

Modelado 3D, una introducción al proceso para construir y transformar imágenes VR

3D modeling, an introduction to the process to build and transform VR images

VARGAS-PÉREZ, Laura Silvia†*, SOTO-HERNÁNDEZ, Ana María, DEL ÁNGEL-HERNÁNDEZ, Julio César y PERALTA-ESCOBAR, Jorge

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

ID 1^{er} Autor: *Laura Silvia, Vargas-Pérez* / **ORC ID:** 0000-0001-7605-9779, **Researcher ID Thomson:** X-2426-2018, **CVU CONACYT ID:** 212197

ID 1^{er} Coautor: *Ana María, Soto-Hernández* / **ORC ID:** 0000-0002-8660-3413, **Researcher ID Thomson:** X-2282-2018, **CVU CONACYT ID:** 317457

ID 2^{do} Coautor: *Julio César, Del Ángel-Hernández*

ID 3^{er} Coautor: *Jorge, Peralta-Escobar*

L. Vargas, A. Soto, J. Del Ángel y J. Peralta

laura.silvia.vargas@gmail.com

V. Luna, (Dir.). Ingeniería, Proceedings-©ECORFAN-México, CDMX, 2019.

Abstract

3D modeling is a technology that consists of the ability to produce an image, and modify it, alter it and reformulate it, through an appropriate computing environment, based on future needs. The ability to feed the world of Virtual Reality is in the hands of the 3D modeler, as it is used for commercial, research and development purposes. This article provides some suggestions for the design and development of basic 3D modeling using mainly the Blender 3D tool; although they can also be used as a guide when using any other tool of this type. Examples of the development of scenarios for a virtual world that will serve as the basis for a video game are shown.

Virtual reality, 3D modeling, Design tools

Introducción

El uso del juego para el aprendizaje es una estrategia nada novedosa, en educación básica es fundamental y obligada. Sin embargo, al avanzar en el conocimiento de conceptos abstractos, la tendencia de los profesores había sido formalizar el manejo de los mismos utilizando metodologías y recursos didácticos más “serios”, tendientes al manejo meramente intelectual, conceptual, asociando las actividades de manipulación con un nivel incipiente de avance en el conocimiento.

Un profesor de matemáticas en ingeniería, por ejemplo, es cuestionado por sus colegas cuando dedica actividades para “jugar” con los colores, los elementos materiales, o los movimientos corporales dentro de un curso de cálculo infinitesimal. No obstante, si los estudiantes y su profesor son fanáticos de los videojuegos y los utiliza como recurso dentro de su práctica docente, tal inclinación no es considerada inapropiada para el nivel de educación superior.

Aunado a lo anterior, hoy en día, el uso de los teléfonos inteligentes está creciendo exponencialmente de tal manera que se proyecta que para el 2020 el 70% de la población mundial (Ericsson, 2017) tendrá uno a su alcance. La utilización de esta tecnología para beneficios en la educación de las personas es una gran oportunidad, por supuesto, sin perder de vista que aquellos estudiantes que se encuentran en el 30% restante deben contar con una alternativa real y cercana para no ser objetos de exclusión y falta de equidad. En las instituciones de educación superior, el acceso generalizado de los estudiantes a salas de cómputo brinda estas opciones indispensables.

Así también el uso de los dispositivos electrónicos donde las aplicaciones de software están al alcance de la mano, se ha generalizado como intención para aprovechar las tendencias de los jóvenes a estar permanentemente conectados de forma virtual. Por lo anterior, el uso de las tecnologías de la información y la comunicación se ha convertido en un eje transversal de la política educativa en todos los niveles como reflejo de la tendencia mundial que también ha sido objeto de estudio (OECD, 2015; Chiappe, 2016). Sin embargo, a nivel internacional, se ha mostrado que “la calidad de los resultados en educación no tiene tanto que ver con la presencia o la ausencia de tecnología en las escuelas como con la pedagogía adoptada y las condiciones en que se aplica en el aula (Pedró, 2016, pág. 22).

Dentro de la diversidad de recursos tecnológicos, los que más aceptación han tenido son los que tienen características lúdicas, que se han asociado a los juegos más populares entre niños y jóvenes. Muchos de los cuales, de origen, se han diseñado incorporando elementos para aprendizajes en diversas disciplinas –aprendizaje basado en juegos, GBL por sus siglas en inglés- independientemente de sus características motivacionales, afectivas, colaborativas y sociales, utilizando ambientes atractivos como las denominadas Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR), así como los juegos de Realidad Alternativa, las vistas 2D y 3D, o las versiones para dispositivos móviles como los teléfonos celulares y las tabletas (Ak y Kutlu, 2017; Bacca, Baldiris, Fabregat, Kinshuk, y Graf, 2015; Chen, Ho, y Lin, 2015; Coimbra, Cardoso, y Mateus, 2015; Diaz, Hincapié, y Moreno, 2015; Kim, Song, Lockee, y Burton, 2018; Nincarean, Ali, Halim, y Rahman, 2013; Samaniego, y Sarango, 2016; Sannikov, Zhdanov, Chebotarev, y Rabinovich, 2015; Saorín, Meier, De la Torre, Dámari, y Rivero, 2015).

