



Cuadernos de la Cátedra Telefónica - Universidad de León | Nº2 | 2014



TIC y Envejecimiento de la Sociedad



**universidad
de león**
■ Área de Publicaciones

Telefónica

Cátedras
Telefónica



TIC y Envejecimiento de la Sociedad

Cátedra Telefónica – Universidad de León



universidad
de león

Nº2 – 2014

© Cátedras Telefónica
© Universidad de León

ISSN: 2254 – 951X

Depósito Legal: *LE* – 1147 – 2012

Contenidos

Presentación del Rector	v
1 Visión artificial	1
Cómo estimar la edad de las personas utilizando imágenes de su rostro. <i>Enrique Alegre, Rocío Aláiz-Rodríguez, Laura Fernández-Robles, Oscar García-Olalla, Diego García-Ordas, Maité García-Ordas y Víctor González-Castro</i>	3
2 e-Salud	23
Estudio y valoración de la viabilidad de la monitorización del Miedo a Caerse en personas mayores basándose en técnicas de Machine Learning. <i>Javier Alfonso Cendón, Luis Panizo Alonso, Pilar Marques Sánchez, Javier Pérez Jara y Joaquín Ordieres Meré</i>	25
3 Aplicaciones móviles	35
Desarrollo de un repositorio de aplicaciones móviles para mayores. <i>Miguel Ángel Conde González y Francisco José García Peñalvo</i> . .	37
4 Realidad aumentada	49
Un sistema de tele-rehabilitación para personas mayores basado en Kinect. <i>David Antón, Alfredo Goñi, Arantza Illarramendi, Juan José Torres-Unda y Jesús Seco</i>	51





Presentación del Rector

LA colaboración con la sociedad civil forma parte de la esencia de la universidad contemporánea. La Universidad de León no es ajena a esta realidad y realiza un esfuerzo continuo para cubrir las necesidades de su entorno en formación e investigación, y también como parte de su misión, trata de transformar ese entorno aportando conocimiento, crítica y reflexión. Parte esencial de esa sociedad son las empresas, por lo que la colaboración de la universidad con ellas es por tanto parte de su razón de ser.

En esa línea se enmarcan los “Cuadernos de la Cátedra Telefónica” que comienzan su andadura. Son el fruto de la colaboración con una de las empresas más importantes de nuestro país, Telefónica y pretenden ser una vía para difundir el conocimiento que se genera en la universidad de León en el ámbito de las TIC aplicadas al envejecimiento.

¿Por qué esta temática? Porque cada universidad tiene, por tradición, por condicionantes geográficos y socio-económicos, su campo propio de especialización. En el caso de la Universidad de León y su entorno se reconoce una clara tradición en las ciencias biomédicas, en concreto en la salud animal. Esta tradición se ha visto complementada en los últimos años con la aparición de un polo de industrias TIC en nuestro entorno, apoyado o generado nunca está clara cuál es primero, por los estudios e investigaciones que realiza la universidad en ese ámbito. Telefónica forma parte de ese polo junto con otras empresas locales, nacionales y multinacionales.

Por otra parte, la Universidad de León obtuvo en 2011 la mención de campus de excelencia internacional “*Triangular E3 - Los horizontes del hombre*” en colaboración con las universidades de Burgos y Valladolid. Dicho campus se organiza en tres áreas: la ecomovilidad, la evolución humana y el envejecimiento, siendo este último el área de especialización de la universidad de León. En la intersección entre las TIC, el envejecimiento y la colaboración con las empresas se enmarca la

|||||

Cátedra Telefónica - Universidad de León creada en 2011. Además de los medios informáticos: blogs, redes sociales, web, etc. la cátedra presenta estos cuadernos como vía para difundir los resultados de sus trabajos.

La Universidad de León y yo en su nombre como rector le damos la bienvenida y les deseamos un largo camino de reflexión, difusión y por qué no, crítica.



Jose Ángel Hermida Alonso
Rector de la Universidad de León

01.

**Visión
artificial**



Cómo estimar la edad de las personas utilizando imágenes de su rostro

Enrique Alegre, Rocío Aláiz-Rodríguez, Laura Fernández-Robles, Oscar García-Olalla, Diego García-Ordas, Maite García-Ordas y Víctor González-Castro

Universidad de León

1 Introducción

AL avanzar la edad la apariencia del rostro humano va desarrollando considerables cambios. Cambios lentos que no son reversibles por medios naturales. Sin embargo, los signos de envejecimiento del rostro son incontables y personales por lo que la estimación correcta de la edad se convierte en una tarea de alta dificultad. Sumado a ello, la genética y el estilo de vida de la persona afecta enormemente a la apariencia del rostro. Un mayor grado de estrés, el consumo de cigarrillos o los efectos de la radiación ultravioleta son factores que aceleran los signos de envejecimiento, pudiendo llevar a pensar que una persona es más de 10 años mayor de su edad real. Además, la postura, la iluminación, el maquillaje o las operaciones quirúrgicas, entre otros factores, dificultarán aún más la estimación correcta de la edad a partir de una cara.



Figura 1: Efectos de la cirugía estética (izquierda) (Troell, 2014) y del maquillaje (derecha) (Begoña, 2013) en la edad percibida.

Los principales signos de envejecimiento de un rostro son el crecimiento craneofacial, el envejecimiento de la piel debido a la aparición de arrugas, cambio de color de la piel y manchas y la reducción de la elasticidad del músculo (Dib, 2011). La distribución de la cara sufre ligeras variaciones apreciables en el contorno de la cara y en la forma de las características faciales como son los ojos, nariz o boca.

1. VISIÓN ARTIFICIAL

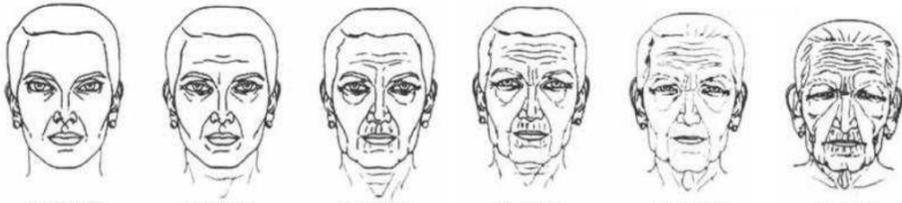


Figura 2: Esquemas de la edad de un rostro desde los 30 a los 80 años (Fu, Guo & Huang, 2010; Gonzalez-Ulloa & Flores, 1965).

La estimación de la edad tiene como fin el etiquetar una cara bien con la edad exacta (año) o bien dentro un grupo de edades (rango de años). Si bien la primera opción es más precisa también sufrirá de mayor número de errores. Para entender la dificultad a la hora de estimar la edad de un rostro hay que diferenciar entre los siguientes cuatro conceptos sobre la edad humana (Fu, Guo & Huang, 2010):

- Edad real: La edad de un individuo, años acumulados desde su nacimiento.
- Edad aparente: La edad mostrada por la apariencia visual de un rostro.
- Edad percibida: La edad de un individuo calculada por personas a partir de la apariencia visual.
- Edad estimada: La edad de un individuo reconocida por una máquina a partir de la apariencia visual.

Analizando todos estos factores, podemos afirmar que la estimación de la edad a partir de un rostro es un reto no sólo cuando se pretende realizar de manera automática mediante un ordenador y software sino incluso también cuando la estima una persona.

2 Dificultades

Una de las principales dificultades con las que nos podemos encontrar a la hora de diseñar un sistema de estimación de edad es la falta de conjuntos de datos etiquetados. Una buena colección de datos debería constar de sujetos con un amplio rango de edades y además una imagen de cada edad de cada individuo.

Otro de los problemas es la descomposición de las características faciales que contienen información relevante sobre la edad de la persona. A menudo, las personas utilizan otros indicadores además del rostro para estimar la edad de un

1. VISIÓN ARTIFICIAL

individuo, como el color del pelo, el tono de la voz. El sistema de estimación de edad mediante visión por computador podría no ser tan robusto debido a la falta de estos otros indicadores.

Las diferentes poses, gestos y condiciones de iluminación bajo las que se encuentran los rostros suponen también un problema a la hora de entrenar los clasificadores para la estimación de edad, sin embargo el principal problema es que no todo el mundo envejece de la misma manera ni a la misma velocidad, por lo tanto hay un margen de error entre la edad real y la edad aparente. En ocasiones una clasificación binaria es suficiente (Por ejemplo, para saber si un individuo es mayor de 18 años o no) sin embargo en otras ocasiones se requiere una clasificación difusa (Por ejemplo, hay un 85% de posibilidades de que el individuo tenga 18 años) (El Dib, 2011).

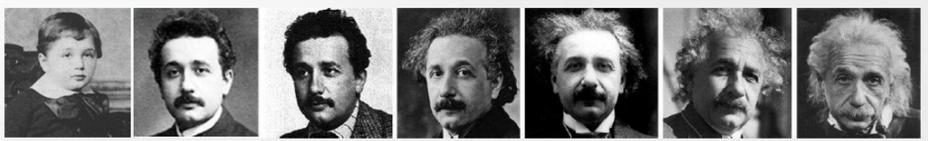


Figura 3: Diferentes edades de un mismo individuo.

3 Aplicaciones de la estimación automática de la edad

La detección de edad a partir de imágenes faciales ha abierto un camino a multitud de aplicaciones prácticas destinadas a mejorar la calidad de vida de las personas. A continuación se comenta alguna de ellas.

ECRM

La administración electrónica de relaciones con los clientes (ECRM) es un sistema que utiliza tecnología puntera de visión artificial para establecer relaciones con clientes y proporcionarles un servicio individualizado según sus necesidades específicas. Los clientes pueden entrar dentro de diferentes categorías según su edad: bebés, adolescentes, adultos y personas de la tercera edad. Mediante estos sistemas, los productos y servicios se personalizan de acuerdo con cada grupo de edad de forma que las empresas tras estos servicios puedan optimizar sus ingresos.

Gracias a estos sistemas, las campañas de marketing pueden orientarse hacia audiencias específicas en función de la edad de sus clientes, ya que les permiten conocer qué grupos de edad están más interesados en unos productos o en otros (El Dib, 2011).

1. VISIÓN ARTIFICIAL

Ayuda a personas mayores con necesidades especiales de asistencia



Figura 4: Robot enfermera RIBA.

Una de las principales aplicaciones de la estimación de edad es el cuidado de personas mayores con necesidades especiales, mediante robots enfermeros en los hospitales, unidades de cuidados intensivos inteligentes, o incluso para proporcionar una atención más humanizada con avatares virtuales que adoptan una u otra forma dependiendo de la edad del paciente (El Dib, 2011).

Sistemas de vigilancia y control de la seguridad

La importancia de los sistemas de vigilancia y seguridad está cobrando mucha importancia últimamente, debido al incremento de actividades delictivas y amenazas



Figura 5: Diferentes tipos de cámaras de vigilancia.

que podrán poner en riesgo la vida de las personas. Estos sistemas se podrían utilizar también para vigilar otros aspectos más allá de la seguridad, como por ejemplo la venta automatizada de alcohol y tabaco a menores en las máquinas mediante la estimación de edad de sus rostros. Otra de las aplicaciones de la estimación de edad en vigilancia podría ser el control de acceso de menores a contenidos de adultos en internet. Como se puede observar, la inclusión de estimación de edad en un sistema de vigilancia puede tener multitud de aplicaciones (Geng, Fu & Smith-Miles, 2010; El Dib, 2011).

Recuperación de información

Internet es la mayor base de datos de rostros existentes, con billones de rostros y creciendo día a día. Estas imágenes de rostros suelen contener metadatos y etiquetas que pueden contener información útil. Haciendo uso de la estimación

de edad a la hora de recuperar datos se pueden realizar búsquedas de rostros por rangos de edades (El Dib, 2011).

Detección de pornografía infantil

Otra de las aplicaciones más importantes de la estimación de edad es la detección automática entre niños y adultos en contenidos sexuales explícitos. Mediante estos sistemas se ponen a disposición de las autoridades nuevas herramientas que les permiten realizar su trabajo de una manera más cómoda y rápida que la categorización manual de cientos de miles de imágenes (Tanner, 2011).



Figura 6: ASASEC European Project: Advisory System Against Sexual Exploitation of Children

4 Representación de la edad a partir de imágenes

Modelos antropométricos

Los primeros trabajos conocidos en el área de clasificación de la edad se basan en la teoría de desarrollo craneo-facial (Alley, 1988), que utiliza un modelo matemático para describir el crecimiento de la cabeza de una persona desde su infancia hasta que es adulto. Según dicho modelo el perfil de una cabeza está determinado por un par (r, θ) , donde r la distancia del origen a un punto P del perfil, y θ el ángulo que forma el segmento OP con el eje vertical. Si llamamos k a un parámetro que se incrementa con el tiempo, los crecimientos sucesivos del perfil, (r', θ') , se modelan como:

$$\begin{cases} \theta' &= \theta \\ r' &= r (1 + k (1 - \cos \theta)) \end{cases}$$

Dicho modelo ha dejado de utilizarse para estimar edades por dos motivos. En primer lugar, el modelo no es capaz de describir el perfil de la cabeza de manera natural, en especial en edades adultas. Además, en ocasiones el perfil de la cabeza es difícil de extraer de imágenes de caras en 2D.

1. VISIÓN ARTIFICIAL

Sucesivos trabajos de estimación de la edad han utilizado la llamada “antropometría de la cara”, que se basa en la extracción y estudio de tamaños y proporciones en la misma. Farkas definió la antropometría en función de medidas de 57 puntos de interés en caras de personas de diferentes edades (Farkas, 1994). De este modo, para caracterizar la edad de una persona se miden distancias entre algunos de estos puntos y se consideran las proporciones entre ellas.

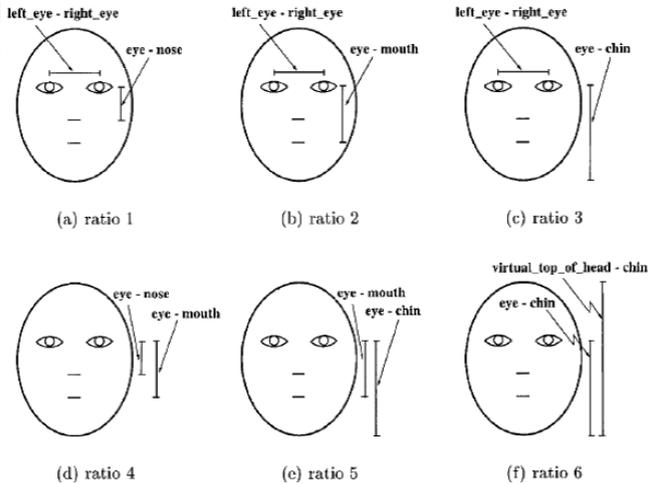


Figura 7: Caracterización de la antropometría mediante relaciones de medidas.

