

**JUEGOS SERIOS PARA LA REHABILITACION FÍSICA DE PACIENTES.**

**PATOLOGIA: ATAXIA**

**LIBRO DE PROYECTO**

**Fernando García Tovar**

**Marcos Andrés Tocora Lasso**

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito**

**Proyecto de Grado**

**Programa Ingeniería de Sistemas**

**Bogotá D.C**

**2016**

## **Hoja de aprobación:**

Aprobado por la Directora de Proyecto en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito para optar al título de Ingeniero de Sistemas

**Olga Patricia Álvarez**  
**Directora Proyecto de Grado**

**Bogotá D.C. 5 y 26 de mayo de 2016 (Fecha Sustentación Proyecto)**

## **DEDICATORIA**

Este Proyecto de Grado lo dedicamos a Dios quién supo guiarnos por el buen camino, darnos fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándonos a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad o desfallecer en el intento.

A Nuestras familias quienes por ellos somos lo que somos. Para nuestros padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarnos con los recursos necesarios para estudiar. Ellos nos han dado todo lo que somos como personas, valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, y coraje para conseguir los objetivos. A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos para podernos realizar.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito por hacernos parte de ella y abierto las puertas a un seno Científico para poder estudiar nuestra carrera, así como también a nuestros docentes que nos brindaron su conocimiento y apoyo para no desfallecer en el proceso de desarrollo como profesionales día a día.

Agradecemos también a nuestra Directora de Proyecto la Ing. Olga Patricia Álvarez por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así como también por ayudarnos en la formulación y desarrollo del proyecto guiándonos durante todo el desarrollo del proyecto de grado.

Y para finalizar agradecemos a todos los que fueron nuestros compañeros de clase durante el desarrollo de los semestres pues gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral, aportaron en nuestra formación personal y profesional

## Glosario

**Ataxia:** Es una enfermedad hereditaria que ocasiona daño progresivo al sistema nervioso, originando alteraciones que van desde la debilidad muscular y problemas de dicción, hasta enfermedad cardíaca

## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| Resumen .....   | 7  |
| Introducción.....   | 8  |
| Estado del Arte.....  | 9  |
| Desarrollo técnico de las terapias de rehabilitación física ..... | 22 |
| Conclusiones .....  | 29 |
| Bibliografía .....  | 30 |

## Resumen

En este libro se presenta una alternativa para el tratamiento de la ataxia (enfermedad que afecta la coordinación y fuerza del cuerpo) basado en un conjunto de juegos de realidad aumentada que permitirían a los pacientes desarrollar una serie de ejercicios sin la necesidad de desplazarse a centros especializados, logrando así llegar a un mayor segmento creando un progreso con respecto a la enfermedad, puesto que a mayor cantidad de terapias mejor calidad de vida de la persona y adicionalmente genera una democratización de aquellos que sufren esta patología, buscando alcanzar como fin último el fácil acceso a la salud como derecho primordial de la sociedad civil.

## Introducción

La ataxia es una enfermedad genética que afecta el sistema nervioso y causa dificultad de movimiento, afectando la coordinación, fuerza de sus extremidades y problemas de lenguaje, con una frecuencia de 1 de cada 40.000 personas [18]. Al ser una enfermedad que actualmente no tiene cura, se propone el uso de la tecnología en específico de la realidad aumentada y el desarrollo de software, para crear un conjunto de juegos que permitan al paciente desarrollar las terapias definidas por los especialistas desde la comodidad de su hogar.

Estas terapias van a comprender el uso de miembros superiores e inferiores basados en la escala SARA, lo cual ayudara a los pacientes en su constante proceso de rehabilitación. Durante el proceso se presentarán variaciones de las terapias convencionales expuestas en la Escala con el fin de mejorar el proceso de rehabilitación de los pacientes a largo plazo.



## Estado del Arte

[16]

### ❖ ¿Qué son las Enfermedades Neuro-Musculares (ENM)?

La ASEM (Asociación Española de Enfermedades Neuromusculares) define como: Las enfermedades neuromusculares son un conjunto de más de 150 enfermedades neurológicas, de naturaleza progresiva, en su mayoría de origen genético y su principal característica es la pérdida de fuerza muscular. Son enfermedades crónicas que generan gran discapacidad, pérdida de la autonomía personal y cargas psicosociales. Todavía no disponen de tratamientos efectivos, ni curación. Su aparición puede producirse en cualquier etapa de la vida, pero más del 50% aparecen en la infancia. [1]

La ADM (Asociación Distrofia Muscular para las enfermedades neuromusculares) lo define como: Las enfermedades neuromusculares (ENM) son enfermedades de carácter genético, generalmente hereditarias, y afectan los músculos o los nervios que los controlan. En su mayoría son progresivas y llevan a la discapacidad. Algunas de ellas, como ciertas Distrofias Musculares, atacan a los niños conduciéndolos a la invalidez física. Algunas de ellas, particularmente severas, son de pronóstico fatal ya que afectan la musculatura respiratoria o el corazón. Otras, igualmente graves, pueden aparecer en la adolescencia o en la vida adulta, pudiendo ser de carácter familiar o aparecer esporádicamente. [2]

Pudiendo estar afectados: El músculo, la unión neuromuscular (donde se junta el nervio con el músculo), el nervio periférico (en brazos, piernas, cuello y cara), la moto-neurona espinal (células nerviosas que controlan la acción de los músculos). Su aparición puede producirse en cualquier etapa de la vida, tanto en el nacimiento, como en la adolescencia, o en la edad adulta.

Se encuentran dentro del grupo de las denominadas enfermedades raras.

Las causas de las ENM son muy diferentes. Incluso, en muchas enfermedades, no se conoce aún el origen pero se investiga activamente para determinarlo.

Algunos tipos de Ataxia tienen bastante similitud con las enfermedades neuromusculares, o incluso, pudieran considerarse como tales.

## ❖ Clasificación ENM

No existe un único criterio específico a la hora de clasificar las ENM ya que puede hacerse desde el punto de vista fisiopatológico, clínico o bien dar prioridad a otros conceptos como la forma de transmisión hereditaria. Actualmente tiene interés la clasificación basada en la biología molecular, clasificándolas dentro de un mismo conjunto de síntomas.

En la clasificación que se expone a continuación no se incluirán las enfermedades neuromusculares secundarias (tóxicas, endocrinas, infecciosas, medicamentosa, etcétera) ni las alteraciones asociadas a problemas sensitivos y/o del sistema nervioso central.