El modelado 3D es el proceso de desarrollo de algún objeto tridimensional, representado matemáticamente, a través de un software especializado. Se obtiene como resultado un producto al que se le llama modelo 3D.

Es una tecnología que consiste básicamente, en la capacidad de producir una imagen, y modificarla, alterarla y reformularla, mediante un entorno computacional adecuado, en función de necesidades futuras.

La VR está al alcance de todos, y la capacidad de alimentar los mundos virtuales está en las manos del modelador 3D. En la actualidad se emplea la tecnología VR con fines comerciales, de investigación y de desarrollo. La VR se ha convertido en un vehículo para la creatividad hasta llegar a **largometrajes de animación generados con base a la computación gráfica -animación 3D- y videojuegos.**

En particular el desarrollo de modelos 3D en la actualidad, para diversos fines, es algo más accesible de aprender que hace unos cuantos años. Se cuenta con motores libres y completos, con funciones desde las más básicas hasta las más avanzadas, además de cursos localizables en internet. Algunos aficionados o expertos comparten sus conocimientos por diferentes plataformas: YouTube, Udemy, Platzi, Academia Blender, Educación Digital, entre otras. En este caso, el motor más conocido y libre es Blender 3D (Blender Foundation, s.f.), del cual también se puede encontrar documentación con explicaciones sobre herramientas utilizables, manuales y algunos atajos que permiten resolver problemas rápidamente.

La curva de aprendizaje de un programa de modelado 3D es considerado un reto y requiere de mucha paciencia. Actualmente se dispone de **muchos tipos de herramientas para distintos niveles de acceso.** *Software* como *Sketch Up* o Blender dan soluciones muy potentes y de licencia gratuita; mientras que, en la industria, el software más popular es Maya, 3D Studio Max o Zbrush.

El modelado 3D en VR permite alcanzar algunos de los confines de la imaginación, y aprender a utilizarla puede llevar a construir sueños imposibles dentro de los campos de la medicina, el mercado inmobiliario, la narrativa de ciencia ficción, los videojuegos, los foros virtuales, la formación y capacitación en grandes empresas sobre diversos procesos internos, en fin, la lista abarca prácticamente todos los sectores.

No es necesario poseer un talento artístico y técnico elevado en estas herramientas, o desarrollar habilidades superlativas, para poder tener un acercamiento a la VR; es posible emplear contenido generado por terceros, de venta o descarga gratuita online. Es tan amigable como decidir qué contenido se pretende generar o qué experiencia se desea vivir en VR y llevar a cabo una **búsqueda correcta de los elementos que se desea cubrir en ese mundo tridimensional.**

En ese sentido, el cuestionamiento que motivó este trabajo está relacionado con la búsqueda y prueba de recursos disponibles en la red, de acceso libre, que puedan utilizarse para la programación y el desarrollo de videojuegos digitales para fines educativos. Lo anterior acorde con el principio de buscar cómo y con qué recursos aprenden mejor los jóvenes aspirantes a ingenieros, de acuerdo con Riley (2016).

Se considera que tener como objetivo diseñar y desarrollar un videojuego es más atractivo para los estudiantes de sistemas computacionales o de electrónica, que utilizar otra estrategia didáctica alejada de los intereses propios de la edad -18 a 20 años (Roozeboom, Visschedijk, y Oprins, 2017; Pivec, Dziabenko, y Schinnert, 2003).

Desde el punto de vista afectivo-motivador –competencias genéricas- y del aprendizaje de conocimientos en programación, así como del desarrollo de habilidades vinculadas con las competencias disciplinarias o profesionales para estos estudiantes, es mucho más enriquecedor trabajar en proyectos como los mencionados. La motivación es uno de los factores más importantes que pueden influir en el éxito del uso de los juegos (Huang y Soman, 2013, pág. 17; Kim, Song, Lockee, y Burton, 2018, pág. 39).

En general, los estudiantes se mantienen expectantes por los retos, la fantasía y la curiosidad (ídem, pág. 49), aunque existen algunas diferencias de acuerdo con el género del jugador ya que, por ejemplo, las mujeres prefieren el descubrimiento antes que el reto (ídem, pág. 51).

El objetivo general de este trabajo es desarrollar un procedimiento para el uso didáctico del *software* Blender 3D como un motor de libre acceso, que permita construir escenarios en tres dimensiones para generar aplicaciones de VR, como los utilizados en videojuegos. Lo anterior con fines de capacitación de los estudiantes de ingeniería interesados en participar en proyectos de este tipo.

