

GNU/Linux, software libre para la comunidad universitaria

Software científico en GNU/Linux

Copyright (C) 2009 José Ángel de Bustos Pérez jadebustos@augcyl.org, Luis Peralta de Arriba luis_peralta@usal.es.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

COLABORADORES

	<i>TÍTULO :</i> GNU/Linux, software libre para la comunidad universitaria	
<i>ACCIÓN</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>FECHA</i>
ESCRITO POR	José Ángel de Bustos Pérez y Luis Peralta de Arriba	19 de octubre de 2009

HISTORIAL DE REVISIONES

NÚMERO	FECHA	MODIFICACIONES	NOMBRE
1.01	14-04-2008		José Ángel de Bustos Pérez , Luis Peralta de Arriba
1.02	18-10-2009		Luis Peralta de Arriba

Índice general

1. Introducción	1
2. Procesadores de texto	2
2.1. TeX	2
2.1.1. LaTeX	3
2.1.1.1. Texmaker	3
2.1.1.2. Kile	4
2.2. GNU TeXmacs	4
2.3. LyX	5
2.4. OpenOffice.org Math	6
3. Creación de gráficos	8
3.1. Representación de funciones y datos	8
3.1.1. gnuplot	8
3.2. Diagramas	8
3.2.1. Dia	8
3.2.2. Xfig	9
3.3. Dibujos geométricos	10
3.3.1. GeoGebra	10
3.3.2. GEONExT	11
3.4. Visualización de estructuras químicas	12
3.4.1. GDIS	12
3.4.2. Chemtool	13
3.4.3. Garlic	14
4. Cálculo simbólico	16
4.1. Maxima	16
4.1.1. wxMaxima	16
4.1.2. Xmaxima	17
4.2. Yacas	18
4.3. Axiom	18

5. Cálculo numérico	19
5.1. GNU Octave	19
5.1.1. QtOctave	19
5.2. Scilab	20
5.3. FreeMat	21
6. Análisis estadístico	23
6.1. R	23
6.1.1. R-Commander	23
6.2. PSPP	23
7. Diseño asistido por computador o CAD	25
7.1. QCad	25
7.2. PythonCAD	25
8. Sistemas de información geográfica o GIS	27
8.1. GRASS	27
9. Circuitos eléctricos	28
9.1. Logisim	28
9.2. KiCad	28
10. Tabla periódica de los elementos	30
10.1. Kalzium	30
11. Simulación astronómica	31
11.1. Celestia	31
11.2. KStars	32
11.3. Stellarium	32
12. Fractales e imágenes caóticas	34
12.1. GNU XaoS	34
12.2. Fyre	35
A. Paquetes de software científico en openSUSE 11.1	36
B. GNU Free Documentation License	38

Índice de figuras

2.1. Logotipo de TeX	2
2.2. Logotipo de LaTeX	3
2.3. Texmaker	3
2.4. Kile	4
2.5. GNU TeXmacs	5
2.6. LyX	6
2.7. OpenOffice.org Math	7
3.1. Gráfico generado con gnuplot	8
3.2. Dia	9
3.3. Xfig	10
3.4. GeoGebra	11
3.5. GEONExT	12
3.6. GDIS	13
3.7. Chemtool	14
3.8. Garlic	15
4.1. wxMaxima	17
4.2. Xmaxima	18
5.1. QtOctave	20
5.2. Scilab	21
5.3. FreeMat	22
6.1. Gráfico generado con R	23
6.2. PSPP	24
7.1. QCad	25
7.2. PythonCAD	26
8.1. GRASS	27
9.1. Logisim	28

9.2. KiCad	29
10.1. Kalzium	30
11.1. Celestia	31
11.2. KStars	32
11.3. Stellarium	33
12.1. GNU XaoS	34
12.2. Fyre	35

Índice de cuadros

A.1. Paquetes de software científico en openSUSE 11.1	37
---	----

Capítulo 1

Introducción

El software libre siempre ha estado muy ligado a las universidades y el mundo académico. Por este motivo, es fácil encontrar muchos programas libres dentro del ámbito científico.

El propósito de este documento es mostrar las principales aplicaciones libres que puedan resultar útiles a un científico o ingeniero.

Adjunto a este documento, se aportan manuales que enseñan a utilizar algunos de los programas descritos. Es digno de recalcar que parte de dicha documentación se generó con motivo del curso extraordinario *Herramientas en GNU/Linux para estudiantes universitarios* que se celebró en la Universidad de Salamanca y que fue organizado por el Departamento de Informática y Automática, AUGCyL, GLiSa, la Asociación de Estudiantes Miguel de Unamuno y la Delegación de Alumnos de la Facultad de Ciencias.

La mayoría del software científico que podemos encontrar en GNU/Linux sigue la filosofía de desarrollo del mundo Unix, según la cual se favorece la creación de pequeñas herramientas muy específicas y potentes que funcionan a través de la línea de comandos. Gracias a este modelo de desarrollo, es posible una fácil interacción entre ellas y la posibilidad de creación de diferentes interfaces gráficas a partir de un esfuerzo común.

Como ya se ha dicho, aquí se mostrarán las aplicaciones que los autores han considerado más importantes; no obstante, para encontrar programas que respondan a necesidades más específicas, puede:

- Visitar recopilaciones de software como el [directorio de software libre de la FSF y la UNESCO](#) o [Scientific Applications on Linux](#).
 - Examinar los repositorios de una distribución GNU/Linux (suelen estar organizados por categorías).
 - Utilizar buscadores de Internet.
-

Capítulo 2

Procesadores de texto

2.1. TeX

TeX es un sistema de tipografía creado por Donald E. Knuth en 1978.

Su aparición supuso un hito en la composición de fórmulas matemáticas.

Su complejidad ha hecho que surjan soluciones de alto nivel basadas en él y que conservan sus bondades.

Posee una gran cantidad de complementos que se pueden encontrar en la red **CTAN**.

De manera similar a lo que ocurre con GNU/Linux, TeX y el resto de programas basados en él se distribuyen empaquetados en distribuciones que facilitan su instalación. Las más importantes son:

- **teTeX**

Es una distribución de TeX para GNU/Linux. El desarrollo de teTeX sido abandonado por su autor, aunque todavía forma parte de algunas distribuciones.

- **TeX Live**

TeX Live es una distribución de TeX para GNU/Linux. Ha sustituido a teTeX en la mayoría de distribuciones GNU/Linux.

- **MacTeX**

Es una distribución de TeX para Mac OS X.

- **MiKTeX**

Es una distribución de TeX para Microsoft Windows.

- **proTeXt**

Es una distribución de TeX para Microsoft Windows basada en MiKTeX. Su objetivo es dotar a MiKTeX de un proceso de instalación sencillo.

También es importante destacar que existen comunidades de usuarios de TeX y sus variantes que favorecen su difusión y aprendizaje. Una de ellas que podría interesar al lector es **CervanTeX**, pues se centra en la comunidad hispanohablante.



Figura 2.1: Logotipo de TeX

2.1.1. LaTeX

LaTeX es un sistema de preparación de documentos basado en TeX y el lenguaje de marcado utilizado en el mismo. En concreto, es un conjunto de macros de TeX.

Fue creado por Leslie Lamport en 1984.

En la actualidad es un estándar de facto en las revistas científicas.¹



Figura 2.2: Logotipo de LaTeX

2.1.1.1. Texmaker

Texmaker es un editor de texto diseñado para facilitar la producción y procesado de archivos LaTeX.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.

