

## Estudio de movimiento para la rehabilitación de enfermedades óseomusculares en adultos mayores con modelo virtual

LÓPEZ-GONZÁLEZ, Erika\*†, ALEJO-ELEUTERIO, Roberto, ANTONIO-VELÁZQUEZ, J y AMBRIZ-POLO, J.

Recibido Julio 20, 2016; Aceptado Septiembre 16, 2016

### Resumen

El envejecimiento es una etapa del ciclo de la vida que constituye la culminación del proceso de desarrollo natural. En dicha etapa la aparición de problemas de salud son una constante: deterioro cognitivo, disminución de movimientos, enfermedades metabólicas, cardiovasculares y osteomusculares. Las fisioterapias son una herramienta eficaz para mejorar la calidad de vida en personas que sufren este tipo de enfermedades. Las instituciones de gobierno, promueven la actividad física por medio de programas que permitan garantizar y apoyar la rehabilitación de movilidad en adultos mayores, promoviendo cambios en los estilos de vida, hábitos y costumbres que favorezcan la salud, la UNEVT ofrece este servicio en el área de gerontología, desafortunadamente en dichas instancias no siempre se cuenta con el personal suficiente que ayude en la instrucción de los ejercicios al adulto lo que claramente es una desventaja, de igual forma no siempre los ejercicios son visibles para todos los asistentes lo que hace conveniente el diseño y desarrollo modelo virtual para la estimulación motriz en los adultos mayores para mejorar la movilidad con terapias de ejercicios de bajo impacto.

### Adulto, Kinect, rehabilitación, movilidad

**Citación:** LÓPEZ-GONZÁLEZ, Erika, ALEJO-ELEUTERIO, Roberto, ANTONIO-VELÁZQUEZ, J y AMBRIZ-POLO, J. Estudio de movimiento para la rehabilitación de enfermedades óseomusculares en adultos mayores con modelo virtual. Revista de Tecnología e Innovación 2016, 3-8: 7-15

### Abstract

Aging is a stage of the life cycle that is the culmination of the process of natural development. At that stage the appearance of health problems are a constant: cognitive impairment, decreased movement, metabolic, cardiovascular and musculoskeletal diseases. Physical therapies are effective to improve the quality of life in people suffering diseases such tool. Government institutions, promote physical activity through programs to guarantee and support the rehabilitation of mobility in the elderly, promoting changes in lifestyles, habits and customs that promote health, UNEVT offers this service in the area gerontology, unfortunately, in these instances is not always have enough staff to help in the exercise instruction to adult what is clearly a disadvantage, likewise not always exercises are visible to all attendees making it convenient design and virtual model motor stimulation in older to improve mobility therapies low-impact exercises adult development.

### Adult, Kinect, rehabilitation, mobility

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: erika.lopez@tesjo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El envejecimiento humano es una etapa del ciclo de la vida, en dicha etapa la aparición de problemas de salud son una constante, las enfermedades con mayor frecuencia son: deterioro cognitivo, disminución de movimientos, enfermedades metabólicas, cardiovasculares y osteomusculares (Padilla, 2006). En el caso de estas últimas, el daño y el dolor se presentan en músculos, tendones y estructuras adyacentes afectando hombros, codos, manos, muñecas, rodillas y pies. Las fisioterapias son una herramienta eficaz para mejorar la calidad de vida en personas que sufren este tipo de enfermedades. Como un medio de apoyo se han creado diversos sistemas de tipo robóticos (Padilla, 2006), de detección de movimientos para apoyar a la rehabilitación de extremidades (Nedrow, 2009), cuya principal desventaja es que son costosos (Sucar, 2010). Otro medio de apoyo es la creación de software interactivo basado en gestos y detección de patrones enfocados al apoyo a pacientes con diferentes patologías a través de dinámicas con videojuegos de ejercicio y análisis de los movimientos de los pacientes. Estos últimos hacen uso del sensor Kinect de Microsoft para dos fines: divertir al paciente en su terapia a través de Juegos de ejercicios y proporcionarle al especialista encargado de tratar su patología una herramienta para el registro y análisis de datos (Munoz-Cardona, 2013).