Esta idea es utilizada por Kwon y Lobo para distinguir bebés de adultos automáticamente. En concreto, en sus trabajos (Kwon & Lobo, 1994, 1999) extraen 6 proporciones diferentes de imágenes de caras (ver figura 7). Ramanathan y Chellappa (Ramanathan & Chellappa, 2006) usaron la misma idea (en este caso, utilizando 8 proporciones (ver figura 8) para modelar la progresión de edades comprendidas entre 0 y 18 años.

Sin embargo, los modelos antropométricos presentan varios inconvenientes:

1. Son solamente útiles en la detección de la edad de personas jóvenes ya que en la edad adulta la forma de la cabeza no cambia demasiado. De hecho, Kwon y Lobo tuvieron que desarrollar un sistema para detectar arrugas en las caras y así distinguir los adultos jóvenes de personas mayores en los casos que las medidas antropométricas no se correspondían a las de un menor.
2. La detección de los puntos de interés en las imágenes (previo al cálculo de las medidas y sus proporciones) es muy sensible a la pose de la cabeza, lo

1. VISIÓN ARTIFICIAL

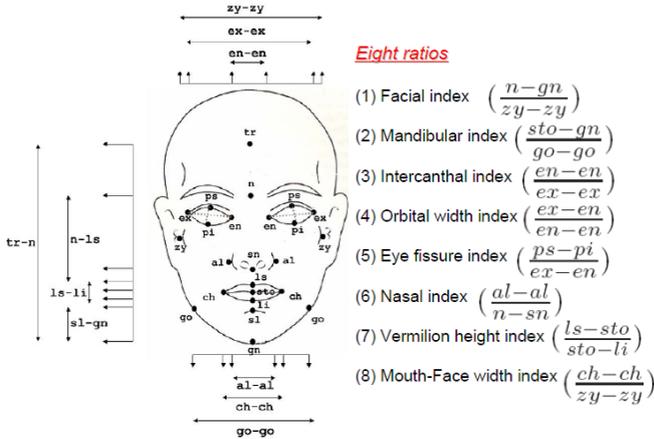


Figura 8: Proporciones usadas en el trabajo de Ramanathan y Chellappa.

que dificulta su aplicación en situaciones “reales”.

3. Este método no es universal, pues las medidas dadas por Farkas son válidas para personas de origen caucásico (europeos o descendientes). Sería precisa una adaptación a personas de otros orígenes.

Modelos de apariencia activos



Figura 9: Imagen etiquetada con 122 puntos de referencia.

Los modelos de apariencia activa están basados en modelos estadísticos del rostro y fueron propuestos inicialmente para codificar imágenes de rostros (Cootes, Edwards & Taylor, 2001). Se basa en puntos de referencia en la imagen que son marcados de manera manual en la etapa de entrenamiento. Teniendo en cuenta el análisis de componentes estadísticos aplicado sobre un conjunto de imágenes de entrenamiento formado por imágenes de rostros, se extrae un modelo estadístico de la forma y un modelo de intensidad, independientes el uno del otro.

1. VISIÓN ARTIFICIAL

Los MAAs (Modelos de Apariencia Activos) han sido utilizados en múltiples ocasiones para codificar rostros de manera satisfactoria. Entrando en temas relacionados con la edad, Lanitis et al (Lanitis, Taylor & Cootes, 2002) extendieron los modelos de apariencia activos añadiendo una función de edad para explicar la variación de los rostros respecto a la edad. Esta función define la relación entre la edad de los individuos y la descripción de las imágenes. En comparación con los modelos antropométricos, los MAAs pueden tratar con cualquier edad, en vez de tan solo con los jóvenes. Además, estos métodos consideran tanto la forma como la textura en vez de las características geométricas de la cara y son robustos frente a posturas cosa que los métodos antropométricos no. Estas técnicas son aplicables a la estimación precisa de la edad, en cuanto que cada imagen de test es etiquetada con un específico valor escogido de un rango continuo. Las mejoras más importantes de estos métodos de representación de la edad aportan son las siguientes:

- Prueba que la relación entre la edad y el rostro se puede representar por una función cuadrática.
- Hace frente a los valores atípicos en el rango de edades.
- Trata con parámetros de alta dimensionalidad.

Subespacio del patrón de envejecimiento

Geng y su grupo de investigación (Geng, Fu & Smith-Miles, 2010; Geng, Zhou & Smith-Miles, 2007), introdujeron el término AGES (AGing pattErn Subspace) que trata con una secuencia de imágenes de individuos con diferente edad usadas de manera conjunta para modelar el proceso del envejecimiento en vez de utilizar cada imagen por separado.

Un patrón de envejecimiento se define como una secuencia de imágenes de la misma persona ordenadas temporalmente. Se llama patrón de envejecimiento completo cuando se dispone de una imagen por año del individuo y patrón de envejecimiento incompleto en el caso contrario. El método AGES es capaz de simular las imágenes de los rostros no almacenados usando algoritmos de aprendizaje iterativos basados en EM (Esperanza-Maximización).

Este método consta de dos etapas: La etapa de aprendizaje y la etapa de estimación de la edad.

En la etapa de aprendizaje, la técnica de PCA (Análisis de Componentes Principales) se utiliza para obtener una representación del subespacio. Lo primero

1. VISIÓN ARTIFICIAL

que se hace es utilizar la técnica basada en EM para reconstruir las caras que faltan en el patrón de envejecimiento. Una vez que se ha obtenido una reconstrucción cuyo error es aceptable se pasa a la etapa siguiente.



Figura 10: Ejemplo de patrones de envejecimiento.

Para realizar la estimación de la edad, una imagen de test es evaluada y asignada a un determinado patrón de envejecimiento en una posición concreta. Para eso se compara con cada una de las imágenes que forman el patrón y se selecciona la que supone un error menor en la reconstrucción. El error medio que se obtiene con este método es de 6.77 años. El principal problema que presenta es que es necesario disponer de un conjunto de imágenes de diferentes edades para cada persona. Además, otra desventaja que tiene es que no utiliza información de textura por lo que características como las arrugas no se tienen en cuenta.

Manifold de edad

Este método se basa en la idea de que en vez de “aprender” un patrón de envejecimiento para cada individuo, se podría modelar un único patrón para varios individuos a lo largo de diferentes edades. Así, cada edad se representaría utilizando “diferentes caras”. De esta manera el reconocimiento de la edad es muy flexible en comparación con el método del subespacio del patrón de envejecimiento (Geng, Zhou & Smith-Miles, 2007). El manifold de edad (Fu, Xu & Huang, 2007) es una forma de modelar dicho patrón de edad común. Dicho método no necesita un número mínimo de imágenes de un individuo determinado. De hecho, permitiría

1. VISIÓN ARTIFICIAL

que, en un caso extremo, una persona solo “aportase” una imagen de una edad, lo que es muy práctico a la hora de crear bases de datos de imágenes.

Si visualizamos cada imagen (cuya edad real es conocida) como un punto en un espacio de D dimensiones (esto es, cada imagen se representa mediante un vector D -dimensional), el objetivo del manifold de edad es encontrar una representación de los datos en una dimensión d más pequeña ($d \ll D$) capturando a la vez la distribución intrínseca de los datos y su estructura geométrica subyacente. En la literatura se han propuesto diversas técnicas, como OLPP (Ortogonal Locality Preserving Projections) (Cai, He, Han & Zhang, 2006), CEA (Conformal Embedding Analysis) (Fu & Huang, 2008), LARR (Locally Adjusted Robust Regression) (Guo, Fu, Dyer & Huang, 2008) o SSE (Synchronized Submanifold Embedding) (Yan et al., 2009), que han estimado edades en diversas bases de datos de imágenes de personas con errores medios cercanos a 5 años.

La visualización de los datos obtenida con OLPP y CEA muestra que representan el conjunto de datos “mejor” que técnicas clásicas de reducción de dimensionalidad como Principal Component Analysis (PCA) (figura 11).

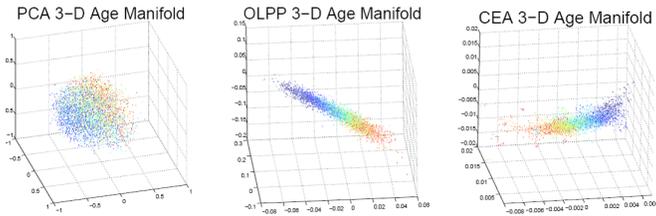


Figura 11: Manifold de edad obtenido mediante PCA (izquierda), OLPP (centro) y CEA (derecha).

La principal ventaja del manifold de edad es que permite reducir la dimensionalidad de los datos de imágenes para estimar la edad preservando la estructura geométrica de dichos datos. Además, no necesitan modelar patrones de edad específicos de cada persona ni incluir imágenes de la misma persona en diferentes edades. El único requisito para asegurar la suficiente robustez estadística del modelo es que el conjunto de imágenes utilizado para ello sea grande.

Modelos de apariencia

Los modelos de apariencia combinan descripción de textura con descripción de forma. Aunque existen muchos métodos, como se ha visto en secciones anteriores, la extracción de características faciales relacionadas con el envejecimiento, está

1. VISIÓN ARTIFICIAL

más centrada en el modelo de apariencia.

En sistemas existentes de estimación de la edad ya se han usado tanto descriptores globales como locales. El LBP (Local Binary Pattern) (Ahonen, Hadid & Pietikainen, 2006) que es un descriptor de textura muy robusto, también ha sido usado para la extracción de características de apariencia en sistemas de estimación de la edad y ha alcanzado una tasa de acierto del 80% usando las imágenes de la base de datos FERET y clasificando con la técnica del vecino más cercano y un 80%-90% usando FERET y PIE y clasificando con AdaBoost (Yang & Ai, 2007).

En las siguientes imágenes se puede ver un ejemplo de los resultados obtenidos usando la base de datos FERET (figura 12) y la base de datos PIE (figura 13).

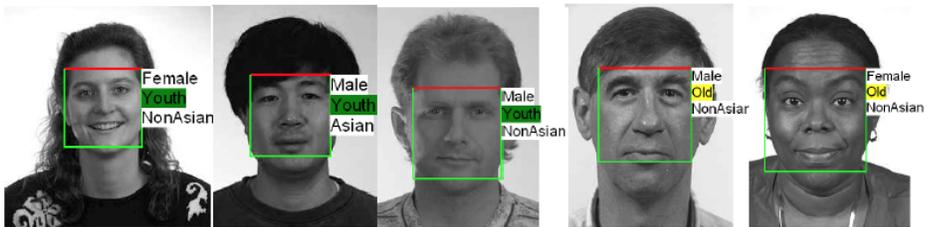


Figura 12: Resultados para las imágenes de FERET usando LBP y AdaBoost.

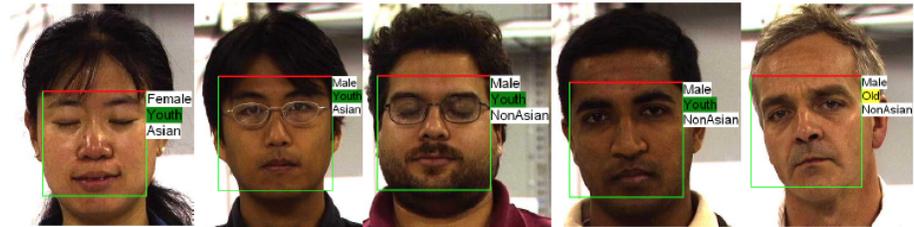


Figura 13: Resultados para las imágenes de PIE usando LBP y AdaBoost.

Con el paso del tiempo, se hacen evidentes variaciones en la apariencia y por esta razón, Yan y su grupo de investigación (Yan, Zhou, Liu, Hasegawa-Johnson & Huang, 2008; Yan, Liu & Huang, 2008b), propusieron usar Spatially Flexible Path (SFP) como descriptor de características. Este método usa información de regiones locales de la imagen y su posición. Esto es útil en caso de imágenes con oclusiones o con diferentes posiciones de la cara, ya que al ser un método robusto por trabajar a nivel local, se pueden describir este tipo de imágenes de manera eficiente. Además, también es capaz de dar más importancia a la característica discriminante del conjunto de características cuando se tiene un

1. VISIÓN ARTIFICIAL

conjunto de muestras insuficiente. Evaluado con un modelo Gaussiano mixto (GMM), este sistema obtiene un error absoluto medio de 4.95 años en la base de datos FG-NET. Usando la base de datos YGA, se obtiene un error absoluto medio de 4.94 años en el caso de rostros de hombres y 4.38 en el caso de las mujeres.

Por otra parte, Suo y su grupo (Suo et al., 2008), proponen diseñar características faciales gráficas (topología, geometría, fotometría, y configuración) basadas en el modelo de rostros jerárquico multiresolución que desarrollaron (Suo, Min, Zhu, Shan & Chen, 2007). Básicamente lo que hace este modelo, es aplicar diferentes filtros a diferentes parámetros y en diferentes niveles de extracción de características. Este sistema obtiene un error absoluto medio de 5.974 años usando la base de datos FG-NET y clasificando con redes neuronales (un perceptrón multicapa en este caso). Usando su propia base de datos obtuvieron un error de absoluto medio de 4.68 años.

Guo y su grupo (Guo, Mu, Fu & Huang, 2009), por otra parte, desarrollaron un método para estimar la edad a partir del rostro llamado BIF (Biologically Inspired Features) (Riesenhuber & Poggio, 1999; Serre, Wolf, Bileschi, Riesenhuber & Poggio, 2007). La idea básica es que el modelo contiene capas alternadas, unas simples (S) y otras complejas (C). La complejidad de las capas va aumentando según nos movemos desde el córtex visual primario al córtex inferior temporal. La primera capa, S1, se crea con filtros Gabor sobre la imagen de entrada. La segunda capa, C1, se obtiene aplicando una operación MAX sobre la capa S1. Este tipo de características tienen la ventaja de que son robustas a pequeñas traslaciones, rotaciones, escalado, capturando con eficacia patrones de edad. Si combinamos este modelo BIF con un clasificador SVM (Support Vector Machines), se obtiene un error absoluto medio de 4.77 años para la base de datos FG-NET. Si se prueba sobre las imágenes de la base de datos YGA, se obtiene un error absoluto medio de 3.91 en el caso de rostros femeninos y 3.47 en el caso de rostros masculinos.

5 Algoritmos para estimar la edad

Desde un punto de vista formal, la solución de este problema implica la obtención de una función matemática que establece la relación entre el espacio de observaciones de entrada y la salida correspondiente a la edad (o de grupo de edad).

Sin embargo, en una aplicación de estas características no es posible disponer de modelos matemáticos completos que caractericen con precisión la distribución estadística de los datos. Por esta razón, se puede recurrir a procedimientos basados en el aprendizaje a partir de un conjunto de ejemplos y así, plantear la estimación de la edad a partir del rostro como un problema particular de reconocimiento de patrones.

De esta forma, si el objetivo es la asignación de un caso a una de entre un conjunto de posibles categorías de edad predefinidas se puede abordar con técnicas de clasificación o bien, optar por modelos de regresión si lo que se pretende es la asignación de un valor numérico correspondiente a la edad. Igualmente, la combinación de ambas técnicas parece ser una aproximación prometedora (Tanner, 2011).

