



SOFTWARE LIBRE PARA EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA

FREE SOFTWARE FOR ENGINEERING EDUCATION AND RESEARCH

William Ricardo Rodríguez Dueñas

Universidad del Rosario, Bogotá (Colombia)

Resumen

Utilizar una herramienta de *software* libre implica ejecutarlo, distribuirlo, estudiarlo, modificarlo y mejorarlo sin restricciones. Su utilización a escala mundial aumenta cada día y el potencial de beneficio que representa para el sector educativo y de investigación es considerable. Por un lado, reduce los costos para las instituciones académicas; y por otro, les permite a los estudiantes fomentar su curiosidad científica fuera del aula.

Con el propósito de brindarles a estudiantes, docentes e investigadores una referencia rápida sobre algunos recursos que apoyen su labor, se presenta este artículo de revisión el cual reúne 40 herramientas, 29 de *software* libre y 11 de recursos web. Las herramientas se encuentran clasificadas en las siguientes categorías: métodos numéricos, estadística, diagrama e imagen, captura y edición de señales acústicas, desarrollo de *software*, mapas conceptuales y gestión de proyectos, motores gráficos, electrónica, minería de datos, composición de documentos científicos, gestores bibliográficos, suites de oficina y recursos en línea. Esta última categoría incluye varias páginas web con cursos, videoconferencias y diversos simuladores para ciencia e ingeniería.

Palabras claves: *software* libre, educación, investigación, ingeniería.

Abstract

Use a free software tool means that you can perform, distribute, study, modify and improve the software without any restrictions. Its use worldwide is increasing every day and the profit potential that it represents for the education and research sector is quite considerable. On one hand, the free software represents a significantly costs reduction for academic institutions, and on the other hand, allows students to deepen their scientific curiosity outside the classroom.

With the aim of providing students, teachers and researchers a quick reference about some tools that can support their work, this review article which includes a set of forty tools (twenty nine of free software and eleven online resources) is presented. The tools presented here are classified in the following categories: numerical methods, statistics, diagrams and image, recording and editing audio signals, software development, conceptual maps and project management, graphics engines, electronics, data mining, composition of scientific documents, reference manager, office suites and online resources. The last category includes websites with different courses, video conferences and various science and engineering simulators.

Keywords: free software, education, research, engineering.

Introducción

Hablar de *software* libre generalmente significa que existe la posibilidad de utilizar un programa de computador sin tener que pagar por la copia. A diferencia del *software* pago, los usuarios de *software* libre tienen la libertad de ejecutarlo, distribuirlo, estudiarlo, modificarlo y mejorarlo si así lo desean, todo enmarcado en una filosofía denominada GNU que establece varios tipos de licencia según las necesidades de uso (Free Software Foundation, 1996; OSInitiative, 1998). Su utilización en el mundo aumenta cada vez más. Según el estudio Open Source Index realizado en 75 países por Red Hat Inc. con el Instituto de Tecnología de Georgia, Europa es el continente con más adopción de *software* libre y Francia es el líder mundial, seguido por España. Respecto de países latinoamericanos, en dicho estudio Brasil ocupa el lugar 12, Venezuela el 34, Argentina el 37, Chile el 43 y Colombia el 45 (OSI-Ranks, 2009; Red Hat Inc., 2009). Aunque Colombia está por encima de Uruguay (49), México (51) y Ecuador (59), aún queda un largo camino por recorrer para masificar y adoptar este tipo de tecnología. Una buena manera de promover el uso del *software* libre es utilizarlo en la educación en diversos niveles, desde la educación básica hasta la superior, y en actividades de docencia, investigación y extensión, entre otras. Son varios los motivos que dan importancia a la utilización de *software* libre en la educación. Por un lado, la significativa reducción de costos para las instituciones educativas y, por otro, la posibilidad que adquiere el estudiante de profundizar su conocimiento hasta donde su curiosidad lo lleve. Lo anterior cobra sentido si se tiene en cuenta que, en el transcurso de su formación, un estudiante de ingeniería debe desarrollar actividades como

laboratorios y prácticas que requieren el uso de *software* para el análisis y la simulación de datos, pero si dicho *software* es pago, sólo puede utilizarlo en la institución educativa, lo que limita el tiempo de uso. En cambio, si el software es libre, el estudiante puede seguir trabajando indefinidamente fuera de la institución, lo que fortalece la construcción de su conocimiento.

Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión de herramientas de *software* libre que resulte útil a estudiantes, docentes e investigadores en las actividades de docencia e investigación. Dicha revisión cualitativa reúne un conjunto de 29 herramientas de *software* libre y 11 páginas web con diversos recursos de apoyo en línea.