Cabe mencionar que uno de los principales motivos por los cuales el sensor Kinect es considerado como una herramienta de apoyo a la rehabilitación es el bajo costo, comparado con otros sistemas de captura de movimiento. La portabilidad y comodidad en el uso, los datos de captura pueden ser procesados de manera remota por el especialista para generar un diagnóstico sin necesidad de un desplazamiento físico del paciente hacía un centro especializado (Munoz-Cardona, 2013).

La posibilidad de realizar registro de datos en tiempo real de los pacientes convierte al sensor Kinect en una potente herramienta para el análisis biomecánico de las articulaciones.

Según las previsiones del Consejo Nacional de Población se espera que para el año 2025 la proporción de personas de 60 años o más sea cerca de 15% y para el 2050 de alrededor de 28% (CONAPO, 2002). Es bien sabido que con el envejecimiento se inicia un deterioro osteomuscular inminente o bien ocurren lesiones o daños en el aparato locomotor que presentan alteraciones en los patrones de movimiento humano, lo cual trae problemas asociados a la autonomía, el control para desplazarse o ejercer fuerza y realizar movimientos; la única manera de aminorar dicho deterioro es la actividad física. Las instituciones de gobierno como el INAPAM, el DIF y la Secretaría de Salud con la Subsecretaría de prevención y protección de la salud promueven la actividad física por medio de los programas de apoyo que permitan garantizar y apoyar en la rehabilitación de movilidad en adultos mayores promoviendo cambios en los estilos de vida, hábitos y costumbres que favorezcan la salud y calidad de vida del adulto mayor; también escuelas como la Universidad Estatal del Valle de Toluca ofrecen atención a los adultos mayores como parte de su rehabilitación en el área de gerontología, desafortunadamente en dichas instancias no siempre se cuenta con el personal suficiente que ayude en la instrucción de los ejercicios al adulto lo que claramente es una desventaja, de igual forma no siempre los ejercicios son visibles para todos los asistentes lo que hace conveniente el diseño y desarrollo modelo virtual para la estimulación motriz en los adultos mayores para mejorar la movilidad con terapias de ejercicios de bajo impacto.

Según el INAPAM(INAPAM) la reactivación física se lleva a cabo para mejorar la salud y calidad de vida de las personas adultas mayores, aportando beneficios a nivel físico, psíquico y socio-afectivo, conservando así la fuerza, arcos de movimiento y condición cardiopulmonar. El ejercicio terapéutico y la fisioterapia representan la mejor alternativa para tratar el deterioro en cuanto a capacidad de movimiento se refiere. El progreso depende de la severidad de la pérdida de movimiento, se abordan ejercicios tanto de flexibilidad, fuerza, coordinación, estabilidad, equilibrio y reeducación del patrón de movimiento.

Por lo tanto el diseño y desarrollo de un modelo virtual, utilizando las tecnologías como el sensor Kinect enfocado al apoyo de rehabilitación de enfermedades osteomusculares permitirá la observación de la movilidad del adulto mayor ofreciendo retroalimentación acerca del cumplimiento de ejercicios de bajo impacto que son de suma importancia y de bastante utilidad, así mismo será una fuente alternativa de atención al anciano.

También se cuenta con un área poblacional bastante extensa en donde aplicar, evaluar, proponer y establecer los métodos de terapia más convenientes de acuerdo a la tendencia del desempeño obtenido por el propio modelo, tomando en cuenta que el porcentaje total de adultos mayores en México aumento de un 6.2% en 2010 a 7.2% en 2015, aunado a esto la Secretaria de Salud en conjunto con Subsecretaría de Prevención y Protección de la Salud (salud, 2001) tienen como uno de sus objetivos promover la actividad física para la población de 60 años y más, igualmente distribuir material de promoción de la salud para la población de 60 años y más en el 100 por ciento de la unidades médicas del país.

## Metodología

### Definición de ejercicios experimento

Se propone trabajar con ejercicios para el hombro doloroso con las siguientes actividades (Kisner, 2012):

- Flexión del hombro y retorno a la posición inicial, figura 1.



**Figura 1** Flexión de hombro (Kisner, 2012)

- Abducción y aducción horizontal del hombro
- Rotación interna y externa del hombro, figura 2.

