

DanceNet: Entorno Colaborativo para la Enseñanza de Coreografías empleando un Kinect

Andrés Mayo¹, Esmitt Ramírez²
aemc_64@hotmail.com, esmitt.ramirez@ciens.ucv.ve

¹ Escuela de Informática, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

² Escuela de Computación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

Resumen: El baile es una actividad artística donde el cuerpo se expresa a través de movimientos rítmicos. Es posible escribir un baile o danza mediante una composición, en un proceso llamado coreografía. Durante los últimos años la forma predominante para aprender una coreografía ha sido asistiendo a clases en alguna academia de baile, centro cultural o gimnasio con instructores profesionales. No obstante, estas formas están asociadas a factores sociales como disponibilidad del aprendizaje y horario de las clases, vergüenza o temor del aprendiz ante otras personas, inversión económica, entre otras. Así, se propone una solución basada en la creación de un entorno colaborativo virtual llamado DanceNet, donde las personas puedan aprender y enseñar coreografías mediante el uso del Kinect como dispositivo de captura de movimientos. La solución se basa en la enseñanza mediante repetición de diversos pasos, y consta de una aplicación para grabar y comparar posiciones de una coreografía. Además, contiene un sitio web para compartir coreografías y conectar a usuarios de distintas partes del mundo interesados en bailar. Nuestras pruebas demostraron la efectividad de DanceNet para comparar movimientos en una coreografía entre diferentes usuarios, así como integrar a personas dentro de un entorno colaborativo con interés en el baile.

Palabras Clave: Kinect; Coreografía; Entorno Colaborativo; Procesamiento Digital de Imágenes; Baile.

Abstract: Dance is an artistic activity where the body express itself using rhythmic movements. It is possible to write a dance using a composition in a process called choreography. During the last years, the predominant way to learn a choreography has been into attended in a class, in some dancing school, cultural centre or with professional instructors in a gym. However, these ways are related to social aspects such as apprentice availability, classes schedule, shame or fear in front other students, economic investment, and so on. Thus, in this paper we proposed a solution based in the creation of a virtual collaborative environment called DanceNet, where people can to learn and teach choreographies using the Kinect as acquisition device. The solution employs the learning by repetition of several dancing steps, and it contains a recorder application which compares the positions into a choreography. Moreover, it includes a web site to share and connect users from different world locations sharing the interest on dance. Our tests shown the effectiveness of DanceNet to compare movements in a choreography between different users, also to integrate them in a collaborative environment with interest in dancing.

Keywords: Kinect; Choreography; Collaborative Environment; Digital Image Processing; Dance.

I. INTRODUCCIÓN

El baile se considera como una actividad totalmente creativa y libre, donde es posible ejecutar movimientos diferentes para expresar los ritmos y tonalidades de una música o canción. Para aprender a bailar, se cuentan con diferentes fuentes de aprendizaje tales como clases de baile, coreógrafos, entre otros. Por otra parte, la mayoría de las clases solo cubren un estilo de baile en particular, el material musical es seleccionado por el instructor, los alumnos se limitan a los pasos dados por el instructor, entre otros factores asociados a dicha experiencia.

Específicamente, para aprender una coreografía se debe dominar las posturas y pasos esenciales de dicha coreografía. Inicialmente, esto se obtiene a través de la imitación, es decir, reproduciendo cada uno de estos movimientos basados en una demostración hasta completar toda la coreografía que se desea aprender. Esto puede resultar un proceso complejo en su ejecución, tal como se muestra en la Figura 1 donde se observa un dibujo planimétrico de una coreografía hecha por la reconocida coreógrafa Trisha Brown.

En la mayoría de los casos, el proceso de aprender una coreografía requiere de una inversión de tiempo, dinero, traslado al

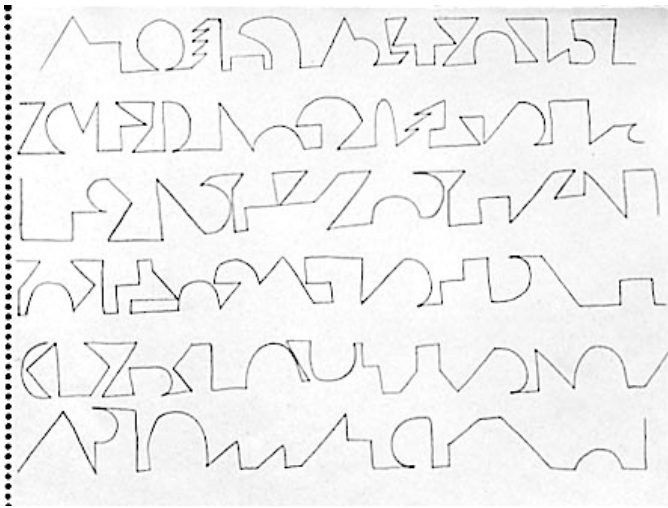


Figura 1: Ejemplo de Dibujo Planimétrico de una Coreografía Realizada de Forma Manual. Tomado de www.trishabrowncompany.org

lugar de aprendizaje, enfrentar la timidez ante otras personas, entre otras. Por ello, han surgido alternativas tales como bailoterapias, zumba, programas de tv, videos en Internet, y videojuegos. Estas alternativas siguen las mismas dinámicas de las clases aunque algunas no están enfocadas al aprendizaje sin posibilidad de recibir algún tipo de retroalimentación de su ejecución.

Actualmente muchas de estas fuentes no hacen uso de las tecnologías actuales y de su expansión a nivel mundial para apoyar a las personas en el aprendizaje del baile o coreografías. Por ello, proponemos una alternativa novedosa que cubre muchas de las desventajas antes mencionadas e involucra tecnologías actuales de alcance masivo.

En este trabajo se propone DanceNet: un entorno colaborativo virtual donde las personas puedan aprender y enseñar coreografías mediante el uso de un dispositivo de captura de movimientos de bajo costo. Este entorno está integrado por una aplicación donde se utiliza un Microsoft Kinect® como un dispositivo de captura de movimientos y un sitio web que funciona como red social de interacción entre los usuarios.

Este artículo se organiza de la siguiente forma: la Sección II muestra una breve introducción del baile en la era moderna así como lo trabajos asociados en esta dirección que emplean dispositivos de bajo costo para el aprendizaje de un baile y coreografía. La descripción completa de nuestra propuesta llamada DanceNet, se detalla en la Sección III. La Sección VI muestra la experimentación realizada para corroborar la eficacia de nuestra propuesta. Finalmente, en la Sección VII se presentan las conclusiones y trabajos futuros sugeridos de nuestro trabajo.

II. EL BAILE EN LA ERA MODERNA

Cohen y Matheson [1] definen la danza como un arte, y lo explican desde la época del ballet de la corte hasta lo que denominan los límites de la ruptura en los años 90. Del mismo modo, aclaran que no se conoce a ciencia cierta desde cuando

el hombre comenzó a expresarse con su cuerpo utilizando movimientos, pero asegura que su primer registro fue en los festivales de primavera hechos por Dionisio.

De este modo, se puede definir a la danza o el baile como una forma de arte que emplea los movimientos del cuerpo (usualmente con música) como una forma de expresión, de interacción social, con fines de entretenimiento, artísticos o religiosos. Dicho movimiento se realiza en un espacio (e.g. escenario) con una parte o todo el cuerpo del ejecutante, bajo cierto compás o ritmo. El baile es considerado una forma de comunicación por su uso de un lenguaje no verbal entre los seres humanos, donde el bailarín o bailarina expresa sentimientos y emociones a través de sus movimientos y gestos.

