

## Desarrollo tecnológico para la educación incluyente de personas con discapacidad visual a través de objetos de aprendizaje 3D

ESPINOSA-CASTAÑEDA, Raquel†\*, MEDELLÍN-CASTILLO, Hugo Iván y CASTAÑEDA-ROLDÁN, Yolanda

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Alvaro Obregon 64, Centro, Centro Historico, 78300 San Luis, S.L.P*

Recibido 12 de Octubre, 2017; Aceptado 30 de Diciembre, 2017

### Resumen

La construcción de imágenes mentales es una de las estrategias educativas más recientes en la educación y generación de conocimiento en personas con discapacidad visual. Sin embargo pocos trabajos de investigación se han enfocado en el uso de herramientas tecnológicas para la asistencia en la generación de dichas imágenes mentales. En este trabajo de investigación se presenta el desarrollo de Objetos de Aprendizaje tridimensionales desarrollados utilizando tecnologías de realidad virtual asistidas por sistemas hápticos. El objetivo es evaluar la efectividad de estas herramientas tecnológicas para apoyar la educación incluyente de personas con discapacidad visual. Para lograr lo anterior se desarrollan objetos de aprendizaje que permiten adentrar al sujeto con discapacidad visual al mundo virtual, ayudándole a representar mentalmente lo que no puede percibir directamente del sentido de la vista, pero sí a través de la tecnología educacional. Los resultados experimentales evidencian que al tocar los cuerpos geométricos 3D virtuales a través de la interfaz háptica, las personas con discapacidad visual mejoran su proceso de representación mental, logrando de esta manera eficientizar el proceso de enseñanza aprendizaje.

### Educación incluyente, discapacidad visual, objetos de aprendizaje

### Abstract

The construction of mental images is one of the most recent educational strategies in the education and generation of knowledge in people with visual disability. However, few researches have focused on the use of technological tools for assistance in the generation of such mental images. In this research the development of three-dimensional Learning Objects developed using virtual reality technologies assisted by haptic systems is presented. The objective is to evaluate the effectiveness of these technological tools to support the inclusive education of people with visual disabilities. In order to achieve this, learning objects are developed that allow the visually impaired people to enter the virtual world, helping them to mentally represent what they cannot perceive directly from the sense of sight, but through educational technology. The experimental results show that when touching virtual 3D geometric bodies through the haptic interface, people with visual impairment improve their mental representation process, thus achieving a more efficient teaching-learning process.

### Inclusive education, visual impairment, learning objects

**Citación:** ESPINOSA-CASTAÑEDA, Raquel, MEDELLÍN-CASTILLO, Hugo Iván y CASTAÑEDA-ROLDÁN, Yolanda. Desarrollo tecnológico para la educación incluyente de personas con discapacidad visual a través de objetos de aprendizaje 3D. Revista de Tecnología y Educación 2017. 1-2:19-32

† Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: raquel.espinosa@uaslp.mx

## Introducción

La construcción de imágenes mentales en personas con discapacidad visual, es una de las formas en las que la educación se basa para la generación del conocimiento. A través de Objetos de Aprendizaje (OA's) desarrollados en sistemas hápticos y de realidad virtual, se pretende apoyar a la educación en la gestión de esas imágenes mentales que a su vez producen conocimiento. Mediante el software llamado Sistema Cinematográfico para Gente Invidente (CIGI), es posible reforzar las representaciones mentales de figuras y cuerpos geométricos. Estas se generan en el momento en el que el sujeto explora a través del tacto dichas figuras o cuerpos. Los cuales pueden ser figuras geométricas simples como un triángulo, cuerpos geométricos como la esfera o cubo, o bien figuras o cuerpos compuestos que en su conjunto pueden formar la figura o cuerpo de una persona o alguna cosa. Como se muestra en la Figura 1, el cuerpo geométrico compuesto es un cerdito. Donde, la cabeza del cerdito es una esfera, sus ojos dos esferas, las orejas dos conos con la base fuera de la cabeza. Su cuerpo dos esferas insertadas en un cilindro. Sus patas constituidas de codillo y manos son ocho cilindros y cuatro esferas. Un cubo escalado para la patineta y las llantas son cilindros escalados.



**Figura 1** Figuras y cuerpos geométricos

Por lo tanto, una de las características principales del proyecto es adentrar al sujeto con discapacidad visual al mundo virtual y ayudarlo a representar mentalmente lo que no puede percibir directamente del escenario virtual, empleando la tecnología educacional de los OAs.

## Hipótesis

La exploración táctil de figuras y cuerpos geométricos, utilizados como OAs tridimensionales, puede aportar un mayor enriquecimiento para las personas con discapacidad visual en la construcción de imágenes mentales.

## Objetivos

### Objetivo General

El presente trabajo de investigación pretende que la exploración de OAs tridimensionales permita mejorar las prácticas pedagógicas y a su vez sea una herramienta a través de la cual las personas con discapacidad visual perciban las propiedades geométricas de los objetos.

### Objetivos específicos

- Modelado 3D de figuras y cuerpos geométricos simples y figuras y cuerpos geométricos compuestos.
- Diseño e implementación del Sistema Cinematográfico para Gente Invidente (CIGI).