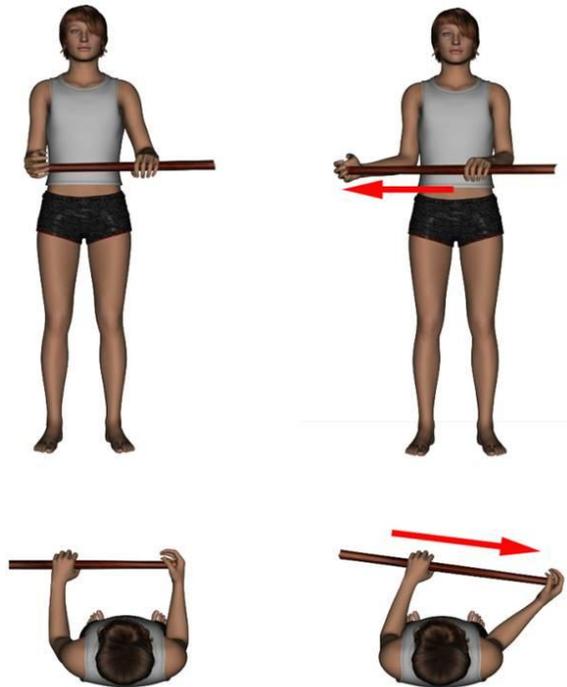


Figura 2 Rotación de hombro (Kisner, 2012)

- Escalamiento sobre la pared.
- Polea elevada.
- Ejercicios pendulares de Codman, figura 3.

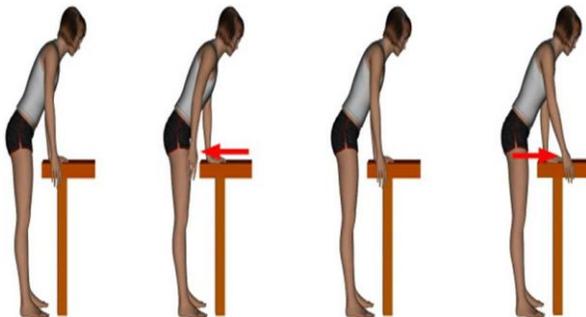


Figura 3 Ejercicios pendulares (Kisner, 2012)

Cabe mencionar que los ejercicios son propuestos por un especialista del área de gerontología de la Universidad Estatal del Valle de Toluca (UNEVT), con estos ejercicios se pretende: conservar la movilidad articular y del tejido conectivo, minimizar los efectos de la formación de contracturas, conservar la elasticidad del músculo, entre otros.

**Áreas y Objetivos de Intervención para adultos mayores:**

<b>Salud</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrenar en habilidades de relajación y respiración para hacer frente a las situaciones que le generan tensión.</li> <li>• Evaluar la salud mental del adulto mayor.</li> <li>• Desarrollar hábitos saludables en el adulto mayor.</li> </ul>
<b>Física-Recreativa:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Involucrar al adulto mayor en actividades de ocio y recreación.</li> <li>• Fomentar la práctica de actividad física.</li> </ul>
<b>Psicológica</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrenamiento en técnicas para el mejoramiento de la memoria.</li> </ul>
<b>Relaciones Sociales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitar la interacción positiva con familiares y amigos</li> </ul>

Tabla 1 Objetivos de intervención, propuesta UNEVT

**Sistema de Adquisición**

El sensor Kinect permite a los usuarios controlar e interactuar con las aplicaciones de software de manera natural también reconoce los movimientos del cuerpo humano al situarse frente a su espacio visual. Puede llevar a cabo la detección de puntos clave del cuerpo humano mediante imágenes de profundidad y árboles de decisión aleatorio a una velocidad de 200 fotogramas por segundo<sup>19, 20</sup>, para hacer uso de los datos proporcionados Microsoft y PrimeSense desarrollaron un SDK (Software Development Kit, en español Kit de Desarrollo de Software), que es empleado para el desarrollo de software usando este sensor. (Microsoft, Microsoft in Education)

Inicialmente se ejecutó el código de SkeletonBasics-WPF de esta manera se exhiben los elementos que componen un tracking default del Kinect, y el resultado se muestra la figura 4.

