.

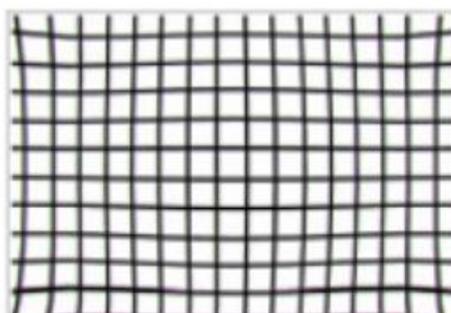
Primeramente, antes de la aplicación de los algoritmos de identificación y profundidad hay que tener en cuenta que las lentes del dispositivo producen una distorsión en la imagen óptica, deformando el objeto observado. Los tipos de distorsión se presentan en la imagen a continuación:

Figura 5 – Distorsiones de la imagen. Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-ii-principio-de-funcionamiento/>



El LEAP Motion produce una distorsión conocida como compleja, que básicamente es la mezcla entre las distorsiones de barril y la de cojín, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 6 – Distorsión compleja. Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-ii-principio-de-funcionamiento/>



Para poder mejorar esta distorsión, “*el sensor LEAP Motion tiene una opción de calibrado mediante la cual se obtiene un mapa de mallado de puntos de calibrado que se supone a la imagen captada por cada sensor*” (Belda, 2015).

Lo que quiere decir que cada buffer de datos de imagen que se envía al driver va acompañado de otro buffer que contiene los datos de distorsión. Tales datos, son una rejilla de 64 x 64 puntos con dos valores de 32 bits –cada uno-. Cada uno de los puntos representa un rayo de los proyectados en la cámara. El valor de un punto del mallado define la luminosidad de un pixel en la imagen y se pueden obtener los datos de luminosidad de todos los pixeles mediante interpolación –que es la obtención de nuevos puntos partiendo de un conjunto discreto de puntos-

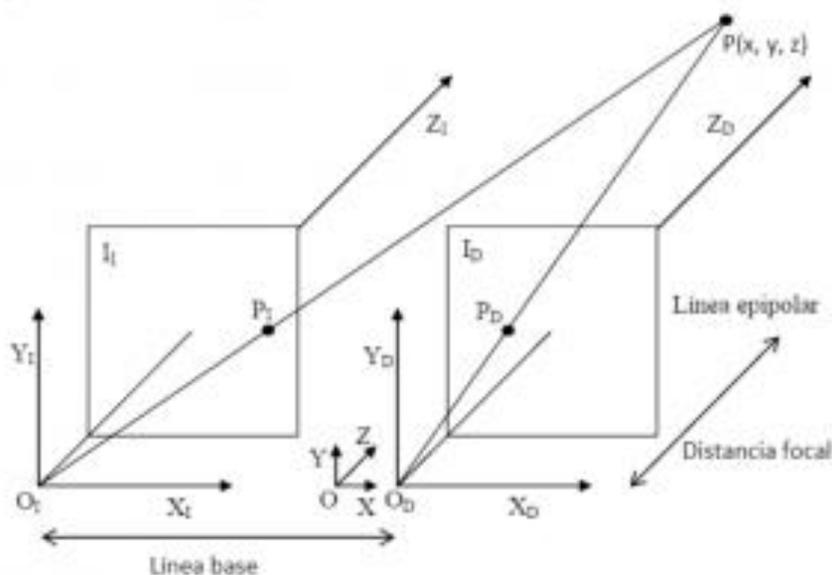
El valor de brillo de cada pixel de la imagen se origina a partir de un rayo de luz que entra en la cámara desde una dirección específica. La imagen se reconstruye mediante el cálculo de las pistas horizontales y verticales representados por cada pixel y se puede encontrar el valor de brillo verdadero de los datos de la imagen utilizando el mapa de calibración.

Una vez llegadas las imágenes, habiéndose corregido debidamente y siendo identificadas las manos –y los dedos- por el driver, se puede determinar la posición de las mismas en el sistema de coordenadas cartesianas de LEAP Motion a través de técnicas de visión estereoscópica –que es aquella que integra dos imágenes en una sola, para crear una imagen tridimensional-; “*Leap Motion es un sistema de captación de imágenes basado en la visión binocular y por ello podemos obtener distancias*” (Belda, 2015).

Retomando el tema de visión estereoscópica, el sistema funciona gracias a la separación de las cámaras en el eje X, obteniendo dos imágenes con pequeñas diferencias –llamando a mencionadas divergencias, disparidad-, para mayor entendimiento se presenta la imagen a continuación.

Figura 7 – Separación de las cámaras en el eje X. Fuente:

<http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-ii-principio-de-funcionamiento/>



Como se puede observar, las cámaras –representadas como  $O_1$  y  $O_2$ - están en el mismo plano Z –sobre la línea base-, si se traza una línea epipolar –que es aquella dada por la intersección del plano de cada imagen con una familia de planos, donde todos los planos de dicha familia contienen la línea base que une los centros ópticos de las cámaras- en este caso  $I_1$  e  $I_2$ , y a que  $O_1$  y  $O_2$  están en el mismo plano Z –a una misma distancia focal- “podemos ver la proyección del punto  $P$  en las dos imágenes. Por tanto, se puede observar un valor de disparidad  $d$  para cada uno de los puntos emparejados  $P_1(x_1, y_1)$  y  $P_2(x_2, y_2)$  dado por  $d = X_1 - X_2$ ” (Belda, 2015).

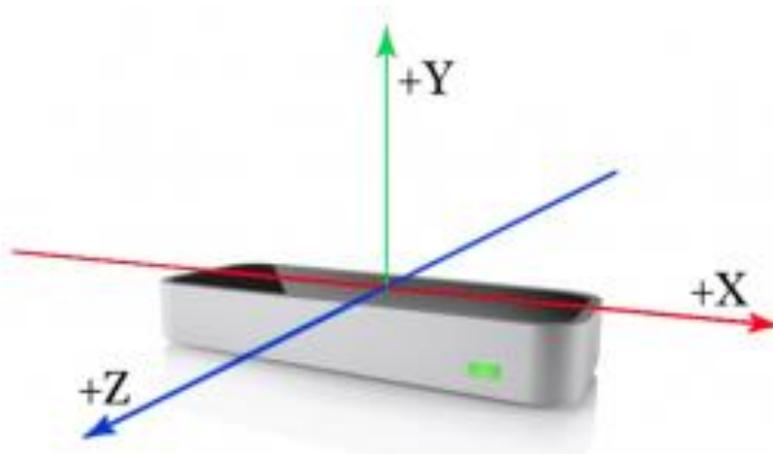
El funcionamiento del sensor LEAP Motion se puede explicar sencillamente de la siguiente manera:

- Se obtienen las imágenes desde los sensores de las cámaras.
- Se aplica una corrección de la distorsión producida por los sensores.
- Se aplica un modelo para determinar la configuración de cada mano, y se ejecuta un algoritmo de visión estereoscópica entre cada par de imágenes para obtener la posición en el plano tridimensional.

La API del sensor se puede programar en lenguajes de programación y plataformas de desarrollo, tales como C++, C#, Unity, Objective-C, Java, Python y JavaScript. Desde dicha API se puede obtener todo tipo de información tridimensional –referente a los antebrazos, las manos, los dedos e inclusive, a los huesos de los dedos tratados como objetos-, de igual manera, mide magnitudes como distancia –mm-, tiempo, velocidad –mm/s- y ángulos –radianes-.

El sensor LEAP Motion utiliza el sistema de coordenadas cartesianas, a partir de la posición del usuario, el eje Y –valores positivos hacia arriba-, el X –valores positivos hacia la derecha- y el Z –valores positivos hacia el usuario- como se expone en la siguiente imagen.

Figura 8 – Sistema de coordenadas. Fuente: <http://blog.showleap.com/category/leap-motion/>



El objeto principal es llamado *Controller()*, y se encarga de hacer de interfaz entre la aplicación de desarrollo y el dispositivo; a su vez, el método con mayor relevancia es llamado *frame()*, con el cual se puede acceder al objeto frame deseado –por defecto, al último que ha llegado desde el dispositivo-, es un método constructor, que puede asociar un objeto de tipo *Listener* al objeto *Controller* para estar al pendiente de los eventos que se produzcan en dicho *Controller*. De manera general, hay diferentes eventos asociados al estado del objeto *Controller* que al final se traducen en eventos asociados al dispositivo –hardware-.

Otro de los métodos relevantes es el *onFrame()*, evento que se produce siempre que el dispositivo captura una imagen, en otras palabras, es el evento principal, ya que permite

implementar las acciones que se desean hacer sobre los objetos –que como ya se mencionó, son las manos, dedos y antebrazos-.

Existen dos maneras de acceder al objeto *Frame*, ya sea desde el objeto *Controller* –a través del método *frame()*-, o desde el objeto *Listener* –a través de los eventos que se van disparando-. La diferencia entre uno y otro, radica en si se quiere o no analizar todos los frames que llegan desde *Controller*, es decir, si se desea analizarlos todos se accede desde *Listener*, y si por el contrario, se desea realizar dicho análisis cada cierto tiempo, se accede desde *Controller*.

Se debe tener en cuenta que el objeto *frame* es la raíz de todos los datos de los objetos que analiza el sensor LEAP Motion. *Frame* brinda la posibilidad de acceder a todas las clases *List* – que permiten acceder a una lista de objetos del mismo tipo y que aparecen en cada *frame*-. Dentro de las clases *List*, se encuentra *HandList*, que ofrece una lista de objetos del tipo *Hand* –que a su vez contiene objetos de tipo *Arm*, *Finger*, *Pointable* y *Tool* para cada uno de los objetos *Hand*, y cada objeto *Finger* contiene objetos del tipo *Bone*, que a su vez, son del tipo *Pointable*-, para acceder a dicha lista, se utiliza *ShowLeap*.

A continuación se presenta una imagen de las partes que componen al objeto *Hand* –junto con su representación anatómica-:

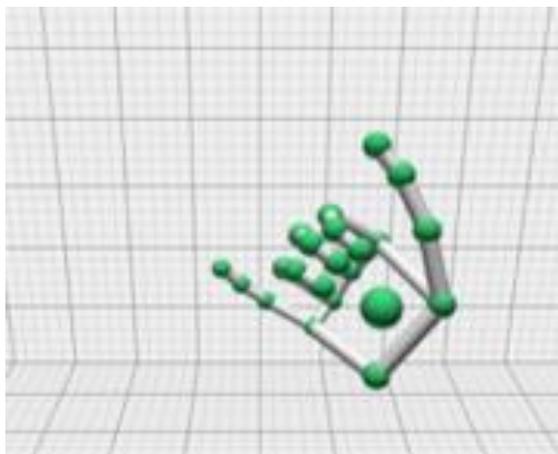
Figura 9 – Objeto Hand. Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-api/>



La información principal que se puede extraer del objeto *Hand* es: la posición y velocidad de las palmas y la dirección de vectores normales; del objeto *Finger* se puede obtener información como: posición y velocidad de la punta, el vector de dirección, la anchura y longitud; del objeto *Bone* se puede descubrir: la posición de la articulación, la anchura y longitud; por el lado del objeto *Arm* se puede conocer: las posiciones de muñeca y codo, el vector de dirección, la anchura y longitud; y finalmente, a los objetos *Pointable* y *Tool* se les puede obtener información como: la posición y velocidad de la punta, el vector de dirección, la anchura y longitud.

El modelo de la mano se basa en una estructura de puntos y líneas que describen mejor al objeto *Hand*, como se observa en la figura a continuación.