## Marco Teórico

### Educación Inclusiva de personas con discapacidad visual

De acuerdo con Hernández (2011), la inquietud por educar a las personas con discapacidad visual data mucho antes del siglo XVIII, cuando se creó la primera escuela para niños y adolescentes ciegos en Francia, la cual constituyó el inicio del desarrollo de la pedagogía especial para ciegos o tiflopedagogía.

En el siglo XX, comenzó la educación a las personas ciegas en diferentes partes del mundo: en América Latina y Barcelona en 1893; Chile en 1900; Colombia en 1925; Perú en 1935; Venezuela en 1936 y Uruguay en 1950. En México, en 1870 se inauguró la Escuela Nacional de Ciegos, que se convirtió en la primera escuela de este tipo en América Latina (SEP, 2010).

La experiencia indica que las escuelas integradoras, destinadas a todos los niños y niñas de la comunidad tienen más éxito a la hora de obtener el apoyo de la comunidad y encontrar formas innovadoras e imaginativas para utilizar los limitados recursos disponibles (UNESCO., 1994: 13).

Durante la década de los noventa tuvo lugar una propuesta de reforma a partir de la Ley Federal de Educación (Ley 24.195) en la cual se propone entre los objetivos de la educación especial “Brindar una formación individualizada, normalizadora e integradora, orientada al desarrollo integral de la persona y una capacitación laboral que le permita su incorporación al mundo del trabajo y la producción” (art. 28, Inc. B).

“[...] no se trata sólo de reconocer y legislar sobre un derecho, sino de viabilizar los derechos, adoptar medidas eficaces dirigidas hacia la inclusión real, promover las transformaciones arquitectónicas y urbanísticas, curriculares, legislativas culturales, etc., que correspondan según los ámbitos de aplicación, para posibilitar en los hechos ese derecho” (Anuies, 2006).

La percepción sensorial constituye el cimiento del conocimiento para las personas con baja visión, ciegos, o normo-visuales, dado que todos pasan en su desarrollo considerado normal, por el mismo proceso.

El problema es que las personas con baja visión y ciegos no alcanzan un desarrollo normal en su proceso evolutivo, si no se les provoca una situación satisfactoria para que se produzca. El abordaje multi sensorial es particularmente útil para despertar la conciencia del niño acerca de la presencia de sensaciones, adquiriendo de este modo información a través de las partes de su cuerpo.

Los autores Hoolbrook y Koenig (2003) señalan que “el éxito académico de estudiantes con discapacidad visual depende en gran medida del acceso a la formación y a los materiales didácticos”. Así mismo Stratton, resalta que para cubrir las necesidades del estudiante y aprovechar al máximo sus habilidades es importante proporcionar la ayuda y adaptaciones que sean realmente necesarias, considerando que “una adaptación excesiva separa al estudiante de su entorno mientras que una carencia le inhibe del aprendizaje” (1990, p.5).

### Enseñanza mediante OAs

Wiley describe a los OAs como “cualquier recurso digital estructurado que se puede utilizar como apoyo para el aprendizaje y que puede ser reutilizado” (2000). Así mismo, el Ministerio de Educación Nacional Colombiano, menciona que “un Objeto de Aprendizaje (OA) es un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito educativo y constituido por al menos tres componentes internos: Contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización” (2006). En ambas definiciones, un recurso digital estructurado significa una morfología, secuencia u organización, quedando libre para cada quien definir esa estructura. En el presente caso de estudio se tomó en cuenta la materia de Geometría y el tema figuras y cuerpos geométricos simples y compuestos.

Como en cualquier materia la estructura es una unidad o su equivalente, que contiene subunidades; dicha subunidad puede contener a su vez sub-subunidades, y así sucesivamente, hasta llegar a un concepto que ya no puede subdividirse más. La estructura será tan profunda como lo requiera el concepto a tratar. Ese concepto a desarrollar será el contenido del futuro OA. Para ejemplificar con la materia de matemáticas se tendrá la unidad geometría, donde una de sus subunidades son figuras y cuerpos geométricos simples y compuestos en el plano o el espacio. Pudiendo realizarse como OA por ejemplo el estudio del triángulo y otro OA trabajar la esfera.

Los componentes principales de un OA son los contenidos temáticos, el diseño estético, el metadato estandarizado y el diseño instruccional, los cuales toman como referencia la congruencia y veracidad de los contenidos de un curso; así como la conveniencia de los componentes empleados; el uso óptimo de recursos audiovisuales; el establecimiento de metas pedagógicas y de actividades para lograr éstas; el uso de estándares para el llenado del metadato y la relevancia de los campos empleados (Ruiz, Muñoz & Álvarez, 2013, p 9).

El sistema CIGI, es entonces un conjunto de recursos digitales, autocontenibles y reutilizables con el propósito educativo de que las personas con discapacidad visual por medio de la exploración táctil, perciban las propiedades geométricas de los objetos tanto simples como compuestos. Involucrando en cada escena un contenido temático. Las actividades de aprendizaje son por medio de la exploración táctil. Los elementos de contextualización son los que permiten reutilizar el objeto en otros escenarios, es decir, el escenario inicialmente es el aprendizaje y percepción de las propiedades geométricas.