Metodología

En el desarrollo de un proyecto de investigación sobre aplicaciones de VR utilizando gafas, en 2018, se realizó una búsqueda de *software* para el diseño de escenarios en 3D propios para ese trabajo. Se llevó a cabo un análisis de factibilidad y se llegó a la conclusión que se trabajaría con el Blender 3D, sobre todo por su accesibilidad al tener una licencia abierta, por la disponibilidad de diversas herramientas en su configuración, y por el amplio uso que ha tenido en diversos ámbitos, que han motivado la publicación de guías, manuales, notas y recomendaciones disponibles en internet.

La etapa siguiente consistió en la autocalificación de uno de los autores de este trabajo para la comprensión de su manejo a partir de diversos cursos disponibles en la red como los compartidos por Udemy (2018), Academia Blender (2017), Educación digital (2015) y Flipped Normals (2018). Lo anterior, tomando de inicio el desarrollo de algunos proyectos establecidos por el equipo de trabajo del proyecto de investigación.

Se presentaron los avances y resultados preliminares y se reclutaron otros estudiantes para continuar con el desarrollo establecido en el proyecto, por lo que se requería de una nueva capacitación. La decisión sobre este nuevo proceso se concentró en aprovechar la experiencia de la autocalificación realizada un semestre escolar anterior, generando una guía para el uso del Blender 3D con los nuevos integrantes del grupo de investigación.

Este trabajo presenta una propuesta empírica sobre el diseño y desarrollo de elementos básicos de imágenes en 3D, como un mecanismo de capacitación para iniciados. Se trata de elementos que se encuentran con mayor frecuencia al iniciar un trabajo de modelado en VR, en particular aquellos vinculados con el diseño de un videojuego. Se incluirán recomendaciones sobre etapas a cumplir, desde la definición del proyecto hasta el modelo de estructura para imágenes comunes asociadas con el diseño de escenarios.

Resultados

La primera recomendación, que surge de la experiencia, es tener una idea de lo que se desea hacer; las posibilidades son vastas y de diversos grados de complejidad, por lo que sería recomendable comenzar por algo simple, pero un elemento del proyecto mayor. Por lo anterior, debe plantearse una idea, discutirla, analizarla, enfocarla, hasta llegar a una decisión que puede ser: una historia animada, un videojuego, una simulación ultrarrealista, una representación, un logo, una edición de video.

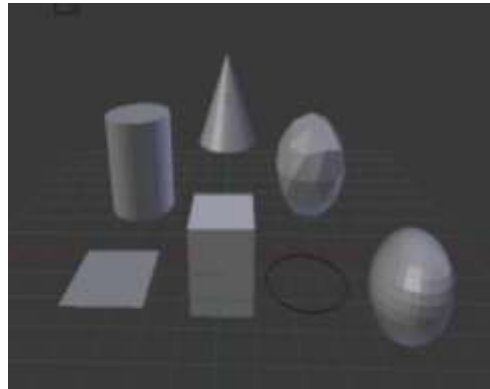
Enseguida, se deberá comenzar a interactuar con la interfaz que se utilizará -en este caso Blender 3D- cuyo entorno podría ser un reto para quien no ha tenido alguna experiencia con un modelador 3D. Podría parecer inquietante el primer acercamiento, pero siempre se encontrarán cuestiones básicas como: a) la vista gráfica donde se podrán visualizar los modelos 3D, algunos vienen con algún modelo básico y otros vienen vacíos; b) un árbol de jerarquía, donde se muestra todo lo que se encuentra dentro de la vista, por ejemplo un foco, cámara, modelo, entre otros; c) las opciones generales, ya sea para la vista gráfica, la resolución, tipo de vista, fondo de la vista entre otros; d) las opciones específicas que aparecerán cuando un objeto sea seleccionado, al que algunos denominan inspector, pero otros solamente las presentan como opciones que tiene el modelo; e) un menú en la parte superior donde aparecerán la mayoría de opciones esenciales como crear un nuevo proyecto, abrirlo, exportar, editar, ver, ayuda entre otros.

Si al comenzar a incursionar en el uso de Blender 3D pareciera que no se entiende muy bien, es recomendable ver algún curso o mini tutorial sobre el uso de herramientas. El inicio recomendable para aprender es el uso de las herramientas principales del motor de Blender 3D, por ello es fundamental utilizar un *mouse* y el teclado para su manipulación. Existe una gran cantidad de accesos directos para utilizar las herramientas disponibles.

¿Cómo empezar a modelar?

El proceso del modelado 3D puede visualizarse como una analogía del desarrollo de una escultura física, con un material que puede moldearse de acuerdo con las necesidades de un proyecto o los deseos que brinda la imaginación y la creatividad. El *software* se convierte en el material pero también brinda las herramientas para esculpir.