Figura 10 – Estructura de puntos y líneas. Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-api/>

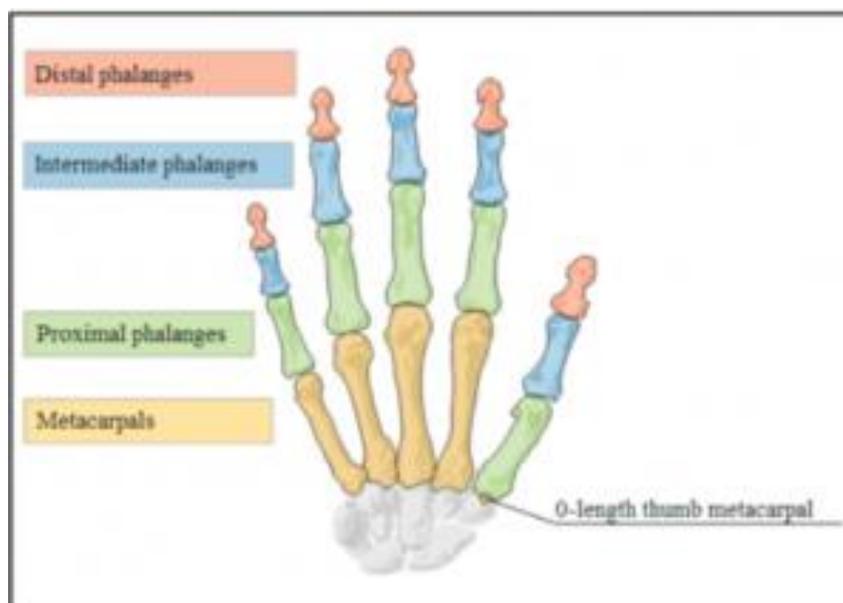


Con este modelo –de puntos y líneas- aparece el objeto *Bones*, que permite que el dispositivo tenga mejor precisión al momento de determinar la posición y el gesto de la mano –ya que si el dispositivo no ve alguno de los puntos puede determinar por si mismo donde está el dedo que no se ve o la posición en la que se encuentra la mano-.

Para extraer toda la información del objeto *Finger* se accede a la clase *FingerList*, -que es similar a *HandList*-, de igual manera, se puede extraer información del objeto *Finger* más cercano

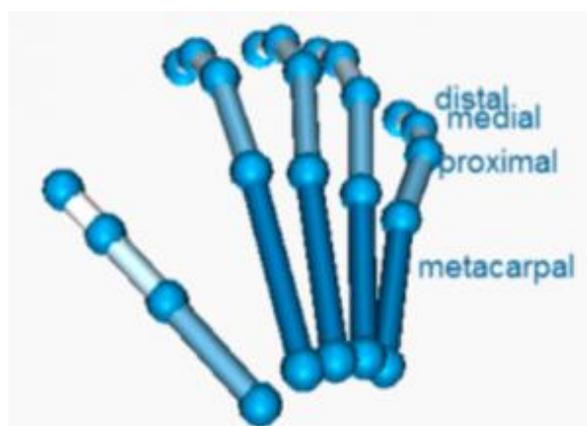
al dispositivo –ya sea hacia la derecha o la izquierda-. A su vez, de cada *Finger* se pueden extraer objetos *Bones*, que en la anatomía definida en la API, se representan según siguiente imagen.

Figura 11 – Objetos *Bones*. Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-api/>



Cada objeto *Bone* puede ser de un tipo que será el que determine su identificador; la API lo interpreta de la siguiente manera:

Figura 12 – Identificadores de los objetos *Bones*. Fuente: <http://blog.showleap.com/2015/05/leap-motion-api/>



Gracias a los modelos matemáticos, se puede determinar mejor la posición de cada objeto, lo que dio lugar a la aparición del objeto *Arm*; asimismo, la API provee una serie de objetos que ayudan a extraer los datos requeridos –por ejemplo, el objeto *Vector*-.

Ahora bien, teniendo en claro el funcionamiento del sensor, se puede proceder a hablar sobre los entornos 3D –de especial relevancia-, de los que se puede decir que son considerablemente “*inmersivos e interactivos*” (Esteve, Adell, & Gisbert, 2014), al igual que una tecnología prometedora. “*Un mundo virtual es un entorno simulado, una representación en tres dimensiones, accesible por ordenador, en el que los participantes interactúan en tiempo real*” (Anónimo, s.f.). Uno de los valores agregados de estos entornos –aparte de ser novedosos-, es la simulación de situaciones reales a través del computador, logrando que los usuarios sean protagonistas de su propio aprendizaje –permitiendo así, un aprendizaje considerablemente más significativo-.

Los entornos 3D son sistemas tecnológicos avanzados, con múltiples potencialidades –en cuanto a enseñanza-aprendizaje se refiere-, son sistemas inmersivos, interactivos y accesibles, que permiten diseñar actividades complejas dando respuesta a competencias clave.

Algunas de las características que más resaltan de los entornos 3D son el innegable estímulo sensorial, la interacción lúdica, la comunicación multimedia y la interacción –centralización- tanto de la información como del usuario. De igual manera, otras grandes ventajas son la inmersión en ambientes tridimensionales, la interacción *en tiempo real* y la experiencia directa –reduciendo la distancia entre la práctica y la teoría-.

Hablando directamente de los entornos 3D para la educación –teniendo en cuenta lo anterior-, se puede concluir que favorecen el aprendizaje –por medio de la experimentación-, permiten un ejercicio de lo aprendido, el usuario es un ser activo –ya que el mismo controla su aprendizaje-, y al ser espacios interactivos, motivan al alumno a realizar las actividades que se proponen.

### 6.4.3 UNITY 3D

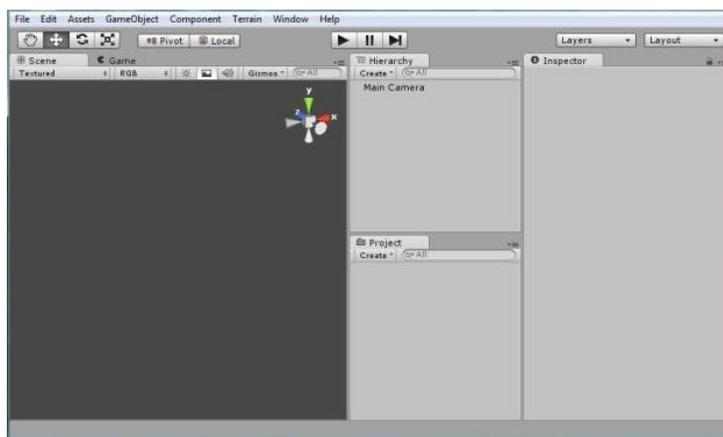
Unity Technologies comienza en 2004, con David Helgason, Nicholas Francia y Joachim Ante *replanteando* su compañía de desarrollo de videojuegos, luego del fracaso que supuso *GooBall* –si bien el juego no cumplió con las expectativas planteadas inicialmente, en su desarrollo se crearon herramientas considerablemente potentes que sirvieron para la democratización del desarrollo de videojuegos-.

Al comenzar, el objetivo de Unity consistía básicamente en “*crear un motor de videojuegos que pequeñas y grandes empresas pudieran utilizar por igual. Un entorno amigable para programadores, artistas y diseñadores que llegase a diferentes plataformas sin obligar a programar el juego específicamente para cada una de ellas*” (Candil, 2014).

Unity cuenta con ciertas ventajas, como lo son la facilidad de desarrollo –ya que quienes realizan los juegos tienen comodidades que van desde la creación del entorno hasta la exportación a varias plataformas de una sola vez-, a su vez, es un motor considerablemente completo –que permite desarrollos simples y complejos con maravillosos resultados-, cabe resaltar, que es –como ya se ha mencionado- muy potente, y en el aspecto gráfico es excepcional.

Según el sitio oficial, “*el editor de Unity presenta herramientas múltiples que permiten una edición e iteración rápidas*” (Uniry, s.f.) –como se puede observar en la figura 13-, cuenta con el modo *Play* para las vistas previas del trabajo en tiempo real.

Figura 13 – Entorno Unity. Fuente: Elaboración propia



De igual manera, Unity cuenta con:

- Un editor todo en uno: disponible para Windows y Mac, cuenta con herramientas sencillas de diseño de experiencias y mundos de juegos, a su vez, tiene herramientas para la implementación de la lógica del juego.
- 2D y 3D: incluye prestaciones y funcionalidades para las necesidades específicas, tanto de 2D como 3D.
- Herramientas AI Pathfinding: cuenta con un sistema de navegación que permite crear NPC –personajes que el jugador no controla- con movimientos inteligentes por el mundo del juego. De igual manera, el sistema usa mallas de navegación –creadas automáticamente- e incluso obstáculos dinámicos –para alterar la navegación del personaje al momento de ejecución-.
- Flujos de trabajo eficientes: proporciona flujos de trabajos eficientes –y a su vez, flexibles- que permiten trabajar con confianza sin el temor a los errores que consumen mucho tiempo.
- Motores de física: permite sacar ventaja de los soportes de Box2D y NVIDIA PhysX para que la experiencia de juego sea lo más realista posible –al igual que de alto rendimiento-.
- Herramientas personalizadas: se pueden añadir al editor todas las herramientas necesarias, por ejemplo, creando y agregando extensiones o descargando los recursos desde la *Asset Store*.
- Permite despliegue en más de 25 plataformas –entre las que se encuentran móviles, computadores, consolas, VR, web, etc.-.

Al momento de hablar del rendimiento de Unity, se pueden resaltar las siguientes características:

- Herramientas avanzadas de perfiles: optimiza continuamente el contenido, puede comprobar si se está vinculado a la CPU o a la GPU y señala las áreas que deben mejorarse, con el fin de proporcionar a los usuarios finales una experiencia – funcionalmente hablando- sin problemas.
- Sistema multihilo de alto rendimiento: utiliza los procesadores multinúcleo disponibles sin necesidad de mucha programación. Ofrece entornos de pruebas seguros y fáciles para escribir código paralelo.
- Entrega control completo sobre el tamaño del desarrollo, de igual manera, brinda escalabilidad sin precedentes.
- Motor de renderizado en tiempo real –fidelidad visual sin precedentes-, al igual que API de gráficos nativos.

Se debe hacer énfasis en lo referente a las NUI, las interfaces naturales de usuario, las cuales se pueden definir como *“aquellas que permiten a los usuarios de hardware y software, interactuar con ellos en la misma manera cómo interactúan con el mundo real”* (Santana, s.f.); de igual manera, hay autores que establecen ciertas consideraciones para considerar naturales a las interfaces de usuario, las cuales son (Wigdor & Wixon, 2010):

- *“Crear una experiencia, que dé la sensación de ser una extensión del cuerpo.*
- *Crear una experiencia, que le sea natural tanto a usuarios expertos, como a los usuarios nuevos.*
- *Crear una experiencia, que sea auténtica al medio.*
- *Crear una interfaz de usuario, que considere el contexto, tomando en cuenta las correctas metáforas, indicaciones visuales, realimentación y métodos de entrada y salida.*
- *Evitar caer en la trampa, de copiar los paradigmas de interfaz de usuario existentes”.*

Como ya se ha mencionado, las interfaces naturales son aquellas que no requieren de la implementación de equipos tales como controles, teclados, entre otros; su funcionamiento se basa en los movimientos naturales del cuerpo humano, para brindar una experiencia más amena y –por redundante que suene- natural para el hombre, en otras palabras, permiten que las personas

participen en actividades virtuales con movimientos similares a los utilizados en la vida diaria, manipulando el contenido de manera intuitiva; de igual manera, se tiene que algunas de las NUI con las que se relacionan las personas mayormente son los teléfonos inteligentes –pantallas táctiles-.

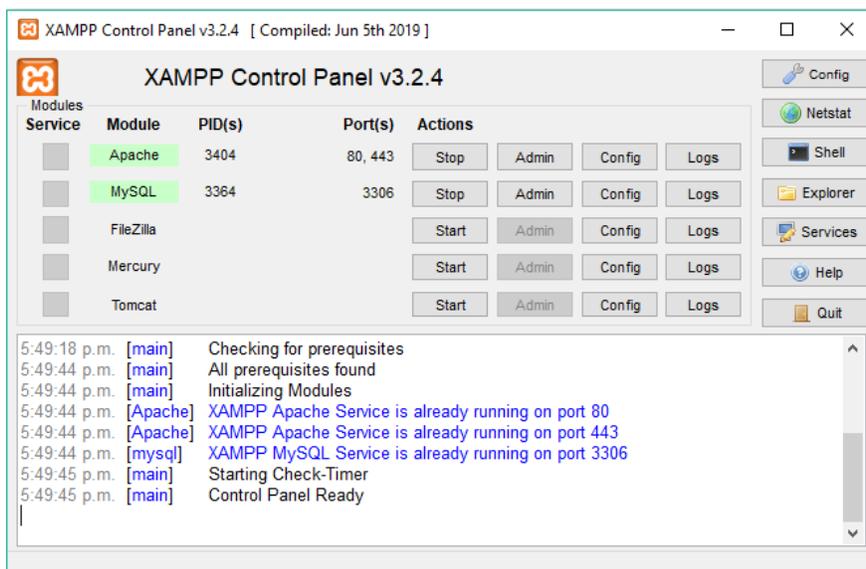
#### 6.4.4 XAMPP

Para la base de dato se implementó *XAMPP*, que es un servidor independiente de plataforma, software libre, y principalmente consiste en la base de datos *MySQL* y el servidor web *Apache*, y los intérpretes para lenguajes como *PHP* y *Perl*. Es un programa liberado bajo licencia *GNU* y actúa como un servidor web libre. Está disponible para *Microsoft Windows*, *GNU/Linux*, *Solaris* y *MacOS X*.