Más tarde el escenario se centra en la exploración y localización táctil de las propiedades geométricas del cincuenta “La Playa”.

### **Sistemas virtuales hápticos**

Los sistemas virtuales hápticos producen la sensación de estar tocando realmente un mundo virtual o remoto. El avance de las tecnologías computacionales en las últimas cuatro décadas ha permitido el desarrollo de sistemas modernos de realidad virtual que representan ambientes muy cercanos a la realidad. Las áreas de aplicación de los sistemas de realidad virtual incluyen la medicina, la ingeniería, el entretenimiento (videojuegos y simuladores), el arte (exhibiciones virtuales de arte), la ciencia y la educación. Sin embargo, no existen aplicaciones enfocadas al cine, y mucho menos en la enseñanza del cine para ciegos. La mayoría de estos sistemas se dirigen sólo al sentido de la vista y el oído. Para lograr una percepción y sensación más cercana a la realidad, es necesario generar información y señales para todos los sentidos, no solo el de la vista y oído.

No importa el término que se le dé a la exploración a partir de la modalidad táctil: tacto activo, tacto dinámico, tacto propositivo o percepción háptica; “es posible aprender a atender y procesar información a partir de la sustitución de información visual por información no visual” (Arias, et al, 1999).

### **La educación mediante el sistema háptico**

El sistema CIGI desarrollado para propósitos de esta investigación, pretende ser un sistema virtual-háptico para la educación incluyente de personas con discapacidad visual, pero que también resulta efectivo para personas que ven, debido a que los objetos 3D que presenta pueden ser vistos a través de la computadora.

La reflexión de Fernández respecto a la vía de acceso de la realidad matemática hasta el entendimiento de la misma, expresa que ante la pérdida de la visión, el tacto es sin duda el medio más efectivo de aprendizaje (1986:72).

La Matemática nace de la cantidad, extensión configurada en el espacio. Hablar de configuración espacial exige hablar de "simultaneidad". El oído sólo puede aportar sucesión, linealidad; la simultaneidad es confusión. La vista proporciona "nociones elementales de espacio, extensión y solidez que el tacto proporciona también e incluso más exactamente que la vista" (P. Villey; 1946, 14). Habría que subrayar el término "elementales". Más generalmente: "los productos", aún no elaborados intelectualmente, suministrados por las observaciones de la vista y el tacto gozan de mayor analogía que otros cualesquiera. "La vista es un tacto de largo alcance que además tiene la sensación de color. El tacto es una vista próxima sin color y con la sensación de rugosidad" (Ibid). El tacto, por último, es el que confirma la realidad que denuncia, en primera instancia la vista. "El tacto es el sentido fundamental del que se derivan todos los otros. El papel que desempeña para el desenvolvimiento intelectual es importantísimo: los psicólogos han demostrado que es el que educa a la vista, debiéndole el conocimiento de las propiedades esenciales de los cuerpos" (Rodríguez Placer; 1929, 97).

Si a través de la acción de palpar podemos adquirir nociones de espacio, extensión y solides, y si el éxito académico de los estudiantes con discapacidad visual depende en gran medida del acceso a la información y a los materiales didácticos; entonces el sistema CIGI es una buena opción para la enseñanza de la geometría a través de OA's táctiles.

## Metodología de Investigación

Para realizar la evaluación de la percepción geométrica virtual táctil, se propusieron un conjunto de pruebas experimentales de exploración, apreciación y reconocimiento de sólidos geométricos tridimensionales, como OA's, mediante el uso del dispositivo háptico y el sistema CIGI.

### Etapas 1: Cuerpos geométricos simples

En una primera etapa, participaron 8 personas ciegas (Figura 2); las cuales se seleccionaron tomando en cuenta personas débiles visuales, ciegos parciales y ciegos totales, con el fin de identificar si el grado de invidencia toma importancia o no a la hora de identificar los objetos tridimensionales. Sin embargo, a éstos últimos no se les permitió ver la pantalla para evitar que eso influyera en sus respuestas.



**Figura 2** Participantes en las pruebas de evaluación

La metodología experimental fue la siguiente:

- Indagación en la práctica común en que los estudiantes ciegos aprenden las formas geométricas.
- Se prosiguió al modelado 3D de los cuerpos geométricos de prueba.
- Se situó a los participantes ciegos en una sala en la cual se les dieron las indicaciones generales.

- Los objetos virtuales tridimensionales previamente creados fueron: un cubo, una esfera, un cilindro, y un cono truncado. El orden de exploración de los objetos fue distinto para cada participante con el fin de evaluar si a medida en que se familiarizan con el sistema, la identificación mejoraba o no.
- A cada una de las personas se les pidió realizar la exploración, apreciación y reconocimiento de los cuatro objetos virtuales tridimensionales mediante el dispositivo háptico y el sistema CIGI, ver Figura 3. A todos los participantes se les tomó video para el registro y posterior análisis de los resultados.
- Al finalizar las pruebas, a cada uno de los integrantes se le realizó una serie de cuestionamientos en relación a sus percepciones sensoriales e imágenes mentales.



