

CRITERIOS CONSIDERADOS EN LA SELECCIÓN DE SOFTWARE LIBRE PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS DE COMPUTACIÓN GRÁFICA

CRITERIA CONSIDERED IN THE SELECTION OF FREE SOFTWARE FOR TEACHING AND LEARNING OF GRAPHICAL COMPUTING CONCEPTS

Dr.C. Amaury Pérez Torres
amauryperez66@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7209-4291>
Universidad de Holguín, Cuba

M.Sc. Dilma Elena González Arbella
dgonzalez@uho.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0002-6618-6448>
Universidad de Holguín, Cuba

Ing. Herma Coeni António
hcoeniantonio@gmail.com
Graduada del Instituto Superior Politécnico de Huambo, Angola

Tipo de contribución: Artículo de investigación científica

Recibido: 12-07-2020

Aceptado para su publicación: 25-10-2020

Resumen: El software profesional se usa ampliamente en las carreras universitarias de ingeniería. Los docentes a menudo deben decidir cuál programa usar entre distintas alternativas. Esa decisión puede basarse en el uso de herramientas de software libre en lugar de software no libre. Ese es el caso de la disciplina Computación Gráfica de la carrera de Ingeniería Informática del Instituto Superior Politécnico de Huambo. En la misma se usaba software no libre para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos básicos. En este trabajo se sistematizan algunos conceptos y beneficios del software libre, a partir de varias fuentes bibliográficas. También se argumenta cómo se determinaron y aplicaron los criterios para la selección de las herramientas de software libre que sustituyeron los programas no libres en la referida disciplina. Una de las principales conclusiones se relaciona con la necesidad de tener en cuenta en primer lugar criterios didácticos, como la posibilidad de que el software elegido soporte la puesta en práctica de los conceptos teóricos estudiados y la facilidad que brinda la herramienta para el aprendizaje de los mismos. El hecho de que la herramienta sea software libre con licencia gratuita es un criterio fundamental para evitar los gastos de la institución en las mismas, de manera que no se incurran en ilegalidades. Otros criterios también son importantes como: la existencia de una vasta comunidad de usuarios del software, los requisitos de hardware, así como la facilidad de instalación de las herramientas.

Palabras clave: Computación Gráfica; Proceso de Enseñanza Aprendizaje; Software Libre

Abstract: Professional software is widely used in the university engineering courses. The university professors often must decide which software to use between different alternatives. That decision can be based on using of free software instead of non-free software. That is the case of the Graphic Computing subject in Computer Engineering course of the Higher Polytechnic Institute of Huambo. In that subject non-free software was used to support the teaching and learning of the basic concepts. In this paper some concepts and benefits of free software are systematized, from several bibliographical sources. Also, it explains how the criteria for the selection of the free software tools were determined and applied that replaced the non-free computer programs in the referred subject. One of the main conclusions is related to the necessity to consider, in the first place, didactic criteria, like the possibility that chosen software that support put into practice the theoretical concepts studied and the facility that the tool offers for the learning. The fact that the tool is free software with a free license without cost is a fundamental criterion to avoid the costs of the institution on the tools, without incurring in illegalities. Other criteria are also important like: the existence of a vast software user's community, the hardware requirements, as well as the ease of tools installation.

Keywords: Graphic Computing; teaching-learning process; Free Software

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, es innegable que las TIC pueden mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje de diversas maneras: mediante el incremento de la motivación de los estudiantes, el mejoramiento de las habilidades de comunicación e investigativas, facilitando los procesos de evaluación, y otras.

Además de los innumerables beneficios que reporta el uso de las TIC de forma general en la educación, en la Educación Superior desempeñan un importante papel, al propiciar una mejor preparación para el mundo laboral, donde cada día son más usadas.

En las carreras que forman profesionales en Informática normalmente se tiene una alta expectativa y una elevada presión relacionada con el uso de nuevas tecnologías. Según Qurat-ul-Ain, Shahid, Aleem, Arshad, Azhar y Murtaza (2019) en los programas de Informática, es responsabilidad de los profesores motivar a los estudiantes a identificar un amplio rango de recursos. Deben usar una vasta variedad de medios, por ejemplo, video tutoriales, y ayudar a los estudiantes para que ellos mismos determinen las habilidades, conocimientos y recursos que son requeridos para completar su proceso de aprendizaje.

Los docentes deben propiciar el desarrollo de habilidades basadas en prácticas de laboratorio, proyectos, y evaluaciones, porque es esencial para los estudiantes de Informática comprender los conceptos teóricos de Informática a través de su implementación práctica (Qurat-ul-Ain et al., 2019).