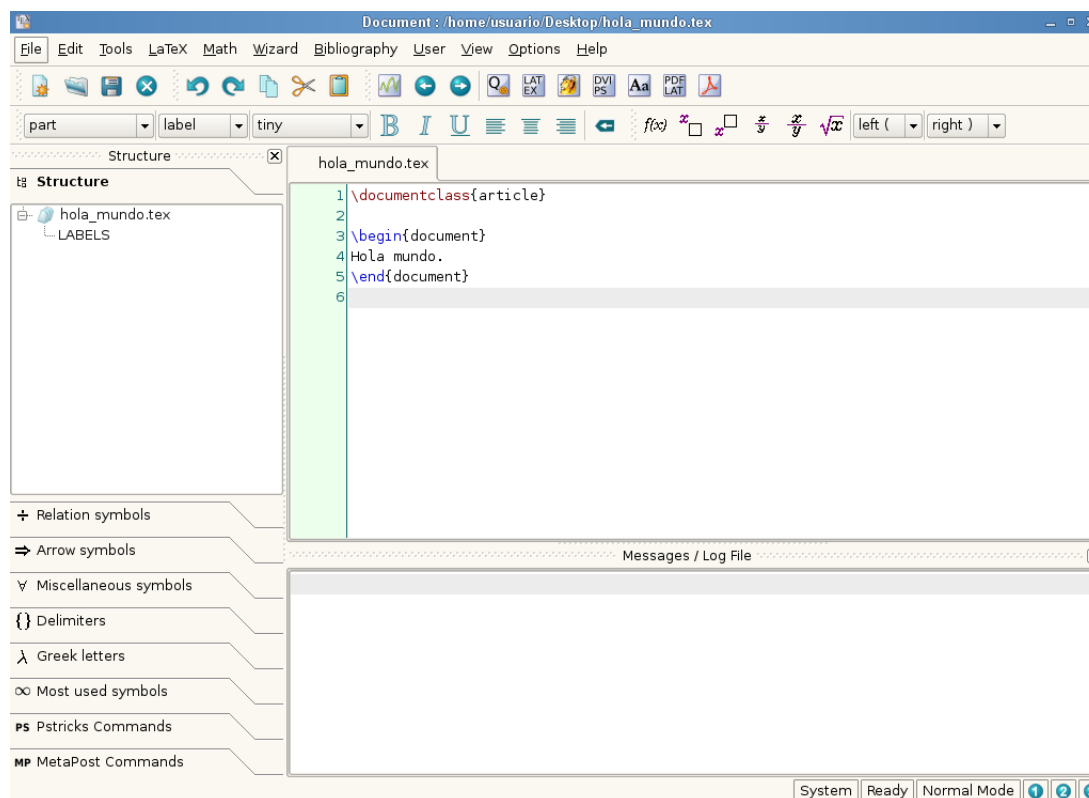


Figura 2.3: Texmaker

¹

- Información general para los autores de la Sociedad Matemática Americana
- Directrices de entrega de artículos de Physical Review

2.1.1.2. Kile

Kile es el editor de texto del proyecto KDE pensado para ser utilizado en la creación de documentos TeX o LaTeX.

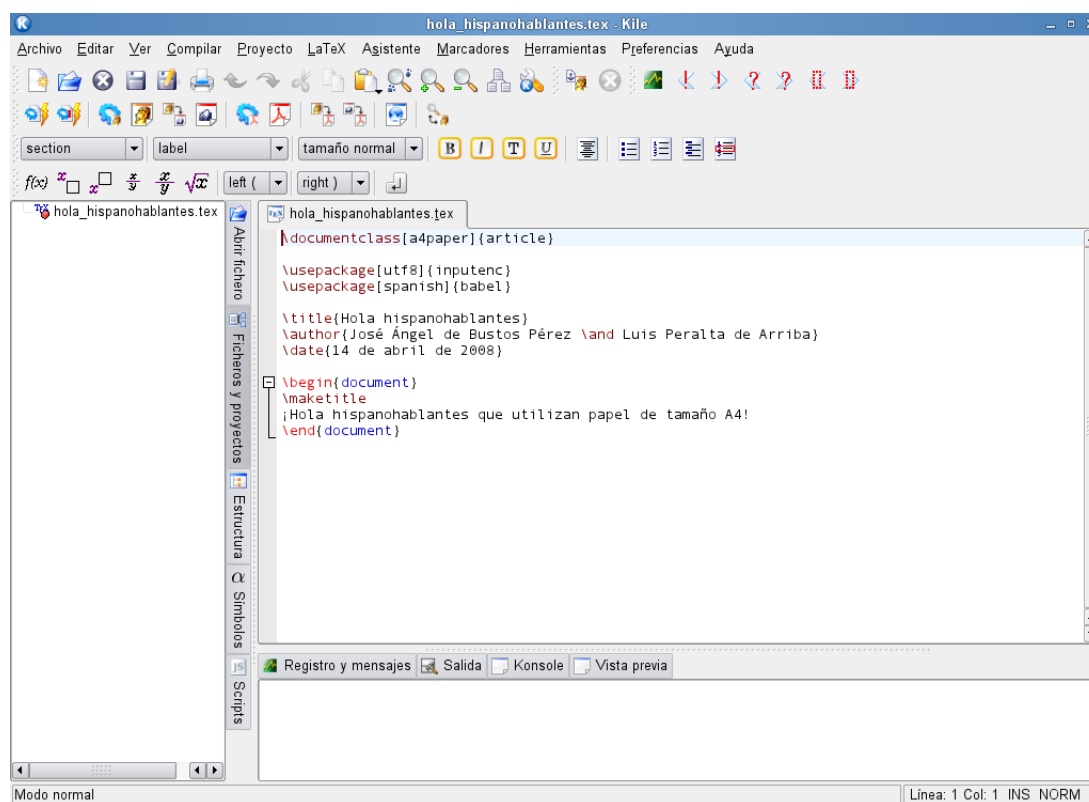


Figura 2.4: Kile

2.2. GNU TeXmacs

GNU TeXmacs es un editor WYSIWYG (lo que ves es lo que consigues) especializado en textos científicos.

GNU TeXmacs es capaz de ejecutar de manera integrada a aplicaciones como gnuplot, Maxima, GNU Octave...

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

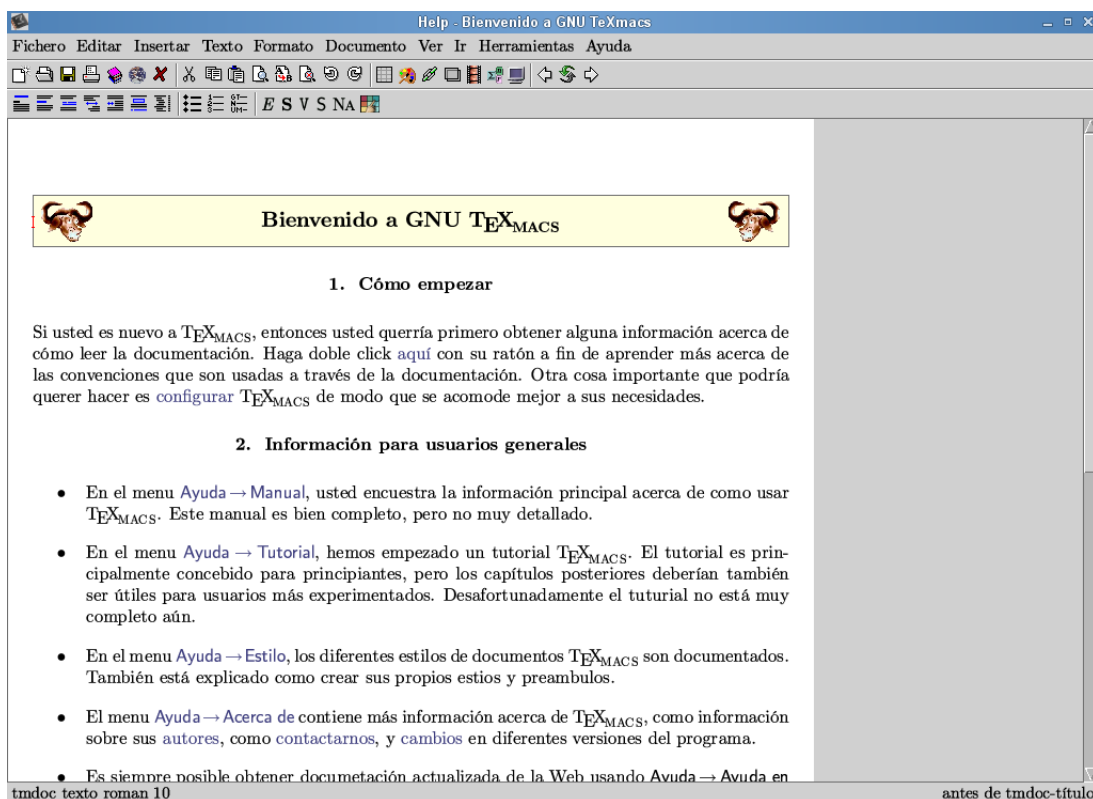


Figura 2.5: GNU TeXmacs

2.3. LyX

LyX es un procesador de texto gráfico basado en el modelo WYSIWYM (lo que ves es lo que quieres decir). Esto significa que el autor sólo se debe preocupar de la estructura y contenido del texto, ya que el programa se encarga de la presentación.