Figura 10.1 Modelos primitivos



Fuente: Elaboración propia

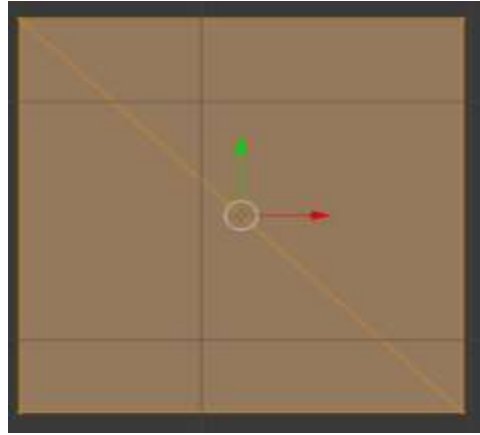
Por lo general, el *software* de modelación como el Blender 3D contiene figuras geométricas primitivas, básicas, como un plano, un cubo, un círculo, una esfera, un cilindro –ver figura 10.1- los cuales serán el punto de partida para los futuros modelos a crear. Dependiendo de la complejidad del modelo a desarrollar, es posible que se requiera inicialmente dibujar sus vistas frontal, lateral, inferior y aérea, ya que serán de gran utilidad para guiar el proceso del modelado de cada vista. Este paso del desarrollo es muy utilizado cuando se realizan personajes u objetos simétricos.

Por ejemplo, la figura 10.2 muestra una cara con cuatro vértices, si se fracciona en forma diagonal se convierte en dos caras, cada una formada con tres vértices, ver figura 10.3. Al estar dos caras unidas no significa que sus vértices serán independientes, ya que cuando colisionen las dos caras dependerán de ese vértice. Una cara puede estar formada de tres o a más vértices. En su proceso de diseño, lo más práctico es convertirla en dos triángulos, y así sucesivamente hasta lograr el modelo deseado.

Figura 10.2 Una cara con cuatro vértices



Fuente: Elaboración propia

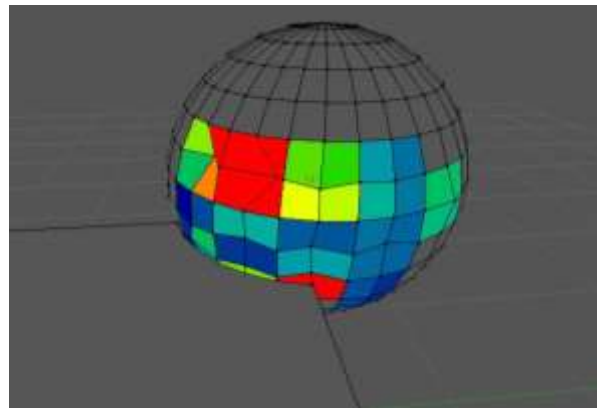
Figura 10.3 División de cara

Fuente: Elaboración propia

Sobre la distorsión

Cuando se trabaja con modelos 3D, ya sea que se esté moldeando, moviendo sus vectores o uniendo dos o más modelos, ocurre algo que se conoce como distorsión, donde las caras están deformes -figura 10.4. El color rojo muestra la zona con el más alto grado de distorsión, mientras que el azul marino indica una zona con distorsión muy menor -figura 10.5. Dependiendo del modelo, puede ser que no sea posible restablecerle por completo la cara, por lo que es mejor dejarlo lo menos distorsionado posible.

Algo que también se puede apreciar en la figura 10.4, es que hay unas caras de color gris oscuro, lo cual se debe a que esas caras son perfectas pues no tienen distorsión. Este color varía según el motor que utilice.

Figura 10.4 Distorsión de caras en modelo 3D

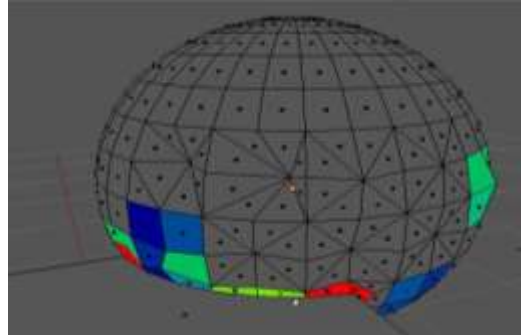
Fuente: Elaboración propia

Figura 10.5 Gama de color

Fuente: Elaboración propia

Para reparar esta distorsión y no perjudicar el moldeado que se realiza, lo mejor es cortar las caras en forma de triángulos, como se puede apreciar en la figura 10.6, al convertir ciertas caras en triángulos, se está eliminando la distorsión. Cuando el triángulo formado es isósceles o escaleno, con algún lado muy largo, es posible que requiera más cortes. Los triángulos equilátero y rectángulo serán perfectos pues no tendrán distorsión.