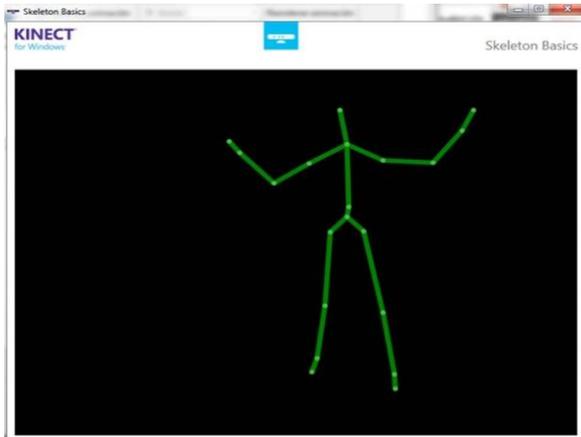


Figura 4 Skeleton Basic

Para obtener las características particulares que definen al individuo se determinan las extremidades superiores, con un sensor RGB-D, específicamente dispositivo periférico Kinect desarrollado por Microsoft, el cual se encuentra ampliamente disponible en el mercado por su precisión y bajo costo, siendo idóneo para esta investigación.

La cámara RGB permite generar una imagen tridimensional, emite rayos infrarrojos que se proyectan sobre la escena con un patrón de 50.000 puntos, invisibles al ojo humano, con el fin de marcar las líneas de profundidad, deducir el tiempo que tarda en rebotar el haz de luz con respecto al dispositivo y calcular distancia al objeto identificado. Se hace uso del algoritmo Mean-Shift, el cual es el encargado de estimar la posición correspondiente de las articulaciones del esqueleto, aplicado a cada parte del cuerpo. Como posición inicial para la ventana del algoritmo, se utiliza el promedio de los puntos cuyo porcentaje de clasificación sea mayor que un valor umbral aprendido T. Con ello se garantiza que el algoritmo empiece en una zona donde pueda converger a una buena solución.

El SDK (Kit de Desarrollo de Software) provisto por el fabricante, permitió la captura de puntos característicos de las articulaciones y del esqueleto humano en tres dimensiones. La figura 5 muestra los puntos que el dispositivo es capaz de detectar, este ejemplo identifica 20 elementos. (Microsoft, Microsoft in Education)

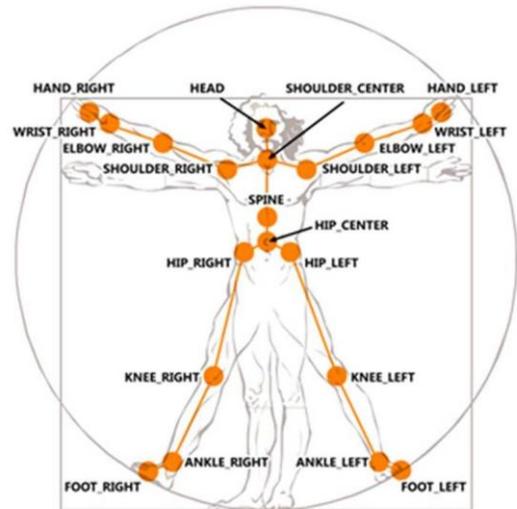


Figura 5 SkeletonBasics-WPF

### Determinación de los puntos a trabajar

En este estudio se proyecta un patrón que trabaje los puntos característicos obtenidos mediante el sensor RGB-D en función de la necesidad de trabajar con las extremidades superiores y la obtención de segmentos del cuerpo, como muestra la figura 6. Una articulación es el punto o zona de unión de dos componentes del esqueleto, la flexibilidad y elasticidad por las estructuras anatómicas que en su ejecución intervienen y cuyo resultado determinan el grado o amplitud de movimiento de una articulación específica.



**Figura 6** Extremidades involucradas

### Primera fase de construcción del modelo virtual, ejercicios de calentamiento

Posterior a la correcta manipulación del sensor, se analizaron las rutinas que forman parte de los ejercicios piloto del sistema, tomando en cuenta que la pérdida de movilidad en los adultos mayores se manifiesta por un descenso en la movilidad articular y una menor elasticidad de los tendones. Por consecuencia se recomienda efectuar ejercicios de estiramiento y/o calentamiento que estimulen los músculos y articulaciones con la finalidad de dar un mejor rendimiento físico evitando algún tipo de contracción muscular o alguna lesión física, en estos ejercicios se estira o se flexionan lentamente las articulaciones manteniéndolas en cierta posición de 10 a 20 segundos y enseguida regresándolo a su posición original (Velarde, 2015). Al mismo tiempo y teniendo como base los ejercicios seleccionados se generó el avatar que fungirá como instructor del adulto mayor, al cual se implementaron los ejercicios a trabajar.