La palabra *XAMPP* es un acrónimo, la letra *X* hace referencia a los sistemas operativos, la *A* de *Apache*, la *M* de *MySQL*, una *P* por *PHP* y otra por *Perl*.

La siguiente pantalla –figura 14- permite observar la ventana de control, donde se pueden activar o desactivar los servicios, para el caso de la aplicación, *Apache* y *MySQL* están siempre en funcionamiento.

Figura 14 – Control XAMPP. Fuente: Elaboración Propia



## CAPITULO 3

### 7 METODOLOGÍA

La metodología seleccionada para la realización del proyecto es la del Proceso Unificado Racional, más conocida como RUP, la cual es entendida por algunos autores como (Jaramillo, 2016)

*“proceso de ingeniería de software que provee un acercamiento disciplinado para asignar tareas en una organización. Su principal objetivo es asegurar la producción de software de alta calidad, el cual llega a las necesidades del cliente final, por medio de un horario y presupuesto predecibles [...] mejora la productividad grupal mediante la asignación de fácil acceso a la línea base del conocimiento a cada miembro [...] soportado por herramientas que generalmente automatizan gran parte del proceso. Son usadas para crear y mantener los varios objetos –modelos en particular- del proceso de ingeniería de software: modelado visual, programación, pruebas, entre otros”.*

De igual manera, hay quienes afirman que ésta metodología es una guía para el correcto uso del Lenguaje Unificado de Modelación –UML-, el cual es un lenguaje estándar que permite expresar claramente los requerimientos, la arquitectura y los diseños.

Entre las características de la metodología en cuestión se encuentran:

- Permite una forma disciplinada de asignar tareas y responsabilidades, ya que se establece quién hace qué, el cuándo y el cómo.
- Pretende implementar las mejores prácticas en ingeniería de software:
  - Administración de requerimientos –documentar, agilizar y mejorar los requerimientos obtenidos para el desarrollo-.
  - Implementación de arquitecturas basadas en componentes –desarrollo de un modelo a escala seguro del aplicativo-.
  - Modelamiento visual del software –muestra el modelo de software desarrollado, permitiendo al desarrollador observar los errores y corregirlos-.
  - Verificación de la calidad del software –aplicación de pruebas al aplicativo-.

- Controla los cambios realizados al software –se suministran recursos ajustables a los posibles cambios que pueda sufrir el software, ya sea por actualización o por innovación-.
- Presenta un desarrollo iterativo.
- Describe la organización, documentación, funcionalidad y restricciones del software.
- Documenta y registra las decisiones que se toman para el desarrollo del software.
- Implementa los diferentes diagramas de UML, permitiendo una reducción en el tiempo de desarrollo del software.

La metodología elegida se ajusta perfectamente a los requerimientos del proyecto, considerando paralelamente los tiempos de trabajo que se tenían y las diferentes tareas que debían cumplirse, a su vez, la metodología RUP permite un trabajo más preciso y cómodo, tanto de manera individual, como grupal, permitiendo observar el panorama completo del trabajo, y las responsabilidades que se irían adquiriendo con el pasar del tiempo. Cabe resaltar que es una metodología *amigable*, que permite que los proyectos se realicen correctamente, teniendo en cuenta las etapas que maneja y los tiempos que se presentan.

El ciclo de vida del proyecto –considerando las etapas de la metodología seleccionada- se expone en el cuadro que se encuentra a continuación.

TAREAS DEL PROCESO	INICIO	ELABORACIÓN	COSTRUCCIÓN	TRANSISIÓN
MODELADO DEL PROYECTO	Estado del arte sobre las herramientas existentes relacionadas con el lenguaje de señas	Especificación de las pautas pedagógicas del lenguaje de señas	Propuesta de proyecto para la enseñanza de lenguaje de señas –documento de anteproyecto-	-Lista de requisitos.  -Diagrama de requisitos

REQUISITOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evaluación de los requisitos.</li> <li>-Aceptación de los requisitos</li> </ul>	Análisis del riesgo	Casos de Uso con tablas de especificación	Documento con los casos de uso con tablas de especificación
ANALISIS Y DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se convierten en diagramas de análisis los casos de uso.</li> <li>-Análisis del funcionamiento del sensor LEAP Motion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagrama de clases.</li> <li>-Modelo físico de la Base de Datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagramas de actividades</li> <li>-Flujo de navegación.</li> <li>-Diagramas de presentación</li> </ul>	Modelo completo y corregido
IMPLEMENTACIÓN / DESARROLLO	Estudio y evaluación del modelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Generación de la Base de Datos y de las clases.</li> <li>-Creación del entorno 3D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pulida y terminación de las clases.</li> <li>-Desarrollo de los formularios.</li> <li>-Subida de registros para pruebas</li> </ul>	Software completo
PRUEBAS	Diagramas de pruebas (de caja blanca y caja negra)	Ejecución de pruebas de caja blanca	Ejecución de pruebas de caja negra	Certificado de calidad

DESPLIEGUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagrama de despliegue.</li> <li>-Manuales de usuario y de administrador</li> </ul>	Instalación del software	Capacitación de usuarios, respecto al uso de la herramienta –a nivel de software y hardware-.	-Plan de seguimiento y mantenimiento.
------------	---	--------------------------	---	---------------------------------------

*Cuadro 1 - Ciclo de Vida Proyecto*

## 8 DESARROLLO DEL PROYECTO

### 8.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

#### 8.1.1 MODELADO DEL NEGOCIO

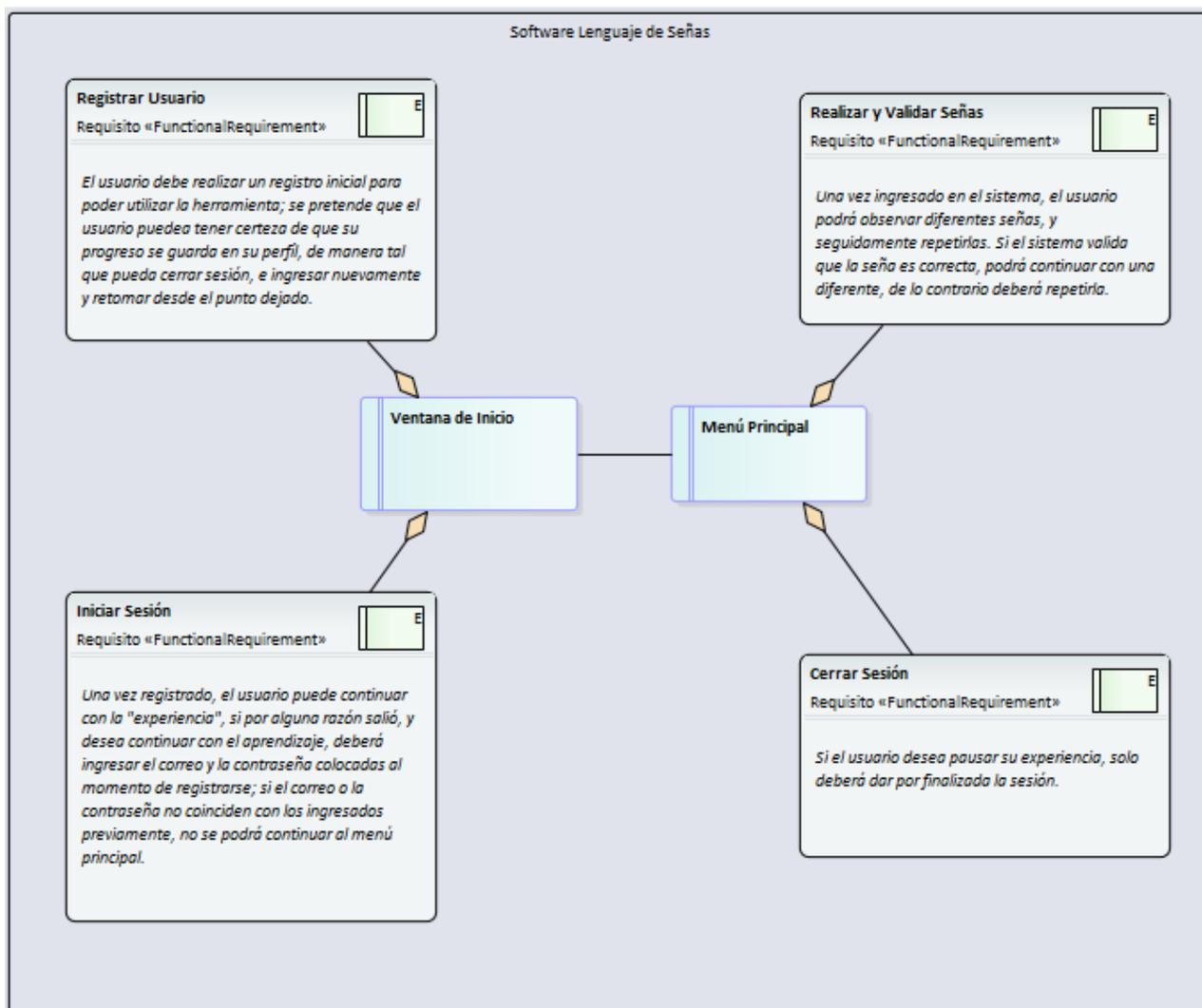
En primera instancia se planteó una solución para la enseñanza de lenguaje de signos, la cual se comentó con quien pasaría a ser el director del proyecto; se observaron los pros y los contras que existían, las limitaciones y los equipos que se podrían utilizar para llevar la idea a feliz término. De igual manera, se realizó una primera revisión de las características técnicas del sensor, y se realizaron pruebas iniciales para la detección y programación de las manos.

Para la enseñanza del lenguaje de señas, se siguen ciertos parámetros *básicos*, un orden lógico para facilitar la comprensión y aprendizaje del mismo, hay quienes comienzan enseñando los pronombres personales –yo, tú, él, etc.- y quienes empiezan con el abecedario y los números. En el caso particular del presente proyecto, se toman como referencia los lineamientos planteado por *EduTin Academy*, ajustándolos a los requerimientos planteados, es decir, se comienza por el abecedario y algunos números –del 1 al 10-, se sigue con los interrogativos -¿Qué, quién, cómo, dónde?-, para concluir con algunos gestos que faciliten la interacción entre sordos y oyentes.

Una vez claros los lineamientos de enseñanza de la lengua de signos, se procede a la estimación de los requisitos de la aplicación, considerando los funcionales, los no funcionales, las reglas, las restricciones y los usuarios del sistema.

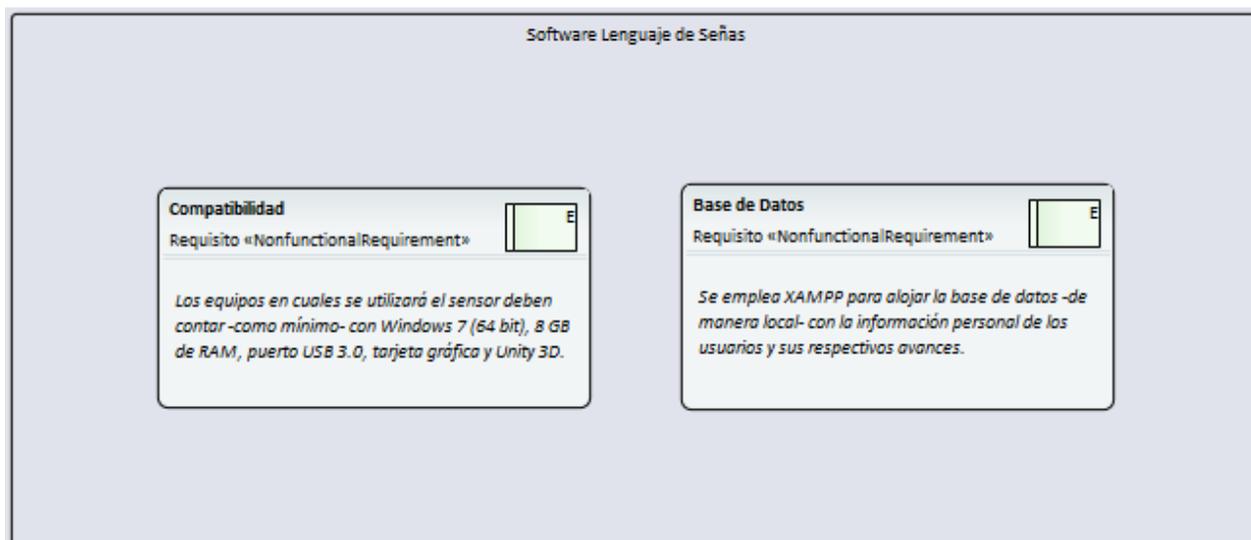
En primera instancia se plantean los requisitos funcionales, que son aquellos servicios que proveerá el sistema, es decir, son la manera en que reaccionará con respecto al usuario; en primera instancia se realiza un *borrador* de los mismos, se comentan con el director, y una vez aceptados, se procede a representarlos de manera gráfica, como se puede observar en la figura 15, que se encuentra a continuación.