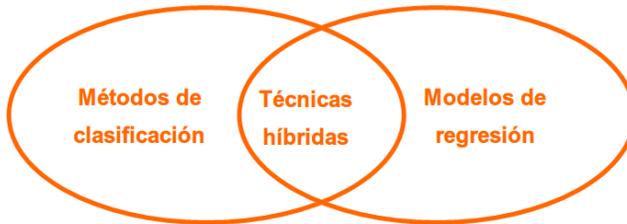


Figura 14: Categorización de los algoritmos de estimación de edad.

Cualquiera de las técnicas empleadas requiere disponer de un conjunto de imágenes etiquetado representativo pues esto es fundamental para poder ajustar los algoritmos de estimación de edad (Fu, Guo & Huang, 2010; Geng, Fu & Smith-Miles, 2010; Tanner, 2011) y obtener modelos con un rendimiento aceptable. Una base de imágenes ideal debería cubrir un amplio rango de edad, contener imágenes de diferentes personas y disponer al menos de una imagen de cada individuo para todas las edades consideradas. En la práctica, resulta extremadamente costoso y laborioso conseguir un conjunto de imágenes de entrenamiento suficientemente grande, especialmente cuando se precisan series cronológicas de un mismo individuo. Por ello, es frecuente disponer de un número limitado de imágenes para cada persona y que las imágenes correspondientes a edad avanzada sean escasas.

Dadas las peculiaridades de este contexto, la aplicación directa de las técnicas clásicas de clasificación o regresión resulta en la mayoría de las ocasiones difícil o ineficiente. Es necesario, pues, adaptarlas a las características de este escenario.

Clasificación

Lanitis et al. (Lanitis, Taylor & Cootes, 2002) evalúan diferentes clasificadores para la estimación automática de la edad a partir de imágenes del rostro. Se explora tanto la clasificación en una sola etapa como el empleo de métodos de categorización jerárquicos donde un clasificador global proporciona una estimación aproximada de un rango de edad que posteriormente se refina con un clasificador específico para dicho rango. En sus pruebas experimentales se emplean

1. VISIÓN ARTIFICIAL

Clasificadores cuadráticos, Clasificadores de mínima distancia, Redes Neuronales supervisadas con arquitectura de perceptron multicapa (MLP, MultiLayer Perceptron) (Kanno, Akiba, Teramachi, Nagahashi & Takeshi, 2001; Lanitis, Draganova & Christodoulou, 2004) y una aproximación no supervisada con los Mapas autoorganizativos de Kohonen (SOM, Self Organizing Map).



Figura 15: Estimación de edad en una etapa.



Figura 16: Estimación de edad jerárquica.

Otros clasificadores también empleados para la estimación de edad son las Máquinas de vectores soporte (SVM, Support Vector Machine) (Guo, Fu, Dyer & Huang, 2008).

Modelos de regresión

Para un escenario de estimación de edad planteado como un problema de regresión, Lanitis et al. (Lanitis, Taylor & Cootes, 2002) proponen una Función de Edad con tres formulaciones diferentes (lineal, cuadrática y cúbica) donde los parámetros del modelo se ajustan con un algoritmo genético. Basándose en este trabajo se propone un Modelo de Regresión Múltiple (MLR, Multiple Linear Regression) (Fu, Xu & Huang, 2007; Fu & Huang, 2008) con mejoras de rendimiento significativas respecto a otras técnicas. Las máquinas de vectores soporte para regresión (SVR, Suporta Vector Regression) se han empleado con éxito en los problemas de estimación de edad obteniendo errores absolutos que oscilan entre 5 y 7 años dependiendo de la base de datos de imagen empleada. El SVR constituye un método de regresión muy robusto para problemas cuya salida es unidimensional, pero su extensión a un caso general de múltiples salidas no es trivial. En estos escenarios de múltiple salida resulta útil la técnica de Regresión

1. VISIÓN ARTIFICIAL

Basada en la Imagen (IBR, Image Based Regression) usando el método de boosting propuesta por Zhou et al. (Zhou, Georgescu, Zhou & Comaniciu, 2005). A diferencia de las aproximaciones triviales que dividirían el problema en múltiples módulos de regresión de una única salida desacoplados, IBR tiene la ventaja de tener en cuenta la dependencia estadística entre las diferentes dimensiones de la variable de salida y resulta muy eficiente en términos de coste computacional y almacenamiento.

Métodos híbridos

Aprovechando las ventajas de ambas aproximaciones se han propuesto métodos de estimación híbridos que combinan técnicas de regresión y clasificación. Así, la propuesta de Regresión Robusta Ajustada Localmente (LARR, Locally Adjusted Robust Regression) (Guo, Fu, Dyer & Huang, 2008) combina una regresión global con SVR seguida de un ajuste más fino con un clasificador SVM. Esta combinación mejora el rendimiento significativamente.

Otra aproximación híbrida es el método jerárquico que se muestra en la figura 16 (Hu, Otto & Jain, 2013). Cada imagen es inicialmente clasificada en uno de varios grupos de edad disjuntos con un Árbol de decisión binario basado en Máquina de vectores soporte (SVM-BDT, Support Vector Machine-Binary Decision Tree) para después emplear un método de regresión con SVM en cada grupo que predice finalmente la edad.

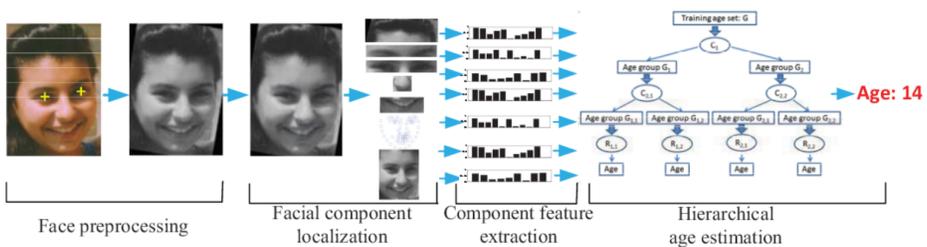


Figura 17: Método de estimación de edad híbrido jerárquico.

6 Conclusiones

Después de haber revisado cómo se manifiesta en la cara de las personas el envejecimiento, los distintos tipos de edades de un ser humano, alguna de las aplicaciones que tiene la estimación automática de la edad y los distintos métodos que se han utilizado en los últimos años para representar y estimar la edad a partir de

1. VISIÓN ARTIFICIAL

imágenes del rostro, podemos concluir diciendo que el problema es interesante y complejo a la vez. Es complejo porque incluso un ser humano se equivoca con frecuencia al realizar dicha estimación pudiendo, en algunos casos, llegar a cometer errores de hasta 10 años. Estos errores se deben a que los signos del envejecimiento son muy personales y dependen de factores como la genética, el estrés o el estilo de vida. Además, hay un problema añadido para estimar la edad utilizando únicamente imágenes de la cara y es que los seres humanos utilizamos otro tipo de información como puede ser el pelo o el tono de voz por lo que prescindir de esos indicadores hace que el sistema de visión se encuentre en desventaja.

Hemos visto que hace ya bastantes años que se empezó a estudiar cómo clasificar la edad en función de factores antropométricos. Los primeros trabajos (Alley, 1988) se basaron en el desarrollo craneo-facial aunque es un modelo que dejó de utilizarse porque no permite describir el perfil de la cabeza de una forma natural y también porque dicho perfil es difícil de extraer a partir de imágenes de caras en 2D. Después se pasó a estimar la edad utilizando la antropometría de la cara, extrayendo y estudiando tamaños y proporciones de la misma (Farkas, 1994), pero también se ha observado que estos modelos antropométricos sólo son útiles para detectar la edad de personas jóvenes y son muy sensibles a la pose, por lo que su uso es limitado.

Un método que ha sido muy popular y que se sigue utilizando para estimar la edad son los modelos de apariencia activos (MAA). Se basan en crear un modelo estadístico de la forma del rostro y otro modelo de la intensidad de los píxeles obteniendo características de textura, analizando para ello un conjunto de puntos de referencia del rostro. Empleados inicialmente para el reconocimiento de caras fueron extendidos (Lanitis, Taylor & Cootes, 2002) añadiéndoles una función que permite explicar la variación de la edad. En relación con los modelos antropométricos presentan la ventaja de que se pueden utilizar para cualquier edad, no sólo para jóvenes, y que son robustos a las posturas del rostro.

Una propuesta diferente (Geng, Zhou, Zhang, Li & Dai, 2006), llamada subespacio del patrón de envejecimiento (AGES) se basa en utilizar secuencias de imágenes de individuos ordenadas temporalmente para modelar el proceso de envejecimiento. Los errores medios obtenidos con este método son de 6.77 años. Sus inconvenientes son que se necesita un conjunto de imágenes de diferentes edades para cada persona y que, al no utilizar textura, no tiene en cuenta la información de las arrugas.

Una extensión de la idea anterior es la del manifold (espacio) de edad propuesta por Fu y colegas (Fu, Xu & Huang, 2007). En esta ocasión en vez de aprender un patrón de envejecimiento para cada individuo se modela un único patrón para varios individuos, a lo largo de diferentes edades, representando cada

1. VISIÓN ARTIFICIAL

edad mediante “diferentes caras”. Aunque requiere disponer de un conjunto elevado de caras para modelar el espacio, un individuo podría aportar una única cara, lo que facilita mucho crear estas colecciones. Basándose en esta idea se han propuesto diversos métodos, alguno de los cuales obtiene errores medios de entre 4.4 (hombres) y 5 (mujeres) años.

La propuesta más reciente, y que es la que mejores resultados obtiene hasta la fecha, se basa en los modelos de apariencia que combinan la descripción de características de textura con características de forma de la cara. Dentro de los numerosos métodos de este tipo destaca el presentado por Guo y su grupo (Guo, Mu, Fu & Huang, 2009) llamado BIF (Biologically Inspired Features). Extraen numerosas características básicas utilizando filtros de Gabor en un proceso por capas que simula la forma de funcionar el córtex visual humano. Dependiendo del conjunto de datos utilizado para validar el método, los errores medios obtenidos, en años, van desde los 3.47 (masculinos en YGA) hasta 4.77 en FG-NET.

Finalmente comentar que cualquiera de los métodos propuestos requiere disponer de un conjunto representativo de rostros, etiquetado, que permita aplicar técnicas de clasificación o de regresión. Las técnicas de clasificación permiten, dado un rostro, indicar a qué clase (normalmente rango) de edad pertenece, y se utilizan sobre todo redes neuronales, mapas SOM y máquinas de vector de soporte (SVM). Las técnicas de regresión devuelven un valor de número de años para un rostro dado y se utilizan modelos de regresión múltiple, regresión basada en imagen y muy frecuentemente máquinas de vector de soporte para regresión (SVR). También aparecen otras soluciones que combinan los métodos anteriores, de diferentes maneras, a las que se considera métodos híbridos.

Como conclusión final, podemos decir que la estimación de la edad a partir de imágenes del rostro es un proceso complejo, que requiere disponer de colecciones etiquetadas de rostros de los que se conoce la edad. Es necesario obtener características del rostro, a ser posible basándose tanto en la forma como en la textura y posteriormente hay que clasificar o estimar la edad utilizando la información extraída de la imagen de la que se quiere conocer la edad y comparándola con la información conocida de las colecciones etiquetadas. Los estudios realizados hasta ahora presentan errores en la estimación o la clasificación ligeramente superiores a los que comete un ser humano, y que van desde aproximadamente los 3 años en el mejor de los casos hasta sistemas que se equivocan en 4 o 5 años al estimar la edad. ■

Referencias

- Ahonen, T., Hadid, A. & Pietikainen, M. (2006). Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28(12), 2037–2041.
- Alley, T. R. (1988). *Social and Applied Aspects of Perceiving Faces*. Lawrence Erlbaum Assoc.
- Begoña, M. d. (2013). *Maquillaje de ojos con waterline para pieles más maduras: El Antes y Después de Begoña*. Recuperado el 27 de febrero de 2014, de <http://www.aparichimakeup.com/2013/09/maquillaje-de-ojos-con-waterline-para.html>
- Cai, D., He, X., Han, J. & Zhang, H. J. (2006). Orthogonal Laplacian faces for Face Recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*. 15(11), 3608–3614.
- Cootes, T., Edwards, G. & Taylor, C. (2001). Active Appearance Models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(6), 681–688.
- Dib, M. Y. (2011). *Automatic facial age estimation*. Faculty of Computers and Information, Universidad del Cairo. Cairo, Egipto.
- Farkas, L. (1994). *Anthropometry of the Head and Face*. Raven Press.
- Fu, Y., Guo, G. & Huang, T. S. (2010). Age synthesis and estimation via faces: a survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 32(11).
- Fu, Y., Xu, Y. & Huang, T.S. (2007). Estimating Human Ages by Manifold Analysis of Face Pictures and Regression on Aging Features. En *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo*. pp. 1383–1386.
- Fu, Y. & Huang, T. S. (2008). Human Age Estimation with Regression on Discriminative Aging Manifold. *IEEE Transactions in Multimedia*. 10(4), 578–584.
- Geng, X. Fu, Y. & Smith-Miles, K. (2010). *Automatic Facial Age Estimation*. Paper presentado en 11th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence.
- Geng, X., Zhou, Z. H., Zhang, Y., Li, G. & Dai, H. (2006). Learning from Facial Aging Patterns for Automatic Age Estimation. En *Proceedings of the 14th annual ACM international conference on Multimedia*. pp. 307–316.

1. VISIÓN ARTIFICIAL

- Geng, X. Zhou, Z. H. & Smith-Miles, K. (2007). Automatic Age Estimation Based on Facial Aging Patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(12), 2234–2240.
- Gonzalez-Ulloa, M. & Flores, E. (1965). Senility of the face basic study to understand its causes and effects. *Plastic and reconstructive surgery*. 36, 239–246.
- Guo, G., Fu, Y., Dyer, C. & Huang, T. S. (2008). Image-Based Human Age Estimation by Manifold Learning and Locally Adjusted Robust Regression. *IEEE Transactions in Imaging Processing*. 17(7), 1178–1188.
- Guo, G., Mu, Y., Fu, Y. & Huang, T. S. (2009). Human Age Estimation Using Bio-Inspired Features. En *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 112–119.
- Hu, H., Otto, C. & Jain, A. K. (2013). Age estimation from face images: Human vs. machine performance. En *Proceedings of the IEEE International Conference on Biometrics*.
- Kanno, T., Akiba, M., Teramachi, Y., Nagahashi, H. & Takeshi, A. (2001). Classification of age group based on facial images of young males by using neural networks. *IEICE Transactions on Information and Systems*. 84(8), 1094–1101.
- Kwon, Y. & Lobo, N. (1994). Age Classification from Facial Images. En *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 762–767.
- Kwon, Y. & Lobo, N. (1999). Age Classification from Facial Images. *Computer Vision and Image Understanding*, 74(1), 1–21.
- Lanitis, A., Taylor, C. & Cootes, T. (2002). Toward Automatic Simulation of Aging Effects on Face Images. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 24(4), 442–455.
- Lanitis, A., Draganova, C. & Christodoulou, C. (2004). Comparing different classifiers for automatic age estimation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 34(1), 621–628.
- Ramanathan, N. & Chellappa, R. (2006). Modeling Age Progression in Young Faces. En *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 387–394.
- Riesenhuber, M. & Poggio, T. (1999). Hierarchical Models of Object Recognition in Cortex. *Nature Neuroscience*, 2(11), 1019–1025.