Existen diversos estilos de baile, desde el ballet, hasta el breakdance y pasando por el krumping. Estos estilos mayormente dependen de factores sociales, culturales, estéticos, artísticos y morales, así como también del rango de movimiento funcional hasta las técnicas virtuosas. Independientemente del estilo, en cada baile se requiere tener flexibilidad y movimiento del cuerpo, así como un cierto grado de condición física.

Dentro del baile existe el concepto de coreografía, que es el arte de diseñar una secuencia de movimientos y formas con el cuerpo o con parte de éste [2]. La persona que crea coreografía, se le conoce como coreógrafo. Una coreografía se puede realizar con un número variado de bailarines, que va desde un ejecutante, en pareja o grupos.

La danza se compone de diversos elementos básicos que se interrelacionan, logrando transmitir emociones al público y para el mismo bailarín. Estos elementos son: movimiento, ritmo, expresión corporal, espacio y el estilo [3]. El uso predominante de uno u otro elemento no es siempre parejo. En ciertos bailes predomina el ritmo, en otros el uso del espacio, en otros el estilo, etc. De acuerdo al tipo y género de baile, se acentuará el uso de uno u otro elemento. Dentro del baile se van creando nuevos géneros y variantes al crear nuevas coreografías y de esta forma se van diversificando.

Los elementos (movimientos) y características específicas de una danza, se utilizan para elaborar una coreografía y a partir de ellos inventar nuevos movimientos para crear nuevas coreografías. La coreografía también es empleada en situaciones especiales, como en la cinematografía, el teatro, musicales, conciertos, performances, eventos y presentaciones artísticas.

A. El Uso de la Tecnología en la Danza

Según Ryden [4], el Kinect como dispositivo de adquisición de imágenes, ha ampliado gran parte de las investigaciones a nivel mundial en diversos centros de investigación debido a la creación de nuevos algoritmos de interacción háptica. Dichos algoritmos son empleados en diversas áreas donde se emplea la tecnología como parte de las actividades diarias, áreas como Medicina, Psicología, Ingeniería, Artes, entre otras.

Un algoritmo de reconocimiento de gestos para danzas clásicas de la India empleando un Kinect es presentado por Saha et al.

[5], donde pueden extraer las emociones expresadas basados en la postura dentro del baile hecho por los bailarines. De hecho, para bailes de la India existen diversas investigaciones que buscan estudiar los movimientos de sus danzas generalmente para e-learning [6][7][8]. Otra caso relevante es el reconocimiento de gestos en la danza tradicional de la etnia Kazajo ubicada en la zona norte de Asia Central [9], donde se presentan movimientos muy particulares que representan estados de ánimo.

Recientemente, Ozcimder [10] presenta un trabajo donde expone la comunicación empleando el movimiento del cuerpo en términos de control cooperativo. Dicho estudio, se basa en extender el trabajo previo de Baillieul y Ozcimder [11] basado en la enseñanza de la salsa a través de un instructor/guía a un grupo de personas. Así, se busca extender un análisis a las interacciones de un líder en el baile de salsa siguiendo una serie de reglas para las transiciones de sus movimientos. Dichas reglas son planteadas como una topología de la teoría de nudos (*knot theory*) [12].

En el caso de la danza clásica o ballet donde los movimientos requieren de un control preciso del cuerpo, existen investigaciones donde se estudia las posturas del cuerpo humano [13][14], se crean estructuras para ser replicadas en robots humanoides [15], y se emplea visión estéreo para capturar adecuadamente posturas propias del ballet [16].

Del mismo modo, además de realizar la captura y reconocimiento de ciertas posturas o gestos, se añaden otras tecnologías como la realidad virtual. En el 2010, Chang et al. [17] proponen un sistema de entrenamiento basado en la captura de movimientos y realidad virtual en el esquema profesor-alumnos. En dicha investigación, los alumnos deben seguir a un profesor virtual que al final ofrece una retroalimentación a cada estudiante por los movimientos realizados (capturados por cámaras web). Basado en esta idea, en el 2012 Yang et al. [18] presentaron un generador automático de lecciones de danza.

Como se mencionó anteriormente, la captura de los gestos y posturas de baile puede ser capturado por un dispositivo de adquisición de imágenes, por ejemplo un Kinect. En el 2011, el robot Asimo creado por Honda [19] pudo reproducir en tiempo real los movimientos de una persona capturada con un Kinect [20]. Esta tarea fue empleada para demostrar su uso en la danza y en ejercicios más precisos como teleoperaciones a través de cinemática inversa. De hecho, el estudio de la danza en robots en un amplio campo de estudio en la robótica [21].

Alexiadis et al. [22] presentan un sistema automático de evaluación de la calidad de un bailarín empleando un Kinect. Posteriormente en el 2012, Essid et al. [23] presentan una mejora a dicho trabajo presentando una versión online sobre el mismo ambiente virtual transmitido a diferentes alumnos conectados vía web a un profesor de baile. Igualmente, existen otras investigaciones recientes que buscan evaluar dichos movimientos que fueron capturados por un Kinect [24][25][26].

Desde el punto de vista del entretenimiento la empresa Mi-

crosoft, empleando su consola de juego Xbox, tiene disponible una gran cantidad de videojuegos donde su punto central es el baile capturado con el Kinect [27]. Entre los más destacados se encuentran Dance Central (con múltiples versiones), Just Dance (con múltiples versiones), Michael Jackson: The Experience, The Black Eyed Peas Experience, Dance Paradise, Dance Master, entre muchos otros. En la Figura 2 se puede observar un instante del juego Dance Central [28] donde se observan los pasos que debe seguir un jugador para obtener puntos dentro del juego.



Figura 2: Un Instante del Juego Dance Central Desarrollado por Harmonix Music System

En el baile, la utilización de dispositivos de captura como el Kinect, es un amplio campo de estudio debido a su importancia en el aprendizaje (virtual o presencial) que facilitan la retroalimentación entre un instructor o profesor, y alumnos o bailarines. A continuación, explicamos en detalle nuestra propuesta DanceNet como un cúmulo de funciones para el aprendizaje de coreografías (gestos y posturas) empleando un Kinect.

III. DANCENET

Empleando el Kinect como dispositivo de captura, un dispositivo de despliegue/salida (e.g. una tv, un monitor) y un computador convencional, es posible ejecutar la propuesta aquí planteada. DanceNet es el nombre de nuestra solución que consiste en un entorno virtual para el aprendizaje y enseñanza de coreografías con dispositivos de bajo costo. La Figura 3 muestra una fotografía de nuestra propuesta en acción.

Nuestra solución contiene un método de aprendizaje y enseñanza de coreografías donde se especificarán las partes del cuerpo humano que serán capturadas con el uso del Kinect. Así, se tendrá una interacción entre el usuario aprendiz, software y usuario coreógrafo. También se detalla una evaluación de las ejecuciones, es decir, el sistema de puntuaciones y escalas así como los márgenes de errores que maneja el software.

