



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE ESTADÍSTICA E  
INFORMÁTICA

TÍTULO:

“INTERPRETACIÓN DE LA LENGUA DE SEÑAS  
UTILIZANDO UNA INTERFAZ ELECTROMIOGRÁFICA  
MÓVIL”

MODALIDAD:  
PRÁCTICO-EDUCATIVO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:  
LICENCIADO EN INFORMÁTICA

PRESENTA:  
JORGE LUIS JÁCOME DOMÍNGUEZ

DIRECTOR:  
M. C. C. ALFONSO SÁNCHEZ OREA

CODIRECTOR:  
DR. JOSÉ RAFAEL ROJANO CÁCERES

XALAPA, VER. ABRIL DEL 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mis Padres**

Por haberme apoyado en todo momento a lo largo de este camino, por sus consejos y los valores que me han enseñado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en mi vida y ser un ejemplo a seguir por mí. Por su paciencia, sus ánimos, sus abrazos, sus sonrisas, por darme la vida y un refugio para que creciera, por todo. Gracias, en verdad, muchas gracias.

### **A mis Hermanos**

Por todo el apoyo que me han dado, por estar conmigo siempre que los necesitaba y corregirme cuando era necesario, por su respeto y admiración, por darme ánimos para superarme. Gracias.

### **A mis Amigos**

A mis amigos de la secundaria, de la preparatoria, de la universidad, de AHTECA y de la vida, por haberme brindado su amistad, sus consejos, su ayuda. Por haberme soportado, por recibirme en sus vidas, por haber reído o llorado conmigo, por haberme esperado cuando me atrasaba, por entenderme, por darme ánimos para seguir adelante. Muchas gracias.

### **A mi Director y Co-Director de Tesis**

Por disponer de su tiempo para ayudarme, por guiarme en todo este proceso, por haberme dado la oportunidad de realizar este gran trabajo. Por compartir conmigo de su sabiduría, sus consejos, por darme ánimos cuando los necesitaba, por hablar conmigo cuando parecía perdido, por haberme soportado. Muchas gracias.

### **A mis Sinodales**

Por prestarme una parte de su tiempo, por sus consejos, su apoyo, su guía y su orientación. Por haber sido parte de este trabajo. Muchas gracias.

### **A mis Docentes**

Por compartir conmigo de su conocimiento a lo largo de toda la carrera, por su apoyo en cada una de las experiencias educativas, por haberme prestado un poco de su tiempo cuando los necesitaba, por todas sus enseñadas y consejos. Muchas Gracias.

**Al Maestro Tomás Gerardo Hernández Parra, la Medico general Eloina Viveros Aguilar y Al M.C. Luis Julián Varela Lara**

Por haberme prestado un poco de su tiempo y apoyarme cuando lo necesite, por tenerme paciencia cuando no comprendía las cosas y haberme guiado en un conocimiento nuevo. Muchas gracias.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 <i>OBJETIVO GENERAL</i> .....	4
1.3.2 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	5
1.5.1 <i>ALCANCES</i> .....	5
1.5.2 <i>LIMITACIONES</i> .....	5
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 TRABAJOS PREVIOS .....	7
2.2 ¿QUÉ ES LA DISCAPACIDAD AUDITIVA? .....	7
2.2.1 <i>CAUSAS Y CLASIFICACIÓN DE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA</i> .....	8
2.2.2 <i>CARACTERÍSTICAS DE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA</i> .....	10
2.2.3 <i>ALGUNAS NECESIDADES EDUCATIVAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.</i> .....	12
2.3 SOBRE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA EN MÉXICO.....	12
2.4 LA DISCAPACIDAD AUDITIVA EN EL MARCO LEGAL DE MÉXICO .....	15
2.5 LENGUA DE SEÑAS MEXICANA (LSM) .....	20
2.6 DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO.....	23
2.6.1 <i>¿QUÉ ES EL DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO?</i> .....	23
2.6.2 <i>EL DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO Y LA DISCAPACIDAD AUDITIVA</i> .....	25
2.7 SOBRE LA PULSERA MYO .....	25
2.7.1 <i>LA ELECTROMIOGRAFÍA</i> .....	27
2.7.2 <i>INFORMACIÓN DE ELECTROMIOGRAFÍA DE LA PULSERA MYO</i> .....	28
2.7.3 <i>DATOS EMG DE LA PULSERA MYO EN ANDROID</i> .....	29
2.8 ANATOMÍA DE LOS MÚSCULOS DEL ANTEBRAZO HUMANO .....	30
2.9 MODELO PARA EL DESARROLLO.....	36
2.9.1 <i>DESARROLLO POR PROTOTIPOS</i> .....	36
2.9.2 <i>FEATURE DRIVEN DEVELOPMENT (FDD)</i> .....	36
2.9.3 <i>ÁNCORA</i> .....	40
2.9.4 <i> LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO (UML)</i> .....	40
2.9.5 <i>FORMA DE DESARROLLO PARA EL PROTOTIPO</i> .....	41
<b>CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISEÑO.....</b>	<b>42</b>
3.1 DESARROLLO DEL MODELO GENERAL CON BASE EN LA METODOLOGÍA FDD .....	42
3.1.1 <i>VISIÓN</i> .....	42
3.1.2 <i>CONTEXTO</i> .....	42
3.1.3 <i>DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS</i> .....	43
3.1.4 <i>DIAGRAMA DE CASOS DE USO</i> .....	44
3.1.5 <i>DETALLE CASOS DE USO</i> .....	44
3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LISTA DE RAGOS .....	51
3.3 CONSTRUCCIÓN POR RASGOS .....	52
3.3.1 <i>DIAGRAMA DE ROBUSTEZ POR CASOS DE USO</i> .....	52
3.3.2 <i>INTERFAZ DEL PROTOTIPO</i> .....	55

3.3.3	<i>NOTAS SOBRE EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO .....</i>	59
3.3.3.1	MATERIAL DE TERCEROS.....	59
3.3.3.2	USO DE DATOS EMG EN EL PROTOTIPO.....	64
3.3.3.3	USO DE LA PULSERA MYO EN EL PROTOTIPO .....	66
3.4	DESCRIPCIÓN DE SEÑAS DE LA LENGUA DE SEÑAS MEXICANA .....	67
<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL PROTOTIPO .....</b>		<b>72</b>
4.1	MÉTODO DE DETECCIÓN DE SEÑAS .....	72
4.1.1	<i>SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SEÑAS DE LA LENGUA DE SEÑAS PARA SU DETECCIÓN .....</i>	72
4.1.2	ANÁLISIS DE LOS DATOS EMG .....	73
4.1.3	USO DE REDES NEURONALES.....	76
4.2	IMPLEMENTACIÓN DE UN PREDICTOR DE PALABRAS .....	79
4.3	FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL PROTOTIPO .....	80
<b>CAPÍTULO 5: PRUEBAS DEL PROTOTIPO.....</b>		<b>82</b>
5.1	PRUEBAS DE USABILIDAD DE LA PULSERA MYO .....	82
5.2	PRUEBAS DE INTEGRACIÓN .....	85
5.2.1	VALORES DE LOS PARÁMETROS.....	85
5.2.2	CASOS DE PRUEBA.....	87
5.3	PRUEBAS GENERALES SOBRE LA DETECCIÓN DE SEÑAS .....	93
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>96</b>
<b>TRABAJOS FUTUROS.....</b>		<b>98</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>99</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>105</b>
<b>APÉNDICES .....</b>		<b>106</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Población de personas con discapacidad auditiva, Censo de Población y Vivienda 2010, directamente de la página oficial del INEGI .....	13
Figura 2: Distribución de personas con discapacidad, por estado, Censo de Población y Vivienda 2010 citado por el INEGI (2013, p.47). ....	14
Figura 3: Funcionamiento de la Pulsera MYO, imagen de Valverde (2015), Recuperado en Abril de 2016, de: <a href="http://www.tecnologia.net/wp-content/uploads/2015/10/Myo-b.png">http://www.tecnologia.net/wp-content/uploads/2015/10/Myo-b.png</a> ...	27
Figura 4: Ejemplo grafico de la percepción eléctrica del musculo, por parte de los sensores de la Pulsera MYO. ....	27
Figura 5: Pulsera MYO con el orden de los sensores, de acuerdo con Serna (2015, p.24). Recuperado en Abril de 2016, de: <a href="https://cdn.shopify.com/s/files/1/0881/7692/products/myoWhite-square.png?v=1433795527">https://cdn.shopify.com/s/files/1/0881/7692/products/myoWhite-square.png?v=1433795527</a> .....	28
Figura 6: Resultado de la prueba de la realización del mismo gesto por la persona A y la persona B, DeveloperBlog.MYO (2014b).....	29
Figura 7: Obtención de los datos EMG en el proyecto “myo_AndroidEMG”.....	30
Figura 8: Vista posterior superficial y profunda del antebrazo (Tortora y Bryan, 2012). Recuperado en Abril de 2016, de: <a href="http://1.bp.blogspot.com/o9jxqHXPbkE/UqexlvGkXcI/AAAAAAAAB-Y/_k3bgcSj7Es/s1600/M%C3%BAsculos+del+antebrazo.jpg">http://1.bp.blogspot.com/o9jxqHXPbkE/UqexlvGkXcI/AAAAAAAAB-Y/_k3bgcSj7Es/s1600/M%C3%BAsculos+del+antebrazo.jpg</a> .....	32
Figura 9: Vista posterior y anterior de los músculos del brazo y antebrazo, Recuperado en Mayo de 2016, de: <a href="https://patriciobanini.files.wordpress.com/2011/11/antebrazo.jpg">https://patriciobanini.files.wordpress.com/2011/11/antebrazo.jpg</a> .....	35
Figura 10: Iteraciones o faces de la metodología FDD, Collorana (2009).....	38
Figura 11: Pasos secuenciales de la metodología FDD, Gustavo Barreto (2011).....	38
Figura 12: Diagrama de Casos de Uso. ....	44
Figura 13: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Conectar pulsera” descrito en la Tabla 6. ....	52
Figura 14: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Desconectar pulsera” descrito en la Tabla 7. ....	52
Figura 15: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Probar conexión” descrito en la Tabla 8. ....	53
Figura 16: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Limpiar zona de texto” descrito en la Tabla 9. ....	53
Figura 17: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Detener detección de señas” descrito en la Tabla 10. ....	53
Figura 18: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Iniciar detección de señas” descrito en la Tabla 11. ....	54
Figura 19: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Detectar señas en tiempo real” descrito en la Tabla 12. ....	54
Figura 20: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Traducir señal” descrito en la Tabla 13. ....	54
Figura 21: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Iniciar sistema” descrito en la Tabla 14. ....	55
Figura 22: Pantalla “Principal” del prototipo. ....	56
Figura 23: Pantalla “Lista Bluetooth” del prototipo.....	56

Figura 24: Pantalla “Principal” del prototipo para efectos de análisis, parte 1 .....	58
Figura 25: Pantalla “Principal” del prototipo para efectos de análisis, parte 2 .....	58
Figura 26: Pantalla “Principal” del prototipo para efectos de análisis, parte 3 .....	59
Figura 27: Comparación de la estructura de los proyectos: Prototipo y myo_AndroidEMG. ....	60
Figura 28: Variables de la clase MyoGattCallback, en el Prototipo. ....	61
Figura 29: Método onCharacteristicRead de la clase MyoGattCallback. ....	61
Figura 30: Comparación de las clases “ListBluetoothActivity” del Prototipo y “ListActivity” del proyecto “myo_AndroidEMG”; en las acciones realizadas al seleccionar un dispositivo para conectarse.....	62
Figura 31: Clase MainActivity, comparación de variables. ....	63
Figura 32: Clase MainActivity, comparación de métodos para iniciar y detener la detección de datos EMG. ....	63
Figura 33: Clase MainActivity, comparación de acciones al crear y seleccionar el menú del sistema. ....	63
Figura 34: Clase MainActivity, comparación del inicio de sistema, entre el Prototipo y el proyecto “myo_AndroidEMG”. ....	64
Figura 35: Funcionamiento de la Pulsera MYO en base a DeveloperBlog.MYO (2015), DeveloperBlog.MYO (2014a) y el proyecto “myo_AndroidEMG”. ....	65
Figura 36: Abrir y cerrar la mano o ejercicio de estiramiento.....	66
Figura 37: Posición de la Pulsera MYO respecto al brazo. ....	67
Figura 38: Promedio de datos EMG normalizados obtenidos en un segundo. ....	75
Figura 39: Formula que representa el promedio de cada sensor. ....	75
Figura 40: Desglose de la fórmula del promedio de cada sensor. ....	75
Figura 41: Red neuronal para la clasificación de señas de la LSM de abecedario en español. ....	78
Figura 42: Red neuronal para la clasificación de grupos señas de la LSM de abecedario en español. ....	79
Figura 43: Esquema del funcionamiento del algoritmo predictor de palabras. ....	80
Figura 44: Funcionamiento del prototipo utilizando los datos EMG. ....	81
Figura 45: Foto 1 de pruebas de usabilidad con Personas con discapacidad auditiva de DIES A.C.....	82
Figura 46: Foto 2 de pruebas de usabilidad con Personas con discapacidad auditiva de DIES A.C.....	83
Figura 47: Fotografías de pruebas generales realizadas al sistema. ....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de grados de las pérdidas auditivas de acuerdo con su severidad. ....	10
Tabla 2: Especificaciones de hardware de la Pulsera MYO.....	26
Tabla 3: Acción principal del músculo.....	31
Tabla 4: Músculos del antebrazo. ....	35
Tabla 5: Guion de Ancora sobre el sistema vigente y situación de un PDA al momento de realizar la solicitud de información teniendo al LSM como único medio de comunicación. ....	43
Tabla 6: Caso de Uso “Conectar pulsera”. ....	45
Tabla 7: Caso de Uso “Desconectar pulsera”.....	46
Tabla 8: Caso de Uso “Probar conexión”.....	46
Tabla 9: Caso de Uso “Limpiar zona de texto”.....	47
Tabla 10: Caso de Uso “Detener detección de señas”.....	48
Tabla 11: Caso de Uso “Iniciar detección de señas”.....	48
Tabla 12: Caso de Uso “Detectar señas en tiempo real”.....	49
Tabla 13: Caso de Uso “Traducir señal” .....	50
Tabla 14: Caso de Uso “Iniciar sistema”.....	50
Tabla 15: Descripción de señas del abecedario en español con La LSM. ....	71
Tabla 16: Clasificación de señas de la LSM de letras seleccionadas del abecedario español. ....	72
Tabla 17: Grupos de señas con características similares.....	73
Tabla 18: Ejemplo del comportamiento de los datos EMG por sensor en un segundo, mientras se realizaba la señal correspondiente a la letra “A” de la LSM. ....	74
Tabla 19: Cuestionario aplicado en pruebas de usabilidad con la Pulsera MYO.....	84
Tabla 20: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Conectar pulsera”.....	85
Tabla 21: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Desconectar pulsera” . ....	85
Tabla 22: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Probar conexión” . ....	85
Tabla 23: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Limpiar zona de texto” .....	85
Tabla 24: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Detener detección de señas”.. ..	86
Tabla 25: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Iniciar detección de señas”.....	86
Tabla 26: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Detectar señas en tiempo real”. ....	86
Tabla 27: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Traducir señal” .....	87
Tabla 28: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Iniciar sistema” . ....	87
Tabla 29: Caso de prueba para el Caso de Uso “Conectar pulsera”.....	88
Tabla 30: Caso de prueba para el Caso de Uso “Desconectar pulsera” . ....	88
Tabla 31: Caso de prueba para el Caso de Uso “Probar conexión” . ....	89
Tabla 32: Caso de prueba para el Caso de Uso “Limpiar zona de texto” .....	89
Tabla 33: Caso de prueba para el Caso de Uso “Detener detección de señas” . ....	90
Tabla 34: Caso de prueba para el Caso de Uso “Iniciar detección de señas” .....	90
Tabla 35: Caso de prueba para el Caso de Uso “Detectar señas en tiempo real”.....	91
Tabla 36: Caso de prueba para el Caso de Uso “Traducir señal” .....	92
Tabla 37: Caso de prueba para el Caso de Uso “Iniciar sistema” . ....	93
Tabla 38: Resultados de 100 pruebas generales sobre la detección de señas en el prototipo. ....	94

Tabla 39: Nivel de detección de señas bajo condiciones específicas..... 95

## RESUMEN

La Lengua de Señas (LS) es el principal medio de comunicación para las Personas con discapacidad auditiva (PDA), quienes al convivir en un entorno donde otras personas desconocen su idioma (o lengua materna) tienen dificultades para mantener una interacción fluida.

La tecnología ha permitido la creación de diversos caminos mediante los cuales se ha difundido e instruido la LS entre la población de Oyentes, apoyando la inclusión de las PDA en la sociedad. Algunas de las tecnológicas adaptables para ayudar en la comunicación de estas dos poblaciones son aparatos de alto costo, difícil instalación o complicado transporte. Aun así, la implementación de tecnologías como interfaz entre PDA y Oyentes que sean utilizables y accesibles desde las dos perspectivas, creara un canal que servirá como alternativa de comunicación.

La Pulsera MYO es un dispositivo tecnológico portable y “wearable” (aparato que se puede vestir o incluir en la ropa), el cual cuenta con sensores para la percepción de la actividad eléctrica de los músculos del cuerpo (Electromiografía). Esta Pulsera no requiere de complicadas instalaciones para su funcionamiento, por tanto es una herramienta tecnológica útil para abrir el camino para la creación de aplicaciones que necesiten hacer uso de información Electromiográfica del antebrazo.

Los dispositivos móviles han permitido la creación de aplicaciones accesibles para las personas, siendo el Sistema Operativo Android la plataforma idónea para el acceso a herramientas digitales portables de bajo costo.

Utilizar un dispositivo portable capaz de percibir la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo con la cual sean detectables algunos gestos manuales específicos, da la oportunidad de desarrollar aplicaciones tecnológicas que permitan concebir la idea de un intérprete tecnológico de la LS, sin la necesidad de contar con aparatos difíciles de transportar o instalar.

Palabras clave: Discapacidad auditiva, Persona con discapacidad auditiva (PDA), Sordo, Wearable, Electromiografía (EMG), Interpretación, Interprete, Pulsera MYO, Android, Lengua de Señas (LS), Lengua de Señas Mexicano (LSM), Aplicación y Prototipo.

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

A pesar de la distancia, las diferencias culturales, religiosas, etc., los seres humanos tienen la necesidad de comunicarse. Sin embargo, la tarea de trasmisir un mensaje de persona a persona se ve dificultada por algunas discapacidades. Y en este sentido México no es la excepción ya que para el año 2010,

*5 millones 739 mil personas en el territorio nacional declaró tener dificultad para realizar algunas de las actividades que se evaluó (caminar, moverse, subir o bajar, ver, hablar, comunicarse o conversar, oír, vestirse, bañarse o comer, poner atención o aprender cosas sencillas).*  
*(INEGI, 2013, p.40).*

En 2010 que el 5.1% de la población total de México expreso tener alguna discapacidad. Siendo una población, según el INEGI (2013, p.41), *conformada principalmente por adultos mayores (60 años y más) y adultos (de 30 a 59 años).*

Entre la variedad de discapacidades podemos encontrar algunas que dificultan el poder comunicarse, desenvolverse o transmitir una idea a otras personas, especialmente a personas sin discapacidad; algunas de estas discapacidades son, la del habla y la auditiva.

En México, conforme al INEGI (2013, p.44), *a nivel nacional, de entre la población con alguna discapacidad; las personas con dificultad o limitación para escuchar representan aproximadamente al 12.1%*. Es decir, la población de Personas con discapacidad auditiva (PDA) corresponde aproximadamente al 12.1% de un 5.1% de personas con alguna discapacidad en México. Las PDA, son seres humanos quienes han perdido parcial o totalmente la percepción sonora de su entorno, cuyas dificultades

*para desenvolverse en su vida cotidiana, pueden ser superadas por la aplicación de medidas accesibles en materia de comunicación, como son las ayudas técnicas, la atención personalizada a través de servicios específicos y medidas de señalización, entre otras, que faciliten la orientación espacial y utilización de los recursos que ofrece el entorno.*

*(Sánchez, 2010; citado por Cervantes, 2015, p.2).*

Es posible que la inclusión de nuevas tecnologías, provea un valioso apoyo para las PDA. Muchos de los apoyos que se han creado para esta población, tomaron como base la Lengua de Señas, en específico para México, la Lengua de Señas Mexicana (LSM).

*En la búsqueda por desarrollar soluciones que apoyen el desempeño y el crecimiento educativo y profesional de las personas con Discapacidad Auditiva se han desarrollado diversas aplicaciones de software, las cuales han sido enfocadas principalmente al aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM).*

(Cervantes, 2015, p.2).

Las PDA pueden comunicarse mediante la LSM o de forma textual (mediante la escritura). Sin embargo, de acuerdo con el INEGI (2013), la discapacidad impacta en las posibilidades de acceso educativo de las personas y aproximadamente el 29.9% de las PDA es analfabeta. Por tanto, en ocasiones la LSM representa la única vía de comunicación para dicha población; la cual, es una lengua que comúnmente desconocida o ignorado cuando no existen PDA en la vida diaria de las personas.

*Durante siglos al Sordo se le ha considerado como un ser enfermo, “incapaz de comunicarse” a través de la lengua oral, pero esta percepción sería diferente si pensáramos que el Sordo tiene una lengua diferente a la lengua oral, la lengua de señas.*

(Miroslava, 2009b, p.143).

Aun cuando la integración de la LSM ha sido poca en la población mayoritaria, es a través de ella que se ha encontrado una base sustentable para apoyar a las PDA y permitir su integración (o inclusión) en la sociedad.

La tecnología y las personas con discapacidad no son ajenos; lamentablemente

*Si la pérdida de visión, audición, mayor lentitud o falta de destreza son procesos frecuentes en las personas, todos aquellos productos o servicios que entran en conflicto con estas características humanas serán inapropiadas para un número creciente de posibles clientes.*

(Porrero, 2000, p.90).

Existen apoyos tecnológicos para las personas con discapacidad, como audífonos reticulares para las PDA. Sin embargo, no todos los dispositivos tecnológicos están lo suficientemente adaptados a las necesidades de la población con discapacidad. Y algunos de los dispositivos tecnológicos dedicados al apoyo de las personas con discapacidad, no garantizan ser completamente efectivos; por ejemplo:

*El usuario de teléfono móvil puede ser una mujer mayor, una persona con dificultades de visión o audición, y sin embargo muy probablemente el teléfono no esté suficientemente adaptado a sus necesidades.*

(Porrero, 2000, p.90).

Es decir, algún dispositivo creado para el apoyo de una persona con discapacidad, puede ser ineficaz si la persona con discapacidad; lo rechaza, le es incómodo, le genera en efectos secundarios (derivados de su uso), o la simple instalación del dispositivo pudiese significar un riesgo para la persona.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comunicación es parte importante de la vida del ser humano, de acuerdo con Soria (2004), la comunicación es esencial para las relaciones humanas, en especial dentro del campo laboral, sin embargo existen personas cuya capacidad para comunicarse se ve disminuida por alguna discapacidad. Lo cual significa la existencia de una barrera entre las PDA y los Oyentes (personas con la capacidad de escuchar).

Existe un marco legal que busca la inclusión de las personas con discapacidad en la sociedad, por ejemplo la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (2011), no obstante, algunas personas tienen la percepción de que los derechos de la población con discapacidad, están siendo ignorados, ya que conforme a la ENADIS (2010, p.6), *más de siete personas de cada diez, creen que los derechos de las personas con discapacidad no se respetan o sólo se respetan en parte.*

Es importante apoyar a la superación de las brechas existentes entre las PDA y las demás personas, como lo es la diferencia de idioma, el miedo de algunos para interactuar, etc. Para lo cual, en México han sido desarrolladas aplicaciones de software que buscan acercar, dar a conocer, cultivar o enseñar la LSM (Lengua de Señas Mexicana) en la mayoría de la población, pues esta lengua es el principal medio de comunicación para dicha población. Aun así, en ocasiones se desconoce la existencia de esta lengua o simplemente hay poco interés en aprenderla, ocasionando que las PDA continúen siendo una población apartada de la sociedad.

El aprendizaje de la LSM por parte de la población es importante y una gran ayuda para la inclusión de las PDA; aun así, es importante tomar en consideración que, como muchas otras lenguas la LSM cuenta con múltiples variaciones así como regionalismos.

Por tanto, a través del presente proyecto fue explorada una alternativa más para el acercamiento de la LSM en la mayoría de la población, mediante la facilitación de la comprensión de dicha Lengua, desarrollando un prototipo para dispositivos Android capaz de reconocer y traducir las señas o gestos manuales que realice una PDA. Funcionando como un traductor de dicha Lengua, que a diferencia de otros traductores existentes, para la detección y traducción de la LSM fue utilizada la Pulsera MYO (un dispositivo tecnológico capaz de reconocer la actividad eléctrica de los músculos del antebrazo) de forma que la aplicación final fuera portable. Es decir, el enfoque tomado para el desarrollo del prototipo es comparable (de acuerdo a la fecha en que se realizó el presente trabajo) a los traductores de idiomas en tiempo real, disponibles en el mundo (como lo son la aplicación de traductor de Google, Word Lens, etc.) y proyectos como Google gesture y Sceptre de Prajwal, Ayan y Sandeep (2016), siendo este último un traductor de la lengua de señas Americana (LSA) que utiliza dos pulseras MYO y la capacidades una computadora de escritorio. Pues conforme a lo dicho por Cruz (2013), *la simple idea de que constituyen una minoría con características lingüísticas, culturales y cognoscitivas particulares, debería conducir a un análisis diferente acerca de los problemas específicos de su instrucción.*

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Traducir letras del abecedario realizado con la Lengua de Señas Mexicana (LSM) a texto.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer el abecedario de la LSM.
- Desarrollar un prototipo específico para dispositivos móviles con Sistema Operativo Android 4.4 o mayor, que utiliza a la Pulsera MYO.
- Construir un método en base a los datos EMG para traducir algunas letras del abecedario realizas con la LSM a su correspondiente texto en español Mexicano.
- Realizar pruebas de usabilidad con la pulsea MYO.
- Realizar pruebas de usabilidad con el prototipo desarrollado en un ambiente controlado.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El interés por apoyar a Personas con discapacidad auditiva (PDA) es justificación para el presente trabajo, pues aporta una herramienta que podría servir de apoyo, a la lucha por la inclusión y el respeto de los derechos de dicha población. El Prototipo (producto del presente trabajo), facilitara la tarea de comprender la lengua de dicha población.

Este Prototipo, podría llegar a ser implementado en oficinas o negocios; convirtiendo a estos departamentos, en lugares que incluyen a las PDA (sitios inclusivos). También, se espera que el mismo, pueda servir como herramienta para la comprensión y aprendizaje de la LSM.

Apoyar la comunicación e integración, de las PDA con el resto de las personas, convierte al Prototipo, en una posible herramienta contra el rechazo social que sufren las PDA. Es posible que la evolución de la presente herramienta, en un producto formalizado, lo convierta en una poderosa arma, para la expansión de las posibilidades educativas de estas personas y su población. Por tanto, este trabajo podría ayudar a la reducción del analfabetismo en la población antes mencionada.

Los beneficiados del presente trabajo son mayormente las PDA, pues el apoyar su inclusión en la sociedad, posiblemente les apoye en temas laborares (sea al momento de conseguir empleo o dentro del mismo). También, es probable que el Prototipo ayude a mejorar los ingresos económicos y condiciones de vida, de las PDA. Además, este trabajo puede llegar a ser benéfico para instituciones gubernamentales.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 ALCANCES**

Los alcances previstos son los siguientes:

- Ayudar a las PDA quienes dominen la LSM.
- Traducir algunas letras del abecedario realizadas con la LSM, a su correspondiente texto en español; siempre que la seña pueda realizarse con una sola mano o si el movimiento de ambas manos sea igual.
- Apoyar a que las personas, comprendan algunos mensajes realizados por otra persona, la cual emplee la LSM para comunicarse.
- Que parte o partes del prototipo, puedan ser utilizadas para el desarrollo de otras aplicaciones.
- Que parte del método de desarrollo del trabajo y del prototipo, sea de apoyo para la creación de otras aplicaciones.
- Apoyar a la inclusión de las PDA en la sociedad.

### **1.5.2 LIMITACIONES**

Las limitaciones detectadas para el presente trabajo y el prototipo, son las siguientes:

- El universo del trabajo solo abarca a las personas quienes conozcan la Lengua de Señas Mexicana (LSM), en esencia, la LSM estilo Xalapa, Veracruz de acuerdo a la organización no gubernamental (ONG) con siglas DIES (Difusión, Inclusión y Educación del Sordo A.C.).
- Existen regionalismos dentro de la LSM, es decir, diferentes formas de realizar una seña o gesto de acuerdo a un Estado o grupo de Personas con discapacidad auditiva (PDA).
- El prototipo está pensado para interpretar solo algunas letras del abecedario realizadas con la LSM.
- El prototipo está pensado para interactuar con solo una Pulsera MYO; es decir, con solo una mano de una persona.
- La Pulsera MYO de acuerdo con Mark (2015a), al utilizarse puede calentarse durante un periodo de 5 minutos o más dependiendo de las condiciones del clima; en caso de prolongarse por mucho tiempo el calentamiento será probable que el dispositivo requiera ajustar un perfil de calibración.
- La Pulsera MYO de acuerdo con Tammy (2014), se recomienda utilizar en aplicaciones sin fines médicos o donde una avería podría ocasionar alguna muerte. Tammy (2014) deja en claro que su uso para fines no recomendados serán bajo nuestro propio riesgo.
- Aunque las pulseras MYO se encuentran disponibles para su compra, estas (para el momento en que se realizó el presente trabajo) solo están disponibles en línea, lo cual podría limitar o dificultar su acceso para algunas personas, aun cuando puedan pagar la pulsera.

- El usuario del prototipo deberá tener conocimiento del manejo del dispositivo móvil, y del mismo prototipo (aplicación).
- La Pulsera MYO de acuerdo con Mark (2015b), puede ser utilizada por dispositivos móviles con mínimo Android 4.3 (Jelly Bean) y hasta Bluetooth radio con soporte para Bluetooth 4.0 LE.
- Para la fecha de creación del presente trabajo; el SDK oficial para el desarrollo en Android con la Pulsera MYO no cuenta con mecanismos para trabajar con los datos EMG.
- El prototipo requerirá como mínimo el sistema operativo Android 4.4, debido a la necesidad de emplear el proyecto “myo\_AndroidEMG” (App “BLE\_myo”) encontrado en [https://github.com/meleap/myo\\_AndroidEMG](https://github.com/meleap/myo_AndroidEMG), para el uso de los datos EMG de la Pulsera MYO.
- De acuerdo con DeveloperBlog.MYO (2014b), un mismo gesto con la Pulsera MYO, puede arrojar datos EMG diferentes en cada persona; incluso entre los brazos de una misma persona.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1 TRABAJOS PREVIOS

Algunos de los trabajos existentes que apoya a Personas con discapacidad auditiva (PDA), son los siguientes:

- La Tesis de Priego Pérez (2012), en la cual propuso un sistema capaz de reconocer imágenes de manos que representen símbolos estáticos del alfabeto de la LSM que correspondan al estándar internacional ISO 639-2 sgn-MX, utilizando al dispositivo Kinect,
- El robot traductor en línea de lenguas de señas, disponible a través de la Fundación Heath; el cual fue creado, según Vinasco (2010), por Jorge Leal,
- El proyecto Sceptre de Prajwal, Ayan y Sandeep (2016), de la Universidad de Arizona, un proyecto similar al presente, con la diferencia de emplear el LSA (Lengua de Señas Americana), y
- El proyecto Google gesture, el cual traduce la lengua de señas a voz, mediante el empleo de un brazalete capaz de detectar las señales Electromiografías (similar a la Pulsera MYO).
- El trabajo de Cervantes (2015), el cual apoya el aprendizaje de verbos y vocabularios mediante una aplicación multimedia didáctica para Personas con discapacidad auditiva.

### 2.2 ¿QUÉ ES LA DISCAPACIDAD AUDITIVA?

La audición;

*Es el sentido que permite al ser humano ponerse en contacto con el medio ambiente, a través del funcionamiento del oído el cual trabaja para captar, transmitir y procesar información sonora. Esta información incluye todos los sonidos del ambiente, los más bajos, los más altos, los más intensos, los menos intensos, los más lejanos, los más cercanos, y sobre todo, los más complejos que puede recibir un ser humano, como son los sonidos del habla.*  
*(Bejarano y Vargas, 2010, p.8).*

La discapacidad auditiva puede definirse como: la deficiencia o limitación de un individuo para percibir los sonidos, Bejarano y Vargas (2010, p.12), mencionan que esta, *ocasiona que la persona no pueda oír bien y por esto no esté en capacidad de comprender los sonidos del medio ambiente ni de la lengua oral que se habla en su entorno.*

La discapacidad auditiva, de acuerdo con la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (2012), se encuentra dentro del conjunto de discapacidades sensoriales, e *incluye a las personas sordas y a quienes tienen un nivel severamente bajo de audición.*

*Se dice que alguien sufre pérdida de audición cuando no es capaz de oír tan bien como una persona cuyo sentido del oído es normal, es decir, cuyo umbral de audición en ambos oídos es igual o superior a 25 dB. La pérdida de audición puede ser leve, moderada, grave o profunda. Afecta a uno o ambos oídos y entraña dificultades para oír una conversación o sonidos fuertes.*

(Organización Mundial de la Salud, 2015).

Se asume que las PDA, no escuchan nada, es decir; su discapacidad les impide percibir los sonidos; lo cual, es incorrecto, tal como fue mencionado antes, existen niveles en la pérdida auditiva, basados en el nivel de la percepción auditiva de la persona; estos niveles de acuerdo con Cervantes (2015, p.14) son:

- **Sordera Parcial (Hipoacusia):**  
Donde la audición es deficiente pero potencialmente funcional para la vida diaria, con independencia de; o no de prótesis; es decir y según Santos (2004, p.2); la percepción auditiva la persona le permitió reconocer, comprender, distinguir, detectar algunos sonidos (con o sin dificultad).
- **Sordera Total o Completa (Cofosis):**  
Es cuando la persona no escucha absolutamente nada; es decir y de acuerdo con Jiménez (2011, p.16), su percepción auditiva, es en lo absoluto nula.

#### 2.2.1 CAUSAS Y CLASIFICACIÓN DE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA

La discapacidad auditiva se puede dividir (según el nivel de percepción auditiva) en dos niveles: La sordera parcial, y la sordera total; lo cual, aunque representa una distinción dentro de la discapacidad auditiva, no representa una clasificación.