La potencia de LyX radica en que combina la potencia de LaTeX con la facilidad de uso de una interfaz gráfica.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.

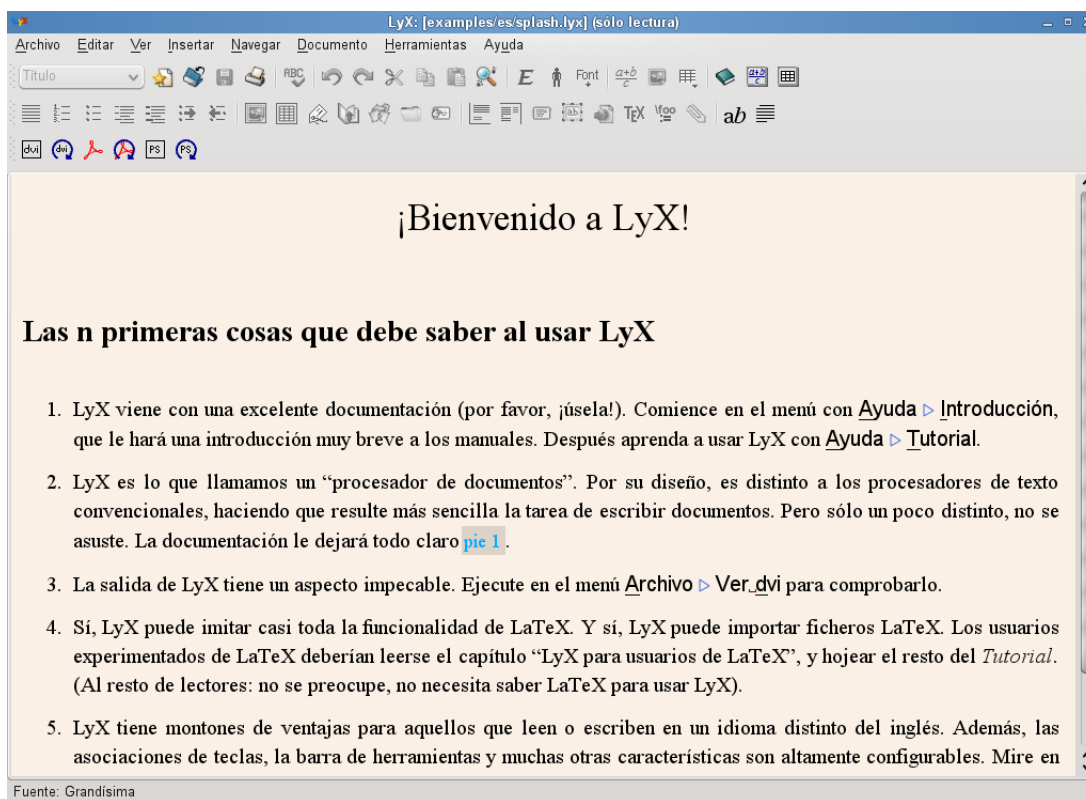


Figura 2.6: LyX

2.4. OpenOffice.org Math

OpenOffice.org Math es el editor de ecuaciones de las suite ofimática OpenOffice.org.

Aparece en esta recopilación por su capacidad para exportar las ecuaciones en formato MathML, que es el estándar para incluir expresiones matemáticas en páginas web.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

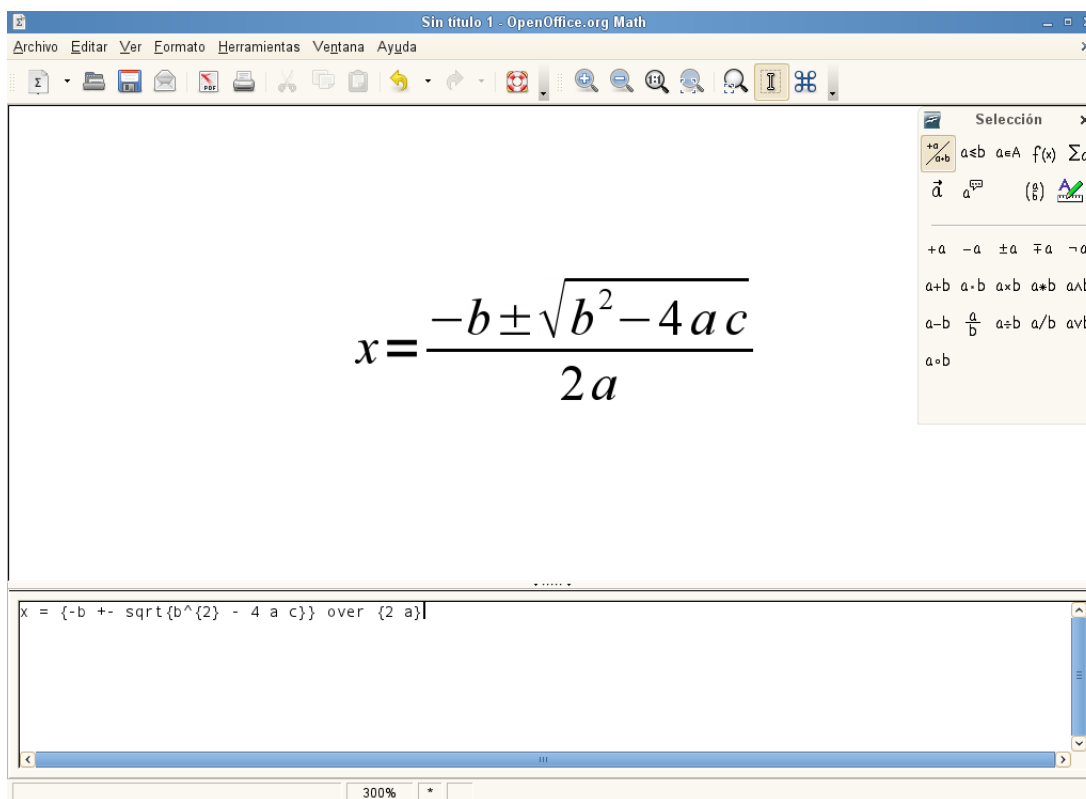


Figura 2.7: OpenOffice.org Math

Capítulo 3

Creación de gráficos

3.1. Representación de funciones y datos

3.1.1. gnuplot

gnuplot es un programa interactivo para la visualización de funciones y datos, aunque también se puede utilizar de manera no interactiva.

Soporta tanto gráficos bidimensionales como tridimensionales. Puede dibujar líneas, puntos, cajas, contornos, campos vectoriales, superficies, varios tipos de textos asociados...

La principal virtud que hace especial a este programa es la cantidad de formatos de salida con los que cuenta. Entre ellos destacan LaTeX, EPS, PDF, METAFONT, SVG, PNG...

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

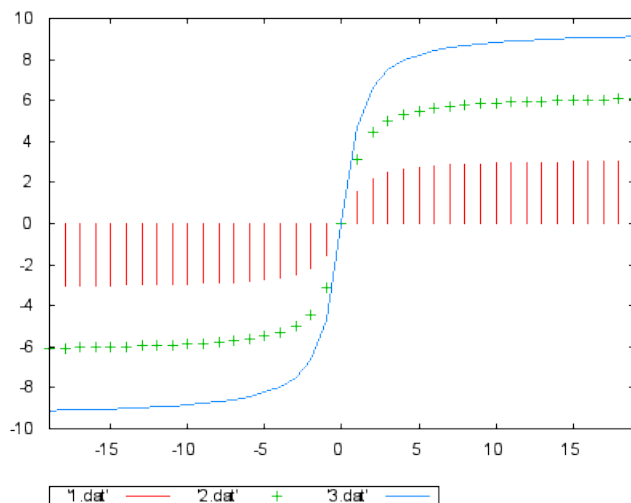


Figura 3.1: Gráfico generado con gnuplot

3.2. Diagramas

3.2.1. Dia

Dia es un programa para la creación de diagramas.

Está inspirado en la aplicación privativa Visio.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux y Microsoft Windows.

