

RENDERIZADO DE RECORRIDOS VIRTUALES DE MODELOS TRIDIMENSIONALES PARA SU APLICACIÓN EN LA EDUCACION SUPERIOR.

MC. José Luis Cendejas Valdéz¹; MGTI Omar Ordoñez Toledo¹; MTI Heberto Ferreira Medina²; Dr. Carlos Arturo Vega Lebrún³; Dra. Genoveva Rosano Ortega³

¹ Universidad Tecnológica de Morelia, Vicepresidente Pino Suarez 750 Cd. Industrial. Morelia, Michoacán, México. Email: joseluis.cendejas@upaep.edu.mx, omar_ot@hotmail.com

Integrantes del cuerpo académico en formación de PROMEP de multimedia y comercio electrónico.

² Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Campus Morelia
Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta C.P. 58190. Morelia, Michoacán, México.
hferreir@csam.unam.mx

³ Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 sur 1103 Barrio Santiago C.P. 72410. Puebla, Puebla, México.
carlosarturo.vega@upaep.mx; genoveva.rosano@upaep.mx

Resumen.

En este artículo se propone como generar recorridos virtuales en 3D utilizando herramientas de última generación a su vez se proponen las mejores prácticas y técnicas en el renderizado de recorridos en 3D orientadas a su aplicación en la educación superior. La gran demanda en la construcción de recorridos virtuales en 3D y su complejidad hace necesario realizar un análisis de las herramientas y técnicas más utilizadas en la actualidad, donde la velocidad, la complejidad y el conocimiento de estas es de vital importancia. Es un reto para la educación superior al capacitar a las nuevas generaciones de ingenieros en el uso de estas herramientas. Por ello este artículo propone la generación de las mejores prácticas relacionadas con el diseño, el color, el tamaño y la animación para el desarrollo de recorridos tridimensionales que permitan simular procesos de fenómenos relacionados con temas específicos de las retículas de las instituciones de educación superior, con la finalidad de incrementar las competencias y habilidades obtenidas en el aprendizaje de los alumnos.

Palabras clave

Recorridos 3D, Renderizado, Procesamiento de cómputo.

1.- Introducción

Hoy en día la utilización de elementos virtuales que asemejen la realidad a través de la computadora (modelos 3D) se ha vuelto indispensable para las actividades de la vida diaria, en donde debido al gran número de tareas que se tienen que procesar se vuelve necesario contar con equipo de cómputo con mayores capacidades técnicas, para la incorporación de nuevas tecnologías que permitan realizar este trabajo sin tener que sacrificar aspectos como la velocidad de procesamiento, el tiempo de ejecución y la calidad en los resultados. La incorporación de recorridos 3D en equipos con mayores capacidades implica realizar un gasto excesivo, factor que hace que muchas instituciones vean limitadas sus expectativas de generar proyectos más ambiciosos. Según (Moreno, 2010) Un modelo 3D es un conjunto de mallas que pueden ser representadas geoméricamente de diversas maneras además de contar con volumen, color y textura.

Derivado de lo anterior la gran pregunta es ¿cómo generar las mejores prácticas para el desarrollo de modelos tridimensionales y sus recorridos virtuales? Según (MORCILLO, 2009), una posible respuesta es utilizando técnicas, algoritmos y mecanismos de validación que contribuyan al mejoramiento del renderizado. Por su parte (CEBOLLA, 2006), comenta que el proceso de renderizado es el mecanismo utilizado para obtener una imagen a partir de la descripción de una escena tridimensional. En la actualidad dicho proceso ha alcanzado un alto grado de realismo en donde el principal problema sigue siendo el tiempo de ejecución empleado para el mismo, la razón

se debe a que los algoritmos empleados requieren de una gran cantidad de procesamiento de cómputo, por lo tanto resulta interesante plantear métodos que reduzcan el tiempo empleado en el proceso de renderizado. De ahí la importancia de conocer cuales elementos como el software, el motor de renderizado, el sistema operativo del modelo y del recorrido virtual podemos combinar de la mejor manera para el mejor desempeño.