Desde un punto de vista general, DanceNet está formado por el sistema de captura y procesamiento de los movimientos, y de



Figura 3: Un Instante de DanceNet, Jugado por Natasha Villamizar de 22 Años de Edad

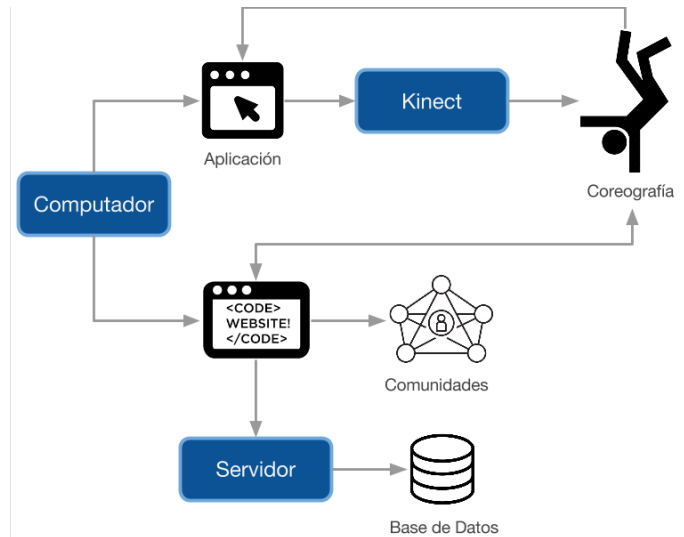


Figura 4: Esquema General de los Componentes Principales de Nuestra Propuesta

un portal web para la difusión/socialización de las coreografías creadas.

El sistema de captura y procesamiento de movimientos se encarga de la creación, reproducción y comparación de coreografías. Es aquí donde se requiere el Kinect como dispositivo de captura de movimientos. En este sistema los usuarios pueden tanto grabar una coreografía y definir las posturas o pasos para aprenderla, como ejecutarla y comparar dicha ejecución con respecto a la original, además de practicar las posturas o pasos definidos por un coreógrafo.

El portal se encarga de la publicación y distribución de las coreografías, así como ser el punto de reunión para los distintos usuarios que quieran aprender, enseñar coreografías o simplemente bailar. En este los usuarios pueden subir, descargar y calificar coreografías, participar en comunidades y realizar comentarios.

De forma general, es posible esquematizar nuestra solución como se muestra en la Figura 4. Se puede observar que existe una aplicación que controla al dispositivo de captura de movimiento (i.e. Kinect) para obtener los pasos y movimientos de una coreografía. Por otro lado, está un sitio web compuesto por un servidor web y almacenamiento permanente (i.e. base de datos) para el manejo y control de comunidades de usuarios.

A continuación se explica de forma detallada las funcionalidades de DanceNet. Para ello, se separa de acuerdo a su área de acción en subsistema de movimientos y subsistema de distribución.

IV. SUBSISTEMA DE MOVIMIENTOS

En el subsistema de movimientos es posible definir dos tareas principales:

- 1) Compartir o enseñar una coreografía.
- 2) Aprender o bailar una coreografía.

Desde el punto de vista técnico denominamos a la persona que utilizará DanceNet como usuario, independientemente si es coreógrafo o no. Entonces, en el caso 1) el usuario utiliza la aplicación para poder grabarse bailando alguna canción o pieza musical, y después puede colocar las posturas o pasos necesarios para aprender la coreografía. Por último, debe guardar la coreografía como un archivo en disco. Dicho archivo, puede alojarse en el portal web donde también puede compartirla a través de las comunidades.

En el caso 2), el usuario debe primero buscar en el portal web una coreografía que desee bailar o aprender y descargar el archivo correspondiente. Este archivo debe ser leído por la aplicación lo que permite que el usuario pueda practicar las posturas o pasos definidos antes de ejecutar la coreografía y conocer su calificación. Finalmente podrá compartir su experiencia en las comunidades.

Para ello, se tiene una aplicación que consta de un módulo de detección y registro de movimientos, un módulo de comparación y análisis de movimientos, y un módulo de aprendizaje y enseñanza de coreografías.

El módulo de detección y registro de movimientos permite detectar las partes del cuerpo humano, las cuales forman distintas posiciones a lo largo del tiempo mientras se reproduzca un audio seleccionado por el usuario. Estas posiciones detectadas son reproducidas en un modelo humano que es observado por el usuario mientras ejecuta la coreografía. El registro de las posiciones produce la coreografía digitalmente.

El módulo de comparación y análisis de movimientos se encarga de comparar en tiempo real la ejecución de una coreografía realizada por un usuario en base a la realizada por el usuario autor de la coreografía. El módulo permite indicar a través del modelo humano cuando una parte del cuerpo y/o posición en el espacio coincide o no coincide según se defina.

Una vez grabada la coreografía, el módulo de aprendizaje y enseñanza permite al usuario autor de la coreografía in-

dicar aquellos elementos como posturas, pasos y comentarios necesarios para su aprendizaje. Para indicar una postura, se selecciona en una coreografía el instante de tiempo que represente la postura. Para indicar un paso se debe seleccionar el intervalo de tiempo en la coreografía que represente el paso. Una coreografía podrá ser exportada por el usuario autor e importada por otros usuarios en donde podrán seleccionar y aprender estos elementos previamente definidos individualmente.

Adicionalmente, es posible ejecutar una coreografía para posteriormente ser evaluada, es decir, realizar un análisis general indicando a través de una escala qué tanta semejanza tuvo la ejecución con respecto a la original, así como cuáles posturas y pasos fueron o no fueron dominados.

A. Módulo de Detección y Registro

La primera tarea a realizar es separar la imagen del usuario con respecto al fondo donde se encuentra. DanceNet obtiene solamente la imagen que representa la silueta de la persona que se encuentre frente a Kinect, eliminando cualquier otro detalle de fondo. La silueta se dibuja en color verde (solo para colocar un color uniforme que haga contraste). El fondo se dibuja en color negro, es decir, el valor de RGB (0,0,0).

La Figura 5 muestra un ejemplo de una imagen capturada (parte (a)) y su procesamiento para extraer solo la silueta del usuario, marcado en color verde con fondo en color blanco (parte (b) y el fondo es blanco solo para fines demostrativos en este trabajo).

Para que la representación sea lo más fiel posible se registran las posiciones de todos los puntos soportados por Kinect (i.e. 25 puntos). Sin embargo, no es obligatorio que los 25 puntos sean detectados todo el tiempo durante la grabación, es decir, para una posición específica se registran solo los puntos que son detectados en el instante de tiempo en que ocurre dicha posición. En caso de no ser detectados, son ignorados, tomando un % mínimo de captura.

Una vez capturada las posiciones, se requiere comparar las posiciones obtenidas con una previamente almacenada para su análisis. A continuación se explica dicho módulo.

B. Módulo de Comparación y Análisis

En la comparación entre ejecuciones de una coreografía en necesario conocer:

- 1) Si una parte del cuerpo coincide.
- 2) El grado de precisión de la posición realizada.
- 3) El grado de precisión general de la ejecución realizada.

Para saber si una parte del cuerpo coincide, se compara la posición de la parte capturada en los ejes cartesianos X , Y y Z con respecto a la posición original. Así, se define un rango en metros que establece los límites de los valores donde se puede encontrar la parte capturada para cada eje. En la Tabla I se presenta un ejemplo para la posición de la mano derecha.



(a) Ejemplo de Imagen Capturada



(b) Extracción Realizada por DanceNet

Figura 5: Proceso Inicial de Adquisición de una Imagen con el Kinect y su Procesamiento en DanceNet

Tabla I: Valores Empleados en la Comparación de una Parte del Cuerpo Capturado

Parte del cuerpo	Mano derecha
Posición en X	0.5 m
Rango	1 m
Valores admitidos en X	[-0.5, 1.5] m

Según estos valores, en cualquier otra ejecución si el usuario coloca su mano derecha entre -0.5 m y 1.5 m en el eje X , la parte coincide con la posición original en el eje X . De esta forma, una parte detectada se considera que coincide si su posición para cada eje se encuentra dentro del rango establecido, en caso contrario, se considera que no coincide.