Los principales tipos de enfermedades neuromusculares son:

**1. Distrofias musculares:** Las distrofias musculares (DM) afectan predominantemente al músculo estriado y son debidas a un defecto en alguna de las proteínas que forman parte de la fibra muscular, ya sean estructurales o enzimáticas.

**2. Miopatías distales:** Son un grupo de enfermedades con patrón de herencia autosómico recesivo o dominante. La afectación es predominantemente en la musculatura distal de miembros inferiores, y según el tipo será afectará fundamentalmente al compartimento anterior o posterior de las piernas.

**3. Miopatías congénitas:** Dentro de este grupo se distinguen varios tipos de enfermedades, con patrón de herencia variable. Estas enfermedades se producen por un defecto en el desarrollo del músculo, lo cual produce unas alteraciones características en la biopsia muscular, específicas de cada uno de los tipos de miopatía congénita. Suelen diagnosticarse poco después del nacimiento (de ahí lo de congénitas) al observar que el bebé se mueve poco, está débil y adopta posiciones anormales o no se alimenta correctamente.

**4. Distrofia miotónica de Steinert:** Es la distrofia muscular más frecuente. Los síntomas suelen aparecer de forma más precoz y suelen ser más graves en generaciones sucesivas. Existen formas congénitas (muy graves y a menudo letales) y formas de inicio más tardío.

Se caracteriza por la aparición de una debilidad progresiva de los músculos faciales, elevadores de párpados, distales de extremidades rigidez miotónica. Lo que caracteriza y da nombre a esta enfermedad es la dificultad para relajar los músculos después de una contracción mantenida, lo que se denomina “fenómeno miotónico”.

**5. Miotonías congénitas:** Se manifiestan desde el nacimiento o en la infancia. Es una miotonía difusa que se agrava con el frío y mejora con el movimiento (después de una contracción, aparece una lentitud anormal de la relajación muscular referida como contractura muscular).

Se trata de enfermedades no progresivas que producen una invalidez, en general, moderada durante toda la vida.

**6. Parálisis paródicas familiares:** Se manifiesta con episodios de parálisis, con una duración y frecuencia variables. Afectan a los cuatro miembros, y son provocados por: el descanso tras el ejercicio, una comida muy salada y/o rica en azúcares, la exposición al frío, un episodio febril o un traumatismo físico o psíquico. En general, no existen molestias entre las crisis.

**7. Enfermedades musculares inflamatorias:** Se trata de un grupo de enfermedades adquiridas (no hereditarias) de causa inmunológica.

Son enfermedades inflamatorias del músculo que aparecen en la infancia o en la edad adulta. Se caracterizan por la presencia de mialgias y debilidad de los músculos predominantemente proximales (hombros, pelvis y cuello).

**8. Miositis osificante progresiva:** Es una enfermedad que se manifiesta en la infancia. Se producen crisis de osificación de los músculos que se vuelven “duros como piedras” (el hueso empieza a comer al músculo). Estas osificaciones producen limitaciones articulares y deformidades.

Su evolución se produce por brotes o por crisis a lo largo de toda la vida.

**9. Miopatías metabólicas:** Se trata de un grupo de enfermedades genéticamente determinadas, cuya base etiopatogénica es la dificultad para obtener energía por parte de la fibra muscular.

**10. Enfermedades de la unión neuromuscular:** Se caracteriza por presentar una debilidad muscular de intensidad y duración variables que pueden afectar a cualquier músculo. Esta debilidad puede aumentar con el esfuerzo y/o con la repetición del movimiento.

**11. Amiotrofias espinales:** Las Amiotrofias espinales constituyen un grupo de enfermedades caracterizadas por la pérdida o degeneración de las neuronas del asta anterior de la médula espinal. El mal funcionamiento de estas neuronas hace que el impulso nervioso no pueda transmitirse correctamente y, por tanto, los movimientos y el tono muscular se ven afectados. Inicialmente, están más afectados los músculos proximales y la debilidad en los miembros inferiores suele ser generalmente mayor que la de los miembros superiores.

**12. Neuropatías hereditarias sensitivo-motoras:** Las neuropatías hereditarias forman un grupo muy frecuente de enfermedades genéticas. Las formas más conocidas son aquellas que se heredan de forma autosómica dominante, que afectan a la mielina de los nervios y se manifiestan en la infancia.

❖ **Ataxia [2]**

- **¿Qué es ataxia?**

La AMA (Asociación Madrileña de Ataxias) la define como: La ataxia es, en principio, un síntoma, no es una enfermedad específica o un diagnóstico. Ataxia quiere decir torpeza o pérdida de coordinación.

La ataxia puede afectar a los dedos, manos, extremidades superiores e inferiores, al cuerpo, al habla, o a los movimientos oculares. Esta pérdida de coordinación puede ser causada por varios y diversos condicionantes médicos y neurológicos.

Por otra parte, y englobando un cierto número de cuadros clínicos definidos, estas enfermedades tienen un denominador común entre ellas, la progresiva alteración del equilibrio al ponerse de pie y caminar, junto con una falta de coordinación de las extremidades. [3]

La Asociación Sevillana de Ataxias la define como: La ataxia es un trastorno de la coordinación del movimiento que comporta una desviación del segmento corporal o segmentos corporales que lo está(n) realizando, de la línea ideal que deben seguir durante su recorrido. La coordinación se encarga de regular adecuadamente el momento de entrada y salida de los grupos musculares que intervienen en el movimiento, en función del espacio y tiempo en que se realiza; es decir, se pretende que el movimiento se realice con el máximo de precisión y con el mínimo desgaste. [4]

- **Origen**

A menudo, la ataxia es causada por la pérdida de función en la parte del sistema nervioso central que sirve como "centro de coordinación", que es el cerebelo.

El cerebelo se localiza en la parte de atrás y más baja de la cabeza. La parte derecha del cerebelo controla la coordinación en la parte derecha del cuerpo, y la parte izquierda controla la coordinación de la izquierda. La parte central del cerebelo está involucrada en coordinar los complejos movimientos de andar o caminar. Otras partes del cerebelo ayudan a coordinar los movimientos de los ojos, el hablar y el tragar.

- **Ataxias más frecuentes [5]**

- o **La ataxia de Friedreich (AF)**

Es la más frecuente de las Ataxias Hereditarias (AH) y representa casi la mitad de los casos de las AH.