2.- Desarrollo

La creación de un modelo tridimensional sigue una serie de pasos, que según (MORENO, 2010), son los siguientes: primero se le da la forma al objeto por medio del uso de polígonos y otros elementos geoméricos; segundo se pasa a las etapas de texturizado e iluminación, que son propiedades visuales del comportamiento del objeto frente a la luz, fundamentales para que el gráfico sea llamado modelo 3D; y tercero la animación y renderizado del objeto en una escena. Una vez construido el modelo 3D, se deben llevar a cabo las etapas del proceso en el cual nos permita construir cada fotograma para crear una animación o película en 3D para así generar el recorrido virtual, por lo que es necesario que el programa que se use para modelar construya una foto de la cámara virtual que está visualizando, el escenario y así pasar a la etapa de renderizado de los frames de la línea de tiempo para obtener el volcado en cualquier formato de video. La reconstrucción tridimensional busca reproducir en la memoria de una computadora objetos reales, manteniendo fielmente sus características físicas como dimensión, volumen y forma, como se muestra en la figura 1.

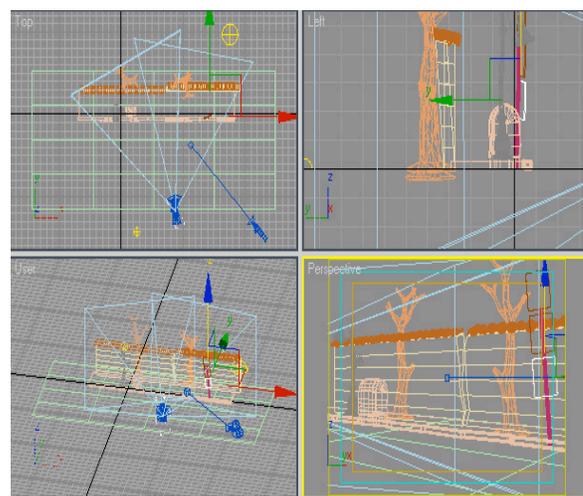


Figura 1.- Modelo 3D realizado en 3D Max Studio basado en figuras geométricas sin texturas.

Para poder realizar el desarrollo de un recorrido virtual, es necesario contar con un levantamiento de los diferentes requerimientos que contendrá como:

- Dimensión
- Recorrido de la animación
- Efectos
- Tiempo
- Iluminación del escenario
- Cámaras
- Volcado (NTSC/PAL/SECAM)

Como lo comenta (MESA, 2010), el problema de no tener una adecuada representación y reconstrucción de las formas tridimensionales, del trayecto de la animación y de los fotogramas a utilizar ha recibido una enorme atención en investigaciones en la última década. Por ello es importante tomar en cuenta lo siguiente: se denomina *frame* a un fotograma o cuadro, una imagen particular dentro de una sucesión de imágenes las cuales componen una línea de tiempo para crear la animación. La continua sucesión de estos fotogramas producen a la vista la sensación de movimiento, fenómeno dado por las pequeñas diferencias que hay entre cada uno de ellos.

La frecuencia es el número de fotogramas por segundo que se necesitan para crear movimiento. Su fórmula es la siguiente:

$$f(\text{frames}) = \frac{1}{T(s)}$$

Ahora bien, con ésta información podemos entender que, un video es una sucesión de imágenes presentadas a cierta frecuencia. El ojo humano es capaz de distinguir aproximadamente 20 imágenes por segundo. De este modo, cuando se muestran más de 20 imágenes por segundo, es posible engañar al ojo y crear la ilusión de una imagen en movimiento. La fluidez de un video se caracteriza por el número de imágenes por segundo (*frecuencia de cuadros*), expresado en *fps*.

El video digital consiste en mostrar una sucesión de imágenes digitales. Dado que estas imágenes digitales se muestran a una frecuencia determinada, es posible saber la frecuencia de refresco, es decir, el número de bytes mostrados (o transferidos) por unidad de tiempo. Como lo menciona (CHIN, 2003), una secuencia completa de 128 cuadros de imágenes consecutivas de 500 x 292 píxeles cada una, puede adquirir un máximo de 25 millones de *fps*.

