Diseño y desarrollo de un juego 3D interactivo "Squash" con herramientas de realidad virtual y la librería OpenSceneGraph

Charles Miguel Pérez Espinoza, Carlos Luis Landívar Borja, Iván Fabricio Salguero Sánchez, Phd. Sixto García
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Km. 30.5 Vía Perimetral, Campus Gustavo Galindo Velasco, Guayaquil, Ecuador
Apartado 09-01-5863. Guayaquil – Ecuador
e-mail: iperez@espol.edu.ec, clandiva@espol.edu.ec, isalguer@espol.edu.ec, sgarcia@espol.edu.ec

Resumen

El actual trabajo presenta una breve descripción del desarrollo y diseño de un juego 3D interactivo utilizando la tecnología de realidad virtual. Para desarrollar un juego de cualquier tipo es necesario usar las herramientas, ecuaciones físicas y matemáticas, y reglas bien definidas para obtener un buen resultado, que permita que éste sea emocionante, divertido y variado con diferentes niveles de dificultad. Lo único que se agrega o aumenta al crear un juego en 3D es la parte inmersiva que es la más importante porque gracias a ésta aumenta la diversión y los deseos de jugar una y otra vez. Además estos tipos de proyectos en 3D ofrecen a los estudiantes de Ingeniería en Computación una tecnología completamente nueva para el mercado ecuatoriano, y se abren nuevas oportunidades de trabajo. La creación de este juego ayuda a aprender a tomar en cuenta lo importante que es optimizar y a utilizar las diferentes herramientas para crear ambientes en realidad virtual.

Palabras claves: Realidad Virtual, Juego 3D, inmersión, Software, Ingeniería, OpenSceneGraph

Abstract

The present work present a brief description of the development and design of an interactive 3D game using virtual reality (VR) technology. In order to develop a game of any type it is necessary to use the right tools, exact physical and mathematical equations, and well-defined rules to obtain good results, allowing it to be exciting, funny and diverse, they should have different difficulty levels. But, when creating a 3D game, the only thing added is the importance of how immersive it is, for that increases its fun factor and the need to play it again and again. Also, this kind of project offers a completely new technology to the Ecuadorian market, and new opportunities. The creation of this game helps us to learn how important is to optimize and use different tools to create VR environments.

Keywords: Virtual Reality, 3D Game, immersive, Software, Engineering, OpenSceneGraph

1. Introducción

Actualmente el mundo es altamente competitivo y se mueve en un ambiente de cambios tecnológicos acelerados. En este contexto se explica el desarrollo y diseño de un juego en realidad virtual, el cual abre las puertas a una nueva tecnología dentro del mercado ecuatoriano. Además en los últimos años los avances tecnológicos en muchas áreas han facilitado el desenvolvimiento de las actividades cotidianas, y muchos de estos avances han tenido como pilar fundamental, la Computación, la cual ha alcanzado un desarrollo impresionante en las últimas décadas. Es así que su apoyo a las diferentes áreas ha permitido la consecución de metas que parecieron inimaginables y consideradas como parte de la ciencia ficción hace muchos años atrás.

Este es el caso de la Realidad Virtual (RV), que en estos tiempos que es considerada como una de las tecnologías más sorprendentes e innovadoras. Su fin es producir una apariencia de realidad que permite al usuario tener la sensación de estar presente en ella. Este ambiente se consigue mediante la generación por computador de un conjunto de imágenes, que son contempladas por el usuario a través de un casco provisto de un visor especializado (ver Figura 1), o últimamente los tipos de televisores con esta tecnología incluida. Algunas aplicaciones se completan con trajes y guantes equipados con sensores diseñados para simular la percepción de diferentes estímulos, que intensifican la sensación de realidad. Su utilidad, aunque centrada inicialmente en el terreno de los videojuegos, se ha extendido a otros muchos campos, como la medicina, simulaciones de vuelo, etc.