En inicio el paciente puede estar sentado en el borde de una cama dura o sobre una silla, (en dependencia del estado físico del paciente, se pueden adaptar a realizarlos en bipedestación).

Cuello: Ligera flexión del cuello, volver al centro, rotar el cuello a la izquierda, volver al centro, rotar el cuello a la derecha y volver al centro (6 a 10 repeticiones), figura 7.



**Figura 7** Calentamiento cuello.

- Hombros: Elevar los hombros y dejarlos caer. (6 a 10 repeticiones). Hacer movimientos de rotación de los hombros. (6 a 10 repeticiones).
- Codos: Realizar movimientos de flexionar y extender los codos (doblar y estirar el codo) (6 a 10 repeticiones).
- Rodilla: Realizar extensión de las rodillas. Mantener la posición contando hasta (10 o 5) y relajar, alternar el movimiento con la rodilla derecha (6 a 10 repeticiones), figura 8.
- Elevación de brazos a 90° y flexión de manos con respecto al codo, regresando a la posición inicial, figura 9.

- Posición inicial con brazos elevados hacia enfrente a 90° y posteriormente flexionar hacia arriba con respecto a los hombros, regresando a la posición inicial.
- Elevación de ambas extremidades superiores a 90°, hacia los lados ejercitando la articulación de los hombros y regresando a la posición inicial, figura 9.

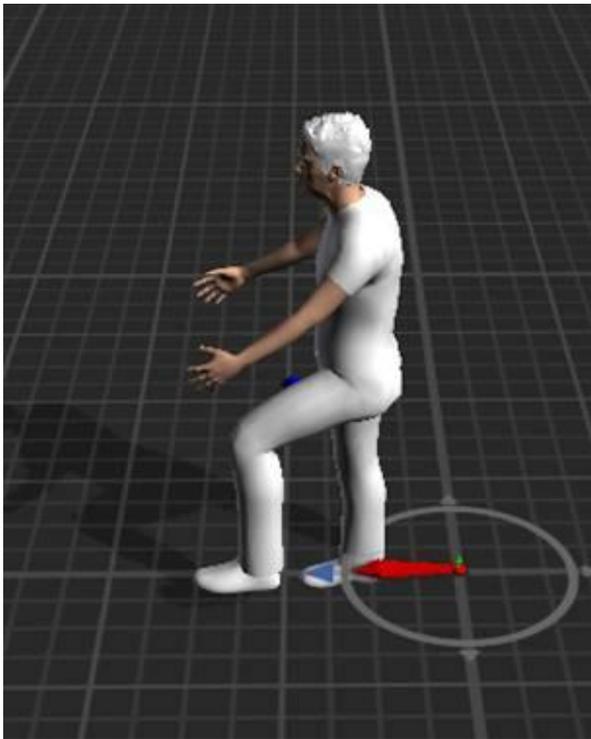


Figura 8 Calentamiento rodillas

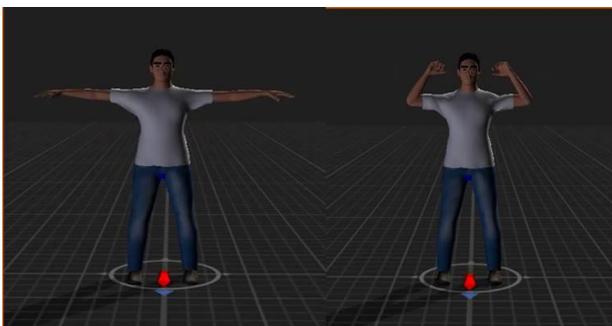


Figura 9 Elevación de brazos con flexión

Resultados

Las evaluaciones internas del cumplimiento de las actividades deberán llevarse a cabo por el comité hospitalario correspondiente, que se realizaran según las condiciones del paciente.

En las actividades encaminadas a los ejercicios de cada adulto se deberá tomar en cuenta la cantidad y tipo de problema identificado para que dé solución a los mismos, considerando las normas que rigen la atención del anciano.

Sin embargo las actividades registran un seguimiento adecuado o no hasta que sean alcanzadas al 100% para mayor veracidad del ejercicio, figura 10, también se lleva una bitácora que permite ayudar en el diagnostico del paciente pues se registra la actividad realizada para cada paciente, figura 11.