De esta manera, la frecuencia necesaria para mostrar un video (en bytes por segundo) equivale al tamaño de la imagen multiplicado por el número de imágenes por segundo.

Consideremos una imagen a *color verdadero* (24 bits) con una definición de 640 X 480 píxeles. A fin de mostrar un video en forma correcta con esta definición, es necesario mostrar al menos 30 imágenes por segundo, es decir, a una frecuencia equivalente a: 900 KB * 30 = 27 MB/s.

Podemos observar en la figura 2 una imagen de un modelo 3D con la aplicación de un motor de renderizado lo cual nos permite observar objetos muy apegados a la realidad. Entre los motores más populares en la actualidad tenemos el V ray, Mental ray, Pov ray, entre otros.



Figura 2.- Modelo 3D desarrollado en 3D Max Studio, Vray, con elementos y renderizado

El hacer que un modelo 3D se asemeje a una imagen lo más real posible, dependerá del motor de renderizado que se utilice, además del software y el sistema operativo correspondiente. Ya que para el desarrollo de modelos 3D existen diversos software que nos permiten desarrollar modelos tridimensionales y recorridos virtuales, cada uno de ellos se puede trabajar con diferentes sistemas operativos combinados con varios motores de renderizado.

En la tabla 1, podemos observar las distintas combinaciones que se pueden trabajar en algunos de ellos en cuanto a: el sistema operativo, al software de modelado 3D y al motor de renderizado.

Tabla 1.- Combinación de motores de renderizado con base a software de modelado 3D y sistema operativo.

Sistema operativo	Software de modelado 3D	Motor de renderizado
Linux	Blender	Pov Ray V ray
Mac	Maya	FryRender FurryBall LightEngine3D:RayDiffuse Maxwell RenderPipe Turtle V-Ray
Windows	3D Studio Max	Luminaire Tools Maxwell Mental Ray Render Pipe V-Ray Voxel Render ShaderLight

Windows	Rhinoceros	Brazil r/s Flamingo 3D Maxwell Toucan Rhino Man VRay
Windows	Light Wave	FPrime KRay

Según (ZAMURIANO, 2010), en 1977 Mc. Call especifica una serie de atributos que sirven para medir la Calidad de Software, que -en sí- trata de asociar "la calidad a la ausencia de defectos" en el transcurso del desarrollo y de la vida del software. Estos atributos están divididos en:

- Para la operación
- Para su revisión
- Para su transición

Con base a los recorridos generados, tomamos a los indicadores del modelo de McCall como herramienta para definir la calidad de nuestros prototipos de modelos 3D, como se muestra en la tabla 2. Con esto podemos decir que como buena práctica y por comparativa la herramienta con mejores indicadores es 3D Max Studio

Tabla 2.- Comparativa de software de modelado 3D basado en indicadores del modelo de McCall.

Software Y S.O.	Maya Mac OS	3D Max Win	Blender Linux	Rhino ceros Win	Light Wave Win
Facilidad de uso		✓		✓	✓
Integridad	✓	✓	✓		✓
Corrección		✓			
Fiabilidad	✓	✓	✓		✓
Eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓
Facilidad de Mantto					
Facilidad de prueba		✓			
Flexibilidad					
Reusabilidad	✓	✓	✓	✓	✓
Inter operabilidad	✓				
Portabilidad	✓	✓		✓	

Por su parte (VEGA, 2008), propone un modelo con indicadores diferentes al modelo de McCall que también nos ayudaron a medir la calidad en el desarrollo de nuestros prototipos tridimensionales mismos que nos ayudan a conocer las ventajas y desventajas del uso de distintos programas, como podemos observar tabla 3.

Tabla 3.- Comparativa de software de modelado 3D basado en indicadores del modelo de Vega, Rivera, García.