1. VISIÓN ARTIFICIAL

- Serre, T., Wolf, L., Bileschi, S., Riesenhuber, M. & Poggio, T. (2007). Robust object recognition with cortex-like mechanisms. En *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 29(3), 411–426.
- Suo, J., Wu, T., Zhu, S., Shan, S., Chen, X. & Gao, W. (2008). Design Sparse Features for Age Estimation Using Hierarchical Face Model. En *Proceedings of the IEEE Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*. pp. 1–6.
- Suo, J., Min, F., Zhu, S., Shan, S. & Chen, X. (2007). A Multi-Resolution Dynamic Model for Face Aging Simulation. En *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 1–8.
- Tanner, K. (2011). Modeling Automated Detection of Children in Images. (Tesis de máster, Universidad de Rhode Island, 2011). *Dissertations and Master's Theses*, AAI1498256.
- Troell, R. (2014). “Borrar” 10 años de envejecimiento y las arrugas con un “estiramiento facial”. Recuperado el 27 de febrero de 2014, de <http://www.drтроell.com/es/procedimientos/facial-cosmetico/estiramiento-facial-mediofacial/>
- Yan, S., Wang, H., Fu, Y., Yan, J., Tang, X. & Huang, T. S. (2009). Synchronized Submanifold Embedding for Person Independent Pose Estimation and Beyond. *IEEE Transactions in Image Processing*, 18(1), 202–210.
- Yang, Z. & Ai, H. (2007). Demographic Classification with Local Binary Patterns. En *Proceedings of International Conference on Biometrics*. Vol. 4642, 464–473.
- Yan, S., Zhou, X., Liu, M., Hasegawa-Johnson, M. & Huang, T. S. (2008). Regression from Patch-Kernel. En *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. pp. 1–8.
- Yan, S., Liu, M. & Huang, T. S. (2008). Extracting Age Information from Local Spatially Flexible Patches. En *Proceedings of the IEEE Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. pp. 737–740.
- El Dib, M. Y. (2011). *Automatic Facial Age Estimation*. Tesis de máster no publicada. Universidad del Cairo, Cairo, Egipto.
- Zhou, S. K., Georgescu, B., Zhou, X. S. & Comaniciu, D. (2005). Image based regression using boosting method. *IEEE International Conference on Computer Vision*. Vol. 1, 451–548.

02.

e-Salud



Estudio y valoración de la viabilidad de la monitorización del Miedo a Caerse en personas mayores basándose en técnicas de Machine Learning

Javier Alfonso Cendón, Luis Panizo Alonso, Pilar Marques Sánchez

Universidad de León

Javier Pérez Jara

Hospital Comarcal del Bierzo

Joaquín Ordieres Meré

Universidad Politécnica de Madrid

1 Introducción

EL Miedo a Caerse puede considerarse como una respuesta a una amenaza real, previniendo a las personas de mayor edad de iniciar actividades físicas con un elevado riesgo de caída, aunque esto suponga una restricción de las actividades que a largo plazo tendrá un efecto negativo en el plano físico y social del individuo (Alcalde-Tirado, 2010; Olmos-Zapata, 2012). Resulta necesario también destacar el impacto que tiene la caída de una persona de elevada edad para ella misma, para su familia y para la sociedad y el sistema sanitario en general.

Por todo ello el estudio de la caída en las personas de mayor edad nos debe ayudar a conseguir una prevención y una disminución de la incidencia de la misma (Olmos-Zapata, 2012). La aparición del Miedo a Caerse limita muy notablemente al que la padece en el desarrollo de su vida diaria, favoreciendo el sedentarismo y la inactividad. Lo que produce un deterioro general de la persona tanto desde el punto de vista físico como mental (Olmos-Zapata, 2012).

La población mundial está envejeciendo rápidamente, amenazando con desbordar la capacidad de la sociedad para cuidar de sus miembros más ancianos.

2. E-SALUD

El porcentaje de personas de más de 65 años en los países desarrollados se prevé que sea de más del 16% en 2050 (United-Nations, 2009), llegando en España a representar un 30%. Por lo que la incidencia del Miedo a Caerse cada vez será mayor.

El Miedo a Caerse presenta una prevalencia de alrededor de un 30% en personas mayores sin ningún historial de caídas, y más del doble en aquellos que tienen algún tipo de antecedente de caídas (Alcalde-Tirado, 2010). Su prevalencia es más elevada en mujeres y en personas con mayor edad (Alcalde-Tirado, 2010), por eso, es posible que factores asociados al proceso de envejecer como la fragilidad física, contribuyan también al desarrollo del Miedo a Caerse.

Varios estudios han indicado que la gente que tiene miedo a caerse parece entrar en un espiral debilitante de pérdida de confianza, restricción de la actividad física, fragilidad, caídas y pérdida de la independencia. Sumando a las consecuencias adversas del Miedo a Caerse para aquellos que lo sufren. También existen consecuencias para el gasto público dado que se aumenta el uso del sistema sanitario. Por lo tanto resulta necesario invertir la espiral de declive de las personas mayores para intentar reducir el Miedo a Caerse, centrándose en factores de esa espiral como el incremento de la funcionalidad física, mejorar las medicaciones, etc.

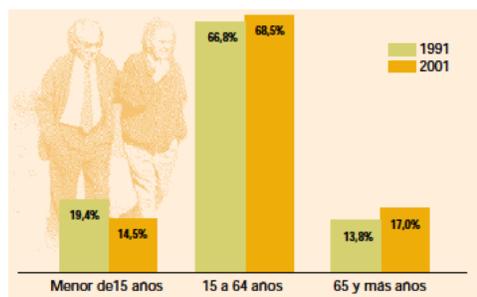


Figura 1: Evolución de la población Española (año 2001). Fuente INE.

En los últimos años, un sustancial número de estudios han medido la efectividad de las intervenciones en el Miedo a Caerse, sin embargo, los estudios desarrollados se centran en las mejoras de las escalas de Miedo a Caerse a través de cuestionarios y en el estado general; no habiendo ninguno en el que se determine de una forma objetiva y cuantitativa la presencia del síndrome, ni su evolución con los tratamientos.

Los trastornos de la marcha es otra patología que aparece con frecuencia en pacientes mayores aquejados de múltiples patologías. Determinadas enfermedades como la Enfermedad de Parkinson, trastornos de la marcha de origen vascular como la Enfermedad de Binswanger o los Ictus provocan serias alteraciones de la marcha y con ellas la aparición del síndrome del Miedo a Caerse. Existen numerosos sistemas empleados en el estudio de las caídas y de los trastornos de la marcha.

El desarrollo de este estudio se ha realizado desde la Unidad de Geriátrica del Hospital Comarcal del Bierzo y cuenta con la aceptación del Comité de Ética del Hospital de León.

Los siguientes apartados de este artículo se estructuran de la siguiente manera: comenzaremos con los objetivos y la hipótesis de partida del estudio, después nos centraremos en el estudio (material y métodos), a continuación se explicará el funcionamiento del dispositivo e-Health y del prototipo desarrollado, después se explicará el sistema de análisis de resultados y se terminará por unas conclusiones y unas líneas futuras.

2 Objetivos e hipótesis de partida

El objetivo principal de este estudio es lograr establecer una serie de parámetros y patrones que permitan definir objetiva y cualitativamente si una persona padece Miedo a Caerse, intentando a su vez identificar aquellos factores asociados a esta patología que pudieran influir positiva y negativamente en el tratamiento de la misma.

La hipótesis de partida de este proyecto consiste en que el análisis del registro de la actividad de personas con y sin Miedo a Caerse durante 24 horas, puede ayudar a determinar las variables vinculadas a dicha patología.

3 Estudio. Material y métodos

El estudio se realizó en la Unidad de Geriátrica del Hospital Comarcal del Bierzo, para lo que se seleccionaron dos grupos de pacientes compuestos por veinte personas cada uno de ellos. Uno de los grupos estaba formado por pacientes con Miedo a Caerse y el otro por pacientes sin Miedo a Caerse. Todos los pacientes seleccionados tenían la misma edad.

Mediante la utilización del dispositivo e-Health para la plataforma Raspberry Pi, del que se hablará más adelante, se analizaron las siguientes variables:

- Número de pasos.
- Amplitud media del paso.
- Pasos por amplitud media.
- Media del intervalo entre pasos.
- Tiempo que pasa tumbado (en segundos).

2. E-SALUD

- Tiempo que pasa sentado (en segundos).
- Tiempo que pasa de pie (en segundos).

También se realizó un test a cada uno de los pacientes participantes en el estudio con el objetivo de identificar y conocer sus hábitos de vida, con el objetivo de identificar otros parámetros de incidencia del Miedo a Caerse.

Toda la información obtenida en este estudio sigue los parámetros definidos por el comité de ética del Hospital de León y cumple con la L.O.P.D. (Ley Orgánica de Protección de Datos).

4 e-Health

El dispositivo e-Health, es una tarjeta que permite a través de las plataformas Arduino y Raspberry Pi realizar aplicaciones biométricas y de vigilancia médica mediante el uso de diez sensores diferentes que permiten medir: la posición del paciente (acelerómetro), glucómetro, temperatura, presión sanguínea, pulso, oxígeno en sangre, el flujo de aire (respiración), etc. (Cooking-Hacks, 2014).

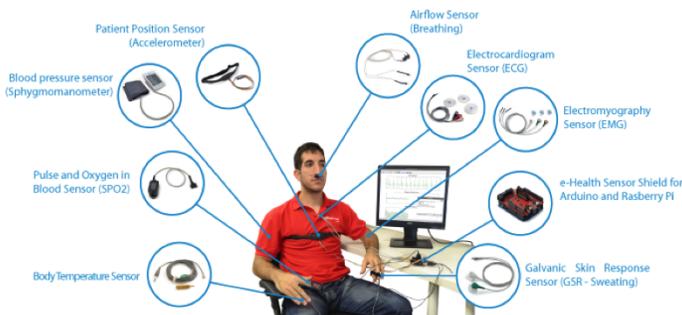


Figura 2: Sensores de la plataforma e-Health. Fuente: e-Health Cooking Hacks.

Por lo que con el uso de este dispositivo se puede monitorizar en tiempo real el estado de un paciente, con el fin de analizar en tiempo real o posteriormente los datos obtenidos. La información biométrica obtenida puede ser enviada inalámbricamente mediante tarjetas Wi-Fi, 3G, GPRS, Bluetooth, y Zig-Bee 802.15.4 (Cooking-Hacks, 2014).

Para este estudio se ha utilizado únicamente el sensor de posición del paciente, es decir el acelerómetro, utilizando la plataforma Raspberry Pi con una tarjeta WIFI (figura 3).

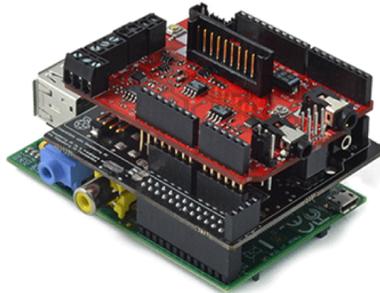


Figura 3: Dispositivo e-Health sobre Raspberry Pi. Fuente: e-Health Cooking Hacks.

5 Prototipo desarrollado

Para facilitar el desarrollo del estudio, su toma de muestras y la gestión de los datos obtenidos se desarrolló un prototipo para dispositivos móviles con el Sistema Operativo Android (Google, 2014).

Dicho prototipo permite realizar la gestión de todos los pacientes que participan en el estudio, almacenando sus registros y controlando la puesta en marcha y el funcionamiento del dispositivo e-Health.

La comunicación entre el dispositivo móvil y e-Health se puede realizar tanto a través de WIFI, como de Bluetooth, permitiendo el envío de los datos obtenidos por el acelerómetro a través del correo electrónico. En la figura 4 se pueden observar dos capturas de pantalla de la aplicación.

Los parámetros del acelerómetro pueden ser configurados desde la aplicación, pudiendo modificar su frecuencia de muestreo, en este estudio se están trabajando con frecuencias de muestreo de 100 Hz.

Los datos obtenidos por el acelerómetro de tres ejes (X, Y, Z), que se utiliza en el prototipo, son almacenados junto una variable secuencial que permite comprobar si se ha perdido algún paquete de datos en el experimento y con una variable tiempo expresada en milisegundos que permite establecer la secuencia de los sucesos. A continuación se muestra una secuencia de la tabla de datos obtenida en uno de los muestreos.

2. E-SALUD

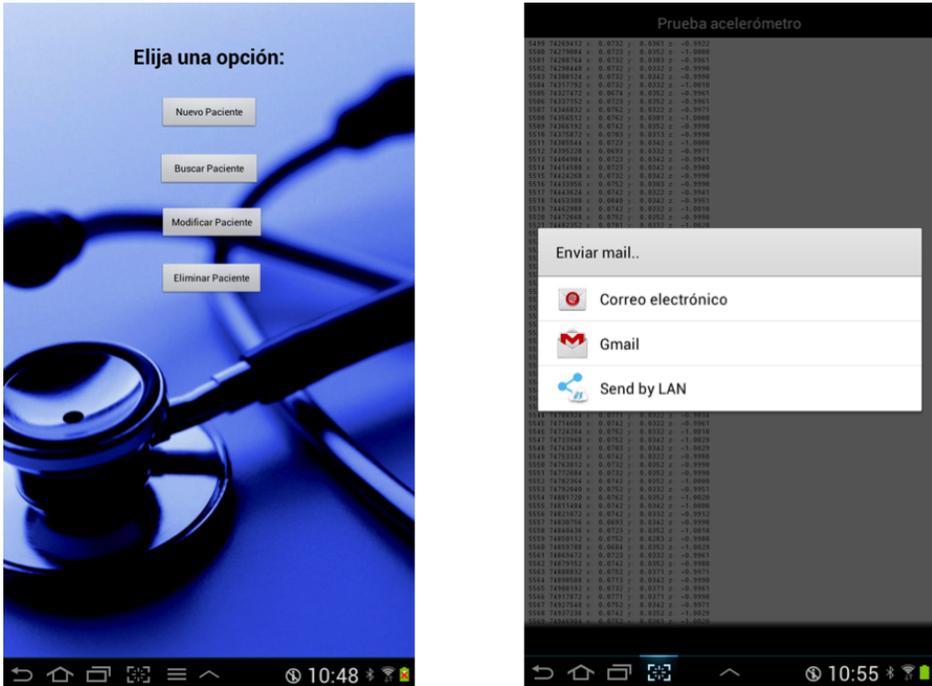


Figura 4: Capturas de pantalla del prototipo Android desarrollado.