Existen diversas herramientas tecnológicas que pueden ser usadas en la formación inicial de los profesionales. Estas herramientas van desde las que no han sido concebidas específicamente con fines educativos, hasta aquellas que han sido desarrolladas específicamente para apoyar procesos de enseñanza aprendizaje.

Varios autores consideran software educativo a aquellos programas desarrollados con la intención de apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, Marquès (2004) sostiene que son programas de computación desarrollados con el propósito de ser usados como facilitadores del proceso pedagógico y por consiguiente de aprendizaje, con algunas características particulares tales como: a) facilidad de uso, b) interactividad y la posibilidad de personalización de la velocidad de los aprendizajes.

La evaluación de software desarrollado con fines educativos recibe mucha atención en la literatura sobre este tipo de programas. Sin embargo, en las

universidades, debido a que se encargan de la formación de profesionales, se usa ampliamente el software desarrollado para el mundo laboral. Los profesores a menudo deben decidir cuál programa de ese tipo usar entre distintas alternativas.

A menudo la selección de una mejor alternativa pasa por decidir entre usar software libre o software no libre. No obstante, ese no debe ser el único criterio a tener en cuenta. Incluso, dentro de una misma categoría, el docente encontrará frecuentemente varias herramientas con distintas características, por lo que tendrá que aplicar un conjunto de criterios más amplios para tomar una decisión adecuada.

Por otra parte, la Computación Gráfica es un área de la Informática que se dedica al estudio y desarrollo de técnicas y algoritmos para la generación (síntesis) de imágenes a través de computadoras (Harb y Cohen, 2006).

En la disciplina Computación Gráfica de la carrera de Ingeniería Informática del Instituto Superior Politécnico de Huambo (ISPHbo) se estudian algunos conceptos y técnicas de esa área de la Informática. Entre los mismos están algunos relacionados con el modelado geométrico 3D, modelado jerárquico, primitivas gráficas, extrusión, sistemas de coordenadas, transformaciones geométricas (traslación, rotación, variación de escala, etc.), proyecciones geométricas más usadas como la proyección ortográfica y perspectiva.

En la referida disciplina también se analizan la iluminación, el mapeado de texturas, y otras técnicas que buscan producir imágenes digitales con alto grado de realismo. En Harb y Cohen (2006) puede encontrarse un análisis más detallado de esos contenidos.

Para poner en práctica los conceptos y técnicas estudiadas en la disciplina Computación Gráfica se usaba en un primer momento del curso el sistema AutoCAD 2010. El uso de esa herramienta de diseño asistido por computadoras en la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo presentó los siguientes inconvenientes:

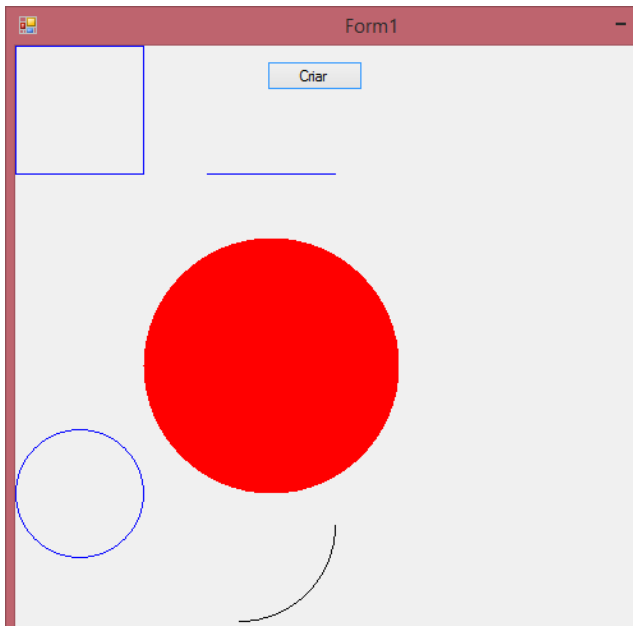
- Software propietario con un elevado precio. Según Finances Online (2019) AutoCAD tiene un precio desde \$185 (por un mes) hasta \$4 410 (por tres años).
- La interface en idioma inglés dificultaba el aprendizaje por parte de los estudiantes.
- Lento desempeño en las computadoras del laboratorio de Informática del ISPHbo.

En cuanto a la implementación de los conceptos

mediante programación, se usaba la Interfaz de Desarrollo de Aplicaciones (API) GDI+. Las siglas GDI, provienen del inglés Graphics Device Interface, que en español significa Interfaz de Dispositivo Gráfico. GDI es un subsistema de Windows que permite la representación de objetos gráficos y transmitirlos para dispositivos de salida como el monitor. El entorno de programación Visual Studio .Net se usaba en la referida carrera para programar con GDI+, con el lenguaje de programación C#.