Figura 10.6 Eliminación de distorsión

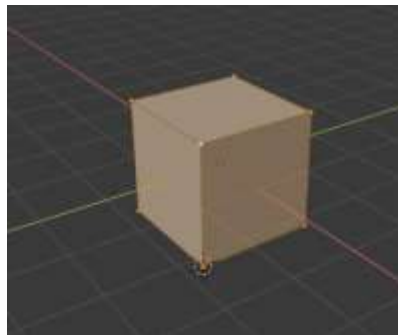


Fuente: Elaboración propia

Sobre la creación de las UV Map

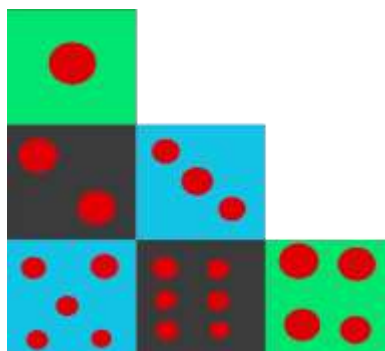
Una vez que se ha trabajado sobre la distorsión, debe proseguirse con la creación de las UV Map. UV Map ó mapeo UV es el proceso de modelado 3D de proyectar una imagen 2D en la superficie de un modelo 3D para el mapeo posterior de texturas. Se muestra cómo funciona con el ejemplo de un cubo 3D -figura 7- y su UV Map -figura 10.8.

Figura 10.7 Modelo 3D



Fuente: Elaboración propia

Figura 10.8 Modelo 2D (UV Map)

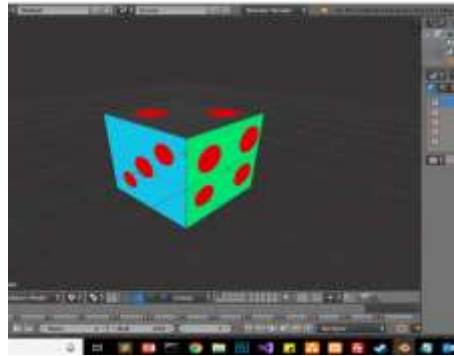


Fuente: Elaboración propia

Como se puede visualizar, la creación de estos modelos es semejante a la elaboración de aquellos que se realizan en la educación básica, solamente que aquí se llevan a cabo de forma digital. Así, con ese principio, se puede pintar o dibujar lo deseado, dentro del área establecida, ya que todo lo que se encuentre fuera de esa área no se visualizará en el modelo.

Una vez que se aplique, se adaptará al modelo utilizado y se podrán ver los resultados como el mostrado en la figura 10.9.

Figura 10.9 UV Map aplicado al modelo 3D



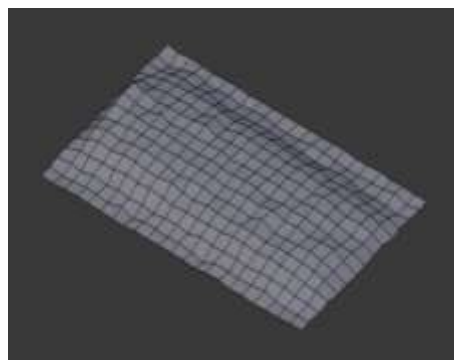
Fuente: Elaboración propia

La práctica con el uso de las herramientas permitirá la modelación de los objetos-modelos, sin embargo se recomienda tomar en cuenta la simetría del modelo a desarrollar. Por ejemplo, un puente puede ser simétrico de cuatro lados, es decir, utilizando una herramienta espejo del *software*, es posible crear una parte y, aplicando el espejo, generar las otras tres partes del puente. Otro ejemplo pueden ser los personajes o armas, ya que su generación debe hacerse sobre la mitad de este modelo, y mediante el modo espejo se genera la otra parte. Estos recursos ahorran mucho tiempo en la creación de modelos, que se puede dedicar a investigar otros modificadores disponibles en el *software*. Después de que se ha creado el modelo en cuestión, se deberá aplicar una textura, que implica otra amplia gama de posibilidades.

Muestra de modelos desarrollados para un escenario de videojuego

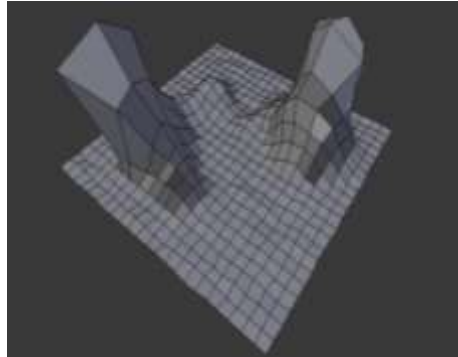
En este trabajo se presentan algunos modelos desarrollados como base para escenarios de un videojuego con Realidad Virtual a partir de un enfoque educativo. Este trabajo se encuentra en proceso de creación y se comparten los avances con una intención didáctica, para estudiantes de ingeniería en sistemas computacionales.