Software Y S.O.	Maya Mac OS	3D Max Win	Blender Linux	Rhino ceros Win	Light Wave Win
Corrección		✓		✓	✓
Confiabilidad	✓	✓	✓		✓
Eficiencia	✓	✓		✓	
Integridad	✓	✓	✓		✓
Facilidad de uso		✓		✓	✓
Facilidad de Mantto					
Flexibilidad		✓			
Facilidad de prueba		✓	✓		
Portabilidad		✓	✓	✓	✓
Reusabilidad	✓	✓	✓	✓	
Facilidad de inter operación	✓			✓	

3.- Resultados

El carácter exploratorio de este estudio, sin duda nos ayuda a tener un mejor panorama del proceso que implica el desarrollo de modelos y recorridos virtuales tridimensionales y por consiguiente la mejor combinación de componentes como alternativa en la generación más óptima de dichos recorridos.

Con base a un recorrido virtual de un modelo tridimensional, se realizaron las pruebas, tomando un total de 8 experimentos y se realizaron 5 replicas de cada uno, con la finalidad de obtener la variación del tiempo de renderizado de un modelo 3D o recorrido virtual, en relación a los parámetros establecidos. Cada experimento se definió con características propias como son, motor de renderizado, técnica de renderizado y número de fotogramas; además se realizaron las distintas combinaciones posibles para así desarrollar los experimentos correspondientes. Con el fin de sacar conclusiones sobre el comportamiento del desarrollo de recorridos en un entorno real, se ejecutaron varios conjuntos de pruebas. Estos conjuntos de pruebas consistieron en realizar una serie de proyectos de experimento, en donde todas las pruebas tienen distintos parámetros de calidad como son el motor de renderizado, técnica de renderizado y número de fotogramas.

Para hacer que los datos obtenidos pudieran ser comparables, se optó por que las computadoras que se utilizaron para realizar las pruebas tuvieran la misma configuración, es decir, que todos los equipos tuvieran similares características.

Para realizar los experimentos se utilizó un modelo tridimensional con una duración final de 1 minuto 56 segundos, el cual estuvo conformado por texturas, luz, reflexiones, refracciones y movimiento de objetos; para generar la animación se probaron dos distintos motores de render, MentalRay y VRay, se utilizaron dos distintas técnicas de renderizado Scanline y

PhotonMapping. En la tabla 4 podemos observar las pruebas realizadas con distintas cantidades de fotogramas 12 frames por segundo y 25 frames por segundo. Cabe señalar que estos experimentos se llevaron a cabo para estudiar los efectos producidos por dos o más factores en el proceso de renderizado de modelos 3D. Así llegamos a la conclusión de que en general los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimentos. Por diseño factorial se entiende aquel en el que se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento.

Tabla 4.- Factores establecidos para las diferentes pruebas.

Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Motor de render: MentalRay	Motor de render: MentalRay	Motor de render: VRay
Técnica: Scanline	Técnica: Scanline	Técnica: Scanline
Fotogramas: 12	Fotogramas: 24	Fotogramas: 12

Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6
Motor de render: MentalRay	Motor de render: Vray	Motor de render: VRay
Técnica: PhotonMapping	Técnica: Scanline	Técnica: PhotonMapping
Fotogramas: 12	Fotogramas: 24	Fotogramas: 12

Prueba 7	Prueba 8
Motor de render: MentalRay	Motor de render: Vray
Técnica: PhotonMapping	Técnica: PhotonMapping
Fotogramas: 24	Fotogramas: 24

El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producida por un cambio en el nivel del factor. Con frecuencia, éste se conoce como efecto principal porque se refiere a los factores de interés primordial del experimento. El experimento que se realizó es 2^k completo, a continuación, en la tabla 5, se presentan los datos obtenidos:

Tabla 5.- Datos Obtenidos de las pruebas.