Figura 1. Visor para uso de la realidad virtual

En este artículo se habla sobre el desarrollo y diseño de un juego específico llamado “Squash”. El Squash es un deporte de raqueta que se practica en interiores con 2 o 4 jugadores, con una pelota de goma que puede tener distintos grados de velocidad o rebote. Los jugadores golpean la pelota con sus raquetas (ver Figura 2) haciéndola rebotar en la pared frontal de la cancha (ver Figura 3).

Figura 2. Raqueta y pelota para jugar Squash

Figura 3. Personas jugando Squash

La pelota puede rebotar en todas las paredes cuantas veces sea necesario y en cualquier orden, siempre que golpee en la pared frontal, pero sólo puede rebotar en el suelo una vez antes de que se considere un punto para el contrincante [1]. Las reglas fueron definidas en este juego para un solo jugador y poder practicar en la cancha definida en el ambiente de realidad virtual.

En la Sección 4 del artículo se detalla la metodología de la aplicación. En la Sección 3, se explica el diseño de la misma. En la Sección 4, se listan las herramientas usadas para la creación e interacción con el ambiente virtual. En la Sección ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., se detalla la implementación. Luego se incluyen las conclusiones en la Sección 6, y se especifican las referencias en la Sección 7.

2. Metodología

2.1. Alcance

El juego ha sido diseñado para que un jugador pueda practicar, demostrando de esta manera el uso de distintos dispositivos de entrada para realidad virtual, y la interacción con el ambiente virtual en que se desenvuelve el juego.

2.2. Requerimientos Funcionales

Se requiere el desarrollo de una aplicación de software que simule por medio de dispositivos de realidad virtual el funcionamiento de una práctica del juego Squash de un solo jugador.

Se creó un escenario virtual en tres dimensiones, en el cual deben constar los siguientes objetos de entrada importantes y funcionales:

-Raqueta de Squash

Usada para golpear la bola.

-Bola

Usada para jugar el squash.

-Tiempo

Un control que indica el tiempo restante que le queda al jugador para seguir en la práctica y ver si su marcador debe estar en los mejores puntajes.

Y obtener la salida:

-Marcador

Un marcador utilizado para mostrar en el momento del juego cuántas veces se ha fallado y cuántas veces se ha acertado en el golpe de la bola.

2.2.1. Funciones

Para esto se requieren diferentes funciones que nos ayudarán, por medio de los objetos de entrada, llegar a las salidas del sistema. Estas funciones son:

1. La aplicación debe verificar si están conectados los sensores, de otra manera se utilizará el teclado para poder jugar el Squash.
2. La aplicación debe permitir al jugador escoger las opciones que están dentro del menú principal.
3. Al momento de jugar, la aplicación debe saber si el golpe de la bola contra la pared es correcto o no lo es, y aumentar el marcador de aciertos o fallas correspondientemente.
4. La aplicación permitirá al jugador mover la raqueta del juego según como tenga la posición y orientación del sensor.
5. La aplicación permitirá grabar el nombre del jugador si es que este ha superado a uno de los marcadores anteriores y aparecer en los diez mejores marcadores.
6. La aplicación debe parar el juego cuando el cronómetro de la práctica haya acabado, sea este de un minuto o de tres, dependiendo de lo que el jugador haya escogido.
7. La aplicación permitirá al jugador observar los diez mejores marcadores de aciertos obtenidos hasta ese instante.

2.3. Requerimientos no funcionales

Estos son los requerimientos no funcionales del sistema pero que son importantes para el desarrollo del mismo los cuales incluyen:

2.3.1. Facilidad de uso

El sistema debe ser de fácil uso y entrenamiento de los usuarios del juego, así como de fácil adaptación de la entidad con el mismo. Además el sistema no debe permitir el cierre de una operación hasta que todos sus procesos, subprocesos y tareas que se relacionen, se terminen y cierren satisfactoriamente.

2.3.2. Rendimiento y escalabilidad

El sistema está en capacidad de permitir en el futuro el desarrollo de nuevas funcionalidades, modificar o eliminar funcionalidades después de su construcción y puesta en marcha inicial, ya que dejamos ciertos parámetros dentro del código para que se pueda seguir incrementando ciertas funciones en el mismo.