Nota metodológica

Las herramientas que se presentan son fruto de una revisión general pero cuidadosa en concordancia con un artículo de revisión tipo *overview* (Grant & Booth, 2009). La selección se hizo considerando los siguientes criterios: facilidad de acceso e instalación, buena documentación y experiencias de uso, posibilidad de uso en investigación y funcionamiento multiplataforma (Windows, Linux, MacOS). Todas las herramientas se descargaron e instalaron para comprobar de manera general su funcionamiento. Es importante aclarar que el conjunto de herramientas que se abordan en este trabajo no son las únicas ni las mejores o las más descargadas, sencillamente son las que respondieron a los criterios de selección establecidos. A manera de resumen, las figuras 1 y 2 muestran un diagrama de selección de las herramientas según las necesidades de utilización que se tengan.

Herramientas

A continuación se relacionan 29 herramientas de *software* libre y 11 páginas web con recursos académicos en línea. Las herramientas están organizadas en 13 categorías, así: métodos numéricos, estadística, diagramas e imagen, captura y edición de señales acústicas, desarrollo de *software*, mapas conceptuales y gestión de proyectos, motores gráficos, electrónica, minería de datos, composición de documentos científicos, gestores bibliográficos, suites de oficina y, finalmente, recursos en línea.

Métodos numéricos

Octave

Es un lenguaje interpretado de alto nivel para computación científica o análisis numérico similar a Matlab®. De hecho, la sintaxis (código de programación) de estos dos programas es casi idéntica. Esta herramienta multiplataforma funciona sin interfaz gráfica de usuario, lo que significa que se controla por comandos en la consola del programa. Sin embargo, según su página web oficial, a partir de la versión 4.0.X la herramienta tendrá una interfaz de usuario o Guide User Interface GUI (GNU Octave, 1998). Tras instalar Octave, el programa tiene paquetes de trabajo básicos para su funcionamiento que se pueden ampliar con paquetes para control, econometría, procesamiento de señales e imágenes, estadística, etc. (Octave Packages, 1998).

Scilab/Xcos

Herramienta de computación numérica, multiplataforma, para aplicaciones científicas y de ingeniería. Nació en la década de los noventa con una versión de consola y cuenta con una versión con interfaz de usuario. Tras la instalación, tiene precargados numerosos paquetes listos para operar (Scilab, 1994). Es una excelente opción, similar a Matlab®, que además posee la herramienta Xcos, un editor gráfico para diseñar y modelar sistemas dinámicos semejante a la herramienta Simulink®, que está integrada en Matlab®.

Máxima

Creada para la manipulación de expresiones simbólicas y numéricas, por ejemplo, expresiones para diferenciación, integración, series de Taylor, transformadas de Laplace, ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas de ecuaciones lineales, polinomios y vectores, entre otras. Esta herramienta también dibuja funciones y datos en dos y tres dimensiones y tiene una interfaz de usuario muy intuitiva y fácil de manejar (Máxima, 1998).

Estadística

R

Muy utilizada en investigación para el cálculo estadístico y creación de gráficos avanzados. Funciona como lenguaje de programación interpretado que permite subrutinas, bucles, programación modular y uso de funciones. Al instalar *R*, la distribución contiene herramientas preinstaladas con modelos de regresión lineal y no lineal, análisis de series de tiempo, pruebas paramétricas y no paramétricas, *clustering* y suavizado (R, 1997). Esta herramienta carece de interfaz de usuario por lo que su operación es por comandos desde la consola o ejecutando *scripts*; además, permite ampliación por medio paquetes instalables, disponibles en servidores alrededor del mundo.

R Commander

Ya que la herramienta *R* funciona por línea de comandos y hace las veces de motor de cómputo, existe un conjunto de paquetes denominados *R Commander* (o *Rcmdr*) que funcionan como interfaz de usuario pero utilizando el motor de cómputo de *R*. Les permite a usuarios menos experimentados con el trabajo por línea de comandos utilizar el potencial de *R* por medio de una interfaz de usuario amigable y en español (Fox, 2005). La instalación de los paquetes *Rcmdr* se hace desde la opción *Instalar paquetes* en el menú de *R*. Tanto *R* como *Rcmdr* se encuentran muy bien documentados y en internet hay múltiples ejemplos y tutoriales (Sáez, 2012).

Diagramas e imagen

Gimp

Herramienta de manipulación de imágenes. Posee numerosas utilidades para retoque, composición y creación de imágenes similares a las de *Photoshop*®. También la utilizan artistas en el ámbito digital, puede ser ampliada mediante *plug-ins* y extensiones con múltiples finalidades, además de contar con una interfaz de *scripting* avanzado (GIMP, 2001).

GNUplot

Utilidad gráfica que funciona por línea de comandos para crear gráficos científicos avanzados. El código fuente está protegido por *copyright* pero es de libre distribución, lo que significa que no hay que pagar por su utilización. Fue creado originalmente para permitirles a científicos y estudiantes visualizar funciones matemáticas y datos de manera interactiva; además, se utiliza como motor de trazado de otras aplicaciones como *Octave* (GNUplot, 1986).