**Figura 3** Pruebas de evaluación de la percepción virtual táctil

### **Caso B: Cuerpos geométricos compuestos en el cinecuento “La Playa”**

En la segunda etapa, dos personas de la etapa 1 no pudieron participar, por lo que se trabajó con el resto de los 6 participantes, a los cuales se les mostró primero auditivamente el cinecuento “la playa” y en seguida se reprodujo el audio al mismo tiempo que exploraban táctilmente las 8 escenas tridimensionales.

Para el desarrollo del sistema CIGI se partió desde la producción del guión, hasta la implementación final y pruebas. La metodología utilizada fue la siguiente:

- Definición de la arquitectura.
- Desarrollo del guión.
- Definición de escenas.
- Producción del audio.
- Modelado 3D de objetos.
- Definición de texturas en los objetos.
- Renderizado háptico de los objetos.
- Implementación.
- Pruebas y evaluación.

### **Definición de la Arquitectura**

La arquitectura general del sistema CIGI se muestra en la Figura 4. Como se puede observar, el sistema CIGI además de integrar el renderizado háptico, visual y auditivo, integra un módulo de producción cinematográfica en donde se definen las diferentes escenas virtuales y audios de la película, esto basado en el guión cinematográfico. De esta manera el motor de simulación realizará el renderizado háptico, visual y auditivo con base en la producción cinematográfica y el ambiente virtual correspondiente.



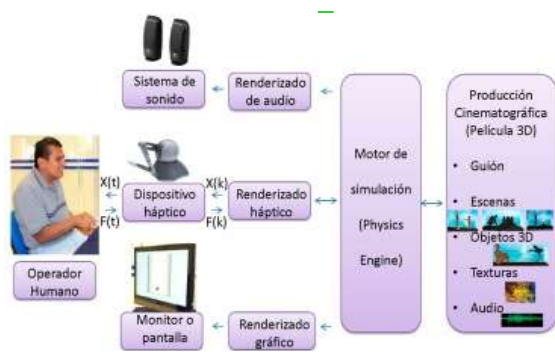


Figura 4 Arquitectura del sistema CIGI

### Desarrollo del guión

El guión utilizado corresponde a un cinecuento basado en las características de un radiodrama. Un radiodrama toma la estructura, los elementos y los géneros teatrales de la literatura dramática, apoyándose principalmente del melodrama, el cual engloba al radioteatro, radionovela y radiocuento. Se decidió que para los propósitos de esta investigación se utilizará el radiocuento como una herramienta de estimulación imaginativa para el invidente. En el radiocuento normalmente se narra el cuento y se complementa con los recursos de la radio: música, efectos, voces y silencios. Su duración es de una sola emisión y por su origen cuenta con una anécdota a diferencia de la novela que cuenta varias.

Se propuso llamarle cinecuento al guión “La Playa”, que fue desarrollado para este proyecto en particular. La Playa narra la historia de un ciego que visita la playa y se deja envolver por su imaginación que lo introducirá en un mundo mágico dentro de un castillo de arena que se encuentra en la orilla del mar, pudiendo tocar y sentir cada parte del castillo. Durante su aventura, recibe la ayuda de un infante el cual resulta ser el creador del magnífico castillo de arena.

### Definición de escenas

El guión del cinecuento se dividió en ocho escenas.

Esta división se realizó con base en las variaciones de los escenarios u objetos virtuales. La división del guión en escenas es fundamental para realizar la producción de audios y modelos de los ambientes virtuales, es decir, para la creación de los escenarios virtuales.

### Producción del audio

El audio representa uno de los componentes más importantes de la película virtual, porque de ello depende la imagen mental generada en la persona con discapacidad visual. La definición y producción del audio se basó en la definición del sonido, la música, la voz y los efectos de sonidos englobados en la narración del cinecuento “La Playa”. El sonido se definió de acuerdo a lo siguiente:

- Ambiental: para establecer la ubicación de la historia que se desarrolla en una playa.
- Interpretativa: para evocar ideas, pensamientos y sensaciones en el escucha.
- Simbólica: para indicar lugares, estados de ánimo, acontecimientos, etc.
- Imitativa: de movimiento o acción de los sujetos inmersos en el mundo descrito.
- Identificativa: para identificar a los dos personajes que interactuarán en la narración.
- Recapitulativa: para ayudar a recordar imágenes auditivas del lugar en el que se desarrolla la historia.
- Conectiva: para ligar el paso entre la realidad del personaje y el mundo que crea en base a su imaginación.

También se definieron los siguientes planos auditivos para recrear el ambiente de una playa:

- En primer plano la voz del narrador, que es el personaje principal que lleva al usuario a recorrer el mundo virtual de un invidente mientras se escucha la narración del cine-cuento.
- El segundo plano únicamente utilizado para transmitir pensamientos del narrador dentro de la historia presentada.
- Como tercer plano se encuentran todos los sonidos necesarios para recrear el ambiente de la playa, que es el escenario en donde se desarrolla el cuento.
- Finalmente como plano de fondo se encuentra la música, la cual se considera en los momentos en que se desea transmitir emociones del personaje como son alegría, asombro y nostalgia. La música sirve para decir sin palabras el lugar en el que se lleva a cabo la historia. En este caso es un ambiente tropical y el estado de ánimo del personaje es alegre y sereno por encontrarse en una playa.