Figura 15 – Requisitos Funcionales. Fuente: Elaboración propia



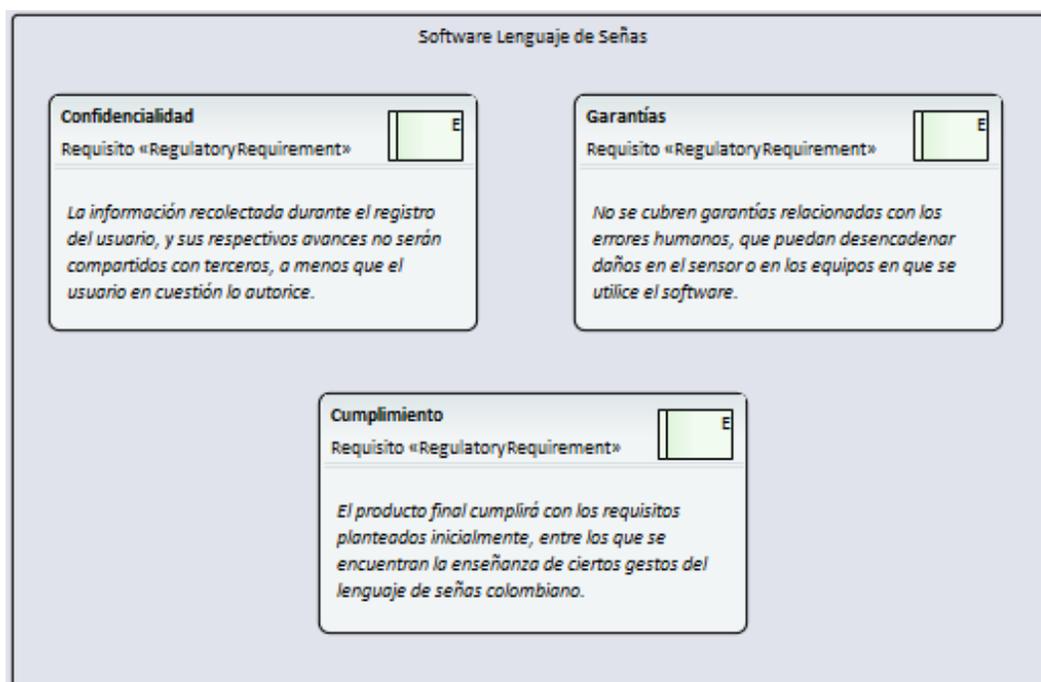
Una vez definidos los requisitos funcionales, se procede a establecer cuales son aquellos requisitos no funcionales del sistema; se tienen dos –como se puede observar en la siguiente imagen-, que son, de manera muy precisa, la compatibilidad –es decir, los requisitos mínimos- entre el equipo de cómputo a usar y el sensor LEAP Motion, y lo referente a la base de datos, que para el proyecto, se aloja localmente –implementando los servicios de XAMPP- en el equipo donde funciona la aplicación.

Figura 16 – Requisitos No Funcionales. Fuente: Elaboración propia



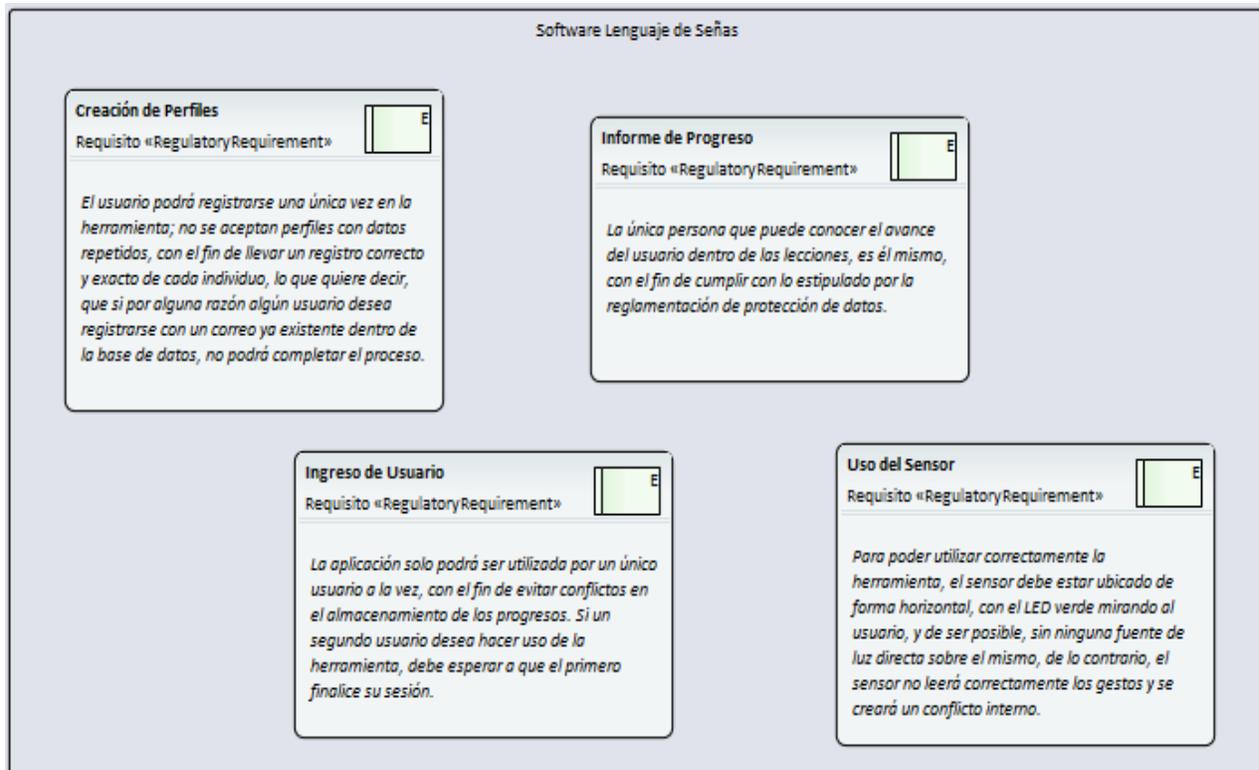
Otra parte a considerar, son las reglas sobre las cuales se rige el sistema, contemplando la confidencialidad –respecto al manejo de la información aportada por el usuario-, las garantías – que no contemplan errores humanos-, y el cumplimiento del producto final. A continuación, se pueden observar gráficamente.

Figura 17 – Reglas. Fuente: Elaboración propia



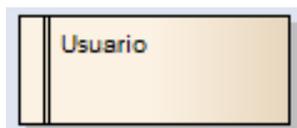
Como es bien sabido, los sistemas cuentan con algunas restricciones, para el caso específico del presente proyecto se contemplan cuatro, que son la creación de perfiles, el ingreso de usuario, los informes de progreso y el uso del sensor, los cuales se pueden observar con su respectiva información en la siguiente figura.

Figura 18 – Restricciones. Fuente: Elaboración propia



De igual manera es necesario definir los usuarios que interactúan con el sistema, claro está, existe un único usuario, que es quien utiliza la aplicación con su respectiva sesión iniciada –la figura a continuación muestra el único usuario que interactúa con el sistema, como ya se mencionó-

Figura 19 – Usuarios. Fuente: Elaboración propia



### 8.1.2 Casos de Uso

A continuación se puede observar el caso de uso global de la herramienta, con las tablas de especificación de cada uno de los casos de uso de manera individual.

Figura 20 – Caso de Uso Global. Fuente: Elaboración propia

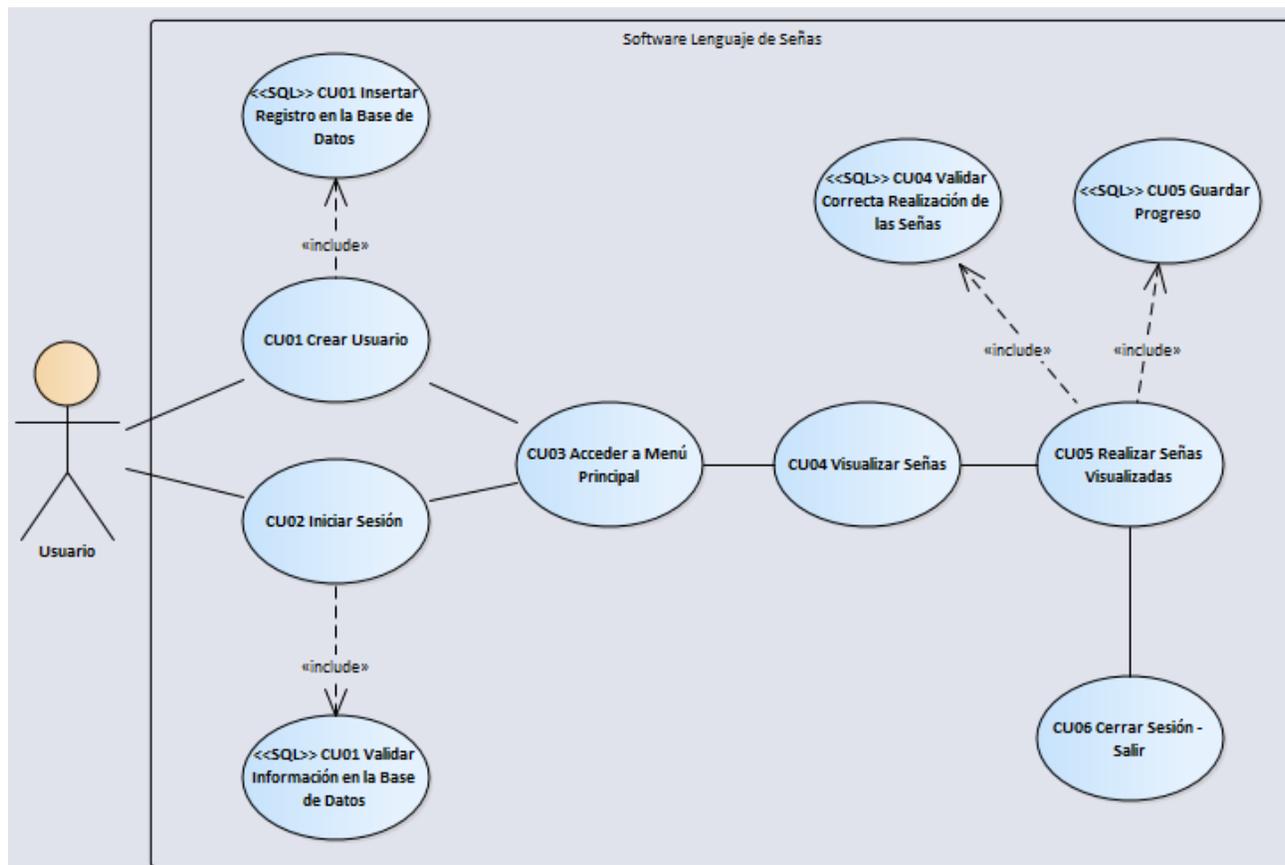


Tabla 3 – Especificaciones Caso de Uso 1

Caso de uso: CU01 Crear Usuario	
Actor: Usuario	
Descripción de los procesos	Alternativas:
<ul style="list-style-type: none"> <li>El usuario accede a la aplicación.</li> <li>El usuario da <i>click</i> sobre la opción de crear usuario.</li> </ul>	<p>Sí el usuario ya está registrado deberá omitir este paso e ingresar al sistema por la opción de inicio de sesión.</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario rellena el formulario con la información solicitada.</li> <li>• El usuario da <i>click</i> en la opción <i>crear usuario</i>.</li> </ul>	
--	--

Tabla 4 – Especificaciones Caso de Uso 2

<b>Caso de uso: CU02 Iniciar Sesión</b>	
<b>Actor: Usuario</b>	
<b>Descripción de los procesos</b>	<b>Alternativas:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario accede a la aplicación.</li> <li>• El usuario rellena los campos de <i>usuario</i> y <i>contraseña</i>.</li> <li>• El usuario da <i>click</i> sobre el botón <i>ingresar</i>.</li> </ul>	Sí el usuario no se encuentra registrado en la base de datos del sistema deberá hacerlo primero para poder ingresar a la aplicación

Tabla 5 – Especificaciones Caso de Uso 4

<b>Caso de uso: CU04 Visualizar Señas</b>	
<b>Actor: Usuario</b>	
<b>Descripción de los procesos</b>	<b>Alternativas:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario accede a la aplicación.</li> <li>• El usuario selecciona la lección a estudiar.</li> <li>• El usuario observa la seña deseada.</li> </ul>	El usuario puede ver las veces que crea que sea necesario, los videos de instrucción para aprender la seña que se está mostrando.