Además de ser software no libre, el uso del GDI+ tenía otras limitaciones: sólo se podían programar figuras en dos dimensiones (2D), limitando la implementación de otros conceptos, en espacio tridimensional (3D). La Figura 1 muestra resultados de ejercicios que se desarrollaban en la disciplina con GDI+, que consistían en la implementación de figuras 2D.

Figura 1. Figuras 2D programadas con GDI+



Fuente: Elaboración propia

Las limitaciones descritas de ambas herramientas de software para el estudio de los conceptos de Computación Gráfica en la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo hicieron necesario la búsqueda de alternativas para su sustitución.

Por tanto, el objetivo de este artículo es describir un conjunto de criterios que se utilizaron durante el proceso de selección de software profesional y libre, para apoyar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos de Computación Gráfica en la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo.

Considerando la multitud de factores que pueden

incidir en ese tipo de decisión, los criterios descritos en este trabajo podrían ampliarse o adaptarse a la realidad presente de las instituciones educativas en general y los procesos de enseñanza aprendizaje de las disciplinas curriculares, en particular.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó el análisis y la síntesis de información de diversas fuentes bibliográficas que contribuyeron a sustentar las características y ventajas del software libre. Fue de interés encontrar en algunas fuentes el análisis del uso de software libre en las universidades y particularmente en las carreras de Informática.

Para determinar los criterios de selección de las herramientas de software para la disciplina Computación Gráfica de la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Las necesidades del proceso de enseñanza aprendizaje en la disciplina de Computación Gráfica, en la cual se requería que los estudiantes llevaran a la práctica los conceptos teóricos analizados en la misma.
- Las limitaciones, ya mencionadas, de las herramientas de software que se usaban para realizar las prácticas en la disciplina.
- Razones económicas, específicamente la necesidad de que la institución no incurriera en gastos en la compra de licencias de software.
- Razones legales y éticas, concretamente que se pueda usar software sin cometer ilegalidades al violar derechos autorales y comerciales de las compañías que los producen.
- Las características de las computadoras del laboratorio de Informática del ISPHbo, que debían permitir que las herramientas de software seleccionadas se ejecutaran con rapidez.
- La relación de la disciplina Computación Gráfica con otras disciplinas de la carrera, específicamente con la programación.
- Se analizaron algunos trabajos que realizan estudios comparativos de distintas herramientas de software relacionadas con el área de Computación Gráfica. Ello también ayudó a determinar los criterios de selección de los programas para la disciplina, a partir de características que se reiteran y que son bien valoradas en los estudios comparativos revisados.

Para valorar las propuestas en cada caso, se usó el criterio de usuarios, que es un método a través del cual se obtienen las opiniones de los sujetos que se convierten en beneficiarios directos de una propuesta.

Según Mesa, Guardo y Vidaurreta (2019), los usuarios no necesariamente son especialistas en una materia, masters o doctores que presentan un nivel de conocimientos académicos importante, no necesariamente tienen un conocimiento profundo del tema objeto de investigación.

Los usuarios seleccionados para valorar las herramientas de software propuestas para la disciplina Computación Gráfica fueron los estudiantes de segundo año de la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo, que estaban involucrados en el proceso de enseñanza aprendizaje de la referida disciplina, durante el año 2019. Estas personas obtuvieron beneficios de las propuestas, pues aplicaron los conceptos fundamentales de la disciplina con las herramientas de software seleccionadas, que les permitieron aplicar y comprender fácilmente esos conceptos.

Para recoger las opiniones de los estudiantes se elaboró un cuestionario con varias preguntas relacionadas con las propuestas. Participaron un total de 21 estudiantes de segundo año de la carrera de Ingeniería Informática (de un total de 24 estudiantes del grupo).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Algunos beneficios del software libre

Según el proyecto GNU (GNU No es Unix) (2020) es considerado libre cualquier programa que tenga las siguientes cuatro libertades:

- Ejecutar el programa, para cualquier finalidad.
- Estudiar como el programa funciona y adaptarlo a sus necesidades.
- Redistribuir copias a otras personas.
- Mejorar el programa y publicar sus mejoras, de modo que una comunidad sea beneficiada.

Para permitir que el programa sea estudiado y mejorado en este tipo de software se ofrece el código fuente. Nada impide que un desarrollador cobre por las modificaciones hechas, pues hay costos como en cualquier otra actividad, pero la diferencia está en la filosofía del Software Libre, la cual busca el espíritu de libertad y no el lucro.