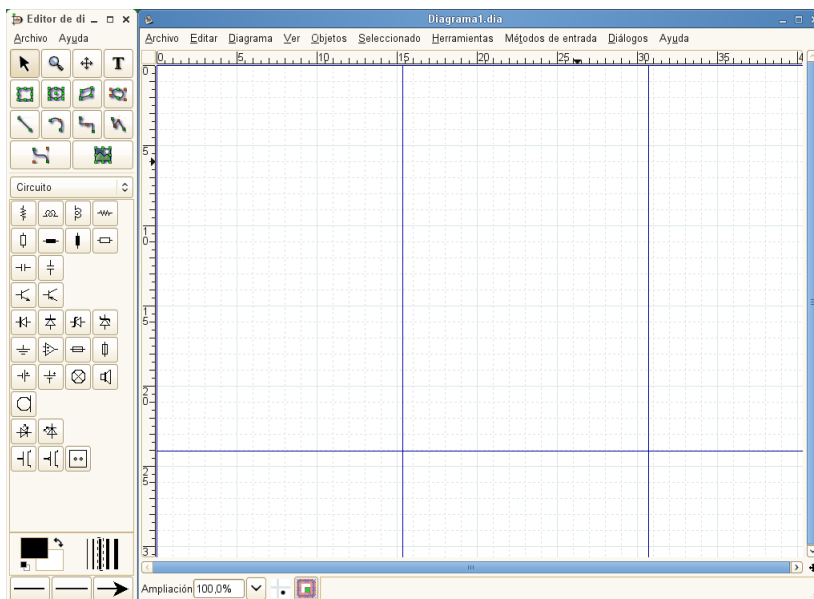


Figura 3.2: Dia

3.2.2. Xfig

Xfig es una programa para dibujar esquemas.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.

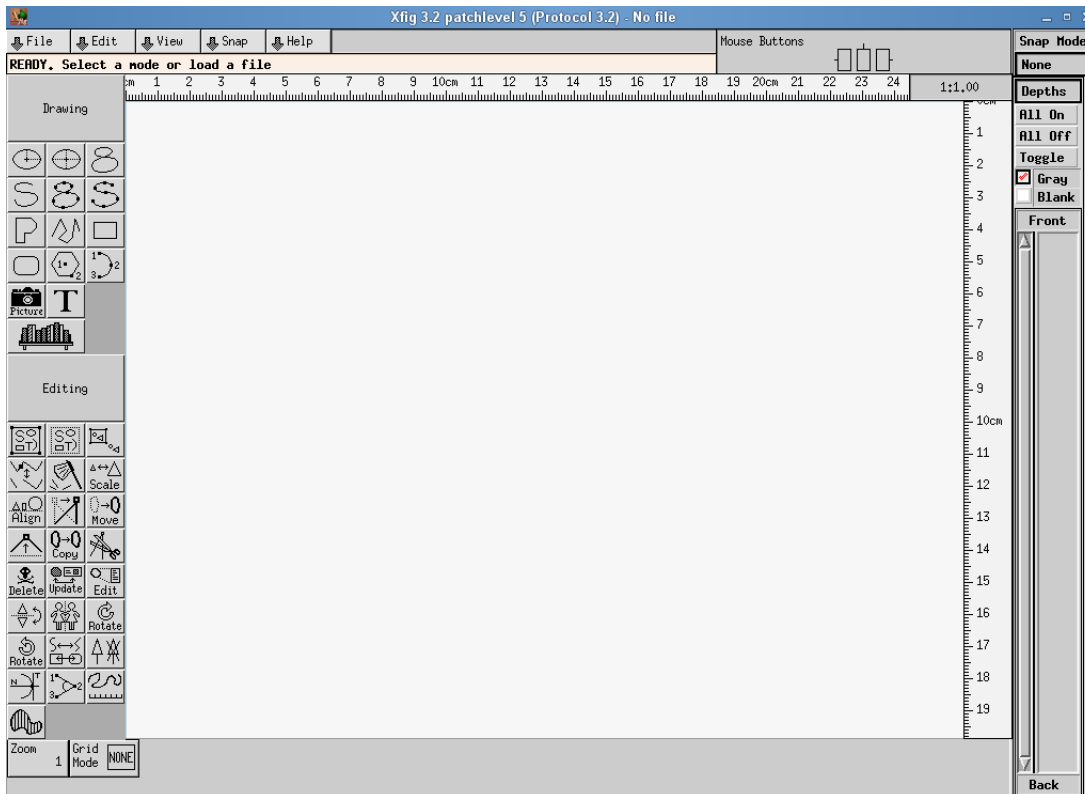


Figura 3.3: Xfig

3.3. Dibujos geométricos

3.3.1. GeoGebra

GeoGebra es un sistema de geometría dinámica.

Puede hacer construcciones con puntos, vectores, segmentos, secciones cónicas, funciones...

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

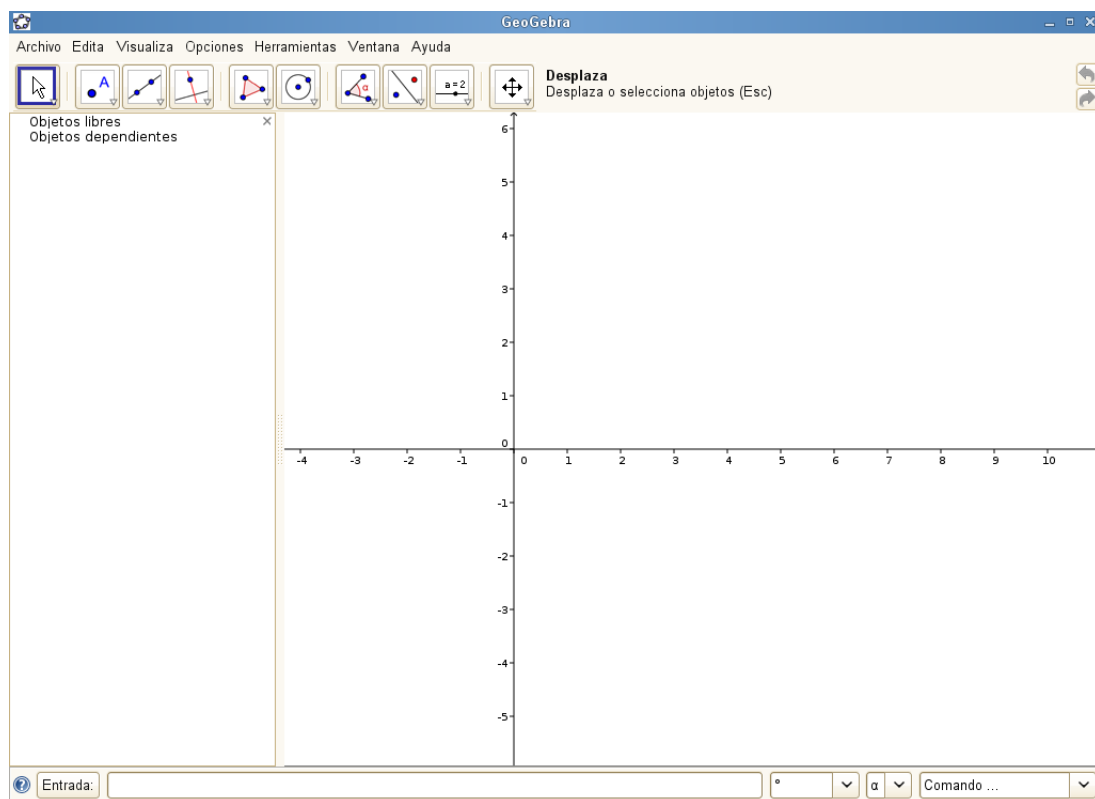


Figura 3.4: GeoGebra

3.3.2. GEONExT

GEONExT es un programa para hacer dibujos geométricos que pueden ser animados.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.