Tabla 6 – Especificaciones Caso de Uso 5

<b>Caso de uso: CU05 Realizar Señas Visualizadas</b>	
<b>Actor: Usuario</b>	
<b>Descripción de los procesos</b>	<b>Alternativas:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario accede a la aplicación.</li> <li>• El usuario selecciona la lección deseada.</li> <li>• El usuario observa la señal.</li> <li>• El usuario procede a observar sus manos en pantalla y replicar la señal.</li> </ul>	<p>Sí el usuario no imita correctamente la señal que se le mostro, el sistema no lo dejara continuar con la siguiente señal.</p>

Tabla 7 – Especificaciones Caso de Uso 6

<b>Caso de uso: CU06 Cerrar Sesión - Salir</b>	
<b>Actor: Usuario</b>	
<b>Descripción de los procesos</b>	<b>Alternativas:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario sale de la lección en la que se encuentre.</li> <li>• El usuario da <i>click</i> sobre el botón de cerrar sesión.</li> </ul>	<p>El usuario continúa con la realización de las señas visualizadas.</p>

Una vez claros los requisitos y los casos de uso, se procede a analizar el riesgo existente dentro de la realización del proyecto; entre los riesgos existentes se pueden observar:

- La no terminación del proyecto.
- Que el software se encuentre incompleto al finalizar el plazo de desarrollo.
- La implementación del software en equipos de cómputo que no soporten el mismo –o en su defecto, que no soporten el hardware-.

A continuación, se presenta la matriz de riesgo contemplada, donde la magnitud de daño no es crítica, y los factores más preocupantes son la pérdida de datos e información, el daño a sistemas e infraestructura, y que tales daños sean causados por criminales o por factores ambientales – físicos-. A su vez, si bien el riesgo de negligencia es mínimo, se debe tener en cuenta y se debe dar especial atención, con el fin de asegurar el término adecuado del proyecto.

Figura 21– Matriz de Riesgo. Fuente: Elaboración propia

		Probabilidad de Amenaza		
		Criminalidad y Político	Sucesos de origen físico	Negligencia y Institucional
Magnitud de Daño	Datos e Información	2,9	2,6	2,2
	Sistemas e Infraestructura	3,3	3,0	2,5
	Personal	2,3	2,0	1,7

La figura anterior permite observar de manera gráfica algunos de los posibles riesgos existentes con lo referente a la realización del proyecto, y si bien los valores son mínimos, se debe tener cuidado con todos y cada uno de ellos.

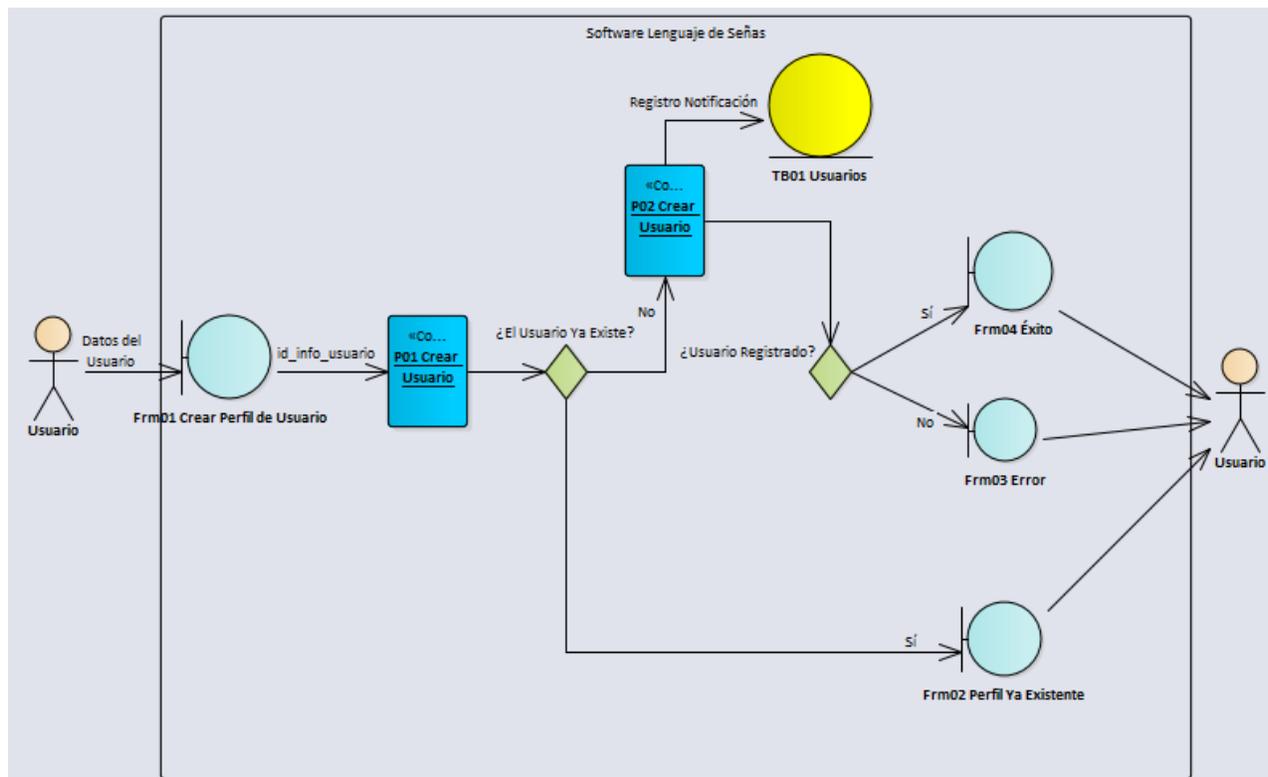
### 8.1.3 Análisis y Diseño

Otra parte fundamental a realizar, son los diagramas de análisis, que como bien es sabido, son la representación gráfica de la secuencia de operaciones que lleva a cabo el sistema –es decir, son los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso-.

A continuación se pueden observar los diagramas de análisis de la aplicación, comenzando con el proceso de creación de usuario; como bien se puede observar en la siguiente figura, no se aceptan usuarios repetidos, para lo cual se realiza una validación de los datos recibidos –con el fin

de evitar que las personas que utilicen la aplicación tengan varias cuentas, y de tal manera, controlar de manera acertada el progreso-.

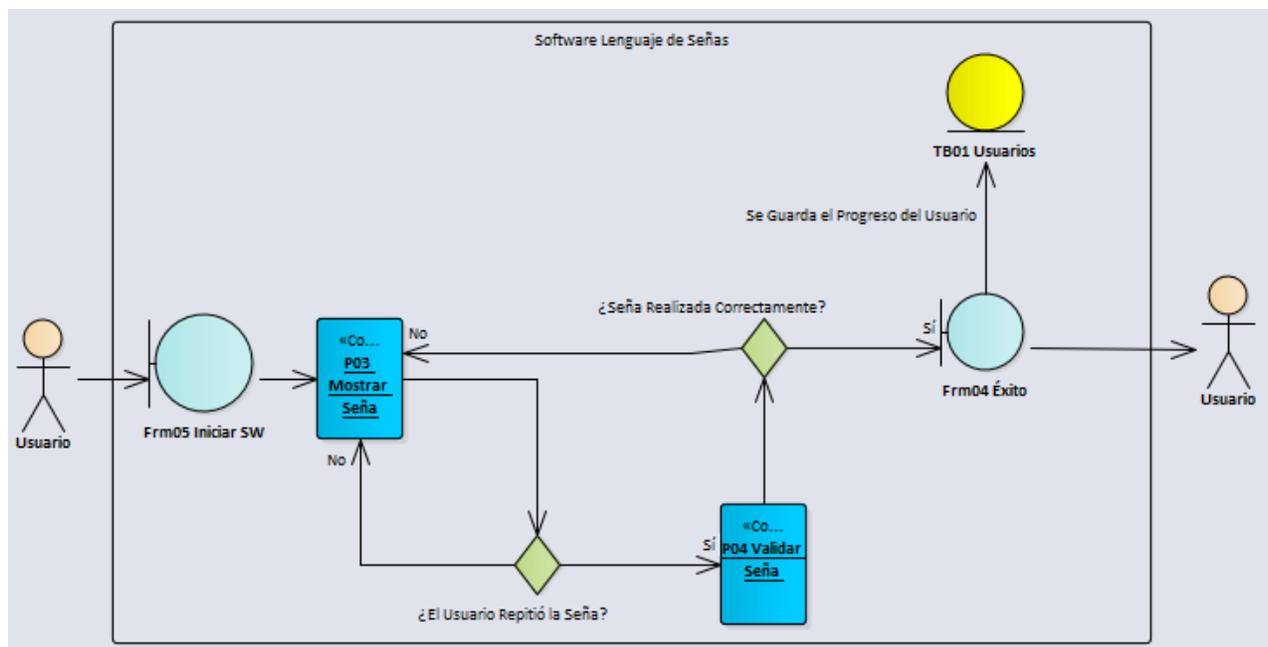
Figura 22 – Diagrama de Análisis Creación de Usuario. Fuente: Elaboración propia



Otro de los diagramas de análisis elementales del sistema, es el de la realización y la validación de las señas –por parte del usuario y el sistema, respectivamente-, que es la gran operación que compete a la aplicación. Como se muestra en la figura 23, las señas son mostradas al usuario para que las repita, una vez captados los gestos de la persona, se procede a validar si tales acciones coinciden con lo expuesto al usuario inicialmente.

Si el movimiento es realizado correctamente, la persona puede continuar con otra lección, de lo contrario, debe repetirla las veces que sean necesarias –o si lo prefiere, retirarse de manera voluntaria, claro que la lección seguirá *disponible* para que el usuario la realice en el momento que considere oportuno-.

Figura 23 – Diagrama de Análisis Realización y Validación de Señas. Fuente: Elaboración propia



### 8.1.4 Pantallas de la Aplicación

Los diseños de *las pantallas* de la aplicación planteados inicialmente, se muestran a continuación; en primera instancia, se tiene una ventana de inicio, donde el usuario se encuentra con algunas opciones, como son la de inicio de sesión y la de registro -se realiza un registro de usuario con el fin de recolectar la información del avance de la persona de manera *personalizada*, así, la persona que utilice la aplicación podrá detener el uso de la misma y continuar cuando lo desee con las lecciones faltantes-, la opción de instrucciones y la de salir.

Figura 24 – Ventana de Inicio. Fuente: Elaboración propia

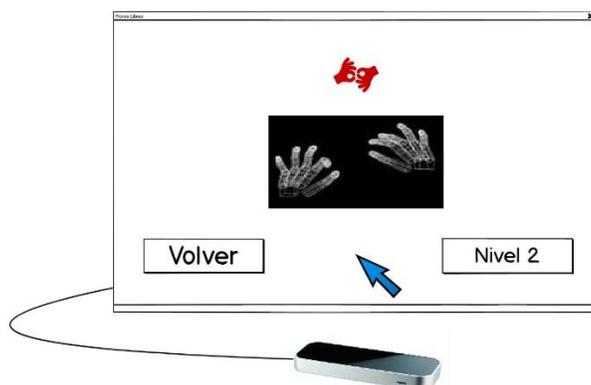


La ventana de registro cuenta –como se muestra en la siguiente figura–, con los campos de nombre, apellido, correo y contraseña. Cabe resaltar que todos los usuarios deberán registrarse para utilizar la herramienta, teniendo en cuenta –como se menciona previamente–, que no pueden existir perfiles con la misma información, cada persona puede contar exclusivamente con un único perfil.