LibreCAD

Aplicación de diseño asistido por computador (CAD). Cuenta con muchas opciones para diseño, dibujo técnico y arquitectónico, y a diferencia de *AutoCAD*® que maneja 3D, *LibreCAD* utiliza solamente formatos 2D. Aunque es una herramienta un poco limitada para expertos y versados en la materia, *LibreCAD* es una buena alternativa para principiantes, estudiantes y aficionados o para realizar diseños de baja complejidad (LibreCAD, 2011).

Inkscape

Editor de gráficos vectoriales similar a *Corel Draw*® o *Freehand*®. La principal diferencia es el uso del estándar Scalable Vector Graphics (SVG) (W3C-SVG, 2010). Es una herramienta ampliamente usada por profesionales y aficionados para crear varios tipos de gráficos como ilustraciones, íconos, logotipos, diagramas, mapas y gráficos web (Inkscape, 2003).

Captura y edición de señales acústicas

Wavesurfer

Apropiada para la captura y análisis de señales acústicas. La utilizan profesionales de la voz y fonetistas ya que permite el análisis específico de habla, transcripciones IPA (International Phonetic Alphabet), aplicación de filtros y *scripting*, entre otros. Este programa no necesita instalación ya que se descarga un archivo ejecutable directamente (Beskow & Sjolander 2007).

Praat

Software para el análisis científico del habla, muy utilizado en lingüística y en la investigación de las propiedades acústica de la voz y la articulación de sonidos. Una de sus grandes ventajas es el análisis de corpus de voz (bases de datos de audio) de manera automática y la generación de reportes por medio de *scripts*. Es una herramienta bien documentada y con varios ejemplos de uso en internet (Boersma & Weenink, 2001).

Audacity

Es un editor de audio especialmente útil en grabación y edición simultánea de pistas, así como la aplicación de filtros y efectos sobre ellas y la digitalización de registros analógicos. Soporta varios tipos de archivos como WAV, AIFF, FLAC, MP2, MP3 y Ogg Vorbis, entre otros (Audacity, 1999).

Desarrollo de software

Netbeans

Es un entorno de desarrollo integrado (o IDE por su sigla en inglés) creado para escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. La herramienta está escrita en Java pero puede utilizarse para otros lenguajes de programación como AnsiC, Cpp, Perl, PHP, etc. Cuenta con varios módulos que amplían la funcionalidad del IDE y su documentación en

línea es variada entre tutoriales, manuales, código ejemplo y videos. La instalación de *Netbeans* en cualquier sistema operativo requiere que el sistema tenga el SDK (Software Development Kit) de Java, también disponible en la página de la herramienta (NetBeans, 2000).

Eclipse

Programa compuesto por un conjunto de herramientas de programación para desarrollar diversos tipos de aplicaciones de escritorio. Esta herramienta tiene un instalador estándar al cual se le pueden adicionar paquetes o módulos para trabajar en lenguaje Java, C, C++ y complementos útiles para desarrolladores (Eclipse, 2001).

Mapas conceptuales y gestión de proyectos

CmapTool

Permite construir, navegar y compartir mapas conceptuales. Su página web es, de hecho, uno de ellos. Dado que permite integrar imágenes, vídeo, audio e incluso crear presentaciones con macros, es posible elaborar mapas conceptuales multimedia y, al instalar el programa, compartirlos o consultar los de otros usuarios por medio de una conexión a internet (CmapTools, 2002).

GanttProject

Herramienta para crear y gestionar proyectos. Permite importar proyectos de *Microsoft Project*® y exportar los creados como imagen, html e informes en pdf. Una característica relevante de esta herramienta es que permite la visualización de diagramas de recursos y de tipo PERT (Project Evaluation and Review Techniques (PERT) que se obtienen automáticamente a partir de la información misma del proyecto (Dmitry & Alexandre, 2003).

Motores gráficos

Allegro

Conjunto de librerías para programar juegos principalmente escritas en lenguaje C y C++. Estas

librerías pueden compilarse en diferentes sistemas operativos y tienen numerosas funciones de dibujo a partir de primitivas de figuras geométricas. Por otro lado, como diseñaron para desarrollar videojuegos, estas librerías poseen muchas funciones para efectos visuales, colisiones, interacción y manejo de imágenes secuenciales (Allegro, 1995).

Ogre

Motor de renderizado (generación de una imagen desde un modelo) de gráficos en tres dimensiones escrito en C++, razón por la que necesita de un compilador de C++ para su funcionamiento. Es una herramienta robusta y bien documentada que se puede utilizar para desarrollar videojuegos, visualización científica, simuladores, *software* educativo y arte interactivo, entre otros (Ogre, 2000).

VTK

Es una herramienta para elaborar gráficos 3D, procesamiento de imagen y visualización científica de diversos tipos de datos. Es un conjunto de bibliotecas de clases de C++ manejadas desde lenguajes como Tcl/Tk, Java, y Python. La herramienta posee una amplia variedad de algoritmos de visualización que incluyen datos escalares, vectores, tensores, texturas y métodos de volumen, entre otros (VTK, 1993).