2.3.3. Normas técnicas y reglas del juego

Las reglas y técnicas del juego son otra parte importante dentro del mismo. Son las que se deben cumplir para saber si al momento de jugar fue una falla o un acierto, según en el lugar donde haya pegado la bola. Indican también el número de rebotes que dará la bola al estar jugando, antes de que se declare una falla.

2.3.4. Percepción de la distancia en la cancha

Es otro requerimiento no funcional, ya que si no se percibe la profundidad del lugar donde se encuentra la bola o la raqueta, se hará muy difícil poder pegarle con precisión a la misma. Por ende la creación de sombras y sonidos fue lo que solucionó e hizo que esta parte sea más sencilla.

3. Diseño de la aplicación

En sí, el diseño de la aplicación fue evolucionando a lo largo del desarrollo de la misma. Al inicio se definieron los distintos casos de uso (ver Tabla 1), y se tuvo una idea muy general sobre cada uno.

Tabla 1. Casos de uso

Caso de uso 1	Comenzar la práctica de Squash
Caso de uso 2	Colisión entre la raqueta y la bola
Caso de uso 3	Colisión entre la bola y la pared
Caso de uso 4	Ver puntajes altos

Al ir especificando los módulos que iban formando la aplicación, la interacción entre ellos pudo ser entendida lo suficiente para plasmarla en diagramas (ver Figuras 4, 5, 6 y7). Esto fue de gran ayuda, pues se pudo eliminar módulos innecesarios, incluso redundantes, simplificando la implementación.