Desde el punto de vista gráfico, la Figura 6 muestra un ejemplo para un punto detectado por Kinect en la coreografía grabada. El rango definido se muestra a través del cuadro verde, por lo que esa misma parte en cualquier otra ejecución deberá colocarse dentro de ese cuadro para considerarse un acierto.

El grado de precisión de la posición realizada se obtiene aplicando la comparación anterior a todas las partes que fueron detectadas por la ejecución original y almacenando el número de partes que coincidieron. Luego se calcula un porcentaje de precisión cuyo resultado puede ir desde 0% si ninguna



Figura 6: Rango para Comparar Partes en ejes X y Y

parte coincidió o 100% si todas las partes coincidieron. Este porcentaje se obtiene a través de la ecuación 1.

$$Pr(p) = \frac{Co}{Gr} \times 100 \quad (1)$$

donde Pr representa al valor de la precisión en la posición p , Co indica el número de coincidencias, y Gr el número de posiciones grabadas. Dependiendo del resultado obtenido, se califica la posición de la persona que esté ejecutando la coreografía en un rango de 0 a 2 donde: 0 marcado en color rojo indica el estado *Malo*; 1 marcado de color naranja indica el estado *Regular* y; 2 marcado en color verde indica el estado *Bueno*.

Para cada valor, la silueta de la persona cambiará según el color representado. En la Figura 7 se puede observar el rango definido aplicado a una posición. Nótese que a medida que el movimiento se aleje de la esperada el resultado será marcado en color rojo.



Figura 7: Muestra Visual del Rango Aplicado a una Posición

Estos valores son registrados por el sistema para cada una de las posiciones. Con dichos valores se calcula el porcentaje de precisión de la ejecución e con respecto a la coreografía grabada, como se muestra en la ecuación 2.

$$Pr(e) = \frac{\sum_{i=1}^n Ca}{2n} \times 100 \quad (2)$$

donde n representa el número total de posiciones, y Ca la calificación obtenida en el rango $[0, 2]$. Así, mientras sea mayor el porcentaje obtenido, mayor es el dominio de la coreografía que tenga el usuario.

Finalmente, de acuerdo a nuestras pruebas, definimos la asociación precisión-calificación de *Malo* a un rango de precisión de $[0, 49]\%$, de *Regular* a un rango de precisión de $[50, 74]\%$, y de *Bueno* a un rango de precisión de $[75, 100]\%$.

C. Módulo de Aprendizaje y Enseñanza

La idea principal del módulo de aprendizaje y enseñanza es permitir a DanceNet añadir posturas, pasos y comentarios para el aprendizaje de la coreografía. Esta funcionalidad ocurre una vez que el usuario ha finalizado la grabación de la coreografía y se ha generado tanto el video como las posiciones capturadas. Cabe destacar que las posiciones capturadas consisten en una serie de valores (x, y) para una distancia $depth$ del usuario frente al Kinect.

Para ello, se construyó un formulario que permite añadir, modificar o eliminar posturas y movimientos de un listado. Una postura se define como una posición del cuerpo en un instante de tiempo dado dentro de una coreografía. Por su parte, un movimiento consiste en una secuencia de posturas en un período de tiempo menor a la duración total de la coreografía.

En el formulario el usuario debe escribir el nombre, tiempo y comentarios relacionados a la postura o pasos. Dicho formulario emplea un reproductor de video para que el usuario pueda observar la ejecución que realizó. Así, se puede ubicar la posición del video en el tiempo definido del elemento seleccionado de la lista, además de añadir o editar un elemento, y obtener los tiempos a través de la posición del video (ver Figura 8). Para ello, fue necesaria la construcción de estructuras de datos eficientes para el almacenamiento y obtención de las posturas y pasos.

Gracias al uso de las estructuras de datos (basados en colas de prioridad), es posible comprimir el video capturado, los comentarios, las posturas, y los pasos junto con todas las posiciones en un formato propio (archivo de extensión .cho). Dicho formato va a permitir exportar/importar toda una sesión coreográfica para su posterior comparación.

En la comparación, se consideran nuevamente los métodos explicados con la ecuación 2 y el indicador visual de color para cada rango. La Figura 9 muestra un ejemplo de ejecución donde del lado derecho (color verde) es la coreografía almacenada en formato .cho en DanceNet. Del lado izquierdo (color naranja), se muestra al usuario repitiendo los pasos. Para dicho ejemplo, el usuario obtuvo un 53.51% de precisión para una canción de 1:46 m de duración.

Cabe destacar que DanceNet es una herramienta para aprendizaje de ciertas coreografías hechas previamente por un usuario. Al mismo tiempo, al solo permitir el uso de siluetas se

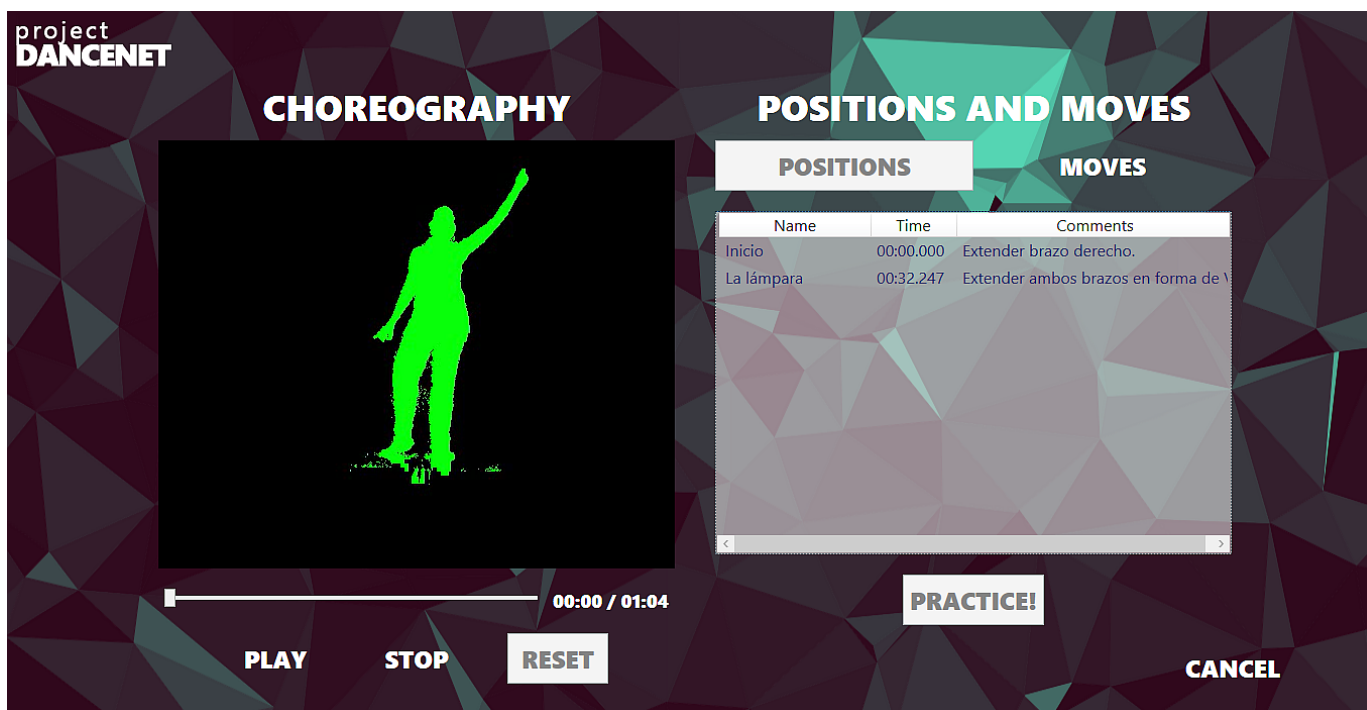


Figura 8: Imagen Capturada donde se Muestra un Ejemplo de la Lista de Posturas (positions) y Pasos (moves)

