

Introducción

En años recientes, la Realidad Virtual (RV) ha tenido un impacto importante en el desarrollo de diversas áreas; su uso se ha extendido desde el entrenamiento en la aviación para aplicaciones militares, hasta la medicina, siendo en esta última donde se han implementado sistemas para el entrenamiento en técnicas quirúrgicas. El objetivo desde este punto de vista, es la reducción de costos y la posible rapidez con la que una persona puede aprender.

Los simuladores son sistemas que reproducen el comportamiento de cierto evento, tratando de imitar las sensaciones físicas que se perciben en el mundo real. Más específicamente los simuladores aplicados a la medicina tienen el mismo objetivo, y además han tomado gran importancia ya que son una herramienta muy útil para el entrenamiento de residentes en diversas áreas, optimizando la formación de especialistas.

El rápido crecimiento de las técnicas quirúrgicas, particularmente en las llamadas de "mínima invasión", ha sido un reto para el aprendizaje de los cirujanos, de tal manera que la adquisición de nuevas habilidades es crítica. Por esta razón, la simulación por computadora está obteniendo cada vez más atención como una herramienta para la educación, ayudando al desarrollo y refinamiento de habilidades quirúrgicas.

Actualmente existen diferentes simuladores que contribuyen al aprendizaje de los médicos y residentes, especializados en diferentes áreas o procedimientos, algunos de los cuales son: el Simulador de cirugías de mínima invasión (proMIS); el simulador quirúrgico de laparoscopia esofágica, del Departamento de Ingeniería Mecánica del Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Corea; el simulador quirúrgico para histeroscopia, del Centro Nacional de Biocomputación de la Universidad de Stanford; el simulador para procedimientos de endourología (URO Mentor), de Symbionics; el simulador de cirugía de resección transuretral de próstata (RTUP) desarrollado por el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), de la Universidad Nacional Autónoma de México. De estos ambientes de entrenamiento, se hablará más a fondo en el primer capítulo.

Cada uno de los desarrollos que se generan, tienen características diferentes, y a pesar de que se enfocan en diversos tipos de intervenciones quirúrgicas, todos tienen el objetivo de ayudar al entrenamiento de los estudiantes de cierta especialidad utilizando

diferentes técnicas. Algunos de los ambientes combinan el uso de una interfaz gráfica con elementos reales como maniqués, mientras que otros como el simulador desarrollado en el CCADET, que es en el cual se trabajó la implementaron de las partículas, combinan una interfaz generada completamente por gráficos de computadora, con un dispositivo mecatrónico que emula el comportamiento y la forma de las herramientas utilizadas en una cirugía real.

Todos los simuladores mencionados anteriormente, implementan de una o de otra forma el uso de sistemas de partículas. Sin embargo que un ambiente utilice o no partículas para representar algún fenómeno, no es imprescindible para que este funcione. Por otro lado, es una buena idea el uso de estas en los ambientes virtuales, ya que hace una experiencia más enriquecedora, hace que los médicos estén más inmersos en el ambiente virtual, y por lo tanto tengan una mejor concentración y aprendizaje. Ya que en la vida real, y específicamente en las cirugías, ocurren ciertos eventos que son importantes para el entrenamiento de los residentes, tales como son un sangrado, tejido desprendido, entre otros, es importante que se desarrolle un sistema que simule el comportamiento de algún fenómeno ocurrido.

Por lo tanto, los sistemas de Realidad Virtual (simuladores), deben tener diferentes características que contribuyen a que este sea lo más real posible. Uno de los factores importantes en estos sistemas es la simulación de partículas físicas.

Las partículas son objetos que tienen cierto comportamiento físico, en un sistema de realidad virtual, estos efectos son implementados a través de ecuaciones que describen el comportamiento de algún fenómeno que ocurre naturalmente. Estas cobran importancia ya que su uso puede hacer a un ambiente más envolvente, y presentan ciertos retos que se deben superar en los entrenamientos.

La implementación del sistema de partículas también varía, dependiendo de lo que se requiera en cada uno de los ambientes, y de los diversos métodos que existen. La forma en la que se hacen los cálculos o se despliegan, es diferente en cada uno de los simuladores, sin embargo al final, el objetivo es el mismo, generar un sistema capaz de emular el comportamiento del fenómeno físico de la mejor manera posible, dándole al ambiente una mejor presentación.

Para el trabajo que se realizó en esta tesis, se hizo una investigación de los posibles métodos que se podrían utilizar para realizar la representación, y se investigaron los trabajos realizados. Algunos ejemplos de manejadores de fluidos son: el manejador para simulación de fluidos, de la Universidad de Erlangen en Alemania; el desarrollo de un método para simplificación de burbujas, de la Universidad de Tsinghua en China, entre otros. Sin embargo, estos utilizan las ecuaciones de Navier - Stokes, que representan el movimiento de un fluido con mucha exactitud, pero que requiere para su solución un método numérico como el de elemento finito, el cual requiere de más tiempo de procesamiento, por los cálculos realizados.

Debido al tiempo que se requiere para los cálculos, y que en el simulador no es

necesario que el movimiento del fluido sea muy exacto, sino que parezca lo más real posible, se optó por un método alternativo combinando técnicas de visualización, con el desarrollo de algunas ecuaciones que puedan representar al fenómeno.

En la presente tesis se aborda la incorporación de simulación de partículas físicas en un sistema para el entrenamiento del procedimiento de resección transuretral de la próstata (RTUP), en desarrollo por el grupo de Análisis de Imágenes y Visualización del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM. El sistema está compuesto por un entorno gráfico y un dispositivo mecatrónico con el que se emula el comportamiento de un rectoscopio¹, que responde a ciertas acciones del usuario.

En el capítulo 1 se introducirá el concepto de simulación de partículas físicas en los ambientes virtuales; se dará una breve reseña de los simuladores quirúrgicos que existen actualmente, se abordará el simulador de cirugía de próstata del CCADET, y se hará hincapié en el porqué es importante la incorporación de la simulación de partículas en éstos.

En el capítulo 2 se abordaran conceptos importantes de la dinámica de fluidos, como son: el flujo laminar, el flujo turbulento, el flujo compresible e incompresible, así como las ecuaciones que describen su movimiento. También se verán conceptos fundamentales para poder hacer la implementación de las partículas al simulador, como el número de Reynolds, el empuje de Arquímedes entre otros.

En el capítulo 3 se explicara cual fue la forma de implementar las partículas en el simulador de cirugía de próstata con el uso del integrador de Euler; se explicará el movimiento de las partículas en el seno de un fluido; se mostrarán las ecuaciones utilizadas; y por último se abordarán las técnicas de despliegue para los tipos de partículas implementados.

En el capítulo 4 se mostraran los resultados después de haber implementado las partículas al simulador de cirugía de próstata; las pruebas de texturas para los diferentes tipos de partículas; las pruebas de rendimiento variando la cantidad de objetos desplegados; también se verán como luce el simulador con las partículas en funcionamiento.

Por último, en el capítulo 5 se presenta las conclusiones a las que se llegaron con el uso e implementación de un sistema de partículas; también se presentará el posible trabajo que puede realizarse a partir de aquí y los módulos a los cuales es posible hacer una mejora.

¹Instrumento empleado para cortar y coagular el tejido prostático y/o vesical, durante la RTUP.