Según el proyecto GNU (2020) el software que no es libre, llamado también privativo, es cualquier software

que no es libre. Está prohibido su uso, redistribución o modificación, o requiere que se solicite permiso, o tiene tantas restricciones que de hecho no se puede hacer libremente.

Entre las ventajas del software libre están las siguientes:

- Bajo costo de las licencias o licencias sin costo.
- Actualizaciones permanentes.
- Intercambio de experiencias, dudas e informaciones en la comunidad del respectivo producto.
- El hecho de estar disponible el código fuente y libre para modificaciones, permite a las organizaciones no estar presas a un suministrador. Pueden modificar y adaptar el software seleccionado de acuerdo a sus mejores intereses.
- Al compartir conocimiento tecnológico a partir de software libre se promueve la creación de nuevas funcionalidades bien como diversos productos, estimulando la innovación así la creatividad (Borislav, 2013).

El software libre se caracteriza por tener comunidades muy productivas, dedicadas al usuario de un determinado programa. Esas comunidades permiten intercambiar conocimientos, aclarar dudas, tener acceso a tutoriales, entre otros beneficios.

La utilización de software no libre en las instituciones universitarias exige altos costos para las mismas. Como tienen la posibilidad de utilizar programas libres, que en muchas ocasiones son gratuitos, las universidades podrían invertir el dinero en otras prioridades.

Económicamente el software libre es de gran beneficio para cualquier institución o usuario, pues en muchas ocasiones no requiere de la compra de licencias y siempre se obtiene la versión completa del programa por tiempo ilimitado a diferencia de su contraparte comercial. Es muy favorable el hecho de que el software libre permite compartir las mejoras, permitiendo que las mismas sean de fácil acceso a través de la web de forma gratuita y legal.

Morelli, Pangia y Nieva (2016), argumentan que el ámbito universitario es el que está mejor preparado para aprender a utilizar Software Libre. Si en una universidad todos sus docentes y estudiantes dominan alternativas diversas de Software Libre y en la carrera se logran las competencias con el uso de este tipo de programas, los jóvenes profesionales así formados, al insertarse en el mundo productivo,

estarían en mejores condiciones de operar con cualquier tipo de software sea libre o privativo, incluso podrían asesorar a las empresas en las mejores alternativas y más económicas.

Según Barbosa, Arimoto, Isotani y Maldonado (2015) actualmente, en la enseñanza de la Computación aún existe una fuerte dependencia por el uso de software propietario. Esos formatos cerrados poseen diversas restricciones en cuanto a su uso, sean ellas cuestiones técnicas, barreras legales o de precio. Alternativamente, el software libre ha ganado creciente importancia, ampliando el acceso al conocimiento con costos reducidos.

No obstante, a pesar de las ventajas y beneficios ya identificados, hay aún un camino arduo a ser recorrido: iniciativas para el uso de software libre en la enseñanza de la Computación, aún se muestran incipientes. De hecho, es necesario que haya una concientización de que con software libre se configura un medio efectivo para la colaboración, el intercambio de experiencias y, sobretudo, para la innovación y el perfeccionamiento de los actuales modelos y prácticas de enseñanza, inclusive en el área de Computación (Barbosa, Arimoto, Isotani, y Maldonado, 2015).

3.2. Conjunto de criterios determinados para la selección de las herramientas de software para la disciplina Computación Gráfica

Para la selección de la aplicación gráfica 3D para sustituir el software AutoCAD 2010 se determinaron los siguientes criterios:

- Soporte para la aplicación práctica de los conceptos y técnicas estudiadas en la disciplina. El software debía permitir aplicar de forma práctica los conceptos fundamentales que se estudian en la disciplina de Computación Gráfica de la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo.
- Facilidad de uso para aprendizaje de los conceptos fundamentales que se estudian en la disciplina de Computación Gráfica del curso de Ingeniería Informática del ISPHbo. Los aspectos a tener en cuenta bajo este criterio son:
 - a) Posibilidad de configurar el idioma de la interface en portugués.
 - b) Facilidad para activar los comandos.
 - c) Posibilidades de visualización de los objetos,
 - d) Facilidad para ejecutar los procedimientos básicos durante el modelado geométrico de los objetos.

e) Satisfacción de los estudiantes para el aprendizaje de los conceptos y técnicas de Computación Gráfica con el software.