Figura 10 Seguimiento de ejercicio

Numero	Nombre	Fecha	Nombre Ejercicio	Grado de Movilidad Logrado	Grado de Movilidad Esperado
1	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	400%	1000%
2	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	400%	1000%
3	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	400%	1000%
4	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	700%	1000%
5	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	700%	1000%
6	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	700%	1000%
7	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	800%	1000%
8	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	500%	1000%
9	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	400%	1000%
10	Usuario de Prueba	19/06/2016 11:54:07 p. m.	Flexion Codo Serie 2	500%	1000%
1	Usuario de Prueba	20/06/2016 12:07:43 a. m.	Flexion Codo Serie 2	600%	1000%
2	Usuario de Prueba	20/06/2016 12:07:43 a. m.	Flexion Codo Serie 2	800%	1000%

Figura 11 Bitácora de pacientes

La implementación del modelo virtual también es un modelo comunitario de atención integral basado en compromisos, donde se promueve o fomenta el autocuidado de la salud y se articula con el cuidado profesional.

## Agradecimiento

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

## Conclusiones

Las personas adultas y jóvenes de hoy formarán parte del grupo de los adultos mayores del futuro próximo, en todo momento existirán adultos mayores para ello diferentes instituciones y secretaría de salud se han preocupado por la calidad de vida de los ya citados y una de las principales acciones a las que se ha recurrido es fomentar la actividad física para la rehabilitación de las extremidades en caso de deterioro, lo que permite abordar de una manera integral y con criterios comunes la problemática de los adultos mayores en todo el país.

El uso y aplicación del modelo virtual para la rehabilitación de extremidades superiores en adultos mayores ayudará en la actividad de rehabilitación física ya que permite medir los ángulos de movilidad articular con respecto al ángulo óptimo, los datos generados son muchos más valiosos para el médico y al mismo tiempo fáciles de visualizar porque el paciente sólo necesitará colocarse frente al sensor. Además de poder analizar a pacientes con padecimientos traumatológicos, es posible emplear este sistema en pacientes con deterioro articular y otras patologías degenerativas osteomusculares.

Con el kinect es posible detectar la orientación del brazo, por lo que se podría implementar el movimiento de pronación y supinación dando la oportunidad de incluir más movimientos a estudiar.

La rehabilitación óseomuscular es aplicada en instituciones de salud públicas, también en instituciones privadas o incluso en la comodidad del hogar y el horario que dispone el adulto mayor.

## Referencias

INAPAM. *Modelos de Atención Gerontológica*. Mexico: INAPAM.

INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Mexico: Instituto Nacional de Estadística.

Kisner, A. C. (2012). *Ejercicio terapeutico*. Buenos Aires.

Luis, E. J. (2013). Videojuegos: conceptos, historia y su potencial como herramientas para la educación. *Investigación 3 Ciencias*, 7.

Microsoft. (2016). *c#*. Recuperado el 12 de mayo de 2016, de Microsoft *c#*: [msdn.microsoft.com/es-mx/library/kx37x362.aspx](http://msdn.microsoft.com/es-mx/library/kx37x362.aspx)

Microsoft. (s.f.). *Microsoft in Education*. Recuperado el 19 de marzo de 2016, de [www.microsoft.com/education/ww/products/Pages/kinect.aspx](http://www.microsoft.com/education/ww/products/Pages/kinect.aspx)

Montoya-Casasola, M. Á., & Sandoval-Forero, E. A. (2013). Marginación sociodemográfica de los otomíes del Estado de México. *Papeles de Población*, 257-289.

Munoz-Cardona. (2013). Sistema de rehabilitacion basado en el uso de análisis biometrico y videojuegos mediante sensor kinect. 43-54.

Nedrow, M. W. (2009). Terapias complementarias y alternativas para el tratamiento de los sintomas de la menopausia. *Revista del climaterio*, 43-71.

Padilla, G. (2006). Calidad de vida y estrategias de afrontamiento ante problemas y enfermedades en ancianos de la ciudad de Mexico. *Universitas Psychologica* , 501.

salud, S. d. (2001). *Programa de Acción: Atención al envejecimiento*. México: Secretaria de salud.

Sucar. (2010). Gesture Therapy: A Vision-Based System forUpper ExtremityStroke Rehabilitation. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Conference* .

Velarde, M. P. (2015). Analisis del movimiento de las extremidades superiores aplicado a la rehabilitación física de una persona usando técnica de visión artificial. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE, VOL 8* , 1-7.