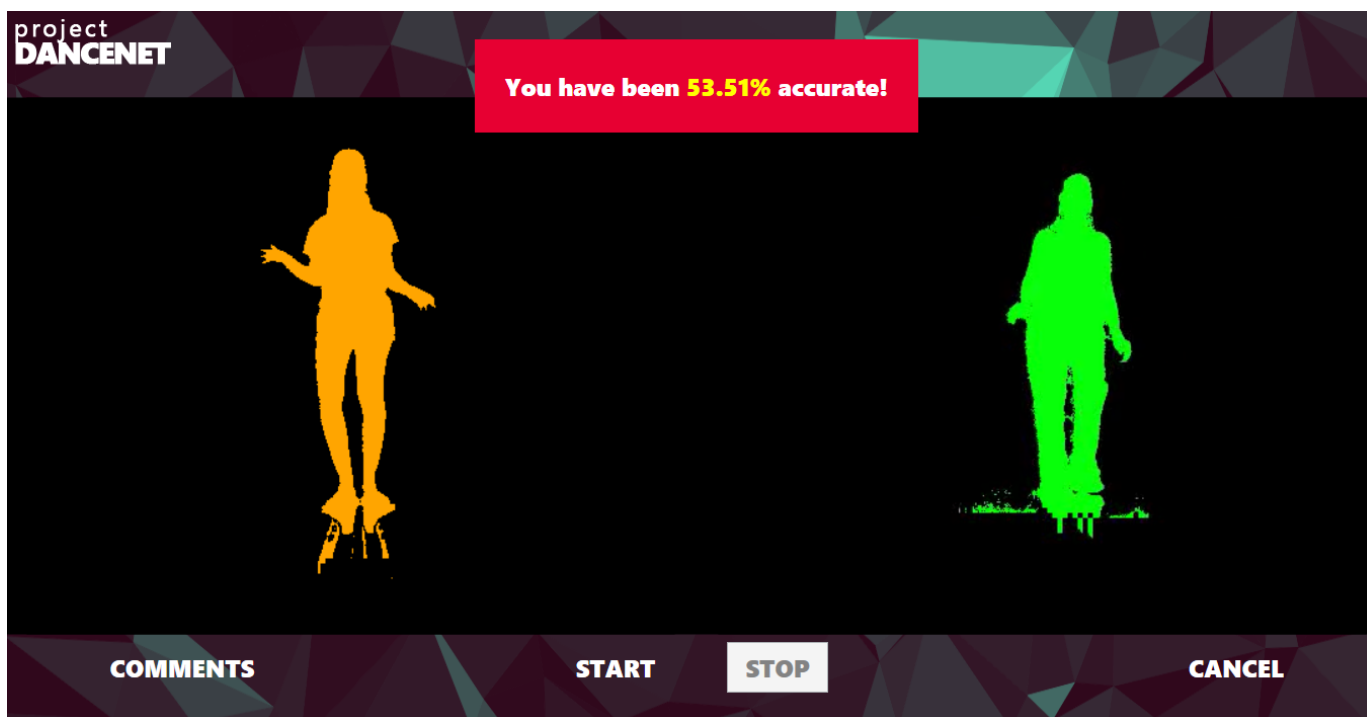


Figura 9: Un Ejemplo de la Ejecución Realizada por un Usuario (Lado Derecho) con una Coreografía Previa (Lado Izquierdo)

preserva la identidad tanto del coreógrafo (quien grabó) y del bailarín (quién la ejecuta posteriormente). Ahora, debe existir algún mecanismo de intercambio, distribución, y generación de coreografías para poder tener una amplia variedad para la enseñanza y aprendizaje. Por ello, nuestra propuesta incluye un sistema de distribución constituido por un sitio web.

V. SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El subsistema de distribución pretende simular un entorno colaborativo para las coreografías en una comunidad.

A. Entorno Colaborativo

El término *entorno colaborativo*, generalmente hace referencia a una red virtual que facilita la colaboración e interacción

entre los miembros de una comunidad online. En este sentido, se está potenciando al máximo la característica comunicativa de la informática; su capacidad para desarrollar de forma espontánea todo un sistema de información y proyectos, núcleos socioculturales, servicios informativos, etc. Esto resulta posible a través de la web 2.0, un término que en líneas generales se refiere a un conjunto de plataformas que facilitan y favorecen esa interacción online.

Estos entornos colaborativos abarcan desde los editores de documentos compartidos como Google Docs, sitios web abiertos y editables como los wikis, foros y blogs como MySpace o Blogger, o incluso las notorias redes sociales como Twitter o Facebook, que incluyen perfiles y herramientas de conexión para aportar un enfoque colaborativo dentro de la comunidad.

Un entorno colaborativo permite a un grupo de personas acceder a un determinado espacio virtual donde pueden compartir cualquier tipo de documentos, pudiendo cada uno de los miembros del grupo de trabajo revisar los documentos, versionarlos, calificarlos o modificarlos, quedando registrada la fecha de la última modificación y pudiendo acceder también al historial de las diferentes versiones realizadas. Además, estos entornos disponen de herramientas de comunicación en tiempo real (chat o conferencia) como en diferido (correo electrónico) [29].

B. Portal Web

En DanceNet se cuenta con un portal web conformado por un módulo de carga y descarga de coreografías, un módulo de perfiles, un módulo de comunidades y un módulo de estadísticas.

El módulo de carga y descarga permite que una persona pueda ver, buscar, subir coreografías exportadas y descargar coreografías publicadas para ser usadas en la aplicación. El módulo de perfiles permite a los usuarios tener su propio perfil con información básica sobre el usuario. Un perfil puede ser calificado por otros usuarios de forma positiva o negativa, también puede ser indicado como favorito. En el perfil se puede observar aquellas coreografías que el usuario se encuentra aprendiendo, coreografías dominadas, coreografías favoritas, usuarios favoritos (bailarines/coreógrafos) y coreografías creadas.

El módulo de comunidades permite crear espacios donde distintos usuarios podrán discutir acerca de una temática definida. Un usuario podrá crear una comunidad, unirse y escribir comentarios en ella. Igualmente, en el perfil de cada usuario, se podrá observar aquellas comunidades a las que pertenece. Las coreografías contarán con un híbrido entre un perfil y una comunidad, es decir, su propia página donde se podrá observar la información básica de la coreografía, calificarla, así como realizar comentarios. En esta página los usuarios podrán indicar si se encuentran aprendiendo la coreografía o si ya la dominan.

Por último, el módulo de estadística que consiste en distintas clasificaciones (*ranking*) que podrán ser observados por los

usuarios como comunidades más activas, coreografías más descargadas, coreografías con mayor cantidad de calificaciones positivas y coreógrafos más activos.

C. Módulo de Carga y Descarga

Un usuario puede exportar (descargar) una coreografía creada desde la PC conectada al Kinect en formato .cho. Posteriormente, es posible importar (cargar) dicho archivo al sitio web. En el sitio web, una vez importada la imagen el servidor extrae el video del archivo y toma el primer cuadro de éste para usarlo como imagen referencial (*thumbnail*). El proceso completo para importar una coreografía se muestra en la Figura 10.