Electrónica

Arduino

Entorno integrado de electrónica abierta para crear prototipos. Ha sido creada para que diseñadores y aficionados puedan crear entornos u objetos interactivos con facilidad. Sus tarjetas base pueden tomar información del entorno a través de sensores y un programa simple de computadora. Los proyectos hechos con esta herramienta suelen ser de muy bajo costo y tienen la posibilidad de comunicarse con otras interfaces de diseño como *Processing* (Arduino, 2005).

Processing

Entorno de desarrollo que integra diversas librerías para comunicaciones, aplicaciones web, imagen,

recursos de audio, electrónica y sensores, entre otras. Ampliamente utilizado dentro de las artes visuales mezcladas con tecnología. También se emplea para enseñar a estudiantes los fundamentos de programación dentro de un contexto visual ya que los cambios realizados en los programas son más fáciles de apreciar gráficamente (Processing, 2001).

Fritzing

Herramienta de diseño electrónico que posee extensas librerías de elementos y dispositivos eléctricos y electrónicos que facilitan el diseño, montaje y construcción de prototipos. Posee también un sitio web que fomenta un entorno creativo ya que les permite a los usuarios documentar sus prototipos, compartirlos y recoger experiencias de uso (Fritzing, 2007).

Minería de datos

Weka

Conjunto de algoritmos de aprendizaje de máquina (o *Machine learning*) utilizado en tareas de minería de datos (*Data mining*). Los algoritmos se pueden aplicar directamente a un conjunto de datos o llamados desde subrutinas o *scripts*. La herramienta es muy utilizada en investigación y contiene herramientas para preprocesamiento de datos, clasificación, regresión, *clustering*, reglas de asociación y visualización, entre otras (Weka, 1999).

Composición de documentos científicos

LaTeX

Sistema profesional para la composición de textos, artículos científicos, tesis, pósteres, presentaciones, libros técnicos, etc. Su filosofía es diferente a la de un procesador de textos tradicional ya que es el sistema el que maqueta y organiza el documento, las imágenes y los índices. De esta manera el usuario centra más sus esfuerzos en escribir el contenido que en editarlo (LaTeX, 1994).

TexMaker

Editor que utiliza el sistema *LaTeX* para escribir/editar documentos. Integra varios paquetes con plantillas para

crear fácilmente tesis, artículos, libros, entre otros, además de utilidades para ortografía, referenciación, autocompletado, visor pdf y visualización permanente del documento final (Texmaker, 2003).

Gestores bibliográficos

Mendeley

Gestor bibliográfico de escritorio que se sincroniza con una plataforma web y permite crear, encontrar, gestionar y compartir documentos de investigación a manera de red social. Permite insertar directamente referencias según varios estilos (APA, IEEE, ISO) en documentos de *Microsoft Word®* o *LibreOffice Writer*; además, posee una utilidad llamada *Web Importer* con la cual es posible adicionar bibliografía a la base de datos personal directamente desde internet (Mendeley, 2008).

Jabref

Gestor bibliográfico que utiliza el formato BibTeX (de bibliografía estándar de LaTeX). Se emplea para importar bases de datos científicas en línea e insertar referencias bibliográficas directamente en documentos de *OpenOffice* o *LibreOffice Writer* (JabRef, 2003).

Suites de oficina

OpenOffice

Conocida inicialmente como *StarOffice*, es la suite ofimática propiedad de *Oracle®*. Incluye herramientas como procesador de textos, hoja electrónica, presentaciones, editor de ecuaciones, herramienta de dibujo y base de datos. También permite importar y exportar documentos en diversos formatos, incluidos los de *Microsoft Office®* (Apache OpenOffice, 2002).

LibreOffice

Suite ofimática creada como bifurcación de la suite *OpenOffice*. También cuenta con herramientas como procesador de texto, hoja electrónica, presentaciones, base de datos, editor de gráficos y un editor de ecuaciones. Es compatible con archivos de *Microsoft Office®* y está disponible por defecto en algunas distribuciones de Linux (LibreOffice, 2010).