La discapacidad auditiva, en específico la pérdida de la audición se clasifica en función del momento o forma en que esta ocurre, la cual es, conforme a lo dicho por Lobera y Mondragón (2010, p.18):

- **Congénita (desde el nacimiento).**  
Puede ser de cualquier tipo o grado, en un solo oído o en ambos (unilateral o bilateral). Se asocia a problemas renales en las madres embarazadas, afecciones del sistema nervioso, deformaciones en la cabeza o cara (craneofaciales), bajo peso al nacer (menos de 1500 gramos) o enfermedades virales contraídas por la madre durante el embarazo, como sífilis, herpes e influenza.
- **Adquirida (después del nacimiento).**  
Puede ser ocasionada por enfermedades virales como rubéola o meningitis, uso de medicamentos muy fuertes o administrados durante mucho tiempo, manejo de desinfectantes e infecciones frecuentes de oído, en especial acompañadas de fluido por el conducto auditivo.

También, según Lobera y Mondragón (2010, p.18), la discapacidad auditiva se clasifica en función del lugar de la lesión, del siguiente modo:

- **Conductiva.**  
Se caracteriza por un problema en la oreja, en el conducto auditivo o en el oído medio (martillo, yunque, estribo y membrana timpánica), lo que ocasiona que no sea posible escuchar sonidos de baja intensidad. Puede derivar de infecciones frecuentes del oído que no se atienden correctamente.
- **Neurosensorial.**  
Sucede cuando en el oído interno (sensorial) o en el nervio auditivo hay una lesión que va del oído hacia el cerebro (neural), la cual le impide realizar su función adecuadamente, es decir, traducir la información mecánica en información eléctrica. Así, no se discriminan diferentes frecuencias, de modo que no se puede diferenciar un sonido de otro y es posible confundir palabras como sopa-copa o no escuchar sonidos como una conversación suave o el canto de los pájaros. Algunos niños nacen con este tipo de pérdida y otros la adquieren por la exposición continua a ruidos fuertes o bien a un sonido muy fuerte.
- **Mixta.**  
Se presenta cuando están afectadas la parte conductiva y la neurosensorial; o bien, según otra clasificación, si se presenta antes o después de la adquisición del lenguaje.
- **Prelingüística.**  
Es la que sobreviene desde el nacimiento o antes de que el niño desarrolle la comunicación oral o el lenguaje, por lo regular antes de los dos años. En este caso, al niño se le dificulta mucho desarrollar el lenguaje oral, dado que no escucha las palabras y no sabe cómo articularlas, por lo que requerirá servicios especiales.
- **Poslingüística.**  
Se presenta después de que el niño o adulto ha desarrollado la comunicación oral o el lenguaje.

Para poder apreciar con mejor detalle la clasificación de los grados de las perdidas auditivas, en relación a su severidad, a continuación se muestra la Tabla 1 de Lobera y Mondragón (2010, p.19) basada en J. Northern, Hearing in children, Filadelfia, Lippincott Williams & Wilkins, primera edición revisada. 2002.

Grado de pérdida	Clasificación	Causa posible	Cómo se escucha según el grado de pérdida	Posibles consecuencias de la pérdida (si no se recibe tratamiento)
0-15 dB	Normal		Todos los sonidos del lenguaje y ambientales	Ninguna
15 - 20 dB	Ligera	Pérdida auditiva de tipo conductivo y algunas neurosensoriales.	Las vocales se escuchan con claridad, pero se pueden dejar de oír algunas consonantes en	Ligeros problemas en la adquisición del lenguaje.

			contextos ruidosos.	
25 - 30 dB	Media	Pérdida auditiva de tipo conductivo y neurosensorial.	Sólo algunos sonidos del habla emitidos en voz alta.	Ligero retardo del lenguaje, problemas para comprender lenguaje en ambientes ruidosos e inatención.
30 - 50 dB	Moderada	Pérdida auditiva de tipo conductivo con desórdenes crónicos en oído medio; pérdidas neurosensoriales.	Casi ningún sonido del habla a una intensidad de conversación normal.	Problemas del habla, retardo del lenguaje, problemas en el aprendizaje e inatención.
50 - 70 dB	Severa	Pérdidas neurosensoriales mixtas y combinación de disfunción de oído medio e interno.	Ningún sonido del habla a una intensidad de conversación normal.	Problemas severos del habla, retraso del lenguaje, y problemas en el aprendizaje y la atención.
70 dB o más	Profunda	Pérdidas neurosensoriales mixtas y combinación de disfunción de oído medio e interno.	No se oyen sonidos ambientales ni del habla.	Problemas severos del habla, serias dificultades para el desarrollo adecuado y natural del lenguaje oral, problemas en el aprendizaje e inatención.

**Tabla 1: Clasificación de grados de las pérdidas auditivas de acuerdo con su severidad.**

De acuerdo con Lobera y Mondragón (2010, p.19), la discapacidad auditiva puede clasificarse conforme a la duración de las pérdidas auditivas, las cuales son:

- **Temporales.**  
Disminución de la audición de forma espontánea y durante un tiempo definido.  
Pueden ser causadas por un tapón de cerumen en el canal auditivo, ausencia o malformación de la aurícula y del conducto auditivo externo o infecciones en el oído.
- **Permanentes.**  
Pérdida irreversible que permanecerá durante toda la vida.

## 2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA

Las PDA, en ocasiones padecen de una impotencia, o baja autoestima; en parte a que

*Las posibles dificultades en aspectos cognitivos y de lenguaje, de relación personal y de funcionamiento en comunidad, lo cual no es óbice para que su desarrollo personal evolucione en el sentido general o de la normalidad poblacional, contando*

*con los apoyos y recursos que compensen sus dificultades y refuercen sus habilidades.*

*(Universidad de Málaga, 2007, p.14).*

Algunas de las características que distinguen a la población con discapacidad auditiva, conforme con la Universidad de Málaga (2007, p.14), son las siguientes:

- Pueden presentar dificultades o limitaciones en el lenguaje oral, por lo que es necesario continuar o alternar con el desarrollo de otro código (no oral).
- La Lengua de Signos es un elemento de comunicación para la comunidad sorda, y un vehículo del pensamiento.
- El pensamiento de la persona sorda será de un rendimiento similar al Oyente, en una gran cantidad de tareas, comprobándose además que, en aquellas en las que es inferior, su ejecución podría mejorar con unas condiciones de mayor accesibilidad y menor dificultad en las instrucciones y entrenamiento.

Por otra parte, Oporto (2009), menciona algunas otras características de las PDA, las cuales son las siguientes:

- **Aspectos cognitivos:**  
El niño sordo adquiere el mismo nivel de desarrollo cognitivo que el Oyente aunque más lentamente. Son capaces de realizar juego simbólico pero con mayor retraso y limitaciones que los Oyentes.
- **Capacidad Intelectual:**  
Dentro de la población de personas sordas, el nivel intelectual tiene una variedad similar a la que presenta la población Oyente.
- **Características del Juego Simbólico:**  
Su nivel de coordinación y organización del juego (integración) es menos maduro y avanzado que el juego de los niños y Oyentes de la misma edad. La diferencia del juego del niño sordo se manifiesta en su habilidad para realizar secuencias del juego previamente planificados. Tienen dificultad para sustituir objetos, por ejemplo, convertir el dibujo de un plátano en un avión.
- **Aspectos motores:**  
Existe cierto retraso en las capacidades motoras generales.
- **Aspectos comunicativos:**  
Los códigos utilizados por los niños sordos reflejan las características de la lengua natural de éstos, la lengua gestual o de signos.
- **Aspectos socio – afectivos:**  
Se puede producir limitaciones en la participación directa en la sociedad, provocando la aparición de las siguientes actitudes: Incomunicación o limitación de la experiencia, dependencia y sentimientos de inferioridad.

Según Oporto (2009), es posible tener la percepción de *retraso mental cuando ciertas etiologías* (estudios sobre las causas de las cosas o enfermedades), *además de sordera producen afecciones neurológicas*. Además, cabe agregar que

*Los niños con pérdida de audición leve pierden de 25 a 50% del discurso en el salón de clases. Debido a la frustración al no poder comunicarse y que los demás no los entiendan, algunos de ellos pueden presentar problemas de comportamiento manifestados en berrinches, enojos y, en algunas ocasiones, agresión.*  
*(Lobera y Mondragón, 2010, p.20).*

### 2.2.3 ALGUNAS NECESIDADES EDUCATIVAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.

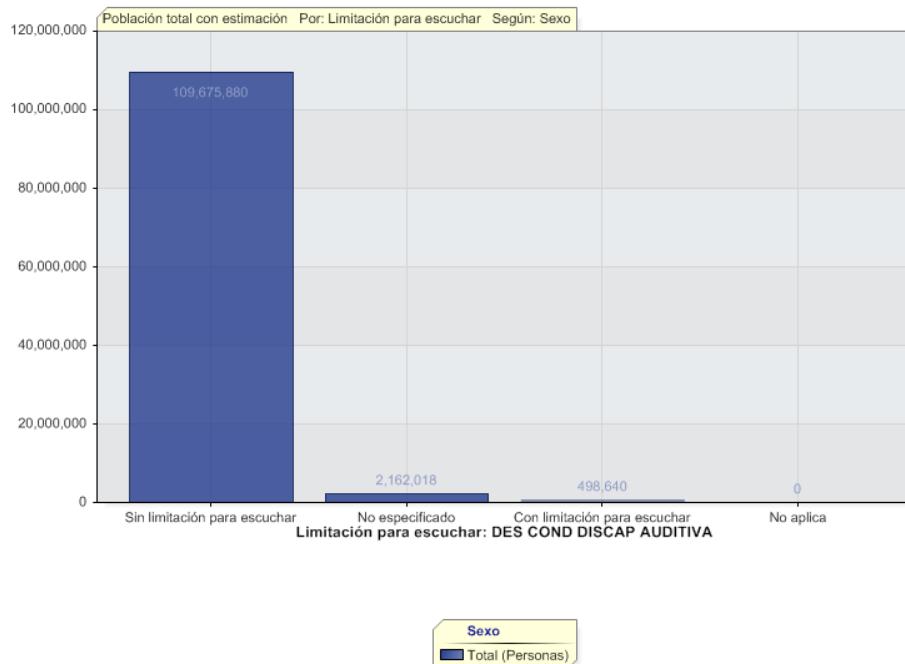
Algunas necesidades educativas especiales, requeridas por el alumnado con discapacidad auditiva, conforme con la Universidad de Málaga (2007, p.16), son las siguientes:

- El alumno ha de ubicarse lo más cerca posible del profesor.
- Para permitir una correcta lectura labio-facial, sitúese en lugares bien iluminados donde el rostro esté bien visible, sin obstáculos que impidan su correcta visibilidad (manos, bolígrafos, etc.).
- Algunas personas con deficiencia auditiva utilizan la Lengua de Signos como medio de expresión lingüística y de representación. La presencia del intérprete de Lengua de Signos en el aula sería por tanto imprescindible.
- El uso del correo electrónico le puede ser de utilidad para comunicarse con el alumno.
- Si proporciona con antelación a las clases sus apuntes en material informático o soporte papel, facilitará al alumno el seguimiento de su exposición oral en el aula.
- En algunos alumnos observará el uso materiales específicos y/o adaptados a su circunstancia: Emisora de FM, audífonos, teléfono adaptado, etc.
- Cuando escriba en la pizarra, es conveniente que realice posteriormente, de cara al alumno, una exposición verbal complementaria a lo escrito.
- Procure no hablar de espaldas al auditorio y no moverse por el aula mientras explica.

## 2.3 SOBRE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA EN MÉXICO

En México, la cantidad de personas con discapacidad, no representan una mayoría respecto a la población total del país; de igual manera, las PDA tampoco representan una mayoría con respecto a la población total.

Para 2010 conforme con datos del INEGI (2013), se contabilizó un total de 112 millones 336 mil 538 habitantes en el país, de entre los cuales un total de 498 mil 640 personas dijeron tener alguna clase de limitación para escuchar (discapacidad auditiva). Ver Figura 1.



FUENTE: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

**Figura 1: Población de personas con discapacidad auditiva, Censo de Población y Vivienda 2010, directamente de la página oficial del INEGI.**

Además, conforme al INEGI (2013, p.42), *las entidades federativas con mayor cantidad de población con discapacidad son: México, Distrito Federal, Veracruz y Jalisco*; de las cuales, el estado de Veracruz registra de acuerdo al INEGI (2013), un 13% de personas con limitaciones para escuchar. Ver Figura 2.

Entidad federativa	Tipo de discapacidad						
	Caminar o moverse	Ver	Hablar o comunicarse	Escuchar	Atender el cuidado personal	Poner atención o aprender	Mental
Coahuila de Zaragoza	57.6	30.2	7.1	12.0	6.1	3.3	8.3
Colima	59.3	25.3	10.2	12.9	8.4	6.7	7.9
Distrito Federal	60.2	25.0	7.4	12.9	6.6	4.4	9.2
Durango	62.0	26.1	6.8	9.0	5.1	3.8	7.3
Guanajuato	59.1	27.2	7.6	11.9	5.0	4.7	8.4
Guerrero	58.8	26.0	8.5	12.7	3.9	3.3	7.9
Hidalgo	58.0	28.4	8.3	15.6	5.5	4.3	7.3
Jalisco	61.5	23.2	8.7	11.3	5.8	5.7	10.5
México	57.2	27.2	8.3	12.1	4.9	4.5	7.8
Michoacán de Ocampo	59.8	26.5	7.9	12.4	4.9	4.1	7.6
Morelos	60.0	27.8	9.6	13.0	5.2	5.1	7.0
Nayarit	59.8	27.5	8.4	14.1	5.6	4.6	7.4
Nuevo León	59.7	24.1	8.4	11.1	6.9	4.6	10.6
Oaxaca	57.3	28.7	8.0	13.6	3.6	2.9	8.7
Puebla	57.4	28.7	9.0	13.6	5.0	4.0	6.5
Querétaro	58.4	25.6	8.5	12.4	6.0	5.9	10.2
Quintana Roo	55.4	30.2	9.4	11.6	5.9	6.5	7.9
San Luis Potosí	58.3	28.0	9.5	13.0	7.1	5.7	8.9
Sinaloa	59.6	24.6	8.4	9.6	5.0	4.2	10.4
Sonora	67.2	32.4	8.0	9.8	7.1	4.6	9.4
Tabasco	53.1	34.2	8.4	8.7	5.0	3.9	8.2
Tamaulipas	58.3	26.5	9.1	11.4	6.7	4.5	8.7
Tlaxcala	54.8	28.4	9.2	14.0	6.6	5.3	6.7
Veracruz de Ignacio de la Llave	52.2	30.1	8.4	13.0	5.1	3.8	9.3
Yucatán	62.4	25.8	7.9	11.0	5.8	4.2	8.6
Zacatecas	64.6	23.4	7.0	11.7	5.5	4.4	7.9

Nota: La suma del porcentaje es superior a 100, debido a la población que presenta más de una discapacidad.

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Base de datos de la muestra.

**Figura 2: Distribución de personas con discapacidad, por estado, Censo de Población y Vivienda 2010 citado por el INEGI (2013, p.47).**

La lectura y escritura son un medio de comunicación importante, al cual no siempre se tiene acceso. La dificultad de las PDA para comunicarse se debe en parte al analfabetismo; pues no siempre tienen la oportunidad de empezar o continuar estudiando;

*Las personas de 15 años y más con limitaciones mentales, para hablar o comunicarse y, poner atención o aprender son las que reportan los mayores porcentajes de analfabetas, entre 40 y 50 por ciento. Le siguen quienes tienen dificultades para atender el cuidado personal (32.8%), para escuchar (29.9%), caminar o moverse (23.2%) y ver (22.1%). Las diferencias porcentuales son*

*amplias y muestran las restricciones en el acceso educativo de la población con limitaciones cognitivas y de comunicación.*  
*(INEGI, 2013, p.77).*

El analfabetismo, además de romper un medio de comunicación, es también un gran obstáculo para la integración social de las personas con discapacidad.

*Las personas con dificultad mental, para hablar o comunicarse y poner atención o aprender son las que presentan los perfiles educativos más bajos, ya que concentran las proporciones más altas de población sin estudios (entre 45 y 50 por ciento) y las más bajas en todos los niveles educativos, especialmente en medio superior y superior.*

*Por su parte, las personas con dificultades para caminar o moverse, ver, escuchar y, en cierto grado, atender el cuidado personal, presentan un mejor perfil educativo, tienen las menores proporciones de individuos sin estudios y las mayores en todos los niveles, desde primaria hasta superior; únicamente el promedio de escolaridad de quienes tienen dificultades para ver (5 años) supera al del conjunto de la población con discapacidad (4.7 años).*

*(INEGI, 2013, p.80).*

La dificultad que tienen las PDA para comunicarse representa un grave problema para ellos, especialmente cuando esta dificultad corta sus posibilidades de escala educativa.

*Los niños con discapacidad auditiva enfrentan dificultad para adquirir el lenguaje. El lenguaje es una forma de conceptualizar el mundo, entenderlo y explicarlo; también, uno de los medios que nos permiten adquirir conocimientos e información acerca de nuestras experiencias y de los demás.*

*A un niño con pérdida auditiva que no logra desarrollar un lenguaje le será muy difícil adquirir conocimientos y comprender los eventos a su alrededor.*  
*(Lobera y Mondragón, 2010, p.16).*

*Las personas con discapacidad siguen teniendo una probabilidad de desempleo dos o tres veces mayor al de las personas sin discapacidad; sin embargo, gracias a los avances tecnológicos, tanto en la rehabilitación como en la adaptabilidad de los entornos laborales tienen un importante peso específico en la capacidad productiva de las sociedades.*

*(De Lorenzo, 2003; citado por Cervantes, 2015, p.6).*

## **2.4 LA DISCAPACIDAD AUDITIVA EN EL MARCO LEGAL DE MÉXICO**

En los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de mitigar la discriminación existente hacia las personas con discapacidad, han sido creadas normas y leyes, las cuales no siempre se aplican o simplemente son desconocidas.

Parte del material legal, en apoyo a personas con discapacidad (incluidas a las PDA), se encuentra en la propia Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como en diversos documentos en materia de derecho.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2015, p.2), algunos de los artículos que defienden a las personas con discapacidad, son:

- Artículo 1°, el cual indica en su tercer párrafo:  
*Queda prohibida toda discriminación motivada por origen étnico o nacional, el género, la edad, las discapacidades, la condición social, las condiciones de salud, la religión, las opiniones, las preferencias sexuales, el estado civil o cualquier otra que atente contra la dignidad humana y tenga por objeto anular o menoscabar los derechos y libertades de las personas.*  
(Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2015, p.2).
- Artículo 4°, el cual expone que toda persona tendrá los mismos derechos y el mismo acceso a los mismos privilegios que el resto.

En la Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación (2014), es posible apreciar en sus diversos artículos, como se busca frenar y eliminar la discriminación; algunos de sus artículos más sobre salientes son:

- Artículo 1°, en el punto III, estipula que:  
*Para los efectos de esta ley se entenderá por:*  
*III. Discriminación: Para los efectos de esta ley se entenderá por discriminación toda distinción, exclusión, restricción o preferencia que, por acción u omisión, con intención o sin ella, no sea objetiva, racional ni proporcional y tenga por objeto o resultado obstaculizar, restringir, impedir, menoscabar o anular el reconocimiento, goce o ejercicio de los derechos humanos y libertades, cuando se base en uno o más de los siguientes motivos: el origen étnico o nacional, el color de piel, la cultura, el sexo, el género, la edad, las discapacidades, la condición social, económica, de salud o jurídica, la religión, la apariencia física, las características genéticas, la situación migratoria, el embarazo, la lengua, las opiniones, las preferencias sexuales, la identidad o filiación política, el estado civil, la situación familiar, las responsabilidades familiares, el idioma, los antecedentes penales o cualquier otro motivo.*  
(Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación, 2014, p.1).
- Artículo 4°, en su único párrafo indica que:  
*Queda prohibida toda práctica discriminatoria que tenga por objeto o efecto impedir o anular el reconocimiento o ejercicio de los derechos y la igualdad real de oportunidades en términos del artículo 1o. constitucional y el artículo 1, párrafo segundo, fracción III de esta Ley.*  
(Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación, 2014, p.2).
- Artículo 9°, en cual en sus puntos III, XXIII, XXVII, XXX; considera como discriminación el:

*III. Prohibir la libre elección de empleo, o restringir las oportunidades de acceso, permanencia y ascenso en el mismo;*

*XXIII. Explotar o dar un trato abusivo o degradante;*

*XXVII. Incitar al odio, violencia, rechazo, burla, injuria, persecución o la exclusión;*

*XXX. Negar la prestación de servicios financieros a personas con discapacidad y personas adultas mayores;*

(*Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación, 2014, p.3*).

En la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (2011), se busca acercar e integrar a las personas con discapacidad, a la sociedad. Por lo cual, esta ley, representa una de las más importantes en apoyo a las personas con discapacidad, a continuación algunos de los artículos que fueron considerados relevantes de exponer en el presente trabajo:

- **Artículo 1°.**

*Las disposiciones de la presente Ley son de orden público, de interés social y de observancia general en los Estados Unidos Mexicanos.*

*Su objeto es reglamentar en lo conducente, el Artículo 1o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos estableciendo las condiciones en las que el Estado deberá promover, proteger y asegurar el pleno ejercicio de los derechos humanos y libertades fundamentales de las personas con discapacidad, asegurando su plena inclusión a la sociedad en un marco de respeto, igualdad y equiparación de oportunidades.*

*De manera enunciativa y no limitativa, esta Ley reconoce a las personas con discapacidad sus derechos humanos y manda el establecimiento de las políticas públicas necesarias para su ejercicio.*

(*Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, 2011, p.1*).

- **Artículo 2°.**

*Para los efectos de esta Ley se entenderá por:*

*I. Accesibilidad. Las medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de la información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales;*

*III. Asistencia Social. Conjunto de acciones tendientes a modificar y mejorar las circunstancias de carácter social que impidan el desarrollo integral del individuo, así como la protección física, mental y social de personas en estado de necesidad, indefensión, desventaja física y mental, hasta lograr su incorporación a una vida plena y productiva;*

*IV. Ayudas Técnicas. Dispositivos tecnológicos y materiales que permiten habilitar, rehabilitar o compensar una o más limitaciones funcionales, motrices, sensoriales o intelectuales de las personas con discapacidad;*

*V. Comunicación. Se entenderá el lenguaje escrito, oral y la lengua de señas mexicana, la visualización de textos, sistema Braille, la comunicación táctil, los macro tipos, los dispositivos multimedia escritos o auditivos de fácil acceso, el*

*lenguaje sencillo, los medios de voz digitalizada y otros modos, medios, sistemas y formatos aumentativos o alternativos de comunicación, incluida la tecnología de la información y las comunicaciones de fácil acceso;*

*VI. Comunidad de Sordos. Todo aquel grupo social cuyos miembros tienen alguna deficiencia del sentido auditivo que les limita sostener una comunicación y socialización regular y fluida en lengua oral;*

*IX. Discriminación por motivos de discapacidad. Se entenderá cualquier distinción, exclusión o restricción por motivos de discapacidad que tenga el propósito o el efecto de obstaculizar, menoscabar o dejar sin efecto el reconocimiento, goce o ejercicio, en igualdad de condiciones, de todos los derechos humanos y libertades fundamentales en los ámbitos político, económico, social, cultural, civil o de otro tipo. Incluye todas las formas de discriminación, entre ellas, la denegación de ajustes razonables;*

*X. Diseño universal. Se entenderá el diseño de productos, entornos, programas y servicios que puedan utilizar todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptación ni diseño especializado. El diseño universal no excluirá las ayudas técnicas para grupos particulares de personas con discapacidad cuando se necesiten;*

*XI. Educación Especial. La educación especial está destinada a individuos con discapacidades transitorias o definitivas, así como a aquellos con aptitudes sobresalientes. Atenderá a los educandos de manera adecuada a sus propias condiciones, con equidad social incluyente y con perspectiva de género;*

*XII. Educación Inclusiva. Es la educación que propicia la integración de personas con discapacidad a los planteles de educación básica regular, mediante la aplicación de métodos, técnicas y materiales específicos;*

*XIII. Estenografía Proyectada. Es el oficio y la técnica de transcribir un monólogo o un diálogo oral de manera simultánea a su desenvolvimiento y, a la vez, proyectar el texto resultante por medios electrónicos visuales;*

*XV. Igualdad de Oportunidades. Proceso de adecuaciones, ajustes, mejoras o adopción de acciones afirmativas necesarias en el entorno jurídico, social, cultural y de bienes y servicios, que faciliten a las personas con discapacidad su inclusión, integración, convivencia y participación, en igualdad de oportunidades con el resto de la población;*

*XVI. Lenguaje. Se entenderá tanto el lenguaje oral como la lengua de señas y otras formas de comunicación no verbal;*

*XVII. Lengua de Señas Mexicana. Lengua de una comunidad de sordos, que consiste en una serie de signos gestuales articulados con las manos y acompañados de expresiones faciales, mirada intencional y movimiento corporal, dotados de función lingüística, forma parte del patrimonio lingüístico de dicha comunidad y es tan rica y compleja en gramática y vocabulario como cualquier lengua oral;*

*XIX. Organizaciones. Todas aquellas organizaciones sociales constituidas legalmente para el cuidado, atención o salvaguarda de los derechos de las personas con discapacidad o que busquen apoyar y facilitar su participación en las decisiones relacionadas con el diseño, aplicación y evaluación de programas para su desarrollo e integración social;*

*XXI. Persona con Discapacidad. Toda persona que por razón congénita o adquirida presenta una o más deficiencias de carácter físico, mental, intelectual o*

*sensorial, ya sea permanente o temporal y que al interactuar con las barreras que le impone el entorno social, pueda impedir su inclusión plena y efectiva, en igualdad de condiciones con los demás;*

*(Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, 2011, p.1).*

- **Artículo 4°.**

*Las personas con discapacidad gozarán de todos los derechos que establece el orden jurídico mexicano, sin distinción de origen étnico, nacional, género, edad, condición social, económica o de salud, religión, opiniones, estado civil, preferencias sexuales, embarazo, identidad política, lengua, situación migratoria o cualquier otra característica propia de la condición humana o que atente contra su dignidad. Las medidas contra la discriminación tienen como finalidad prevenir o corregir que una persona con discapacidad sea tratada de una manera directa o indirecta menos favorable que otra que no lo sea, en una situación comparable.*

*(Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, 2011, p.4).*

- **Artículo 16°.**

*Las personas con discapacidad tienen derecho a la accesibilidad universal y a la vivienda, por lo que se deberán emitir normas, lineamientos y reglamentos que garanticen la accesibilidad obligatoria en instalaciones públicas o privadas, que les permita el libre desplazamiento en condiciones dignas y seguras.*

*(Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, 2011, p.10).*

- **Artículo 32°.**

*Las personas con discapacidad tienen derecho a la libertad de expresión y opinión; incluida la libertad de recabar, recibir y facilitar información mediante cualquier forma de comunicación que les facilite una participación e integración en igualdad de condiciones que el resto de la población.*

*(Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, 2011, p.14).*

Por su parte, el estado de Veracruz en la Constitución Política del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (2013), se encuentra el Artículo 6° en apoyo de la igualdad y por tanto de las personas con discapacidad, el cual indica en su primer párrafo:

*Las autoridades del Estado promoverán las condiciones necesarias para el pleno goce de la libertad, igualdad, seguridad y la no discriminación de las personas; asimismo, garantizarán el derecho al honor, a la intimidad personal y familiar y al libre desarrollo de la personalidad.*

*(Constitución Política del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2013, p.3).*

También se tiene la Ley Para Prevenir y Eliminar la Discriminación en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (2013), mediante la cual; autoridades estatales, como municipales tienen la obligación de generar condiciones de igualdad y libertad, con el fin de hacer efectiva la ya mencionada ley. Esta misma ley; consta de 33 artículos, 4 títulos y 2 transitorios, que manifiestan la importancia, como la necesidad de erradicar la discriminación en cualquiera de sus formas de expresión; ya que la discriminación niega, sabotea y entorpece el ejercicio de igualdad de libertades, de derechos, y de oportunidades. Así como se describe desde el primer artículo de la ley:

## **Artículo 1°.**

*Las disposiciones de esta Ley son de orden público, interés social y de observancia general en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, y tienen por objeto prevenir y eliminar todas las formas de discriminación que se ejerzan en contra de cualquier persona, en términos de los artículos 1° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y 6 de la Constitución Política local y los Tratados Internacionales en los que el Estado Mexicano sea parte, así como promover la igualdad de oportunidades y de trato.*

*(Ley Para Prevenir y Eliminar la Discriminación en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2013, p.1).*

Al marco legal ya mencionado, se anexa el Acuerdo de Yucatán o Declaración de Yucatán sobre los derechos de las Personas con Discapacidad en las Universidades (2008), en el cual es indicada, la necesidad de considerar, que las personas con discapacidad requieren y demandan condiciones jurídicas, sociales y económicas que les permitan acceder a una igualdad de oportunidades; estableciendo la necesidad de que las Universidades establezcan políticas y programas de prevención y defensa de los derechos de las personas con discapacidad, así como la promoción de la formación de profesionales y personal especializado en la Universidad que trabajen con personas con discapacidad, a fin de prestar mejor asistencia y servicios que garanticen sus derechos.

## **2.5 LENGUA DE SEÑAS MEXICANA (LSM)**

La lengua de Señas Mexicana o LSM, de acuerdo a la Ley general para la inclusión de las personas con discapacidad (2011, p.9), en su artículo 14°, dictamina que es una lengua reconocida oficialmente como una lengua nacional y forma parte del patrimonio lingüístico con que cuenta la nación Mexicana. Esta lengua representa un apoyo la vida diaria de las PDA, por lo cual, es importante acercarla a la sociedad.

Pues, debido a

*La dificultad de las personas sordas para comunicarse disminuye su capacidad de interacción social; en consecuencia, su desarrollo educativo, profesional y humano quedan restringidos seriamente, lo que limita las oportunidades de inclusión que todo ser humano merece, y esto representa un acto discriminatorio. Como medio de socialización y mecanismo compensatorio, las personas sordas han desarrollado su propio lenguaje, la lengua de señas.*

*(Serafín y González, 2011, p.7).*

Las lenguas de señas, según Miroslava (2009a), implicaron desde su nacimiento, y hasta la actualidad, la ruptura con la forma de concebir el lenguaje, dada la necesidad, de reconocer que la capacidad de los seres humanos para comunicarse, no se encontraba restringida al uso del medio oral y auditivo, sino también, se podía encontrar en las manos con el empleo de un medio visual; además el lenguaje requiere utilizar características fisiológicas que permitan articular sonidos, por lo cual las PDA tienen una lengua y no un lenguaje. De acuerdo con Miroslava (2009a), los lingüistas se encontraron con un sistema diferente al de

la lengua oral, no sólo por comunicarse a través de las manos, el cuerpo, y gestos; sino también por la simultaneidad con que se podían combinar todos esos elementos, articulados a su vez por parte de quien hace la seña, en el espacio que se encuentra enfrente de éste, o en sus manos; constituyendo una lengua no oral como un sistema de signos que puede ser aprendido y adoptado como forma de comunicación por una comunidad.

Sin embargo,

*La información sobre las comunidades Sordas en América y sus lenguas de señas, es escasa, con excepción de la ASL de la cual se tiene un mayor registro histórico, o de la LSN (Lengua de Señas de Nicaragua), dado que se presenció el nacimiento de esta lengua en las últimas décadas del siglo XX.*

(Miroslava, 2009a, p.6)

Aun así, algunas lenguas como LIBRAS o LSM,

*Tienen entre sus antecedentes la educación del sordo. Sobre la LIBRAS el padre Vincent Burnier (sordo de nacimiento) en el libro The Sign Language of Brazil (1981), trata brevemente la historia de la fundación de la primera escuela para sordos en América Latina, el Instituto Imperial de Sordomudos en Río de Janeiro en 1857. Menciona que en este instituto se enseñaba a través de una lengua de señas. En el caso de la LSM, también tiene un lugar fundamental la fundación de la Escuela Nacional de Sordomudos.*

(Miroslava, 2009a, p.8).

*Se reconoce que los egresados de la Escuela Nacional de Sordomudos en México, llevaron y transmitieron la LSM a sus lugares de origen. Asimismo, también cabe la suposición de que los alumnos de esta escuela trajeron consigo sus propias señas para comunicarse. Por tanto, la LSM sería el resultado del uso de una lengua de señas para la educación del Sordo, la LSF y de las señas autóctonas de estos sordos utilizadas antes de su ingreso a la Escuela Nacional de Sordomudos.*

(Miroslava, 2009a, p.9)

Miroslava (2009a y 2009b), habla sobre la existencia de diferencias entre las lenguas de señas de cada país, donde algunas señales tienen diferentes significados dentro de los diferentes grupos de PDA o Sordos de un mismo país, o algunas cosas se expresan de maneras diferentes en cada región.

Por otro lado, sin negar la existencia de variantes dentro de la LSM; Dianne y Steve (1999), tienen la percepción de que la LSM es una lengua con un pequeño porcentaje de variación en el léxico; pues según Dianne y Steve (1999, p.6), *por lo menos ha habido dos estudios sobre el léxico del LSM (Bickford 1991 y Smith-Stark 1986). Ambos descubrieron un alto porcentaje de similitud en el léxico (80-90% o más) de los varios ejemplos que estudiaron.* Cabiendo agregar que

*Las diferencias geográficas no parecen ser tan importantes como otras diferencias. Las mayores variaciones léxicas parecen ser el resultado de tres factores:*

*diferencias religiosas (para la terminología religiosa), distinciones de edad, y niveles de educación.*  
*(Dianne y Steve, 1999, p.7).*

Es decir, Miroslava (2009a y 2009b), y Dianne y Steve (1999), nos dicen que hay variaciones dentro de la LSM, a lo que Dianne y Steve (1999), agrega que estas variantes pueden ser regionales, y por distintas clases de religión, edad y nivel de educación; agregando que, de acuerdo con Dianne y Steve (1999), *la mayor parte de la evidencia apunta a un alto grado de similitud, no muy diferente de las variaciones regionales encontradas en el inglés americano o el español mexicano dentro de la LSM.*

Según Serafín y González (2011), la LSM representa una herramienta básica para la inclusión de las PDA o personas sordas en la sociedad; ante la imposibilidad de que estas personas utilicen la palabra hablada. Sin embargo, Serafín y González (2011), dicen que, aun cuando la LSM permite a las personas sordas comunicarse entre sí; esta lengua no les facilita la relación con el resto de la comunidad, en especial, con los Oyentes que desconocen dicha lengua. Poniendo en evidencia los problemas de comunicación que sufren las PDA, con los Oyentes o Personas sin discapacidad; además de los problemas que ya tienen las PDA dentro de su propia lengua, pues

*El nivel de educación también influye en las señas de una persona. Los que tienen más educación tienen más probabilidades de usar el español de señas exactas o señas que tienen más influencia del español, y por lo tanto, tienen menos posibilidades de ser entendidos por los que tienen menos educación.*

*(Dianne y Steve, 1999, p.7).*

Aun así, la

*LSM es un lenguaje completo y distinto. Es distinto de otros lenguajes de señas, tales como el ASL; y distinto del español, el lenguaje nacional oral. Hay también una cantidad significativa de personas sordas que son mayormente monolingües en LSM. Esto significa que el ASL y el español no son adecuados para una completa comunicación entre la comunidad de sordos de México en ninguna forma, sea por video, por escrito, o por contacto personal.*

*(Dianne y Steve, 1999, p.7).*

Como ya ha sido mencionado, la LSM representa una base sustancial para la comunicación, desarrollo e integración de las PDA en la sociedad, sin embargo, esta lengua sigue siendo poco conocida. A lo que es posible sumar las variantes que existen dentro de dicha lengua; razón por la cual, se tomó como base a la LSM estilo Xalapa, Veracruz, y al Diccionario de Lengua de Señas Mexicana “Manos con voz” de Serafín y González (2011), pues este último de acuerdo a sus autores, ayuda al lector a comunicarse con las PDA que conozcan la LSM, además, de representar un punto medio entre las variantes de esta lengua.