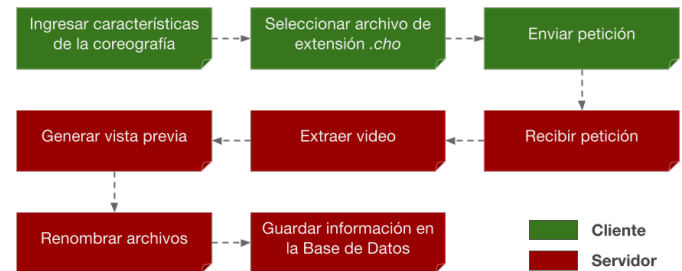


Figura 10: Esquema del Proceso para Importar una Coreografía

Se puede observar en la Figura 10, donde desde el lado cliente (color verde) se ingresan las características de la coreografía y se selecciona el archivo de coreografía (formato .cho). Luego, se envía la petición que la recibe el lado servidor (color rojo). En el servidor, el archivo .cho extrae/descomprime el video para generar una vista previa o imagen referencial. Para manejar una estructura interna, se renombran la coreografía recibida y se almacena en una base de datos.

D. Módulo de Perfiles

La información básica de los usuarios se encuentra en el módulo de perfiles. Cada usuario en el sitio web es tratado tanto bailarín como coreógrafo, de esta forma es posible conocer las coreografías que se encuentra aprendiendo, aquellas que ya ha aprendido, sus coreografías favoritas así como las coreografías que ha realizado. Esta información también es accesible desde la página de una coreografía, la cual funciona como el perfil de una coreografía. Se puede conocer los usuarios que se encuentran aprendiendo la coreografía como los usuarios que la han aprendido. El perfil de la coreografía también muestra la información básica de la coreografía, permite ver el video, descargar el archivo .cho, realizar comentarios y calificar la coreografía.

La Figura 11 muestra un ejemplo de perfil de una coreografía subida al portal web. En esta se puede observar el video, la información básica, calificar la coreografía y descargar el archivo de extensión .cho.

E. Módulo de Comunidades

Las comunidades son espacios creativos para la discusión de una temática definida. Así como los usuarios son autores de

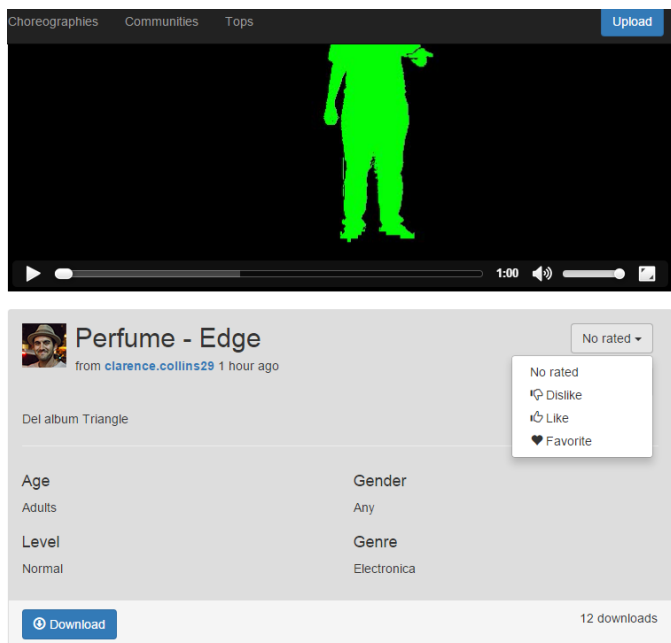


Figura 11: Ejemplo de un Perfil de Usuario que Permite ser Calificado por Otros Usuarios del Portal

las coreografías, también lo serán de las comunidades. Un usuario puede crear una comunidad para discutir sobre un tema a través de un formulario en el que deberá ingresar el nombre de la comunidad, una descripción y una imagen de referencia. Otros usuarios podrán unirse a la comunidad para poder realizar comentarios y conocer a otros usuarios que tengan intereses en común.

La Figura 12 muestra un ejemplo de una comunidad. En este caso, el nombre es Michael Jackson, donde se puede observar quién lo creo, qué miembros lo forman y los espacios de discusión (comentarios) dentro del portal.

F. Módulo de Estadísticas

Las estadísticas consisten en diferentes listados en los que los usuarios consumidores podrán conocer lo mejor del portal web como aquellos usuarios creadores podrán esforzarse por obtener mejores puestos dentro de estos listados. Coreografías más descargadas, coreografías mejor calificadas, coreógrafos más activos y comunidades más activas son los listados que fomentarán la participación dentro del usuario web.

Una vez estudiados todos los aspectos de nuestra propuesta, se realizaron unas pruebas para demostrar la efectividad de DanceNet como un entorno colaborativo interactivo y virtual para el aprendizaje y enseñanza de coreografías mediante el uso de un Kinect.

VI. EXPERIMENTACIÓN

El subsistema de movimientos de DanceNet fue desarrollado bajo el sistema operativo Windows 8.1 empleando el IDE Visual Studio 2013. El lenguaje base fue C# con interfaces gráficas WPF (*Windows Presentation Foundation*), empleando el

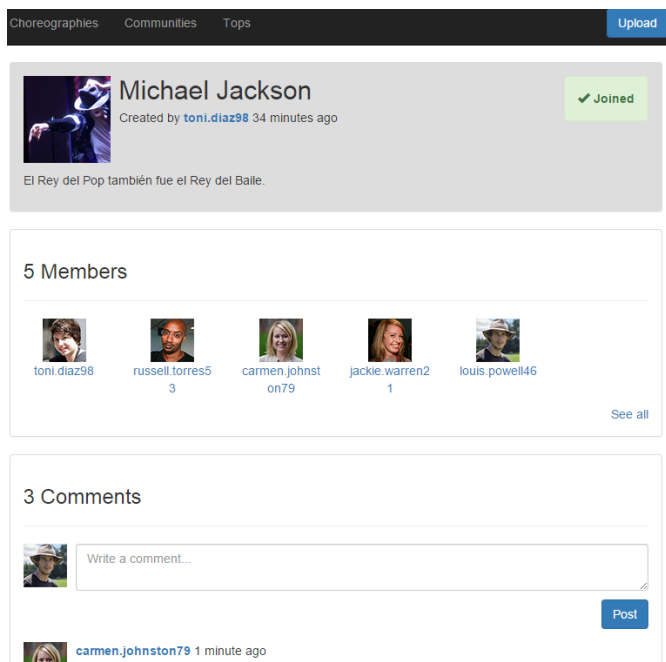


Figura 12: Ejemplo de una Comunidad, Llamada Michael Jackson, Dentro del Portal de DanceNet

SDK de Kinect en su versión 2.0. Por otro lado, la generación de los videos fue con la biblioteca AForge.NET (versión 2.2.5) y su procesamiento con FFmpeg (versión 2.6.3).

Por su lado, el subsistema de distribución requirió como lenguajes base a PHP, HTML, CCS y JavaScript. Del mismo modo, se emplearon las bibliotecas/frameworks Laravel, Bootstrap, y JQuery. Todo sobre un servidor Apache (versión 2.4.12) y un manejador de base de datos MySQL en su versión 5.6.24.

Como parte de los experimentos realizados, se definió ciertas propiedades específicas del video las cuales se muestran en la Tabla II.

Tabla II: Valores por Defecto Definidos para el Video de una Coreografía

Característica	Valor
Ancho de la imagen	512 píxeles
Alto de la imagen	424 píxeles
Cuadros por segundo	30
Códec	MPEG4 (.mp4)
Tasa de bits	1.000.000 bits

Una vez definido los parámetros iniciales, se realizaron 3 pruebas distintas: de precisión, de aprendizaje y de enseñanza. Por último, se realizó una encuesta para conocer la opinión de usuarios comunes ante DanceNet. A continuación cada una de éstas.