La emisión de la voz representa lo más significativo del ser humano porque es la codificación de la idea que se transmite a los demás. Por lo cual resultó importante elegir correctamente las voces a utilizar que caracterizarán a los personajes de “La Playa”. Estas cumplieron con ciertas cualidades como es el tono, el timbre, la intensidad y la cantidad. Las voces se definieron en base a lo siguiente:

- Personaje Ciego

- Tono: voz grave, personaje joven de entre 20 y 25 años de edad. Timbre: correspondiente a la personalidad de un joven sereno y satisfecho con su vida. Intensidad: depende del momento.

- Personaje Niño

- Tono: voz aguda, clásica de un niño, un personaje masculino de entre 7 y 10 años de edad. Timbre: transmite la personalidad de un niño travieso e imaginativo, contento y ávido de aventuras. Intensidad: siempre utiliza un volumen normal, contrastando la cantidad de aire para revelar el secreto de la construcción del castillo.

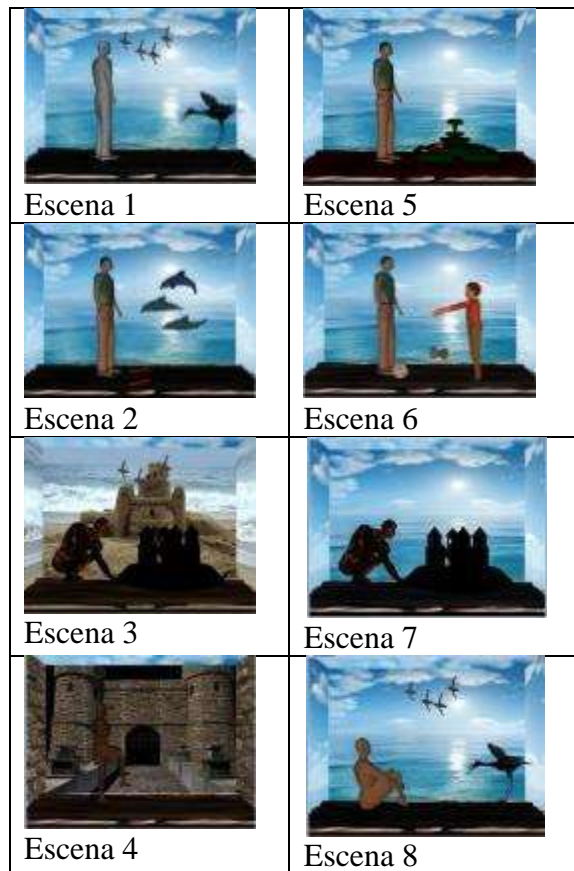
En relación a los sonidos, éstos se utilizan para ayudar a la persona con discapacidad visual a desarrollar su imaginación y visualizar las imágenes sonoras. Los sonidos utilizados tienen las siguientes funciones:

- 1) Ambientar las situaciones que viva el personaje, así como ilustrarlas, por ejemplo, la apertura de la puerta de acero del castillo; 2) Asociar visualmente al ser humano cuando escucha un sonido (ejemplo: pisadas en la arena); y 3) Establecer lugar, escenario, tiempo y ambiente psicológico (la playa y sus elementos).

La música, la narración, los diálogos, los efectos sonoros y los silencios se unifican para añadir significados a la imagen sensorial que deberá imaginar el invidente, en conjunto con el mundo virtual táctil que complementará toda esa imagen auditiva.



La producción y grabación del audio del cinecuento o radiocuento “La Playa” fue realizada por gente experta en el área de producción en cine y radio. El audio completo del cinecuento tiene una duración de 10m 48s. El audio fue dividido en ocho partes correspondientes a las escenas definidas anteriormente (ver Fig. 5). En la Figura 5, los cuadros pertenecen a las 8 escenas que conforman el cinecuento “La playa”. Estas se diseñaron a partir de figuras y cuerpos geométricos compuestos tridimensionales, como conos, esferas, cubos y cilindros. Los cuerpos geométricos compuestos forman al personaje principal del cinecuento y elementos narrativos como pájaros, delfines, sandalias, un castillo, una fuente, un diábolo y una pelota.



**Figura 5** Escenas del sistema CIGI

### Modelado 3D de objetos

Para el desarrollo de los ambientes virtuales es necesario la creación de los modelos u objetos 3D correspondientes a los escenarios del cinecuento. En este trabajo se utilizaron modelos diseñados en software CAD y software de modelado y animación 3ds Max®. El formato utilizado para los modelos 3D está limitado a los formatos aceptados por las librerías de renderizado háptico: \*.3ds, \*.stl, \*.max, \*.obj, \*.wrl. Así, se realizó el modelado de todos los objetos virtuales de acuerdo al guión y escenas definidas anteriormente.