## 2.6 DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO

### 2.6.1 ¿QUÉ ES EL DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO?

El diseño centrado en el usuario, abraza la interacción o relación usuario – sistema, y de acuerdo con Velasco, Sánchez, Laureano y Mora (2009, p.5), *se caracteriza por asumir que todo el proceso de diseño y desarrollo de la interfaz debe girar en torno al usuario, sus necesidades, características y objetivos.* De la misma forma,

*el diseño en los usuarios implica estudiar a los usuarios desde el inicio del desarrollo de la interfaz; conocer cómo son, qué necesitan, para qué usan la interfaz; hacer pruebas del sitio con los propios usuarios; investigar cómo reaccionan ante el diseño, cómo es su experiencia de uso; e innovar siempre con el objetivo claro de mejorar la experiencia del usuario.*

(Velasco, Sánchez, Laureano y Mora, 2009, p.5).

Shawn (2008, p.36), indica que el diseño centrado en el usuario o DCU *es un proceso de diseño de interfaces de usuario que hace hincapié en los objetivos de usabilidad, características, entornos, tareas y flujo de trabajo del usuario en el su diseño de la interfaz.*

El diseño centrado en el usuario, de acuerdo con Shawn (2008, p.36), *sigue una serie de métodos y técnicas bien definidas, para analizar, diseñar y evaluar hardware, software, e interfaces,* a lo que Shawn (2008, p.36) agrega que este tipo de diseño *es un proceso iterativo, y la evaluación se incorpora desde la fase inicial de cada proyecto a través de la implementación.* Por lo cual, y según Velasco, et al (2009), que los siguientes aspectos rodean a este tipo de diseño:

- **La usabilidad.**

Medida en la cual un producto puede ser usado por usuarios específicos para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado.

- **La arquitectura.**

Estructura que le da forma a una interfaz, su finalidad es crear una guía para que el usuario pueda navegar rápida y fácilmente; para ello se crea un mapa jerárquico de la interfaz, empezando con una “macro estructura” representada por la página principal, cada tema tendrá a su vez sub-categorías; las secciones principales son las raíces del listado de la estructura del sitio, tomando en cuenta los objetivos planteados para el proyecto y pensada en los usuarios.

- **La retícula.**

Guía a través de una estructura estudiada y de tamaños fijos. La retícula compositiva, se puede definir como una plantilla, cuya utilidad es evidente al componer un documento con muchas páginas, dando como resultado orden, uniformidad y coherencia, la lectura es más ágil, se visualizan claramente los contenidos a mayores distancias y se retienen mejor en nuestra memoria.

- **El texto.**

La tipografía y el color dicen más que el mismo texto, mejorando su legibilidad. Todo el aspecto y significado aparente de una composición o trabajo, cambia con un tipo de letra u otro. Si aplicamos color en algunas partes del texto, podemos mejorar mucho su captación y aportar distinción; y usado inadecuadamente, puede tener un impacto negativo, actuar como distracción y dar un aspecto vulgar.

- **Las imágenes.**

Los gráficos son de alto impacto incidiendo casi instantáneamente en el sentido de la vista; complementado con el movimiento se pueden crear animaciones que llaman la atención, explican llenan espacios complementando y agilizando la información.

- **El color.**

Elemento clave en el diseño gráfico, es el elemento más visible en un servicio o producto. Antes de iniciar la lectura de un texto o comprender una imagen, el color ya empieza a transmitirnos su mensaje.

Aspectos que finalmente se ven plasmados en la interfaz de usuario, misma que debe ofrecer un aspecto visual o táctil fácil de comprender, cuyo orden del contenido sea comprensible.

*Las características básicas de una buena interfaz podría sintetizarse en:*

- *Facilidad de comprensión, aprendizaje y uso*
- *Representación fija y permanente del contexto de acción (fondo)*
- *El objeto de interés debe ser identificable a primera vista*
- *Diseño ergonómico, en menús, barras de acciones e iconos*
- *Las interacciones se basan en acciones físicas sobre iconos, botones, imágenes, mensajes de texto o sonoros, barras de desplazamiento y navegación, etc. y en selecciones de tipo menú con sintaxis y órdenes*
- *Las operaciones serán rápidas, incrementales y reversibles, en tiempo real*
- *Acceso a las herramientas de Ayuda y Consulta en todo momento*
- *Tratamiento del error de acuerdo al nivel de usuario*

*(Velasco, Sánchez, Laureano y Mora, 2009, p.4).*

*Y los elementos gráficos que además deben incluirse al crear la interfaz son:*

- *Identificación del sitio: logotipo, en el extremo superior izquierdo.*
- *Secciones (o navegación principal): vínculos a las secciones principales del sitio, incluso a una secundaria de ser necesario.*
- *Utilidades: la ayuda, mapa del sitio, carrito de compra, información del editor, contacto, etc.*
- *Navegación coherente: no más de cuatro o cinco utilidades.*
- *Botón inicio.*
- *Cuadro o vínculo de búsqueda.*
- *Nombre de la página o aplicación: alusiva a lo que hay en ella.*
- *Ubicación en la página: el esquema de dónde se encuentra el usuario, para poder regresar si es necesario.*

- *Las etiquetas o pestañas deben situarse en la parte superior junto al logo del sitio, contener las categorías más importantes y estar siempre visible.*  
*(Velasco, Sánchez, Laureano y Mora, 2009, p.5).*

En el ISO 1340, se indica, en el proceso de

*Diseño para sistemas interactivos centrados en el operador humano, que; el diseño centrado en el usuario es una aproximación al desarrollo de sistemas interactivos que están orientados concretamente, a ser sistemas usables.*  
*(ISO 1340; citado por Shawn, 2008, p.36).*

## 2.6.2 EL DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO Y LA DISCAPACIDAD AUDITIVA

El diseño centrado en el usuario, busca que el producto a desarrollar tenga las características más cómodas y acordes a las necesidades del usuario. Pensar en una aplicación cuyo diseño sea centrado en las PDA, implica olvidarse de los efectos sonoros para dicha aplicación (puesto que son innecesarios para ellos); ya que, las deficiencias auditivas

*Pueden ser consideradas menos limitadoras en el acceso y uso de contenidos digitales, debido a que el canal sonoro es mucho menos utilizado en interfaces web que el canal visual. Aun así, no podemos olvidar limitaciones y barreras derivadas de esta discapacidad, como es el caso del lenguaje.*  
*(Hassan y Martín, 2004, p.331).*

El prototipo no solo será utilizado por PDA, él, también será utilizado por personas sin alguna discapacidad, por lo cual, su diseño debe ser cómodo para ambos tipos de usuarios.

El diseño debe ir orientado primero a las PDA y después a las demás personas, considerando lo dicho por Vanderheiden citado por Hassan y Martín (2004, p.331), *que la discapacidad no es el único tipo de limitación que dificulta la accesibilidad de contenidos.* Pues de acuerdo con Hassan y Martín (2004, p.31), *además de las limitaciones propias del individuo, existen otras derivadas del contexto de uso y del dispositivo de acceso empleado (hardware y/o software).* Contemplar a PDA como a personas sin discapacidad en el diseño, según Hassan y Martín (2004, p.332), no solo *implica la necesidad de facilitar acceso, sino también la de facilitar el uso;* ya que de acuerdo a Henry citado por Hassan y Martín (2004, p.332), *la distinción entre usabilidad –facilidad de uso – y accesibilidad, no solo es difícil, sino en muchos casos innecesaria.*

## 2.7 SOBRE LA PULSERA MYO

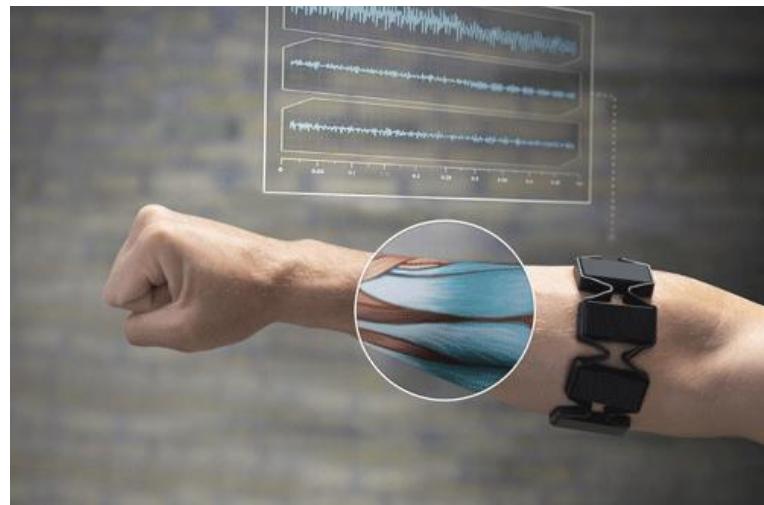
La Pulsera MYO, conforme a Thalmic Labs Inc. (2015a), es un dispositivo es capaz de controlar a otras tecnologías de forma inalámbrica con gestos y movimientos; y para el desarrollo de aplicaciones con esta tecnología, su sitio oficial provee de un enlace al SDK

(Kit o paquete de herramientas para el desarrollo de software) para desarrollar aplicaciones en Windows, Mac, IOS y Android. Juan Pablo Oyanedel (2013), resalta que a diferencia del Kinect de Microsoft, la Pulsera MYO no requiere de cámaras o complicados sistemas, pues el indica que solo se trata de un brazalete. El hardware o componentes del dispositivo se exponen en la Tabla 2 de Thalmic Labs Inc. (2015b), donde se nos muestra principalmente que el sensor con el cual fue construida la Pulsera es de acero de grado médico, el cual según ThyssenKrupp Mexinox (2016) y Alloy Wire International (2016), su verdadero nombre es acero inoxidable 316 y posee gran resistencia a entornos fisiológicos, a la corrosión general e intergranular, a la corrosión por picaduras o heridas, es fácil de limpiar, tiene buena resistencia a temperaturas criogénicas y elevadas, tiene buena soldabilidad, y puede ser utilizado en implantes médicos, entre otras características.

Sensor	Hecho de acero inoxidable de grado medico EMG (Electromiografía). Altamente sensibles a nueve ejes IMU (Unidad de Medición Inercial): <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Tres ejes de un giroscopio,</li><li>▪ Tres ejes de un acelerómetro y</li><li>▪ Tres ejes de un magnetómetro.</li></ul>
LEDs	Indicadores LED dual.
Procesador	ARM Cortex M4.
Respuesta táctil	A corto y mediano plazo con vibraciones largar.

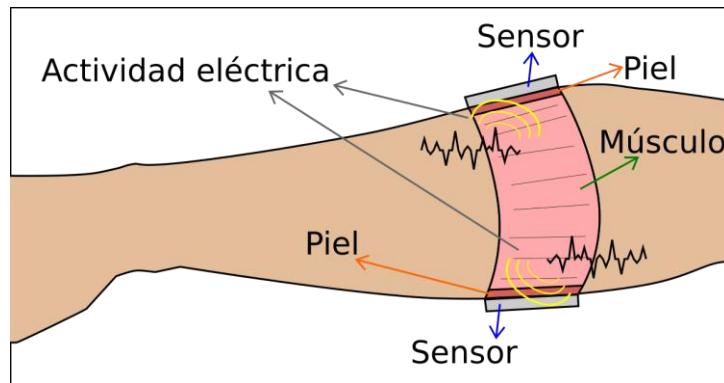
**Tabla 2: Especificaciones de hardware de la Pulsera MYO.**

La Pulsera MYO, de acuerdo con Thalmic Labs Inc. (2015a) y Oyanedel (2013), detecta el movimiento (actividad eléctrica) de los músculos del área en donde se encuentre colocada, por lo que es capaz de percibir los movimientos de la mano y dedos que se encuentren en el brazo donde se encuentre colocado el dispositivo, como se muestra en la Figura 3. Además, Thalmic Labs Inc. (2015b), indica que este dispositivo puede trabajar con información IMU (Unidad de Medición Inercial) que según Rivas Gil (2006) y Vianna Raffo (2007), es utilizada en la medición de la orientación, aceleraciones lineales y velocidades angulares en los tres ejes del espacio, a través de giróscopos, magnetómetros y acelerómetros.



**Figura 3: Funcionamiento de la Pulsera MYO, imagen de Valverde (2015), Recuperado en Abril de 2016, de: <http://www.tecnologia.net/wp-content/uploads/2015/10/Myo-b.png>**

Según lo indicado por Admin Noticias Medicina (2013), la empresa Thalmic Labs creadora de la Pulsera MYO, utilizó la Electromiografía (EMG) para permitir a usuarios controlar a dispositivos tecnológicos con solo la actividad eléctrica de los músculos; pues conforme lo indicado por Artigues (2014), la Pulsera funciona gracias a la tecnología de la Electromiografía (EMG), misma tecnología empleada por doctores y científicos para medir la actividad eléctrica de los músculos. Además Artigues (2014), menciona que la pulsera MYO, posee sensores EMG capaces de percibir la actividad eléctrica del movimiento de los músculos de los dedos, como se expone en la Figura 4.



**Figura 4: Ejemplo grafico de la percepción eléctrica del músculo, por parte de los sensores de la Pulsera MYO.**

### 2.7.1 LA ELECTROMIOGRAFÍA

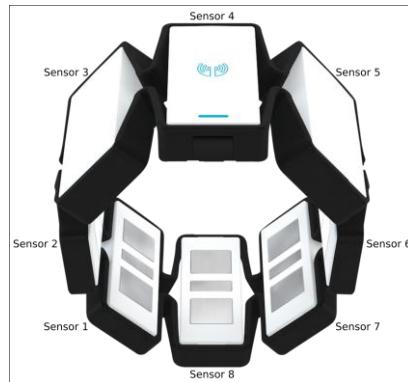
La Electromiografía, de acuerdo con F. Rodríguez, A. Quintero, E. Gutiérrez y A. F. Rodríguez, A. Quintero, E. Gutiérrez y A. Ashner (2005), implica la adquisición de información sobre la activación de ciertos músculos. Conforme la Fundación Kovac (2014),

la Electromiografía o el Eletromiograma (EMG) consisten en registrar la actividad eléctrica de los músculos. Por su parte el Personal de Healthwise (2015), explica que la Electromiografía o el Electromiograma miden la actividad eléctrica de los músculos en reposo y durante la contracción de los mismos.

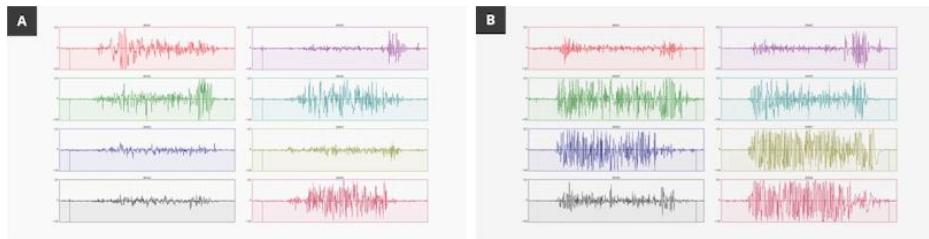
### 2.7.2 INFORMACIÓN DE ELECTROMIOGRAFÍA DE LA PULSERA MYO

DeveloperBlog.MYO (2014a), expone la posibilidad de utilizar los datos EMG (datos o información de Electromiografía) de la Pulsera MYO, para lo cual es necesario considerar lo siguiente:

- La Pulsera MYO cuenta con ocho sensores, como se muestra en la Figura 5.
- La pulsera devuelve un arreglo de ocho elementos con información EMG, donde cada elemento corresponde a uno de los ocho sensores de la pulsera.
- La Pulsera MYO trabaja a una frecuencia de 200hz, conforme a DeveloperBlog.MYO (2015a).
- La manipulación de la información EMG solo está disponible para el desarrollo de aplicaciones en Windows y Mac.
- La forma de cómo y en que brazo se coloque la Pulsera MYO, puede hacer variar los datos EMG (información de Electromiografía) de una persona a otra, por ejemplo, DeveloperBlog.MYO (2014b), demuestra la variación de los datos EMG mediante una prueba donde dos personas (A y B) realizaron el mismo gesto con la Pulsera, resultando en información EMG distinta en cada persona, tal como se exponen la Figura 6.



**Figura 5: Pulsera MYO con el orden de los sensores, de acuerdo con Serna (2015, p.24). Recuperado en Abril de 2016, de: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0881/7692/products/myoWhite-square.png?v=1433795527>**



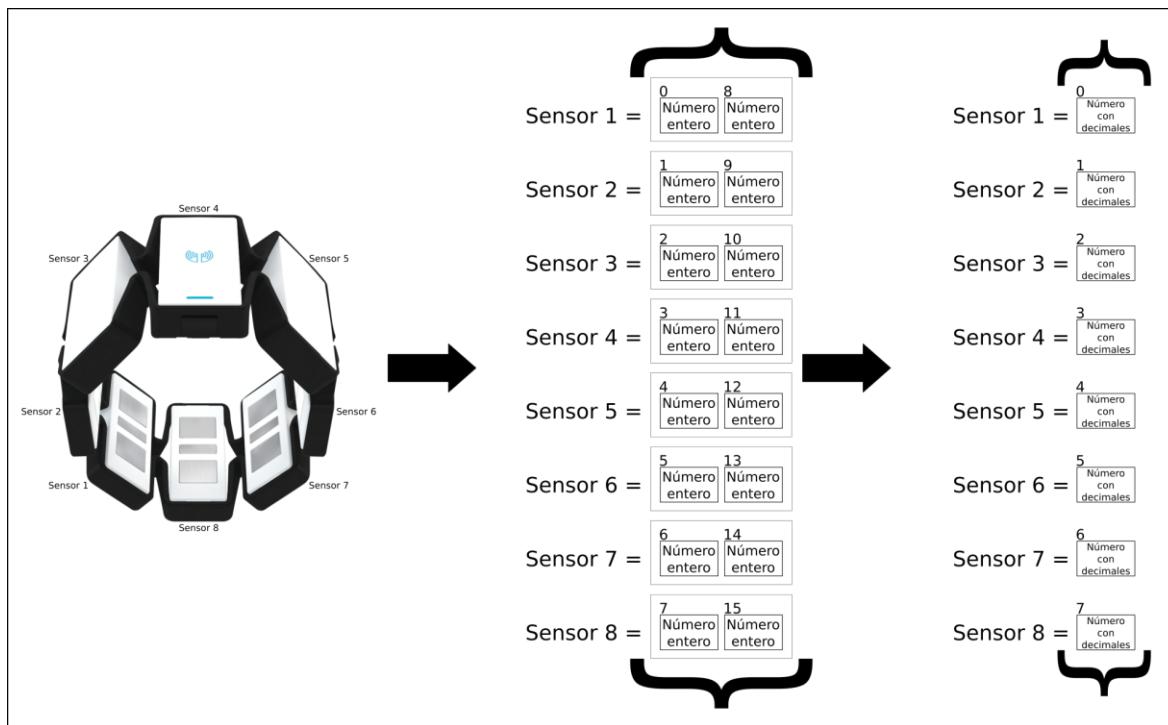
**Figura 6: Resultado de la prueba de la realización del mismo gesto por la persona A y la persona B, DeveloperBlog.MYO (2014b).**

### 2.7.3 DATOS EMG DE LA PULSERA MYO EN ANDROID

Como fue mencionado antes, para la fecha en que fue desarrollado el presente trabajo, el SDK oficial para el desarrollo de aplicaciones en Android con la Pulsera MYO, no cuenta los medios necesarios para el manejo de los datos EMG (información de Electromiografía) desde el dispositivo móvil (solo cuenta con los mecanismos para el uso de los datos IMU o de Unidad de Medición Inercial); razón por la cual, fue necesaria la reutilización del proyecto “myo\_AndroidEMG” (App “BLE\_myo”) creado por meleap inc, el cual puede ser encontrado en [https://github.com/meleap/myo\\_AndoridEMG](https://github.com/meleap/myo_AndoridEMG), y cuya última actualización fue realizada el 5 de Julio del 2015.

El proyecto “myo\_AndroidEMG”, cuenta con los mecanismos necesarios para utilizar los datos EMG (información de Electromiografía) de la Pulsera MYO en los dispositivos móviles con sistema operativo Android 4.4 o mayor (sin embargo no tiene soporte para el uso de los datos IMU). Este proyecto, recibe un arreglo de Bytes de la Pulsera MYO, el cual transforma a un arreglo de dieciséis números enteros (int[16]) los cuales pueden ir de -128 a 128 (menos ciento veintiocho a ciento veintiocho), que posteriormente son transformados a un arreglo de ocho números (Int[8]) que pueden ir del 0 al 128 (cero al ciento veintiocho), así como se muestra en la Figura 7; considere en el arreglo de dieciséis números enteros, que estos corresponden en pares a un sensor, por ejemplo:

- Al primer sensor le corresponden el primer y noveno elemento (int[0] e int[8]).
- Al octavo sensor le corresponden el octavo y dieciseisavo elemento (int[7] e int[15]).



**Figura 7:** Obtención de los datos EMG en el proyecto “myo\_AndroidEMG”.

## 2.8 ANATOMÍA DE LOS MÚSCULOS DEL ANTEBRAZO HUMANO

La capacidad de percibir y obtener información de Electromiografía sobre la actividad eléctrica de los músculos del brazo en la zona donde se encuentre colocada la Pulsera MYO, implica conocer dicho tejido. El tejido muscular con mayor relevancia para este proyecto es aquel encontrado en el antebrazo, principalmente cerca al codo (lugar donde estará puesta la Pulsera MYO normalmente).

De acuerdo a Tabla 3 de Tortora y Bryan (2012), los músculos llevan asociados a su nombre la acción principal que llevan a cabo. Los músculos del antebrazo, según Tortora y Bryan (2012), se dividen en dos grupos:

- **Compartimiento anterior:**  
Perteneciente a la vista anterior del antebrazo (vista desde la palma de la mano) al que pertenece tejido muscular flexor.
- **Compartimiento posterior:**  
Perteneciente a la vista posterior del antebrazo (vista desde el dorso de la mano) al que pertenece tejido muscular extensor.

También, dentro de cada grupo de músculos (anterior y posterior), conforme a Tortora y Bryan (2012), estos se subdividen en:

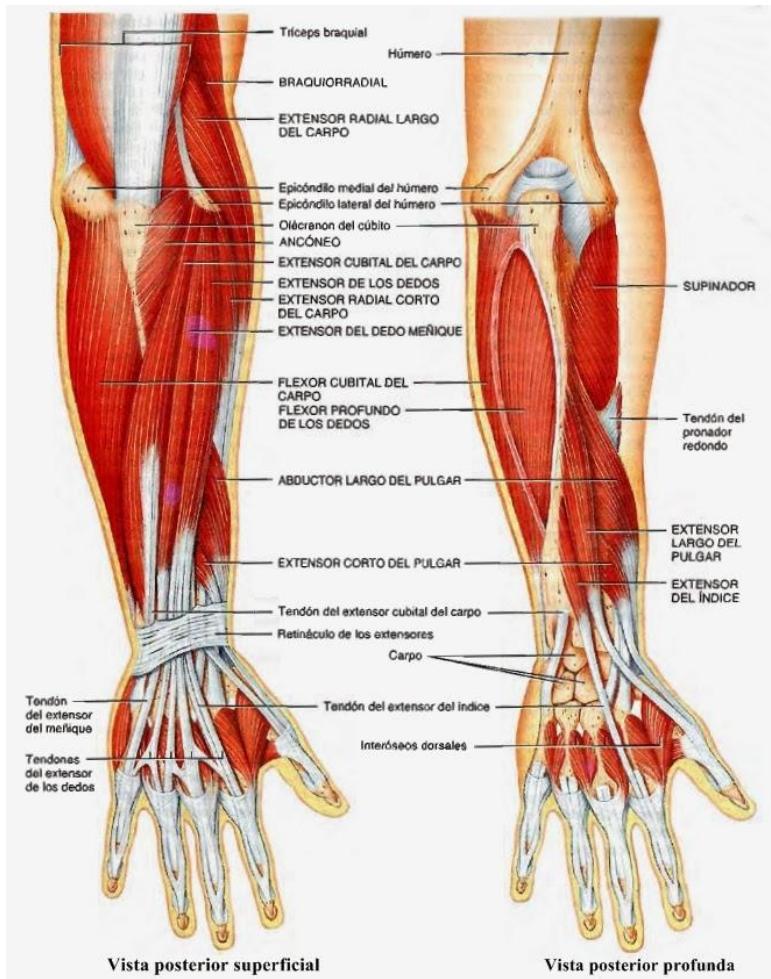
- **Compartimiento o plano superficial:** cercanos a la piel.
- **Compartimiento o plano profundo:** cercanos al hueso.

Nombre	Significado
Flexor	Disminuye el ángulo de apertura de una articulación. Por ejemplo, flexionar los dedos de la mano para cerrar el puño
Extensor	Aumentar el ángulo de apertura de una articulación. Por ejemplo, estirar los dedos de la mano.
Abductor	Aleja un hueso de la línea media. Por ejemplo, en la misma mano estirar el dedo pulgar de forma que se aleje del dedo índice.
Aductor	Acerca un hueso hacia la línea media. Por ejemplo, en la misma mano juntar o acercar el dedo pulgar al dedo índice.
Supinador	Rotar la palma en dirección anterior. Por ejemplo, rotar solo el antebrazo hacia fuera del cuerpo.
Pronador	Rotar la palma en dirección posterior. Por ejemplo, rotar solo el antebrazo hacia dentro del cuerpo.
Rotador	Rota un hueso alrededor de su eje longitudinal. Por ejemplo, rotar el antebrazo sobre el codo, o rotar la mano sobre el antebrazo.

**Tabla 3: Acción principal del músculo.**

De acuerdo con la Tabla 4 de Tortora y Bryan (2012) y la Figura 8, el plano superficial pertenece mayormente a tejido muscular responsable del movimiento del antebrazo sobre el codo y de la muñeca sobre el antebrazo. Mientras que la mayoría del tejido muscular responsable del movimiento de los dedos, se encuentra en el plano profundo.

En la Figura 8 y Figura 9, se puede observar como los músculos responsables del movimiento de los dedos se encuentran en planos profundos (principalmente mientras se esté más cerca del codo), aun cuando músculos como el “flexor superficial de los dedos”, “extensor de los dedos” y “extensor del meñique”, etc., se encuentren en planos superficiales. Además, en las mismas Figuras se muestra que los músculos del plano superficial más cercanos al codo, como el “flexor cubital del carpo”, “flexo radial del carpo”, “extensor cubital del carpo”, etc., son aquellos responsables del movimiento del antebrazo sobre el codo y de la mano sobre el antebrazo.



**Figura 8:** Vista posterior superficial y profunda del antebrazo (Tortora y Bryan, 2012). Recuperado en Abril de 2016, de: [http://1.bp.blogspot.com/-o9jxqHXPbkE/UqexlvGkXcI/AAAAAAAAB-Y/\\_k3bgcSj7Es/s1600/M%C3%BCsculos+del+antebrazo.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-o9jxqHXPbkE/UqexlvGkXcI/AAAAAAAAB-Y/_k3bgcSj7Es/s1600/M%C3%BCsculos+del+antebrazo.jpg)

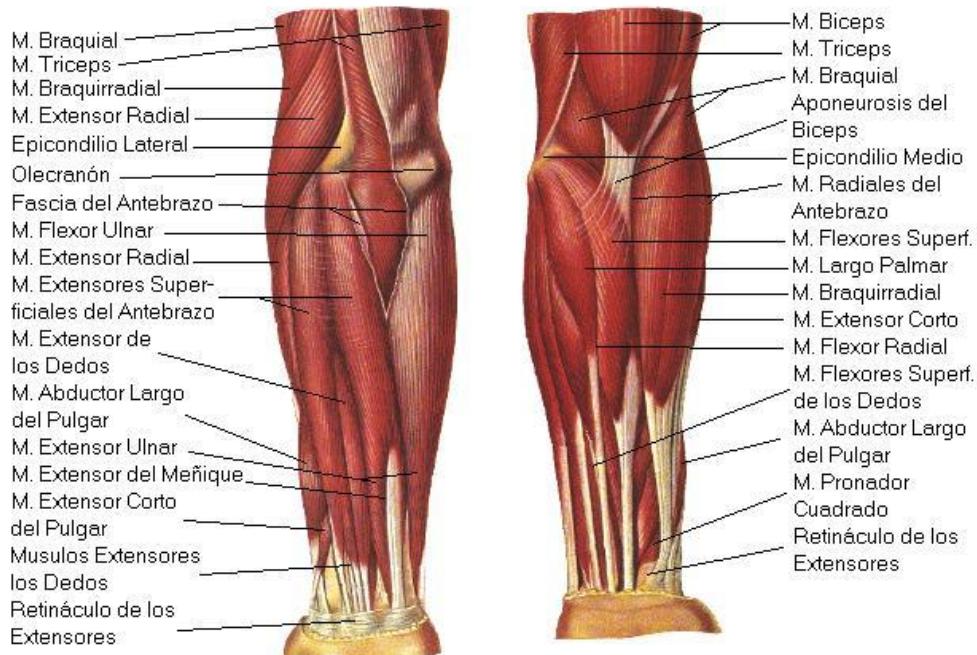
Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Compartimiento anterior superficial (flexor) del antebrazo				
Flexor radial del carpo	Epicóndilo medial del húmero (epitróclea)	Segundo y tercer metacarpianos	Flexiona y abduce la mano (desviación radial) a nivel de la articulación de la muñeca	Nervio mediano
Palmar largo	Epicóndilo medial del húmero	Retináculo de los flexores y aponeurosis palmar	Flexiona levemente la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Nervio mediano
Flexor cubital del carpo	Epicóndilo medial húmero y borde posterosuperior del cúbito	Pisiforme, ganchoso y base del quinto metacarpiano	Flexiona y aduce la mano (desviación cubital) a nivel de la articulación de la muñeca	Nervio cubital

Flexor superficial de los dedos	Epicóndilo medial del húmero, apófisis coronoides del cúbito y a lo largo de un pliegue ubicado en el margen lateral de la cara anterior (línea oblicua anterior) del radio	Falange media de cada dedo	Flexiona la falange media de cada dedo a nivel de la articulación interfalángica proximal, la falange proximal de cada dedo a nivel de la articulación metacarpofalangica y de la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Nervio mediano
Compartimiento anterior profundo (flexor) del antebrazo				
Flexor largo del pulgar	Cara anterior del radio y membrana interósea (lámina de tejido fibroso que mantiene junto a los cuerpos del radio y el cúbito)	Base de la falange distal del pulgar	Flexiona la falange distal del pulgar a nivel de la articulación interfalángica	Nervio mediano
Flexor profundo de los dedos	Cara anteromedial del cuerpo del cúbito	Base de la falange distal de cada dedo	Flexiona las falanges media y distal de cada dedo a nivel de las articulaciones interfalángicas y la falange proximal a nivel de la articulación metacarpofalangica, la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Nervios median y cubital
Compartimiento posterior superficial (extensor) del antebrazo				
Extensor radial largo del carpo (Primer radial externo)	Pliegue supracondíleo superior del húmero	Segundo metacarpiano	Extiende y abduce la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Nervio radial
Extensor radial corto del carpo (Segundo radial externo)	Epicóndilo lateral del húmero	Tercer metacarpiano	Extiende y abduce la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Nervio radial
Extensor	Epicóndilo lateral	Falange distal	Extiende las falanges	Nervio

de los dedos	del húmero	y media de cada dedo	distal y media de cada dedo a nivel de las articulaciones interfalángicas, la falange proximal de cada dedo a nivel de la articulación metacarpofalángica y la mano a nivel de la muñeca	radial
Extensor del meñique	Epicóndilo lateral del húmero	Tendón del extensor de los dedos del meñique	Extiende la falange proximal del quinto dedo a nivel de la articulación metacarpofalángica y la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Ramo profundo del nervio radial
Extensor cubital del carpo	Epicóndilo lateral del húmero y borde posterior del cúbito	Quinto metacarpiano	Extiende y aduce la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Ramo profundo del nervio radial
Compartimiento posterior profundo (extensor) del antebrazo				
Abductor largo del pulgar	Cara posterior media del radio y el cúbito y membrana interósea	Primer metacarpiano	Abduce y extiende el pulgar a nivel de la articulación carpometacarpiana y abduce la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Ramo profundo del nervio radial
Extensor corto del pulgar	Cara posterior media del radio y membrana interósea	Base de la falange proximal del pulgar	Extiende la falange proximal del pulgar a nivel de la articulación metacarpofalángica, el primer metacarpiano a nivel de la articulación carpometacarpiana y la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Ramo profundo del nervio radial
Extensor largo del pulgar	Cara posterior media del cúbito y membrana interósea	Base de la falange distal del pulgar	Extiende la falange distal del pulgar a nivel de la articulación interfalángica, el primer metacarpiano del pulgar a nivel de la articulación carpometacarpiana y	Ramo profundo del nervio radial

			abduce la mano a nivel de la articulación de la muñeca	
Extensor del índice	Cara posterior del cíbito	Tendón del extensor de los dedos en el dedo índice	Extiende las falanges distal y media del dedo índice a nivel de las articulaciones interfalángicas, la falange proximal del dedo índice a nivel de la articulación metacarpofalángica y la mano a nivel de la articulación de la muñeca	Ramo profundo del nervio radial

**Tabla 4: Músculos del antebrazo.**



**Figura 9: Vista posterior y anterior de los músculos del brazo y antebrazo, Recuperado en Mayo de 2016, de: <https://patriciobanini.files.wordpress.com/2011/11/antebrazo.jpg>**

## 2.9 MODELO PARA EL DESARROLLO

### 2.9.1 DESARROLLO POR PROTOTIPOS

Un prototipo puede ser desarrollado con fines específicos, por ejemplo, Sommerville (2005, p.374), menciona que el desarrollo de uno puede ser utilizado en el *proceso de diseño del sistema, para explorar soluciones de software particulares y apoyar el diseño de la interfaz de usuario.*

*Los prototipos del sistema permiten a los usuarios ver como este apoya su trabajo. Pueden adquirir nuevas ideas para los requerimientos y encontrar nuevas áreas fuertes y débiles en el software. Entonces pueden proponer nuevos requerimientos del sistema. Además, a medida que se desarrolla el prototipo, puede revelar errores y omisiones en los requerimientos propuestos.*

(Sommerville, 2005, p.374).