6 Análisis de resultados

Una vez finalizados los muestreos de los cuarenta pacientes y comprobada la ausencia de errores en la muestra se inició la fase de análisis de resultados. Primariamente se determinó a partir de los valores de las aceleraciones de cada uno de los ejes y basándose en los estudios de (Luštrek et al., 2011) y (Mirčevska, Luštrek & Gams, 2009) los valores que toman cuando se está caminando, sentado, de pie, etc. Dichos análisis fueron llevados a cabo con el software R (R Project, 2014).

Una vez procesada toda la información obtenida en los muestreos se extrajo para cada uno de los pacientes objeto del estudio las siguientes variables: número de pasos, amplitud media, pasos por amplitud media, media del intervalo de pasos, tiempo en segundos que pasa tumbado, tiempo en segundos que pasa sentado y tiempo en segundos que pasa de pie. Observándose ya diferencias notables entre aquellos los pacientes con y sin Miedo a Caerse.

Con esa información, unida al conjunto de datos recopilados para cada uno

Id	Tiempo	X	Y	Z
2002	49263096	-1,0654	-0,0146	-0,0107
2003	49272988	-1,0508	-0,002	-0,0039
2004	49282884	-1,0391	0,0156	0,0195
2005	49292592	-1,0264	0,0186	0,0264
2006	49302308	-1,0342	0,0127	-0,0059
2007	49312112	-1,0576	-0,002	-0,0176
2008	49322000	-1,0664	-0,0176	-0,0088
2009	49331888	-1,0742	-0,0303	-0,0078
2010	49341772	-1,0674	-0,0439	-0,0117
2011	49351664	-1,0479	-0,0645	0,0176

Tabla 1: Secuencia de muestreo del acelerómetro.

de los pacientes en el cuestionario previo al estudio y utilizando la herramienta de Data Mining y Machine Learning WEKA (WEKA, 2014), se clasificó a los pacientes en grupos, permitiendo una efectiva extracción de patrones y de conductas vinculadas al Miedo a Caerse.

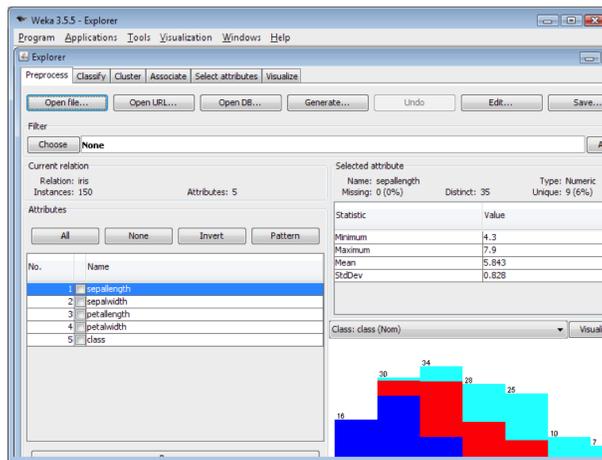


Figura 5: Captura de pantalla del software WEKA. Fuente: WEKA.

7 Conclusiones

Con una población cada vez más envejecida, patologías como el Miedo a Caerse tendrán una repercusión cada vez mayor en nuestra sociedad y en nuestro sistema

2. E-SALUD

sanitario, por este motivo resulta necesario desarrollar métodos objetivos y cuantitativos para poder medirlas y estudiarlas mejor, pudiendo actuar sobre ellas de una manera más efectiva mejorando la calidad de vida de nuestros mayores.

La utilización de sensores “low cost” como los incluidos en el dispositivo e-Health para la plataforma Raspberry Pi abren un abanico de oportunidades muy grande para la realización de investigaciones biométricas que hasta no hace mucho suponían un coste muy elevado.

La aplicación de técnicas de Minería de Datos y Machine Learning ha permitido la obtención de patrones y parámetros específicos para el diagnóstico y estudio de la evolución del Miedo a Caerse.

Destacar que aunque la reducción del Miedo a Caerse es un objetivo para poder mejorar la calidad de vida de quien lo padece, los beneficios podrían incrementarse muy notablemente si también supusieran un aumento de conductas saludables, un aumento de la participación social y un incremento en general de las actividades diarias.

8 Líneas futuras

Una línea futura de trabajo sería la combinación del uso del acelerómetro con otros sensores, como por ejemplo un electro-miógrafo, el sensor de temperatura, etc. permitiéndonos obtener mucha más información. También sería interesante el utilizar la geo-localización para intentar dotar a toda la información obtenida por el acelerómetro de un contexto, ya que el entorno en el que se produzca una caída o una determinada patología puede ser un factor muy influyente y decisivo.



Referencias

Alcalde-Tirado, P. (2010). Miedo a caerse (Fear of falling). *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 45(1), 38–44.

Cookings Hacks. (2014). e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi [Biometric / Medical Applications]. Recuperado el 24 de febrero de 2014, de <http://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/health-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>

Google. (2014). Android. Recuperado el 24 de febrero de 2014, de <http://www.android.com>.

- Luštrek, M., Gjoreski, H., Kozina, S., Cvetković, B., Mirčevska, V. & Gams, M. (2011). Detecting Falls with Location Sensors and Accelerometers. En *Proceedings of the 23rd Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence*. San Francisco, California, EEUU.
- Mirčevska, V., Luštrek, M. & Gams, M. (2009). Combining machine learning and expert knowledge for clasifying human posture. En *Proceedings of the 18th International Electrotechnical and Computer Science Conference. B*, pp. 183–186.
- Olmos-Zapata, P. (2012). *Estudio del síndrome de temor a caerse en personas mayores de 65 años*. (Tesis doctoral). Universidad de Murcia, Murcia, España.
- R Project. (2014). The R Project for Statistical Computing. Recuperado el 12 de marzo de 2014, de <http://www.r-project.org>
- United Nations. (2009). World Population Ageing (Report).
- WEKA. (2014). Weka 3: Data Mining Software in Java. (M. L. Waikato, Productor). Recuperado el 12 de marzo de 2014, de <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>

03.

**Aplicaciones
móviles**



Facebook



Goodreads

Google



Gmail



Messenger



Gallery



Maps



Local



Instapaper



Pages Manager



Opera Mobile



Operating for Android



Navigation



Desarrollo de un repositorio de aplicaciones móviles para mayores

Miguel Ángel Conde González

Universidad de León

Francisco José García Peñalvo

Universidad de Salamanca

1 Introducción

DESDE 1990 la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha experimentado un enorme crecimiento, debido especialmente a la popularización de las redes inalámbricas y a la liberación del mercado de las telecomunicaciones. Las TIC han tenido un gran impacto en diferentes áreas, no siempre han garantizado el éxito de las actividades a las que se aplican, pero sí que han abierto nuevas posibilidades en cuanto a las herramientas a utilizar. La investigación ha demostrado que la inversión en las TIC suele estar asociada a beneficios como una mayor productividad, menores costes, más oportunidades económicas, creación de trabajos, innovación e incremento en el volumen de ventas. Además la aplicación de las TIC también proporciona mejores servicios en contextos como la salud y la educación y refuerza la cohesión social (ITU, 2013). Esto supone que el uso de las TIC se haya vuelto algo totalmente natural en el día a día de las personas aunque no todo el mundo utiliza la tecnología de la misma manera.

Un ejemplo en este sentido son las personas mayores (en este trabajo personas de más de 60 años según la definición de Naciones Unidas (World-Health-Organization, 2014)). Este colectivo tiene unas características particulares que supone que un porcentaje muy importante de las personas que lo componen usen las TIC de una forma diferente al de otros colectivos. Este hecho se hace especialmente evidente si se compara el uso de las TIC que hacen las personas mayores y las personas que han nacido rodeadas de las nuevas tecnologías (denominados inmigrantes y nativos digitales respectivamente) (Prensky, 2001a,b).

Las TIC, por tanto, podrían verse como un elemento tanto inclusivo como excluyente para el colectivo de los mayores. Inclusivo porque si los mayores usan las TIC estas pueden (Burdick, 2001; Weatherall, 2000; White et al., 1999):

3. APLICACIONES MÓVILES

1) ayudar a reducir la brecha digital entre los inmigrantes y los nativos digitales acercando ambos colectivos; 2) incrementar la interacción social de los mayores (nuevas herramientas, nuevos canales de comunicación, etc.); y 3) mejorar la calidad de vida de los miembros de este colectivo (a través de aplicaciones que les ayuden en su vida diaria). Por otro lado podría considerarse como un factor excluyente porque: 1) el uso de las TIC supone un esfuerzo a las personas mayores ya que los dispositivos y tecnologías no están siempre adaptadas a sus necesidades y características específicas; y 2) los mayores no consideran necesarias muchas de las tecnologías y que les resultan caras (Hernández-Encuentra, Pousada & Gómez-Zúñiga, 2009; Madden & Savage, 2000; Teo, 2001).

Estudios como “TICs y mayores. Conectados al futuro” muestran que las personas entre 56 y 70 años son proclives al uso de las nuevas tecnologías, lo que implica que la exclusión está comenzando a reducirse (Fundación-Vodafone-España, 2012). En la figura 1 se puede observar una persona mayor interactuando con una Tablet.



Figura 1: Mayor interactuando con una Tablet.

España, 2012; Kurniawan, 2008): 1) los dispositivos y sus aplicaciones no están adaptados a las necesidades de los mayores, ni a las características específicas

Un claro ejemplo del uso de las TIC por los mayores son las tecnologías móviles. Los dispositivos móviles son una de las tecnologías con mayor penetración y aceptación en nuestra sociedad. En 2013 hay más de 6800 millones de suscripciones móviles en el mundo y en los países desarrollados cada persona tiene más de un dispositivo móvil (ITU, 2012). Este tipo de dispositivos facilitan acceso a un conjunto completo de servicios que pueden utilizarse con diferentes propósitos: búsqueda de información, formación, interacción social, etc. Un porcentaje alto de las personas mayores en los países desarrollados poseen un dispositivo móvil, sin embargo el uso que hacen de ellos es muy limitado, generalmente para hacer llamadas o mandar mensajes de texto. Esto se debe principalmente a dos razones (Fundación-Vodafone-

de este colectivo; y 2) las personas mayores necesitan formación en el uso de los dispositivos para perder miedos especialmente relativos a que por confundirse al hacer algo en el dispositivo “lo van a romper”.

Dado este contexto, es necesario facilitar a los mayores aplicaciones móviles que realmente se adapten a sus necesidades y que les permitan acceder a otros servicios provistos por los dispositivos, más allá de las llamadas o el uso de la mensajería. Para poder conseguir esto se deben considerar diferentes problemas:

- Es necesario estudiar la usabilidad en los dispositivos móviles y aplicaciones teniendo especialmente en cuenta a los mayores.
- Es necesario estudiar qué aplicaciones necesitan y quieren utilizar realmente los miembros de este colectivo. Es decir, tener en cuenta sus necesidades reales y no solamente aquellas que los desarrolladores consideran que tienen.
- Es necesario explorar los repositorios de aplicaciones móviles que existen para estas personas.

De cara a abordar estos problemas el presente proyecto se centra en explorar los distintos estudios acerca de la usabilidad de dispositivos móviles para mayores, cómo las aplicaciones han sido adaptadas para ellos y qué aplicaciones están realmente utilizando. Con esta información se va a definir un repositorio que permita la clasificación, almacenamiento y recomendación de aplicaciones móviles para mayores. En dicho repositorio se van a incluir aplicaciones útiles según su opinión.

El presente artículo trata de presentar el repositorio. Para ello en primer lugar (sección 2) se presentan algunos trabajos relacionados con la usabilidad de las aplicaciones en dispositivos móviles para mayores, encuestas acerca de las aplicaciones que utilizan y otros repositorios existentes. Posteriormente (sección 3) se presenta una primera aproximación al repositorio y finalmente se proponen algunas conclusiones.

2 Trabajos relacionados

El concepto de repositorio de aplicaciones móviles no es nuevo, pero en este caso las aplicaciones están orientadas a un usuario final con unas necesidades y habilidades muy específicas, las personas mayores. Esto supone que el presente trabajo tenga que considerar usabilidad (del dispositivo y la aplicación), necesidad en cuanto a las aplicaciones utilizadas y la existencia de otros repositorios similares.

3. APLICACIONES MÓVILES

En lo que respecta al primero de los aspectos, medir la usabilidad es un proceso complejo que involucra diferentes dimensiones como pueden ser el tiempo en realizar una tarea, el rendimiento, la satisfacción del usuario final, la facilidad de manejo del sistema etc. (Abran, Khelifi, Suryn & Seffah, 2003). Existen multitud de estudios en cuanto a la medida de la usabilidad en el dispositivo móvil, pero en este caso van a ser relevantes solamente aquellos que se refieren a personas mayores. En este sentido los trabajos publicados permiten detectar problemas relativos a la interacción de los mayores con los dispositivos como (Arning & Ziefle, 2007; Fujioka, Akiba & Okada, 2009; Jin, Plocher & Kiff, 2007; Kobayashi et al., 2011; Lee & Kuo, 2007; Lin, Hsieh & Shiang, 2009) el tamaño de las pantallas para leer información, el tamaño y forma de los menús, funcionalidades como el *Drag&Drop*, el tamaño de elementos en los que pulsar, la variación entre dónde se pulsa con el dedo y dónde se pretende pulsar, la visibilidad de los caracteres en la pantalla (no tanto el tamaño como el contraste en la visualización), la facilidad para aprender a manejar el dispositivo, la calidad del sonido, etc. Interfaces que en cuenta estos problemas podrían garantizar un mejor aprovechamiento de los dispositivos por los mayores.

Sin embargo es necesario considerar también la continua evolución de las tecnologías móviles y sus interfaces y que se debe ir más allá del dispositivo y tener en cuenta las aplicaciones y los sistemas operativos.

En este sentido algunos trabajos consideran que las aplicaciones deben incluir (Kurniawan, 2008) ayudas nemotécnicas (p. ej.: citas, recordatorios, agendas con fotos, información personal, menús personalizados, posibilidad de personalizar menús), ayudas visuales (p. ej.: retroiluminación, textos grandes, negrita, esquemas de color atractivos, botones grandes), ayudas táctiles, características que permitan minimizar los errores de uso (p. ej.: auto-bloqueo de teclado, diálogos de confirmación extra, avisos), y funcionalidades relativas a la seguridad (p. ej.: marcación rápida, sistemas de llamada de emergencia).

Autores como Lorenz y Oppermann (Lorenz & Oppermann, 2009) describen requisitos específicos de las aplicaciones (p. ej.: el tamaño de texto debe estar entre 36pt y 48pt, un solo nivel de navegación, botones al final de la interfaz para que la mano que debe pulsarlos no oculte el resto de la pantalla, colores neutros, los elementos de entrada pueden resaltarse de forma redundante, animaciones lentas, etc.).

Otros (Werner, Wener & Oberzaucher, 2012) a partir de diversas experiencias consideran que la usabilidad de ciertas aplicaciones puede verse incrementada si: se representa los links en las aplicaciones de forma homogénea, si las aplicaciones son lo más simples posibles, si se evitan los anglicismos y si trata de clarificar cómo y dónde introducir texto en las aplicaciones.