Los Síntomas generalmente primero comienzan a aparecer en niñez entre las edades de ocho y 15 años. Hay deformidad definitiva de los pies, tales como altos arcos o curvatura anormal de las puntas llamadas las puntas del martillo. Además la espina dorsal se puede curvar a una escoliosis llamada cara.

Hay daño al nervio óptico dando por resultado ceguera, y puede haber pérdida de oído también. Los Pacientes son a menudo diabéticos y pueden sufrir de la cardiomiopatía hipertrófica dando por resultado el espesamiento anormal de los músculos del corazón.

- o **Ataxia Episódica**

Este es otro tipo raro de ataxia hereditaria. Hay combates o episodios de la ataxia entremezclados con períodos normales sin la ataxia. Los Combates pueden durar por minutos a las horas.

Los Combates vienen después de disparadores específicos tales como tensión, ejercicio o entusiasmo. Los síntomas comienzan en adolescencia y pueden desaparecer totalmente después de que la persona alcance Edad Media.

- o **Ataxias Detectadas**

Los síntomas son similares a las ataxias hereditarias pero son rápidos en inicio. Además pueden resultar después de ciertas enfermedades o condiciones tales como recorridos, esclerosis múltiples, etc.

- o **Ataxia cerebelosa del último inicio Idiopático (ILOA)**

Estas ataxias son raras y comienzan generalmente alrededor de la edad de 50 y después empeoran progresivamente con tiempo. Hay síntomas que afectan a recorrer, al balance, al sueño perturbado, a la visión doble, a cambios cognoscitivos, a baja de memoria, a incontinencia urinaria, etc.

- **Estadísticas**

- En cifras globales, existen más de 60.000 afectados por enfermedad neuromuscular en toda España. [6]
- Mundialmente, la Ataxia de Friedreich (AF) afecta a una de cada 50,000 personas, haciéndola la más común en un grupo de enfermedades llamadas ataxias hereditarias. [7]
- La AF típicamente tiene su inicio en la niñez, entre los 10 y los 15 años de edad, pero ha sido diagnosticada en personas desde los 2 hasta los 50 años. Un inicio temprano generalmente se asocia con un curso más severo. [7]
- Unas dos terceras partes de las personas con AF desarrollan curvatura de la columna, o escoliosis, la que puede causar dolor y deterioro de la habilidad de respirar al distorsionar la cavidad del pecho e interferir con el funcionamiento de los pulmones. [7]
- Las anomalías cardíacas ocurren en un 75 por ciento de personas con FA, pero varían grandemente en su severidad. Algunas personas con FA tienen anomalías tan leves que solamente se notan a través de pruebas de laboratorio especializadas. Sin embargo, otros tienen problemas cardíacos que ponen en peligro la vida, haciendo de los fallos cardíacos una causa principal de muerte en la FA. [7]
- Alrededor del 10 por ciento de personas con FA tienen diabetes y otro 20 por ciento tienen una forma leve de diabetes llamada intolerancia a la glucosa. Ambas ocurren cuando el páncreas reduce su producción de insulina, la cual ayuda al cuerpo a almacenar y utilizar azúcar (glucosa). [7]
- Los estudios de las décadas de 1980 y 1990 descubrieron que la expectativa de vida promedio de personas con FA era de unos 30 a 40 años después del diagnóstico, siendo las enfermedades cardíacas y la diabetes las causantes de mayor riesgo de fallecimiento. Avances médicos recientes han hecho que estas condiciones sean menos mortales que en el pasado. [7]
- Aproximadamente 1 de cada 100 norteamericanos es portador de la FA, pero en ciertos grupos étnicos la frecuencia es mayor. [7]

- Como regla general, un niño con un hermano biológico afectado por la FA tiene una probabilidad de 25 por ciento de heredar la enfermedad. [7]
- La ataxia de Friedreich (FDRA) es la forma más común de ataxia hereditaria. En Colombia constituye un 24% del total de las ataxias degenerativas. [8]
- Alrededor de 8.000 personas sufren algún tipo de ataxia hereditaria o falta de descoordinación en el cuerpo en España. [9]
- Menos del 1% de las enfermedades raras cuentan actualmente con terapias. La mayoría de las enfermedades restantes cuentan sólo con tratamientos para atenuar los síntomas y mantener la calidad de vida del paciente. [10]

- **Diagnóstico**

Los médicos diagnostican la Ataxia realizando un cuidadoso examen clínico, que incluye un historial médico y un minucioso examen físico. [11]

Como siempre en medicina, la anamnesis (entrevista clínica realizada por el médico sobre la sintomatología del paciente) y la exploración física son una parte fundamental para orientar el diagnóstico de la ataxia. Una exploración neurológica detallada resulta imprescindible. Si se sospecha fuertemente esta patología, debe ser evaluado de forma exhaustiva por un médico especialista. [12]

Las pruebas que pueden realizarse incluyen lo siguiente:

- o Electromiograma (EMG), que mide la actividad eléctrica de las células musculares.
- o Estudio de conducción de los nervios, que mide la velocidad a la que los nervios transmiten los impulsos.
- o Electrocardiograma (EKG), que da una presentación gráfica de la actividad eléctrica o patrón de pulsaciones del corazón.
- o Ecocardiograma, que registra la posición y movimiento del músculo del corazón.
- o Exploraciones de imágenes de resonancia magnética (MRI) o tomografía computarizada (CT), que proporciona una imagen del cerebro y la médula espinal, algún daño en estos pueda ser el origen de la ataxia.

- o Derivación o punción espinal para evaluar el líquido cerebroespinal.
- o Pruebas de sangre y orina para evaluar los niveles elevados de glucosa.
- o Pruebas genéticas para identificar el gen afectado.