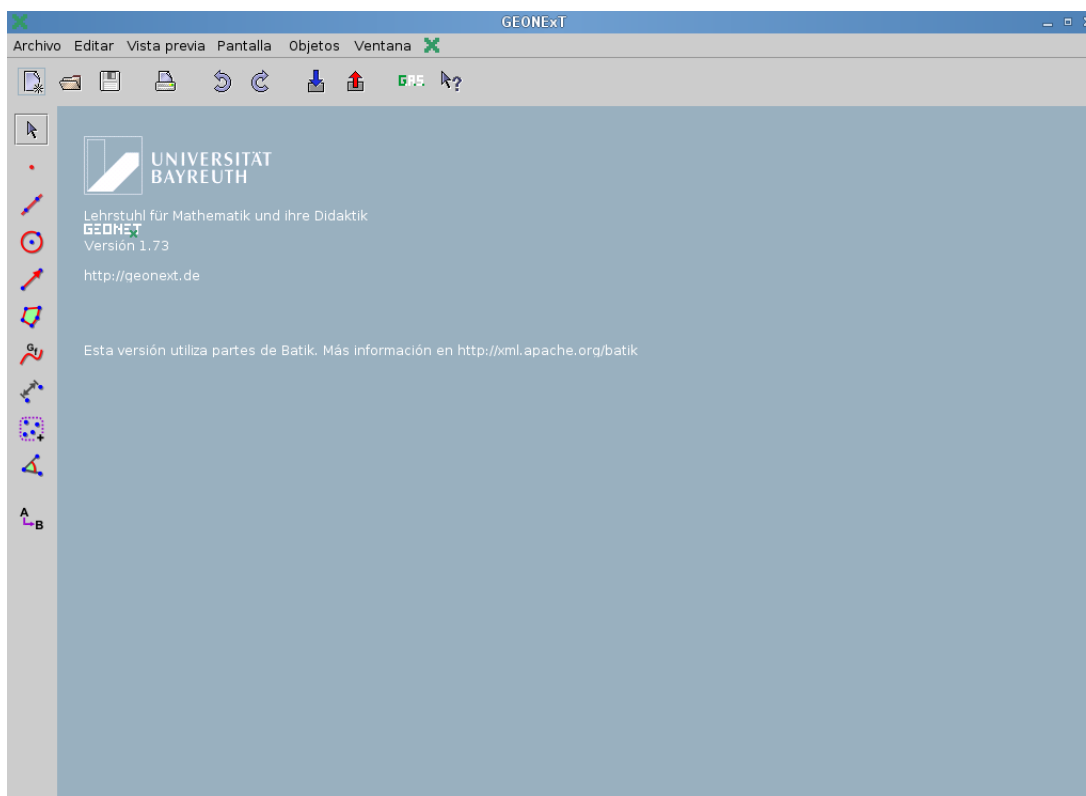


Figura 3.5: GEONExT

3.4. Visualización de estructuras químicas

3.4.1. GDIS

GDIS es un visor y manipulador de moléculas aisladas y sistemas periódicos.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

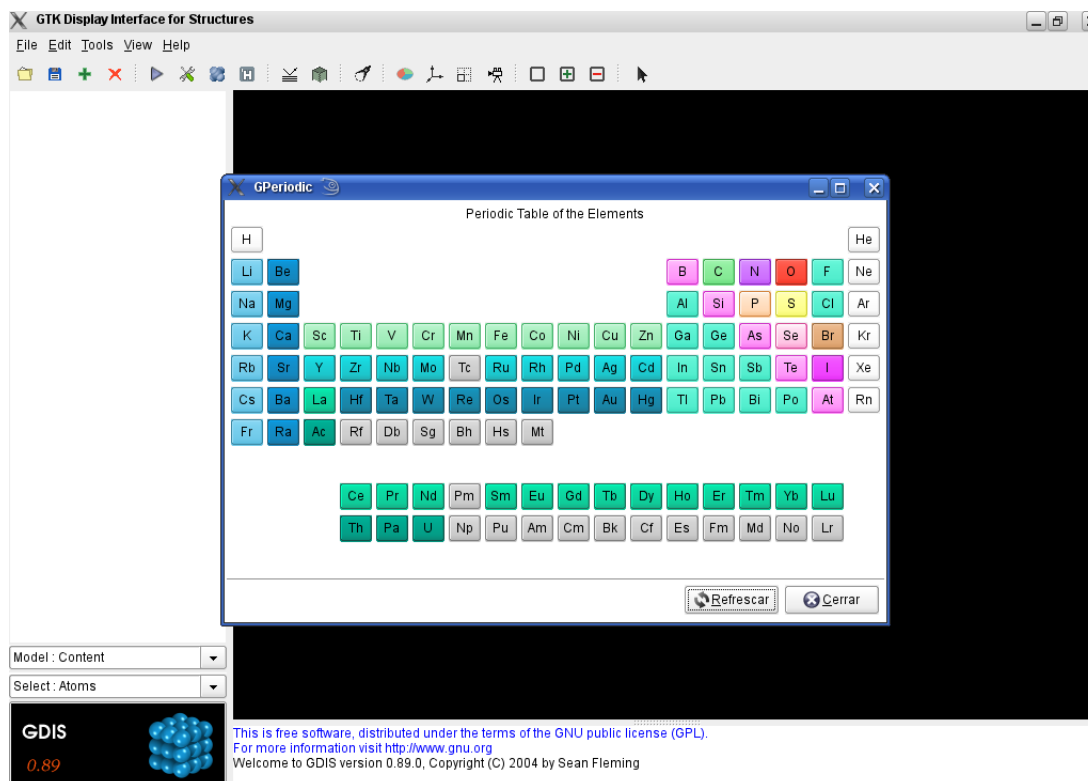


Figura 3.6: GDIS

3.4.2. Chemtool

Chemtool es un pequeño programa para dibujar estructuras químicas.

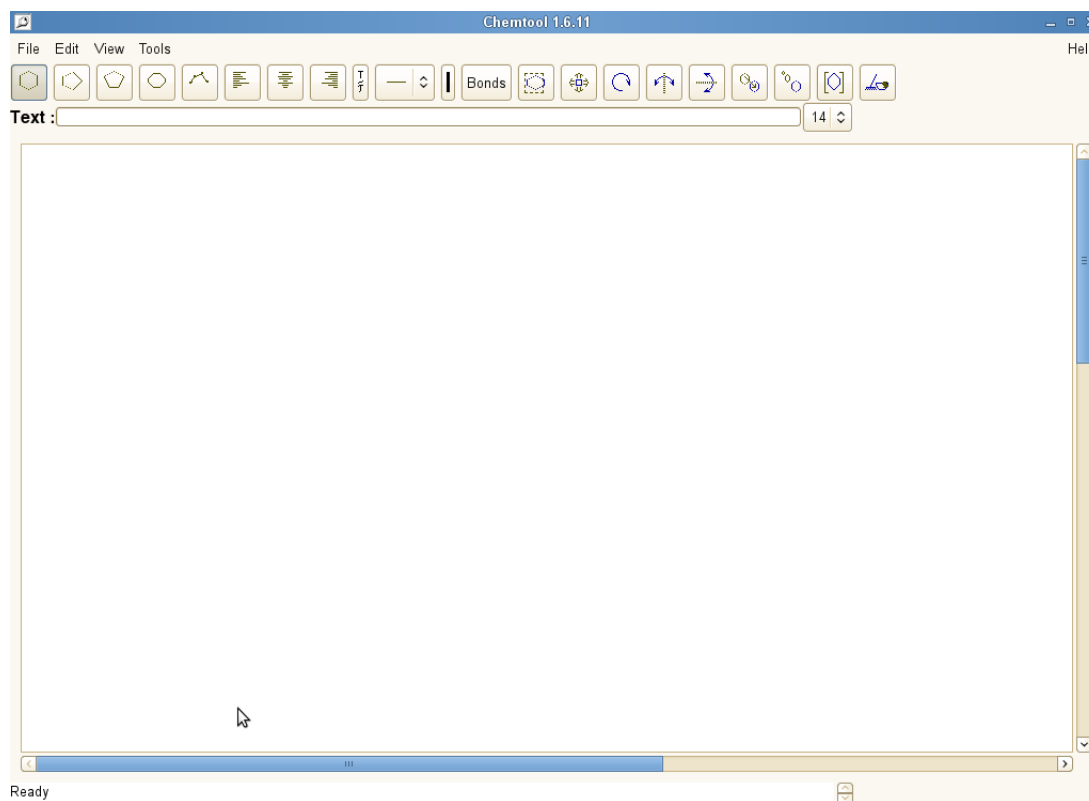


Figura 3.7: Chemtool

3.4.3. Garlic

Garlic es un visor y editor molecular.