3. APLICACIONES MÓVILES

De estos trabajos se puede observar que existen varios aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar aplicaciones destinadas a mayores, pero en especial se deben tener en cuenta qué aplicaciones realmente necesitan y van a utilizar.

En lo que respecta a este ámbito existen trabajos que estudian las aplicaciones utilizadas o requeridas por las personas mayores y definen modelos para clasificarlas. Por ejemplo VDI/VDE-IT junto con la AAL Association consideran que las aplicaciones móviles podrían clasificarse en aplicaciones con finalidades de (Gaßner & Conrad, 2010): salud y bienestar, cuidado del hogar, gestión de tareas y productos, seguridad, protección, privacidad, movilidad, información, formación, interacción social, hobbies y herramientas para la vida diaria. Esta clasificación es ampliada y modificada por Plaza et al (Plaza, Martín, Martín & Medrano, 2011) que introducen una nueva categoría para englobar las aplicaciones relativas a la religión y la espiritualidad.

Otros autores hablan de categorías de las actividades que los dispositivos móviles deben facilitar a los mayores: comunicación personal, protección, integración social, acceso a la educación y el mercado laboral y autonomía.

Como se ha podido observar existe una gran cantidad de criterios en cuanto a la usabilidad de las aplicaciones y dispositivos móviles. ¿Pero realmente se tienen en cuenta? ¿Existen repositorios de aplicaciones que específicamente usen estos factores? La respuesta es no, no existen repositorios de aplicaciones móviles para mayores. Si que es posible encontrar comunidades en Facebook y otros contextos con el cometido de recomendar aplicaciones (Actitud50, 2013; Anderson, 2013; AppsForOldPeople, 2011; myageingparent, 2013a,b; PandaApp, 2013) y secciones específicas en los principales repositorios que podrían relacionarse con personas mayores (por ejemplo en *Google Play* y en *App Store* incluyen categorías relacionadas con aspectos de monitorización de salud, cuidado del hogar, gestión de tareas, etc. véase figura 2). Estas iniciativas no consideran criterios de usabilidad y no han sido pensadas para las personas mayores.

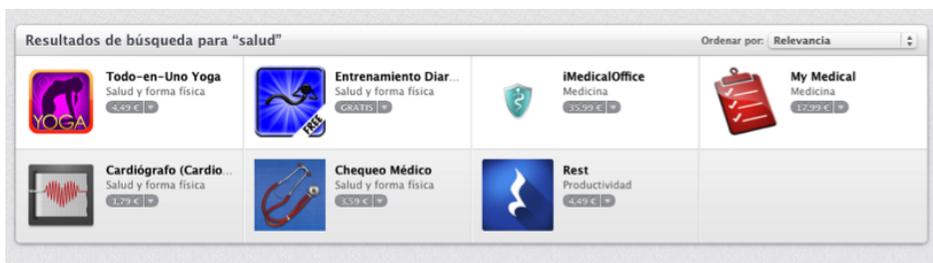


Figura 2: Herramienta de la categoría salud dentro del *App Store*.

3. APLICACIONES MÓVILES

3 El repositorio de aplicaciones móviles

Como se ha comentado existe mucho trabajo acerca de la usabilidad para dispositivos móviles y sus aplicaciones, sin embargo no existen repositorios específicos para personas mayores. Por ello el presente proyecto plantea una herramienta para ellos, que tiene en cuenta sus necesidades, gustos y características particulares.

Partiendo de esta idea se han descrito las principales funcionalidades que debería tener el dispositivo móvil:

- **Clasificación.** Las aplicaciones móviles albergadas por el dispositivo deben clasificarse atendiendo a diferentes criterios:
 - **Sistema Operativo.** El repositorio debe considerar aplicaciones para los sistemas operativos *Android* e *iOS* ya que son los más populares y cubren el espectro más amplio de dispositivos en la actualidad. Sin embargo debe de ser suficientemente flexible para añadir aplicaciones de otros sistemas operativos (*Windows Mobile*, *FirefoxOS*, etc.).
 - **Necesidades.** El repositorio debe facilitar la clasificación en función de alguna escala de necesidades, en este caso se utiliza la propuesta por Plaza et. al (Plaza, Martín, Martín & Medrano, 2011), porque facilita más categorías y por tanto un número más amplio de aplicaciones. A esta clasificación se va añadir una categoría de adaptaciones de sistemas operativos móviles para personas mayores (que cambian el tamaño de los botones, las fuentes, las animaciones, etc), como por ejemplo: *VoiceOver*, *TalkBack*, *Big Launcher* o *Phonoto* (Pastor, 2013).
 - **Usabilidad.** Las aplicaciones van a ser evaluadas teniendo en cuenta los diferentes factores de usabilidad descritos en la sección anterior. Para ello va a utilizar una escala que considera si se cumple o no con un factor determinado y en que grado. Dicha escala se llevará a cabo con la ayuda de expertos y se considerarán al menos 30 aplicaciones de cada sistema operativo.
 - **Realimentación.** Los usuarios finales del repositorio tienen la posibilidad de votar sus herramientas favoritas y facilitar información acerca de ellas. Esta evaluación se puede utilizar para establecer las herramientas más valoradas del repositorio o de una categoría específica.

Estos criterios podrían combinarse para mostrar un conjunto de aplicaciones que tengan una conjunto de características específicas.

3. APLICACIONES MÓVILES

- Evaluación de aplicaciones. El usuario del repositorio va a poder evaluar y proporcionar realimentación acerca de una aplicación. La evaluación consiste en una nota de 0 a 10. La realimentación se basa en el uso de un campo de texto libre que posteriormente se va a evaluar utilizando técnicas cualitativas. Los resultados de este análisis se van a utilizar para realizar recomendaciones y nuevas clasificaciones.
- Visualización y navegación para mayores. Todo el contenido mostrado en el repositorio tienen que tener en cuenta las características especiales de sus usuarios finales. Es decir, la navegación debe ser simple y los contenidos deben ayudar a los mayores a decidir qué aplicaciones utilizar.
- Navegación web y móvil. El repositorio debe proporcionar vistas para que pueda ser accedido tanto desde navegadores web como desde navegadores móviles, con lo que es posible que algunos contenidos deban adaptarse para garantizar este objetivo.
- Búsqueda avanzada y recomendación. El repositorio debe facilitar la búsqueda de herramientas a partir de su nombre, de su finalidad o de las posibles clasificaciones en que se engloba. Además pueden recomendarse aplicaciones a un usuario final según sus características específicas. Esto se va a realizar a partir de información de perfil especializada para cada usuario registrado (que podría incluir preferencias, habilidades, problemas, etc.).
- Gestión de usuarios y contenidos. Funcionalidades que permitan gestionar los contenidos, los usuarios, sus perfiles, las categorías de las aplicaciones, recomendaciones, etc.
- Descargas. El repositorio debe incluir un gestor de descargas que haga posible que los usuarios registrados puedan acceder a las aplicaciones.

Para realizar este repositorio se decide utilizar el gestor de contenidos Drupal (Drupal, 2014). Esta decisión se basa en que su uso puede reducir el tiempo de desarrollo y facilitar la incorporación de nuevas funcionalidades (la figura 3 muestra la estructura del repositorio). De esta forma el equipo investigador puede dedicar más tiempo a la evaluación de aplicaciones y el análisis de la realimentación de los mayores. Para que el repositorio comience a funcionar este va a ser cargado con al menos 100 aplicaciones y testeado a través de una experiencia piloto.

3. APLICACIONES MÓVILES

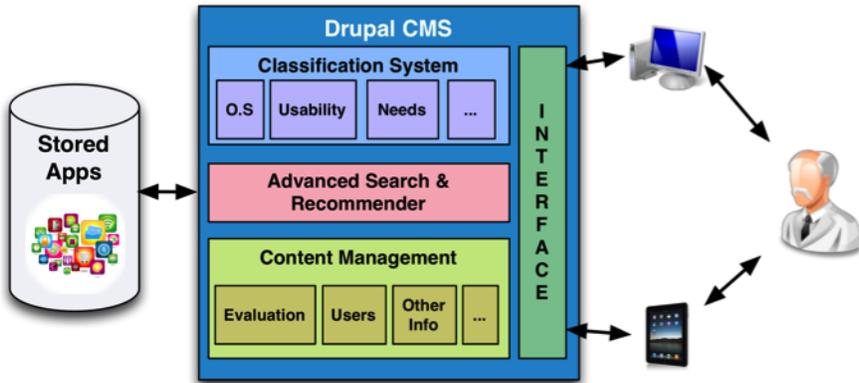


Figura 3: Descripción del repositorio. Este incluye un almacén con las aplicaciones y Drupal como elemento intermedio que proporciona la funcionalidad básica y puede ser accedido tanto desde dispositivos móviles como desde ordenadores de sobremesa (García-Peñalvo, Conde & Matellán, En prensa).

4 Conclusiones

La aplicación de las TIC a diferentes contextos afecta a las personas involucradas en ellos. Un ejemplo especialmente significativo de esa influencia se observa en el colectivo de las personas mayores. La tecnología puede facilitarles el acercamiento a los denominados nativos digitales, la interacción con otras personas, más oportunidades de aprendizaje, etc. Sin embargo si las TIC no se aplican teniendo en cuenta este tipo de usuarios también puede apartarlos de los demás.

Este proyecto se centra en tratar de acercar una de esas tecnologías a los mayores, los dispositivos móviles y sus aplicaciones. Para ello se ha realizado una revisión de trabajos que consideran los factores de usabilidad que deben tener las aplicaciones móviles orientadas a los mayores, qué aplicaciones realmente necesitan y utilizan y qué repositorios de aplicaciones existen definidas de forma específicas para ellos. De estos estudios se ha observado que existen gran cantidad de factores a tener en cuenta y que sería útil definir herramientas que los tengan en cuenta para facilitarles aplicaciones tecnológicas que faciliten su total inclusión.

Debido a esto se ha comenzado el desarrollo de un repositorio de aplicaciones para personas mayores, que tiene en cuenta sus características, opiniones y les permite una integración cada vez mayor a la sociedad digital. ■

Referencias

- Abran, A., Khelifi, A., Suryan, W., & Seffah, A. (2003). Usability Meanings and Interpretations in ISO Standards. *Software Quality Journal*, 11, 325–338.
- Actitud 50. (2013). Aplicaciones móviles para mayores de 50 años. Recuperado el 06 de enero de 2014, de <http://www.actitud50.com/es/tecnologia/descargar-aplicaciones-en-moviles-y-tabletas-para-mayores-de-50-anos-20122603.html>
- Anderson, J. (2013). Best iPad Apps for Senior Citizens. Recuperado el 06 de enero de 2014, de <http://www.assistedliving.com/best-ipad-apps-for-seniors/>
- Apps For Old People. (2011). Apps For Old People. Recuperado el 06 de enero de 2014, de <https://www.facebook.com/AppsForOldPeople/info>
- Arning, K., & Ziefle, M. (2007). Barriers of Information Access in Small Screen Device Applications: The Relevance of User Characteristics for a Transgenerational Design. En C. Stephanidis & M. Pieper (Eds.), *Universal Access in Ambient Intelligence Environments*. (Vol. 4397, pp.117–136). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Burdick, D. (2001). *Digital divide or tool for understanding and collaboration: computers and intergenerational relationships*. Paper presentado en el 54th Annual Scientific Meeting of the Gerontological Society of Americas, Chicago, EEUU.
- Drupal. (2014). Drupal. Recuperado el 19 de febrero de 2014, de <https://drupal.org>
- Fujioka, R., Akiba, T., & Okada, H. (2009). Evaluation of Pointing Efficiency on Small Screen Touch User Interfaces. En G. Salvendy & M. Smith (Eds.), *Human Interface and the Management of Information. Information and Interaction*. (Vol. 5618, pp. 375–384): Springer Berlin-Heidelberg.
- Fundación-Vodafone-España. (2012). TIC y Mayores. *Conectados al futuro*.
- García-Peñalvo, F. J., Conde, M. Á. & Matellán V. (En prensa). *Mobile apps for older users. The development of a mobile apps repository for older people*. Paper presentado en el 16th International Conference on Human-Computer Interaction, Creta, Grecia.
- Gaßner, K. & Conrad, M. (2010). *ICT enabled independent living for elderly. A status-quo analysis on products and the research landscape in the field of Ambient Assisted Living (AAL) in EU-27*. Berlin, Alemania: Institute for Innovation and Technology (IIT).

3. APLICACIONES MÓVILES

Hernández-Encuentra, E., Pousada, M., & Gómez-Zúñiga, B. (2009). ICT and Older People: Beyond Usability. *Educational Gerontology*, 35(3), 226–245.

ITU. (2012). *Measuring the Information Society*. Ginebra, Suiza: International Telecommunication Union.

ITU. (2013). *The Little Data Book on Information and Communication Technology 2013*. The World Bank - International Telecommunication Union.

Jin, Z- X. Plocher, T., & Kiff, L. (2007). Touch Screen User Interfaces for Older Adults: Button Size and Spacing. En C.Stephanidis (Ed.), *Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity*. (Vol. 4554, pp. 933–941): Springer Berlin-Heidelberg.

Kobayashi, M., Hiyama, A., Miura, T., Asakawa, C., Hirose, M. & Ifukube, T. (2011). Elderly User Evaluation of Mobile Touchscreen Interactions. En P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque & M. Winckler (Eds.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2011*. (Vol. 6946, pp. 83–99): Springer Berlin-Heidelberg.

Kurniawan, S. (2008). Older people and mobile phones: A multi-method investigation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(12), 889–901.

Lee, C. F. & Kuo, C. C. (2007). Difficulties on Small-Touch-Screens for Various Ages. En C. Stephanidis (Ed.), *Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity*. (Vol. 4554, pp. 968–974): Springer Berlin-Heidelberg.

Lin, C. J., Hsieh, T. L. & Shiang, W. J. (2009). Exploring the Interface Design of Mobile Phone for the Elderly. En M. Kurosu (Ed.), *Human Centered Design*. (Vol. 5619, pp. 476–481). Bergin Heidelberg: Springer-Verlag.

Lorenz, A. & Oppermann, R. (2009). Mobile health monitoring for the elderly: Design for diversity. *Pervasive and Mobile Computing*, 5(5), 478–495.