Dentro del examen físico de diagnóstico, encontramos la siguiente escala para determinar la complejidad de la enfermedad del paciente:

- **Scale for the Assessment of Ataxia (SARA): Escala para la valoración de ataxia**

La escala SARA se usa frecuentemente en la evaluación de pacientes con diferentes tipos de ataxias. se considera actualmente la escala más cómoda y fiable para ataxias de cualquier origen. El resultado de la evaluación se expresa por un único número, evaluando cada uno de los ítems de la escala cuantitativamente, de acuerdo al criterio del especialista: [13]

| <b>1) Andar</b>   | <b>Puntuación</b> |
|---|-------------------|
| <p>Se le pide (1) caminar paralelamente una segura por una pared que incluye un medio giro (vuelta para enfrentar el sentido contrario de la marcha) y (2) para caminar en tándem (dedos del pie a los talones) sin apoyo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normal, no hay dificultades para caminar, girar y caminar en tándem (un máximo de un paso en falso permitido)</li> <li>2. Dificultades leves, sólo visible cuando camina 10 pasos consecutivos en tándem</li> <li>3. Claramente anormales, tándem para caminar &gt; 10 pasos no son posible</li> <li>4. Tambaleo considerable, dificultades en la media vuelta, pero sin apoyo</li> <li>5. Tambaleo marcado, apoyo intermitente de la pared requerida</li> <li>6. Tambaleo grave, apoyo permanente de un palo o apoyo ligero por un brazo requiere</li> <li>7. Andar &gt; 10 m sólo con un fuerte apoyo (dos palos especiales o cochecito o acompañante)</li> <li>8. Caminar &lt; 10 m sólo con un fuerte apoyo (dos palos especiales o cochecito o acompañante)</li> <li>9. No puede caminar, incluso con el apoyo</li> </ol> |                   |



|  |  |
|--|--|
| <p><b>2) Postura</b><br/> Se le pide que de pie (1) en su posición natural, (2) con pies juntos en paralelo (dedos gordos se toquen entre sí) y (3) en tándem (dos pies en una línea, sin espacio entre talón y dedo del pie). Sin usar zapatos, los ojos son abiertos. Para cada condición, se permiten tres ensayos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normal, pudiendo figurar en tándem durante &gt; 10 s</li> <li>2. Capaz de permanecer en pie con los pies juntos y sin influencia, pero no en tándem para &gt; 10s</li> <li>3. Capaz de permanecer en pie con los pies juntos durante &gt; 10 s, pero sólo con dominio</li> <li>4. Capaz de soportar durante &gt; 10 s sin apoyo en física posición, pero no con los pies juntos</li> <li>5. Capaz de soportar durante &gt; 10 s en posición natural sólo con apoyo intermitente</li> <li>6. Capaz de soportar &gt; 10 s en posición natural sólo con apoyo constante de un brazo</li> <li>7. No puede permanecer en pie &gt; 10 s, incluso con el apoyo constante de un brazo.</li> </ol> |  |
| <p><b>3) Sentarse</b><br/> Se le pide sentarse en una cama de examen sin apoyo de los pies, los ojos abiertos y los brazos extendidos hacia el frente.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normal, no hay dificultades sentado &gt; 10 seg</li> <li>2. Dificultades leves, balanceo intermitente</li> <li>3. Vaivén constante, pero capaz de sentarse &gt; 10 s sin apoyo</li> <li>4. Es capaz de sentarse durante &gt; 10 s sólo con el apoyo intermitente</li> <li>5. No puede sentarse durante &gt; 10 s sin el apoyo continuo</li> </ol>   |  |
| <p><b>4) Perturbación del habla</b><br/> El habla se evaluó durante la conversación normal.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normal</li> <li>2. Sugerencia de alteración del habla</li> <li>3. Deterioro del habla, pero fácil de entender</li> <li>4. Palabras ocasionales difíciles de entender</li> <li>5. Muchas palabras difíciles de entender</li> <li>6. Sólo palabras individuales comprensibles</li> <li>7. Imposible de entender</li> </ol>   |  |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>5) Persecución del dedo</b><br/> <b>Calificación por separado para cada lado</b><br/> Se sienta cómodamente. Si es necesario, el apoyo de los pies y del tronco es permitido. El examinador se sienta delante y realiza 5 movimientos rápidos y repentinos apuntándolo en direcciones impredecibles en un plano frontal. Los movimientos tienen una amplitud de 30 cm y una frecuencia de 1 movimiento cada 2 segundos. Se le pide que siga los movimientos con su dedo índice, lo más rápido y preciso posible. El rendimiento promedio de los 3 últimos movimientos es evaluado.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No disimetría</li> <li>2. Disimetría, bajo / excede el objetivo &lt; 5 cm</li> <li>3. Disimetría, bajo / excede el objetivo &lt;15 cm</li> <li>4. Disimetría, bajo / excede el objetivo &gt; 15 cm</li> <li>5. No se puede realizar 5 movimientos de apuntar</li> </ol> <p style="text-align: center;">Promedio de los dos lados (Derecha + Izquierda) / 2</p> |  |
| <p><b>6) Prueba de la nariz con los dedos</b><br/> <b>Calificación por separado para cada lado</b><br/> Se sienta cómodamente. Si es necesario, el apoyo de los pies y del tronco es permitido. Se pide señalar en varias ocasiones con el dedo índice desde su nariz hasta el dedo del examinador que está en frente, aproximadamente 90% de los alcance del individuo afectado. Los movimientos se realizan con una velocidad moderada. El rendimiento promedio de los movimientos es evaluado acuerdo con la amplitud del temblor cinético.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No temblor</li> <li>2. Temblor con una amplitud &lt;2 cm</li> <li>3. Temblor con una amplitud &lt;5 cm</li> <li>4. Temblor con una amplitud &gt; 5 cm</li> <li>5. No se puede realizar 5 movimientos de apuntar</li> </ol> <p style="text-align: center;">Promedio de los dos lados (Derecha + Izquierda) / 2</p>  |  |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>7) Alternando rápido los movimientos de la mano</b><br/> <b>Calificación por separado para cada lado</b><br/> Se sienta cómodamente. Si es necesario, el apoyo de los pies y del tronco es permitido. Se le pide que realice 10 ciclos de alternar repetitivamente de supinación de la mano en su muslo lo más rápido y preciso como sea posible. El movimiento se demuestra por el examinador en una velocidad de aproximadamente 10 ciclos dentro de 7 s. Los tiempos exactos para la ejecución del movimiento tiene que ser tomados.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normal, sin irregularidades (Realiza &lt;10s)</li> <li>2. Un poco irregular (realiza &lt;10s)</li> <li>3. Movimientos individuales claramente irregulares, difícil de distinguir o interrupciones pertinentes, realiza &lt;10s</li> <li>4. Muy irregulares, movimientos individuales difícil de distinguir o interrupciones pertinentes, realiza &gt; 10s</li> <li>5. No se ha podido completar 10 ciclos</li> </ol> <p style="text-align: center;">Promedio de los dos lados (Derecha + Izquierda) / 2</p> |  |
| <p><b>8) Deslizar Talón-Espinilla</b><br/> <b>Calificación por separado para cada lado</b><br/> Se encuentra en la cama del examen, sin ver sus piernas. Se le pide que levante una pierna, punto del talón a la rodilla opuesta, deslice hacia abajo a lo largo de la espinilla hasta el tobillo, y queda la pierna en la cama de examen. La tarea se realiza 3 veces. Los movimientos de deslizar hacia abajo deben llevarse a cabo dentro de 1 s. Si se desliza hacia abajo sin contactar la espinilla en los tres ensayos, evalúe con 4</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normal</li> <li>2. Ligeramente anormal, contacto a la espinilla se mantiene</li> <li>3. Claramente anormal, se va fuera la espinilla hasta 3 veces durante 3 ciclos</li> <li>4. Profundamente anormal, se va fuera la espinilla 4 o más veces durante 3 ciclos</li> <li>5. No se puede realizar la tarea</li> </ol> <p style="text-align: center;">Promedio de los dos lados (Derecha + Izquierda) / 2</p>  |  |