Figura 10.10 Modelo de terreno 1

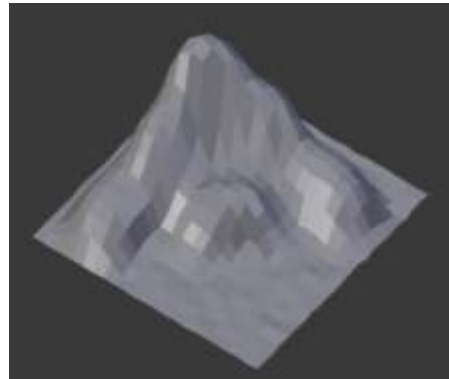


Fuente: Elaboración propia

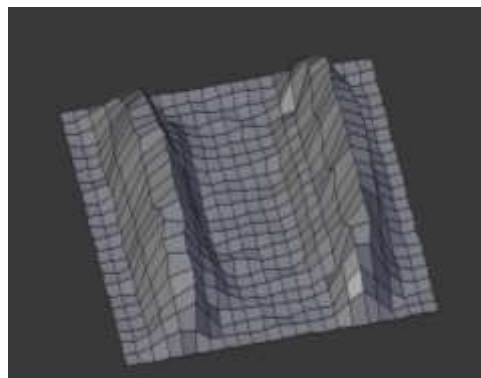
Terrenos. El terreno es una parte esencial, por ejemplo, en el mundo de un videojuego, ya que permite al jugador moverse en total libertad por el mismo. Para tener un mejor rendimiento en el desarrollo del modelo, el terreno es diseñado por partes, con la intención de utilizarlas posiblemente en el diseño de terrenos nuevos. El ensamble de estas partes en forma genera nuevas áreas. Otra ventaja es que al estar seccionado el terreno, puede ser manipulado en partes, por lo cual se optimizan los recursos utilizados por el *software*. La herramienta Blender 3D cuenta con un ajuste para la igualdad en las dimensiones de los modelos. La orilla sirve para delimitar la creación de cada modelo y de esta manera asegurar las mismas proporciones respecto a los ejes coordenados X y Y. Las figuras 10.10 y 10.11 muestran una base para los modelos de terreno.

Figura 10.11 Modelo de terreno 2

Fuente: Elaboración propia

Figura 10.12 Modelo de nivel 1

Fuente: Elaboración propia

Figura 10.13 Modelo de nivel 2

Fuente: Elaboración propia

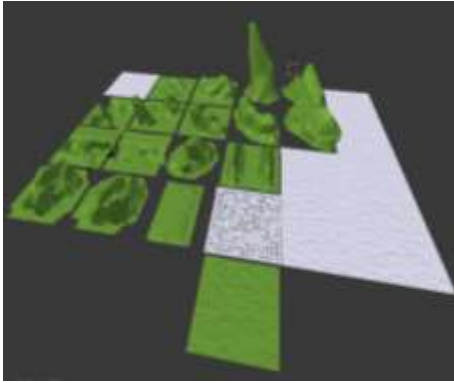
En la etapa siguiente, cada modelo de las figuras 10.12 y 10.13 tiene aplicado su UV Map, y se encuentran preparados para colocar la textura *low-poly* -pocos polígonos- y analizar la distorsión, de acuerdo con el color que le corresponda –ver figura 10.14.

Figura 10.14 Textura *low-poly* para UV Map

Fuente: Elaboración propia

Flora. La flora de un terreno se divide en árboles y vegetación del suelo. A todos los modelos anteriores se les aplicó su UV Map para que, desde la textura, tomaran su color correspondiente –ver figuras 10.15, 10.16, 10.17, 10.18 y 10.19.

Figura 10.15 Modelo de flora 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 10.16 Modelo de flora 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 10.17 Modelo de árbol 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 10.18 Modelo de árbol 2

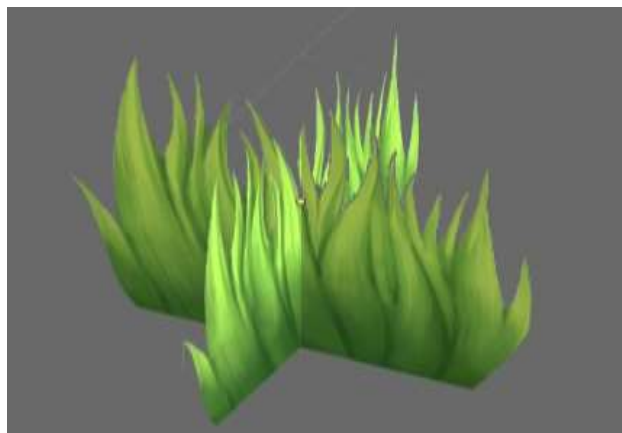


Fuente: Elaboración propia

Esqueletos. Los esqueletos se utilizan para darle animación al modelo. En el proceso de desarrollo del escenario para el proyecto de videojuego que se presenta, solamente se han aplicado los esqueletos para darle un efecto de movimiento a la vegetación, como puede verse en las figuras 10.19 y 10.20.