- El tipo de licencia y su costo: se refiere a si la licencia de uso de la aplicación es libre y gratuita o si es necesario incurrir en algún tipo de inversión para su obtención. La licencia de la aplicación que se escogiera debía ser una licencia para software libre gratuito, pues las mismas permiten la copia y distribución del programa sin costos, y sin incurrir en ilegalidades.
- Requisitos de hardware y sistema operativo: Este criterio especifica los requisitos mínimos a nivel de hardware y/o sistema operativo que se necesitan para la instalación y desempeño de la aplicación. Para la selección de la aplicación se debía tener en cuenta las características del hardware de las computadoras y el sistema operativo instalado en el laboratorio de Informática del ISPHbo. Dentro de esos requisitos los fundamentales son:
 - a) Procesador.
 - b) La memoria RAM.
 - c) La tarjeta gráfica.
 - c) Las características del ratón.
 - d) El sistema operativo instalado.
- Facilidad de instalación: Este criterio determina la facilidad en el proceso de instalación, determinando la complejidad y se requiere de algún tipo de habilidad para hacer la instalación del software.
- Comunidad de usuarios en idioma portugués: El software debía poseer una vasta comunidad de usuarios en idioma portugués, donde encontrar documentación para aprender el trabajo con la aplicación de manera fácil, y también para hacer intercambios de conocimientos, aclarar dudas, etc.

Para la selección de la biblioteca gráfica 3D que debía sustituir el GDI+ se determinaron criterios semejantes a los determinados para la aplicación gráfica, con las especificidades para ese tipo de software.

También se agregó el criterio del entorno de programación, el cual se refiere a los lenguajes de programación requeridos por las herramientas para el desarrollo gráfico de los proyectos. La biblioteca gráfica a seleccionar debía permitir la programación

en Java, debido a que es el lenguaje que se había introducido en las disciplinas de programación en la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo.

3.3. Aplicación de los criterios en la selección de las herramientas de software

Se realizó una búsqueda de publicaciones relacionadas con herramientas de software libre que pudieran cumplir con los criterios definidos anteriormente. Como resultado se seleccionaron las siguientes herramientas: la aplicación gráfica Blender 3D para sustituir AutoCAD y el Kit de Desarrollo de Software (SDK) jMonkeyEngine Software Development Kit, para sustituir el uso de GDI+.



Una vez seleccionadas las herramientas, las respectivas propuestas se hicieron mediante un análisis comparativo con las herramientas que se usaban anteriormente. Cada criterio fue analizado en detalle tanto para la nueva herramienta propuesta como para el software que se usaba. Posteriormente, cada criterio comparativo fue sintetizado en tablas.

Por ejemplo, para los dos primeros criterios, se analizaron las funcionalidades tanto de Blender como de AutoCAD y se concluyó que ambos soportan la aplicación práctica de los conceptos estudiados en la disciplina Computación Gráfica. Sin embargo, Blender permite el aprendizaje de los mismos con mayor facilidad para los estudiantes, entre otras, por las siguientes razones:

- Idioma de la interfaz. Blender puede configurarse para que muestre la interfaz y los mensajes de ayuda en idioma portugués. En el caso del AutoCAD 2010 que se usaba en los años anteriores la interfaz está en idioma inglés.
- Blender ofrece más facilidades en la ejecución de comandos para aplicar muchos de los conceptos estudiados en la disciplina. Por ejemplo, es más fácil hacer una transformación en un eje, pues el estudiante sólo tiene que presionar con el botón izquierdo en el extremo de un manipulador, asegurar y arrastrar el objeto en uno de los ejes, logrando hacer la transformación rápidamente y de forma interactiva.

En el resto de los criterios adoptados se advierten diferencias que hacen a Blender una mejor alternativa que AutoCAD para la disciplina Computación Gráfica en el ISPHbo. Por ejemplo, en el caso del tipo de licencia; es una de las principales ventajas de Blender sobre AutoCAD, pues el primero es software libre con licencia GPL (General Public License), mientras el segundo es un software propietario con un elevado costo (Tabla 1).



Tabla 1. Tipo y costo de la licencia

Criterio de comparación		
Tipo de licencia	Software libre (GPL)	Software propietario
Costo de la licencia	Gratuita	Desde \$185 hasta \$1470

Fuente: Coeni (2019)

En la Tabla 2 se muestra una comparación de los requisitos mínimos de hardware y Sistema Operativo (SO) para ambas aplicaciones en relación con las características de hardware y sistema operativo instalado en las computadoras disponibles en el laboratorio de Informática del ISPHbo, en el año lectivo 2019.

Tabla 2. Requisitos mínimos de hardware y SO

Criterio	Computadoras del laboratorio		
Procesador	Pentium (R) Dual-Core 2,80 GHz	1 GHz	Intel Pentium 4, 2.2 GHz, o AMD Dual Core, 1.6 GHz
Memoria RAM	2 GB	512 MB	2 GB
Tarjeta gráfica	100 MB	64 MB	128 MB
Sistema operativo	Windows 10 64 bits	Windows XP y superiores. Mac OSX 10.6 y superiores. Linux	Windows® XP Profesional x64 SP2 o superior

Fuente: Coeni (2019)

Como se aprecia en la Tabla 2 los requisitos mínimos de hardware para la instalación de Blender son inferiores a las características de las computadoras del laboratorio de Informática, disponibles en el año lectivo 2019. En tanto AutoCAD 2010 necesita de un hardware con requisitos superiores a Blender.