- **Tratamiento**

Con frecuencia se confunde tratamiento con curación. Si bien muchas (no todas) las enfermedades neuromusculares no se pueden “curar” (entendiéndose por curación la restitución total de la normalidad) todas pueden y deben ser tratadas.

Debe tenerse en cuenta que no existen enfermedades intratables. No debe confundirse incurable con intratable. El tratamiento aplicado desde todos los ángulos posibles contribuye a mejorar la calidad de vida del paciente. [14]

Los síntomas como el temblor, la rigidez, la espasticidad (aumento del tono muscular que provoca que algunos músculos se mantengan permanentemente contraídos), la debilidad muscular, u otras manifestaciones, pueden necesitar tratamiento farmacológico, quirúrgico, terapia física dirigida, terapia del habla o un asesoramiento adecuado. [15]

- o **Fármacos:** Existen medicamentos específicos para disminuir la repercusión clínica que producen algunos síntomas. En los casos en los que se sospeche o demuestre una causa infecciosa de origen bacteriano, deberá iniciarse la antibioterapia específica.
- o **Cirugía:** En los trastornos paraneoplásicos (diferentes conjuntos de síntomas que afectan a los pacientes de cáncer), la extirpación del tumor mejora los síntomas neurológicos en algunos pacientes.
- o **Controles médicos especializados,** para prevenir complicaciones específicas de cada enfermedad. (Cardiológicos, respiratorios, clínicos, neurológicos, etc.).
- o **Suplementos y nutrición:** La dieta sin gluten puede mejorar la ataxia asociada. Lo mismo sucede al administrar vitamina E en pacientes con ataxia de Friedreich, o al iniciar tratamiento con vitaminas B1.
- o **La terapia del habla:** Ayuda al paciente a mejorar problemas como la deglución y la dificultad para el habla y la comunicación.
- o **Terapia ocupacional:** El terapeuta puede ayudar al paciente a controlar su entorno diario (hogar, trabajo) de una forma más adecuada, práctica y autónoma. Esto puede implicar adaptaciones en el hogar y en el mobiliario (mejora de instalaciones, uso de silla de ruedas, etcétera).
- o **Asesoramiento:** Los pacientes con ataxia comúnmente se pueden sentir frustrados y más deprimidos, debido a los problemas de movilidad y coordinación que afectan a su rutina diaria y a sus relaciones sociales y

personales. Hablar con un psicoterapeuta y personal cualificado puede ser útil a la hora de afrontar y superar estos problemas y limitaciones.

- o **Terapia física y de rehabilitación:** A través del tratamiento de fisioterapia se pueden mejorar los síntomas motores, así como prevenir posibles problemas asociados. Los objetivos de tratamiento irán siempre encaminados a mantener el mayor nivel funcional de la persona, de manera que no se vea mermada su calidad de vida. En la ataxia el tratamiento de fisioterapia se basa en el estiramiento de la musculatura más rígida y espástica del tronco y de los miembros, fortaleciendo los músculos profundos estabilizadores del tronco. Así mismo, se trabaja el entrenamiento de los automatismos funcionales, la corrección postural, el equilibrio y la coordinación. Otro aspecto importante en el tratamiento es la reeducación de la marcha y el trabajo de las transferencias.

## Desarrollo técnico de las terapias de rehabilitación física

### 1. Diseño

Para el desarrollo de un juego serio que permita el diagnóstico y rehabilitación de pacientes con ataxia, es necesario contar con los siguientes componentes.

- a. **SARA:** es una escala clínica basada en una evaluación semi-cuantitativa de la ataxia cerebolar a un nivel de deterioro. Ésta cuenta con 8 ejercicios que permiten determinar el nivel de ataxia relacionados con marcha, postura, sentado, habla, movimientos alternativos rápidos, seguimientos de puntos y movimientos a través del cuerpo [2].
  - i. **Marcha:** Se le pide al paciente que (1) caminar en paralelo a una pared incluyendo un medio giro y (2) caminar en tándem (punta de pie - talón).
  - ii. **Postura:** Se le pide al paciente que (1) se pare en posición natural, (2) se pare con los pies juntos en paralelo y (3) se pare en posición tándem (punta de pie - talón).
  - iii. **Sentado:** Se le pide al paciente sentarse en una cama de examen sin apoyo de pies, ojos abiertos y brazos extendidos.
  - iv. **Perturbación del habla:** Se evalúa al paciente de acuerdo a una conversación normal.
  - v. **Persecución del dedo:** Es un ejercicio donde el examinador se encuentra frente al paciente y realiza 5 movimientos aleatorios con el dedo índice en un plano frontal ubicado al 50% del alcance del paciente, cuya amplitud es de 30 cm y una frecuencia de 1 movimiento cada 2 segundos. Se le pide al paciente seguir con el dedo índice los movimientos tan rápido y preciso como sea posible. Este ejercicio se realiza para cada mano y se evalúa de acuerdo al promedio del rendimiento de los últimos 3 movimientos.
  - vi. **Prueba nariz-dedo:** Se le pide al paciente apuntar repetidamente con el dedo índice desde la nariz hasta el dedo del examinador ubicado al 90% del alcance del paciente. Los movimientos son realizados a una velocidad moderada. Este ejercicio se realiza para cada mano y se evalúa de acuerdo al promedio de acuerdo con la amplitud del temblor cinético.
  - vii. **Movimiento de manos rápidas alternantes:** Se le pide la paciente que se siente cómodamente y realice 10 ciclos de alternancia repetitiva de prono y supino de las manos sobre

los muslos tan rápido y preciso como sea posible. Se evalúa de acuerdo al tiempo requerido para completar el ejercicio.