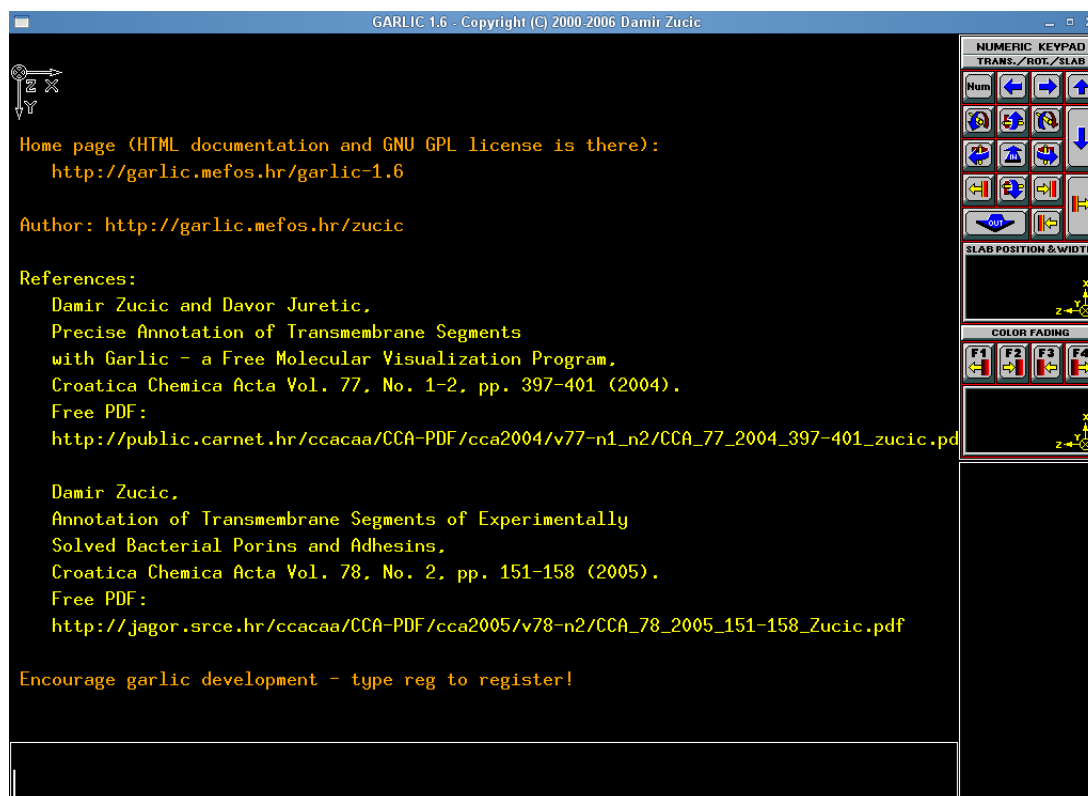


Figura 3.8: Garlic

Capítulo 4

Cálculo simbólico

4.1. Maxima

Maxima es un sistema para la manipulación de expresiones simbólicas y numéricas, incluyendo diferenciación, integración, expansión en series de Taylor, transformadas de Laplace, ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas de ecuaciones lineales, vectores, matrices y tensores.

Produce resultados con alta precisión usando fracciones exactas y representaciones con aritmética de coma flotante arbitraria.

También puede realizar gráficas interaccionando con otros programas como gnuplot.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

4.1.1. wxMaxima

wxMaxima es una interfaz de Maxima basada en las bibliotecas wxWidgets.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux y Microsoft Windows.

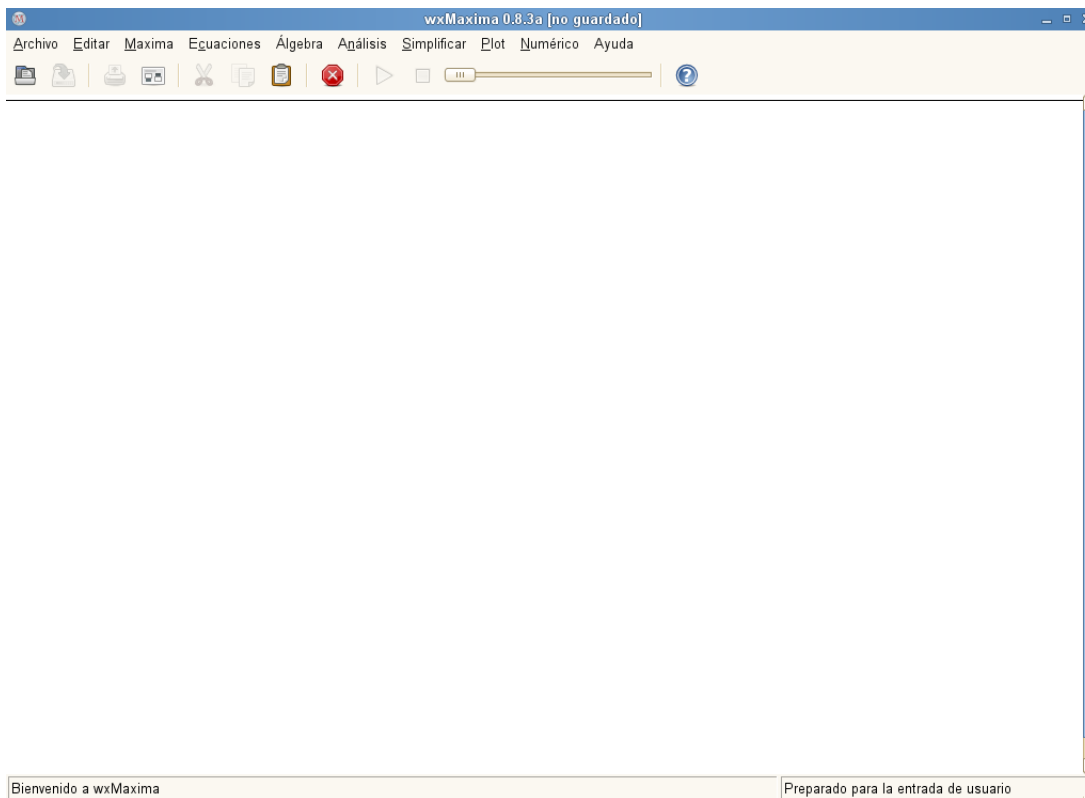


Figura 4.1: wxMaxima

4.1.2. Xmaxima

Xmaxima es una interfaz de Maxima creada utilizando Tcl/Tk.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

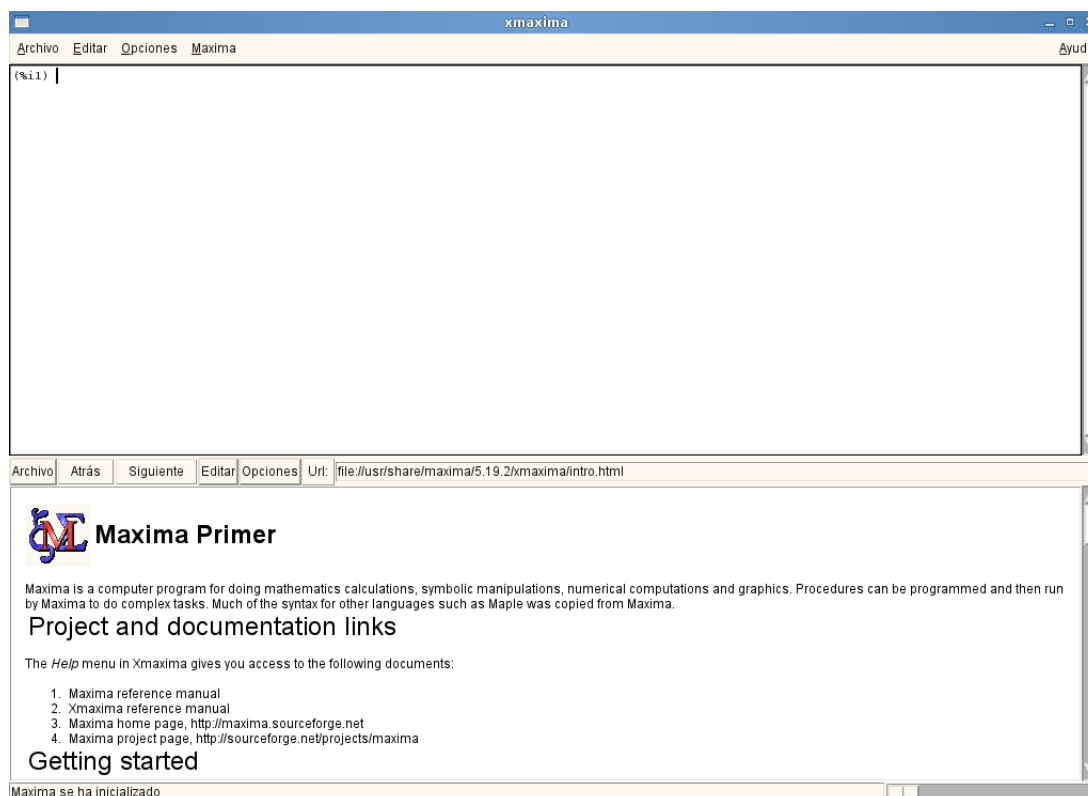


Figura 4.2: Xmaxima

4.2. Yacas

Yacas es un sistema de Álgebra Computacional de propósito general para la manipulación simbólica de expresiones matemáticas. Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux y Microsoft Windows.