A. Pruebas de Precisión

Estas pruebas consisten en evaluar la precisión con la que se comparan los movimientos en distintos niveles. Para ello se necesitaron 2 bailarines. El primer bailarín se encargó de

grabar una coreografía de 2 minutos, mientras que el segundo se encarga de bailarla 5 veces indicadas por los niveles de precisión de la aplicación. La coreografía grabada era conocida por ambos bailarines, sin embargo, no se revelaron los resultados hasta terminar la última ejecución.

Se ajustó la comparación de posiciones de acuerdo a los niveles de precisión presentados en la Tabla III.

Tabla III: Ajustes de Precisión de DanceNet

Nivel	Rango	Bueno	Medio	Alto
Muy baja	0.30 m	0% - 29%	30% - 49%	50% - 100%
Baja	0.25 m	0% - 39%	40% - 59%	60% - 100%
Regular	0.20 m	0% - 49%	50% - 69%	70% - 100%
Alta	0.15 m	0% - 59%	60% - 79%	80% - 100%
Muy alta	0.10 m	0% - 69%	70% - 89%	90% - 100%

Luego de precisar los parámetros para las pruebas con los bailarines, se capturaron los datos resultados de las ejecuciones. La Tabla IV muestra dichos valores.

Se pudo observar que a medida que aumenta el nivel el bailarín (desde la ejecución #1 hasta la ejecución #5) debía ser mucho más preciso (segunda columna) para alcanzar un porcentaje de precisión alto (última columna). Con estos resultados se comprobó que la comparación de movimientos y las calificaciones obtenidas son válidas.

Tabla IV: Ejecuciones de Pruebas de Precisión

Nro. de Ejecución	Nivel de precisión	% de precisión
1	Muy baja	94.13%
2	Baja	76.55%
3	Regular	59.93%
4	Alta	43.48%
5	Muy alta	20.75%

B. Pruebas de Aprendizaje

Estas pruebas permitieron medir el aprendizaje de los bailarines a través de diferentes ejecuciones de una coreografía y su revisión. Se utilizó un grupo de 6 personas: 1 coreógrafo que grabará una coreografía de 2 minutos y 5 personas deberán repetirla 4 veces intentando lograr el mejor porcentaje de precisión. Al final de cada ejecución los bailarines pudieron ver una repetición en video de ejecución para que pudieran revisarla.

Los resultados de las ejecuciones realizadas se presentan en la Tabla V.

Tabla V: Ejecuciones de Pruebas de Aprendizaje

Usuario	Ejecución 1	Ejecución 2	Ejecución 3	Ejecución 4
A	22.62%	37.14%	66.56%	82.98%
B	44.33%	55.02%	61.94%	67.28%
C	39.00%	47.86%	53.27%	62.20%
D	23.61%	44.02%	56.62%	66.74%
E	42.57%	63.06%	69.71%	78.28%

Se puede observar en los resultados que a medida que los usuarios (bailarines) realizaban las coreografías, eran capaces de mejorar sus porcentajes de precisión en cada nuevo intento,

donde este aumento en promedio resultó ser de 12.36% entre ejecuciones.

C. Pruebas de Enseñanza

Permitieron comprobar la utilidad de las herramientas de enseñanza incluidas en la aplicación. Para estas pruebas se utilizó un coreógrafo y dos bailarines. El coreógrafo grabó una coreografía de 2 minutos que se descomponía principalmente en 4 pasos de 10 segundos. Se indicaron tanto estos 4 pasos como las posturas necesarias para el aprendizaje de la coreografía. Los bailarines se encargarían de realizar la coreografía 2 veces, solo que a uno de ellos se le permitió practicar los 4 pasos definidos previamente.

Los resultados de las ejecuciones de prueba se muestran en la Tabla VI.

Tabla VI: Ejecuciones de Pruebas de Enseñanza

Usuario	Ejecución 1	Ejecución 2
Con práctica de pasos y posturas	48.71%	74.33%
Sin práctica de pasos y posturas	25.49%	42.20%

Con estos resultados se pudo observar que la práctica permite obtener un porcentaje de precisión mucho más elevado incluso desde la primera vez que se realiza la coreografía. De esta forma el bailarín podría obtener un porcentaje cercano al 100% realizando menos ejecuciones.

D. Encuesta

Con el fin de conocer la reacción de usuarios promedio (en edades entre 20 y 35 años) ante el uso de DanceNet, se realizó una encuesta a 15 personas con las siguientes preguntas:

- 1) ¿Considera que DanceNet ofrece herramientas para aprender y enseñar coreografías?
- 2) ¿Los movimientos grabados son fáciles de reconocer?
- 3) Durante la comparación, ¿los movimientos se califican (bueno, regular, malo) de forma adecuada?
- 4) ¿Considera que practicar las posturas y pasos de una coreografía facilita su aprendizaje?
- 5) Según su opinión, ¿la aplicación es fácil de manejar?

Esta encuesta de evaluación se basa en la escala originalmente propuesta por Likert empleando 5 niveles: totalmente de acuerdo, de acuerdo, regular, desacuerdo y totalmente en desacuerdo. La Figura 13 muestra el resultado del promedio de la encuesta realizada, donde item-i representa la pregunta i-ésima.

Según los usuarios DanceNet es una aplicación con la que pueden tanto aprender y enseñar coreografías de forma fácil, donde la interfaz gráfica propuesta entre teclado y ratón y además con controles por movimientos no representa obstáculos para el aprendizaje. Aunque solo se captura la silueta de la persona, los movimientos son fáciles de reconocer y se pueden ejecutar sin dificultad. En la comparación de movimientos, los usuarios aceptan las calificaciones obtenidas con las que pueden observar los momentos en los cuales se equivocaron y

RESULTADOS: ENCUESTA SOBRE LA APLICACIÓN

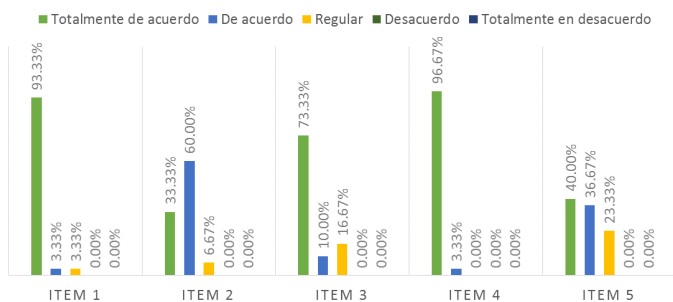


Figura 13: Resultados de una Encuesta Formada por 5 Preguntas ante 15 Usuarios sobre DanceNet

mejorar la precisión de la ejecución, precisión que puede ser mejorada rápidamente con la práctica de posturas y pasos.

VII. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó DanceNet, un entorno colaborativo basado en herramientas modernas que facilitan el aprendizaje y la enseñanza de coreografías, empleando el Kinect para la captura de movimiento de bailarines. De este modo, se presentan dos entes principales: una aplicación conectada al Kinect para la captura y manejo de coreografías y un portal web que permite una distribución, difusión, aprendizaje y enseñanza de las coreografías realizadas con la aplicación.

El uso de colores en las siluetas para la comparación de las diversas posiciones entre coreografías, logra una forma rápida y original de que los usuarios reconozcan cuando sus posiciones coinciden o no. El uso de porcentajes permite establecer correctamente la precisión de las ejecuciones y ayuda a ajustar los movimientos de los usuarios practicantes. Igualmente, la definición de posturas y pasos en la coreografía representa una herramienta sencilla para que los usuarios puedan facilitar el aprendizaje de sus coreografías en pocos pasos. Así, se ahorra tiempo al momento de realizar prácticas repetitivas.