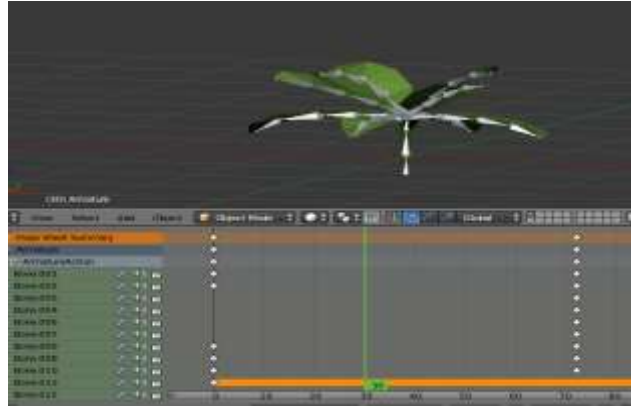
En este tipo de modelado para principiantes, los acabados se trabajan con texturas simples para optimizar recursos, tanto de requerimientos de hardware, como para minimizar el número de imágenes diferentes para cada textura. De acuerdo con el avance en la experiencia del modelado se pueden realizar otras texturas más complejas que enriquecerán el escenario.

Figura 10.19 Modelo de esqueleto para vegetación 1



Fuente: Elaboración propia

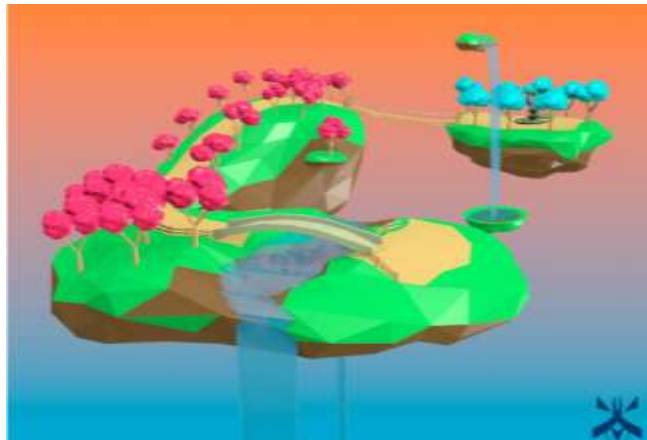
Figura 10.20 Modelo de esqueleto para vegetación 2



Fuente: Elaboración propia

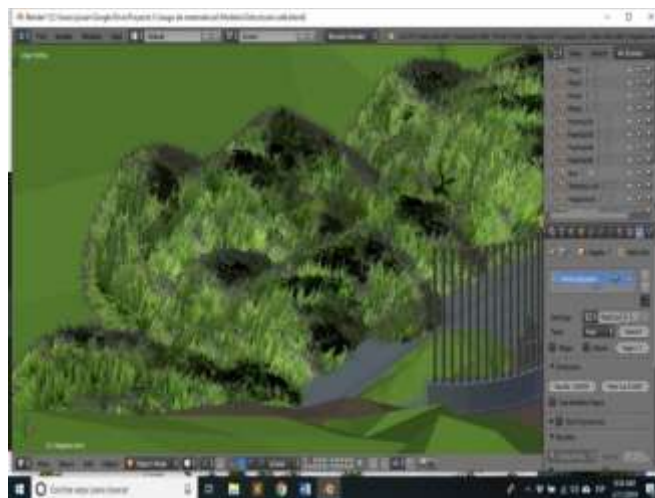
Como un ejemplo más, en una sola imagen –figura 10.21- se compactaron los colores a utilizar y se colocó cada UV Map en su color correspondiente, de esta forma todos los modelos utilizan solo una textura, y con esta es suficiente para dar los diferentes colores a utilizar en cada modelo.

Figura 10.21. Mapeo UV de texturas simples y colores para vegetación 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 10.22 Modelo de escenario propio



Fuente: Elaboración propia

De esta forma, conjuntando figuras, distorsiones, UV Maps con diferentes texturas y color, las posibilidades de combinarlas y construir el escenario, deseado o imaginado o creado en ese momento, son infinitas. Como se mencionaba inicialmente, este trabajo es artístico, se crea a partir de un diseño previo, o se crea de acuerdo con la inspiración del momento, y para muestra ver la figura 22.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Programa para el Desarrollo Profesional Docente que financió el proyecto de fortalecimiento del Cuerpo Académico ITCMAD-CA-15.

Así también para el Tecnológico Nacional de México por los apoyos brindados a través del financiamiento al proyecto 6449.18-P.

Conclusiones

Desde el punto de vista tecnológico, los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales, en general, se sienten atraídos por la programación de aplicaciones para dispositivos móviles, principalmente asociadas con videojuegos y el uso de la Realidad Virtual y de la Realidad Aumentada. Así, un proyecto de esta naturaleza puede representar una línea de desarrollo interesante para ellos, al desarrollar modelos 3D.

En este documento se presentó una guía referencial general para introducir a nuevos estudiantes en el conocimiento del diseño y desarrollo de modelos 3D. El acceso a los modelos base que conformarán la elaboración de un proyecto, es un punto de partida para iniciar, con una base concreta, su proceso de capacitación y el aprendizaje empírico sobre estos conocimientos específicos.