En el caso de la memoria RAM las computadoras del laboratorio tenían el mínimo recomendado para AutoCAD 2010. En el caso de AutoCAD necesita de una memoria gráfica superior a la que disponen dichas computadoras. Se comprobó que, en las computadoras del laboratorio, el trabajo con AutoCAD 2010 era más lento que con Blender.

En relación con el criterio de facilidad de instalación, fueron probadas en el laboratorio de Informática del ISPHbo las instalaciones de ambos programas. El proceso de instalación de AutoCAD 2010 consumió mucho tiempo, generalmente superior a los 10 minutos, en las computadoras disponibles en el laboratorio, en el año 2019, cuyas características se

muestran en la Tabla 2.

Por otra parte, el proceso de instalación de Blender, en su versión 2.79, en las mismas computadoras fue muy rápido, inferior a 2 minutos, según las pruebas realizadas en el laboratorio. Además, Blender no requiere de configuraciones adicionales para ejecutarse.

En cuanto a la comunidad de usuarios en idioma portugués, ambas herramientas cuentan con muchos usuarios en Internet y abundante documentación para su aprendizaje. No obstante, cabe destacar que Blender posee una vasta comunidad de usuarios en idioma portugués.

En las búsquedas se verificó que existen innumerables recursos sobre Blender compartidos en Internet: blocs, videos tutoriales, sitios web, fórums, y otros. A continuación se comentan dos recursos relacionados con este programa, disponibles en idioma portugués.

- Blender Brasil (2019): es un sitio web que aborda muchos temas relacionados con el uso de este programa. En el mismo se pueden encontrar diversos contenidos relacionados con la modelación, animación, renderización, texturas y juegos. En ese sitio se incluyen diversos recursos de ayuda al nivel de todas las funcionalidades del programa. Es posible acceder a fórums y recibir ayudas, lo mismo como usuario o como estudiante. Permite visualizar tutoriales en soporte escrito o en video.
- Vídeos tutoriales de Blender en portugués para iniciantes (Costa, 2018): Es un conjunto de 30 videos tutoriales, en idioma portugués, alojados en YouTube, creados para aprender Computación Gráfica con este programa. Estos videos fueron descargados y sirvieron de apoyo a las clases prácticas de la disciplina.

En la Figura 2 se muestra una vista de un modelo creado en Blender por un estudiante, como parte del proceso de enseñanza aprendizaje de la disciplina Computación Gráfica en la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo, durante el año lectivo 2019. El modelo representa un centro deportivo existente en la ciudad de Huambo.

En el caso de la biblioteca gráfica 3D se siguió un procedimiento semejante a partir de los criterios definidos para la selección de la misma. Después del análisis de las fuentes bibliográficas y la aplicación de los criterios de selección se decidió:

- Usar JMonkeyEngine, una API gráfica que

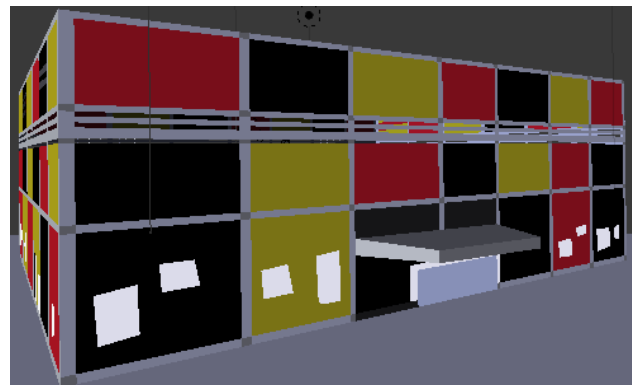
permite acceder a la biblioteca gráfica OpenGL usando el lenguaje Java.

- Usar el Kit de Desarrollo de Software jMonkeyEngine Software Development Kit (en lo adelante jME SDK) para facilitar el trabajo con JMonkeyEngine.