Madden, G., & Savage, S. (2000). Some economic and social aspects of residential Internet use in Australia. *Journal of Media Economics*, 13(3), 171–185.

myageingparent. (2013a). More top apps for older people. Recuperado el 06 de enero de 2014, de <http://www.myageingparent.com/top-ipad-apps-for-the-elderly/>

myageingparent. (2013b). Top iPad apps for the elderly. Recuperado el 06 de enero de 2014, de <http://www.myageingparent.com/top-ipad-apps-for-the-elderly/>

3. APLICACIONES MÓVILES

- Panda App. (2013). Top 10 Best Apps for Older People. Recuperado el 06 de enero de 2014, de <http://iphone.pandaapp.com/news/05082013/024405898.shtml>
- Pastor, J. (2013). Móvil y tercera edad (II): terminales y apps para el público senior. *Mobile World Capital*, de <http://mobileworldcapital.com/es/articulo/137>
- Plaza, I. Martín, L., Martín, S., & Medrano, C. (2011). Mobile applications in an aging society: Status and trends. *Journal of Systems and Software*, 84(11), 1977–1988.
- Prensky, M. (2001a). Digital Natives, Digital Immigrants, Part II: Do They Really Think Differently? *On the Horizon*, 9(6).
- Prensky, M. (2001b). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9(5).
- Teo, T. (2001). Demographic and motivation variables associated with Internet usage activities. *Internet Research-Electronic Networking Applications and Policy*, 11(2), 125–137.
- Weatherall, J. W. A. (2000). A Grounded Theory Analysis of Older Adults and Information Technology. *Educational Gerontology*, 26(4), 371–386.
- Werner, F., Wener, K. & Oberzaucher, J. (2012). Tablets for Seniors – An Evaluation of a Current Model (iPad). En R. Wichert & B. Eberhardt (Eds.), *Ambient Assisted Living*. (pp. 177–184): Springer Berlin-Heidelberg.
- White, H., McConnell, E., Clipp, E., Bynum, L., Teague, C., Navas, L. & Halbrecht, H. (1999). Surfing the net in later life: A review of the literature and pilot study of computer use and quality of life. *Journal of Applied Gerontology*, 18(3), 358–378.
- World-Health-Organization. (2014). Definition of an older or elderly person. Proposed Working Definition of an Older Person in Africa for the MDS Project. *Health statistics and health information systems*. Recuperado el 03 de febrero de 2014, de <http://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefolder/en>

04.

**Realidad
aumentada**



Doctor-Patient Communication

▶ Watch
Physician Perspective

▶ Watch
Patient Perspective

Un sistema de tele-rehabilitación para personas mayores basado en Kinect

David Antón, Alfredo Goñi, Arantza Illarramendi, Juan José Torres-Unda

Universidad del País Vasco UPV/EHU

Jesús Seco Calvo

Universidad de León

1 Introducción

EL envejecimiento de la población y la mayor tasa de supervivencia frente a enfermedades que pueden dejar secuelas físicas suponen un reto para una gestión sanitaria eficiente. Por esta razón es necesario implantar nuevos sistemas que permitan la rehabilitación de las personas en el hogar y que a la vez sean efectivos y fáciles de usar para las personas. Los sistemas de telerehabilitación pueden mejorar la calidad de vida de estas personas a la vez que suponen un gran ahorro para los servicios sanitarios.

En general, un sistema de telerehabilitación permite el seguimiento y apoyo de sesiones de fisioterapia realizadas en el hogar de diferentes colectivos: personas mayores, discapacitados y enfermos, facilitando el contacto con el personal que se encuentra en los centros de rehabilitación. Existen diversos estudios que indican la utilidad terapéutica que tiene el trabajar con sistemas de telerehabilitación. Pruebas realizadas basadas en la interacción virtual han evidenciado que pueden ser tan eficaces como los tratamientos tradicionales y pueden aportar además otras ventajas para el usuario y el fisioterapeuta (Rizzo & Kim, 2005; Weiss, Rand, Katz & Kizony, 2004). Además un factor importante a tener en cuenta es el carácter motivador que pueden tener estos sistemas. Es relativamente frecuente el abandono de las sesiones de rehabilitación clásica por aburrimiento o desinterés. Usar sistemas de telerehabilitación con captura de movimientos puede incrementar la intensidad de la rehabilitación y también la diversión del usuario (Rizzo & Kim, 2005; Hanif, Niaz & Khan, 2011).

Un sistema de telerehabilitación básico tiene como mínimo una cámara que permite al fisioterapeuta ver al usuario. Los sistemas más complejos incluyen sensores que pueden registrar los movimientos del usuario. Existe una gran va-

4. REALIDAD AUMENTADA

riedad de métodos de interacción en los que se monitoriza el movimiento de una persona. Estos métodos se pueden dividir en función del tipo de sensor utilizado en tres grupos principales: seguimiento asistido por robot, seguimiento no visual y seguimiento visual (Zhou & Hu, 2008). El objetivo de todos ellos es obtener datos en tiempo real de los cambios de posición de una persona y de la partes de su cuerpo.

Nosotros hemos considerado usar Kinect, un sistema de interacción natural desarrollado por Microsoft, como dispositivo de captura de movimientos. Concretamente la versión lanzada en febrero de 2012, optimizada para funcionar en Windows (Kinect-for-Windows, 2013). Kinect se clasifica como un sistema visual sin marcadores que permite a los usuarios controlar e interactuar con las aplicaciones mediante una interfaz que reconoce gestos, comandos de voz y objetos, sin necesidad de tener contacto físico. Consiste en una cámara de vídeo, una cámara de profundidad basada en infrarrojos y una serie de cuatro micrófonos.

Los datos obtenidos permiten visualizar la escena en tres dimensiones y proporcionan información sobre la posición y las articulaciones del usuario. En comparación con otros sistemas en los que el usuario tiene que llevar sensores en el cuerpo, los sistemas desarrollados con la tecnología de Kinect, son más cómodos y no sufren problemas de oclusión del marcador. Esta tecnología aplicada al campo de la telerehabilitación permite en general construir sistemas que, mediante el reconocimiento de movimientos y gestos, pueden evaluar automáticamente ejercicios terapéuticos realizados por el usuario.

Entre los distintos trabajos sobre sistemas de telerehabilitación que se pueden encontrar en la literatura, relacionados tanto con el seguimiento visual como con el no visual, destacamos los siguientes:

El sistema descrito por Martin-Moreno et al. en (Martin-Moreno, Ruiz Fernandez, Soriano-Paya & Berenguer-Miralles, 2008) propone una solución de telerehabilitación basada en el mando Wii Remote de Nintendo. Este dispositivo es inalámbrico y usa un acelerómetro para registrar los movimientos del usuario en tres dimensiones. El sistema consta de dos módulos, uno con el que interactúan los usuarios y otro para el fisioterapeuta. El módulo del usuario ofrece una interfaz intuitiva que permite seleccionar qué ejercicios realizar y además indica si está realizando o no correctamente el ejercicio. La interfaz del fisioterapeuta permite el acceso remoto a los datos de la persona, consultar los resultados y modificar el tratamiento si lo considera oportuno.

Holden et al. (Holden, Dyar & Dayan-Cimadoro, 2006) propone otro sistema de telerehabilitación, en este caso se usa un dispositivo de seguimiento electromagnético. El sistema muestra a la persona el ejercicio a realizar, y esta debe

4. REALIDAD AUMENTADA

imitarlo usando el dispositivo de seguimiento. Un algoritmo evalúa el ejercicio presentado y el del usuario, en función de distintos parámetros como velocidad, tiempo o precisión. Una opción del sistema es iniciar una videoconferencia con el fisioterapeuta y transmitirle, en tiempo real, los datos de los ejercicios. Los ejercicios se cargan mediante scripts que semiautomatizan las terapias y todos los datos de las sesiones se almacenan en una base de datos que el fisioterapeuta puede consultar. Las pruebas realizadas con este sistema mostraron que se habían producido mejoras significativas en el estado de los usuarios que usaron el sistema.

Biotrak (Llorens et al., 2011) es un sistema de telerehabilitación para realizar tareas orientadas a juegos. Su objetivo es lograr un entorno virtual en el que personas con deterioro cognitivo puedan realizar ejercicios simples. El sistema de seguimiento consta de dos cámaras de infrarrojos y marcadores reflectantes que proporcionan información tridimensional de los movimientos de los usuarios. Biotrak se compone de tres módulos: gestión, base de datos y ejercicios. El sistema proporciona una experiencia inclusiva que evade al usuario de la terapia motivándole para seguir con la rehabilitación.

Frente a sistemas como los anteriores, que utilizan sensores de inercia, acelerómetros o sistemas de seguimiento mediante marcado, Kinect ofrece una clara ventaja; la persona no debe ponerse ningún tipo de dispositivo ni prenda especial para interactuar con el sistema. Se consigue una interacción no invasiva y totalmente natural para el usuario, ideal para realizar ejercicios de telerehabilitación. Así mismo agiliza la puesta en marcha del sistema al reducirse el número de elementos necesarios.

KineRehab es un sistema de terapia ocupacional basado en Kinect (Chang, Chen & Huang, 2011). Permite realizar tres ejercicios diferentes: levantar los brazos al frente, levantar los brazos a los lados y levantar los brazos hacia arriba. El sistema detecta la posición de las articulaciones del usuario y establece si se ha alcanzado el objetivo. De esta forma se puede cuantificar la precisión de los ejercicios realizados en la rehabilitación. Además de almacenar los datos de los ejercicios realizados, el sistema motiva al usuario mediante sonidos y vídeo. El sistema se evaluó dividiendo las pruebas en dos fases que se repetían dos veces alternas. Una primera fase en la que el fisioterapeuta indicaba al usuario cómo realizar el ejercicio y este lo repetía. Y una segunda fase donde la persona usaba KineRehab, sin intervención del fisioterapeuta. Los ejercicios realizados correctamente en la fase 2 con KineRehab se incrementaron significativamente respecto a los de la fase 1. Por otra parte los usuarios disfrutaron con la terapia y mostraron interés en seguir usando el sistema.

En la tabla 1 se resumen los sistemas presentados anteriormente y se puede apreciar que sus características son muy variadas. La propuesta de este trabajo

4. REALIDAD AUMENTADA

va encaminada hacia el uso de Kinect pero incluye nuevos retos frente a los considerados por KineRehab. Cabe destacar que los sistemas analizados no disponen de una gran variedad de ejercicios. Así, hemos desarrollado un sistema denominado KiReS (Kinect Rehabilitation System) que incluye además dos aplicaciones novedosas. Una aplicación para el fisioterapeuta que le permitirá definir fácilmente nuevos ejercicios en base a unos movimientos básicos acompañada de un sistema de evaluación de los nuevos ejercicios. En las sesiones reales el fisioterapeuta establece una terapia que consta de diferentes ejercicios que debe realizar la persona. Estas terapias no suelen ser estáticas, el fisioterapeuta las adapta, ya sea añadiendo nuevos ejercicios o eliminando otros en función de los resultados que obtiene la persona. Con el objetivo de facilitar la tarea de análisis de las ejecuciones de los ejercicios de cada persona y optimizar así la terapia, se propone otra aplicación que realizará una gestión automática de terapias. Esta aplicación analizará los datos de las personas y basándose en protocolos y datos médicos previos sugerirá al fisioterapeuta cambios en las terapias.

	Sistema de seguimiento	Ejercicios	Interfaz para el fisio	Comunicación de video con el fisio	Evaluación automática	Pruebas con pacientes
WiiTherapy	Acelerómetro	Miembros superiores	Sí	No	Comprueba repeticiones y si se alcanzan ciertos objetivos	Sí
Sistema de rehabilitación	Electromagnético	Miembros superiores	Sí	Sí	Evaluación de trayectorias	Sí
Biotrak	Multitracking (Cámaras de infrarojos con marcadores)	Cuerpo completo (6 juegos)	Sí	No	Comprueba que los ejercicios se hayan realizado correctamente	Sí
KineRehab	Kinect (Cámara de profundidad basada en infrarojos)	Miembros superiores (3 ejercicios)	Sí	No	Comprueba repeticiones y si se alcanzan ciertos puntos	Sí

Tabla 1: Comparativa de sistemas de rehabilitación.

2 Arquitectura del sistema KiReS

Un sistema de telerehabilitación puede abarcar funciones muy variadas, puede ofrecer diferentes servicios al usuario y al fisioterapeuta y pueden existir en él

4. REALIDAD AUMENTADA

procesos que se ejecuten de manera automática. Es por ello que la arquitectura que proponemos está dividida en módulos y con estructura cliente-servidor, como se muestra en la figura 1 (aunque existen módulos específicos para comunicaciones y acceso a la base de datos, no se muestran en la figura). Se hace distinción entre el cliente usuario y el cliente fisioterapeuta que acceden al mismo servidor pero ofrecen distinta funcionalidad.

La interacción del usuario con el sistema se realiza únicamente a través de Kinect mientras que el fisioterapeuta puede interactuar con teclado y ratón y también con Kinect.

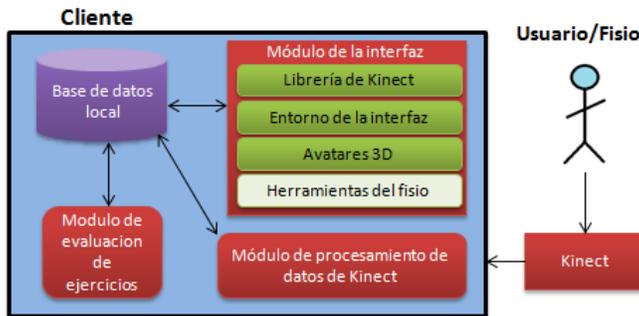


Figura 1: Arquitectura del sistema.

En el programa cliente del usuario los datos obtenidos de Kinect se estructuran para realizar la evaluación de los ejercicios realizados. El módulo de procesamiento de datos trata los datos recibidos y crea un descriptor de la postura del usuario. El módulo de evaluación usando los descriptores evalúa los ejercicios realizados y establece si se han ejecutado de manera correcta comparando los resultados obtenidos con los datos esperados para ese tipo de ejercicio. A la hora de mostrar al usuario los ejercicios que debe realizar es necesario que la visualización sea atractiva y que anime a la persona a participar en la terapia. El módulo de visualización gestiona la interfaz de usuario, genera los menús para la interacción con el sistema y la escena de realización de ejercicios donde un avatar en 3D muestra el ejercicio correspondiente indicando al usuario cómo debe hacerlo (ver figura 2). Esta visualización también incluye el avatar que controla el usuario, que muestra los movimientos que él mismo realiza, y comentarios y consejos para que el usuario comprenda los objetivos del ejercicio. Este módulo también genera la interfaz que permite al usuario contestar auto-test para la evaluación de las sesiones. El módulo de comunicación exterior gestiona las comunicaciones con el fisioterapeuta así como la transmisión de información a la base de datos del servidor.

4. REALIDAD AUMENTADA

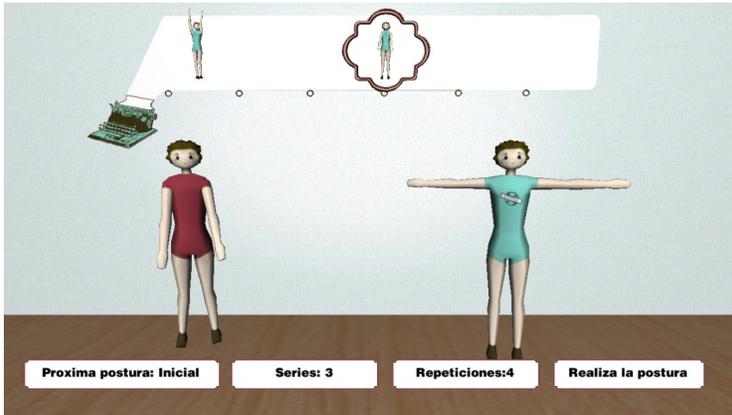


Figura 2: Escena de realización de los ejercicios.