Cabe aclarar que este procedimiento básico se está llevando a cabo con los estudiantes iniciados en el proyecto de desarrollo sobre Realidad Virtual. Se ha aplicado de esta manera, a partir de los modelos básicos disponibles en el Blender 3D, ya que el sistema disponible de *hardware* no tiene la capacidad para realizar modelos con la cantidad de vegetación requerida. Esto permite también resguardar un catálogo de modelos preparados para que se apliquen en otro momento del desarrollo de los escenarios del videojuego.

Referencias

- Academia Blender. (8 de Julio de 2017). *Tutorial Blender. Principiantes*. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de YouTube: <https://youtu.be/YSAN912IVIE>
- Ak, O., y Kutlu, B. (2017). Comparing 2D and 3D game-based learning environments in terms of learning gains and student perceptions. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 129-144. <https://doi.org/10.1111/bjet.12346>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Kinshuk, & Graf, S. (2015). Mobile Augmented Reality in Vocational Education and Training. *Procedia. Computer Science*, 75, 49-58. <https://doi.org/10.16.j.procs.2015.12.203>
- Blender Foundation. (s.f.). *Blender*. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de About: <https://www.blender.org/>
- Cai, S., Wang, X., Chinag, y Feng-Kuang. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.018>
- Chen, C. H., Ho, C.-H., y Lin, J.-B. (2015). The development of an augmented reality game-based learning environment. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 174, 216-220. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.649>
- Chiappe, A. (Julio de 2016). *Tendencias sobre contenidos educativos digitales en América Latina*. (UNESCO/IIPE-OEI, Ed.) Recuperado el 11 de Septiembre de 2016, de Sistema de Información de Tendencias Educativas en América Latina: <http://www.siteal.iipe-oei.org>
- Coimbra, T., Cardoso, T., y Mateus, A. (2015). Augmented Reality: An Enhancer for Higher Education Students in Math's learning? *Procedia Computer Science* (67), 332-339. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.277>

- Diaz, C., Hincapié, M., y Moreno, G. (2015). How the Type of Content in Educative Augmented Reality Application Affects the Learning Experience. *Procedia Computer Science*, 75, 205-212. <https://doi.org/10.1016/procs.2015.12.239>
- Educación digital. (8 de Mayo de 2015). *Curso básico de Blender 01. Introducción a la interfaz*. Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=g00iLhBIZMg>
- Flipped Normals. (2 de Agosto de 2018). *Introduction to UV Mapping*. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=dj0uXid9oGo&list=PLBX-X8mPyxIqdD00QnDXRDzENfS0_11vW
- Huang, W. H.-Y., y Soman, D. (2013). *A Practitioner's Guide to Gamification of Education*. Toronto: University of Toronto.
- Kesim, M., y Osarsian, Y. (2012). Augmented Reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 47, 297-302. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654>
- Kim, S., Song, K., Lockee, B., y Burton, J. (2018). *Gamification in Learning and Education, Advances in Game-Based Learning*. USA: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47283-6>
- Nincarean, D., Ali, M. B., Halim, N. D., y Rahman, M. H. (2013). Mobile Augmented Reality: the potential for education. *Procedia. Social and Behavioral Sciences* (103), 657-664. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10385>
- OECD. (2015). How Computers are Related to Students' Performance. En OECD, *Students, Computers and Learning: Making the Connection* (págs. 145-164). París: OECD Publishing.
- Pedro, F. (2016). Educación, tecnología y evaluación: hacia un uso pedagógico efectivo de la tecnología en el aula. En F. T. Vivo, *Experiencias Evaluativas de Tecnologías Digitales en la Educación* (págs. 21-36). Sao Paulo: Fundación Telefónica Vivo.
- Riley, B. (Abril de 2016). The value of knowing how students learn. *Kappan*, 35-38. <https://doi.org/10.1177/0031721716641646>
- Roozeboom, M. B., Visschedijk, G., y Oprins, E. (2017). The effectiveness of three serious games measuring generic learning features. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 83-100. <https://doi.org/10.1111/bjet.12342>
- Samaniego Ocampo, R., y Sarango Salazar, E. (2016). Aplicación de juegos digitales en educación superior. *Revista San Gregorio*, 1(11), 82-91.
- Sannikov, S., Zhdanov, F., Chebotarev, P., y Rabinovich, P. (2015). Interactive Educational Content Based on Augmented Reality and 3D Visualization. *Procedia Computer Science*, 66, 720-729. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.11.082>
- Saorín Pérez, J. L., Meier, C., De la Torre Cantero, J., Dámari Diaz, M., y Rivero Trujillo, M. (2015). Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D. *EKS*, 16(2), 129-140. <https://doi.org/10.14201/eks2015162129140>
- Udemy. (Julio de 2018). *Blender*. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de Udemy: <https://www.udemy.com/course/blender-3d-desde-cero-modelado-y-texturizado/>