Construir un prototipo es factible, especialmente cuando se desconocen las soluciones al problema, pues se permite la experimentación durante el desarrollo de los mismos, además los beneficios que representa el desarrollo de uno.

*En un estudio de 39 proyectos de prototipado, se observó que los beneficios de utilizar el prototipado fueron:*

1. Mejorar la usabilidad del sistema.
2. Una mejor concordancia entre el sistema y las necesidades del usuario.
3. Mejora en la calidad del diseño.
4. Mejora en el mantenimiento.
5. Reducción en el esfuerzo de desarrollo.

(Gordon y Bieman, 1995; citado por Sommerville, 2005, p.374).

El desarrollo de prototipos, según Sommerville (2005, p.375), tiene el siguiente proceso:

- Establecer objetivos del prototipo – Plan de construcción del prototipo.
- Definir funcionalidad del prototipo – Definición general
- Desarrollar prototipo – Prototipo ejecutable
- Evaluar prototipo – Informe de evaluación.

Del cual podemos tomar tres puntos importantes:

- La definición general del prototipo,
- su desarrollo y
- la evaluación del mismo.

### 2.9.2 FEATURE DRIVEN DEVELOPMENT (FDD)

Feature Driven Development (FDD)

*A diferencia de otras metodologías ágiles no cubre todo el ciclo de vida sino sólo las fases de diseño y construcción y se considera adecuado para proyectos mayores y de misión crítica.*

*(Amaro y Valverde, 2007, p.30).*

Si bien FDD, no se centra en la fase de requerimientos, una de sus ventajas es que

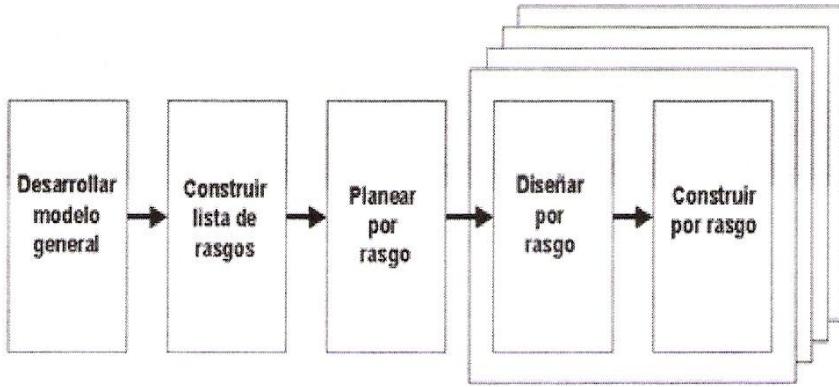
*No requiere un modelo específico de proceso y se complementa con otras metodologías. Enfatiza cuestiones de calidad y define claramente entregas tangibles y formas de evaluación del progreso.*

*(Amaro y Valverde, 2007, p.30).*

Aunque, según Letelier y Penadés (2006), la metodología FDD *define un proceso iterativo de 5 pasos*, que de acuerdo con Amaro y Valverde (2007), son:

- **Desarrollo del modelo general:**  
Construcción de los modelos que representen la visión, el contexto, y requisitos del sistema.
- **Construcción de la lista de rasgos:**  
Elaboración de una lista que resuman las funcionalidades que debe tener el sistema, donde cada funcionalidad puede ser dividida en sub funcionalidades para una mejor comprensión del sistema.
- **Plan de iteraciones por rasgos:**  
Se ordenan las funcionalidades en conjuntos conforme a su prioridad y dependencia, y se asigna a los desarrolladores.
- **Diseño por rasgos:**  
Dada la selección de un conjunto de funcionalidades se comienzan a diseñar y construir mediante un proceso iterativo.
- **Construcción por rasgos:**  
Se procede a la construcción total del proyecto.

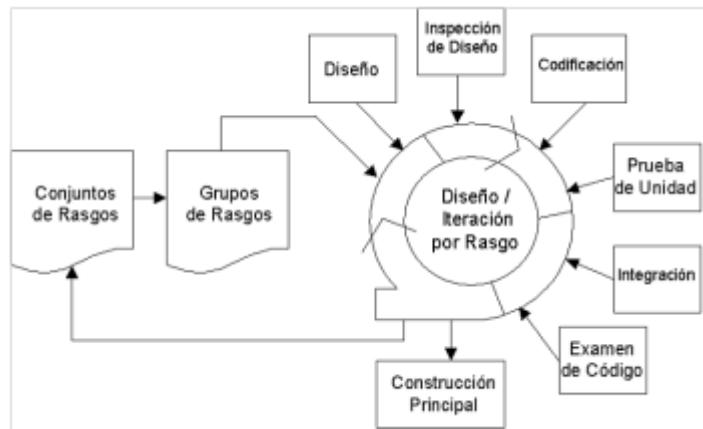
Estos 5 pasos representan el modo de iteraciones o fases con las cuales trabaja la metodología FDD, tal como se aprecia en la Figura 10.



Proceso FDD, basado en [ <http://togethercommunities.com>]

**Figura 10: Iteraciones o faces de la metodología FDD, Collorana (2009).**

De acuerdo, con Collorana (2009) FDD fue desarrollada para trabajar con actividades del desarrollo de software que no requieran el uso de modelos específicos. Aun cuando esta misma metodología (FDD) consiste en 5 pasos secuenciales, en los cuales según Gustavo Barreto (2011), se diseña y construye el sistema, soportándose un desarrollo iterativo con rápidas adaptaciones a cambios según las necesidades que aparezcan, como se muestra en la Figura 11.



**Figura 11: Pasos secuenciales de la metodología FDD, Gustavo Barreto (2011).**

FDD no se centra en la definición y obtención de requerimientos, sin embargo, esto no deja a tras la necesidad de conocerlos, a fin de desarrollar el sistema. Marpartida (2012) expone un ejemplo utilizando FDD, en el cual lleva acabo las fases de esta metodología de la siguiente manera:

- **En el desarrollo del modelo global:**

Desglosa una lista de requerimientos para el sistema, como lo son: Los requerimientos de instalación, algunas condiciones de seguridad y calidad con las

que el sistema debe cumplir, notas sobre con que otros sistemas o elementos existentes debe interactuar el sistema, que debe hacer el sistema, como y que debe permitir la interfaz del sistema.

- **En la construcción de la lista de rasgos:**

Se detalla lo que debe hacer el sistema en una lista de funcionalidades, dejando apreciar que es lo mayor y menor interés para él, además de incluir sub funcionalidades para cada funcionalidad que lo requiera. Después Marpartida (2012) agrupa las funcionalidades de acuerdo a su importancia y a las dependencias que tiene unas con otras.

- **En la fase de planificación por rasgos:**

Ya que FDD está pensada para proyectos en equipo, dado los grupos de funcionalidades, se asigna una o más funcionalidades a cada equipo, de acuerdo a la prioridad y dependencias de los grupos de funcionalidades y capacidad de los miembros de cada equipo, designando un responsable en cada equipo. Después se arma un cronograma, esperándose que la construcción de cada grupo de funcionalidades dure como máximo 2 semanas, para después de esas 2 semanas, realizar una exposición del avance al cliente. Calculándose un plazo máximo para la entrega del sistema completo, como la suma del tiempo en semanas de cada grupo de funcionalidades, para el ejemplo de Marpartida (2012), el plazo máximo fue de 8 semanas.

- **En la fase de diseño y de construcción por rasgos:**

Se inicia un proceso iterativo por funcionalidad, donde se realizan diseños del sistema, se codifican, se evalúan e integran al sistema final, el cual también se prueba y verifica la compatibilidad de las funcionalidades construidas. Este proceso se desarrolla de acuerdo a lo definido en la fase de “planificación por rasgos”. Marpartida (2012) expone en su ejemplo y de acuerdo con la metodología FDD, que al final del tiempo dispuesta para la construcción de cada funcionalidad, se muestra la implementación de esta al cliente para su verificación y aprobación; por lo que, de ser aprobados, se inicia con la construcción del siguiente grupo de funcionalidades, en caso contrario, se inicia nuevamente el proceso iterativo de diseño y construcción, introduciendo los cambios especificados por el cliente. Así, al finalizar el tiempo de construcción del sistema, este será entregado junto a la documentación correspondiente recolectada en todas las fases de FDD, incluyendo notas importantes sobre el sistema, la descripción de errores, y un manual de funcionamiento del mismo.

Marpartida (2012) Demuestra en su ejemplo, como FDD busca el monitoreo constante del proyecto, algo que también expone Gómez (2013), haciendo mención de FDD como una metodología de desarrollo ágil. De acuerdo con Gómez (2013), FDD asegura que cada componente del sistema fue probado y satisface la necesidad del cliente, permite el trabajo conjunto entre el desarrollador y el cliente, busca la realización de entregas continuas en plazos cortos, y permite responder rápido ante los cambios. Sin embargo Gómez (2013), también menciona que a FDD le falta comunicación en la fase de diseño, depende fuertemente de los involucrados al sistema y no provee métodos para la reusabilidad de los componentes.

Gómez (2013) y Marpartida (2012), hacen énfasis en conocer la visión, contexto y requerimientos del sistema, pues FDD no se centra en esta parte, por lo que es responsabilidad de los desarrolladores conocerla. Gómez (2013), expone un ejemplo muy similar al de Marpartida (2012), aunque el agrega un diagrama de clases en la fase de “Desarrollo del modelo global”, ya que FDD permite la incorporación de elementos de otras metodologías, o modelos en su desarrollo; y al igual que Marpartida (2012), Gómez (2013), establece un tiempo de 8 semanas como plazo máximo para la entrega del sistema.

Según pminformatica.com (2012), la metodología FDD establece entregas en un periodo máximo de 2 semanas, formando parte de las técnicas de desarrollo ágil reconocidas por Agile Alliance. FDD fue diseñada atendiendo las necesidades de equipos de desarrollo para proyectos grandes, aunque esto no imposibilita su uso en proyectos pequeños.

### 2.9.3 ÁNCORA

De acuerdo con Sumano (2001, p.5), *Áncora cubre la primera etapa en el desarrollo de un nuevo sistema de software, esto es, la definición de qué se quiere*; y una de sus principales herramientas es el Guion. Ancora, según Sumano (2001, p.7), *trata de representar una obra de teatro, en la que los actores (usuarios) representarán uno o más papeles dentro de ella*.

*Los Guiones y diálogos son dos herramientas muy importantes dentro de Áncora, la primera es indispensable y la segunda se utiliza para aclarar los “sobreentendidos” que pueda haber en lo que sería una funcionalidad requerida para el software.*

(Sumano, 2001, p.10).

De forma que, bajo esta visión es posible obtener una idea más clara sobre el tipo de labor que desempeñara el prototipo, permitiendo que el desarrollo del mismo se realice junto con indicaciones reales y documentadas. Además, Sumano López María de los Ángeles (2001), indica que el reusó es elemento importante de Ancora, por lo que su aplicación apoya que partes del prototipo se reutilicen en futuros proyectos.

Según Galindo y Sumano (2012, p.1), *Ancora es una tecnología de Ingeniería de Requerimientos con orientación al usuario que incluye aspectos lingüísticos, psico – sociales, y de planeación*, por lo que y de acuerdo a Galindo y Sumano (2012), Áncora es útil para el planteamiento de características de usabilidad.

### 2.9.4 LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO (UML)

UML según Martin Fowler (1999), Es el Lenguaje Unificado de Modelado, el cual representa una notación grafica de la que se valen muchos métodos de diseño.

Conforme a UML (2015), se indica que es la especificación más utilizada en los modelos de desarrollo, y por tanto, crear modelos UML en el desarrollo del prototipo deja una base

documentada, la cual es representada por modelos legibles y comunes para muchos desarrolladores de software.

### 2.9.5 FORMA DE DESARROLLO PARA EL PROTOTIPO

El producto a desarrollar implicada el análisis de grandes cantidades de información, a fin de encontrar un método adecuado para conseguir la detección de gestos específicos. Razón por la cual, este proyecto se apoya en el proceso de desarrollo de prototipos y la metodología FDD, integrando UML y Áncora, de la siguiente manera:

- **Desarrollo del modelo general:**  
En base al objetivo del trabajo, será definida la Visión que se tiene para el proyecto; será definido el contexto o problema a resolver, para lo cual se creara un guion de Áncora que ejemplifique la situación actual (el contexto o problema). Después serán abstraídos los requerimientos necesarios para el sistema, a partir de los cuales serán construidos los diagramas de casos de uso por paquetes.
- **Construcción de la lista de rasgos:**  
Se escribirá, en base al modelo general antes hecho; una lista de las funcionalidades para el sistema.
- **Plan de iteraciones por rasgos:**  
Se ordenaran las funcionalidades en conjuntos conforme a su prioridad y dependencia.
- **Diseño por rasgos:**  
Dados los conjuntos de funcionalidades se construirán diagramas de robustez, los cuales servirán como base para diseñar y construir la aplicación, contemplando que los elementos de esta fase serán los más propensos a cambios.
- **Construcción por rasgos:**  
Se formalizaran los elementos construidos a lo largo de todo el desarrollo, asentándolos en el documento, como evidencia del trabajo realizado, excluyendo a los modelos y diagramas de prueba anteriores, dejando únicamente los elementos finales.
- **Pruebas:**  
Se agrega una sección de pruebas para el prototipo, donde serán documentadas tanto las pruebas aplicadas al prototipo desarrollado.

## CAPÍTULO 3: ANÁLISIS Y DISEÑO

### 3.1 DESARROLLO DEL MODELO GENERAL CON BASE EN LA METODOLOGÍA FDD

#### 3.1.1 VISIÓN

Apostrar a la comunicación e intercambio de ideas entre unas PDA y una persona sin discapacidad capaz de leer y escuchar.

#### 3.1.2 CONTEXTO

Para una PDA transmitir un mensaje a otra persona (por ejemplo a una persona Oyente, o a una persona sin discapacidad), le significa una gran dificultad, dado los problemas de comunicación que existen para esta población; por ejemplo, el desconocimiento de herramientas que este grupo puede emplear, o en las cuales puede apoyarse para desenvolverse en la sociedad.

Los apoyos como aplicaciones y la difusión de herramientas como lo es la LSM, han sido benéficas para la integración de las PDA en la sociedad, sin embargo, aún existe una gran dificultad para que esta población pueda trasmitir sus ideas a otras personas, con independencia de alguien más (un intérprete), o sin la necesidad de tener que pasar por distintos inconvenientes.

Retomando la iniciativa de difundir la LSM, en búsqueda de acercar esta lengua y a las PDA a las demás personas, apoyando así a su desenvolver en la vida diaria y a la enseñanza de esta lengua. Todo, desde la idea de facilitar la comprensión de la LSM a las personas que no la conocen, ya que esta lengua es una herramienta muy empleada por las PDA.

A continuación se muestra en la Tabla 5, la situación actual sobre el sistema y modo en que una institución atiende a una PDA.

<b>Guion:</b> Sistema de Atención a PDA	<b>Escena 1: Ingreso de las personas</b> PDA llega a DOI con APDA <i>PDA llega solo a DOI</i> <i>PDA se dirige con PQA</i> <i>Ir a Escena 3</i> PDA y APDA se dirigen con PQA
<b>Pista:</b> Sistema de Atención a PDA	
<b>Papeles:</b> PDA = Persona con Discapacidad Auditiva APDA = Acompañante de la Persona con Discapacidad Auditiva	<b>Escena 2: Interacción entre personas</b> PDA indica con LSM que IDD necesita a APDA APDA solicita IDD a PQA PQA busca IDD PQA entrega IDD a APDA

<p>PQA = Persona que atiende</p> <p><b>Utensilios:</b></p> <p>LSM = Lengua de Señas Mexicano</p> <p>IDD = Información, Datos, o Documentos</p> <p>DOI = Dependencia o Institución</p> <p><b>Condiciones entra:</b></p> <p>PDA conoce LSM</p> <p>PDA solo se comunica por LSM</p> <p><i>PDA viene con APDA</i></p> <p><i>APDA conoce el LSM</i></p> <p><b>Condiciones salida:</b></p> <p>PDA recibió o no IDD</p>	<p><i>PQA no encuentra IDD</i></p> <p><i>PQA indica no tener IDD a APDA</i></p> <p><i>APDA redirige mensaje a PAD</i></p> <p><i>PDA dice a APAD que hacer Fin Escena</i></p> <p>APDA entrega IDD a PDA</p> <p><i>Ignorar Escena 3</i></p> <p><b>Escena 3: Interacción sin acompañante</b></p> <p>PDA solicita con LSM que IDD a PQA</p> <p><i>PQA no conoce LSM</i></p> <p><i>PQA no entiende que IDD quiere PDA</i></p> <p><i>Fin Escena</i></p> <p>PQA busca IDD</p> <p>PQA entrega IDD a PDA</p> <p><i>PQA no encuentra IDD</i></p> <p><i>PQA indica no tener IDD a PDA</i></p> <p><i>Fin Escena</i></p>
--	---

**Tabla 5: Guion de Ancora sobre el sistema vigente y situación de un PDA al momento de realizar la solicitud de información teniendo al LSM como único medio de comunicación.**

Dada la naturaleza del producto del presente trabajo, será posible ayudar a la reducción de las dificultades de comunicación que sufren las PDA, y apoyar a la comprensión de la LSM por parte de personas que desconozcan esta lengua. Además, es probable que el prototipo permita abrir las puertas a proyectos similares al de este trabajo.

### 3.1.3 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

El prototipo debe de cumplir con los siguientes requerimientos:

- A. El sistema deberá ser capaz de trabajar con la Pulsera MYO.
- B. El sistema deberá detectar en tiempo real algunas letras del abecedario realizadas con la LSM por parte de una PDA con la Pulsera MYO.
- C. Tras haber detectado alguna letra de la LSM por parte de una PDA con la Pulsera MYO, el sistema deberá determinar y mostrar el texto correspondiente a la letra.
- D. Desde el sistema se debe poder detectar, iniciar o terminar la conexión con algún dispositivo Bluetooth que corresponda a alguna Pulsera MYO.
- E. El sistema debe ser intuitivo para el usuario.
- F. El usuario que utilizara la Pulsera MYO debe de saber escribir y conocer al abecedario español con la LSM (Lengua de Señas Mexicana).
- G. El usuario que vera el sistema debe de saber leer para comprender los mensajes que aparecerán en la pantalla.

### 3.1.4 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Buscando el desarrollo de una aplicación capaz de trabajar con la Pulsera MYO (pieza tecnológica de Electromiografía), a través del análisis de la problemática existente alrededor de las PDA (Personas con discapacidad Auditiva), se ha pensado una aplicación capaz de reconocer y determinara el significado de algunas letras del abecedario realizadas con la LSM (Lengua de Señas Mexicana); Limitándose al uso de una Pulsera MYO, por lo que solo será posible trabajar con señas que empleen una mano.

A continuación se muestra en la Figura 12, el Diagrama de Casos de Uso correspondiente al funcionamiento del presente prototipo.

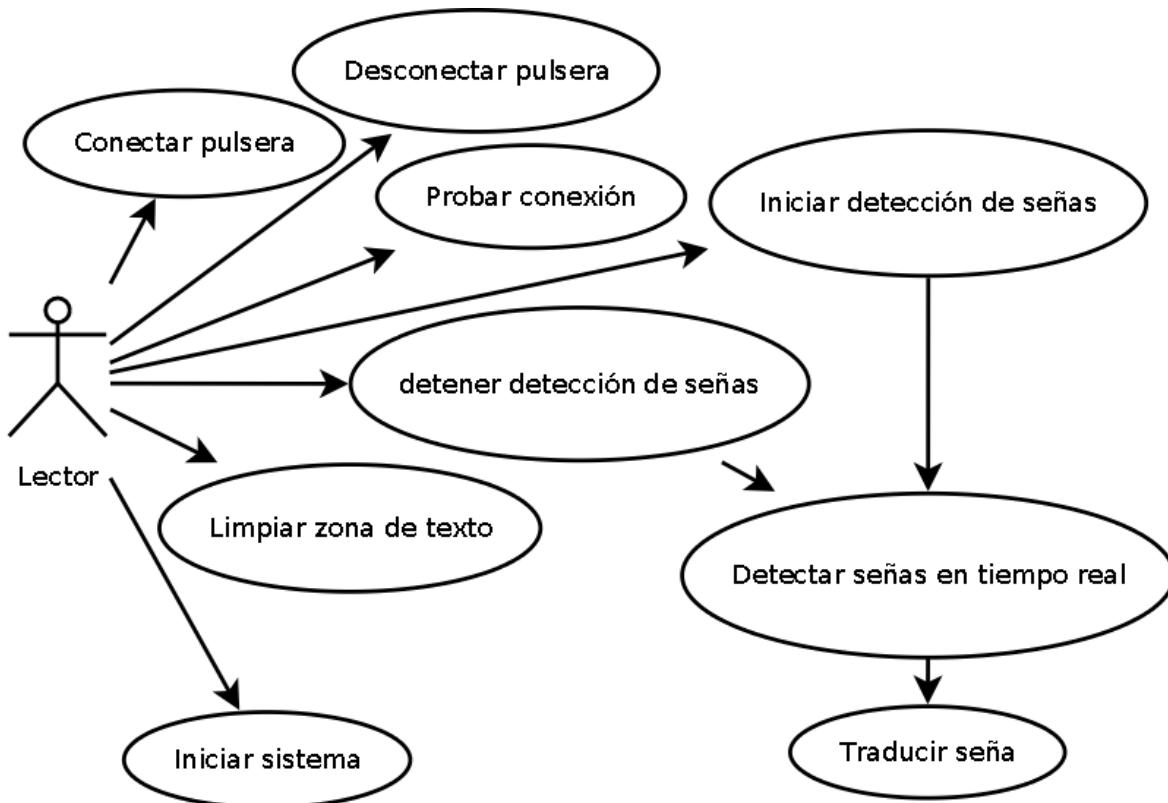


Figura 12: Diagrama de Casos de Uso.

### 3.1.5 DETALLE CASOS DE USO

<b>Nombre:</b>	Conectar pulsera
<b>Fecha:</b>	10 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b>	
Mediante bluetooth, el usuario conecta la Pulsera MYO al dispositivo móvil (Dispositivo	

Android) con el sistema (App) instalada.
<b>Actores:</b> Lector.
<b>Precondiciones:</b> El usuario se encuentra en la GUI “Principal”, o directamente en la GUI “Lista Bluetooth” del punto 3.
<b>Flujo normal:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción “Conectar Pulsera MYO”.</li> <li>2. El sistema carga la GUI “Lista Bluetooth”.</li> <li>3. El usuario selecciona la opción “Buscar dispositivos bluetooth”.</li> <li>4. El sistema busca y crea una lista con los dispositivos bluetooth encontrados.</li> <li>5. El sistema muestra la lista de dispositivos bluetooth encontrados, y emite el mensaje “<i>Se ha terminado de buscar dispositivos bluetooth</i>”.</li> <li>6. El usuario selecciona un dispositivo bluetooth.</li> <li>7. El emite el mensaje “<i>Pulsera MYO seleccionada, por favor regrese a la pantalla anterior</i>”.</li> <li>8. El usuario regresa a la GUI anterior (GUI “Principal”).</li> <li>9. El sistema establece una conexión bluetooth, con el dispositivo bluetooth antes seleccionado.</li> <li>10. El sistema escribe en la zona de texto “<i>Ya puedes iniciar la detección de señas</i>”.</li> </ol>
<b>Flujo Alterno:</b> 5. No se encuentra algún dispositivo bluetooth disponible para conexión por lo que se despliega una lista vacía al usuario. El sistema emite el mensaje “ <i>Se ha terminado de buscar dispositivos bluetooth</i> ”.
<b>Postcondiciones:</b> Se estableció conexión bluetooth con la Pulsera MYO.

**Tabla 6: Caso de Uso “Conectar pulsera”.**

<b>Nombre:</b>	Desconectar pulsera
<b>Fecha:</b>	10 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b> El usuario desconecta la Pulsera MYO del dispositivo móvil (Dispositivo Android) al cual esté conectado (termina la conexión bluetooth).	
<b>Actores:</b> Lector.	
<b>Precondiciones:</b> El usuario se encuentra en la GUI “Principal”.	

<b>Flujo normal:</b>
1. El usuario selecciona la opción “Desconectar Pulsera MYO”.
2. El sistema termina la conexión bluetooth actual.
3. El sistema emite el mensaje “ <i>Pulsera MYO desconectada</i> ”.
<b>Flujo Alterno:</b>
1. Se aleja mucho la Pulsera MYO del dispositivo móvil (dispositivo Android) y se pierde la conexión Bluetooth. El sistema emite el mensaje “ <i>Pulsera MYO desconectada</i> ”.
<b>Postcondiciones:</b>
Se termina la conexión bluetooth con la Pulsera MYO.

**Tabla 7: Caso de Uso “Desconectar pulsera”.**

<b>Nombre:</b>	Probar conexión
<b>Fecha:</b>	10 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b>	
El usuario revisa la conexión con la Pulsera MYO.	
<b>Actores:</b>	
Lector.	
<b>Precondiciones:</b>	
El usuario se encuentra en la GUI “Principal”.	
<b>Flujo normal:</b>	
1. El usuario selecciona la opción “Probar conexión”.	
2. El sistema ordena a la Pulsera MYO vibrar.	
3. La Pulsera MYO vibra.	
<b>Flujo Alterno:</b>	
3. La Pulsera MYO no vibra; significa que la conexión no funciona correctamente. El sistema emite el mensaje “ <i>No hay conexión con la Pulsera MYO</i> ”.	
<b>Postcondiciones:</b>	
Se ha cambiado el brazo donde se encuentra puesta la Pulsera MYO.	

**Tabla 8: Caso de Uso “Probar conexión”.**

<b>Nombre:</b>	Limpiar zona de texto
----------------	-----------------------

<b>Fecha:</b>	10 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b> Se borra el contenido de la zona de texto (lugar donde se va mostrando el texto generado por la App, por la detección y traducción de las Señas detectadas a texto).	
<b>Actores:</b>	Lector.
<b>Precondiciones:</b> El usuario se encuentra en la GUI “Principal”.	
<b>Flujo normal:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción de “Limpiar”.</li> <li>2. El sistema borra el texto existente en la zona de texto.</li> </ol>
<b>Flujo Alterno:</b> 2. El sistema no puede borrar el texto existente en la zona de texto, es posible que no exista texto que borrar.	
<b>Postcondiciones:</b>	La zona de texto se encuentra limpia.

**Tabla 9: Caso de Uso “Limpiar zona de texto”.**

<b>Nombre:</b>	Detener detección de señas
<b>Fecha:</b>	15 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b> Se detiene la detección de señas.	
<b>Actores:</b>	Lector.
<b>Precondiciones:</b> Existe una conexión bluetooth activa con alguna Pulsera MYO. El usuario se encuentra en la GUI “Principal”.	
<b>Flujo normal:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción “Detener”.</li> <li>2. El sistema detiene el proceso de detección de señas.</li> <li>3. El sistema cambia el texto de la opción “Detener” por “Iniciar”.</li> <li>4. El sistema emite el mensaje “<i>Detección de señas detenida :/</i>”.</li> </ol>

<b>Flujo Alterno:</b> Sin flujo alterno.
<b>Postcondiciones:</b> Se ha detenido el proceso de detección de señas.

**Tabla 10: Caso de Uso “Detener detección de señas”.**

<b>Nombre:</b> Iniciar detección de señas
<b>Fecha:</b> 15 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b> Se inicializa la detección de señas.
<b>Actores:</b> Lector.
<b>Precondiciones:</b> Existe una conexión bluetooth activa con alguna Pulsera MYO. El usuario se encuentra en la GUI “Principal”.
<b>Flujo normal:</b> 1. El usuario selecciona la opción “Iniciar”. 2. El sistema Inicia o reinicia (según sea el caso) el proceso de detección de señas. 3. El sistema reinicia los valores, del proceso de traducción de señas. 4. El sistema limpia la zona de texto. 5. El sistema cambia el texto de la opción “Iniciar” por “Detener”. 6. El sistema emite el mensaje “ <i>Detección de señas iniciada ;D</i> ”.
<b>Flujo Alterno:</b> Sin flujo alterno.
<b>Postcondiciones:</b> Se ha iniciado o reiniciado (según sea el caso) el proceso de detección de señas, y los valores del proceso de traducción de señas.

**Tabla 11: Caso de Uso “Iniciar detección de señas”.**

<b>Nombre:</b> Detectar señas en tiempo real
<b>Fecha:</b> 15 de Marzo del 2016

<b>Descripción:</b>	El sistema espera la información que sea enviada desde la Pulsera MYO.
<b>Actores:</b>	Lector.
<b>Precondiciones:</b>	Existe una conexión bluetooth activa con alguna Pulsera MYO.
<b>Flujo normal:</b>	<p>1. La Pulsera MYO envía información EMG al sistema.</p> <p>2. El sistema recibe la información EMG emitida por la Pulsera MYO.</p> <p>3. El sistema envía la información EMG al proceso de traducción de señas.</p>
<b>Flujo Alterno:</b>	Sin flujo alterno
<b>Postcondiciones:</b>	Se ha enviado la información EMG, al proceso de traducción de señas.

**Tabla 12: Caso de Uso “Detectar señas en tiempo real”.**

<b>Nombre:</b>	Traducir señal
<b>Fecha:</b>	15 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b>	El sistema compara la información EMG con todas las señas que conozca, y si alguna coincide, se traduce la señal y concatena el resultado, al contenido de la zona de texto.
<b>Actores:</b>	Lector.
<b>Precondiciones:</b>	Existe una conexión bluetooth activa con alguna Pulsera MYO, y se ha recibido información EMG.
<b>Flujo normal:</b>	<p>1. El sistema recibe información EMG emitida por la Pulsera MYO.</p> <p>2. El sistema transforma la información EMG a un formato manejable (un arreglo).</p> <p>3. El sistema analiza la información EMG, buscando detectar alguna señal.</p> <p>4. El sistema encuentra una señal con la información EMG.</p> <p>5. El sistema traduce la información EMG.</p> <p>6. El sistema administra la traducción de la información EMG.</p>

7. El sistema concatena la traducción al contenido de la zona de texto.
<p><b>Flujo Alterno:</b></p> <p>4. El sistema no encuentra alguna seña en la información EMG. El sistema retorna nulo en la traducción y no se concatena algo a la zona de texto.</p> <p>7. El sistema no concatena la traducción al contenido de la zona de texto. Es posible que la traducción resultante, sea igual a la última traducción previamente realizada.</p>
<p><b>Postcondiciones:</b></p> <p>Se ha traducido la información EMG (una seña) a su texto correspondiente, y el mismo concatenado al contenido de la zona de texto.</p>

**Tabla 13: Caso de Uso “Traducir seña”.**

<b>Nombre:</b>	Iniciar sistema
<b>Fecha:</b>	15 de Marzo del 2016
<b>Descripción:</b>	
El sistema inicializa sus componentes principales.	
<b>Actores:</b>	
Lector.	
<b>Precondiciones:</b>	
El sistema aún no ha sido inicializado.	
<b>Flujo normal:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El sistema inicializa un hilo, para controlar la conexión de dispositivos bluetooth.</li> <li>2. El sistema inicializa al manejador de señas (todo lo necesario para la detección de señas en los datos EMG y la traducción de estos).</li> <li>3. El manejador de señas se encuentra inicializado.</li> </ol>	
<b>Flujo Alterno:</b>	
3. El manejador de señas no puede inicializar los componentes necesarios para la detección y traducción de señas. Se inicializara los componentes para la detección de señas sin datos, por lo cual; el sistema no tendrá señas que comparar con la información EMG.	
<b>Postcondiciones:</b>	
Se han inicializado los componentes principales del sistema.	

**Tabla 14: Caso de Uso “Iniciar sistema”.**

### **3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LISTA DE RAGOS**

De acuerdo con la metodología FDD y los Casos de uso, se contempló la construcción de rápida del prototipo conforme los siguientes rasgos:

1. Construir la interfaz del sistema (prototipo); de acuerdo a los requerimientos antes establecidos.
2. Construir o adaptar los mecanismos necesarios, para el manejo de la información EMG, emitida por la Pulsera MYO.
3. Obtendrá muestras de información EMG, mediante el uso de la Pulsera MYO y la realización de alguna señal de la LSM.
4. Agregar mecanismos de traducción al prototipo, en base con las muestras de información EMG.

Todos los rasgos serán realizados por una sola persona, quien atenderá de forma consecutiva los rasgos 1 y 2, e iterará entre los rasgos 3 y 4 (según lo requieran), hasta concluir con el prototipo; considerando que cada rasgo deberá ser construido en períodos de 2 semanas.