Figura 25 – Ventana de Registro. Fuente: Elaboración propia

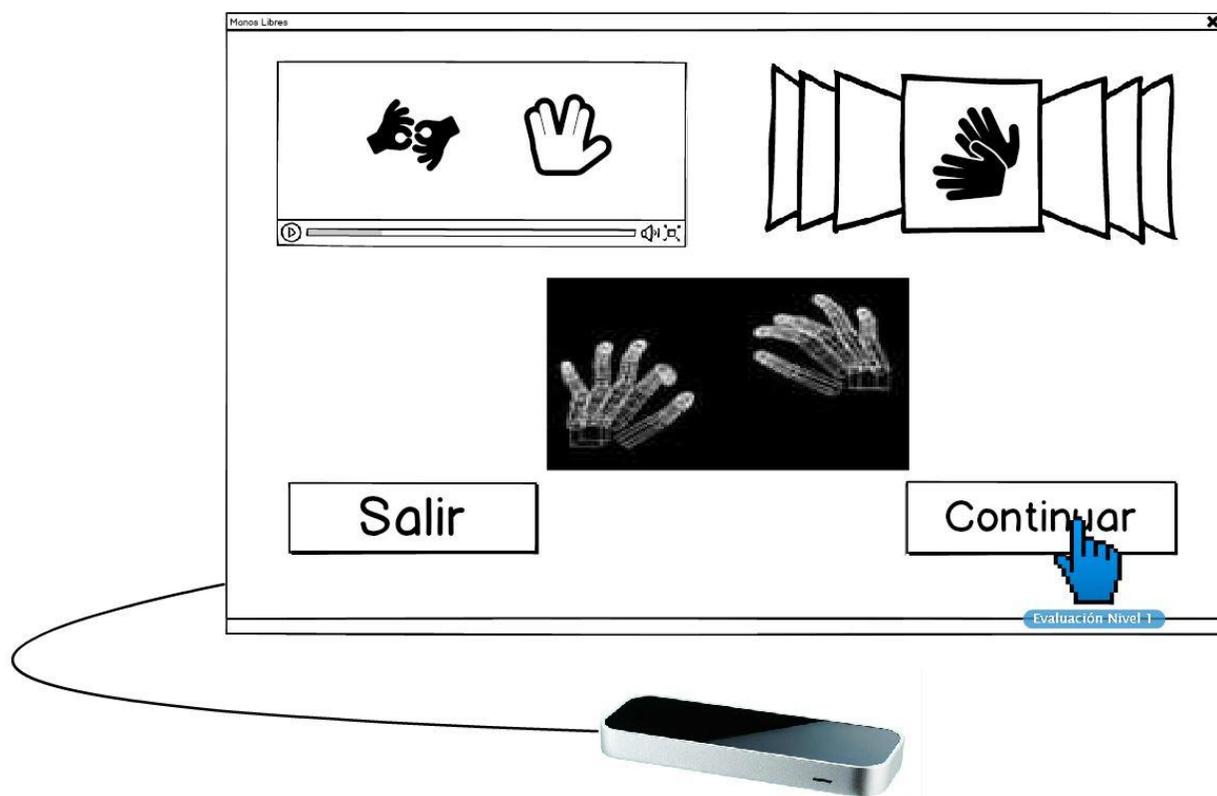
Una vez iniciada la sesión, el usuario procede a seleccionar la sección que desea estudiar, es decir, la persona es libre de elegir con cuál de las lecciones comenzar, esto con el fin de que el sujeto se sienta cómodo con los gestos a realizar, y que el aprendizaje se lleve a cabo de manera autónoma, independiente, y sin presiones.

Figura 26 – Ventana de Lecciones. Fuente: Elaboración propia



Una vez seleccionada la lección, el usuario elige el gesto exacto a estudiar, y procede a observar el mismo en pantalla. Una vez ubica sus manos sobre el sensor, estas se muestran en pantalla con el fin de que al momento de repetir el gesto, pueda observar como lo hace, y tratar de copiar el mostrado lo más exactamente posible.

Figura 27 – Ventana Continuar. Fuente: Elaboración propia



### 8.1.5 Programación

En primera instancia, fue necesario adquirir *Unity Core Assets*, que facilitó la integración del sensor a Unity, es decir, mencionado paquete permitió acceder a las manos –y todas sus partes- captas por el sensor dentro del entorno de trabajo de Unity.

Una vez solucionada la parte de adquisición de los datos captados por el sensor, se procede a la conexión con la base de datos -que para el presente trabajo es local, y fue trabajada en *XAMPP*, que como ya se mencionó previamente, facilita los servicios de *MySQL* necesarios-; en la programación es necesario el uso de *MySql.Data.MySqlClient*, a su vez, se definieron *GameObject*

públicos para el servidor de la base de datos, el nombre de la misma, y el usuario y contraseña correspondientes, dichos objetos son invocados en la función de comenzar de la siguiente manera.

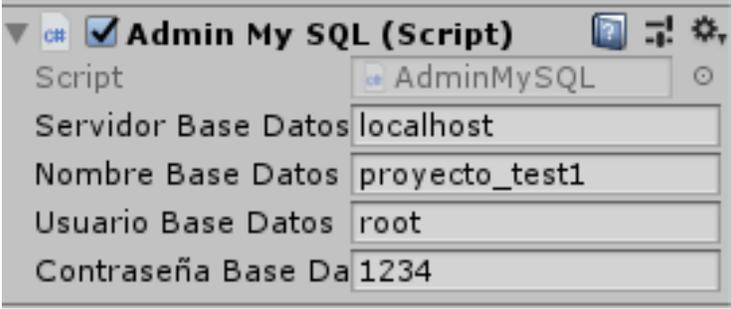
Figura 28 – Función Start Conexión Base de Datos. Fuente: Elaboración Propia

```
void Start()
{
    datosConexion = "Server=" + servidorBaseDatos +
        ";Database=" + nombreBaseDatos +
        ";Uid=" + usuarioBaseDatos +
        ";Pwd=" + contraseñaBaseDatos +
        ";";

    ConectarConServidorBD();
}
```

Los datos se asignan desde la aplicación de Unity de manera manual, desde la escena donde se encuentra el *script* –en este caso, en la página principal, ya que para poder iniciar sesión o registrarse es necesario conectar con la base de datos-, como se puede observar más claramente en la siguiente figura.

Figura 29 – Datos Conexión Base de Datos. Fuente: Elaboración Propia



The screenshot shows a Unity window titled "Admin MySQL (Script)". It contains a form with the following fields and values:

Field	Value
Servidor Base Datos	localhost
Nombre Base Datos	proyecto_test1
Usuario Base Datos	root
Contraseña Base Da	1234

Y una vez obtenidos los datos solicitados, se realiza la respectiva conexión por medio de un *try*, que entrega dos posibles resultados, una conexión correcta o un error de imposible conexión, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 30 – Función Conectar. Fuente: Elaboración Propia

```

private void ConectarConServidorBD ()
{
    conexion = new MySqlConnection(datosConexion);

    try
    {
        conexion.Open();
        Debug.Log("Conexión con BD correcta");
    }
    catch (MySqlException error)
    {
        Debug.LogError("Imposible conectar con BD: " + error);
    }
}

```

Una vez conectada la base de datos, se procedió a programar la creación de usuarios y la validación de los mismos –las opciones de registro e inicio de sesión, respectivamente-, para ello, se crearon *GameObject* públicos para el nombre, apellido, correo y contraseña del usuario –valores que son colocados por el mismo usuario al momento de utilizar la aplicación-. Si se desea crear usuario, primero se valida que el usuario no exista –para evitar la creación de usuarios repetidos-, y para el *logeo* se comparan los valores ingresados con los existentes en la base de datos.

Una vez finalizado lo relacionado con la base de datos, se procede a la programación de la validación de los gestos captados por el sensor, para ello fue necesario conocer la posición de los dedos captada por el sensor LEAP Motion en cada uno de los gestos a estudiar, y para lograrlo, fue necesario capturar en primera instancia los valores que arrojaban cada una de las falanges de cada mano, y programar dichos valores para que se validaran correctamente.

Para la toma de los valores, se crearon *GameObject* públicos correspondientes a cada una de las manos, y de las falanges a conocer –inicialmente, las falanges distales de ambas manos, nombrando cada una de manera diferente-, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 31 – Captura de Falanges. Fuente: Elaboración Propia

```

public GameObject Righthand; //Mano Derecha
public GameObject LeftHand; //Mano Izquierda
public GameObject RThumb_Tip, RIndex_Tip, RMiddle_Tip, RRing_Tip, RPinky_Tip; //Puntas de los dedos de la Mano Derecha
public GameObject LThumb_Tip, LIndex_Tip, LMiddle_Tip, LRing_Tip, LPinky_Tip; //Puntas de los dedos de la Mano Izquierda

```

Los objetos se colocaban en Unity manualmente, teniendo cuidado de colocar la falange correcta, para que la toma de los datos cumpliera con lo necesitado, para mayor claridad, se presentan las figuras a continuación.

Figura 32 – HandModels, Figura 33 – Asignación Objetos. Fuente: Elaboración Propia



En la figura 34 se observa que existen dos *Capsule Hand*, una por cada mano, y a su vez, se encuentran dos *RigidRoundHand*, que a su vez, tienen objetos *Thumb*, *Index*, *Middle*, *Pinky*, *Ring*, *Palm* y *Forearm* –que corresponden al dedo pulgar, índice, medio, pulgar y anular, la palma y el antebrazo, respectivamente-, y de igual manera, cada uno de los dedos cuenta con tres huesos, *bone1*, *bone2* y *bone3* –que corresponden a las falanges proximal, medial y distal respectivamente-.

En la figura 35, se puede observar que en los objetos denominados *Hand* van los *Capsule Hand* mencionados previamente, y en cada uno de los dedos, se estaba solicitando la falange distal –es por ello que se colocaron los *bone3*-, cabe resaltar, se debe tener especial cuidado al momento de colocar los huesos, ya que todos se llaman igual –en cada uno de los dedos y en ambas manos-.

En primera instancia se programó la validación de los números, conociendo los valores de las falanges con respecto al eje x, lo único que se necesita es que los valores que capte el sensor con la seña de la mano realizada por el usuario sean los mismos que se encuentran en el código, es decir, si la posición de la mano del usuario coincide con los valores asignados a la seña correcta,

se procede a cambiar de pantalla. Para mayor claridad, la figura 36 permite ver cómo funciona la validación del número 1.

Figura 34 – Validación N° 1. Fuente: Elaboración Propia

```
void Update()
{
    if (RIndex_Tip.transform.rotation.x > 0 && RMiddle_Tip.transform.rotation.x < 0 && RThumb_Tip.transform.rotation.x < 0
        && RRing_Tip.transform.rotation.x < 0 && RPinky_Tip.transform.rotation.x < 0 ||
        LIndex_Tip.transform.rotation.x < 0 && LThumb_Tip.transform.rotation.x > 0 && LRing_Tip.transform.rotation.x > 0
        && LPinky_Tip.transform.rotation.x > 0 && LMiddle_Tip.transform.rotation.x > 0)
    {
        Debug.Log("Correcto");
        if (msj1 != null)
        {
            uno.SetActive(false);
            msj1.SetActive(true);
        }
    }
    else
        Debug.Log("Prueba otra vez");
}
```

Como se puede observar en la figura, se realiza la comparación de cada una de las falanges de ambas manos –con el fin de que el usuario pueda realizar la seña bien con la mano derecha o con la izquierda-, si los valores entregados por el gesto del usuario coinciden con los valores del *if* se activa el *canvas* con el mensaje de felicitación correspondiente al número 1, de lo contrario, el usuario permanece en la pantalla donde debe realizar el gesto.

El procedimiento para la validación del resto de los números es similar, primero se captaron unos valores iniciales, y seguidamente se crearon las respectivas condiciones, para todos los casos el usuario debe realizar el gesto de manera que los valores coincidan para poder avanzar, de lo contrario, permanecerá en la misma pantalla hasta que logré realizarlo correctamente, o decida volver al menú principal.