- viii. **Desliz del talón a la espinilla:** Se le pide al paciente que se sienta en la cama, sin visión de sus piernas. El paciente debe levantar una de las piernas y tocar la rodilla opuesta con el talón, deslizarlo a lo largo de la espinilla hasta el tobillo. Este ejercicio debe durar 1 segundo y ser ejecutado 3 veces por cada pierna [3].

## b. Persistencia

Teniendo en cuenta que cada ejercicio involucra movimientos de las extremidades y rotación del tronco, y en la búsqueda de proveer a futuro la información necesaria para realizar un análisis del rendimiento del paciente frente a cada terapia, se requiere desarrollar un sistema de persistencia que maneje un formato sencillo y versátil frente a los posibles estudios que se puedan presentar.

De acuerdo a las categorías de juegos definidas previamente, se plantea los siguientes formatos:

- i. **Miembros superiores:** El encabezado contiene el texto ***manoDerX manoDerY manoDerZ codoDerX codoDerY codoDerZ hombroDerX hombroDerY hombroDerZ*** que corresponde a coordenadas x, y, z de la mano derecha, coordenadas x, y, z del codo derecho, coordenadas x, y, z del hombro derecho respectivamente o ***manolqX manolqY manolqZ codolqX codolqY codolqZ hombrolqX hombrolqY hombrolqZ*** que corresponde a coordenadas x, y, z de la mano izquierda, coordenadas x, y, z del codo izquierdo, coordenadas x, y, z del hombro respectivamente. Adicionalmente contiene ***torsoW torsoX torsoY torsoZ*** que corresponde a los componentes w, x, y, z del cuaternión del torso respectivamente y finalmente contiene ***abdAddDer flexExtDer rotIntExtDer flexElbowDer*** que corresponde al ángulo de abducción aducción derecho, ángulo de flexoestensión derecho, ángulo de rotación interno externo derecho y ángulo de flexoestensión del codo derecho respectivamente o ***abdAddlq flexExtlq rotIntExtlq flexElbowlq*** que corresponde al ángulo de abducción aducción izquierdo, ángulo de flexoestensión izquierdo, ángulo de rotación interno externo izquierdo y ángulo de flexoestensión del codo izquierdo respectivamente. Es importante tener en cuenta que cada posible variación del encabezado depende de la extremidad superior usada para el desarrollo del ejercicio.

*ii. Miembros inferiores:* El encabezado contiene el texto **pieDerX pieDerY pieDerZ rodillaDerX rodillaDerY rodillaDerZ caderaDerX caderaDerY caderaDerZ pielzqX pielzqY pielzqZ rodillalzqX rodillalzqY rodillalzqZ caderalzqX caderalzqY caderalzqZ torsoW torsoX torsoY torsoZ** que corresponde a las coordenadas x, y, z del pie derecho, coordenadas x, y, z de la rodilla derecha, coordenadas x, y, z de la cadera derecha, coordenadas x, y, z del pie izquierdo, coordenadas x, y, z de la rodilla izquierda, coordenadas x, y, z de la cadera izquierda, componentes w, x, y, z del cuaternión del torso respectivamente.

## 2. Desarrollo

### a. Selección de terapias de la escala SARA:

De acuerdo a los ejercicios expuestos dentro de la escala, es necesario definir cuáles de estos son susceptibles al desarrollo de juegos serios e involucran el mayor porcentaje de movimiento en el cuerpo humano. Para ello se define 2 criterios para su evaluación:

1. Desarrollo en un motor de juegos: Define la factibilidad que se genera al desarrollo del juego evaluado, buscando encontrar aquellas terapias que puedan involucrar fácilmente un ámbito entretenido para el paciente. Éste será evaluado bajo 3 índices: alto (**1 punto**), medio (**1/2 punto**), bajo (**0**).
2. Movimiento corporal: evalúa el nivel de movilidad requerido para el desarrollo de la actividad, donde se busca conseguir la mayor actividad posible sobre el paciente. Éste será evaluado bajo los índices: alto (**1 punto**), medio (**1/2**), bajo (**0**).

| Ejercicio                                      | Desarrollo en un motor de juegos | Movimiento Corporal | Total (100%) |
|--|----------------------------------|---------------------|--------------|
| <b>Marcha</b>                                  | Alto                             | Alto                | 2            |
| <b>Postura</b>                                 | Alto                             | Bajo                | 1            |
| <b>Sentado</b>                                 | Medio                            | Bajo                | ½            |
| <b>Perturbación del habla</b>                  | Bajo                             | Bajo                | 0            |
| <b>Persecución del dedo</b>                    | Alto                             | Alto                | 2            |
| <b>Prueba nariz-dedo</b>                       | Alto                             | Alto                | 2            |
| <b>Movimiento de manos rápidas alternantes</b> | Medio                            | Alto                | 1 ½          |
| <b>Desliz del talón a la espinilla</b>         | Bajo                             | Medio               | ½            |

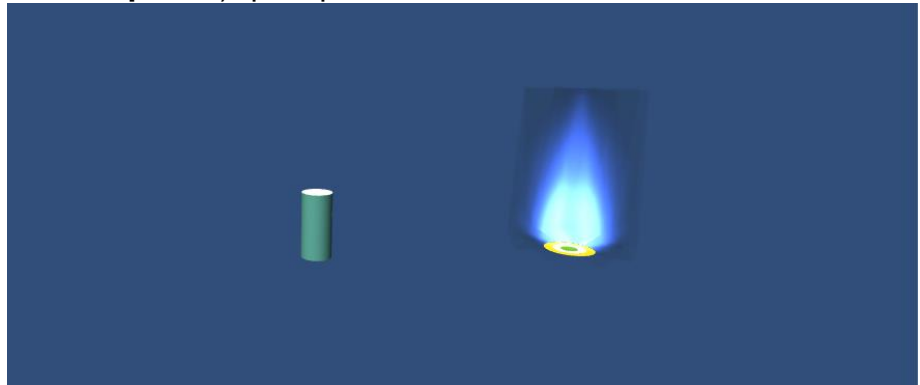


Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede evidenciar que los ejercicios de marcha, persecución del dedo y prueba nariz-dedo de la escala SARA, son los más indicados para el desarrollo de juegos serios y se prestan para ser clasificados en ejercicios de miembros superiores y miembros inferiores.