### Definición de texturas en los objetos

La textura de los objetos virtuales es muy importante cuando se considera la interacción mediante el sentido del tacto. Mediante la geometría del objeto es posible saber la forma del objeto, pero mediante la textura es posible saber de qué material está hecho o cuál es su consistencia. Por ejemplo, no es lo mismo una pared plana lisa que una pared plana rugosa, la forma es la misma, sin embargo su textura es diferente. Por tal motivo a cada objeto virtual considerado en el guión de la película se le añadieron propiedades de textura así como de rigidez; esto apoyado en las herramientas de renderizado háptico. En la Fig. 6 se muestra un ejemplo de textura e imagen para una escena virtual de la película.



**Figura 6** Texturas rugosas y rígidas

### Renderizado háptico

El renderizado háptico se lleva a cabo utilizando un dispositivo (interfaz) háptico Phantom Omni de Sensable®, ver Fig. 6a.

Este dispositivo cuenta con seis grados de libertad de movimiento y tres grados de libertad de retroalimentación de fuerza. Se utilizaron las librerías OpenHaptics® de Sensable, las cuales hacen uso de OpenGL® para el renderizado gráfico.

### Implementación

El sistema CIGI se desarrolló en la plataforma Visual C++, utilizando las siguientes librerías y estándares:

a) Librería de Sonido OpenAL: es una librería de sonido 3D de código abierto. Con OpenAL se puede simular la localización del sonido en un espacio tridimensional de varios canales. Su estilo y las convenciones del API se asemejan al OpenGL.

b) Librería háptica OpenHaptics: es una librería de renderizado la cual integra los pasos básicos para aplicaciones graficas /hápticas y están escritas en C++.

c) Librería de Graficas OpenGL: es una especificación estándar que define una API multilenguaje y multiplataforma para escribir aplicaciones que produzcan gráficos 2D y 3D.

d) Modelos 3D: los modelos 3D diseñados con diferentes extensiones (\*.stl, \*.obj, \*.max, \*.3ds, etc.) fueron exportados a archivos \*.cpp, mediante el software de 3D Exploration, y posteriormente fueron cargados a la aplicación C++ del sistema CIGI.

El sistema CIGI desarrollado e implementado utiliza una estación de trabajo con procesador Intel Xeon a 2.26 GHz, 2 GB en RAM y sistema operativo Windows XP. El sistema de sonido es envolvente y el dispositivo háptico es el Phantom Omni®.

Se puede observar que aun cuando las personas invidentes no pueden visualizar la pantalla o monitor, éste se incluyó para propósitos de evaluación y pruebas, además de ser un medio para darle seguimiento al proceso interactivo por parte de las personas con discapacidad visual.

Algunas de las características del sistema CIGI son:

- Los objetos virtuales 3D pueden ser explorados por el usuario mediante el dispositivo háptico.
- El contacto con los objetos virtuales es un punto.
- Las escenas virtuales pueden ser adelantadas o atrasadas a deseo del usuario, esto mediante los botones del sistema háptico.
- El audio puede ser controlado a deseo del usuario.
- El tiempo de exploración no está limitado, el usuario puede tomar todo el tiempo que desee para explorar los escenarios virtuales.
- Es posible reproducir otras películas, para ello se requiere el modelado 3D de los objetos, las texturas y el audio, es decir, se debe contar con el cinecuento virtual.

### Resultados

#### Etapa 1: Figuras geométricas simples

Las primeras pruebas que se hicieron fue presentarles objetos geométricos tridimensionales, un cuadrado, un cubo, un cilindro y un cono truncado. Figuras que después de un tiempo de 10 minutos de familiarización con el sistema, las personas con discapacidad visual, comenzaron a identificar.

Al principio preguntaban si el objeto que tocaban estaba físicamente frente a ellos y presentaban un gran asombro al saber que podían tocar objetos inexistentes físicamente pero que se visualizan en el monitor. Lo cual es una señal de que las personas podían “ver” por primera vez, las imágenes de la computadora a través del tacto, es decir, se generaron imágenes táctiles mentales.

Se implementaron 4 cuerpos geométricos con el fin de identificar si el grado de dificultad en el reconocimiento de los cuerpos geométricos disminuía a medida que se familiarizaban más con el sistema.

Los resultados que se pueden apreciar en la Tabla 1, arrojan que los participantes pudieron identificar con mayor facilidad la esfera que el cubo y el cilindro. En el caso de la esfera a la persona débil visual se le permitió ver y tocar el objeto, por lo que no le pareció difícil encontrarlo, teniendo mayor precisión en sus movimientos. Sin embargo, en el segundo objeto que exploró tuvo mayor dificultad para reconocerlo. En el caso del cilindro la mayoría de los participantes lograron identificarlo con mayor facilidad que el cubo, sólo uno de ellos no sintió la figura sino hasta la segunda oportunidad en que volvió a sentir todas las figuras y fue entonces cuando las identificó.

## **Etapa 2: Figuras geométricas compuestas en el cinecuento “La Playa”**

Con todos los datos recabados, se desarrolló el Sistema Cinematográfico Interactivo para Gente Invidente, al que se le llamó sistema CIGI. Una vez desarrollado el sistema, se llevaron a cabo algunas pruebas de evaluación del desempeño de éste.