El uso del jME SDK tiene varias ventajas en relación con el software que se usaba anteriormente (GDI+ y Visual Studio .Net), entre las mismas se destacan:

- Permite implementar, mediante programación, todos los conceptos fundamentales que se estudian en la disciplina de Computación Gráfica del curso de Ingeniería Informática del ISPHbo, lo cual puede hacerse en un ambiente 3D, mientras que con el GDI+ solo podían implementarse algunos conceptos en ambiente 2D.
- En jME SDK la programación se realiza en el lenguaje Java, que es el que comenzó a usarse en las disciplinas de programación en la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo, mientras que con GDI+ la programación se realizaba con C#, lenguaje que ya no se imparte en dicha carrera.
- El Kit de Desarrollo de Software jME SDK es software libre distribuido bajo la licencia Berkeley Software Distribution (BSD). Con esa licencia los usuarios no tienen que pagar para hacer uso del SDK. Además, pueden usarlo para entretenimiento, para fines educativos u fines comerciales. Mientras la API GDI+ es parte de Windows, por lo que es software propietario.

Figura 2. Modelo creado en Blender por un estudiante

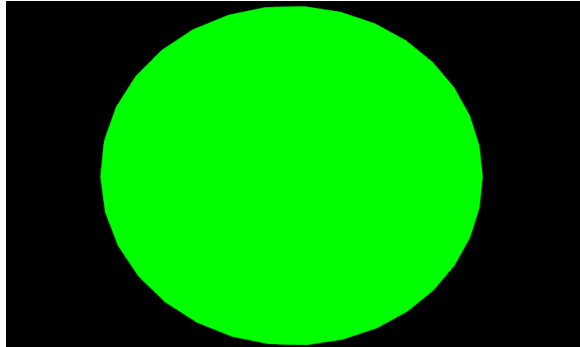


Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 muestra el resultado de programar una esfera y de cambiarle el material en jME SDK. El

ejemplo forma parte de ejercicios paso a paso elaborados para las clases prácticas (Kaeso, 2019).

Figura 3. Una esfera con material aplicado, programada en jME SDK



Fuente: Elaboración propia

Como limitaciones de jME SDK se pueden destacar la no existencia de una amplia comunidad de usuarios en idioma portugués y que su interfaz está en inglés. No obstante, existe una comunidad activa con código fuente disponible para consultas, y dispone de una interfaz intuitiva y de fácil comprensión. Además, existen tutoriales en portugués y un libro traducido a ese idioma.

3.4. Valoración de las propuestas mediante criterio de usuarios

Las propuestas de las herramientas de software libre para la disciplina de Computación Gráfica fueron acompañadas por guías, elaboradas para facilitar la aplicación de los conceptos teóricos con estos programas en las clases prácticas.

Como se explicó en la sección de materiales y métodos, para valorar las propuestas en cada caso, se usó el criterio de usuarios, a partir de las opiniones de los estudiantes de segundo año de la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo, principales beneficios de las propuestas.

Los cuestionarios utilizados para recoger las opiniones de los estudiantes consisten de cuatro preguntas. En la primera interrogante se pidió a los estudiantes sus opiniones sobre el grado de utilidad de las propuestas realizadas, o sea, sobre la selección de las herramientas de software y sobre las guías elaboradas para las clases prácticas.

En la primera pregunta los estudiantes debían marcar en una de las siguientes categorías: Muy útil (MU), Útil (U), Poco útil (PU) o Nada útil (NU). Por ejemplo, las opiniones de los estudiantes encuestados, relacionadas con la propuesta de Blender y las guías para su uso en las clases prácticas, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del cuestionario de la propuesta de Blender y las guías elaboradas

Propuesta	MU	U	PU	NU
La selección de Blender para aplicar, en las clases prácticas, los conceptos teóricos estudiados.	6 (29%)	14 (67%)	1 (5%)	0
Las guías elaboradas para la realización de las clases prácticas con Blender.	9 (43%)	11 (52%)	1 (5%)	0

Fuente: Coeni (2019)

Cabe destacar como principales resultados de la primera pregunta: de 21 estudiantes, 20 (95 %) consideraron que la aplicación gráfica Blender es una alternativa Útil o Muy Útil. Por otra parte, también el 95 % consideró que las guías elaboradas para usar ese programa en las clases prácticas son útiles o muy útiles. Esos resultados significan que las propuestas fueron bien valoradas por la mayoría de los estudiantes.

En la segunda interrogante se preguntó a los estudiantes si consiguieron utilizar fácilmente la interfaz de las herramientas. Mientras que, en la tercera pregunta, se indagó sobre si consiguieron comprender y acabar los ejercicios propuestos en cada guía. En ambos casos, se pidió que justificaran sus respuestas.

Por ejemplo, en el caso de la propuesta de Blender, de 21 estudiantes encuestados, 14 (67 %) respondieron que sí consiguieron utilizar fácilmente la interfaz de esa herramienta. Mientras 17 (81 %) respondieron que sí lograron comprender y acabar los ejercicios propuestos en cada guía.