4.3. Axiom

Axiom es un sistema de Álgebra Computacional de propósito general. Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux y Mac OS.

Capítulo 5

Cálculo numérico

5.1. GNU Octave

GNU Octave es un programa de línea de comandos y un lenguaje de alto nivel, diseñado principalmente para realizar cálculos numéricos que forma parte del proyecto GNU.

Tiene una sintaxis altamente compatible con la del programa privativo MATLAB.

Desde la línea de comandos de GNU Octave se pueden generar gráficos de funciones y datos, aunque conviene saber que para ello utiliza herramientas externas como gnuplot.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

5.1.1. QtOctave

QtOctave es una interfaz gráfica que tiene como objetivo facilitar el trabajo con GNU Octave mediante ventanas, menús y asistentes.

QtOctave ganó el premio de primer finalista del I Concurso Universitario de Software Libre en la categoría de ocio y educación.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux y Microsoft Windows.

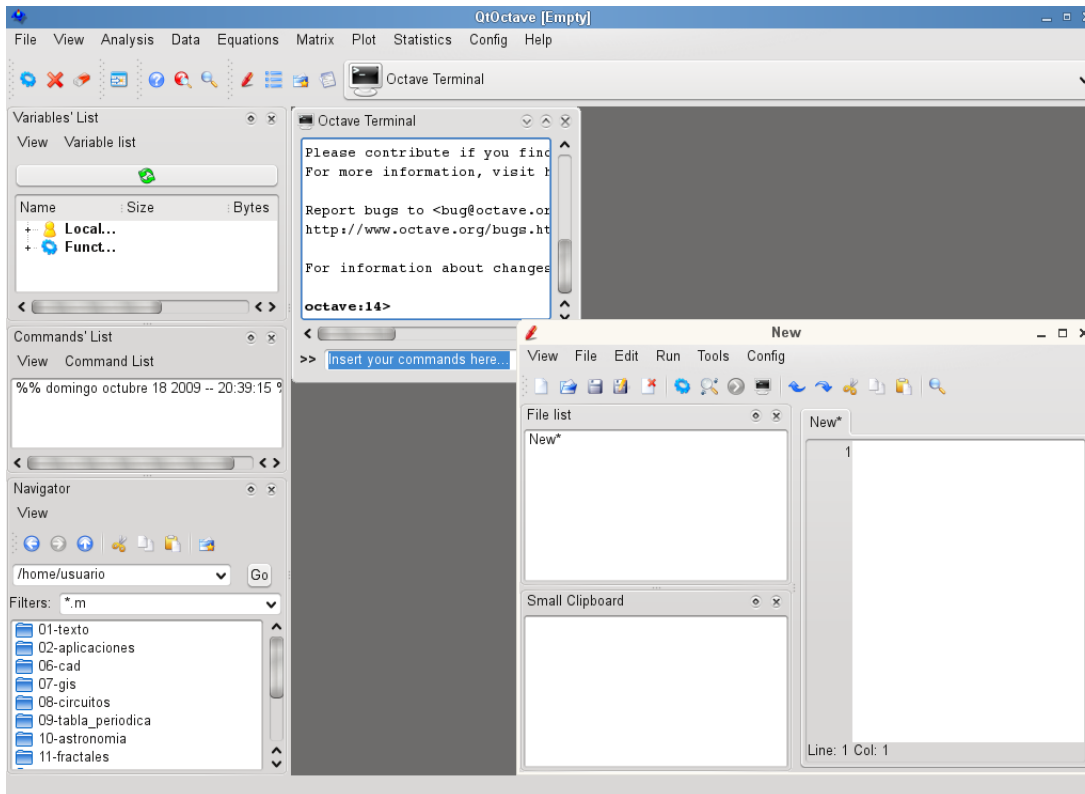


Figura 5.1: QtOctave

5.2. Scilab

Scilab es un programa científico para cálculos numéricos.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.

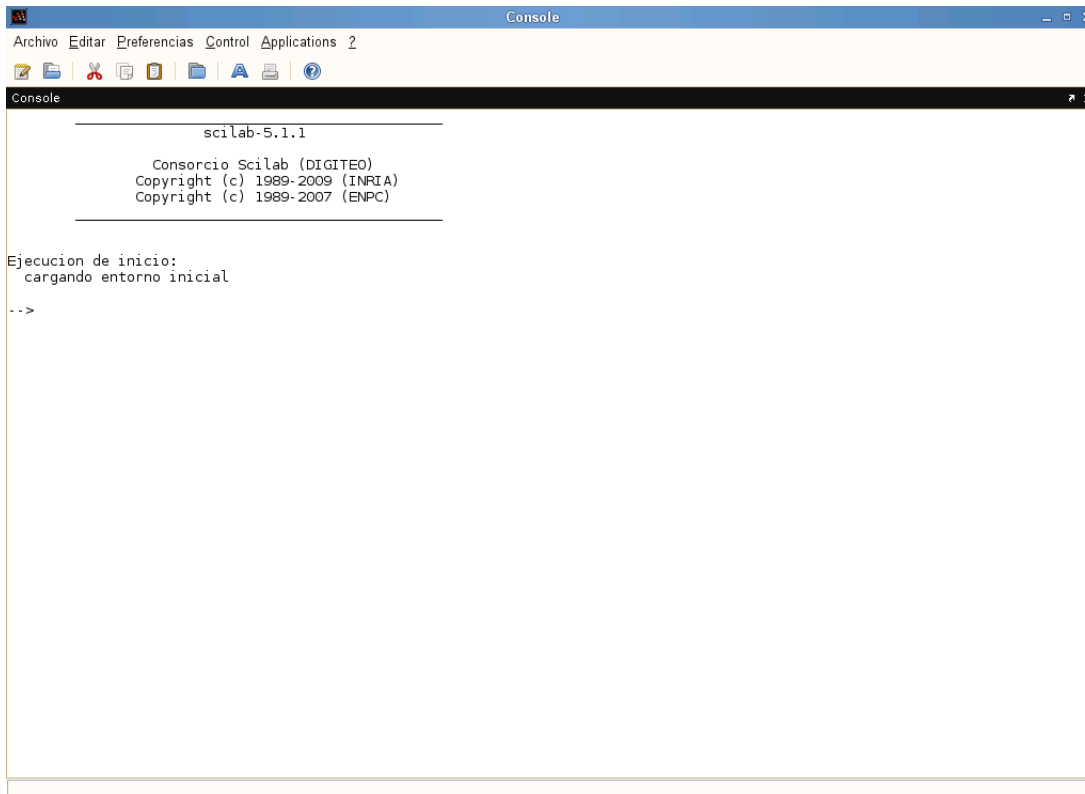


Figura 5.2: Scilab

5.3. FreeMat

FreeMat es un entorno para científicos e ingenieros que se dedican al modelado y procesamiento de datos.

Su sintaxis es altamente compatible con la del sistema privativo MATLAB.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.