De estas pruebas se obtuvo como resultado que el sistema cumple con los objetivos de poder proyectar una película virtual 3D en la cual la persona con discapacidad visual puede tocar y sentir virtualmente los objetos de la película; de esta manera puede llegar a experimentar un mayor realismo de la película que solamente siendo proyectada. El sistema es muy interesante y permite además de escuchar la historia, tocar actores y objetos en escena. Sin embargo, también se obtuvieron algunos datos que permiten identificar mejoras en el sistema CIGI (ver Tabla 2). Como se puede observar, los participantes consideraron que los objetos 3D pueden ser tocados virtualmente, y a pesar de que todos los participantes redujeron su tiempo de exploración entre la escena 1 y la escena 8; consideran que toma mucho tiempo. Una de las causas se puede deber a que los objetos son pequeños para ser explorados; lo cual indica que se debe contar con una función de acercamiento o alejamiento en tiempo real para poder explorar los objetos con más detalle, así como poder rotarlos si fuera necesario.

Un dato positivo resultante de las opiniones de los participantes, es que el sistema es muy interesante y permite además de escuchar la historia, tocar a los actores y objetos en escena; lo cual les transmite sentimientos de alegría, emoción, impresión, recreación y motivación.

Participante	Tipo de ceguera	Orden de exploración de las figuras	Descripción de la figura	Dificultad para encontrar el objeto
Hugo	Ciego total	1a figura	Cubo	Se le pierde el objeto y no lo identifica
		2a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica
		3a figura	Cono truncado	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cilindro	No lo identifica
Alex	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cubo	En poco tiempo lo identifica
		2a figura	Bifera	En segundos lo identifica
		3a figura	Cono truncado	No lo identifica
		4a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identifica
Daniel	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cono truncado	En poco tiempo lo identifica
		2a figura	Bifera	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cubo	En poco tiempo lo identifica
Abel	Ciego total	1a figura	Cilindro	Tardó en reconocerlo
		2a figura	Cubo	En poco tiempo lo identifica
		3a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono truncado	En segundos lo identifica
Per	Ciego total	1a figura	Cono truncado	No lo identifica
		2a figura	Cubo	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Bifera	Tardó en reconocerlo
		4a figura	Cilindro	No lo identifica
Lucero	Ciego total	1a figura	Cilindro	Tardó en reconocerlo
		2a figura	Cubo	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono truncado	Tardó en reconocerlo
Ruby	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cubo	En poco tiempo lo identifica
		2a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono Truncado	Tardó en identificarlo
Jonny	Débil visual: Lee a 3 cm de distancia	1a figura	Bifera	Exploró la figura viendo y sintiendo, a lo que dijo no tener dificultad para identificar el objeto.
		2a figura	Cubo	Tardó en identificarlo
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono truncado	Tardó en identificarlo

Tabla 1 Resumen de la etapa 1 con ciegos y débiles visuales

- Yo creo que es para relajarse en la playa.
- Había cosas, objetos que yo no imaginaba, y hubiera creído que en ciertos aspectos era mi propia historia.
- Ojalá estuviera un poquito más grande y más definido.

Discusión y Conclusiones

Del análisis de los resultados obtenidos de las pruebas experimentales, se puede inferir que al tocar cuerpos geométricos 3D, existe un mayor enriquecimiento para la persona con discapacidad visual en la construcción de las representaciones simbólicas a través de la percepción virtual táctil.

Siendo de suma importancia que entre profesor y estudiante los significados compartidos sean los mismos tanto en el proceso de comunicación como en el de educación. Es importante diseñar OA's adecuados para el alumnado, por lo que al revisar los datos arrojados en el uso del entorno virtual táctil del sistema CIGI, se aprueba como resultado de análisis que los usuarios logran identificar los cuerpos geométricos virtuales 3D. Por lo que el CIGI puede ser utilizado como técnica de estudio para el desarrollo de OA's y de habilidades del pensamiento, ayudando a su vez a disminuir los posibles problemas de aprendizaje ocasionados por la carencia del sentido de la vista.

Participante	Tipo de ceguera	Orden de exploración de las figuras	Descripción de la figura	Dificultad para encontrar el objeto	Comentarios de los participantes
Alex	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cubo	Se le pierde el objeto y no lo identifica	Se le pierde el objeto y no lo identifica
		2a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		3a figura	Cono truncado	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cilindro	No lo identifica	No lo identifica
Daniel	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cono truncado	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		2a figura	Bifera	Tardó en reconocerlo	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cubo	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
Abel	Ciego total	1a figura	Cilindro	Tardó en reconocerlo	Tardó en reconocerlo
		2a figura	Cubo	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		3a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono truncado	En segundos lo identifica	En segundos lo identifica
Per	Ciego total	1a figura	Cono truncado	No lo identifica	No lo identifica
		2a figura	Cubo	Tardó en reconocerlo	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Bifera	Tardó en reconocerlo	Tardó en reconocerlo
		4a figura	Cilindro	No lo identifica	No lo identifica
Lucero	Ciego total	1a figura	Cilindro	Tardó en reconocerlo	Tardó en reconocerlo
		2a figura	Cubo	Tardó en reconocerlo	Tardó en reconocerlo
		3a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono truncado	Tardó en reconocerlo	Tardó en reconocerlo
Ruby	Ciego parcial: Ve sombras y bultos	1a figura	Cubo	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		2a figura	Bifera	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono Truncado	Tardó en identificarlo	Tardó en identificarlo
Jonny	Débil visual: Lee a 3 cm de distancia	1a figura	Bifera	Exploró la figura viendo y sintiendo, a lo que dijo no tener dificultad para identificar el objeto.	Exploró la figura viendo y sintiendo, a lo que dijo no tener dificultad para identificar el objeto.
		2a figura	Cubo	Tardó en identificarlo	Tardó en identificarlo
		3a figura	Cilindro	En poco tiempo lo identifica	En poco tiempo lo identifica
		4a figura	Cono truncado	Tardó en identificarlo	Tardó en identificarlo