Para la respectiva validación de los gestos de las letras del abecedario, el proceso de captación inicial es igual al de los números, es decir, se tomaron las falanges correspondientes – en algunos casos, fue necesario validar los valores de las falanges mediales- para tomar los valores que se colocarían en los respectivos *if*. Por ejemplo, la imagen 37 permite observar la validación de la realización de la letra a.

Figura 35 – Validación Letra A. Fuente: Elaboración Propia

```

void Update()
{
    if (LThumb_Tip.transform.rotation.x < -0.5 && LIndex_Tip.transform.rotation.x < -0.8 && LMiddle_Tip.transform.rotation.x < -0.9
        && LRing_Tip.transform.rotation.x < -0.9 && LPinky_Tip.transform.rotation.x < -0.8
        || RThumb_Tip.transform.rotation.x < -0.4 && RIndex_Tip.transform.rotation.x < -0.9 && RMiddle_Tip.transform.rotation.x < -0.9 &&
        RRing_Tip.transform.rotation.x < -0.9 && RPinky_Tip.transform.rotation.x < -0.8)
    {
        Debug.Log("Correcto");
        if (msj_a != null)
        {
            canvas_a.SetActive(false);
            msj_a.SetActive(true);
        }
    }
    else
        Debug.Log("Prueba otra vez");
}

```

Como se puede observar, de igual manera se valida el gesto bien con la mano derecha, o con la izquierda, y los valores se validan en ciertos rangos, por ejemplo, para la mano derecha, la falange distal del dedo pulgar debe tener un valor menos a -0.4, y las de los demás dedos a -0.8, de lo contrario, el usuario debe seguir intentando.

Previamente se mencionó que para algunos gestos fue necesario no solo captar el valor de las falanges distales, sino también de las mediales, uno de dichos gestos es de la letra c, a continuación se presenta el código de validación.

Figura 36 – Validación Letra C. Fuente: Elaboración Propia

```

void Update()
{
    if (LThumb_Tip.transform.rotation.x < 0 && LIndex_Tip.transform.rotation.x < 0 && LMiddle_Tip.transform.rotation.x < 0
        && LRing_Tip.transform.rotation.x < 0 && LPinky_Tip.transform.rotation.x < 0 &&
        LThumb_Middle.transform.rotation.x < 0 && LIndex_Middle.transform.rotation.x > 0 && LMiddle_Middle.transform.rotation.x < 0
        && LRing_Middle.transform.rotation.x < 0 && LPinky_Middle.transform.rotation.x < 0 ||
        RThumb_Tip.transform.rotation.x < -0.1 && RIndex_Tip.transform.rotation.x > 0.4 && RMiddle_Tip.transform.rotation.x > 0.4 &&
        RRing_Tip.transform.rotation.x > 0.5 && RPinky_Tip.transform.rotation.x > 0.5 &&
        RThumb_Middle.transform.rotation.x < -0.2 && RIndex_Middle.transform.rotation.x > 0.3 && RMiddle_Middle.transform.rotation.x > 0.3
        && RRing_Middle.transform.rotation.x > 0.4 && RPinky_Middle.transform.rotation.x > 0.5)
    {
        Debug.Log("Correcto");
        if (msj_c != null)
        {
            canvas_c.SetActive(false);
            msj_c.SetActive(true);
        }
    }
    else
        Debug.Log("Prueba otra vez");
}

```

Como se puede observar, independiente de la mano que se utilice, es necesario que los valores de las falanges mediales y distales coincidan al tiempo con lo establecido en la condición para avanzar. Por ejemplo, para la mano derecha, las falanges distales y mediales del dedo pulgar

deben tener un valor menor a -0.1 y a -0.2, respectivamente, mientras que los demás dedos tienen valores positivos mayores a 0.3.

En algunos casos, fue necesario no solo conocer los valores de las falanges, sino también de las palmas, por ejemplo, para la validación de la correcta realización del número 4, se condicionó el valor de la palma, para que el gesto se validara con la mano en posición horizontal, y no vertical, a continuación se expone el código en cuestión.

Figura 37 – Validación N° 4. Fuente: Elaboración Propia

```
void Update()
{
    if (RIndex_Tip.transform.rotation.x > 0 && RMiddle_Tip.transform.rotation.x > 0 && RThumb_Tip.transform.rotation.x < 0
        && RRing_Tip.transform.rotation.x > 0 && RPinky_Tip.transform.rotation.x > 0 || LIndex_Tip.transform.rotation.x < 0
        && LThumb_Tip.transform.rotation.x > 0 && LRing_Tip.transform.rotation.x < 0 && LPinky_Tip.transform.rotation.x < 0
        && LMiddle_Tip.transform.rotation.x < 0 && RPalm.transform.rotation.y > 0.6)
    {
        Debug.Log("Correcto");
        if (msj4 != null)
        {
            cuatro.SetActive(false);
            msj4.SetActive(true);
        }
    }
    else
        Debug.Log("Prueba otra vez");
}
```

Como se puede observar, no solo se validan las posiciones de las falanges distales, sino también el de las palmas, todo con el fin, de que la seña solo se pueda considerar correcta si los valores coinciden con la mano en posición vertical.

## 9 TESTER

En primera instancia se realizaron pruebas que permitieran decidir la correcta posición del sensor, para que la toma de datos se diera de manera correcta. A continuación se pueden observar las diferentes posiciones en que se colocó el sensor.

En primera instancia, el sensor se ubica de manera horizontal sobre una superficie completamente plana y con el led verde con vista hacia el usuario; de igual manera, se colocó a una altura tal, que el usuario no debe doblar su espalda, ni estirar descomunalmente sus brazos.

Figura 38 – Sensor Horizontal 1. Fuente: Elaboración Propia



Una vez probado el sensor de manera horizontal, se procede a colocarlo de manera vertical, con la luz verde hacia la superficie de la mesa –y a la misma altura de la prueba anterior-; si bien el sensor capta las manos, no las reconoce correctamente –es decir, se toma la derecha como si fuera la izquierda-, de igual manera, pasado cierto tiempo deja de reconocerlas.

Figura 39 – Sensor Vertical 1. Fuente: Elaboración Propia



Seguidamente se coloca nuevamente de manera horizontal, pero esta vez, con el led con vista al computador; lo que sucede en esta posición es que las manos son captadas *al revés*, es decir, el usuario estira las manos hacia el frente, pero las observa como si fuera alguien más quien las estira frente a él.

Figura 40 – Sensor Horizontal 2. Fuente: Elaboración Propia



Finalmente, se coloca el sensor de manera vertical y con el led hacia el techo de la habitación, en este caso las manos son captadas si el usuario las ubica directamente frente a los infrarrojos, de lo contrario, las manos se pierden en el espacio.

Figura 41 – Sensor Vertical 2. Fuente: Elaboración Propia

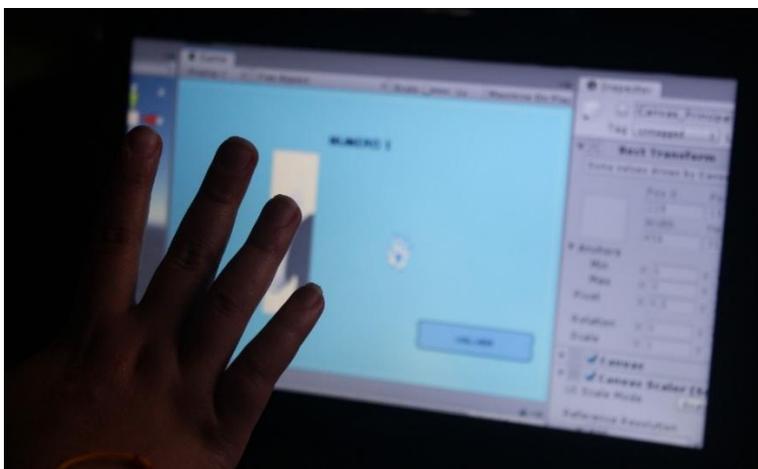


Luego de realizar las pruebas con el sensor en diversas posiciones, se concluyó que lo adecuado es trabajar con el mismo de manera horizontal y con el LED verde hacia el usuario final.

De igual manera, fue necesario realizar pruebas con la luz apagada y encendida, para poder comprobar con cuál de los dos estados el sensor captaba mejor los datos. Si bien el sensor funciona con una fuente de luz encendida sobre él, luego de un tiempo el sensor comienza a captar las manos de manera errónea, es decir, las capta *del revés*, y coloca la mano derecha como si fuera la izquierda, y viceversa. Se concluyó, que lo mejor es trabajar en un espacio donde la fuente de luz no le caiga directamente a los infrarrojos del sensor.

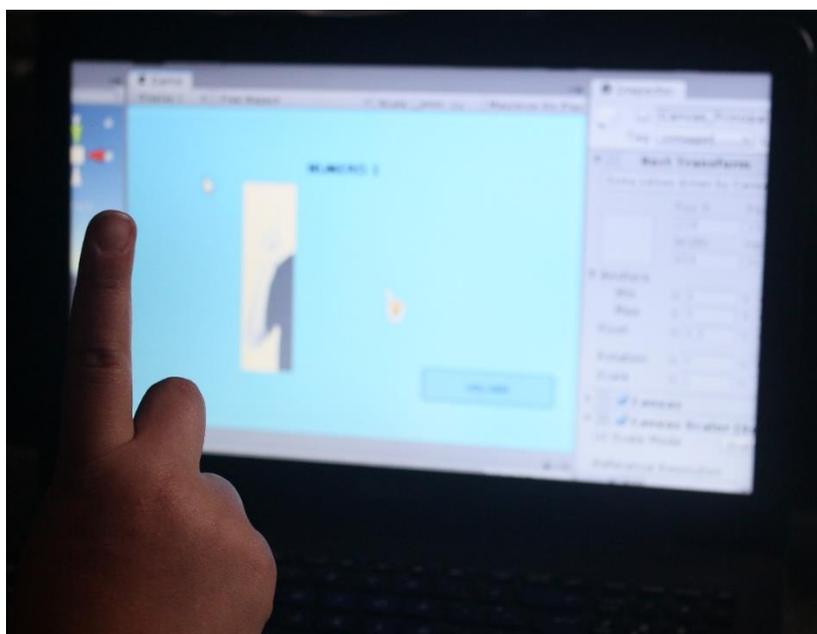
Una vez finalizada la programación, se procedió a realizar pruebas con terceros, de manera que fueran ellos quienes entregaran una perspectiva real del avance y funcionamiento de la aplicación. En la figura a continuación se puede observar la persona probando el sensor, y observando su mano en pantalla.

Figura 42 – Mano en Pantalla. Fuente: Elaboración Propia



Una vez observada su mano en pantalla, la persona procede a realizar el gesto que se muestra en la imagen, para el momento de la toma de las imágenes, la del número uno.

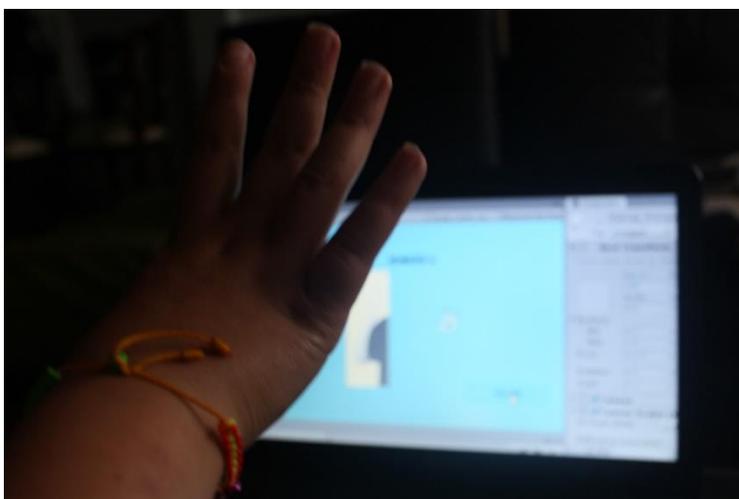
Figura 43 – Prueba N° 1. Fuente: Elaboración Propia



Como ya se ha mencionado anteriormente, una vez que el gesto es validado y los valores son coherentes con lo establecido en la programación, el usuario puede avanzar a la siguiente seña, o en su defecto, volver al menú principal –ya sea el de la lección actual, o el menú principal para seleccionar una lección diferente-.