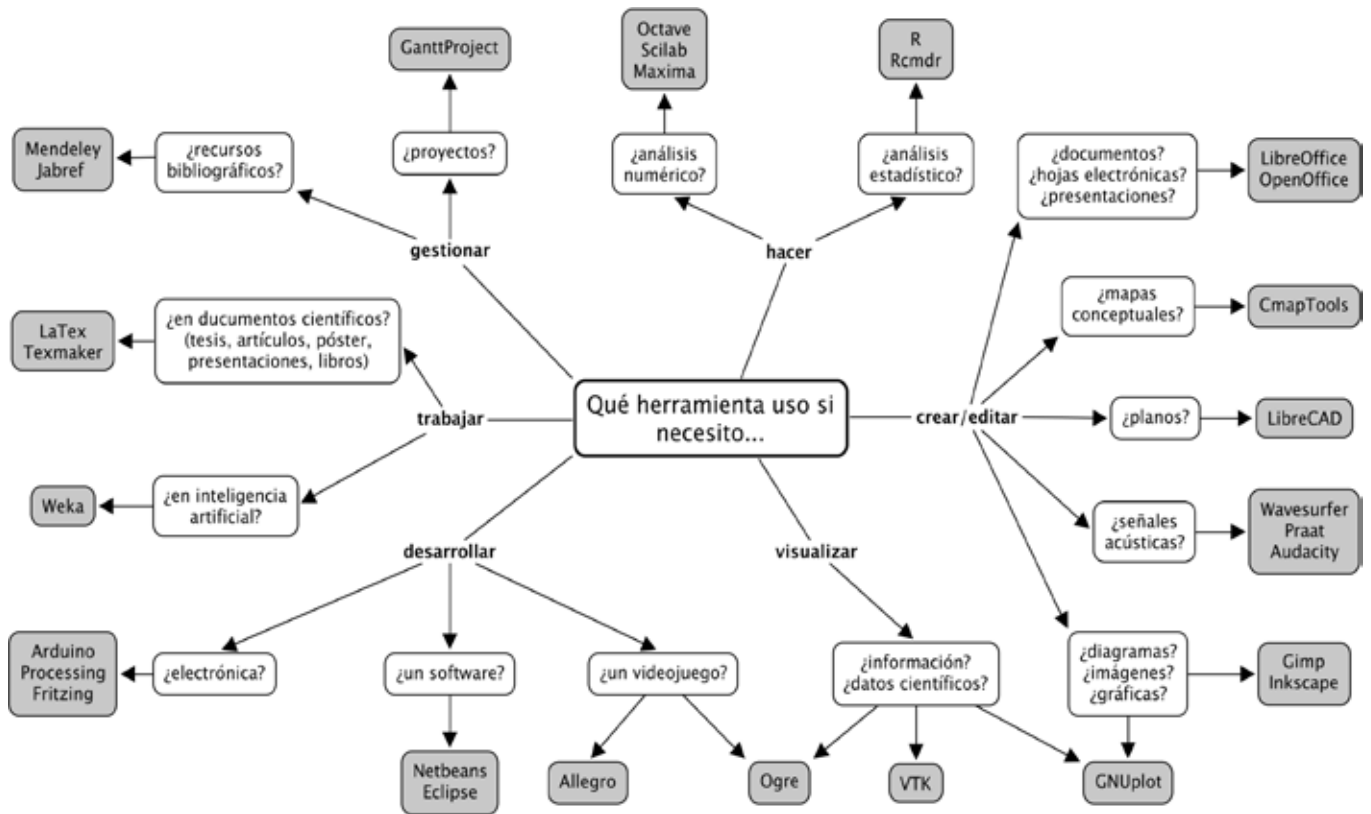


Figura 1. Resumen de herramientas.

Recursos en línea

MiriadaX

Ofrece cursos en línea masivos y abierto o MOOCs de forma gratuita a través de una plataforma web sin horarios. La filosofía de este sitio es impulsar el conocimiento en abierto en el ámbito iberoamericano gracias a las 1.242 universidades que forman parte de la iniciativa. *MiriadaX* ofrece dos tipos de certificaciones a sus usuarios, de participación si se asiste al 75 % de un curso inscrito, y de superación si se asiste al 100 % del curso y se cumplen las pruebas en línea requeridas para la aprobación (Miriada X, 2013).

edX

Ofrece también cursos tipo MOOCs de universidades como el MIT (Massachusetts Institute of Technology),

Harvard y Berkeley. En algunos cursos, *edX* ofrece una certificación denominada *Xseries*, que se obtiene si se participa en todo el curso y se aprueba. Además, dicha certificación puede ser reconocida para obtener créditos académicos en determinados contextos (edX, 2012).

Coursera y Academic Earth

Coursera (Coursera, 2012) y *Academic Earth* (Academic Earth, 2008), ofrecen cursos en varias áreas del conocimiento y algunos de ellos certifican aprobación y finalización. Algunos de los cursos siguen la iniciativa OpenCourseWare u OCW, en la que más que un curso formal se ofrece el material docente, es decir, el material de enseñanza es libre y gratuito y puede utilizarse libremente respetando la cita del autor original (OCW Consortium, 2005).

MIT OCW – MIT Video

Dentro de los cursos tipo OCW se encuentra MIT OCW, que de hecho fue el creador de este tipo de cursos y desde 2001 comparte su material de enseñanza en todas las áreas del conocimiento en su sitio web (MIT OCW, 2001). MIT Video es un sitio desarrollado y mantenido por la Oficina de Noticias del MIT e incluye videos y grabaciones de clases, eventos y diversos contenidos académicos. Existen, además, canales con temas específicos (por ejemplo MIT Media Lab), en los que se unifican los videos de dicho tema que en muchos casos están ligados al su curso OCW correspondiente (MIT Video, 2001).