Tabla 2 Resumen de la etapa 2 con ciegos y débiles visuales

A continuación se resaltan algunos comentarios de los participantes:

- A mí lo que me da a entender (el sistema CIGI), es que no solamente se ve con la vista, sino con los sentidos.

Los usuarios participantes al explorar de una forma virtual táctil los cuerpos geométricos, generaron imágenes mentales similares a la realidad presentada en la computadora, asemejándola a través del movimiento de la mano con el dispositivo háptico. Lo cual hizo al sujeto consciente de las propiedades del objeto presentado.

A pesar de que el reconocimiento de los objetos en algunos de los usuarios no fue inmediato, se identificó una importante disminución en el tiempo de exploración a medida que se familiarizaban con el sistema, lo cual significa que entre más se utilice el sistema, la velocidad de exploración para el reconocimiento del ambiente virtual disminuye.

Por otro lado, los patrones gráficos táctiles de las figuras geométricas tridimensionales presentadas, ofrecen al tacto activo del ciego la información visual del entorno virtual, permitiendo que el sujeto represente mentalmente y exteriorice con la palabra oral lo que no puede percibir de manera visual.

Por lo anterior se puede decir que la percepción virtual táctil puede generar imagen mental háptica cuando la persona palpa su campo virtual táctil, llevándole a comprender el espacio y a traducirlo en una imagen mental. Lo cual se puede aprovechar en el proceso de enseñanza aprendizaje a través de los OAs.

El presente trabajo de investigación es una puerta de acceso a la construcción de imágenes mentales a través de OA's desarrollados en sistemas hápticos y de realidad virtual. Mediante el sistema CIGI es posible mejorar las representaciones mentales de cuerpos geométricos simples y compuestos en personas ciegas, ya que estas se generan en el momento en el que el sujeto incorpora como parte de sus experiencias didácticas la percepción táctil. Los patrones gráficos táctiles del sistema ofrecen al tacto activo la información visual del entorno virtual, tanto en forma como en textura, para que el sujeto se pueda adentrar al mundo virtual y representar mentalmente lo que no puede percibir directamente del escenario virtual.

Los resultados de esta investigación son de utilidad como parte del trabajo para lograr la incursión de la imagen táctil en la comunicación y educación incluyente. Dicha imagen permite percibir las propiedades geométricas de los objetos, e incluso que en un futuro también se logre proporcionar información sobre el peso y consistencia de los objetos al ser frotados, apretados y estirados.

### Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por el CONACYT a través del Convenio Clave 283503. Así mismo se agradece al Instituto Tecnológico de Puebla por su colaboración.

### Referencias

Anuies. (2006). Manual para la integración de Personas con Discapacidad en las Instituciones de Educación Superior. Secretaría de Educación Pública. México.

Arias., F. G. (1999). *El Proyecto de Investigación: Guía*. Obtenido de <http://www.smo.edu.mx/>: <http://www.smo.edu.mx/colegiados/apoyos/proyecto-investigacion.pdf>

Hernández, C. (2011). Desarrollo de las concepciones educativas de las personas con discapacidad visual. La Habana: Pueblo y Educación.

Holbrook, M. C., & Koenig A. J. (Eds.) (2003). Foundations of education. Volume II. Instructional Strategies for Teaching Children and Youth with Visual Impairments. Nueva York: AFB Press.

Ministerio de Educación Nacional Colombiano MEN (2006). “Objetos virtuales de aprendizaje e Informativos”. Consultado el 27 de junio de 2017 en Portal “Colombia Aprende”.

Ruiz, Muñoz & Álvarez (2007). Evaluación de Objetos de Aprendizaje a través del Aseguramiento de Competencias Educativas. Virtual Educa. Brasil.

SEP. (2010). Memorias y actualidades en la educación especial en México. Una visión histórica de sus modelos de atención. México:SEP.

Stratton, J. (1990). The principle of test restrictive materials. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 84, 3-5.

UNESCO (1994). Declaración de Salamanca y Marco de Acción para las Necesidades Educativas Especiales. Conferencia Mundial sobre Necesidades Educativas, Salamanca.

Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (2000), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. Recuperado el 18 de 08 de 2006, de <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>