En el programa cliente del fisioterapeuta destacamos la herramienta de gestión de terapias que es la que permite por un lado introducir y configurar ejercicios en el sistema y por otro lado gestionar las terapias de los usuarios. Con esta herramienta el fisioterapeuta puede agregar nuevos ejercicios y movimientos al sistema realizándolos él mismo con Kinect, definiendo nuevas posturas y las ejecuciones de los mismos (ver figura 3). También incluye una herramienta para la definición de auto-tests y para la visualización de los históricos grabados de las sesiones de los usuarios.

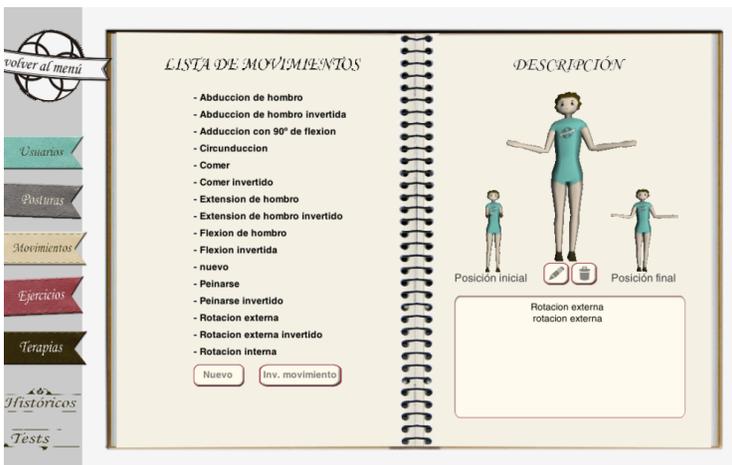


Figura 3: Gestión de ejercicios.

4. REALIDAD AUMENTADA

Por último en el servidor se encuentra el módulo de planificación automática, una de las características más innovadoras de este sistema, que se encarga de sugerir modificaciones de las terapias que deberá realizar el usuario en función de los resultados del mismo y de acuerdo a una base de conocimiento establecida con ayuda de fisioterapeutas, para así obtener unos resultados óptimos.

3 Procesamiento de datos de Kinect en KiReS

Como ya hemos mencionado anteriormente Kinect cuenta con una cámara de vídeo, una cámara de profundidad basada en infrarrojos y una serie de cuatro micrófonos. Los datos obtenidos permiten visualizar la escena en tres dimensiones y proporcionan información sobre la posición y las articulaciones del usuario.

El software de Kinect recupera un esqueleto del usuario compuesto por puntos de 20 articulaciones (ver figura 4) a una frecuencia aproximada de 30 lecturas por segundo. Estos puntos están definidos por coordenadas en tres dimensiones (X,Y,Z). Los valores que toman los puntos que ofrece el esqueleto están representados en dos sistemas de coordenadas diferentes. Para las posiciones en X e Y el origen de coordenadas se sitúa en el centro de la imagen que obtiene la cámara y se mantiene ahí independientemente de la posición en la que se encuentre el usuario. Estos valores se dan en metros. Por otra parte el origen de coordenadas para el eje Z se encuentra en la cámara y los valores que toma la coordenada Z vienen dados en metros desde la cámara, con un rango de valores entre 0.85 y 4 metros. Hay que tener en cuenta que en el caso de no poder obtener la posición Z de un punto, ya sea porque se encuentra demasiado cerca o demasiado lejos, el valor que toma es 0.

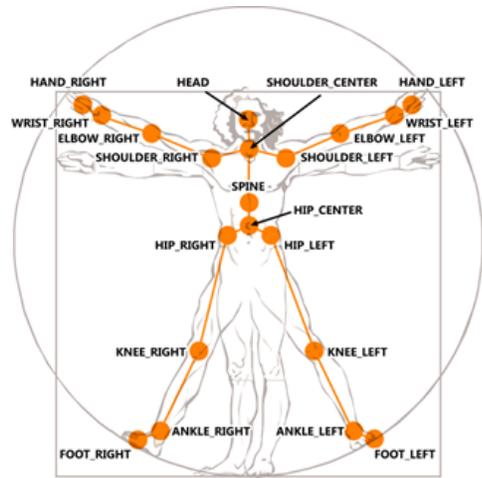


Figura 4: Mapa del esqueleto de Kinect.

En la evaluación de ejercicios juegan un papel importante el reconocimiento de posturas y el reconocimiento de ejercicios, seguidamente mostramos las características principales de estos procesos.

4. REALIDAD AUMENTADA

Descriptor de posturas

El objetivo de crear un descriptor para definir posturas es conseguir un conjunto de datos que puedan usarse para representar e identificar inequívocamente una postura y a la vez que esos datos sean los menos posibles para agilizar el procesamiento de los mismos. En este contexto de telerehabilitación es muy importante que las operaciones puedan realizarse en tiempo real. Además de un descriptor también es necesario especificar una medida de distancia que permita comparar los descriptores entre sí y establecer la similitud entre ellos, de esta forma se puede decir si una postura se corresponde con otra o no. A continuación mostramos las características de un descriptor que nos permite identificar posturas en 3D obtenidas mediante Kinect.

La base del descriptor es la estructura de esqueleto que se obtiene de Kinect, compuesto por 20 articulaciones descritas por puntos con 3 coordenadas. El descriptor se ha definido usando tres tipos de medidas a partir de las 20 articulaciones: ángulos entre articulaciones, ángulos entre miembros del cuerpo y posiciones relativas en el eje Z.

La combinación de todas las medidas anteriores da como resultado un descriptor de 30 características con dos partes bien diferenciadas, 18 características binarias que dan información sobre la postura en el eje Z y 12 características que representan los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo proyectados sobre el plano frontal y los ángulos del cuello y la espalda proyectados sobre el plano lateral.

Las dos partes del descriptor se evalúan de manera independiente y los resultados de estas evaluaciones se combinan para definir una medida de similitud entre posturas. La integración de un algoritmo como este en un sistema requiere que se establezca un valor umbral para medir la similitud, a partir del cual se deja de considerar que una postura dada es del mismo tipo que la postura conocida. Mediante pruebas se ha establecido el valor óptimo para este parámetro, sin embargo este se puede ajustar para aumentar o disminuir la sensibilidad del sistema. En definitiva sirve como un mecanismo para controlar la dificultad de los ejercicios presentados al usuario ya que modificar su valor haría que el algoritmo fuera más o menos restrictivo a la hora de dar una postura como válida.

Al evaluar un movimiento realizado frente al sistema este algoritmo se aplica en una búsqueda secuencial sobre una base de datos de posturas conocidas, una vez analizadas todas, se asigna a la postura desconocida la clase de la postura que tenga una distancia menor y cuya distancia se encuentre por debajo del valor umbral establecido.

4. REALIDAD AUMENTADA

Reconocimiento de ejercicios

Los ejercicios están definidos como una postura inicial, una postura final y las trayectorias de las articulaciones más relevantes (ver figura 5). Y estos tres componentes de un ejercicio intervienen en la fase de reconocimiento.

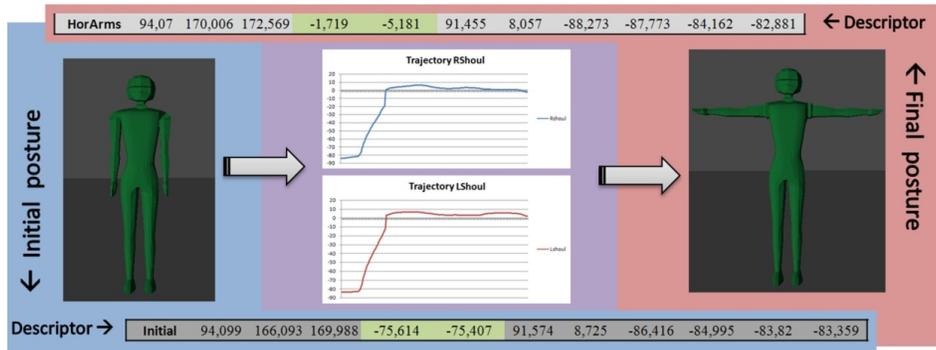


Figura 5: Estructura de un movimiento.

Identificación de la postura de inicio

Cuando se inicia un ejercicio el sistema espera a que el usuario realice la postura inicial que forma parte de esos ejercicios. Mediante el algoritmo de reconocimiento de posturas se comprueba la postura actual del usuario hasta que se identifica la postura inicial del ejercicio. Estas comprobaciones se realizan en tiempo real a razón de unas 30 por segundo que es la frecuencia con la que Kinect ofrece datos. Una vez identificada la postura inicial se pasa a la segunda fase.

Evaluación de la trayectoria en tiempo real

En la fase de evaluación de la trayectoria se recogen los movimientos del usuario y se comprueba que sean los correspondientes al ejercicio que se está realizando. Tras haber seleccionado las variables relevantes que intervienen en el ejercicio se realiza el análisis de trayectorias de estas variables con un algoritmo DTW (Dynamic Time Warping, este algoritmo se detalla en (Salvador & Chan, 2007)). Las trayectorias de cada variable del movimiento realizado por el usuario se comparan secuencialmente con las almacenadas correspondientes a ese ejercicio. Si se detecta que el movimiento para alguna de ellas no es el esperado se indica al usuario cuál es el miembro del cuerpo con el que no está ejecutando el ejercicio correctamente.

4. REALIDAD AUMENTADA

Identificación de la postura final

Una vez identificada la postura inicial del ejercicio y a la vez que se produce la evaluación de la trayectoria se aplica el algoritmo de reconocimiento de posturas para comprobar si el usuario se encuentra en la postura final del ejercicio.

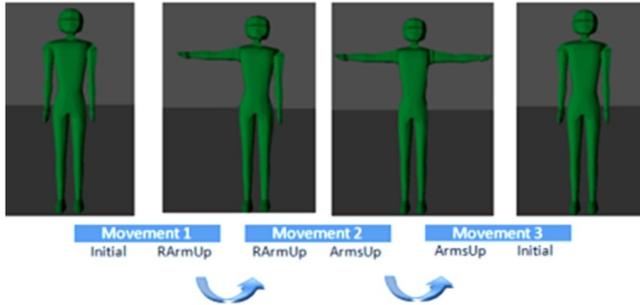


Figura 6: Ejemplo de un ejercicio compuesto de movimientos simples.

En el momento en el que se identifica la postura final el sistema almacena los datos del movimiento realizado por el usuario. Si el ejercicio consta de más movimientos (como se muestra en la figura 6) se procederá de nuevo a identificar la postura inicial del nuevo movimiento y si no el ejercicio se dará por finalizado.

4 Conclusiones

En la actualidad es un hecho reconocido que las funcionalidades de los sistemas de telerehabilitación son limitadas. En muchos casos los ejercicios disponibles en ellos son reducidos y la inclusión de nuevos ejercicios no es lo suficientemente sencilla como para que sea el fisioterapeuta por sí mismo quien lo realice.

Un reto que se aborda en este trabajo consiste en permitir incorporar nuevos ejercicios de una manera simple, lo que implica, además, el desarrollo de una aplicación que sea capaz de evaluarlos correctamente. Por otra parte, en las terapias reales, el fisioterapeuta no establece una terapia fija que sigue de manera estricta. Generalmente la terapia se adapta a los resultados de la persona, prolongando, reduciendo o añadiendo nuevos ejercicios cuando resulta necesario. La modificación automática de la terapia o la capacidad del sistema para sugerir cambios es otro aspecto que no se ha abordado en los sistemas de telerehabilitación actuales y que se considera en este proyecto.

Los diferentes módulos que constituyen la arquitectura del sistema propuesto

4. REALIDAD AUMENTADA

proporcionan una amplia gama de funcionalidades destacando: la gestión eficiente de posturas, movimientos y ejercicios, la interacción con el usuario a través de Kinect, el reconocimiento y evaluación de ejercicios, y una interfaz amigable que incluye avatares 3D.

Con el fin de desarrollar el sistema y caracterizar las posturas, movimientos y ejercicios hemos trabajado de manera conjunta con fisioterapeutas. En contraste con otros enfoques, nuestro sistema es adaptable a diferentes tratamientos físicos. Permite cargar ejercicios para una amplia variedad de alteraciones físicas, dando a los fisioterapeutas la oportunidad de añadir nuevos ejercicios de acuerdo a sus propios criterios. También pensamos que la evaluación basada en métodos científicos (combinando la evaluación automática con los auto-tests del usuario) es una diferencia relevante de nuestra propuesta.

Además, el sistema permite el registro de una gran cantidad de datos de las personas que realizan terapias de rehabilitación: ejecuciones de ejercicios, evaluaciones de la terapia, resultados de los tests, en resumen, información relevante y detallada de la recuperación de los usuarios. Creemos que estos datos pueden ser una gran fuente de conocimiento para los fisioterapeutas. Es por ello que en futuras investigaciones se espera desarrollar un nuevo módulo que permita explotar todos estos datos.

En definitiva nuestra propuesta de sistema de telerehabilitación cuenta con un sistema de control totalmente natural para el usuario, es flexible en la definición de terapias e incluye aplicaciones de evaluación y gestión con el fin de simplificar y automatizar al máximo su funcionamiento. ■

Referencias

- Rizzo, A. S. & Kim, G. J. (2005). A SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 14(2), 119–146.
- Weiss, P. L., Rand, D., Katz, N. & Kizony, R. (2004). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1(1), 12–24.
- Hanif, M., Niaz, H. & Khan, M. A. (2011). *Investigating the possible role and usefulness of video capture virtual reality in motor impairment rehabilitation*. Paper presentado en el 2nd International Conference on Next Generation Information Technology, Gyengju, Corea del Sur.

4. REALIDAD AUMENTADA

- Zhou, H. & Hu, H. (2008). Human motion tracking for rehabilitation – A survey. *Biomedical Signal Processing and Control*, 3(1), 1–18.
- Microsoft. (2013). *Kinect for Windows*. Recuperado el 06 de enero de 2014, de <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/discover/features.aspx>
- Martin-Moreno, J., Ruiz-Fernandez, D., Soriano-Paya, A. & Berenguer-Miralles, V. J. (2008). *Monitoring 3D movements for the rehabilitation of joints in physiotherapy*. Paper presentado en el 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Vancouver, Canadá.
- Holden, M. K., Dyar, T. A. y Dayan-Cimadoro, L. (2006). *Design and testing of a telerehabilitation system for motor re-training using a virtual environment*. Paper presentado en International Workshop on Virtual Rehabilitation, 2006. Nueva York, EEUU.
- Llorens, R., Gil-Gomez, J., Mesa-Gresa, P., Alcaniz, M., Colomer, C. & Noe, E. (2011). *BioTrak: A comprehensive overview*. Paper presentado en International Conference On Virtual Rehabilitation, 2011. Zúrich, Suiza.
- Chang, Y., Chen, S. & Huang, J. (2011). A kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. *Research in Development Disabilities*. 32(6), 2566–2570.
- Salvador, S. & Chan, P. (2007). Toward accurate dynamic time warping in linear time and space. *Intelligent Data Analysis*, 11(5), 561–580.