Videlectures.net

Repositorio web de más de 18.000 video conferencias académicas y científicas. Las conferencias que se alojan allí son impartidas por distinguidos científicos y académicos y se han tomado de eventos, conferencias, cursos de verano y talleres realizados alrededor del mundo. La filosofía del portal es promover la ciencia y el intercambio de ideas y conocimientos didácticos de alta calidad (VideoLectures.NET, 2006).

Signals JHU

Conjunto de simuladores para señales, sistemas y control que funcionan en línea por medio de *applets* de Java. Estos simuladores son un buen recurso para afianzar conceptos sobre convolución, sistemas LTI, análisis de Fourier, etc., ya que sus animaciones gráficas funcionan en tiempo real y permiten interpretar las expresiones matemáticas de manera más intuitiva (JHU Signals, 1995).

PhET

Conjunto de simulaciones interactivas para física, biología, química, ciencias de la tierra y matemáticas que funcionan en línea y se pueden descargar en su totalidad para su uso local. Las simulaciones se han traducido a varios idiomas. En su sitio web se encuentran, además, guías para docentes y tutoriales sobre su uso (PhET, 2002).

Virtual Labs

Página web que reúne a universidades indias que ofrecen acceso remoto a laboratorios virtuales para varias disciplinas de la ciencia y la ingeniería. Se encuentran laboratorios para electrónica, comunicaciones, mecánica, química, biotecnología y biomédica, entre otras. Cada laboratorio ofrece apartados de teoría, test de evaluación, metodología, simulación, conclusiones y un apartado final de *feedback* que busca el mejoramiento continuo de la plataforma (Virtual Labs, 2011).

STAR

El portal STAR (Software Tools for Academics and Researchers) es una iniciativa del MIT y otras instituciones educativas que buscan cerrar la brecha entre la investigación científica y el aula. Allí se encuentran herramientas para explorar la investigación científica como la visualización de moléculas en 3D (*StarBiochem*), un simulador para cruces genéticos (*StarGenetics*), un identificador de proteínas en secuencias de ADN (*StarORF*) y una aplicación para el análisis distribuido en hidrología (*StarHydro*), entre otras herramientas (STAR, 2007).

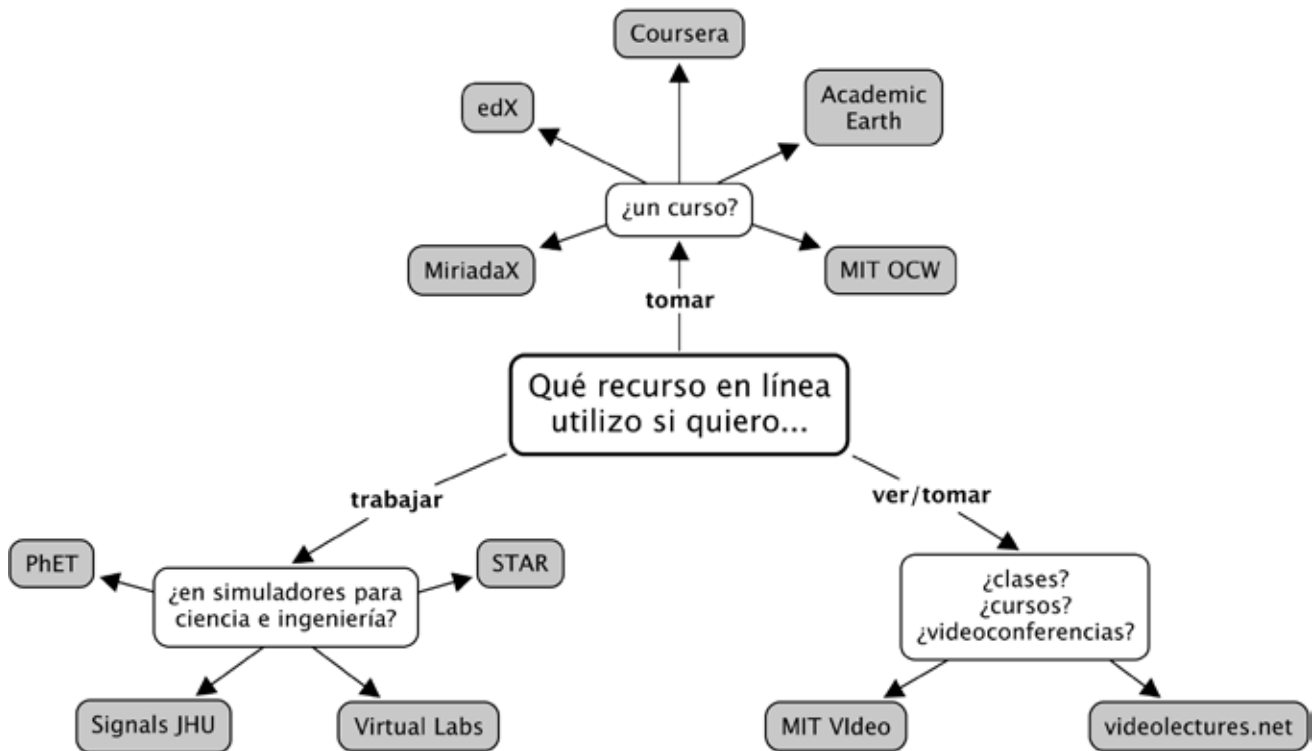


Figura 2. Resumen de herramientas en línea.