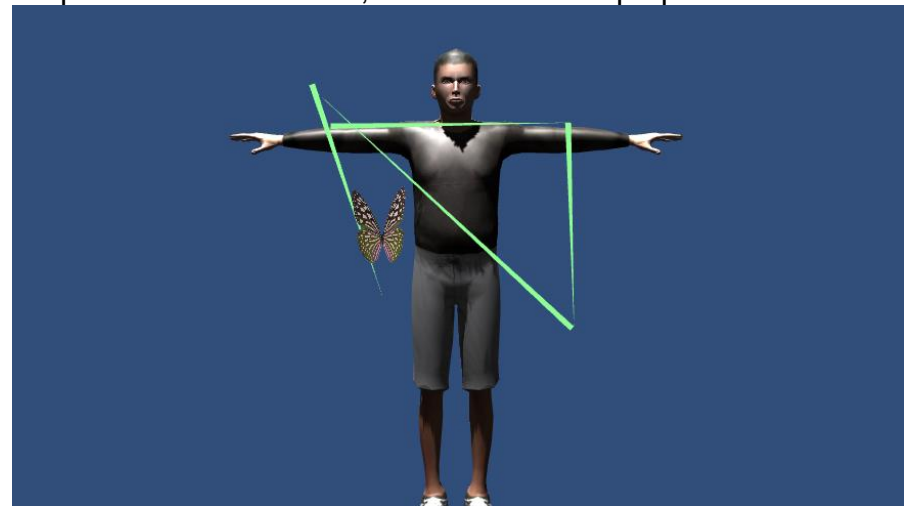
#### i. Miembros superiores

El desarrollo del juego basado en el ejercicio de la escala SARA: *Persecución del dedo* consta de extrapolar la esencia y objetivo de éste a un contexto llamativo y entretenido que brindar un nuevo punto de vista frente al ejercicio. Se propone 2 ejercicios que consisten en:

1. **Tocar mariposas:** Similar a la terapia definida previamente, el usuario debe tocar un objetivo (**las mariposas**) que aparecerán aleatoriamente frente a él.



2. **Mover vaso al portavaso:** Consiste en desplazar un vaso a su correspondiente portavaso, ubicados bajo un mismo plano frente al avatar, en el menor tiempo posible.



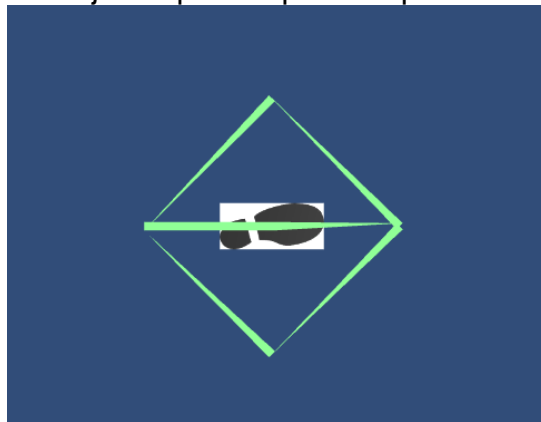
**ii. Miembros inferiores:**

El desarrollo del juego basado en el ejercicio de la escala SARA: *Marcha* consta de desarrollar diversos juegos que involucren las actividades caminar naturalmente y en forma de tándem. Para aquellas personas cuya patología se encuentra en un estado avanzado, se considera desarrollar juegos que involucren coordinación de miembros inferiores sin involucrar desplazamiento. Se proponen 2 ejercicios que consiste en:

- 1. Con desplazamiento:** Consiste en una serie de juegos que involucren variaciones en la marcha del paciente.



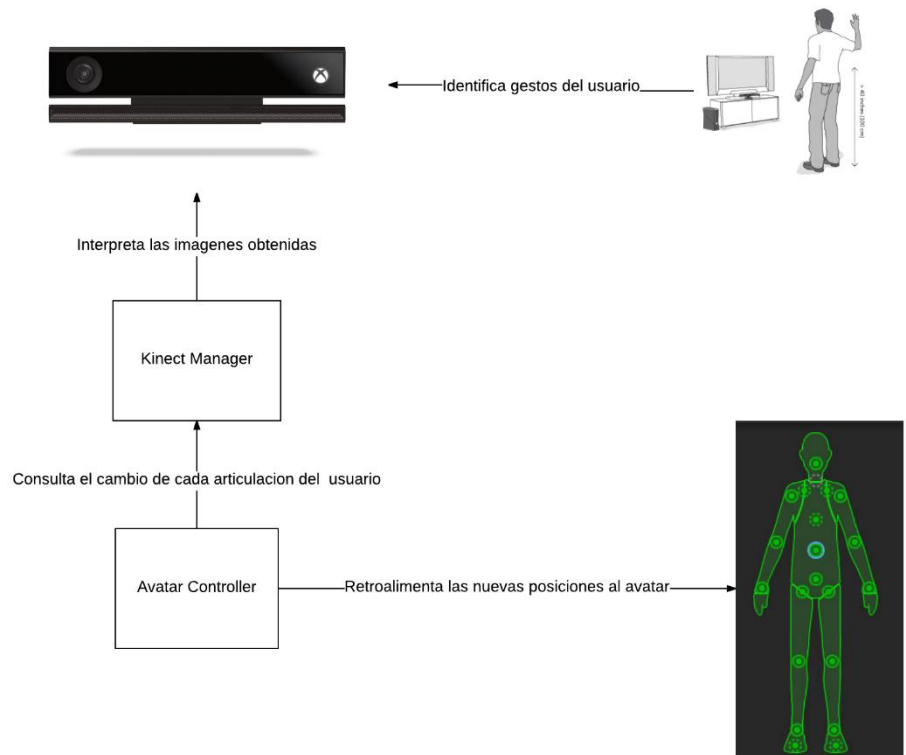
- 2. Sin desplazamiento:** Consiste en figuras geométricas que deben ser dibujadas por los pies del paciente.