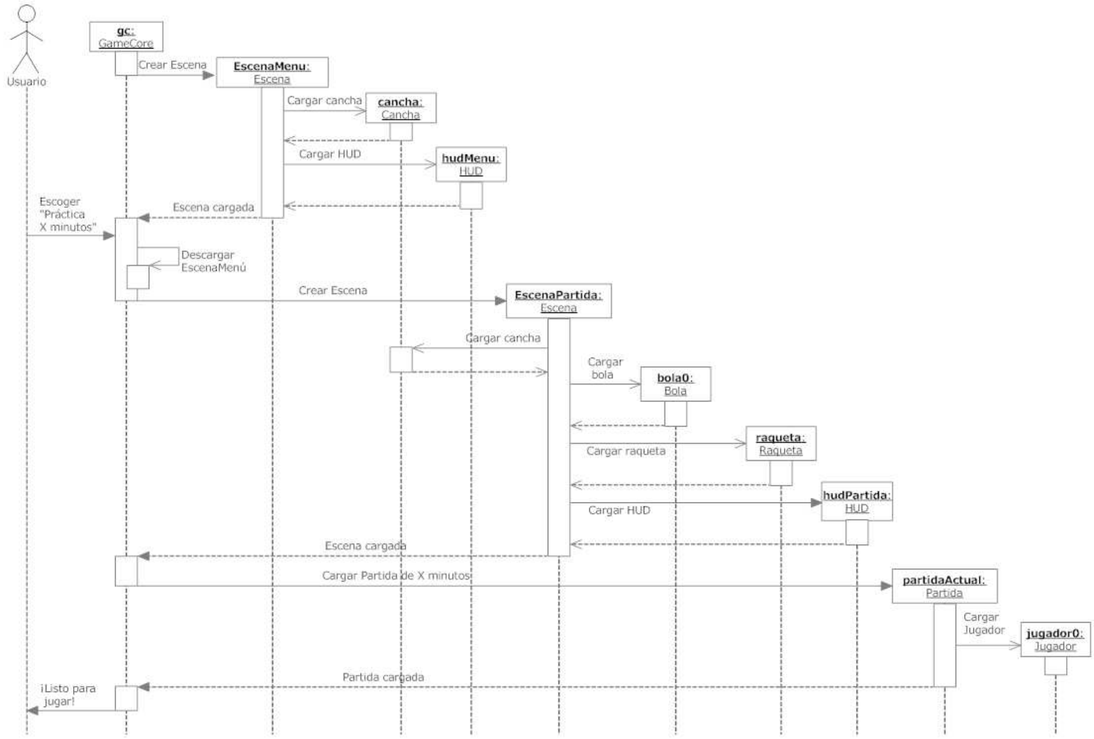

Figura 4. Diagrama de interacción de objetos del caso de uso 1

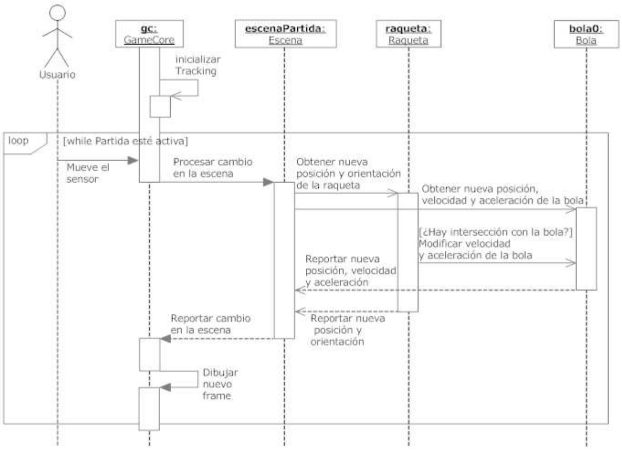

Figura 5. Diagrama de interacción de objetos del caso de uso 2

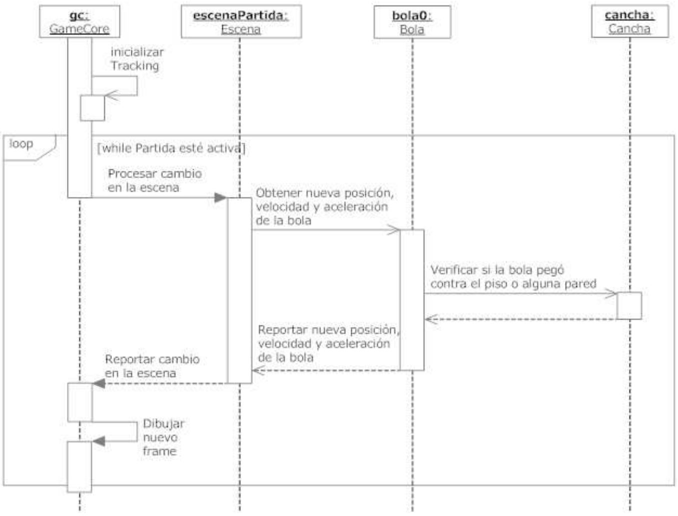

Figura 6. Diagrama de interacción de objetos del caso de uso 3

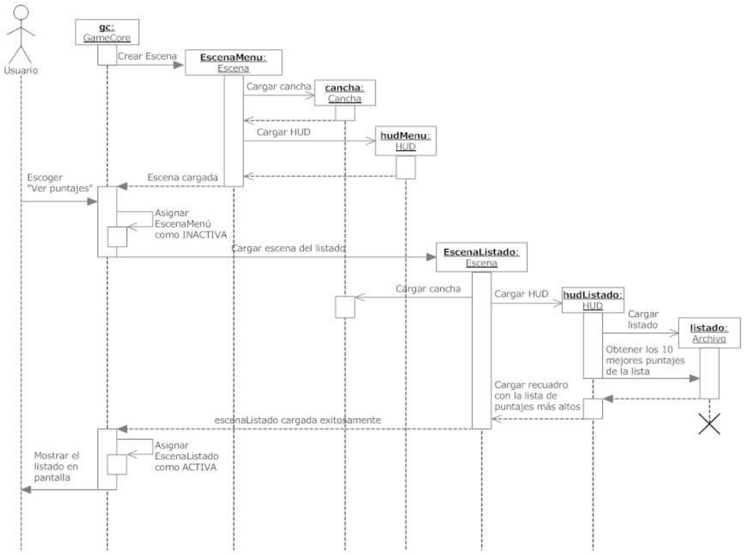

Figura 7. Diagrama de interacción de objetos del caso de uso 4

4. Herramientas usadas para la creación e interacción de la realidad virtual.

Para poder crear el ambiente virtual del juego “Squash” fue necesario tener diverso hardware y software para obtener los datos necesarios para la buena inmersión del juego. A continuación se detallan las herramientas usadas:

- Software
  a. Librería gráfica OpenSceneGraph [3]
  b. Microsoft Visual .NET 2008 SP1
  c. 3D Studio Max 2010
  d. Librería SDL v1.2 [4]
  e. Librería SDL_mixer v1.2 [5]
- Hardware
  a. Proyector DepthQ® con frecuencia de actualización de 120 Hz
  b. Tarjeta Gráfica Nvidia® QUADRO® FX4700
  c. Sistema de captura de movimiento Polhemus® Liberty®
  d. Gafas activas NuVision 60GX (ver Figura)

Figura 8. Gafas activas NuVision 60GX

5. Implementación

En la aplicación se usaron ciertas ecuaciones, algoritmos de simulación física para el cálculo de: la velocidad y aceleración de la bola, el rebote de la misma en el piso y paredes, el golpe en la raqueta, la velocidad y aceleración de la raqueta, y por último la gravedad, que influye sólo en la bola.

Para la implementación de la bola definimos diversos parámetros tomando en cuenta su comportamiento de acuerdo a la física, estos son: masa, posición, velocidad y aceleración. La raqueta tiene los mismos, más la orientación. Los únicos datos de entrada son la posición y orientación de la raqueta, obtenidos del sistema de captura de movimiento Polhemus® Liberty®.

Todos los parámetros son calculados en cada cuadro de la animación. Además, siempre se tiene en cuenta la tasa de cuadros por segundo (framerate), pues se necesita la duración de cada cuadro para el correcto cálculo de los parámetros.

5.1. Movimiento de la bola

El movimiento de la bola siempre está influenciado por la gravedad, simulada como una aceleración que apunta permanentemente hacia abajo. Esto para evitar que la bola rebote sin parar hacia todos lados, como si estuviera en el espacio. De ahí, el movimiento de ésta sólo es alterado cuando golpea contra una pared o el piso, o cuando le pega la raqueta.

5.2. Movimiento de la raqueta

A la raqueta modelada en el juego se le tiene definido dos puntos principales: el pivote y el centro de la malla (ver Figura 4).

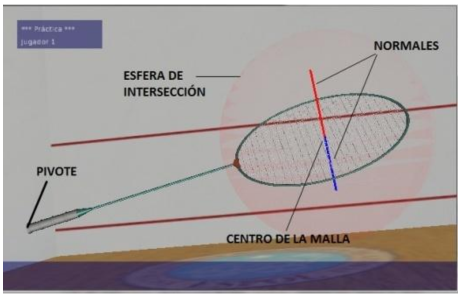

Figura 4. Componentes de la raqueta en el juego

El pivote está ubicado en la punta del mango, y es el punto de referencia para el movimiento y orientación de la raqueta. Es decir, la posición dada por el sensor de movimiento está representada en el ambiente virtual por este punto. Lo mismo para la orientación, la cual es alrededor de este mismo punto, en dirección del mango de la raqueta.

El centro de la malla está, como dice, en el centro de la malla donde la bola debe golpear. Se usa como el centro de una esfera virtual, que contiene a toda la malla, y es usada para el cálculo de la intersección entre la bola y la raqueta. También se lo usa para dibujar las normales de los planos virtuales, usados para el rebote de la bola con la raqueta. Tanto las normales como la esfera virtual son visibles sólo con fines de prueba. Éstas no son visibles en la versión final.

5.3. Rebote con las paredes y piso

Dado que las paredes y piso están todas en planos ortogonales respecto al origen, el rebote de la bola se simplifica significativamente. De los 3 componentes de la velocidad de la bola (uno para cada eje en el espacio), sólo el que es perpendicular al plano de colisión, cambia de sentido, los otros dos siguen igual.