### 3.3 CONSTRUCCIÓN POR RASGOS

#### 3.3.1 DIAGRAMA DE ROBUSTEZ POR CASOS DE USO

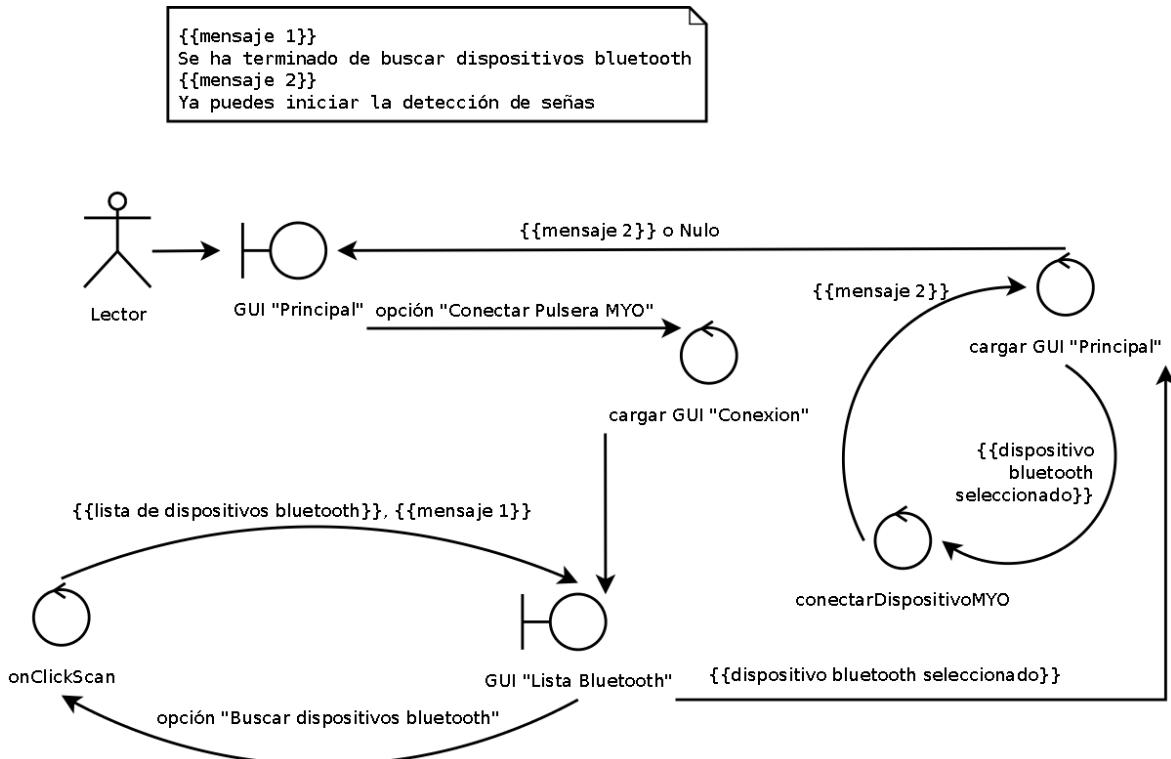


Figura 13: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Conectar pulsera” descrito en la Tabla 6.

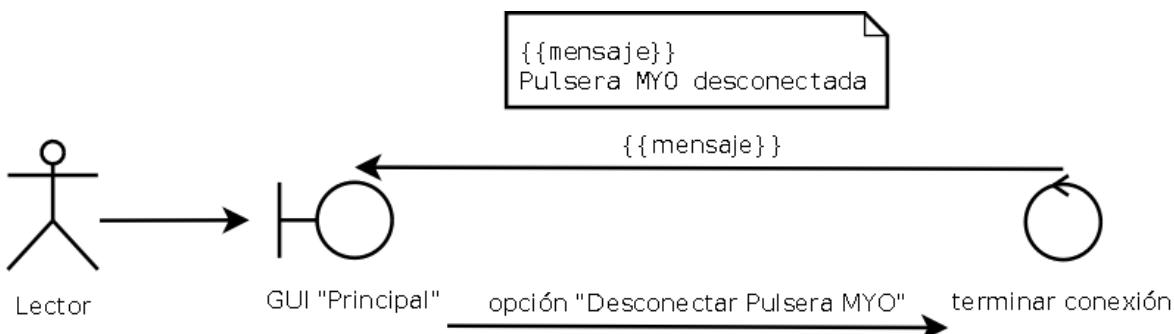


Figura 14: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Desconectar pulsera” descrito en la Tabla 7.

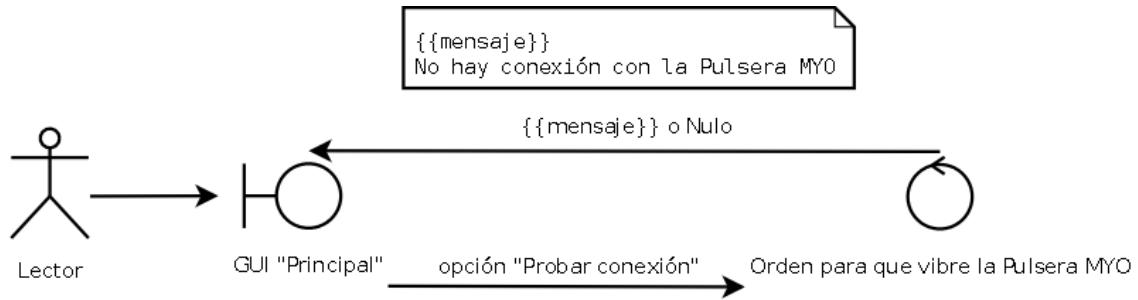


Figura 15: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Probar conexión” descrito en la Tabla 8.

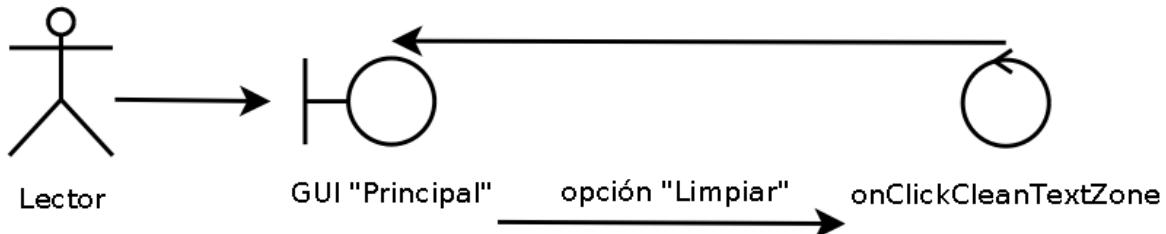


Figura 16: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Limpiar zona de texto” descrito en la Tabla 9.

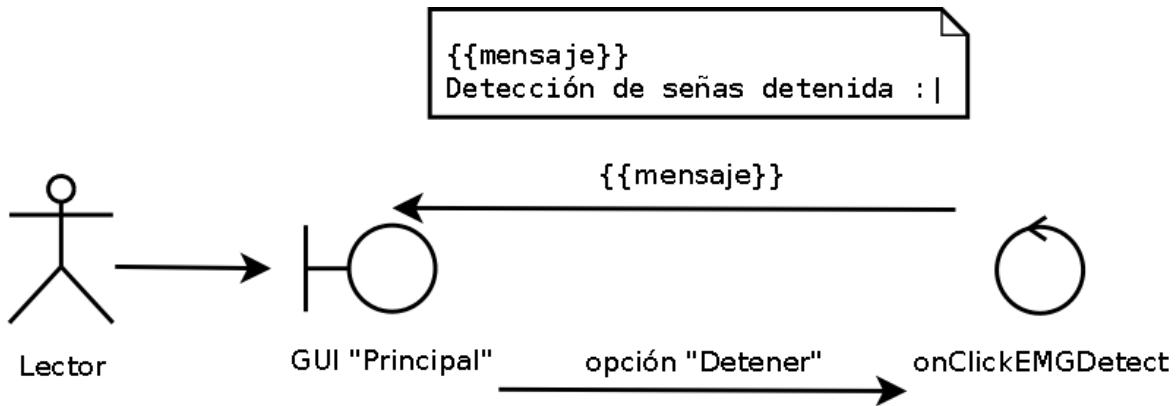
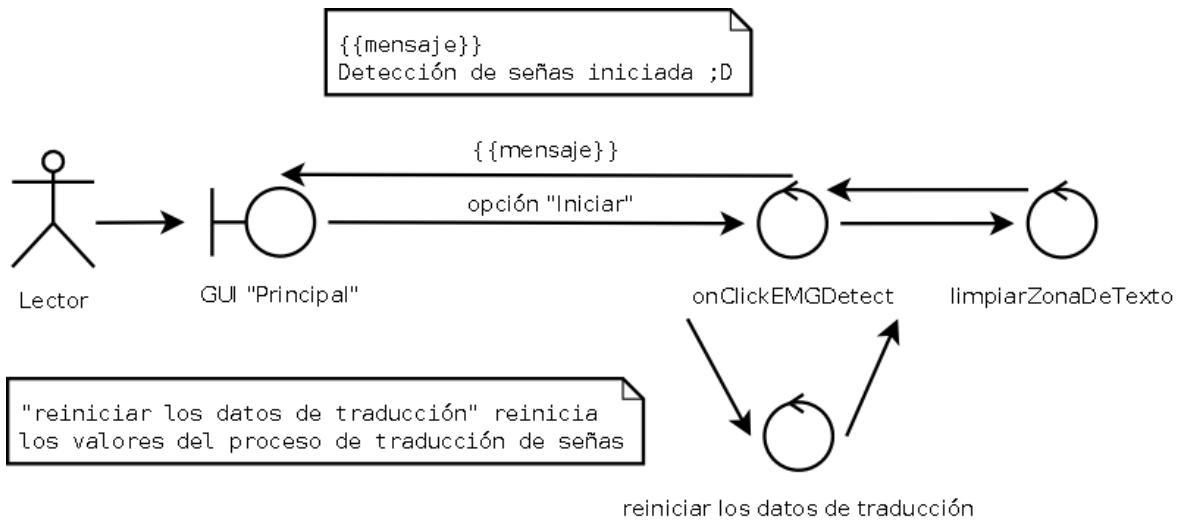
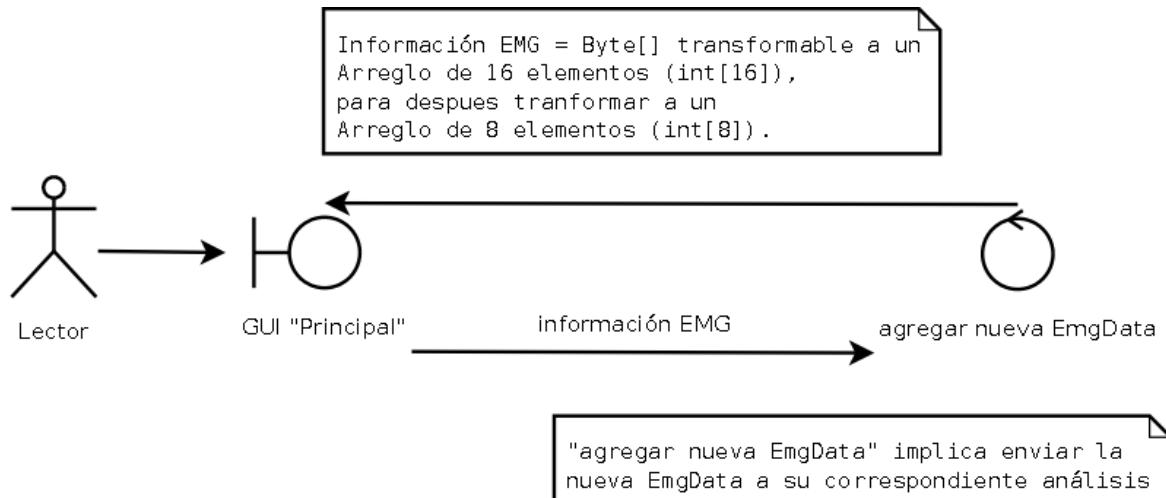


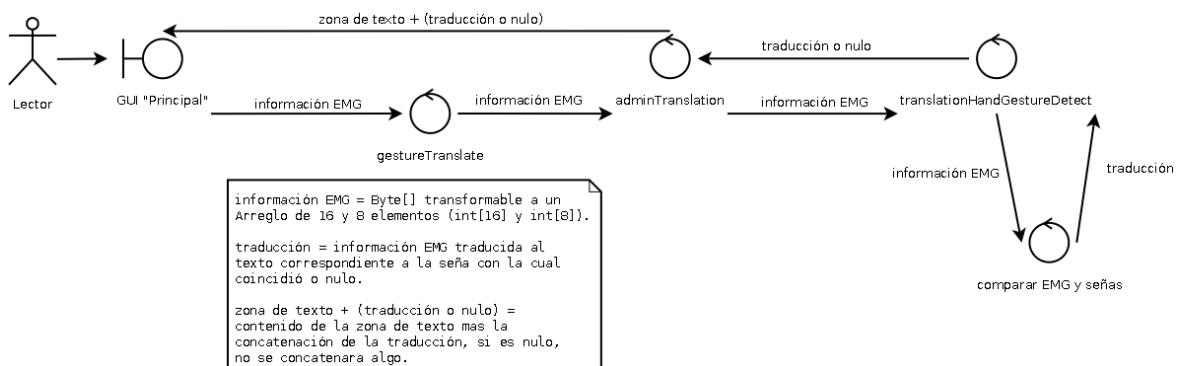
Figura 17: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Detener detección de señas” descrito en la Tabla 10.



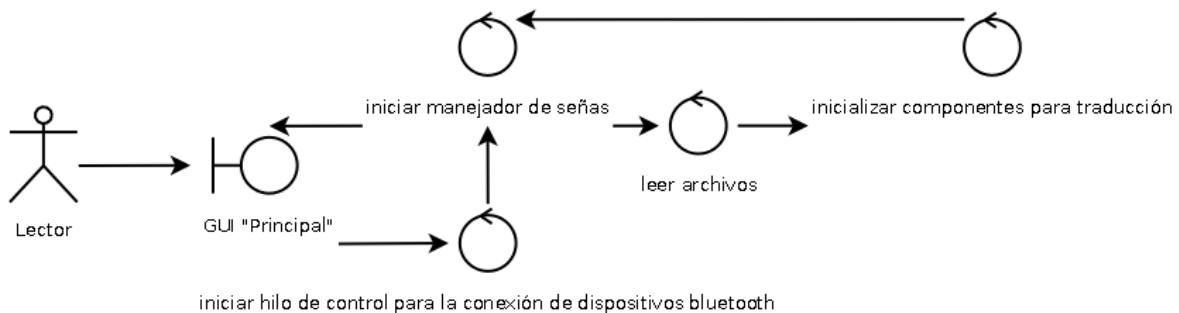
**Figura 18: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Iniciar detección de señas” descrito en la Tabla 11.**



**Figura 19: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Detectar señas en tiempo real” descrito en la Tabla 12.**



**Figura 20: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Traducir señal” descrito en la Tabla 13.**



**Figura 21: Diagrama de Robustez del Caso de uso “Iniciar sistema” descrito en la Tabla 14.**

### 3.3.2 INTERFAZ DEL PROTOTIPO

La interfaz del prototipo cuenta con dos pantallas:

- La pantalla ‘Principal’ de la Figura 22; donde el botón ‘Iniciar’ intercambia su texto y funcionalidad, de acuerdo a la acción antes realizada (Detener o Iniciar la detección de señas); en base a los Casos de uso ‘Detener detección de señas’ e ‘Iniciar detección de señas’ correspondientes a la Tabla 10 y Tabla 11. Y el botón de ‘Limpiar’ (para limpiar la zona de texto de acuerdo al Caso de uso ‘Limpiar zona de texto’ de la Tabla 9), así como el menú desplegable de la esquina superior derecha con las funciones para las funciones para conectar una Pulsera MYO, terminar la conexión actual (desconectar) y probar conexión; correspondientes a los Casos de uso ‘’, ‘Probar conexión’ (Tabla 8), ‘Desconectar pulsera’ (Tabla 7) y al inicio de ‘Conectar pulsera’ (Tabla 6).
- La pantalla ‘Lista Bluetooth’ de la Figura 23; muestra una lista con los dispositivos bluetooth encontrados, con los cuales se pueda establecer una conexión; de acuerdo al Caso de uso ‘Conectar pulsera’ de la Tabla 6.



Figura 22: Pantalla “Principal” del prototipo.



Figura 23: Pantalla “Lista Bluetooth” del prototipo.

Para efectos de análisis de la información de Electromiografía la primera pantalla “Principal” del prototipo vista en la Figura 22, fue construida de diferente forma la planeada, con las siguientes características:

- Como se puede observar en la Figura 24, la interfaz del prototipo conserva el menú desplegable de la esquina superior derecha, conteniendo las acciones “Conectar Pulsera MYO”, “Desconectar Pulsera MYO” y “Probar conexión”.
- La interfaz del prototipo conserva la zona de texto, un contador para el numero de muestras, el botón de “Limpiar” y de “Detener” o “Iniciar”, tal como se puede apreciar en la Figura 24, Figura 25 y Figura 26 tan solo agregando una zona

especial para mostrar el resultado del análisis de los datos EMG y una zona especial para ver en tiempo real el comportamiento de los sensores de la Pulsera; destacándose la nueva posición que adquieren estos elementos, la cual es:

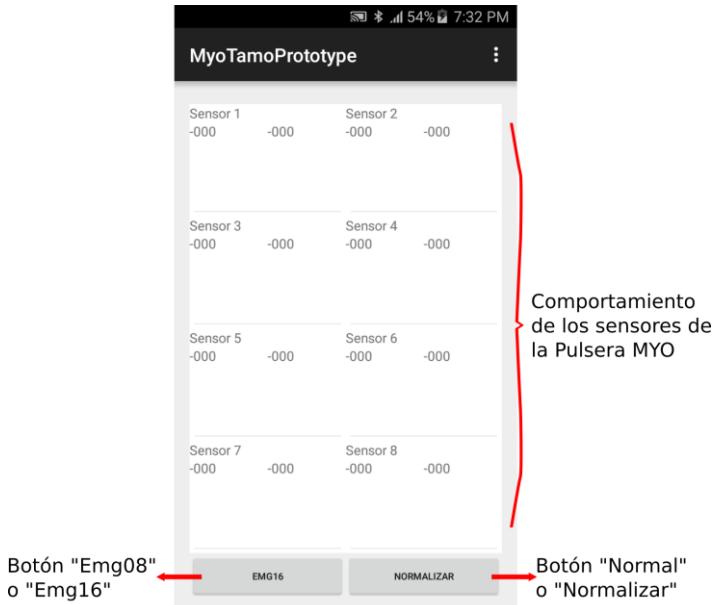
- Los botones “Limpiar” y “Detener” o “Iniciar” se encuentran colocados por encima de la zona de texto, estando el botón “Limpiar” a la izquierda y el botón “Detener” o “Iniciar” a la derecha.
  - La zona de texto está colocada debajo de los botones “Limpiar” y “Detener” o “Iniciar”.
  - El contador para muestras se encuentra colocado por debajo de la zona de texto.
  - La zona especial para mostrar el resultado del análisis de los datos EMG está colocada por debajo del contador para muestras.
  - Al final se encuentra una zona especial para visualizar en tiempo real el comportamiento de los ocho sensores de la Pulsera.
- En la Figura 26 se exponen ocho espacios con el título “Sensor” donde cada uno hace referencia a un sensor en específico de la Pulsera MYO. Estos espacios se encuentran debajo de la zona de texto y sirven para mostrar el comportamiento de los datos EMG en tiempo real.
- En la Figura 26 se puede notar dos botones, uno con el título “EMG16” (intercambiable por “EMG08”) y el otro con el título “Normalizar” (intercambiable por “Normal”).
  - La función del botón “EMG16” o “EMG08” es mostrarnos los datos EMG mediante el arreglo de diecisésis u ocho elementos descritos en el apartado 2.7 del Capítulo 2, cabe decir que por defecto el prototipo mostrara los datos EMG del arreglo de ocho elementos.
  - Por su parte la función del botón “Normalizar” o “Normal” tiene como función mostrar los datos EMG normalizados o no, exponiendo por defecto los datos sin normalizar.



Figura 24: Pantalla “Principal” del prototipo para efectos de análisis, parte 1.



Figura 25: Pantalla “Principal” del prototipo para efectos de análisis, parte 2.



**Figura 26:** Pantalla “Principal” del prototipo para efectos de análisis, parte 3.

### 3.3.3 NOTAS SOBRE EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO

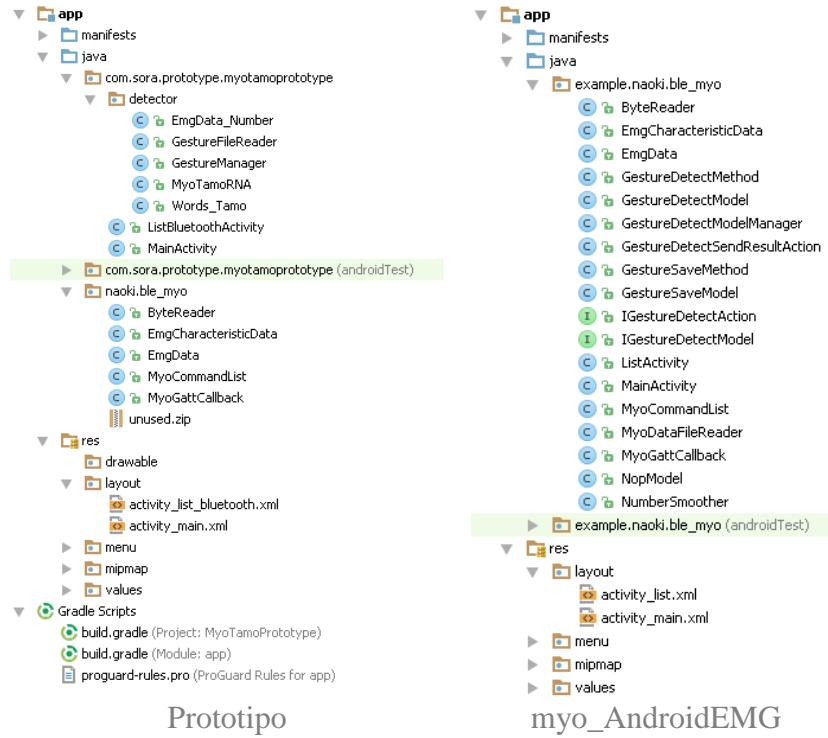
#### 3.3.3.1 MATERIAL DE TERCEROS

Para mostrar los datos EMG en tiempo real en el prototipo requirió del uso de una librería para la creación de gráficas, siendo este el paquete “HoloGraphLibray” descrito en la página <https://bitbucket.org/danielnadeau/holographlibrary/wiki/Home>. Además de la utilización de una librería para gráficos, fue necesario reutilizar el proyecto “myo\_AndroidEMG” (App “BLE\_myo”) encontrado en [https://github.com/meleap/myo\\_AndoridEMG](https://github.com/meleap/myo_AndoridEMG), ya que (para la fecha de realización del presente trabajo) el SDK oficial para desarrollo en Android con la Pulsera MYO no cuenta con los mecanismos para trabajar con los datos EMG, y “myo\_AndroidEMG” tiene los mecanismos para trabajar con los datos EMG de la pulsera MYO en Android.

La reutilización de del proyecto “myo\_AndroidEMG” implico reorganizar la estructura del mismo, dejando solo los elementos necesarios para la construcción del prototipo, como se observa en la Figura 27, donde se puede ver que las siguientes clases han sido conservadas en la construcción del prototipo:

- ByteReader,
- EmgCharacteristicData,
- EmgData,
- GestureDetectModelManager,
- IGestureDetectAction,
- IGestureDetectModel,
- MyoCommandList,

- MyoGattCallback, y
- NopModel.



**Figura 27: Comparación de la estructura de los proyectos: Prototipo y myo\_AndroidEMG.**

Unas de las clases reutilizadas y modificadas del proyecto “myo\_AndroidEMG”, fue MyoGattCallback; donde se realizaron los siguientes cambios:

- Se agregó una variable para manejar la zona te gesto ('txt\_gestureZone'), una variable de tipo candado ('padLock\_MyoGatt') y una variable de tipo EmgData\_Number (implementación propia del prototipo para los datos EMG), como se puede apreciar en la Figura 28.
- Se modificó el método “onCharacteristicRead” para emitir en la zona de texto, el mensaje “Ya puedes iniciar la detección de señas” junto a información acerca de la Pulsera MYO, como se muestra en la Figura 29.
- Se modificó el método “onCharacteristicChanged”, eliminando gran parte de las acciones realizadas por el método, al recibirse la información EMG; escribiendo en su lugar, las acciones necesarias para la traducción de señas (gestos).

```

/** Service ID */
private static final String MYO_CONTROL_ID = "d5060001-a904-deb9-4748-2c7f4a124842";
private static final String MYO_EMG_DATA_ID = "d5060005-a904-deb9-4748-2c7f4a124842";
/** Characteristics ID */
private static final String MYO_INFO_ID = "d5060101-a904-deb9-4748-2c7f4a124842";
private static final String FIRMWARE_ID = "d5060201-a904-deb9-4748-2c7f4a124842";
private static final String COMMAND_ID = "d5060401-a904-deb9-4748-2c7f4a124842";
private static final String EMG_0_ID = "d5060105-a904-deb9-4748-2c7f4a124842";
/** android Characteristic ID (from Android Samples/BluetoothLeGatt/SampleGattAttributes.CLIENT_CHARACTERISTIC_CONFIG) */
private static final String CLIENT_CHARACTERISTIC_CONFIG = "00002902-0000-1000-8000-00805f9b34fb";
// Bluetooth Vars
private Queue<BluetoothGattDescriptor> descriptorWriteQueue = new LinkedList<BluetoothGattDescriptor>();
private Queue<BluetoothGattCharacteristic> readCharacteristicQueue = new LinkedList<BluetoothGattCharacteristic>();
private BluetoothGatt mBluetoothGatt;
private BluetoothGattCharacteristic mCharacteristic_command;
private BluetoothGattCharacteristic mCharacteristic_emg0;
// GUI vars
private TextView txt_textZone;
private TextView txt_gestureZone;
private TextView txt_rnaTextZone;
private LineGraph[] linesGraph;
private TextView[] txt_emgDataSensors;
// Graph Vars
private final int numberDataList = 50;
private final int addNumberDataList = 100;
private int[][] dataList_a = new int[8][50];
private int[][] dataList_b = new int[8][50];
private int[][] dataList_x = new int[8][50];
// Others Vars
private MyoCommandList commandList = new MyoCommandList();
private Handler mHandler;
private String callback_msg;
// Other Vars
private String TAG = "MyoGatt";
private EmgData_Number emgData_TamoNumber = null;
private final static Lock padlock_MyoGatt = new ReentrantLock();

```

**Figura 28:** Variables de la clase MyoGattCallback, en el Prototipo.

```

public void onCharacteristicRead(BluetoothGatt gatt, BluetoothGattCharacteristic characteristic, int status) {
    readCharacteristicQueue.remove();
    if (status == BluetoothGatt.GATT_SUCCESS) {
        if (UUID.fromString(FIRMWARE_ID).equals(characteristic.getUuid())) {
            // Myo Firmware Information
            final byte[] data = characteristic.getValue();
            if (data != null && data.length > 0) {
                ByteReader byteReader = new ByteReader();
                byteReader.setByteData(data);
                Log.d(TAG, String.format("This Version is %d.%d.%d - %d",
                        byteReader.getShort(), byteReader.getShort(),
                        byteReader.getShort(), byteReader.getShort()));
            }
            if (data == null) { Log.d(TAG,"Characteristic String is " + characteristic.toString()); }
        } else if (UUID.fromString(MYO_INFO_ID).equals(characteristic.getUuid())) {
            // Myo Device Information
            final byte[] data = characteristic.getValue();
            if (data != null && data.length > 0) {
                // --
                // --
                callback_msg = "Ya puedes iniciar la detección de señas.";
                mHandler.post(new Runnable() {
                    @Override
                    public void run() {
                        txt_textZone.setText(callback_msg);
                    }
                });
                // --
                // --
            }
        }
    } else { Log.d(TAG, "onCharacteristicRead error: " + status); }
    if(readCharacteristicQueue.size() > 0){ mBluetoothGatt.readCharacteristic(readCharacteristicQueue.element()); }
}

```

**Figura 29:** Método onCharacteristicRead de la clase MyoGattCallback.

También, en la Figura 27, se pueden observar las clases:

- MainActivity (Prototipo),

- ListBluetoothActivity (Prototipo),
- MainActivity (proyecto “myo\_AndroidEMG”),
- ListActivity (proyecto “myo\_AndroidEMG”),

Las cuales fueron reutilizadas y modificadas de la siguiente manera:

- La clase “ListActivity” del proyecto “myo\_AndroidEMG”, fue reutilizada casi en su totalidad; implementándose en el Prototipo como la clase “ListBluetoothActivity”, alterando el nombre de algunas variables y modificando las acciones realizadas al seleccionar un dispositivo para conectarse, como se muestra en la Figura 30.
- La clase MainActivity del proyecto “myo\_AndroidEMG”, fue reutilizada casi en su totalidad en el Prototipo, realizando las siguientes modificaciones:
  1. Reorganización del código y modificación de algunas variables (Figura 31).
  2. Fusión de los métodos para iniciar y detener la detección de datos EMG, de acuerdo a la Figura 32,
  3. Se modificaron las acciones y contenido, del menú desplegable, según la Figura 33.
  4. Se modificaron, retiraron y agregaron elementos al dar inicio al sistema, como se muestra en la Figura 34.

```
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_list_bluetooth);
    BluetoothManager mBluetoothManager = (BluetoothManager) getSystemService(BLUETOOTH_SERVICE);
    mBluetoothAdapter = mBluetoothManager.getAdapter();
    mHandler = new Handler();
    ListView lv = (ListView) findViewById(R.id.listView_bluetooth);
    adapter = new ArrayAdapter<>(this, android.R.layout.simple_expandable_list_item_1, deviceNames);
    lv.setAdapter(adapter);
    lv.setOnItemClickListener(new AdapterView.OnItemClickListener() {
        @Override
        public void onItemClick(AdapterView<> parent, View view, int position, long id) {
            ListView listView = (ListView) parent;
            String item = (String) listView.getItemAtPosition(position);
            Toast.makeText(
                getApplicationContext(),
                "Pulsera MYO seleccionada, por favor regrese a la pantalla anterior",
                Toast.LENGTH_SHORT).show();
            MainActivity.deviceName = item;
            MainActivity.isConnected = false;
        }
    });
}
```

Prototipo

```
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_list);
    BluetoothManager mBluetoothManager = (BluetoothManager) getSystemService(BLUETOOTH_SERVICE);
    mBluetoothAdapter = mBluetoothManager.getAdapter();
    mHandler = new Handler();
    ListView lv = (ListView) findViewById(R.id.listView);
    adapter = new ArrayAdapter<>(this,
        android.R.layout.simple_expandable_list_item_1, deviceNames);
    lv.setAdapter(adapter);
    lv.setOnItemClickListener(new AdapterView.OnItemClickListener() {
        @Override
        public void onItemClick(AdapterView<> parent, View view, int position, long id) {
            ListView listView = (ListView) parent;
            String item = (String) listView.getItemAtPosition(position);
            Toast.makeText(getApplicationContext(), item + " connect", Toast.LENGTH_SHORT).show();
            myoName = item;
        }
    });
    lv.setOnItemLongClickListener(new AdapterView.OnItemLongClickListener() {
        @Override
        public boolean onItemLongClick(AdapterView<> parent, View view, int position, long id) {
            String item = (String) listView.getItemAtPosition(position);
            Intent intent;
            intent = new Intent(getApplicationContext(), MainActivity.class);
            intent.putExtra("ID", myoName);
            startActivity(intent);
            return true;
        }
    });
}
```

myo\_AndroidEMG

**Figura 30: Comparación de las clases “ListBluetoothActivity” del Prototipo y “ListActivity” del proyecto “myo\_AndroidEMG”; en las acciones realizadas al seleccionar un dispositivo para conectarse.**

```

// Variables del detector
public static GestureManager gestureManager = null;
// Variables Globales
public static Boolean isConnected = false;
public static String deviceName = null;
// -----
// Variables de control
private Boolean threadInfinite = true; // Control de Hilo para conexión
private Boolean doDetecting = false; // Intercambio entre "Iniciar" y "Detener"
// Elementos del Layout
private TextView txt_zone;
private TextView txt_gestureZone;
private TextView txt_rnaTextZone;
private Button btn_detectEMG;
private Button btn_changeEngDataGraph;
private Button btn_changeTypeGraph;
private LineGraph[] lineGraph = new LineGraph[8];
private TextView[] txt_sensorsEngData = new TextView[16];
// Variables para Menu desplegable
public static final int MENU_CONECT = 0;
public static final int BTN_DESCONECT = 1;
public static final int BTN_TEST_CONECT = 2;
// -----
private static final int REQUEST_ENABLE_BT = 1;
private static final long SCAN_PERIOD = 5000; // Intervalo de tiempo para escanear dispositivo (ms)
// Variables para BLUETOOTH
private BluetoothAdapter mBluetoothAdapter;
private BluetoothGatt mBluetoothGatt;
// Variables de control para atrapar información EMG
private Handler mHandler;
private MyoGattCallback myoCallback;
private MyoCommandList commandList = new MyoCommandList();

```

Prototipo

```

public static final int MENU_LIST = 0;
public static final int MENU_BYE = 1;
// Device Scanning Time (ms) */
private static final long SCAN_PERIOD = 5000;
// Intent code for requesting Bluetooth enable */
private static final int REQUEST_ENABLE_BT = 1;
private static final String TAG = "BLE_Myo";
private Handler mHandler;
private BluetoothAdapter mBluetoothAdapter;
private BluetoothGatt mBluetoothGatt;
private TextView emgDataText;
private TextView gestureText;
private MyoGattCallback myoCallback;
private MyoCommandList commandList = new MyoCommandList();
private String deviceName;
private GestureSaveModel saveModel;
private GestureSaveMethod saveMethod;
private GestureDetectModel detectModel;
private GestureDetectMethod detectMethod;
private LineGraph graph;
private Button graphButton1;
private Button graphButton2;
private Button graphButton3;
private Button graphButton4;
private Button graphButton5;
private Button graphButton6;
private Button graphButton7;
private Button graphButton8;

```

myo\_AndroidEMG

Figura 31: Clase MainActivity, comparación de variables.

```

private final static String TAG = "RUMBO-MainActivity";
public void onMyoConnect(View v) {
    if(!mBluetoothGatt.isConnecting()) {
        if(mBluetoothGatt == null || !myoCallback.setMyoControlCommand(commandList.sendCapOnly1())) {
            Log.d(TAG, "No se puede iniciar la detección de señas");
        }
        mBluetoothGatt.setCharacteristic(getApplicationContext(), 'Detección de señas iniciada D', Toast.LENGTH_SHORT).show();
        btn_detectEMG.setText("Detener");
        doDetecting = true;
        clearText();
    } else{
        if(mBluetoothGatt == null
           || !myoCallback.setMyoControlCommand(commandList.sendResetData())
           || !myoCallback.setMyoControlCommand(commandList.sendNormalSleep())){
            Log.d(TAG, "No se puede detener la detección de señas");
        }
        mBluetoothGatt.setCharacteristic(getApplicationContext(), 'Detección de señas detenida!', Toast.LENGTH_SHORT).show();
        btn_detectEMG.setText("Iniciar");
        doDetecting = false;
    }
}

```

Prototipo

```

public void onMyoEMG(View v) {
    if(mBluetoothGatt != null) {
        myoCallback.setMyoControlCommand(commandList.sendCapOnly1());
        Log.d(TAG, "False EMG");
    } else {
        saveModel = new GestureSaveMethod();
        if(mBluetoothGatt.isConnecting() == GestureSaveMethod.SaveState.Have_Saved) {
            gestureText.setText("MYO Ready");
        } else {
            gestureText.setText("Teach me \GestureV");
        }
    }
}

public void onClickEMG(View v) {
    if(mBluetoothGatt != null
       || !myoCallback.setMyoControlCommand(commandList.sendResetData())
       || !myoCallback.setMyoControlCommand(commandList.sendNormalSleep())){
        Log.d(TAG, "False Data Stop");
    }
}