Con los perfiles de usuario, se da una importante opción de difusión, distribución y socialización dentro de una comunidad. Las calificaciones de los perfiles ayudan a que los usuarios puedan conocer si deben mejorar sus coreografías. Estas comunidades representan espacios libres donde los usuarios pueden discutir sobre alguna temática en particular como estilos de baile, géneros de música, eventos, artistas, e incluso utilizar su creatividad para aprovecharlas y transformarlas aulas virtuales.

En un futuro, se propone como aspecto principal incluir coreografías en parejas o grupos. Actualmente, DanceNet está diseñado para la ejecución coreográfica de una sola persona. Igualmente, se propone añadir la opción de definir las partes a ser detectadas por la aplicación para personas con discapacidades visuales media (i.e. configuración de colores). Desde el punto de vista del portal web, una opción importante a ser añadida en un futuro es la creación de tutoriales o ayudas creadas por la misma comunidad.

Del mismo modo, a pesar de tener unas mecánicas de juego (i.e. porcentaje de acierto, votaciones en el portal), sería

ideal contar con otras que ofrezcan niveles de bailarines (fácil, medio, avanzado) y algunas recompensas a medida del progreso del juego para agregar incrementar las estrategias de gamificación en DanceNet y motivar a una mayor cantidad de usuarios.

REFERENCIAS

- [1] S. Cohen y K. Matheson, *Dance As a Theatre Art: Source Readings in Dance History from 1581 to the Present*, Princeton Book Company, 2da edición, 1992.
- [2] J. Winearls, *Choreography: The Art of the Body*, Dance Books Ltd, 2da edición, 2011.
- [3] F. Yarel, *Elementos de la Danza*, <http://danza102.blogspot.com/2013/05/elementos-de-la-danza.html>.
- [4] F. Ryden, *Tech to the Future: Making a "Kinect" with Haptic Interaction*, IEEE Potentials, vol. 31, no. 3, pp. 34–36, Mayo 2012.
- [5] S. Saha, S. Ghosh, A. Konar, y A.K. Nagar, *Gesture Recognition from Indian Classical Dance Using Kinect Sensor*, in proceedings of the Fifth International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), pp. 3–8, Madrid, España, Junio 2013.
- [6] S. Saha, S. Ghosh, A. Konar, y R. Janarthanan, *Identification of Odissi Dance Video Using Kinect Sensor*, in proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), pp. 1837–1842, Mysore, India, Agosto 2013.
- [7] S. Saha, S. Ghosh, A. Konar, y R. Janarthanan, *A Study on Leg Posture Recognition from Indian Classical Dance Using Kinect Sensor*, in proceedings of the International Conference on Human Computer Interactions (ICHCI), pp. 1–6, Chennai, India, Agosto 2013.
- [8] S. Gupta y S. Goel, *PoGest: A Vision Based Tool for Facilitating Kathak Learning*, in proceedings of the Seventh International Conference on Contemporary Computing (IC3), pp. 24–29, Noida, India, Agosto 2014.
- [9] A. Nussipbekov, E. Amirgaliyev y M. Hahn, *Kazakh Traditional Dance Gesture Recognition*, Journal of Physics: Conference Series, vol. 495, no. 012036, Mayo 2012.
- [10] K. Ozcimder, *Communication Through Motion in Dance with Topological Constraints*, in proceedings of the American Control Conference (ACC), pp. 178–183, Portland, USA, Junio 2014.
- [11] J. Baillieul y K. Ozcimder, *The Control Theory of Motion-Based Communication: Problems in Teaching Robots to Dance*, in proceedings of the American Control Conference (ACC), pp. 178–183, Montreal, Canadá, Junio 2012.
- [12] C. Livingston, *Knot Theory*, ser. Mathematical Association of America Textbooks, 1ra edición, The Mathematical Association of America, 1993.
- [13] S. Saha, A. Banerjee, S. Basu, A. Konar, y A.K. Nagar, *Fuzzy Image Matching for Posture Recognition in Ballet Dance*, in proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ), pp. 1–8, Hyderabad, India, Julio 2013.
- [14] A. LaViers y M. Egerstedt, *The Ballet Automaton: A Formal Model for Human Motion*, in proceedings of the American Control Conference (ACC), pp. 1–6, San Francisco, USA, Junio 2011.
- [15] A. LaViers, Y. Chen, C. Belta y M. Egerstedt, *Automatic Sequencing of Ballet Poses*, IEEE Robotics Automation Magazine, vol. 18, no. 3, pp. 87–95, Septiembre 2011.
- [16] F. Guo y G. Qian, *Dance Posture Recognition Using Wide-Baseline Orthogonal Stereo Cameras*, in proceedings of the 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 481–486, Southampton, Inglaterra, Abril 2006.
- [17] J.C.P. Chan, H. Leung, J.K.T. Tang y T. Komura, *A Virtual Reality Dance Training System Using Motion Capture Technology*, IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 4, no. 2, pp. 187–195, Abril 2014.
- [18] Y. Yang, H. Leung, Y. Lihua y L. Deng, *Automatic Dance Lesson Generation*, IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 5, no. 3, pp. 191–198, Julio 2012.
- [19] American Honda Motor Co. Inc., *Asimo*, <http://asimo.honda.com>.
- [20] E. Guizzo, *Asimo Can Copy Your Dance Moves*, <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/humanoids/asimo-can-copy-your-dance-moves>.
- [21] H. Peng, C. Zhou, H. Hu, F. Chao y J. Li, *Robotic Dance in Social Robotics – A Taxonomy*, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, vol. 45, no. 3, pp. 281–293, Junio 2015.
- [22] D. Alexiadis, P. Kelly, P. Daras, N. O'Connor, T. Boubekour y M. B. Moussa, *Evaluating a Dancer's Performance Using Kinect-based Skeleton Tracking*, in proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimedia, pp. 659–662, Scottsdale, USA, Noviembre 2011.

- [23] S. Essid, D. Alexiadis, R. Tournemene, M. Gowing, P. Kelly, D. Monaghan, P. Daras, A. Dreameau y N.E. O'Connor, *An Advanced Virtual Dance Performance Evaluator*, in proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 2269–2272, Kyoto, Japón, Marzo 2012.
- [24] A. Liutkus, A. Dreameau, D. Alexiadis, S. Essid y P. Daras, *Analysis of Dance Movements Using Gaussian Processes: Extended Abstract*, in proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimedia (MM'12), pp. 1375–1376, Nara, Japón, Octubre 2012.
- [25] A. Dreameau y S. Essid, *Probabilistic Dance Performance Alignment by Fusion of Multimodal Features*, in proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 3642–3646, Vancouver, Canadá, Mayo 2012.
- [26] M. Kyan, G. Sun, H. Li, L. Zhong, P. Muneesawang, N. Dong, B. Elder, y L. Guan, *An Approach to Ballet Dance Training Through MS Kinect and Visualization in a CAVE Virtual Reality Environment*, ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, vol. 6, no. 2, pp. 23:1–23:37, Marzo 2015.
- [27] Microsoft Corporation, *Xbox 360 + Kinect*, <http://www.xbox.com/en-SG/Kinect/Games>.
- [28] Harmonix Music Systems, Inc., *Dance Central*, <http://www.xbox.com/en-US/games/dance-central>.
- [29] E. Barkley, C. Howell y P. Cross, *Collaborative Learning Techniques*, ser. A Handbook for College Faculty, 2da edición, Jossey-Bass, 2014.