OrdenEst	Orden Corrida	Punto Central	Bloques	Motor de Render	Fotogramas	Técnica	Tiempo
2	1	1	1	Mental ray	12	Scan line	20.18
8	2	1	1	Mental ray	24	Photon	25.244
6	3	1	1	Mental ray	12	Photon	16.858
4	4	1	1	Mental ray	24	Scan line	28.452
3	5	1	1	Vray	24	Scan line	19.35
7	6	1	1	Vray	24	Photon	22.524
1	7	1	1	Vray	12	Scan line	30.538
5	8	1	1	Vray	12	Photon	26.318

La figura 3, nos indica que se debe de utilizar una combinación de motor de renderizado MentalRay, con 12 fps y generar la técnica de renderizado con PhotonMapping ya que esta combinación es la que nos ayuda a reducir los tiempos de renderizado, sin ser la más óptima, ya que lo más adecuado es que sean 24 fps para generar una animación de calidad.

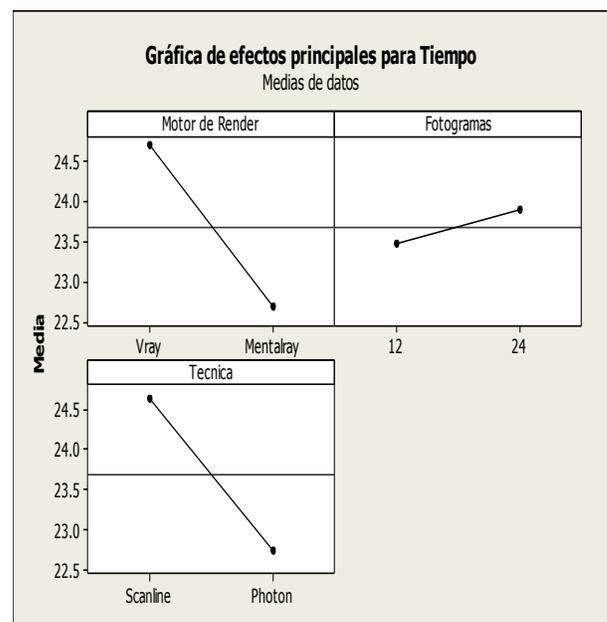


Figura 3.- Efectos principales de tiempo.

En La figura 4, podemos ver los tiempos que se tardó en renderizar las pruebas del recorrido tridimensional, en donde se concluye que no existe una combinación que nos permita determinar cual es la mejor composición de elementos para generar de manera óptima un renderizado y por lo tanto disminuir el tiempo del mismo, ya que dependerá del resultado que se quiera obtener de acuerdo a escenarios, calidad del volcado y formato de salida deseado.

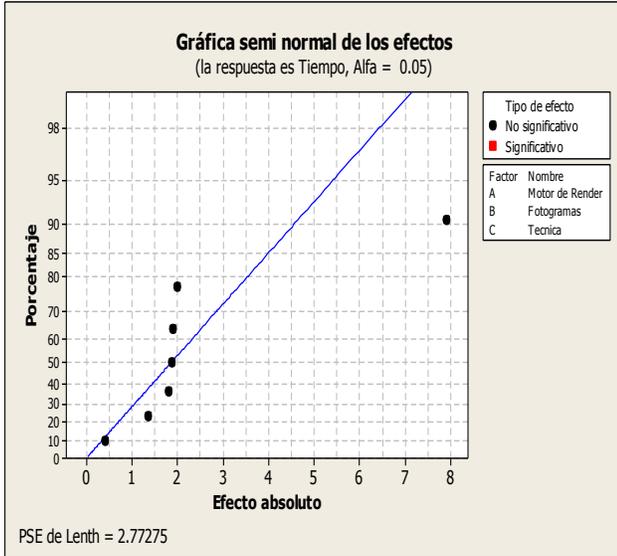


Figura 4.- Semi normal de los efectos.

Para poder determinar los factores que nos permitan disminuir el tiempo en que tarda en renderizar una imagen o modelo 3D, contamos con tres variables independientes estas son: **motor de renderizado, cantidad de frames y técnica de renderizado**. Una vez realizados los experimentos y obteniendo los resultados, podemos determinar que efectivamente estos factores son los principales para disminuir el tiempo de este proceso, sabemos que también intervienen otros factores, pero en esta ocasión no forman parte del estudio. Esta información la encontramos en la figura 5. En donde podemos ver que la mejor combinación fue el experimento 3. Ver Tabla 6.