Cabe recalcar que sí se toma en cuenta el coeficiente de restitución del impacto entre dos objetos inelásticos. Considerando que la masa de la bola es despreciable con respecto al piso o pared, la nueva magnitud de cada componente de la velocidad queda así:

$$|V_{nueva}| = |V_{anterior}| * C_R \qquad \text{(Ec. 1)}$$

Donde C_R es el coeficiente de restitución, un valor entre 0 y 1. Así, con cada rebote, la bola va perdiendo un poco de su velocidad.

5.4. Rebote con la raqueta

Para detectar la colisión entre la bola y la raqueta, se utiliza la esfera de intersección descrita en 5.2. Si la bola está dentro de ésta, entonces se calcula la distancia entre el centro de la bola y el plano de colisión, paralelo a la malla de la raqueta. Cuando esta distancia pasa de ser positiva a negativa, indicando que la bola traspasó el plano, la bola es reposicionada pegada al plano antes de ser dibujada en ese frame, y ahí es calculada la nueva dirección y magnitud de la velocidad de la bola. Adaptando el procedimiento dado en [2] para una colisión tridimensional, entonces la velocidad de la bola tiene 3 componentes:

$$V_{bola} = V_{\perp} + V_{tang1} + V_{tang2} \qquad \text{(Ec. 2)}$$

Donde $V_{\perp}$ es el componente perpendicular al plano de colisión, y V_{tang1} y V_{tang2} son tangentes al plano, y no paralelos. En el caso de la raqueta, la velocidad del punto de impacto en sí es dada por:

$$V_{pi} = V_{piv} + V_{rm} + V_{rp} \qquad \text{(Ec. 3)}$$

Donde V_{piv} es la velocidad del pivote de la raqueta, V_{rm} es la velocidad dada por la rotación en torno al mango, y V_{rp} la velocidad dada por la rotación en torno al pivote. Cada uno se calcula de acuerdo a la velocidad lineal y angular de la raqueta en el frame dado. Y esta velocidad es luego descompuesta de la misma manera que la bola en la Ec. 2 (normal y 2 tangentes no paralelas del plano), para así poder obtener un nuevo vector de velocidad de la bola muy realista. Cabe recalcar que el componente normal de la nueva velocidad de la bola es calculado con coeficiente de restitución, tomando en cuenta la masa de la raqueta y de la bola. Pero sólo la bola es afectada por el cambio de velocidad y no la raqueta, por motivos de simplicidad y rendimiento. Entonces:

$$V_{nb2} = \frac{(C_R + 1)M_r V_{nr1} + V_{nb1}(M_b - C_R M_r)}{M_b + M_r} \qquad \text{(Ec. 4)}$$

Donde V_{nb2} es la velocidad normal final de la bola, V_{nb1} es la velocidad normal inicial de la bola, V_{nr1} es la velocidad normal inicial de la raqueta, M_b es la masa de la bola, M_r es la masa de la raqueta, y C_R es el coeficiente de restitución.

5.5. Creación del escenario y los objetos usando 3D Studio Max®

Para crear los escenarios del juego fue necesario saber las medidas exactas de la cancha del Squash, de qué color normalmente son las paredes, materiales, líneas, cuadros, etc. También la distancia entre donde está el jugador la pared en donde choca la bola (ver Figura 5).

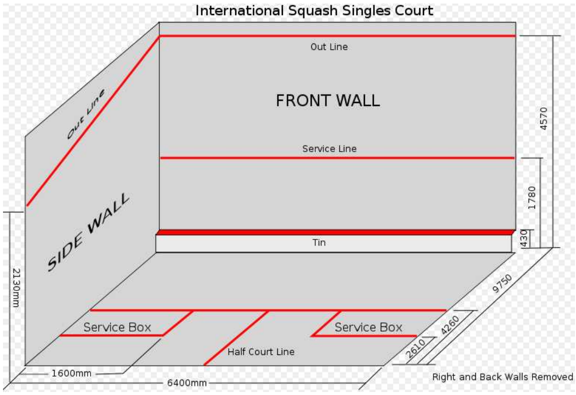

Figura 5. Medidas de la cancha de Squash

El modelado se lo hizo en 3D Studio Max® y se escaló por cada 10 pixeles = 1 cm. Usamos imágenes de textura de madera y el símbolo de la ESPOL para el piso y las paredes de color gris con las rayas rojas (ver Figura 6).