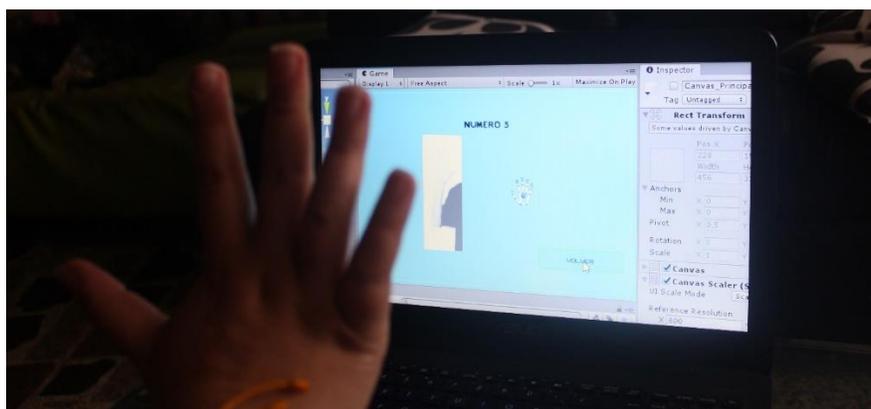
En las imágenes a continuación se puede observar la interacción del usuario con el sistema; en la figura 44 se puede observar la mano del usuario, y la representación de la misma en la pantalla del computador.

Figura 44 – Interacción Sensor 1. Fuente: Elaboración Propia



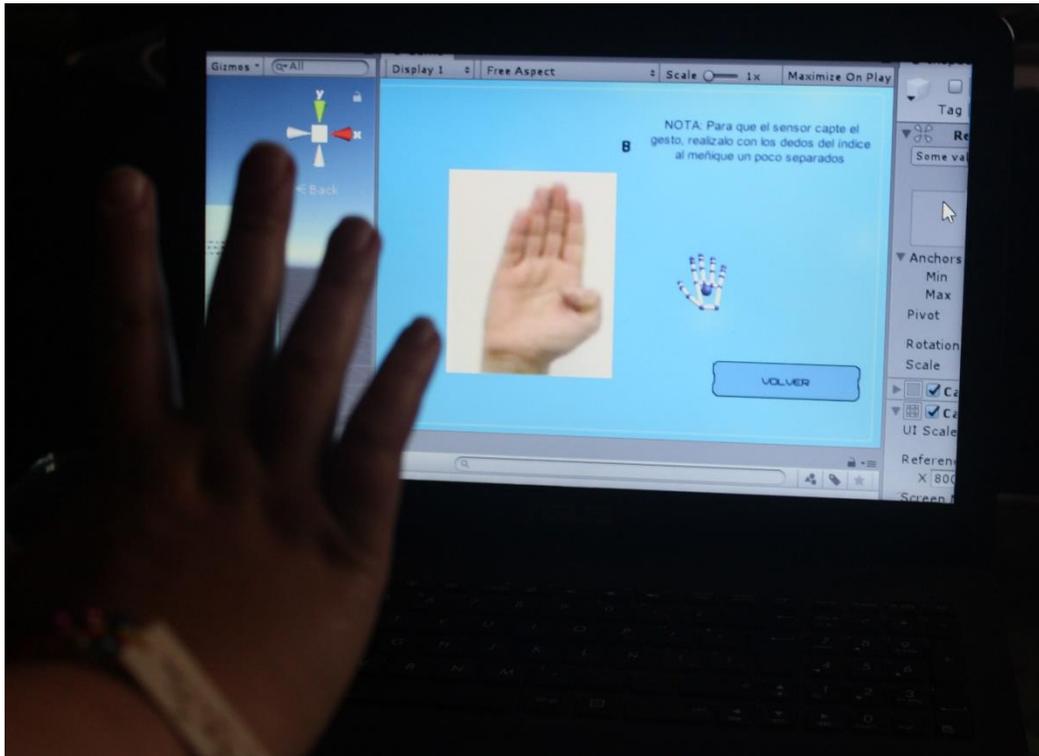
En la figura 45 se puede observar que el usuario cambio el gesto de su mano, y a su vez, el modelo de mano de la aplicación cambia para copiar de manera exacta a quien está frente al sensor.

Figura 45 – Interacción Sensor 2. Fuente: Elaboración Propia



En la siguiente figura se puede observar con mayor claridad el modelo de mano que se maneja en la herramienta, dicho prototipo mantiene siempre la misma medida –la cual fue definida en la programación–.

Figura 46 – Observación Mano del Usuario. Fuente: Elaboración Propia



Como se puede observar en las figuras anteriores, la interacción del usuario con la aplicación es muy intuitiva, en el sentido de que solo basta con colocar su mano sobre el sensor, repetir el gesto, y listo.

## CAPITULO 4

### 10 CONCLUSIONES

Al finalizar la aplicación se pudo llegar a diversas conclusiones, en primera instancia se tiene que para que el sensor funcione correctamente es necesario manipularlo de manera horizontal, sobre una superficie recta, y con una fuente de luz que no dé directamente sobre las cámaras y los infrarrojos del mismo, de lo contrario, los gestos captados no son correctos ni se pueden validar certeramente.

De igual manera, es de vital importancia –al momento de programar-, tener especial cuidado con los huesos –o la parte de la mano que se desee utilizar- que se *arrastran* para trabajar, de lo contrario, los resultados obtenidos pueden no ser coherentes con lo esperado, en el sentido de que cada parte de la mano –como unidad- posee valores diferentes.

No está de más resaltar que el lenguaje de señas es un universo amplio –y no precisamente complicado-, todo es cuestión de dedicación y práctica, y las diferentes tecnologías permiten estudiarlo de manera más amena, entretenida y motivadora, en el sentido de que diversos estudios aseguran que se puede aprender jugando más fácilmente, que con las cátedras clásicas –las llamadas pedagogías alternativas-.

A su vez, el sensor LEAP Motion es una herramienta con gran potencial, que permite entrar en un mundo donde la programación de gestos realizados con las manos son fácilmente captados y validados, lo que permite ir agregando más expresiones con el paso del tiempo.

## 11 RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el trabajo, surgen diversas recomendaciones relevantes, entre las que se encuentran:

- Es necesario seguir explotando la herramienta con variedad de públicos objetivos.
- Se podría aplicar la herramienta realizada en diferentes espacios para promover y practicar el lenguaje de señas colombiano, bien en instituciones educativas o cualquier otro espacio de interacción social.
- Sería conveniente que la persona que ha probado la herramienta practique lo aprendido con una persona sorda, todo con el fin de validar que aprendió correctamente lo que se enseñó.

## 12 PROYECCIONES

Entre las proyecciones futuras se tienen:

- Seguir explotando la herramienta para abordar nuevos temas.
  - Agregar nuevas señas –gestos- que permitan ampliar las habilidades de las personas oyentes para una correcta comunicación con una persona sorda.
- Enfrentar a la persona que prueba la herramienta con una persona con discapacidad para comprobar si las señas aprendidas –practicadas- son lo suficientemente claras para asegurar una enseñanza completa.

## REFERENCIAS

- Andrades, F. (24 de 04 de 2013). *Diario Turing*. Obtenido de [https://www.eldiario.es/turing/Leap-Motion-interfaz-futurista\\_0\\_124937895.html](https://www.eldiario.es/turing/Leap-Motion-interfaz-futurista_0_124937895.html)
- Andrades, F. (24 de 04 de 2013). *DIario Turing*. Obtenido de [https://www.eldiario.es/turing/Leap-Motion-interfaz-futurista\\_0\\_124937895.html](https://www.eldiario.es/turing/Leap-Motion-interfaz-futurista_0_124937895.html)
- Anonimo. (s.f.). Obtenido de <http://reader.digitalbooks.pro/book/preview/28885/chap8.xhtml>
- Arcangeles. (16 de 12 de 2016). *Arcangeles*. Obtenido de <http://arcangeles.org/blog/estadistica-empleabilidad-personas-discapacidad-muestra-la-realidad-colombia/>
- Becerra, C. (2016). Lenguaje y Educación en Niños Sordos: Encuentros y Desencuentros. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 1-10.
- Belda, J. (2015 de 04 de 2015). *SHOWLEAP TECHNOLOGIES* . Obtenido de <http://blog.showleap.com/2015/04/leap-motion-caracteristicas-tecnicas/>
- Benavides, M., & Vivas, O. (2018). Interfaces naturales en la robótica: una revisión. *Scientia et Technica Año XXII*.
- Bodega de Datos de SISPRO (SDG). (08 de 2018). *Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad - RLCPD*. Obtenido de SISPRO - Sistema Integral de Información de la Protección Social: <http://www.sispro.gov.co/Pages/Observatoriodiscapacidad/indicadores.aspx>
- Bourne, C., & Salgado, V. (22 de 12 de 2016). *AIKA*. Obtenido de <http://www.aikaeducacion.com/tendencias/los-videojuegos-transforman-aula/>
- Cancillería de Colombia. (s.f.). *Cancillería de Colombia*. Obtenido de <https://www.cancilleria.gov.co/node/290>
- Candil, D. (21 de 02 de 2014). *Vida Extra*. Obtenido de <https://www.vidaextra.com/industria/unity-el-motor-de-desarrollo-capaz-de-partir-la-historia-de-los-videojuegos-en-dos>

Cortes, & Sotomayor. (09 de 2016). *SciELO*. Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1132-12962016000200012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962016000200012)

DANE. (s.f.). *DANE Información para todos*. Obtenido de Discapacidad : <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/discapacidad>

De la Paz, M., & Salamanca, M. (2016). *Elementos de la cultura sorda: una base para el curriculum intercultural*. Santiago, Chile.

Esteve, F., Adell, J., & Gisbert, M. (2014). Diseño de un entorno 3D para el desarrollo de la competencia digital docente en estudiantes universitarios: usabilidad, adecuación y percepción de utilidad. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*.

Expósito, I. E. (02 de 09 de 2008). *Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/1939/193915935003/>

FENASCOL. (2017). *FENASCOL*. Obtenido de <https://fenascol.org.co/index.php/fenascol/mision>

Gómez, Avella, & Morales. (2015). *Observatorio de Discapacidad de Colombia*.

INSOR. (15 de 02 de 2019). *INSOR*. Obtenido de <http://www.insor.gov.co/ninos/que-es-la-lengua-de-senas/>

INSOR. (s.f.). *Boletín Territorial*. Obtenido de [http://www.insor.gov.co/observatorio/download/boletin\\_municipal/Chia.pdf](http://www.insor.gov.co/observatorio/download/boletin_municipal/Chia.pdf)

Jaramillo, W. (2016). Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11264/Documento%20Disertaci%C3%B3n%20Wendy%20Jaramillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LEAP Motion. (16 de 02 de 2018). *LEAP Motion*. Obtenido de <https://www.leapmotion.com/>

López, J. (18 de 11 de 2016). *Repositorio Institucional del ITESO*. Obtenido de <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4079/TOG+Control+por+gestos+usando+Leap+Motion.pdf?sequence=3>

Marcano, J. (2018). *Steemit*. Obtenido de <https://steemit.com/spanish/@jefferjmv/12-razones-para-aprender-lenguaje-de-senas-c9f87d91559a2>

Ministerio de Salud. (s.f.). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/politica-publica-discapacidad.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (06 de 2018). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/sala-situacional-discapacidad-junio-2018.pdf>

OMS. (15 de 03 de 2018). Sordera y pérdida de la audición.

Organización Mundial de la Salud. (2011). Obtenido de [https://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/summary\\_es.pdf](https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf)

Pérez, B. (2011). *Cultura Sorda*. Obtenido de <http://www.cultura-sorda.org/lengua-de-senas/>

Pérez, M. (08 de 2015). *VivaVive* . Obtenido de <http://www.vivavive.com/ventajas-de-ensenar-tu-hijo-el-lenguaje-de-senas/>

Quintero, R. (21 de 02 de 2018). Curiosidades de la lengua de señas . *El Tiempo*.

Santana, P. (s.f.). *Practicas Usabilidad* . Obtenido de [https://www.pedrosantana.mx/papers/santana\\_sg14.pdf](https://www.pedrosantana.mx/papers/santana_sg14.pdf)

Sol. (26 de 03 de 2015). *Revista de Mis Antojos*. Obtenido de <http://revistademisantojos.blogspot.com/2015/03/la-lengua-de-senas-origen-y.html>

Uniry. (s.f.). *Unity 3D*. Obtenido de <https://unity3d.com/es/unity>

Wigdor, D., & Wixon, D. (2010). *Brave NUI World*. Morgan Kaufmann.