**b. Arquitectura**

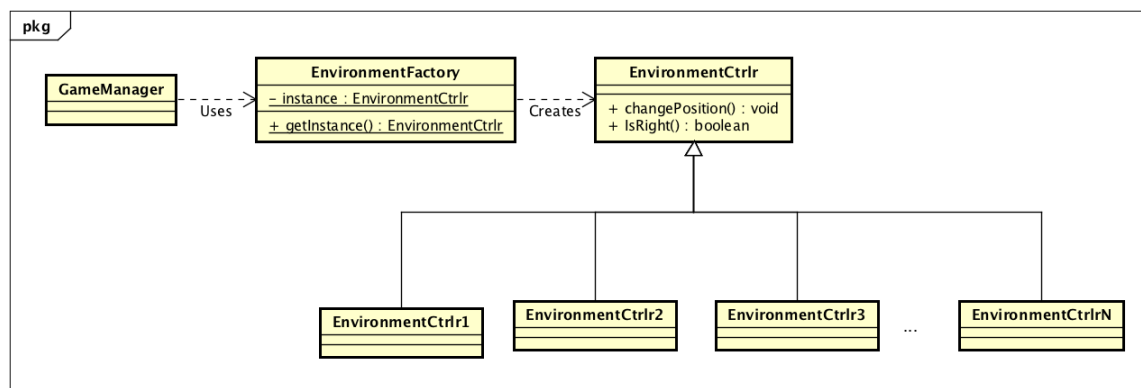
La arquitectura de software está dividida entre la estructura original del proyecto base que permite replicar el movimiento del jugador por medio de sensores a un avatar ubicado en un ambiente virtual dentro de un motor de juegos y la arquitectura responsable de manipular los objetos diferentes del avatar dentro del ambiente virtual para el desarrollo de los juegos serios.

## i. Arquitectura proyecto base



La arquitectura del proyecto base consta de un Administrador de Kinect (*Kinect Manager*) que se encarga de analizar las imágenes obtenidas por el sensor e identifica los movimientos realizados por el usuario por cada *frame* y de un Controlador del avatar (*Avatar Controller*) que se encarga de actualizar la posición de cada articulación del éste dentro del mundo virtual de acuerdo a las posiciones del usuario procesadas en el Kinect Manager.

## ii. Arquitectura Juegos



Para la arquitectura del juego, se propone que en cada escena se use una fábrica de ***EnvironmentCtrlr*** que controla, monitorea y altera todos los elementos en el medio ambiente de cada juego y evalúa que lado del jugador debe alcanzar al objetivo. Además, se propone una fábrica (**EnvironmentFactory**) que cree la instancia requerida de acuerdo a la dificultad de la escena seleccionada previamente, con el fin de evitar duplicados en el código y hacerlo fácilmente extensible a nuevos niveles del mismo juego, debido a que la dificultad de éstos radica en la posición del objeto a alcanzar.

## Conclusiones

Por medio de las tecnologías de la información se logró desarrollar un set de juegos para la rehabilitación de pacientes con Ataxia, mostrando la versatilidad de las tecnologías en la aplicación o apoyo al sector salud, marcando un nuevo referente respecto a las terapias convencionales.

La ataxia es una enfermedad degenerativa es decir que si el paciente no realiza constantemente terapias lo puede llevar a una situación de discapacidad total en corto tiempo. Por medio de nuestra solución atacamos dichas limitantes (Transporte, Tiempo, Acompañamiento, Falta de centros de Rehabilitación) para que los pacientes tengan una mejor y prolongada calidad de vida.

Se puede llegar a la conclusión de que las terapias expuestas en la escala SARA poseen múltiples variantes, con las cuales el paciente podría sentirse más cómodo en el momento de realizar las terapias.

El uso de las terapias contribuye al mejoramiento de la enfermedad más se recomienda estar en constante control del terapeuta o especialista del caso.

Este proyecto demuestra que al proponer una alternativa tecnológica a una enfermedad, requiere de la interdisciplinariedad de diversas áreas, con el fin de brindar una solución a la sociedad, buscando hacer equitativo el acceso a la salud y mejorar el bienestar de los pacientes.

## Bibliografía

- [1] Qué son las Enfermedades Neuromusculares (ENM). Tomado de: <http://www.asem-esp.org/index.php/que-son-las-enm>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [2] Enfermedades Neuromusculares. Tomado de: <http://www.adm.org.ar/enfermedades-neuromusculares>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [3] ¿Qué es la ataxia? Tomado de: <http://www.atamad.org/index.php/que-es-la-ataxia.html>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [4] ¿Qué es la ataxia? Tomado de: [http://www.ataxiasevilla.org/index.php?option=com\\_content&view=category&id=58:ique-es-la-ataxia&layout=blog&Itemid=62](http://www.ataxiasevilla.org/index.php?option=com_content&view=category&id=58:ique-es-la-ataxia&layout=blog&Itemid=62). Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [5] Tipos de ataxia. Tomado de [http://www.news-medical.net/health/Ataxia-Types-\(Spanish\).aspx](http://www.news-medical.net/health/Ataxia-Types-(Spanish).aspx). Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [6] Qué son las Enfermedades Neuromusculares (ENM). Tomado de: <http://www.asem-esp.org/index.php/las-enfermedades-neuromusculares>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [7] Tipos de la ataxia. Tomado de: [http://www.news-medical.net/health/Ataxia-Types-\(Spanish\).aspx](http://www.news-medical.net/health/Ataxia-Types-(Spanish).aspx). Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [8] Hechos sobre la Ataxia de Friedreich. Tomado de: <http://static.mda.org/publications/PDFs/Sp.FA-FA.pdf>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [9] Análisis molecular de la ataxia de Friedreich en Colombia. Tomado de: <http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/articulos/0120-8748/2290732/1.pdf>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [10] Ataxia en España. Tomado de: <https://co.noticias.yahoo.com/8-000-personas-esp%C3%B1a-sufren-tipo-ataxia-hereditaria-091139980.html>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.

- [11] Enfermedades: Ataxia. DIAGNÓSTICOS. Tomado de: <http://www.dmedicina.com/enfermedades/neurologicas/ataxia>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [12] Diagnóstico de la ataxia. Tomado de: <http://www.webconsultas.com/salud-al-dia/ataxia/diagnostico-de-la-ataxia-12623>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [13] Scale for the assessment and rating of ataxia (SARA). Tomado de: <http://www.ataxie.nl/wp-content/uploads/diversen/SARA.pdf>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [14] Pautas generales de tratamiento. Tomado de: <http://www.adm.org.ar/pautas-generales-de-tratamiento/>. Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [15] Tratamiento de la ataxia. Tomado de: <http://www.webconsultas.com/salud-al-dia/ataxia/tratamiento-de-la-ataxia-12624> . Consultado el 4 de Octubre de 2014.
- [16] León Ferro, J. (2015). Software de Realidad Virtual para rehabilitación de enfermedades neuro-musculares. Pregrado. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- [17] Unity 5. Tomado de: <https://unity3d.com/unity>. Consultado el 17 de Agosto de 2015.
- [18] U.S. National Library of Medicine, «Friedreich ataxia,» 17 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://ghr.nlm.nih.gov/condition/friedreich-ataxia>.