```

myo\_AndroidEMG

Figura 32: Clase MainActivity, comparación de métodos para iniciar y detener la detección de datos EMG.

```

@Override // Al crear el Menú de opciones
public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
    // Inflar el menú que se engaga en la barra de acción si está presente.
    menu.add(0, MENU_CONECT, 0, "Conectar Pulsera M20");
    menu.add(0, BTN_DESCONECT, 0, "Desconectar Pulsera M20");
    menu.add(0, BTN_TEST_CONECT, 0, "Probar conexión");
    return true;
}

@Override // Cada vez que se engaja una opción del menú de opciones
public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {
    switch (item.getItemId()) {
        case MENU_CONECT: // Actividad para conexión Bluetooth
            Intent intentListBluetoothActivity = new Intent(this,ListBluetoothActivity.class);
            startActivity(intentListBluetoothActivity);
            return true;
        case BTN_DESCONECT: // Terminar conexión
            Toast.makeText(getApplicationContext(), "Pulsera M20 desconectada", Toast.LENGTH_SHORT).show();
            closeBLEGatt();
            return true;
        case BTN_TEST_CONECT: // Probar conexión con Pulsera M20 (Vibrar)
            if(mBluetoothGatt == null || !myoCallback.setMyoControlCommand(commandList.sendVibration3())){
                Toast.makeText(getApplicationContext(), "No hay conexión con la Pulsera M20", Toast.LENGTH_SHORT).show();
            }
            return true;
    }
    return false;
}

```

Prototipo

```

@Override
public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
    // Inflar el menú que se engaja en la barra de acción si está presente.
    menu.add(0, MENU_LIST, 0, "Find Myo");
    menu.add(0, MENU_BYE, 0, "Good Bye");
    return true;
}

@Override
public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {
    int id = item.getItemId();
    //noinspection SimplifiableIfStatement
    switch (id) {
        case MENU_LIST:
            Log.d("Myo","Select Menu A");
            Intent intent = new Intent(this,ListActivity.class);
            startActivity(intent);
            return true;

        case MENU_BYE:
            Log.d("Myo","Select Menu B");
            closeBLEGatt();
            Toast.makeText(getApplicationContext(), "Close GATT", Toast.LENGTH_SHORT).show();
            startStopModel();
            return true;
    }
    return false;
}

```

myo\_AndroidEMG

Figura 33: Clase MainActivity, comparación de acciones al crear y seleccionar el menú del sistema.

```

@Override
    public void inicializarLaActividad()
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_main);
    initializeInterface();
    gestureManager = new GestureManager(new GestureFileReader());
}

// Inicializar interfaces
private void initializeInterface(){
    txt_textZone = (Textview) findViewById(R.id.txt_textZone); // Zona de Texto
    txt_textZone.setMovementMethod(new ScrollingMovementMethod()); // Edita de Texto
    txt_textFontSize = (Textview) findViewById(R.id.txt_textFontSize); // Tamaño de Fuente
    txt_textFontStyle = (Textview) findViewById(R.id.txt_textFontStyle); // Estilo de Fuente
    btn_dectecting = (Button) findViewById(R.id.btn_startStop); // Botón para iniciar/Detener detección EMG
    btn_changeFontSize = (Button) findViewById(R.id.btn_changeFontSize); // Botón para cambiar los tamaños del grafico
    btn_changeFontStyle = (Button) findViewById(R.id.btn_changeFontStyle); // Botón para cambiar el tipo de fuente
    // Líneas Texto
    lineString0 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString0));
    lineString1 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString1));
    lineString2 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString2));
    lineString3 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString3));
    lineString4 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString4));
    lineString5 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString5));
    lineString6 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString6));
    lineString7 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString7));
    lineString8 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString8));
    lineString9 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString9));
    lineString10 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString10));
    lineString11 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString11));
    lineString12 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString12));
    lineString13 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString13));
    lineString14 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString14));
    lineString15 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString15));
    lineString16 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString16));
    lineString17 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString17));
    lineString18 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString18));
    lineString19 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString19));
    lineString20 = ((LineString) findViewById(R.id.lineString20));
    // Empezar Texturas
    txt_sensorgyro[0] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_0);
    txt_sensorgyro[1] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_1);
    txt_sensorgyro[2] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_2);
    txt_sensorgyro[3] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_3);
    txt_sensorgyro[4] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_4);
    txt_sensorgyro[5] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_5);
    txt_sensorgyro[6] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_6);
    txt_sensorgyro[7] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_7);
    txt_sensorgyro[8] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_8);
    txt_sensorgyro[9] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_9);
    txt_sensorgyro[10] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_10);
    txt_sensorgyro[11] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_11);
    txt_sensorgyro[12] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_12);
    txt_sensorgyro[13] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_13);
    txt_sensorgyro[14] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_14);
    txt_sensorgyro[15] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_15);
    txt_sensorgyro[16] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_16);
    txt_sensorgyro[17] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_17);
    txt_sensorgyro[18] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_18);
    txt_sensorgyro[19] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_19);
    txt_sensorgyro[20] = (Textview) findViewById(R.id.txt_sensorgyro_20);
    // Iniciar Bluetooth // Para controlar la conexión a dispositivos bluetooth
    new Thread(){
        public void run() {
            while(true){
                try{
                    connectBluetooth();
                    if(!isConnected()){
                        Thread.sleep(100);
                    }else{
                        Thread.sleep(2500);
                    }
                }catch (Exception e){}
            }
        }
    }.start();
}

// Inicializar propiedades EMG
private void initializeBluetoothProperties(){
    //Nuevo = new Handler();
    BluetoothManager bluetoothManager = (BluetoothManager) getSystemService(BLUETOOTH_SERVICE);
    bluetoothHandler = bluetoothManager.getBluetoothHandler();
}

```

```

@Override
protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.activity_main);
    //ready
    graphView = (LineGraph) findViewById(R.id.hm_graph_view);
    graphButton1 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_01);
    graphButton2 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_02);
    graphButton3 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_03);
    graphButton4 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_04);
    graphButton5 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_05);
    graphButton6 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_06);
    graphButton7 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_07);
    graphButton8 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_08);
    graphButton9 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_09);
    graphButton10 = (Button) findViewById(R.id.hm_bttn_10);

    graphButton1.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0xFF, 0x00));
    graphButton2.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0xFF, 0x00, 0x00));
    graphButton3.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x66, 0x33, 0xFF));
    graphButton4.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x66, 0x33));
    graphButton5.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x66, 0x33, 0x33));
    graphButton6.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x00, 0x33, 0xFF));
    graphButton7.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x00, 0x33, 0x33));
    graphButton8.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x66, 0x66, 0x66));
    graphButton9.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x66, 0x66, 0x66));
    graphButton10.setBackgroundDrawable(Color.rgb(0x66, 0x66, 0x66, 0x66));

    emgLabelText = (TextView) findViewById(R.id.emgLabelText);
    gestureText = (TextView) findViewById(R.id.gestureText);
    mHandler = new Handler();

    startModModel();

    BluetoothManager bluetoothManager = (BluetoothManager) getSystemService(BLUETOOTH_SERVICE);
    mBluetoothAdapter = bluetoothManager.getAdapter();
    Intent intent = new Intent();
    deviceName = intent.getStringExtra(listActivity.TAB);
    deviceName = intent.getStringExtra(listActivity.ZBG);
    deviceName = intent.getStringExtra(listActivity.ZBG);
    if (deviceName != null) {
        // Ensures Bluetooth is available on the device and it is enabled. If not,
        // displays a dialog requesting user permission to enable Bluetooth.
        if (mBluetoothAdapter == null) {
            Intent enableBtIntent = new Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
            startActivityForResult(enableBtIntent, REQUEST_ENABLE_BT);
        } else {
            // Scanning Time out by Handler.
            // This scanning requires high energy.
            mHandler.postDelayed(() -> {
                mBluetoothAdapter.stopLeScan(MainActivity.this);
            }, SCAN_PERIOD);
            mBluetoothAdapter.startLeScan(this);
        }
    }
}

```

## Prototipo

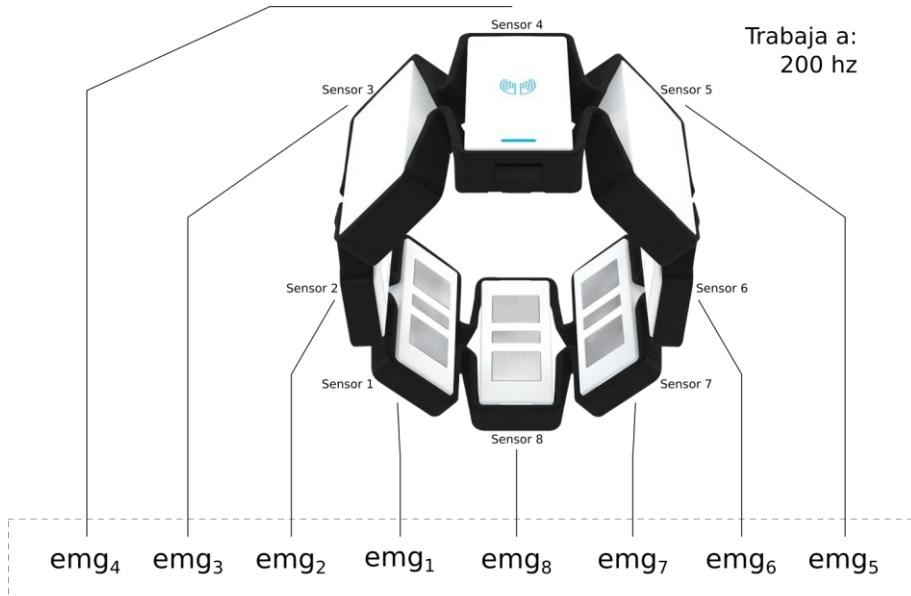
myo\_AndroidEMG

**Figura 34: Clase MainActivity, comparación del inicio de sistema, entre el Prototipo y el proyecto “myo\_AndroidEMG”.**

### 3.3.3.2 USO DE DATOS EMG EN EL PROTOTIPO

El prototipo trabaja con los datos EMG (información de Electromiografía) de la Pulsera MYO, obtenidos mediante ocho sensores de los cuales se compone y que funcionan como se muestra en la Figura 35:

- Los datos EMG por sensor se obtienen con un valor de 0 a 128 (cero a ciento veintiocho).
  - Por cada sensor de la Pulsera MYO, conforme al uso de los datos EMG en Android a través del proyecto “myo\_AndroidEMG” y DeveloperBlog.MYO (2015b), se obtienen veinticinco datos EMG dentro de un segundo, lo que significa el recibimiento de un total de 200 datos EMG (por los ocho sensores).



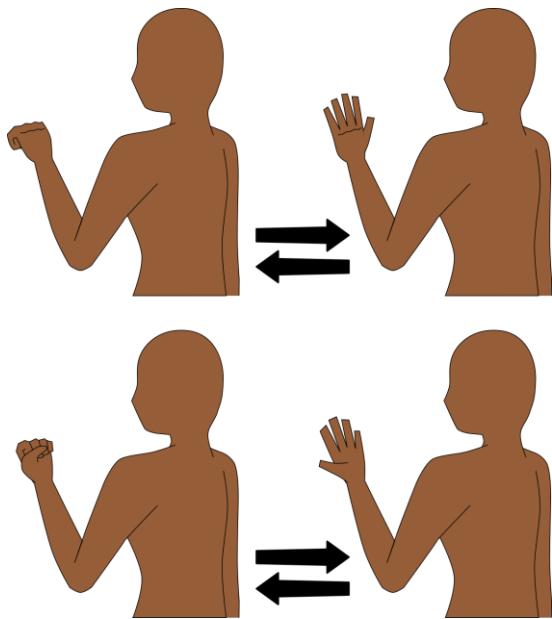
- \* Cada  $\text{emg}_n$  se obtiene de forma paralela
- \* Cada  $\text{emg}_n$  tiene valores de 0 a 128

$\text{emg}_1, \text{emg}_2, \text{emg}_3, \text{emg}_4, \text{emg}_5, \text{emg}_6, \text{emg}_7, \text{emg}_8$  = datosEMG

\* En un segundo se obtienen 25 datosEMG

**Figura 35: Funcionamiento de la Pulsera MYO en base a DeveloperBlog.MYO (2015),  
DeveloperBlog.MYO (2014a) y el proyecto “myo\_AndroidEMG”.**

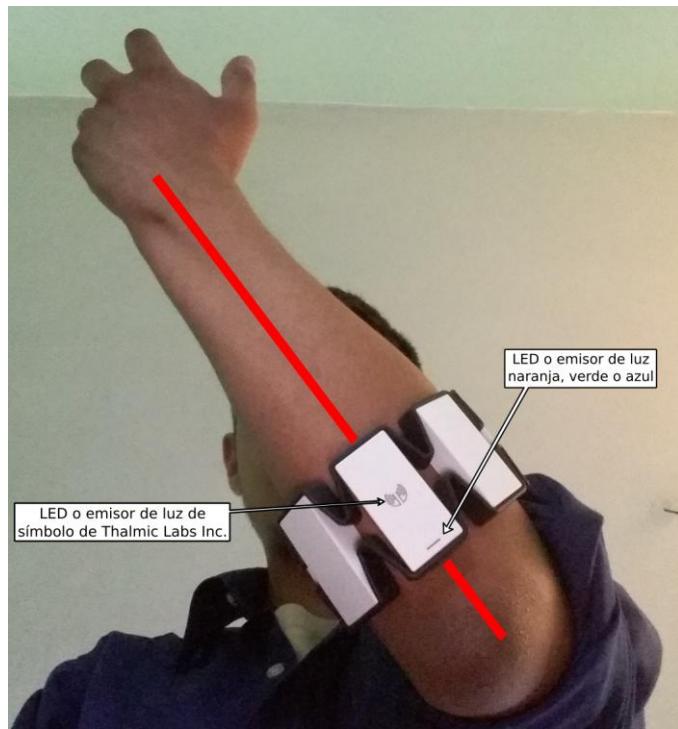
La actividad de los músculos del cuerpo puede aumentar o disminuir según el esfuerzo realizado, lo cual provoca que el uso de los datos EMG obtenidos directamente de la Pulsera MYO obligue el análisis de la fuerza realizada por los músculos del brazo. Para dar solución a este problema, los datos EMG fueron normalizados mediante la división de estos sobre los máximos valores obtenidos en cada sensor, tras el usuario persona realizar todos los gestos manuales del abecedario de la LSM y el ejercicio manual descrito en la Figura 36 (abrir y cerrar la mano por unos segundos, una vez con la palma y otra con el dorso de la mano mirando al usuario).



**Figura 36: Abrir y cerrar la mano o ejercicio de estiramiento.**

### 3.3.3.3 USO DE LA PULSERA MYO EN EL PROTOTIPO

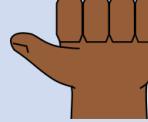
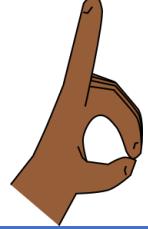
Debido a la variación de los datos EMG, se ha determinado (para el uso del prototipo) que el usuario se coloque la Pulsera MYO como se muestra en la Figura 37; posicionando al sensor número cuatro (donde se encuentran los emisores de luz o LEDS) lo más centrado posible a la vista posterior del antebrazo, con el emisor de luz que indica el estado de la Pulsera (emisor de luz naranja, verde o azul) cerca al codo (es el LED o emisor de luz diferente del símbolo de Thalmic Labs Inc.).

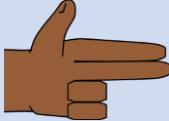


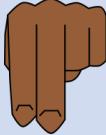
**Figura 37: Posición de la Pulsera MYO respecto al brazo.**

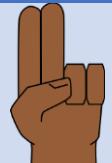
### 3.4 DESCRIPCIÓN DE SEÑAS DE LA LENGUA DE SEÑAS MEXICANA

La distinción entre cada seña del abecedario de la Lengua de Señas Mexicana (LSM) es posible gracias a las diferencias entre estas, activándose en mayor o menor medida músculos específicos. Por consiguiente, mediante el análisis de los movimientos musculares realizados por señas de la LSM, bajo el asesoramiento de DIES (Difusión, Inclusión y Educación del Sordo) A.C, el Maestro Tomás Gerardo Hernández Parra (de la clínica Universitaria de Salud reproductiva y sexual de la Universidad Veracruzana) y la Médico general Eloína Viveros Aguilar; fue realizada la descripción y selección de señas para su detección (ver Tabla 15), las cuales fueron aquellas que no requerían el análisis de información de Electromiografía sobre la transición o cambio de un gesto manual a otro (el cambio de posición de algún dedo, la muñeca o el antebrazo), además de descartar algunas señas cuya información de Electromiografía y activación de músculos fuera casi idéntica a otras, a fin de conseguir la mayor precisión posible en la detección de las señas seleccionadas.

Seña	Significado de la seña	Posición del dedo pulgar	Posición del dedo índice	Posición del dedo medio	Posición del dedo anular	Posición del dedo meñique	Posición del mano
	A	Extendido	Flexionado	Flexionado	Flexionado	Flexionado	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)
	B	Flexionado, con aducción hacia el centro de la palma de la mano	Extendido	Extendido	Extendido	Extendido	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)
	C	Con abducción hacia el frente de la palma	Semi – f lesionado sin tocar pulgar	Parte lateral de la zona del dedo gordo de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)			
	D	Con abducción hacia el frente de la palma	Extendido	Semi – f lesionado tocando pulgar	Semi – f lesionado tocando pulgar	Semi – f lesionado tocando pulgar	Parte lateral de la zona del dedo gordo de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)
	E	Flexionado sobre sí mismo, con aducción	Flexionado sobre sí mismo	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)			
	G	Extendido	Extendido	Flexionado	Flexionado	Flexionado	Palma de la mano mirando al usuario (persona que realiza la

							seña), mano inclinada con parte lateral de la zona del dedo gordo hacia arriba y lateral de la zona del dedo meñique hacia abajo
	H	Extendido	Extendido	Extendido	Flexionado	Flexionado	Palma de la mano mirando al usuario (persona que realiza la señal), mano inclinada con parte lateral de la zona del dedo gordo hacia arriba y lateral de la zona del dedo meñique hacia abajo
	I	Flexionado por encima de los demás dedos, con aducción	Flexionado	Flexionado	Flexionado	Extendido	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la señal)
	L	Extendido	Extendido	Flexionado	Flexionado	Flexionado	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la señal)
	M	Flexionado, con aducción	Semi flexionado -	Semi flexionado -	Semi flexionado -	Flexionado	Palma de la mano mirando hacia abajo, dorso de la mano mirando hacia arriba y dorso de los dedos índice, medio, anular y meñique mirando en dirección contraria al

							usuario (persona que realiza la seña)
	N	Flexionado, con aducción	Semi - flexionado	Semi - flexionado	Flexionado	Flexionado	Palma de la mano mirando hacia abajo, dorso de la mano mirando hacia arriba y dorso de los dedos índice, medio, anular y meñique mirando en dirección contraria al usuario (persona que realiza la seña)
	O	Con abducción hacia el frente de la palma	Semi - f lesionado tocando pulgar	Semi - f lesionado tocando pulgar	Semi - f lesionado tocando pulgar	Semi - f lesionado tocando pulgar	Parte lateral de la zona del dedo gordo de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)
	P	Con aducción sobre la palma, paralelo al dedo índice	Extendido	Extendido son ligera flexión sobre la mano	Flexionado	Flexionado	Parte lateral de la zona del dedo gordo de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)
	R	Flexionado, con aducción	Extendido por encima del dedo medio	Extendido por detrás de dedo índice	Flexionado	Flexionado	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)
	S	Flexionado por encima de los demás dedos, con aducción	Flexionado	Flexionado	Flexionado	Flexionado	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)

	T	Flexionado por debajo del dedo índice, con aducción	Flexionado por encima del pulgar	Flexionado paralelo al pulgar	Flexionado	Flexionado	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)
	U	Flexionado, con aducción	Extendido	Extendido	Flexionado	Flexionado	Dorso de la mano mirando al usuario (persona que realiza la seña)

**Tabla 15: Descripción de señas del abecedario en español con La LSM.**

## CAPÍTULO 4: DESARROLLO DEL PROTOTIPO

### 4.1 MÉTODO DE DETECCIÓN DE SEÑAS

#### 4.1.1 SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SEÑAS DE LA LENGUA DE SEÑAS PARA SU DETECCIÓN

Como se mencionó en el apartado 3.4 del Capítulo 3, y se puede apreciar en la Tabla 15, fueron seleccionadas diecisiete señas correspondientes a letras del abecedario español (A, B, C, D, E, G, H, I, L, M, N, O, P, R, S, T, U); considerando principalmente a señas cuyo análisis de Electromiografía no implicaba la transición de un gesto manual a otro. Siendo así como se realizó la clasificación de las señas seleccionadas, representando a cada una con un patrón numérico específico (Ver Tabla 16).

Clasificación de una señal de la LSM (Patrón numérico)	Traducción de una señal de la LSM
1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	A
0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	B
0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	C
0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	D
0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	E
0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	G
0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	H
0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0	I
0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0	L
0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0	M
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0	N
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0	O
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0	P
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0	R
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0	S
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0	T
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0	U

Tabla 16: Clasificación de señas de la LSM de letras seleccionadas del abecedario español.

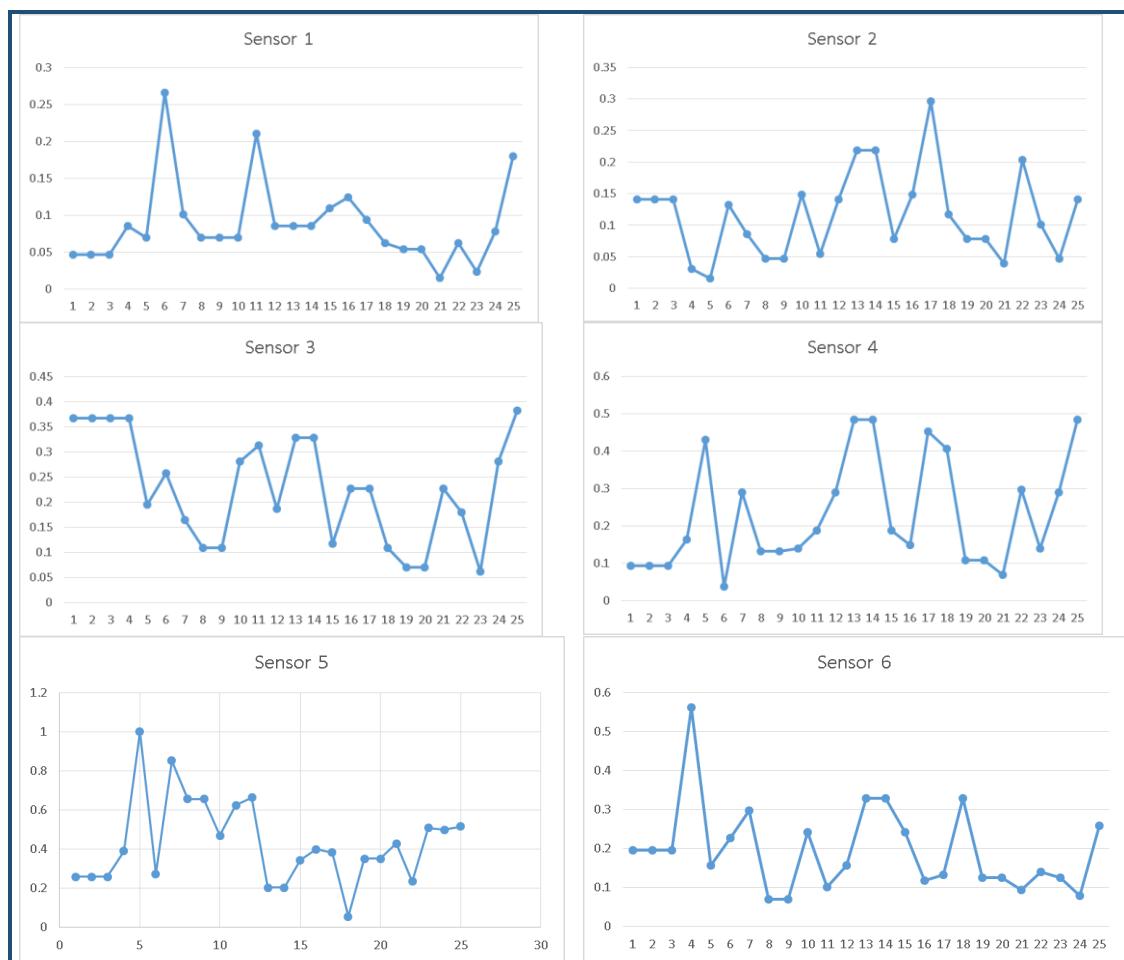
Además, para apoyar la detección y traducción de las señas seleccionadas, estas fueron agrupadas de acuerdo a su descripción en la Tabla 15; consiguiendo seis grupos de señas con características similares (Ver Tabla 17), a los cuales también se asignó un patrón numérico específico.

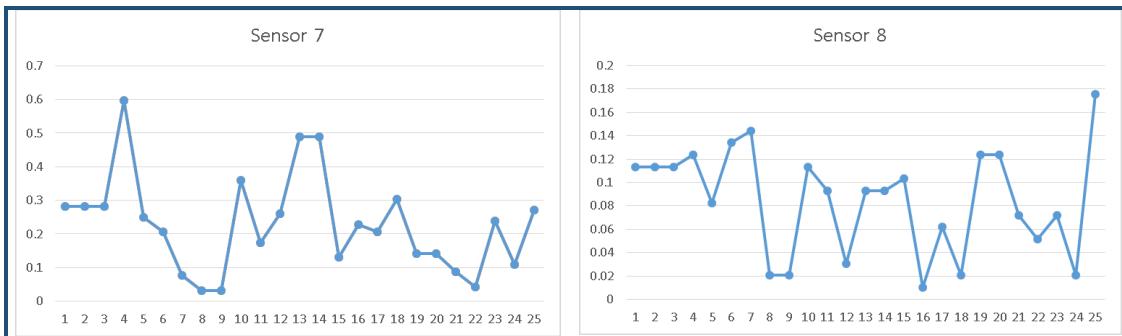
numérico)	
1,0,0,0,0,0	A, L
0,1,0,0,0,0	G, H
0,0,1,0,0,0	E, B,
0,0,0,1,0,0	M, N
0,0,0,0,1,0	C, O, D, P
0,0,0,0,0,1	U, R, I, T, S

**Tabla 17: Grupos de señas con características similares.**

#### 4.1.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS EMG

Para el análisis de los datos EMG de las señas de la LSM seleccionadas fueron consideradas diversas formas de llevar a cabo dicha labor conforme a la observación del comportamiento de los datos EMG en un segundo (Ver Tabla 18), destacando de entre las opciones la posibilidad de emplear el Teorema de Fourier y utilizar el promedio.

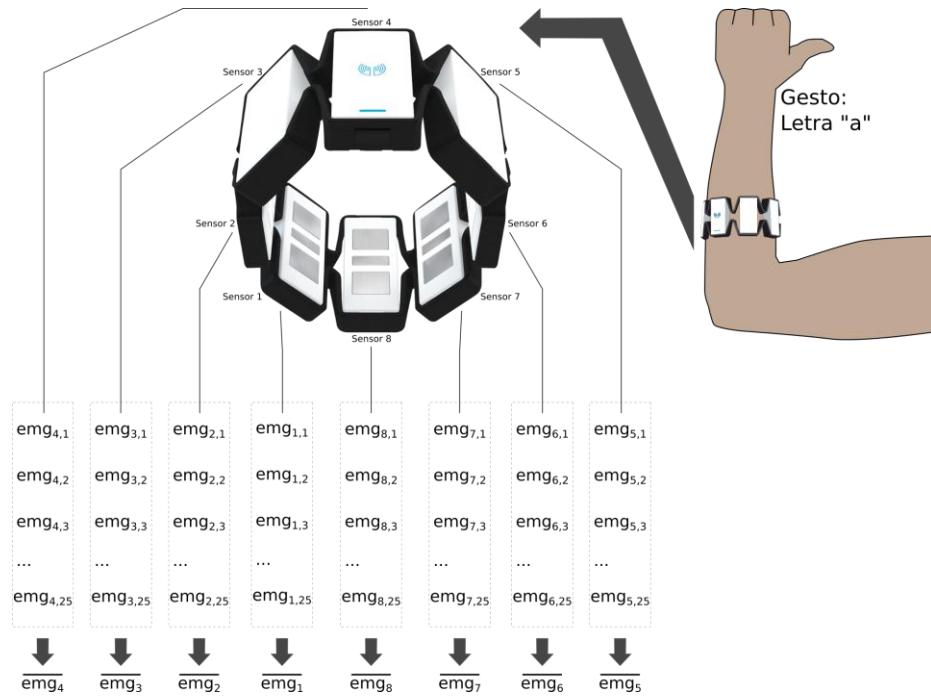




**Tabla 18: Ejemplo del comportamiento de los datos EMG por sensor en un segundo, mientras se realizaba la señal correspondiente a la letra “A” de la LSM.**

El Teorema de Fourier de acuerdo con The MathWorks, Inc. (2016), en ocasiones demanda tiempo para terminar sus procesos, por lo que podría atrasar la detección de señales si consideramos que para facilitar el acceso de la aplicación a las personas el prototipo se desarrolló para dispositivos móviles y no para computadoras de escritorio, implicando que se cuente con menor capacidad de procesamiento y almacenamiento (Memoria RAM y Disco duro) que en un equipo de escritorio. Además, Almira (2005) nos dice que Fourier (en específico la serie de Fourier) es útil para el estudio de señales periódicas, desafortunadamente este tipo de señales no son frecuentes en la práctica, cabiendo agregar que los datos EMG de la Pulsera MYO no pueden considerarse como periódicos debido a la variedad de estos en un corto periodo de tiempo; siendo por ello que Almira (2005) recomienda el desarrollo de una teoría matemática específica (con base o no en el Teorema o Serie de Fourier) para estudiar algún tipo de señal determinada, por lo cual sería necesario invertir bastante tiempo en dicha teoría además de requerir conocimientos matemáticos específicos para abordar dicho problema. Descartando así al empleo de Fourier en el análisis de los datos EMG, especialmente por la demanda en procesamiento que podría necesitarse para emplear dicho Teorema.

Por tanto, ante la baja demanda de procesamiento se decidió por utilizar el promedio de la información de Electromiografía para el prototipo del presente proyecto. De forma que dicha información (datos de la Pulsera MYO) se analizaron a partir de muestras de datos EMG obtenidas por los sensores dentro de un segundo, las cuales fueron normalizadas de acuerdo al ejercicio expuesto en el apartado 3.3.3.2 del Capítulo 3. Es decir, como se aprecia en la Figura 38 se analizaron veinticinco datos EMG normalizados por sensor y convertidos a su valor absoluto (para evitar la obtención de un resultado alterado) antes de promediarlos para conseguir la media del comportamiento de los datos EMG en un segundo (un patrón de comportamiento). Repitiendo esta actividad de análisis por cada señal de la LSM seleccionada, consiguiendo entre ocho y veinticinco patrones por gesto manual.



**Figura 38: Promedio de datos EMG normalizados obtenidos en un segundo.**

Se obtuvo el promedio por sensor de cada señal de la LSM elegida, ya que estos valores en conjunto representan un patrón sobre el comportamiento de los datos EMG en un periodo de tiempo determinado; como se muestra en la Figura 39 y Figura 40 que expone la fórmula del promedio por sensor de los datos, donde “k” representa a un sensor específico de la Pulsera MYO e “i” representa a cada muestra de datos EMG obtenidos en un segundo, siendo “n” la máxima cantidad de muestras que se pueden alcanzar en dicho tiempo (límite para “i”).

$$\overline{\text{emg}}_k = \frac{\sum_{i=1}^n \text{emg}_{k,i}}{n}$$

**Figura 39: Formula que representa el promedio de cada sensor.**

$$\overline{\text{emg}}_k = \frac{\text{emg}_{k,1} + \text{emg}_{k,2} + \text{emg}_{k,3} + \dots + \text{emg}_{k,25}}{n}$$

**Figura 40: Desglose de la fórmula del promedio de cada sensor.**

Como se mencionado, el conjunto del promedio de los sensores presenta un patrón que distingue a un gesto manual de otro. Ya que el promedio de acuerdo a Rodríguez Arteaga y Cabrera Campos (2010) y Mochón y Tlachy Anell (2003), es aplicable en variedad de circunstancias con datos variables, consiguiéndose un valor representativo sobre ellos cuya interpretación es flexible a las necesidades del investigador, siendo necesario trabajar con valores absolutos cuando se presentan datos por debajo de cero para que el promedio

represente un valor significativo del conjunto de datos; siendo aplicable a los datos de Electromiografía obtenidos de cada sensor de la Pulsera MYO, calculando el promedio de datos que fueron convertidos a sus valores absolutos previamente para no estropear el resultado con números negativos, consiguiendo un promedio que representa al comportamiento de los datos. Además de sus propiedades que según Strauss y Bichler (1988) citado por Mochón y Tlachy Anell (2003), son las siguientes:

- El promedio se localiza entre los valores extremos.
- La suma de las desviaciones desde el promedio es cero.
- El promedio es afectado por valores diferentes a él.
- El promedio no es necesariamente igual a uno de los valores que fueron sumados.
- El promedio puede ser una fracción que no tiene contraparte en la realidad física.
- Cuando se calcula un promedio, deben ser tomados en cuenta los valores de cero.
- El promedio tiene mayor significado si fue realizado con valores absolutos.
- El promedio es representativo de los valores con los cuales se construyó.

Por su parte Mokros y Russell (1995) citado por Mochón y Tlachy Anell (2003) nos dice que los estudiantes suelen utilizar o ver al promedio como:

- Promedio como algo razonable.  
En éste, los estudiantes se basan en su experiencia cotidiana y en su intuición para resolver los problemas. Usualmente, estos estudiantes tienen la noción de que el promedio está más o menos centrado dentro de los datos.
- Promedio como punto medio.  
Estos estudiantes usan el concepto de punto medio en sus construcciones e interpretaciones para definir el promedio. Impera en ellos la idea de una distribución simétrica.
- Promedio como punto matemático de balance.  
En esta noción, que aparece en estudiantes de mayor edad, el promedio es visto como un punto de balance, para el cual, un valor mayor tiene que balancearse con uno menor.

De esta forma, el conjunto del promedio de los ocho sensores representa un patrón para una de las señas de la LSM seleccionada.