Conclusiones

El *software* libre puede apoyar a estudiantes y docentes en actividades académicas o de investigación. Para un estudiante de ingeniería, por ejemplo, este apoyo puede ocurrir desde los primeros semestres hasta la finalización de la formación posgradual. Es posible utilizarlo en actividades como la adquisición y el análisis de datos, y la presentación de documentos, informes, cronogramas, simulaciones, diseños, proyecciones y planos. Por otro lado, le da al estudiante la oportunidad de fomentar su curiosidad intelectual y ser parte activa del desarrollo y mejoramiento de las herramientas, sin estar sujeto a licenciamientos especiales o a restricciones de uso, como en algunas herramientas de pago. El *software* libre puede verse como alternativa a las herramientas de pago sin olvidar que estas últimas son igualmente importantes

y necesarias en actividades de investigación y docencia. Difundir el *software* libre paralelamente al *software* pago es fundamental ya que el potencial de beneficio es a largo plazo y además contribuye a evitar prácticas como la piratería, que aumenta cada vez más en países con economías emergentes (BSA, 2011).

De igual manera, las comunidades en línea, foros y blogs que generalmente tienen las herramientas de *software* libre, facilitan la introducción de usuarios nuevos ya que pueden conocer de antemano las ventajas e inconvenientes de las herramientas que han seleccionado. Es así como el *software* libre representa en muchos contextos una filosofía de trabajo y una opción de vida en la que el trabajo compartido de algunos se convierte en beneficio para todos.

Referencias

- Academic Earth. (2008). Cursos universitarios gratuitos en línea. Recuperado el 20 de enero de 2014 de <http://academicearth.org/>
- Allegro. (1995). A game programming library. Recuperado el 20 de enero de 2014 de <http://alleg.sourceforge.net/>
- Apache OpenOffice. (2002). Suite de oficina de código abierto. Recuperado el 14 de enero de 2014 de <http://www.openoffice.org/>
- Arduino. (2005). Plataforma de *hardware* abierto para prototipado. Recuperado el 10 de enero de 2014 de <http://www.arduino.cc/es/>
- Audacity. (1999). Editor de grabación y edición de sonido. Recuperado el 9 de febrero de 2014 de <http://audacity.sourceforge.net/?lang=es>
- Beskow, J. & Sjolander, K. (2007). WaveSurfer. Open source tool for sound visualization and manipulation. Recuperado el 17 de febrero de 2014 de <http://www.speech.kth.se/wavesurfer/>
- Boersma, P. & Weenink, D. (2001). Praat. Doing Phonetics by Computer. Recuperado el 22 de enero de 2014 de <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
- BSA. (2011). Global Software Piracy Study. Recuperado el 16 de febrero de 2014 de <http://globalstudy.bsa.org/2011/>
- CmapTools. (2002). Knowledge modeling kit. Recuperado el 15 de febrero de 2014 de <http://cmap.ihmc.us>
- Coursera. (2012). Plataforma de educación virtual gratuita. Recuperado el 21 de enero de 2014 de <https://www.coursera.org/>
- Dmitry, B., & Alexandre, T. (2003). GanttProject. Free desktop project management tool. Recuperado de <http://www.ganttproject.biz/>
- Eclipse. (2001). Integrated Development Environment. Recuperado el 11 de enero de 2014 de <http://www.eclipse.org/>
- edX. (2012). EdX offers interactive online classes and MOOCs de The World's Best Universities. Recuperado el 16 de febrero de 2014 de <https://www.edx.org/>
- Fox, J. (2005). The RCommander: a basic statistics graphical user interface to R. *Journal of Statistical Software*, 14(9), pp. 1-42. Recuperado de <http://www.jstatsoft.org/v14/i09>
- Free Software Foundation. (1996). ¿Qué es el *software* libre? Recuperado el 17 de enero de 2014 de <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html>
- Fritzing. (2007). An open-source hardware. Recuperado el 20 de enero de 2014 de <http://fritzing.org/>
- GIMP. (2001). The GNU Image Manipulation Program. Recuperado el 18 de febrero de 2014 de <http://www.gimp.org/>
- GNU Octave. (1998). High-level interpreted language for numerical computations. Recuperado el 15 de enero de 2014 de <http://www.gnu.org/software/octave/>
- GNUplot. (1986). A portable command-line driven graphing utility. Recuperado el 13 de febrero de 2014 de <http://www.gnuplot.info/>
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), pp. 91-108. doi:10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x
- Inkscape. (2003). Editor de gráficos vectoriales profesional. Recuperado el 19 de febrero de 2014 de <http://inkscape.org/es/>
- JabRef. (2003). Gestor bibliográfico. Recuperado el 20 de enero de 2014 de <http://jabref.sourceforge.net/>
- JHU Signals. (1995). Simulaciones en línea para señales, sistemas y control. Recuperado el 23 de enero de 2014 de <http://www.jhu.edu/~signals/>
- LaTeX. (1994). Sistema de composición de textos. Recuperado el 19 de enero de 2014 de <http://www.latex-project.org/>
- LibreCAD. (2011). A free Open Source CAD application. Recuperado el 24 de enero 24 de 2014 de <http://librecad.org/cms/home.html>
- LibreOffice. (2010). Suite de oficina de código abierto. Recuperado el 12 de febrero de 2014 de <http://www.libreoffice.org/>
- Maxima. (1998). A Computer Algebra System. Alexey Beshenov (al@beshenov.ru). Recuperado el 13 de diciembre de 2013 de <http://maxima.sourceforge.net/>
- Mendeley. (2008). Gestor bibliográfico y red social académica. Recuperado el 19 de enero de 2014 de <http://www.mendeley.com/>
- Miriada X. (2013). Cursos *online* masivos en abierto. Recuperado el 18 de febrero de 2014 de <https://www.miriadax.net/home>
- MIT OCW. (2001). Material y cursos gratuitos en línea del MIT. Recuperado el 18 de enero de 2014 de <http://ocw.mit.edu/index.htm>