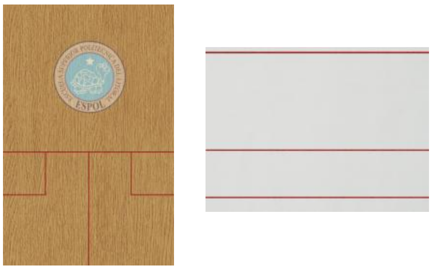

Figura 6. Nuestra cancha de Squash

La raqueta de igual forma fue modelada en 3D Studio y fue escalada para que pueda entrar en la cancha.

Por último, la pelota es sólo una esfera creada dentro de OpenSceneGraph de color negro, que es el color normal de la bola que se utiliza dentro del Squash.

5.6. Sonido en la aplicación

Consiste en un par de pistas musicales, y efectos de sonido para las diversas acciones en el juego. Se utilizó la librería SDL, [4], junto con la librería SDL Mixer 1.2, [5], para fácilmente controlar los sonidos. Todos ellos dados como archivos OGG ó WAV, gracias a que son soportados directamente por las librerías, sin necesidad de plugins adicionales.

5.7. Menú principal

Al iniciar el juego, el menú principal es lo primero que nos aparece. Sólo muestra las opciones para “Práctica 1 minuto”, “Práctica 3 minutos”, “Mejores Puntajes” y “Salir” (ver Figura 7). Se usa el ratón para seleccionar la deseada. El juego en sí es con el sensor de movimiento.

Figura 7. Pantalla inicial del juego

6. Conclusiones y Recomendaciones

Se pueden apreciar las dificultades que aparecen al desarrollar una aplicación utilizando este tipo de tecnologías, como son el caso de utilizar leyes de la física necesarias para poder recrear lo más fiel posible la realidad.

A diferencia de los objetos reales los objetos modelados no actúan como tales, estos se traslapan y cruzan y esto es un problema. Lo que se trata de decir es que para el uso de esta tecnología todo comportamiento hasta el más sencillo como la colisión de dos cuerpos debe ser programado como tal.

El juego consiste en solo prácticas de un jugador, ya que nuestro objetivo principal era el uso de dispositivos para la realidad virtual y no el juego de dos jugadores, pero se podría extender aún más la aplicación dedicándola al estudio de movimientos de los jugadores de este deporte con el objetivo de estudiar sus rutinas de entrenamiento encontrando errores y mejorando su rendimiento en la cancha.

Todo parece indicar que la evolución de sistemas de Realidad Virtual, se esforzará en permitir una mejor participación del usuario no especializado. Además de centrarse en el desarrollo y aplicación de habilidades y de conocimientos orientados a la concepción, diseño y construcción de mundos virtuales.

7. Referencias

[1] Hickok, Ralph. "Squash Rackets Rules". Hickok Sports. Fecha de consulta: 25 de febrero de 2010. Disponible en http://www.hickoksports.com/rules/rsquashr.shtml

[2] Berchek, Chad. “2-Dimensional Elastic Collisions without Trigonometry”. http://www.vobarian.com/collisions/. Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2009.

[3] OpenSceneGraph: open source 3D graphic toolkit. Última revisión el 17 de enero de 2010. http://www.openscenegraph.org/projects/osg

[4] SDL: Simple DirectMedia Layer. Última revisión el 21 de enero de 2010. Disponible en: http://www.libsdl.org/

[5] SDL_mixer 1.2. Última revisión el 21 de enero de 2010. Disponible en: http://www.libsdl.org/projects/SDL_mixer/