#### 4.1.3 USO DE REDES NEURONALES

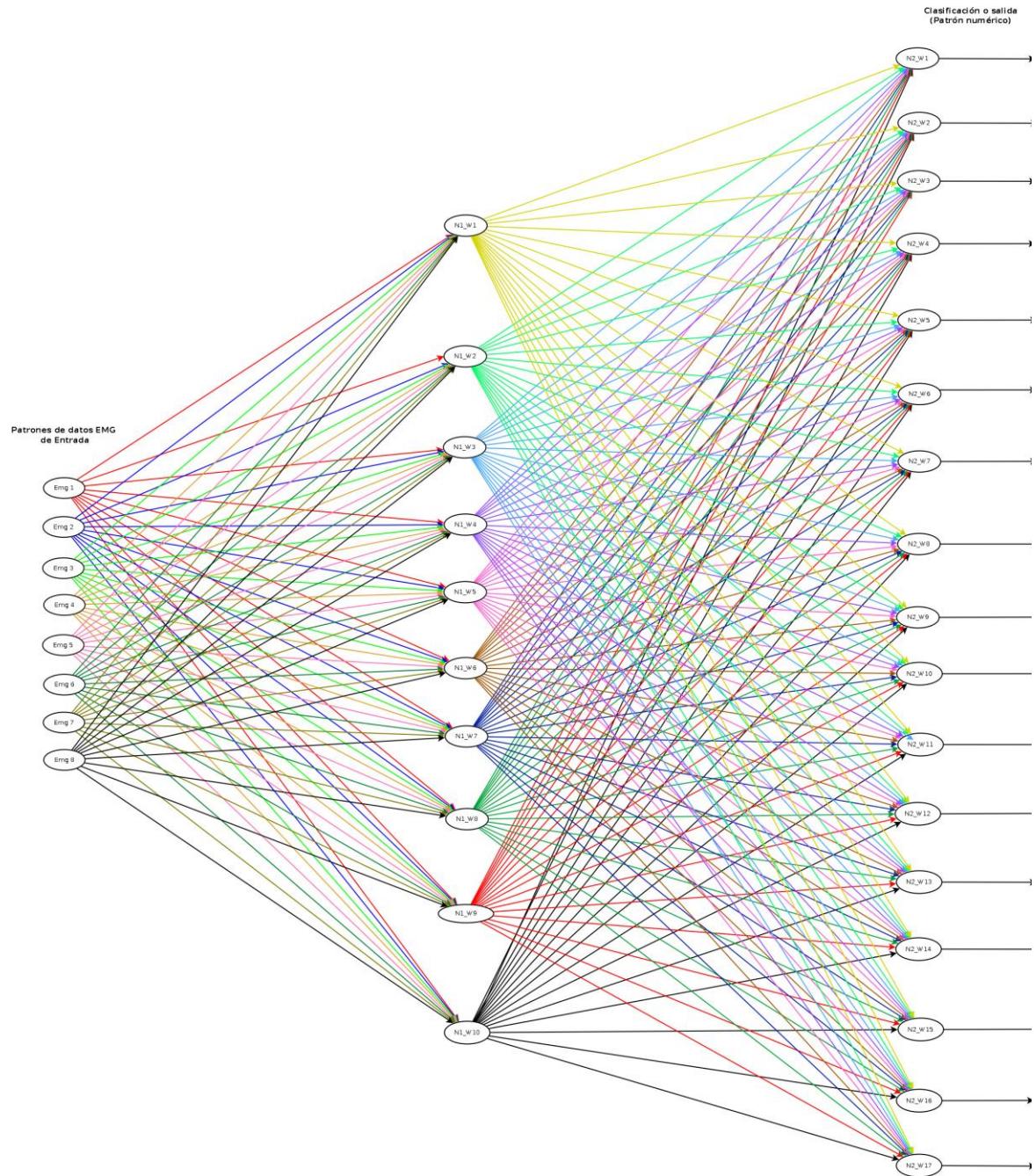
Para llevar a cabo la identificación de las señas de la LSM seleccionadas a partir de una serie de patrones (conjunto de promedios por sensor) obtenidos de la Pulsera MYO, se recurrió a uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA).

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) de acuerdo con la Universidad de Oviedo (1994), son un modelo de asociamiento múltiple no lineal de elementos informáticos para el tratamiento de información, siendo útiles para los procesos de percepción, recuerdo, clasificación y decisión; siendo capaz de generar sus propias reglas (adaptarse en base a un aprendizaje) para resolver algún problema en específico. Por su parte Coello Blanco, Casas,

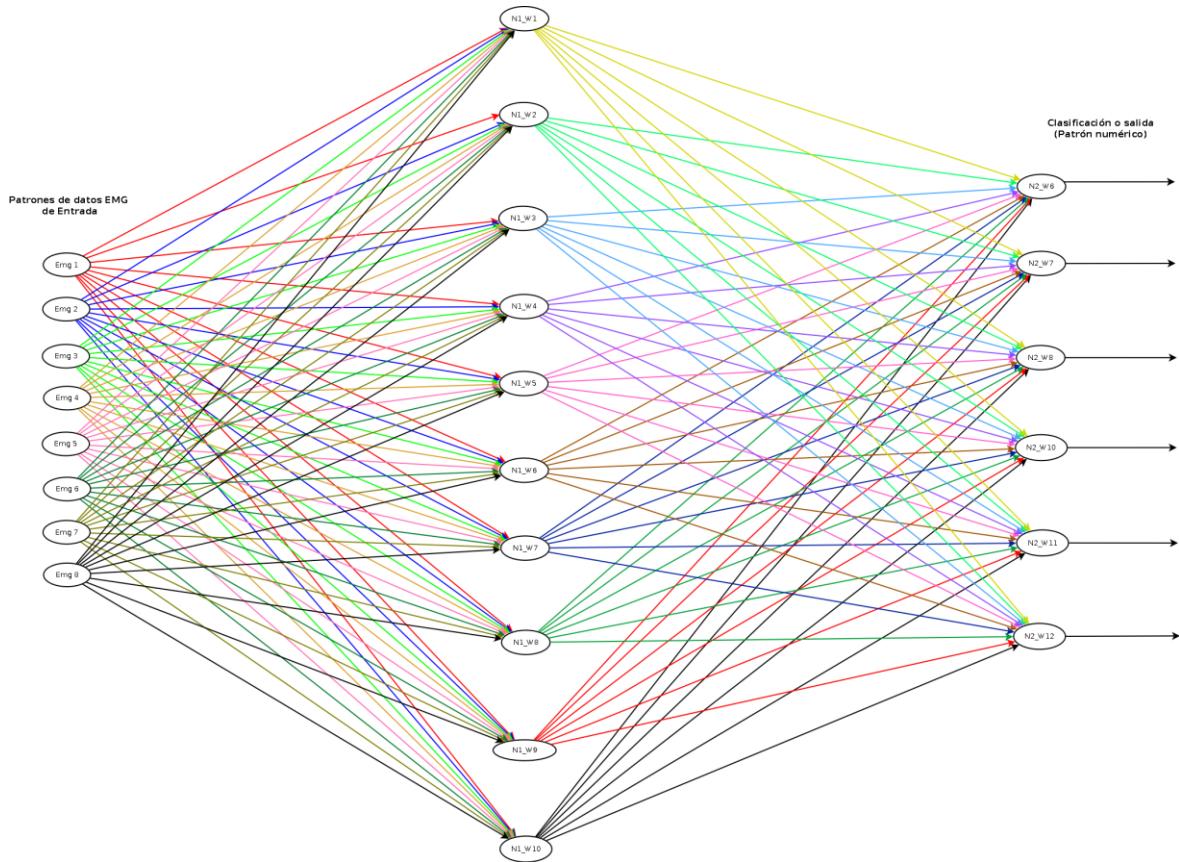
Pérez González, y Caballero Mota (2015), agrega que una Red Neuronal Artificial (RNA) es un conjunto de modelos matemáticos – computacionales reales e ideales de una Red Neuronal, siendo aplicable a Estadística Psicológica, Inteligencia Artificial o en sistemas para el tratamiento de información. La capacidad de adaptación (aprendizaje) de las RNA facilita la interpretación de la información, pues de acuerdo con Valencia Villa y Vallejo Velásquez (2012), mediante el ajuste de pesos (valores de las conexiones entre neuronas) es que estas Redes logran catalogar de manera correcta los datos entrantes. De forma que una RNA es idónea para la detección de señas de la LSM a partir de patrones de las mismas.

La elaboración de las RNA para la clasificación de los patrones de cada señal de la LSM seleccionada se realizó bajo el asesoramiento del M.C. Luis Julián Varela Lara (Docente de la Universidad Veracruzana en la Facultad de Instrumentación Electrónica); construyéndola en el Software MatLab R2015a mediante el empleo de la caja de herramientas (Toolbox) de Redes Neuronales incluida en dicho Software, elaborando siete Redes Neuronales Artificiales con las siguientes características:

- Cada de RNA se diseñó con dos capas, una para recibir los datos de entrada y otra de salida para emitir un resultado.
- La primera capa de todos las RNA consta de 10 neuronas.
- La segunda capaz para seis de siete RNA consta de 17 neuronas, mientras que para la sexta RNA consta de 6 neuronas.
- Cada RNA fue entrenada para recibir ocho patrones de entrada.
- Conforme al modelo de la Figura 41, cada una de seis de siete RNA fueron entrenadas para clasificar las señas de la LSM seleccionadas de los grupos de señas expuestos en la Tabla 17, emitiendo en su salida el patrón numérico correspondiente según la Tabla 16.
- Solo una RNA fue entrenada para diferenciar a los 6 grupos de señas de la LSM seleccionadas, emitiendo de acuerdo con la Tabla 17 un patrón numérico correspondiente a alguno de los grupos (Ver Figura 42).
- Cada RNA fue entrenada hasta un máximo de 1500 épocas (iteraciones).
- Cada RNA fue entrenada para llevar acabo la clasificación de los patrones entrantes, mediante cálculos logarítmicos sigmoides y así verificar si los datos de entrada pertenecen a algún grupo o señal del abecedario de la LSM.



**Figura 41:** Red neuronal para la clasificación de señas de la LSM de abecedario en español.



**Figura 42: Red neuronal para la clasificación de grupos señas de la LSM de abecedario en español.**

Para implementar las Redes Neuronales en Android, los patrones de datos EMG fueron obtenidos desde el dispositivo móvil, guardados en un archivo “.csv” por señal seleccionada y con los cuales se entrenó a las RNA en MatLab R2015a, para extraer los pesos obtenidos de ellas, que posteriormente fueron adaptados en implementaciones de Redes Neuronales Artificiales en Android las cuales carecen de capacidad de retroalimentación (aprendizaje).

## 4.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN PREDICTOR DE PALABRAS

Debido a la gran variación de la información de Electromiografía, por causas internas (propias del usuario, como cansancio, etc.) o causas externas (ajenas al usuario, como el clima, etc.) la detección de señas de la LSM seleccionadas es propensa a fallos (mala traducción); razón por la cual y a fin de mejorar la fluidez de la comunicación entre los usuarios, se optó por la creación de algoritmo de predicción de texto en base a la observación de otros algoritmos de predicción de texto, el cual junto a un pequeño diccionario de palabras fue implementado dentro del prototipo.

El algoritmo predictor de palabras de acuerdo a la Figura 43, funciona de la siguiente forma en base a las palabras de su diccionario:

- Convierte las palabras del diccionario en caracteres, dividiéndolas en vocales y consonantes.
- Establece un número de caracteres mínimo en el texto que se esté escribiendo con base a la interpretación de las señas, para iniciar la predicción de una palabra.
- El algoritmo busca coincidencias entre vocales y consonantes de los caracteres del texto que se esté formando con las traducción de señas de las LSM seleccionadas.
- Si el algoritmo encuentra alguna coincidencia entre el texto sé que se esté formando y alguna palabra del diccionario, el sistema sustituirá el texto que se esté formando por la palabra del diccionario con la cual haya coincidido.

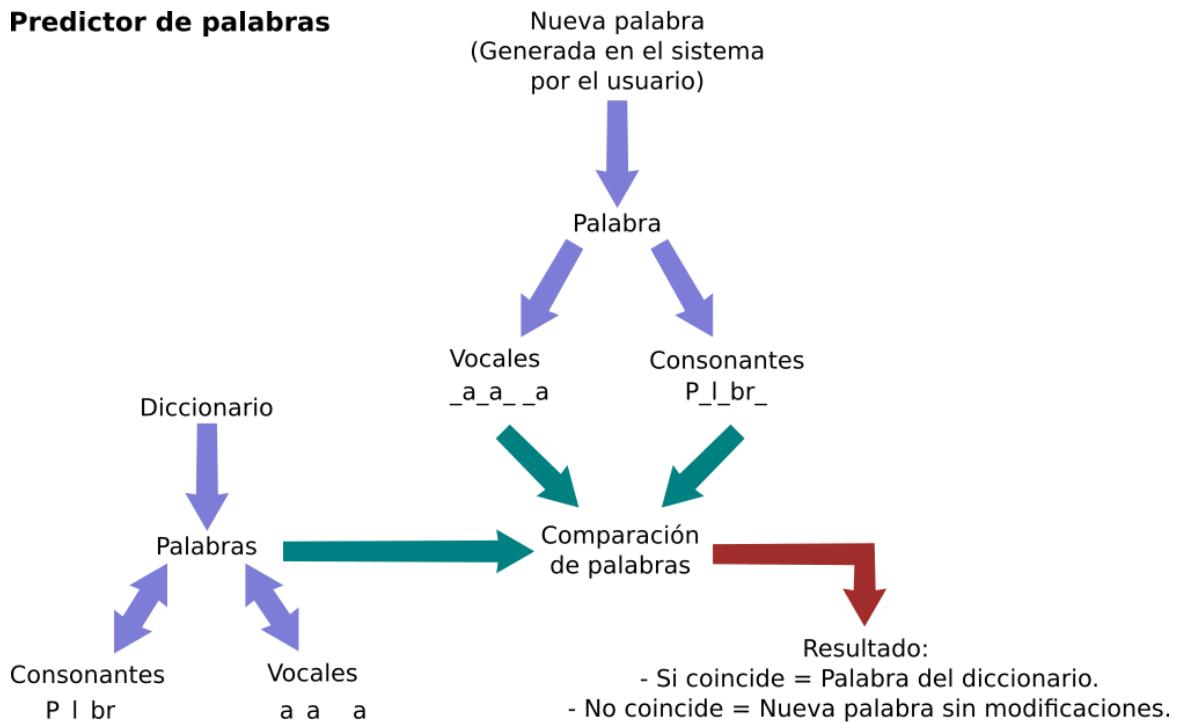


Figura 43: Esquema del funcionamiento del algoritmo predictor de palabras.

### 4.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL PROTOTIPO

En resumen, el prototipo como se describe en la Figura 44, funciona internamente de la siguiente manera:

2. Los datos EMG son almacenados en un paquete hasta juntarse veinticinco muestras (las cuales se obtiene en un segundo).
3. Se normalizan y analizan las veinticinco muestras de datos EMG para descifrar el significado del gesto (seña de la LSM) que el usuario de la Pulsera MYO ha realizado.
4. Si el gesto del usuario coincide con una señal de la LSM, esta se traduce a su texto correspondiente al español de México.
5. Se concatena el resultado (la traducción de la señal) al texto actual.

6. Un algoritmo de predicción de palabras, revisara el texto para completar o corregir la última palabra que se esté diciendo o intentando expresar.

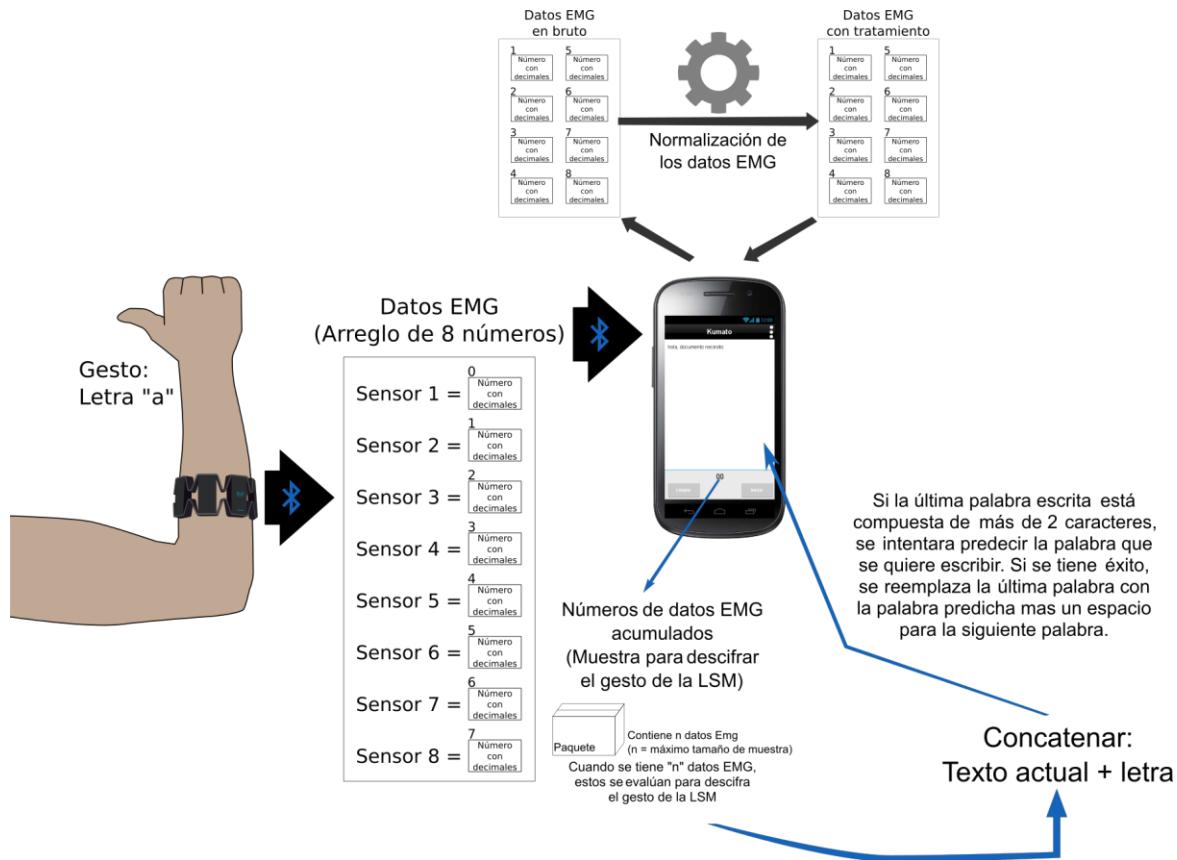


Figura 44: Funcionamiento del prototipo utilizando los datos EMG.

## CAPÍTULO 5: PRUEBAS DEL PROTOTIPO

### 5.1 PRUEBAS DE USABILIDAD DE LA PULSERA MYO

Para este trabajo fue necesario conocer a los usuarios que utilizarían la pulsera MYO, para lo cual se realizó un acercamiento a la comunidad Sorda mediante el contactó con la asociación DIES (Difusión, Inclusión y Educación del Sordo) A.C. de la ciudad de Xalapa, logrando contar con la participación de algunas PDA (Personas con discapacidad auditiva), lo cual conllevo principalmente la dificultad dada por la barrera del idioma limitando así la participación de las PDA a la disponibilidad de algún interprete. Aun así, gracias al acercamiento con la comunidad de PDA o Sordos, es que fue posible realizar de pruebas de usabilidad con la Pulsera MYO (Ver Figura 45 y Figura 46) cumpliendo, según Ferrer y Xavier (2011), con una parte importante de los principios del Diseño Centrado en el Usuario. Logrando realizar 25 pruebas con base a los siguientes puntos:

- *Reconocimiento:* La PDA se familiarizo con el aspecto visual de la pulsera y se le proporcionó información sobre ella.
- *Comodidad:* Durante 5 minutos, la Persona con discapacidad auditiva se colocó la pulsera en uno de sus brazos para comprobar si esta le causa alguna molestia.



Figura 45: Foto 1 de pruebas de usabilidad con Personas con discapacidad auditiva de DIES A.C.



**Figura 46: Foto 2 de pruebas de usabilidad con Personas con discapacidad auditiva de DIES A.C.**

Al finalizar las pruebas y con ayuda de una intérprete de la LS (Lengua de Señas), se procedió a la aplicación de un pequeño cuestionario (Ver Tabla 19), preguntando sobre sus sensaciones con la Pulsera MYO, resultando satisfactorias en cuanto a su uso y en espera de beneficios reales de este proyecto en un futuro. Cabe resaltar la dificultad de reunirse con un grupo de Personas con discapacidad auditiva (PDA) para la realización de pruebas, pues debido a la barrera de idioma entre la comunidad de Sordos y Oyentes, las reuniones solo eran posible cuando existiera un intérprete disponible para acompañarlos.

 Universidad Veracruzana	<b>UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE INFORMÁTICA</b>	
FOLIO: _____		
El propósito del presente cuestionario es conocer su opinión acerca del uso de la pulsera MYO; la forma en como usted se siente utilizándola, como esta podría hacer cambios en su vida diaria.		
<b>Datos personales.</b>		
Grado máximo de estudio: _____		
Ocupación laboral: _____		
Edad: _____		
Sexo:      Masculino ( )      Femenino ( )		
<b>Preguntas.</b>		
1. ¿Usted sabe leer?		
Si ( )      Si, pero poco ( )      No ( )		

2. ¿Usted sabe escribir?	Si ( )      Si, pero poco ( )      No ( )	<input type="checkbox"/>
3. ¿A usted le parecería adecuado que las personas sordas, utilicen la pulsera MYO?	Si ( )      Tal vez ( )      No ( )	<input type="checkbox"/>
4. ¿Usted considera que la pulsera MYO podría distraer la atención de las personas con quienes interactúe?	Si ( )      No ( )	<input type="checkbox"/>
5. Por favor, Califique del 0 al 5 que tan cómodo fue utilizar la pulsera MYO. (Donde 0 significa que fue muy incómoda, y 5 significa que fue muy cómoda).	0 ( )      1 ( )      2 ( )      3 ( )      4 ( )      5 ( )	<input type="checkbox"/>
6. Por favor, Califique del 0 al 5 que tan difícil le fue el utilizar la pulsera MYO. (Donde 0 significa que fue muy difícil, y 5 significa que fue muy fácil).	0 ( )      1 ( )      2 ( )      3 ( )      4 ( )      5 ( )	<input type="checkbox"/>
7. Por favor, Califique del 0 al 5 que tan agradable a la vista le pareció la pulsera MYO. (Donde 0 es muy fea, y 5 es muy bonita).	0 ( )      1 ( )      2 ( )      3 ( )      4 ( )      5 ( )	<input type="checkbox"/>
8. ¿Cómo considera el aspecto de la pulsera?	Masculina ( )      Femenina ( )      Mixta ( )	<input type="checkbox"/>
9. ¿Usted cree poder acostumbrarse a utilizar la pulsera por largos períodos de tiempo?	Si ( )      Tal vez ( )      No ( )	<input type="checkbox"/>
Encuestador:	<hr/>	<input type="checkbox"/>
Lugar:	<hr/>	<input type="checkbox"/>
Fecha:	<hr/>	<input type="checkbox"/>

**Tabla 19: Cuestionario aplicado en pruebas de usabilidad con la Pulsera MYO.**

## 5.2 PRUEBAS DE INTEGRACIÓN

### 5.2.1 VALORES DE LOS PARÁMETROS

Caso de uso:	<b>Conectar pulsera</b>
<b>Valores adecuados</b>	
<b>listView:</b> [Lista de palabras]	Todos los valore son adecuados.
<b>deviceName:</b> [Texto correspondiente a una palabra]	
<b>listView:</b> [Lista vacía]	Falta el nombre del dispositivo.
<b>deviceName:</b> “”	

Tabla 20: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Conectar pulsera”.

Caso de uso:	<b>Desconectar pulsera</b>
<b>Valores adecuados</b>	
<b>deviceName:</b> [Texto correspondiente a una palabra]	Todos los valore son adecuados.
<b>deviceName:</b> “”	Falta el nombre del dispositivo.

Tabla 21: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Desconectar pulsera”.

Caso de uso:	<b>Probar conexión</b>
<b>Valores adecuados</b>	
<b>deviceName:</b> [Texto correspondiente a una palabra]	Todos los valore son adecuados.
<b>deviceName:</b> “”	Falta el nombre del dispositivo.

Tabla 22: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Probar conexión”.

Caso de uso:	<b>Limpiar zona de texto</b>
<b>Valores adecuados</b>	
<b>txt_textZone:</b> [Texto]	Todos los valore son adecuados.
<b>txt_textZone:</b> “”	Todos los valore son adecuados.

Tabla 23: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Limpiar zona de texto”.

Caso de uso:	<b>Detener detección de señas</b>
<b>Valores adecuados</b>	
<b>deviceName:</b> [Texto correspondiente a una palabra]	Todos los valore son adecuados.
<b>deviceName:</b> “”	Falta el nombre del dispositivo.

**Tabla 24:** Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Detener detección de señas”.

Caso de uso:	Iniciar detección de señas
Valores adecuados	
<b>deviceName:</b> [Texto correspondiente a una palabra]	Todos los valore son adecuados.
<b>deviceName:</b> “”	Falta el nombre del dispositivo.

**Tabla 25:** Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Iniciar detección de señas”.

Caso de uso:	Detectar señas en tiempo real
Valores adecuados	
<b>emg_data:</b> [Arreglo con 16 elementos] <b>emgData_tam16:</b> [Arreglo con 16 números enteros del -128 al 128] <b>emgData_tam08:</b> [Arreglo con 8 números enteros del 0 al 128]	Todos los valore son adecuados.
<b>emg_data:</b> [Diferente de un arreglo con 16 elementos] <b>emgData_Number:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>emgData_tam16:</b> [Diferente de un arreglo con 16 números enteros del -128 al 128]</li> <li>▪ <b>emgData_tam08:</b> [Diferente de un arreglo con 8 números enteros del 0 al 128]</li> </ul>	Los bytes recibidos de la Pulsera en la <b>emg_data</b> no son adecuados. La <b>emgData_Number</b> es incorrecta. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La <b>emgData_tam16</b> es incorrecta.</li> <li>▪ La <b>emgData_tam08</b> es incorrecta.</li> </ul>

**Tabla 26:** Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Detectar señas en tiempo real”.

Caso de uso:	Traducir señal
Valores adecuados	
<b>arrayEmgDataNumberAccumulated:</b> <i>[Conjunto de emgData_Number]</i> <b>lastTranslation:</b> [Texto] <b>messageAccumulated:</b> [Texto]	Todos los valore son adecuados.
<b>arrayEmgDataNumberAccumulated:</b> <i>[Conjunto de emgData_Number]</i> <b>lastTranslation:</b> “” <b>messageAccumulated:</b> “”	Todos los valore son adecuados.
<b>arrayEmgDataNumberAccumulated:</b> <i>[Diferente de un conjunto de emgData_Number]</i> <b>lastTranslation:</b> “” <b>messageAccumulated:</b> “”	El arrayEmgDataNumberAccumulated es incorrecto.

Tabla 27: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Traducir seña”.

Caso de uso:	Iniciar sistema
	Valores adecuados
<b>wordsTamo:</b> [Arreglo con palabras para predicción de texto]	Todos los valore son adecuados.
<b>wordsTamo:</b> [Diferente de un arreglo de palabras para predicción de texto]	El wordsTamo es incorrecto.

Tabla 28: Valores de los parámetros para el Caso de Uso “Iniciar sistema”.

### 5.2.2 CASOS DE PRUEBA

Caso de uso:	Conectar pulsera				
	Entrada	Condiciones de entrada	Salida esperada	Condiciones de salida	Resultado
<b>Clic en botón “Conectar Pulsera MYO” y “Buscar”</b>  <b>listView:</b> [Lista vacía] <b>deviceName:</b> “SoraMyo1”		<b>Mensaje:</b> “Se ha terminado de buscar dispositivos bluetooth”	Se inició la conexión bluetooth.  <b>listView:</b> “SoraMyo1”, “SoraMyo2” <b>deviceName:</b> “SoraMyo1”		Éxito sin problemas.
<b>Clic en botón “Conectar Pulsera MYO” y “Buscar”</b>  <b>listView:</b> [Lista vacía] <b>deviceName:</b> “SoraMyo1”		<b>Mensaje:</b> “Se ha terminado de buscar dispositivos bluetooth”  <b>Mensaje:</b> “Pulsera MYO seleccionada, por favor regrese a la pantalla anterior”  <b>Mensaje:</b> “Ya puedes iniciar la detección de señas”	Se inició la conexión bluetooth.  <b>listView:</b> “SoraMyo1”, “SoraMyo2” <b>deviceName:</b> “SoraMyo2”		Éxito sin problemas.
<b>Clic en botón “Conectar Pulsera MYO” y “Buscar”</b>		<b>Mensaje:</b> “Se ha terminado de buscar dispositivos	Se inició la conexión bluetooth.		Éxito sin problemas.

<b>listView:</b> [Lista vacía] <b>deviceName:</b> ""		bluetooth” <b>Mensaje:</b> “Pulsera MYO seleccionada, por favor regrese a la pantalla anterior” <b>Mensaje:</b> “Ya puedes iniciar la detección de señas”	<b>listView:</b> “SoraMyo1”, “SoraMyo2” <b>deviceName:</b> “SoraMyo1”	
<b>Clic en botón “Conectar Pulsera MYO” y “Buscar”</b>  <b>listView:</b> [Lista vacía] <b>deviceName:</b> ""		<b>Mensaje:</b> “Se ha terminado de buscar dispositivos bluetooth”	<b>listView:</b> [Lista vacía] <b>deviceName:</b> ""	Éxito sin problemas.

Tabla 29: Caso de prueba para el Caso de Uso “Conectar pulsera”.

Caso de uso: Desconectar pulsera				
Entrada	Condiciones de entrada	Salida esperada	Condiciones de salida	Resultado
<b>Clic en botón “Desconectar Pulsera MYO”</b>  <b>deviceName:</b> “SoraMyo1”		<b>Mensaje:</b> “Pulsera MYO desconectada”	Se finalizó la conexión bluetooth.  <b>deviceName:</b> ""	Éxito sin problemas.
<b>Clic en botón “Desconectar Pulsera MYO”</b>  <b>deviceName:</b> ""		<b>Mensaje:</b> “Pulsera MYO desconectada”	<b>deviceName:</b> ""	Éxito sin problemas.

Tabla 30: Caso de prueba para el Caso de Uso “Desconectar pulsera”.

Caso de uso: Probar conexión				
Entrada	Condiciones de entrada	Salida esperada	Condiciones de salida	Resultado

<b>Clic en botón “Probar conexión”</b>		La Pulsera MYO vibra.	<b>deviceName:</b> “SoraMyo”	Éxito sin problemas.
<b>Clic en botón “Probar conexión”</b>		La Pulsera MYO no vibra. <b>Mensaje:</b> “No hay conexión con la Pulsera MYO”	<b>deviceName:</b> “”	Éxito * En ocasiones no emite el mensaje.

Tabla 31: Caso de prueba para el Caso de Uso “Probar conexión”.

<b>Caso de uso:</b>	<b>Limpiar zona de texto</b>			
<b>Entrada</b>		<b>Salida esperada</b>	<b>Condiciones de salida</b>	<b>Resultado</b>
<b>Clic en botón “Limpiar”</b>		Zona de texto limpia.	<b>txt_textZone:</b> “”	Éxito sin problemas.
<b>txt_textZone:</b> [Texto]		Zona de texto limpia.	<b>txt_textZone:</b> “”	Éxito sin problemas.

Tabla 32: Caso de prueba para el Caso de Uso “Limpiar zona de texto”.

<b>Caso de uso:</b>	<b>Detener detección de señas</b>			
<b>Entrada</b>	<b>Condiciones de entrada</b>	<b>Salida esperada</b>	<b>Condiciones de salida</b>	<b>Resultado</b>
<b>Clic en botón “Detener”</b>		<b>Mensaje:</b> “Detección de señas detenida : ”	Se detuvo el proceso de detección de señas.	Éxito sin problemas.
<b>deviceName:</b> “SoraMyo”			<b>deviceName:</b> “SoraMyo”	
<b>Clic en botón “Detener”</b>		<b>Mensaje:</b> “Detección de señas detenida	<b>deviceName:</b> “”	Éxito sin problemas.

<b>deviceName:</b> ""		: ”		
--------------------------	--	-----	--	--

Tabla 33: Caso de prueba para el Caso de Uso “Detener detección de señas”.

<b>Caso de uso:</b>	<b>Iniciar detección de señas</b>				
	<b>Entrada</b>	<b>Condiciones de entrada</b>	<b>Salida esperada</b>	<b>Condiciones de salida</b>	<b>Resultado</b>
<b>Clic en botón “Iniciar”</b>	Se ordenó iniciar la detección de señas (es decir, el recibimiento de datos EMG).	<b>Mensaje:</b> “Detección de señas iniciada ;D”	Se inició el proceso de detección de señas.	<b>deviceName:</b> “SoraMyo”	Éxito sin problemas.
<b>Clic en botón “Iniciar”</b>	Se ordenó iniciar la detección de señas (es decir, el recibimiento de datos EMG).	<b>Mensaje:</b> “Detección de señas iniciada ;D”	<b>deviceName:</b> ””	<b>deviceName:</b> “SoraMyo”	Éxito sin problemas.

Tabla 34: Caso de prueba para el Caso de Uso “Iniciar detección de señas”.

<b>Caso de uso:</b>	<b>Detectar señas en tiempo real</b>				
	<b>Entrada</b>	<b>Condiciones de entrada</b>	<b>Salida esperada</b>	<b>Condiciones de salida</b>	
<b>emg_data:</b> null, null, null, null, null, null, null, null, null, null, null, null, null, null, null, null <b>emgData_Number:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>emgData_tam16:</b> 0,0,0, 0,0,0, 0,0, 0,0,0, 0,0,0, 0,0<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>emgData_tam08:</b> 0,0,0, 0,0,0,</li></ul></li></ul>	Pulsera MYO envía datos EMG.	Se recibieron y procesaron los datos EMG.	<b>emg_data:</b> [Arreglo con 16 elementos] <b>emgData_Number:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>emgData_tam16:</b> -12, -55, 0 , 100, -66, 128, 80, 90, -128, -5, 10 , 0, -0, 102, 1, 33</li><li>▪ <b>emgData_tam08:</b> 128, 55, 10 , 100, 66, 128, 80, 90</li></ul>	Éxito sin problemas.	