- MIT Video. (2001). Sitio web del MIT con videos producidos en sus laboratorios y centros de enseñanza. Recuperado el 15 de enero de 2014 de <http://video.mit.edu/>
- NetBeans. (2000). Integrated Development Environment. Recuperado el 11 de febrero de 2014 de <https://netbeans.org/>
- Octave Packages. (1998). Extra packages for GNU Octave. Recuperado el 16 de enero de 2014 de <http://octave.sourceforge.net/packages.php>
- OCW Consortium. (2005). Consorcio OpenCourseWare. Recuperado el 19 de enero de 2014 de <http://www.ocwconsortium.org/>
- OGRE. (2000). Open Source 3D Graphics Engine. Recuperado el 15 de enero 15, 2014 de <http://www.ogre3d.org/>
- OSInitiative. (1998). The Open Source Initiative. Recuperado el 11 de enero de 2014 de <http://opensource.org/>
- OSI-Ranks. (2009). Open Source Index Ranks. Recuperado el 15 de febrero de 2014 de <http://www.redhat.com/f/pdf/ossi-index-ranks.pdf>
- PhET. (2002). Simuladores en línea de física, química, biología, matemáticas y ciencias de la tierra. Recuperado el 23 de enero de 2014 de <http://phet.colorado.edu/>
- Processing. (2001). A programming language, development environment, and online community. Recuperado de <http://www.processing.org/>
- R. (1997). Free software environment for statistical computing and graphics. Recuperado el 18 de febrero de 2014 de <http://www.r-project.org/index.html>
- Red Hat Inc. (2009). Study on Worldwide Open Source Activity and Growth. Recuperado el 16 de febrero de 2014 de <http://www.redhat.com/about/news/press-archive/2009/4/open-source-index>
- Scilab. (1994). Open source software for numerical computation. Recuperado el 20 de febrero de 2014 de <http://www.scilab.org/>
- Sáez, J. (2012). Página personal de Antonio José Sáez Castillo. Recursos diversos para la investigación y la docencia. Recuperado el 15 de enero de 2014 de <http://www4.ujaen.es/~ajsaez/recursos.htm>
- STAR. (2007). Herramientas informáticas para academia e investigación. Recuperado el 28 de enero de 2014 de <http://star.mit.edu/index.html>
- Texmaker. (2003). Free cross-platform latex editor. Recuperado el 14 de enero de 2014 de <http://www.xmlmath.net/texmaker/>
- VideoLectures.NET. (2006). Repositorio en línea de vídeos académicos. Recuperado el 18 de enero de 2014 de <http://videlectures.net/>
- Virtual Labs. (2011). Laboratorios virtuales para ciencia e ingeniería. Recuperado el 23 de enero de 2014 de <http://www.vlab.co.in/>
- VTK. (1993). The Visualization Toolkit. Recuperado el 22 de enero de 2014 de <http://www.vtk.org/>
- W3C-SVG. (2010). Scalable Vector Graphics (SVG). Recuperado el 16 de enero de 2014 de <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>
- Weka. (1999). Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java. Recuperado el 17 de enero de 2014 de <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

Sobre los autor

William Ricardo Rodríguez Dueñas

Ingeniero biomédico de la Corporación Universitaria de Ciencia y Desarrollo. Especialista en Bioingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Máster en Ingeniería Biomédica y Ph.D.

en Ingeniería de la Universidad de Zaragoza, España. Profesor principal de carrera en la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia.
william.rodriguez@urosario.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.