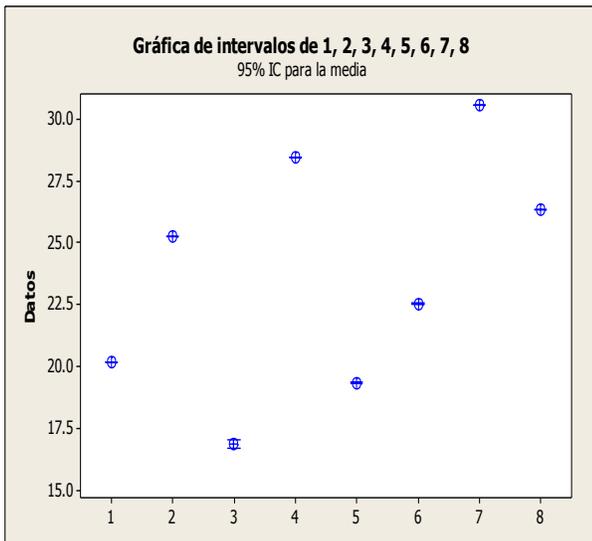


Figura 5.- Intervalos de experimentos.

Una vez realizados los experimentos y obtenido los resultados podemos determinar cuál de las combinaciones establecidas para realizar los experimentos es la que más se adapta para reducir el tiempo de renderizado; más sin embargo al observar los datos de la tabla 6, podemos notar que los datos arrojados no son los suficientemente significativos para poder determinar lo anterior.

Tabla 6.- Resultados del tiempo de renderizado.

Prueba	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
1	20.19	20.18	20.18	20.17	20.18
2	25.23	25.23	25.25	25.25	25.26
3	17.09	17.03	17.03	16.58	16.56
4	28.45	28.46	28.45	28.45	28.45
5	19.38	19.36	19.36	19.34	19.31
6	22.58	22.5	22.51	22.51	22.52
7	30.56	30.57	30.52	30.52	30.52
8	26.34	26.32	26.31	26.31	26.31

Con base a las comparativas generadas en nuestro estudio, nos permite considerar la necesidad del uso de un proceso estándar que contemple todas las etapas necesarias para el óptimo desarrollo de recorridos 3D y nos permita generar así las mejores prácticas con las mejores herramientas. Por ello proponemos un proceso que nos ayude a generar dichos recorridos, como se muestra en la figura 6.

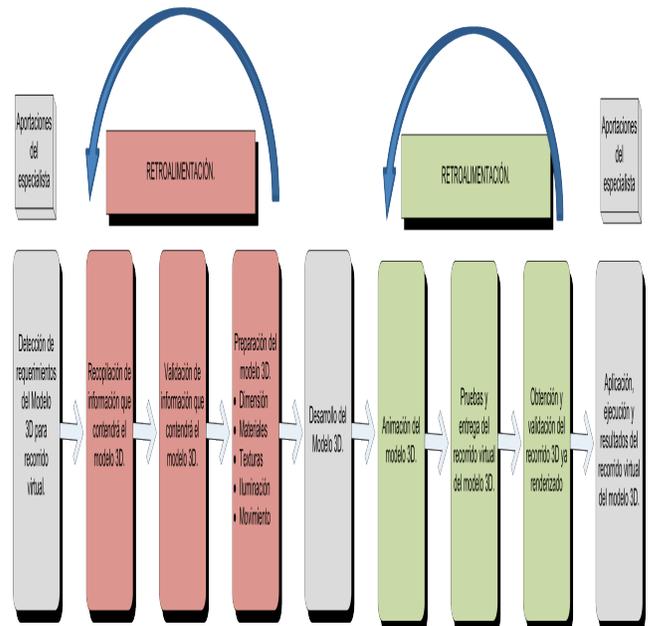


Figura 6.- Modelo de aplicación de desarrollo de recorridos virtuales tridimensionales.