0,0				
-----	--	--	--	--

**Tabla 35:** Caso de prueba para el Caso de Uso “Detectar señas en tiempo real”.

Caso de uso:	Traducir seña			
Entrada	Condiciones de entrada	Salida esperada	Condiciones de salida	Resultado
<b>arrayEmgDataNumberAccumulated:</b> EmgData_Number, EmgData_Number <b>lastTranslation:</b> “” <b>messageAccumulated:</b> “”	Se tiene más de una EmgData_Number en el arreglo.	Detección de una seña.	Traducción de la seña si es detectada. <b>lastTranslation:</b> “a” <b>messageAccumulated:</b> “a”	Éxito sin problemas.
<b>arrayEmgDataNumberAccumulated:</b> EmgData_Number, EmgData_Number <b>lastTranslation:</b> “a” <b>messageAccumulated:</b> “a”	Se tiene más de una EmgData_Number en el arreglo.	Detección de una seña.	Sin detección de una seña. <b>lastTranslation:</b> “g” <b>messageAccumulated:</b> “ag”	Éxito sin problemas.
<b>arrayEmgDataNumberAccumulated:</b> EmgData_Number, EmgData_Number <b>lastTranslation:</b> “g” <b>messageAccumulated:</b> “ag”	Se tiene más de una EmgData_Number en el arreglo.	Detección de una seña.	Sin detección de una seña. <b>lastTranslation:</b> “g” <b>messageAccumulated:</b> “ag”	Éxito sin problemas.
<b>arrayEmgDataNumberAccumulated:</b> EmgData_Number, EmgData_Number <b>lastTranslation:</b> “g” <b>messageAccumulated:</b> “”	Se tiene más de una EmgData_Number en el arreglo.	Detección de una seña.	Sin detección de una seña. <b>lastTranslation:</b> “p” <b>messageAccumulated:</b> “p”	Éxito sin problemas.

Tabla 36: Caso de prueba para el Caso de Uso “Traducir seña”.

Iniciar sistema					
Caso de uso:	Entrada	Condiciones de entrada	Salida esperada	Condiciones de salida	Resultado
<b>wordsTamo:</b> [Arreglo vacío]	Se inició el sistema.	Se inicializaron los componentes necesarios para la detección y traducción de señas.	Se cargó el diccionario de palabras para la predicción de palabras.  <b>wordsTamo:</b> “Palabra”, “Palabra”		Éxito sin problemas.
<b>wordsTamo:</b> [Arreglo vacío]	Se inició el sistema.	Se inicializaron los componentes necesarios para la detección y traducción de señas.	<b>wordsTamo:</b> [Arreglo vacío]		Éxito sin problemas.

Tabla 37: Caso de prueba para el Caso de Uso “Iniciar sistema”.

### 5.3 PRUEBAS GENERALES SOBRE LA DETECCIÓN DE SEÑAS

Debido a que es un prototipo y al empleo de RNA (Redes Neuronales Artificiales) las pruebas fueron realizadas sobre una persona (el estudiante Jorge Luis Jácome Domínguez), de quien se obtuvieron datos EMG (información de Electromiografía) al realizar las señas de la LSM (Lengua de Señas Mexicana) seleccionadas para el aprendizaje en su detección por parte de las RNA que el prototipo implementa. Realizándose 100 pruebas sobre la fiabilidad del sistema para la detección de los gestos manuales de la LSM seleccionadas, hasta alcanzar resultados aceptables por parte del prototipo desarrollado, como se muestra en la Figura 47; produciendo los efectos anotados en la Tabla 38 y Tabla 39.

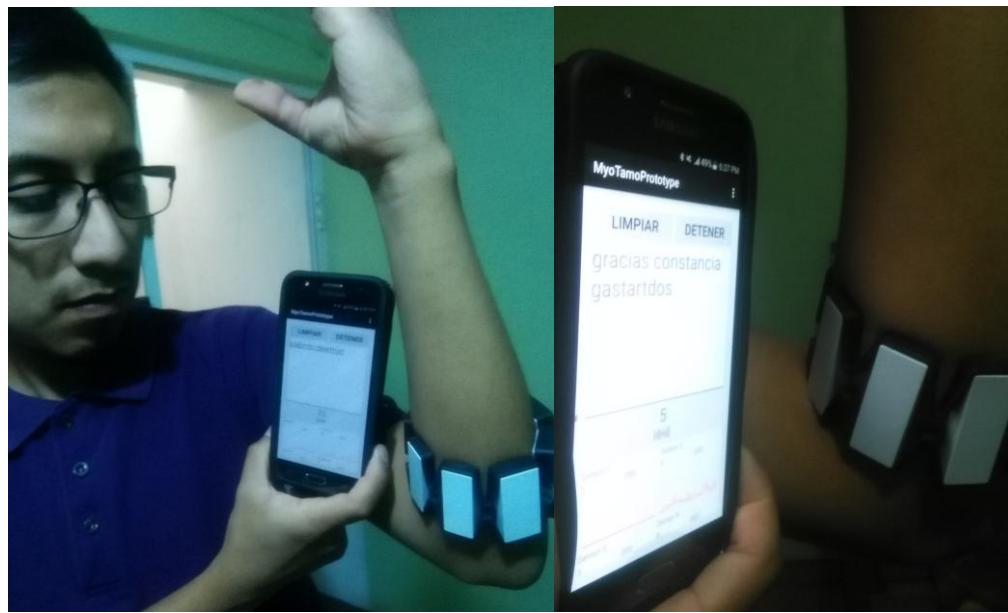


Figura 47: Fotografías de pruebas generales realizadas al sistema.

Seña	Número de éxitos	Porcentaje de acierto	Comúnmente se confunde con	Calificación (0 = Malo, 10 = Bueno)
A	82/100	82%	L, N	9
B	80/100	80%		9
C	65/100	65%	O, E	7
D	74/100	74%		8
E	68/100	68%	C	7
G	77/100	77%		8
H	61/100	61%	M, N	7
I	92/100	92%		10
L	65/100	65%	A	7
M	70/100	70%		8
N	59/100	59%	G, H	6
O	90/100	90%		10
P	89/100	89%		10
R	79/100	79%	U	8
S	80/100	80%	T	9
T	88/100	88%		9
U	62/100	62%	R	7

Tabla 38: Resultados de 100 pruebas generales sobre la detección de señas en el prototipo.

A través de estas pruebas se logró detectar cuando y en qué condiciones el prototipo tiene mayor o menor capacidad de reconocimiento de las señas conocidas por él, anotando estos resultados en la Tabla 39.

Momento de Clima del día		Sensación termina para el usuario	Actividad física	Nivel de detección
Mañana	Soleado	Agradable	Sin esfuerzo que demandara cansancio	Alto
Tarde	Soleado	Caluroso	Labor física con cansancio	Bajo
Noche	Soleado	Caluroso	Sin esfuerzo que demandara cansancio	Bajo
Mañana	Parcialmente nublado	Poco Frio	Sin esfuerzo que demandara cansancio	Alto
Tarde	Parcialmente nublado	Agradable	Labor física con cansancio	Mediano
Noche	Parcialmente nublado	Agradable	Sin esfuerzo que demandara cansancio	Bajo
Mañana	Nublado con probabilidad de lluvia	Poco Frio	Sin esfuerzo que demandara cansancio	Alto
Tarde	Nublado con probabilidad de lluvia	Agradable	Labor física con cansancio	Bajo
Noche	Nublado con probabilidad de lluvia	Poco Frio	Sin esfuerzo que demandara cansancio	Mediano

**Tabla 39:** Nivel de detección de señas bajo condiciones específicas.

## CONCLUSIONES

Las Personas con discapacidad auditiva (PDA o Sordos) son un grupo apartado, pues la diferencia entre su idioma y el de los Oyentes dificulta su participación social en momentos donde la comunicación es esencial (charlas, debates, solicitudes, etc.). A pesar de la creación de medidas o leyes para la integración de las Personas con discapacidad, en la práctica, son insuficientes, ya sea por falta de inversión, el desinterés o desconocimiento de las personas. Ante dicha falta de aplicación de medidas que apoyen a esta población, es necesario e importante motivar, inspirar y promocionar el desarrollo de medios con los cuales puedan desenvolverse con la menor dificultad posible.

Cuando el idioma es diferente se convierte en un elemento que dificulta la interacción entre dos individuos, dos comunidades, etc. Si todos en el mundo manejáramos la misma lengua, tal vez las cosas serían más sencillas; sin embargo además de perder parte de la diversidad y distinción cultural de las diferentes regiones del mundo, manejar un mismo idioma en el planeta no es posible por ahora; no obstante esta diferencia no representa una barrera irrompible. Por lo cual es posible superar los obstáculos causados por el idioma, sea mediante el estudio del idioma perteneciente a las personas con quienes se desea interactuar o por medio del desarrollo de aplicaciones tecnológicas que faciliten esta interacción.

Entonces es importante el desarrollo de aplicaciones tecnológicas capaces de facilitar la superación de los obstáculos causados por las diferencias entre idiomas o lenguas, especialmente para facilitar la comunicación con grupos de personas que por alguna razón tienen mayor dificultad que el resto para sostener una conversación o aprender un idioma diferente al nativo. Marcando la importancia del desarrollo de este tipo de aplicaciones tecnológicas, pues además de ayudar a reducir ciertas barreras entre personas, también pueden ayudar a la comprensión y mejora del dominio de idiomas distintos al nativo (es decir, servir como una herramienta educativa o de entrenamiento). Dando relevancia a proyectos con fines similares, pues estos mismos dejarán consigo una investigación que proveerá de valiosos resultados para mejorar o construir futuras herramientas en favor de la inclusión de personas.

Como consecuencia, el apoyo a este tipo de aplicaciones tecnológicas, además de ayudar a romper las barreras sociales entre personas con diferentes idiomas o lenguas, también apoya la mejora de la calidad de vida de algunos grupos de personas como es el caso de la comunidad de Sordos, pues un intérprete tecnológico de su lengua les ayudaría a ser más independientes, posiblemente tener mayores posibilidades educativas y mejorar su situación o posibilidad laboral. Postulando así al presente proyecto a ser una de las primeras incursiones o aplicaciones portables para la interpretación de una Lengua de Señas (es decir, un lenguaje que emplea movimientos manuales y gestuales para decir o expresar alguna idea o acción), pues a pesar de existir aplicaciones con el mismo fin (la interpretación de la Lengua de Señas) en el presente proyecto se utilizó un mecanismo casi desconocido para el fin mencionado, siendo este la Pulsera MYO (un dispositivo capaz de leer la información de Electromiografía o actividad eléctrica de los músculos de la zona del antebrazo donde este colocada).

Sin embargo el desarrollo de aplicaciones con la Pulsera MYO es complicada, especialmente al trabajar con la información de Electromiografía que se puede obtener de ella; pues los datos EMG (datos de Electromiografía) de la Pulsera suelen variación demasiado dentro de un segundo por diferentes factores como medios externos que influyen en los datos (por ejemplo el clima, la sensación térmica, etc.), o medios internos (por ejemplo el cansancio o desgaste muscular, la estática generada por los bellos de la piel, la sobre posición de un músculo contra otro causando que las señales eléctricas de ambos se combinen o distorsionen, etc.). Siendo estas complicaciones razón por la cual aun con el presente proyecto, existe la necesidad de realizar más estudios sobre la Electromiografía a través de la Pulsera MYO para la detección de gestos manuales específicos. Cabiendo agregar que el presente proyecto y el prototipo desarrollados en él, al ser de las primeras aplicaciones en llevar a cabo dicha tarea con la Pulsera, está aportando información que podría ser de ayuda a futuros desarrollos con fines similares. Con lo cual se aporta un estudio en apoyo a la apertura de un camino más para la inclusión de las Personas con discapacidad auditiva y los Oyentes.

Lamentablemente, aún falta un largo camino por recorrer para la obtención de un prototipo completamente funcional y útil verdaderamente para las Personas con discapacidad auditiva. Pues muchos de los aspectos conseguidos en este proyecto pueden ser superados con el estudio del mismo u otros métodos o caminos para lograr así la interpretación de todas las señas de la LSM (Lengua de Señas Mexicano) y tal vez aplicar este mismo método a las Lenguas de Señas de otros países.

## TRABAJOS FUTUROS

El prototipo alcanzado en el presente trabajo ha logrado cumplir con las expectativas y objetivos planteados al inicio, sin significar esto el límite de él, pues el prototipo desarrollado no es aun lo suficientemente fiable para considerársele como un producto funcional y listo para ser liberado al público, por lo contrario, el mismo aún requiere de apoyo tal como más estudios con el fin de dar mayor precisión al prototipo y ampliar el número de señas que este sea capaz de reconocer. Pues el sistema desarrollado podría ser enriquecido con el anexo de mejores características. Abriendo la posibilidad para perfeccionar el reconocimiento de Señas mediante la mejora de los procesos de análisis de la información de Electromiografía y el manejo del resultado de dicho análisis.

Además de ser necesario el diseño y aplicación de pruebas que pongan el prototipo aprueba en un entorno real entre Personas con discapacidad auditiva y Oyentes; para descubrir sus los posibles fallos del prototipo tanto en el sistema de reconocimiento de Señas, como en la interfaz del mismo.

Entre otras características que aún deben ser mejoradas en el prototipo, está el algoritmo predictor de palabras para que sea más eficiente, así como el anexo un mayor número de palabras con las cuales el predictor sea capaz de trabajar para predecir la siguiente palabra que se esté escribiendo o corregir la palabra que se escriba.

Por otra parte, entre las características que pueden ser agregadas al prototipo destaca la posibilidad de implementar el uso de voz artificial para reproducir las palabras generadas en forma de texto (facilitando la comprensión del mensaje para los Oyentes a quienes se les evita la necesidad de leer el mensaje), dando paso a la posibilidad de existir una comunicación entre Personas con discapacidad auditiva y Oyentes analfabetas. También destaca la posibilidad de desarrollar una Aplicación o agregar mecanismos al prototipo que permitan el entrenamiento y creación de un perfil de usuario, para que así el sistema tenga la capacidad de reconocer a las Señas de la LSM realizadas por diferentes usuario con solo utilizar o cargar en la aplicación el perfil de este; siendo posible que el manejo de estos perfiles de usuario se haga mediante el uso de servidores (internet), lo que obliga al usuario a estar conectado a alguna red con acceso a internet, aunque estos perfiles también podrían ser manejados de forma local (es decir, dentro del propio dispositivo móvil aun cuando esto implique la inversión adicional de recursos del Dispositivo Android para el funcionamiento del prototipo).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Admin Noticias Medicina. (2013). *Nuevo Brazalete MYO, Controla la tecnología con electromiografía para discapacitados*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Portal Medico: <http://portalmedico.co/nuevo-brazalete-myo-controla-la-tecnologia-con-electromiografia-para-discapacitados/>
- Alloy Wire International. (2016). *Acero inoxidable 316LVM*. Recuperado el Mayo de 2016, de [http://www.alloywire.com/spanish/alloy\\_stainless\\_steel\\_316\\_LVM.html](http://www.alloywire.com/spanish/alloy_stainless_steel_316_LVM.html)
- Almira, J. (2005). *Matemáticas para la recuperación de señales: Una introducción*. Grupo editorial Universitario (Granada). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.casadellibro.com/libro-matematicas-para-la-recuperacion-de-senales-una-introduccion/9788484915195/1059884>
- Amaro Calderón, S. D., & Valverde Rebaza, J. C. (2007). *Metodologías Ágiles*. Recuperado el Septiembre de 2015, de UNET Virtual: [https://uvirtual.unet.edu.ve/pluginfile.php/268695/mod\\_resource/content/1/Metodologias%20Agiles.pdf](https://uvirtual.unet.edu.ve/pluginfile.php/268695/mod_resource/content/1/Metodologias%20Agiles.pdf)
- Artigues, A. (2014). *Controla los dispositivos electrónicos como si fueras un Jedi con la pulsera MYO*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Xombit: <http://xombit.com/2014/07/controla-los-dispositivos-electronicos-como-si-fueras-un-jedi-con-la-pulsera-myo>
- Bejarano Bejarano, O. L., & Vargas Díaz, J. (2010). *Orientaciones pedagógicas para la atención y la promoción de la inclusión de niñas y niños menores de seis años con Discapacidad Auditiva*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Instituto Colombiano de Bienestar Familiar: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/RecursosMultimedia/Publicaciones/Editoriales1/CARTILLA-AUDITIVA-4.pdf>
- Cervantes López, D. (2015). Aplicación multimedia didáctica como apoyo al aprendizaje de los verbos y vocabulario para personas con discapacidad auditiva. Xalapa, Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Recuperado el Octubre de 2015
- Coello Blanco, L., Casas, L., Pérez González, O., & Caballero Mota, Y. (2015). Redes neuronales artificiales en la producción de tecnología. *Revista Academia y Virtualidad*, 8(1), 12-20. Recuperado el Junio de 2016, de [https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiG16L8w4rNAhVBFVIKHXOKBo8QFgghMAI&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5104742.pdf&usg=AFQjCNFIKxDVrT\\_pmIF-d7nflB981luzfQ&sig2=evrUyRpHMq](https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiG16L8w4rNAhVBFVIKHXOKBo8QFgghMAI&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5104742.pdf&usg=AFQjCNFIKxDVrT_pmIF-d7nflB981luzfQ&sig2=evrUyRpHMq)
- Collorana, J. R. (2009). *FDD (Feature Driven Development)*. Recuperado el Octubre de 2015, de Ingeniería de software: [http://ingenieriadessoftware.mex.tl/61162\\_FDD.html](http://ingenieriadessoftware.mex.tl/61162_FDD.html)
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2012). *¿Qué es la discapacidad?* Recuperado el Septiembre de 2015, de Librería Digital: [http://200.33.14.34:1033/archivos/pdfs/Var\\_104.pdf](http://200.33.14.34:1033/archivos/pdfs/Var_104.pdf)
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2015). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que reforma la de 5 de Febrero de 1857*. Recuperado el Agosto de 2015, de Cámara de Diputados: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_100715.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_100715.pdf)

- Constitución Política del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (2013). *Constitución Política del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Veracruz: [http://www.veracruz.gob.mx/oficinadelgobernador/files/2014/06/CONSTITUCION\\_POLITICA\\_29\\_08\\_13.pdf](http://www.veracruz.gob.mx/oficinadelgobernador/files/2014/06/CONSTITUCION_POLITICA_29_08_13.pdf)
- Cruz C., J. (2013). *Incluir a los sordos en la educación media superior y superior, problema complejo*. Recuperado el Septiembre de 2015, de DGCS: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013\\_464.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_464.html)
- Declaración de Yucatán sobre los derechos de las Personas con Discapacidad en las Universidades. (2008). *Declaración de Yucatán sobre los derechos de las Personas con Discapacidad en las Universidades*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Reddu: [http://www.reddu.org.mx/reddu2/images/stories/documentos/mas\\_documentos/DECLARACION\\_YUCATAN\\_ok.pdf](http://www.reddu.org.mx/reddu2/images/stories/documentos/mas_documentos/DECLARACION_YUCATAN_ok.pdf)
- DeveloperBlog.MYO. (2014a). [EMG] [DEVELOPER NEWS] Raw and Uncut Drops Today. Recuperado el Febrero de 2016, de MYO Blog: <http://developerblog.myo.com/raw-uncut-drops-today/>
- DeveloperBlog.MYO. (2014b). [4 MINUTE READ] [EMG] [DEVELOPER NEWS] Big Data: Raw EMG Free for Developers in December. Recuperado el Febrero de 2016, de <http://developerblog.myo.com/big-data/>
- DeveloperBlog.MYO. (2015a). #MyoCraft: Logging IMU and Raw EMG Data. Recuperado el 11 de Mayo de 2016, de <http://developerblog.myo.com/myocraft-logging-imu-and-raw-emg-data/>
- DeveloperBlog.MYO. (2015b). #MyoCraft: EMG in the Bluetooth Protocol. Recuperado el Mayo de 2016, de <http://developerblog.myo.com/myocraft-emg-in-the-bluetooth-protocol/>
- Dianne Dellinger, K. F., & Steve Parkhurst, A. E. (1999). *Lenguaje de signos mexicano. La identidad como lenguaje del sistema de signos mexicano*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Mexico SIL: <http://www-01.sil.org/mexico/lenguajes-de-signos/G009e-Identidad-mfs.pdf>
- ENADIS: Encuesta Nacional sobre Discriminación en México. (2010). *Encuesta Nacional sobre Discriminación en México / Enadis 2010 Resultados sobre personas con discapacidad*. Recuperado el Septiembre de 2015, de CONAPRED: <http://www.conapred.org.mx/userfiles/files/Enadis-PCD-Accss.pdf>
- F. Rodríguez, C., A. Quintero, H., E. Gutiérrez, D., & A. Ashner, H. (2005). *Desarrollo de una herramienta de análisis de movimiento para brazo humano*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Universitat Politècnica de Catalunya: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6826/04%29%20Desarrollo%20de%20una%20herramienta%20de%20an%C3%A1lisis%20de%20movimiento%20para%20brazo%20humano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ferrer, G., & Xavier. (2011). Principio Básicos de Usabilidad para Ingenieros de Software. Recuperado el Mayo de 2015, de <http://is.ls.fi.upm.es/xavier/papers/usabilidad.pdf>
- Fowler, M. (1999). *UML Gota a Gota*. D.F, México: Addison Wesley Longman de México S.A. de C.V. Recuperado el Septiembre de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=AL0YkFeaHwIC&printsec=frontcover&dq=isbn:9684443641&hl=es>

- 419&sa=X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMIk4W73vSTyAIVjSmICh1KtQxS#v=on  
epage&q&f=false
- Fundación Kovac. (2014). *Las pruebas neurofisiológicas: Electromiograma (EMG)*. Recuperado el Septiembre de 2015, de La Web de la Espalda: [http://www.espalda.org/divulgativa/diagnostico/pruebas\\_neurofisiologicas/pruebas.asp](http://www.espalda.org/divulgativa/diagnostico/pruebas_neurofisiologicas/pruebas.asp)
- Galindo, A. R., & Sumanó, Á. (2012). *Integración de Actividades de Ingeniería de Usabilidad dentro de Ancora*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Universidad Veracruzana: <http://www.uv.mx/mis/files/2012/11/GalindoSumanó.pdf>
- Gómez Dorado, F. (2013). *Conceptos y ejemplos de la metodología FDD*. Recuperado el Octubre de 2015, de Prezi: <https://prezi.com/2jyqs9kuno4w/fdd-feature-driven-development/>
- Google gesture. (s.f.). *Google*. Recuperado el Abril de 2016, de ADD Berghs+: En: <http://add.berghs.se/case/google-gesture>
- Hassan Montero, Y., & Martín Fernández, F. J. (2004). PROPUESTA DE ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO PARA EL DESARROLLO DE SITIOS WEB ACCESIBLES. *Revista Española de Documentación Científica*, 330-345. Recuperado el Septiembre de 2015, de Yusef Hassan Montero: [http://www.yusef.es/DCU\\_accesible.pdf](http://www.yusef.es/DCU_accesible.pdf)
- INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2013). *Las personas con discapacidad en México, una visión al 2010*. Recuperado el Agosto de 2015, de INEGI: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/discapacidad/702825051785.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/discapacidad/702825051785.pdf)
- Jiménez Romero, M. S. (2011). EL IMPLANTE COCLEAR EN POBLACIÓN INFANTIL. Córdoba, Veracruz, Mexico. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/5146/9788469447680.pdf?sequence=1>
- Letelier, P., & Penadés, M. (2006). *Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP)*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Ciencia y Técnica Administrativa: [http://www.cyta.com.ar/ta0502/b\\_v5n2a1.htm](http://www.cyta.com.ar/ta0502/b_v5n2a1.htm)
- Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación. (2014). *Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Cámara de Diputados: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/262.pdf>
- Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad. (2011). *Nueva ley publicada en el diario oficial de la Federación el 30 de mayo del 2011*. Recuperado el Agosto de 2015, de Cámara de Diputados: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD.pdf>
- Ley Para Prevenir y Eliminar la Discriminación en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (2013). *Ley Para Prevenir y Eliminar la Discriminación en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave*. Recuperado el Septiembre de 2015, de CONAPRED: <http://www.conapred.org.mx/leyes/Veracruz.pdf>
- Lobera Gracida, J., & Mondragón Marino, V. (2010). *Discapacidad auditiva Guía didáctica para la inclusión en educación inicial y básica*. Recuperado el Septiembre de 2015, de CONAFE: <http://www.conafe.gob.mx/educacioncomunitaria/programainclusioneducativa/discapacidad-auditiva.pdf>

- Mark. (2015a). *Warm up while wearing your Myo armband*. Recuperado el Septiembre de 2015, de MYO SUPPORT: <https://support.getmyo.com/hc/en-us/articles/203910089-Warm-up-while-wearing-your-Myo-armband>
- Mark. (2015b). *What devices is the Myo armband compatible with?* Recuperado el Septiembre de 2015, de MYO SUPPORT: <https://support.getmyo.com/hc/en-us/articles/202773768-What-devices-is-the-Myo-armband-compatible-with->
- Marpatida Caceres, J. (2012). *Ejemplo de FDD. Software para una entidad Financiera*. Recuperado el Octubre de 2015, de SlideShare: <http://es.slideshare.net/josesis/ejemplo-de-fdd>
- Miroslava Cruz, A. (2009a). *Gramática de la Lengua de Señas Mexicana*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Dialnet: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3071717>
- Miroslava Cruz, A. (2009b). Reflexiones sobre la Educación Bilingüe Intercultural para el sordo en México. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 133-145. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://www.rinace.net/rlei/numeros/vol3-num1/art9.pdf>
- Mochón, S., & Tlachy Anell, M. M. (2003). Un estudio sobre el promedio: concepciones y dificultades en dos niveles educativos. *15, núm. 3*. Distrito Federal, México: Grupo Santillana México. Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40515302>
- Oporto, M. (2009). *Discapacidad auditiva*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Educación especial: <https://moporto.wordpress.com/el-mundo-de-la-discapacidad/discapacidad-auditiva/>
- Organización Mundial de la Salud. (2015). *Sordera y pérdida de la audición*. Recuperado el Septiembre de 2015, de World Health Organization: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/>
- Oyanedel, J. P. (2013). *FayerWayer*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Thalmic Labs MYO: Un brazalete para controlar gadgets a través del movimiento: <https://www.fayerwayer.com/2013/02/thalmic-labs-myo-un-brazalete-para-controlar-gadgets-a-traves-del-movimiento/>
- Personal de Healthwise. (2015). *Electromiograma (EMG) y estudios de conducción nerviosa*. Recuperado el Septiembre de 2015, de UW Health: <http://www.uwhealth.org/spanishhealth/topic/medicaltest/electromiograma-emg-y-estudios-de-conducci%C3%B3n-nerviosa/hw213852.html>
- PMOinformatica.com. (2012). *5 Preguntas y respuestas sobre el Feature Driven Development (FDD)*. Recuperado el Octubre de 2015, de PMOinformatica.com: <http://www.pmoinformatica.com/2012/11/5-preguntas-y-respuestas-sobre-el.html>
- Porrero Miret, C. R. (2000). Discapacidad y calidad de vida. *Jornadas Nacionales de Psicogeriatría*, págs. 90-91. Recuperado el Septiembre de 2015, de La Ardilla Digital: <http://ardilladigital.com/DOCUMENTOS/CALIDAD%20DE%20VIDA/CALIDAD%20DE%20VIDA%20Y%20BUENA%20PRACTICA/Discapacidad%20y%20calidad%20de%20vida%20-%20Rodriguez%20Parrera%20-%20articulo.pdf>
- Prajwal, P., Ayan, B., & Sandeep, K. G. (2016). *SCEPTRE: a Pervasive, Non-Invasive, and Programmable Gesture Recognition Technology*. Recuperado el Abril de 2016, de iIMPACT: <https://impact.asu.edu/Sceptre.html>

- Priego Pérez, F. P. (2012). Reconocimiento de imágenes del Lenguaje de Señas Mexicano. D.F., México. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://www.saber.cic.ipn.mx/cake/SABERsvn/trunk/Repositorios/webVerArchivo/535/1>
- Rivas Gil, M. (2006). *Unidad de medida inercial, Algoritmo de estimación e implementación software.* Recuperado el Mayo de 2015, de [http://bibing.us.es/proyectos/abreproj/11253/fichero/memoria%252F01\\_capitulo1.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproj/11253/fichero/memoria%252F01_capitulo1.pdf)
- Rodríguez Arteaga, C. M., & Cabrera Campos, A. (2010). La desventaja de la media aritmética: cómo tratarla en clases. 74,. Cuba. Recuperado el Junio de 2016, de [http://www.sinewton.org/numeros/numeros/74/Articulos\\_03.pdf](http://www.sinewton.org/numeros/numeros/74/Articulos_03.pdf)
- Santos Santos, S. (2004). Hipoacusia neurosensorial infantil: Estudio retrospectivo de factores de riesgo y etiología. Madrid, España. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/med/ucm-t27962.pdf>
- Serafín de Fleischmann, M. E., & González Pérez, R. (2011). *Manos con voz. Diccionario de Lengua de Señas Mexicana.* D.F., México: Conapred y Libre Acceso A.C. Recuperado el Septiembre de 2015, de [http://www.conapred.org.mx/index.php?contenido=documento&id=261&id\\_opcion=147&op=215](http://www.conapred.org.mx/index.php?contenido=documento&id=261&id_opcion=147&op=215)
- Serna M., E. (2015). *Avances en Ingeniería* (1 ed.). Medellín, Antioquia, Colombia: Instituto Antioqueño de Investigación. Recuperado el Abril de 2016, de <http://fundacioniai.org/Libro5.pdf>
- Shawn Lawton, H. (2008). *Simplemente pregunta: Integración de la accesibilidad en el diseño.* Recuperado el Septiembre de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=OK4ZAgAAQBAJ&pg=PA36&dq=dise%C3%B1o+de+interfaces+centrado+en+el+usuario&hl=es-419&sa=X&ved=0CCwQ6AEwAWoVChMIkMCQx8HTxwIVyMyACh3eJAUO#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20de%20interfaces%20centrado%20en%20el%20usuario&f=false>
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del software* (Séptima ed.). Madrid, España: PEARSON EDUCACION, S.A, y PEARSON ADDISON-WESLEY. Recuperado el Septiembre de 2015, de [https://books.google.com.mx/books?id=gQWd49zSut4C&pg=PA375&dq=desarroll o+por+prototipos&hl=es-419&sa=X&ved=0CCwQ6AEwA2oVChMIvoTL0o3bxwIVgcGACh3-5wZ\\_#v=onepage&q=desarrollo%20por%20prototipos&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=gQWd49zSut4C&pg=PA375&dq=desarroll o+por+prototipos&hl=es-419&sa=X&ved=0CCwQ6AEwA2oVChMIvoTL0o3bxwIVgcGACh3-5wZ_#v=onepage&q=desarrollo%20por%20prototipos&f=false)
- Soria Murillo, V. M. (2004). *Relaciones Humanas* (2<sup>a</sup> ed.). D.F, México: LIMUSA NORIEGA EDITORES. Recuperado el Septiembre de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=xl-mNgBMLfsC&pg=PA201&dq=importancia+de+la+comunicacion&hl=es-419&sa=X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMI0NKP8IHqxwIVDZyICh0PRAbt#v=onepage&q=importancia%20de%20la%20comunicacion&f=false>
- Sumano López, M. d. (2001). Áncora: Metodología para el Análisis de Requerimientos de Software conducente al Reusó. México. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://www.uv.mx/personal/asumano/files/2010/07/Guia.pdf>

- Tammy. (2014). *High-risk activities*. Recuperado el Septiembre de 2015, de MYO SUPPORT: <https://support.getmyo.com/hc/en-us/articles/201357175-High-risk-activities>
- Thalmic Labs Inc. (2015a). *MYO*. Recuperado el Septiembre de 2015, de <https://www.myo.com/>
- Thalmic Labs Inc. (2015b). *Hardware*. Recuperado el Mayo de 2016, de <https://www.myo.com/techspecs>
- The MathWorks, Inc. (2016). *Fast Fourier Transform (FFT)*. Recuperado el Junio de 2016, de [http://es.mathworks.com/help/matlab/math/fast-fourier-transform-fft.html?s\\_tid=gn\\_loc\\_drop](http://es.mathworks.com/help/matlab/math/fast-fourier-transform-fft.html?s_tid=gn_loc_drop)
- ThyssenKrupp Mexinox. (2016). *Acero Inoxidable 316L, Ficha técnica*. Recuperado el Mayo de 2016, de [http://www.mexinox.com.mx/documents/316L\\_Ficha\\_Tecnica.pdf](http://www.mexinox.com.mx/documents/316L_Ficha_Tecnica.pdf)
- Tortora, G. J., & Bryan, D. (2012). *Principios de Anatomía y Fisiología* (11a ed.). Editorial Medica Panamericana. Recuperado el Mayo de 2016
- UML. (2015). *Lenguaje de Modelado Unificado*. Recuperado el Septiembre de 2015, de <http://www.uml.org/>
- Universidad de Málaga. (2007). *Guía de orientación al profesorado del alumnado con discapacidad de la Universidad de Málaga*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Universidad de Málaga: <http://www.uma.es/publicadores/servcomunidad/wwwuma/439.pdf>
- Universidad de Oviedo. (1994). *IV Jornadas españolas de documentación automatizada documat 94*. Universidad de Oviedo.
- Valencia Villa, J. S., & Vallejo Velásquez, M. A. (2012). Redes Neuronales Artificiales Aplicadas al procesamiento de video. *Revista Politécnica*(14), 31 - 37. Recuperado el Junio de 2016, de [http://www.academia.edu/17769650/Redes\\_neuronales\\_artificiales\\_aplicadas\\_al\\_procesamiento\\_de\\_video](http://www.academia.edu/17769650/Redes_neuronales_artificiales_aplicadas_al_procesamiento_de_video)
- Velasco Santos, P., Sánchez Guerrero, L., Laureano Cruces, A. L., & Mora Torre, M. (2009). *Un diseño de interfaz: tomando en cuenta los estilos de aprendizaje*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Universidad Autónoma Metropolitana: [http://kali.azc.uam.mx/clc/02\\_publicaciones/material/InterfazYColor.pdf](http://kali.azc.uam.mx/clc/02_publicaciones/material/InterfazYColor.pdf)
- Vianna Raffo, G. (2007). *Modelado y control de un Helicóptero quadrotor*. Recuperado el Mayo de 2016, de [http://bibing.us.es/proyectos/abreproj/70017/fichero/Tesis\\_Master\\_GuilhermeRaffo.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproj/70017/fichero/Tesis_Master_GuilhermeRaffo.pdf)
- Vinasco, L. (2010). *Entrevista a Jorge Leal, creador del primer robot traductor del lenguaje de señas de Colombia*. Recuperado el Septiembre de 2015, de Portal de lenguas de Colombia: <http://www.lenguasdecolombia.gov.co/content/traductor-en-1%C3%ADnea-de-lenguas-de-se%C3%B3n-1-entrevista-jorge-leal-creador-del-primer-robot-traductor>

## **ANEXOS**

## **APÉNDICES**

- MANUAL DE USUARIO PARA LA APLICACIÓN “MYOTAMOPROTOTYPE”  
ANDROID VERSIÓN 4.4.