En la última pregunta los estudiantes tenían la posibilidad de expresar otras opiniones sobre las herramientas de software propuestas para la disciplina Computación Gráfica. En ambas propuestas la mayoría de las opiniones fueron positivas.

Por ejemplo, 14 estudiantes (67 %) opinaron que Blender es un software adecuado para la disciplina, pues ayuda a aprender los conceptos y es útil para los profesionales. También siete encuestados (33 %) apreciaron que es una herramienta nueva que motiva a los estudiantes. Además, es importante destacar que varios estudiantes (11, 52 %) pidieron tener más clases prácticas con ese software.

4. CONCLUSIONES

El uso de software libre puede tener varias ventajas: licencias gratuitas, actualizaciones permanentes, comunidades muy productivas dedicadas a los

usuarios, y otras. Por eso actualmente su utilización está siendo relevante en diversas instituciones, promoviéndose su uso en las universidades.

Las experiencias descritas permitieron seleccionar y aplicar un conjunto de criterios que dieron como resultado la propuesta y uso de las herramientas de software libre Blender y jME SDK como mejores alternativas al software no libre que se usaba en la disciplina Computación Gráfica de la carrera de Ingeniería Informática del ISPHbo. Los criterios seleccionados y aplicados pueden tomarse como referencia por las instituciones de educación superior en casos similares.

Ello implica la necesidad de tener en cuenta, en primer lugar, criterios didácticos, como la posibilidad de que el software elegido soporte la puesta en práctica de los conceptos teóricos estudiados y la facilidad que brinde para el aprendizaje de los mismos.

El hecho de que la herramienta sea software libre con licencia gratuita es un criterio fundamental para evitar los gastos de la institución en las mismas. El software libre también puede aportar vastas comunidades de usuarios, donde encontrar documentación para facilitar el aprendizaje de los programas. Otros criterios también son importantes como los requisitos de hardware, así como la facilidad de instalación de las herramientas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, E. F., Arimoto, M. M., Isotani, S. y Maldonado, J. C. (2015). Software Livre e Conteúdos Educacionais Abertos no Ensino de Computação. *Revista da Sociedade Brasileira de Computação*, 27, 02/2015, 64-70. Recuperado de: <http://www.edutechdebate.org>
- Blender Brasil. (2019). Recuperado de: <http://www.blender.com.br>
- Borislav, J. A. (2013). *Blender 3D Open Source: Potencialidades aplicadas ao ensino*. Mestrado em Educação e Comunicação Multimédia. Instituto Politécnico de Santarém. Recuperado de: <https://repositorio.ipsantarem.pt>
- Coeni, H. (2019). *Proposta de um aplicativo gráfico 3D para a disciplina de Computação Gráfica*

do curso de Engenharia Informática e Computadores. Trabajo de Conclusión de Curso sin publicar. Instituto Superior Politécnico de Huambo. Angola.

- Costa, D. (2018). Tutoriais do Blender em Português para iniciantes. Recuperado de: <http://www.youtube.com>
- Finances Online. (2019). Compare Blender vs Autodesk AutoCAD. Recuperado de: <http://reviews.financesonline.com>
- GNU (2020). El sistema operativo GNU. Recuperado de: <http://gnu.org>
- Harb, I., y Cohen, M. (2006). Introdução à Computação Gráfica. RITA. XIII (2). Recuperado de: <https://www.inf.pucrs.br>
- Kaesó, C. (2019). *Proposta de uma biblioteca gráfica 3D para a disciplina de Computação Gráfica do curso de Engenharia Informática e Computadores*. Trabajo de Conclusión de Curso sin publicar. Instituto Superior Politécnico de Huambo. Angola.
- Marquès, P. (2004). *El software educativo*. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado de: <http://lmi.ub.es>
- Mesa, M., Guardo, M. E. y Vidaurreta, R. R. (2019). Distinciones entre criterio de expertos, especialistas y usuarios. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos82/distinciones-criterio/distinciones-criterio.shtml>
- Morelli, R., Pangia, H., y Nieva, L. (2016). Experiencias de uso de software libre y freeware para la representación gráfica de ingeniería. *III Congreso Argentino de Ingeniería. IX Congreso de Enseñanza de la Ingeniería*. Resistencia 2016. Recuperado de: <https://www.fceia.unr.edu.ar>
- Qurat-ul-Ain, Shahid F., Aleem, M., Arshad, M., Azhar, M. y Murtaza, M. (2019). A Review of Technological Tools in Teaching and Learning Computer Science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2019, 15(11). doi: <https://doi.org/10.29333/ejmsste/109611>