Así mismo se contempla realizar en un futuro otro experimento tomando en cuenta otras variables que nos ayuden a determinar

la disminución del tiempo de renderizado, así como involucrar diferentes factores o parámetros en el desarrollo de recorridos tridimensionales.

Finalmente y dada la aplicación que se dará en la educación superior, se pretende que con los recorridos generados en 3D se desarrollen materiales didácticos óptimos para su ejecución en los procesos de enseñanza aprendizaje del nivel superior, como por ejemplo, vídeos docentes. Vídeos que estén disponibles tanto para alumnos y profesores en cualquier lugar y en todo momento (universidad, casa, viajes, plazas públicas, etc.); para que estén accesibles en varios formatos como mp4 3gp, entre otros y se puedan visualizar en una computadora, tablet y más aún, en dispositivos móviles. Ya que como lo menciona (ROMERO, 2010), los vídeos docentes generados son un material perfectamente válido para la visualización en dispositivos móviles (smartphones iphone, Android y Windows); actualmente se está trabajando para facilitar al máximo el acceso a estos recursos mediante una adecuada diversificación en los formatos y medios en que se distribuya. A su vez (CHIRINO, 2010) argumentan que, para realizar esta mejora es necesario un cambio en la metodología, sustituyendo los formatos ejecutables generados por vídeos compatibles con los dispositivos móviles a utilizar. Sin duda, los vídeos son más atractivos de seguir que los materiales digitalizados o textos por las ventajas que conllevan, ya que es el alumno da una forma activa del que recibe la explicación del profesor, decidiendo, en todo momento, el ritmo, pausas y repeticiones necesarias para la comprensión de los contenidos de una forma autónoma, (GARCÍA, 2011). Así el verdadero reto en el desarrollo de este tipo de proyectos, será lograr que el investigador en esta especialidad logre combinar de manera eficiente los diferentes elementos que intervienen en el desarrollo de recorridos tridimensionales así como en su proceso y su ejecución en tiempo real.

Bibliografía

- CEBOLLA, C. (2006). *3D studio Max*. Madrid, España: Alfaomega.
- CHIN, C. T., Lancee, C., Borsboom, J., Mastik, F., Frijlink, M. E., de Jong, N., y otros. (Dec 2003). Optical method using fluence or radiance measurements to monitor thermal therapy. *Review of Scientific Instruments*, 5026 - 5034.
- CHIRINO, A. M. (2010). Mejores prácticas de aprendizaje móvil para el desarrollo de Competencias en la educación superior. *IEEE-RITA Vol. 5, Núm. 4*.
- GARCÍA, P. (2011). Aprendizaje Autónomo utilizando Vídeos Docentes. *IEEE-RITA Vol. 6, Núm. 6*.
- MESA Munéra, E., Ramires Salazar, J. F., & Branch Bedoya, J. W. (2010). Construcción de un modelo digital 3D de piezas precolombinas utilizando escaneo laser. *Avances en sistemas e Informática*, 197-206.
- MORCILLO, C. G. (2009). *Fundamentos de imagenes en Blender 3D*. Madrid, España: Marcombo.
- MORENO Sáenz, J., & Molina Vilchis, M. A. (2010). Panorama de los ataques en los modelos 3D. *Telematique*, 51-63.
- ROMERO, J. M. (2010). Ambiente de aprendizaje móvil basado en micro-aprendizaje. *IEEE-RITA Vol. 5, Núm. 4*.
- VEGA, R. G. (2008). *Mejores prácticas para el establecimiento y aseguramiento de la calidad de software*. Boca del Río, Veracruz: UNIVERSIDAD CRISTOBAL COLÓN.
- YAMAUCHI, H., Okada, S., Taketa, K., Matsuda, Y., Mori, T., Watanabe, T., y otros. (2005). Review of Scientific Instruments. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 331-341.
- ZAMURIANO SOTES, R. F. (2010). PROCESO DE INSPECCIÓN DE SOFTWARE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD. *Journal Boliviano de Ciencias*, 10-16