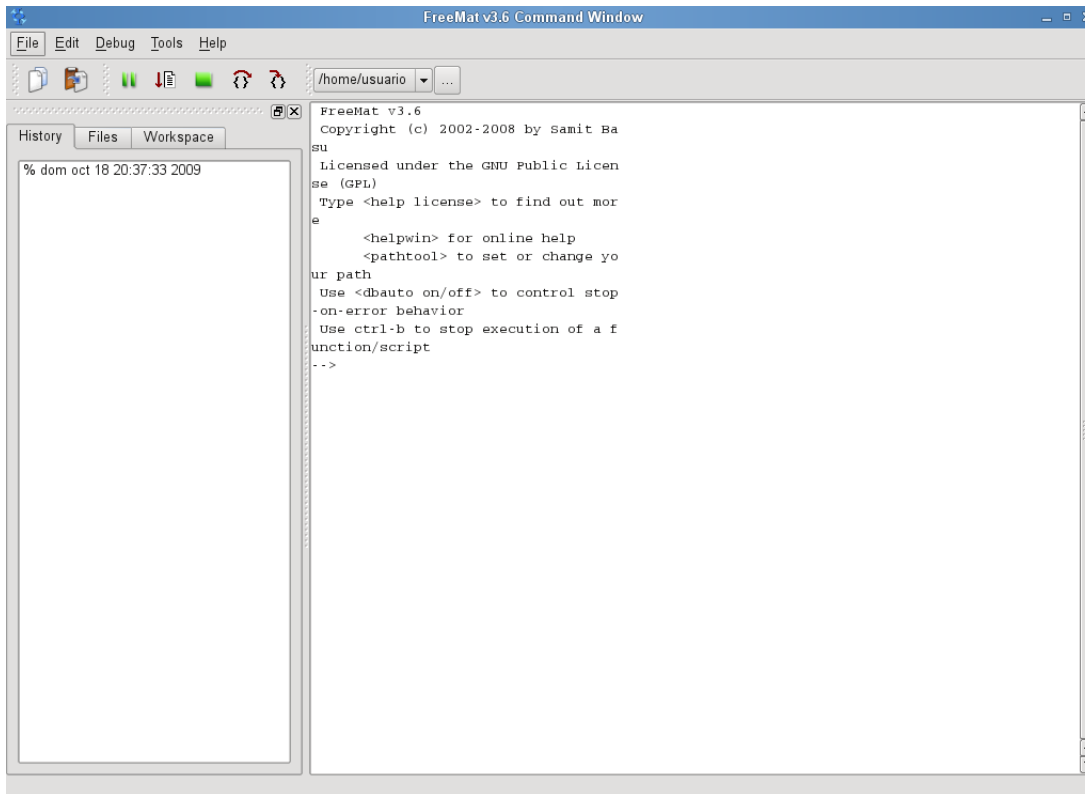


Figura 5.3: FreeMat

Capítulo 6

Análisis estadístico

6.1. R

R es un entorno y lenguaje de programación para análisis estadístico y gráfico.

Se trata de una implementación libre del premiado lenguaje S.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

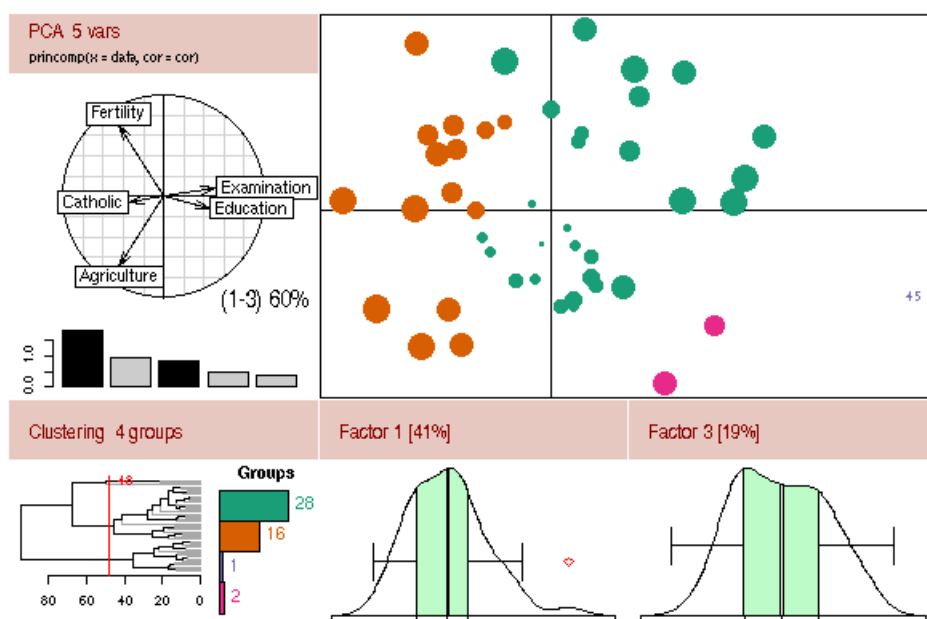


Figura 6.1: Gráfico generado con R

6.1.1. R-Commander

R-Commander es una interfaz gráfica de usuario para R consistente en una ventana con menús, botones y campos de información.

6.2. PSPP

PSPP es una implementación libre del programa privativo SPSS.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

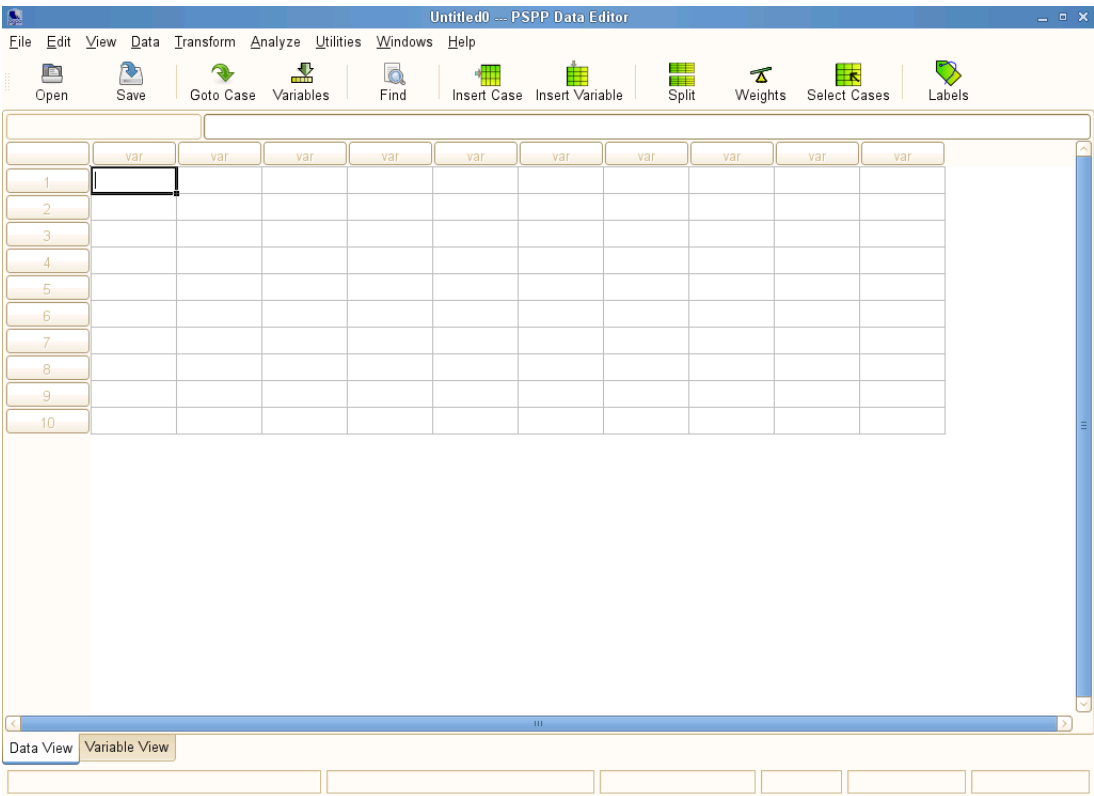


Figura 6.2: PSPP

Capítulo 7

Diseño asistido por computador o CAD

7.1. QCad

QCad es una aplicación para dibujo asistido por ordenador en dos dimensiones.

Con QCad se pueden crear dibujos técnicos como planos para edificios, interiores, piezas mecánicas o esquemas.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

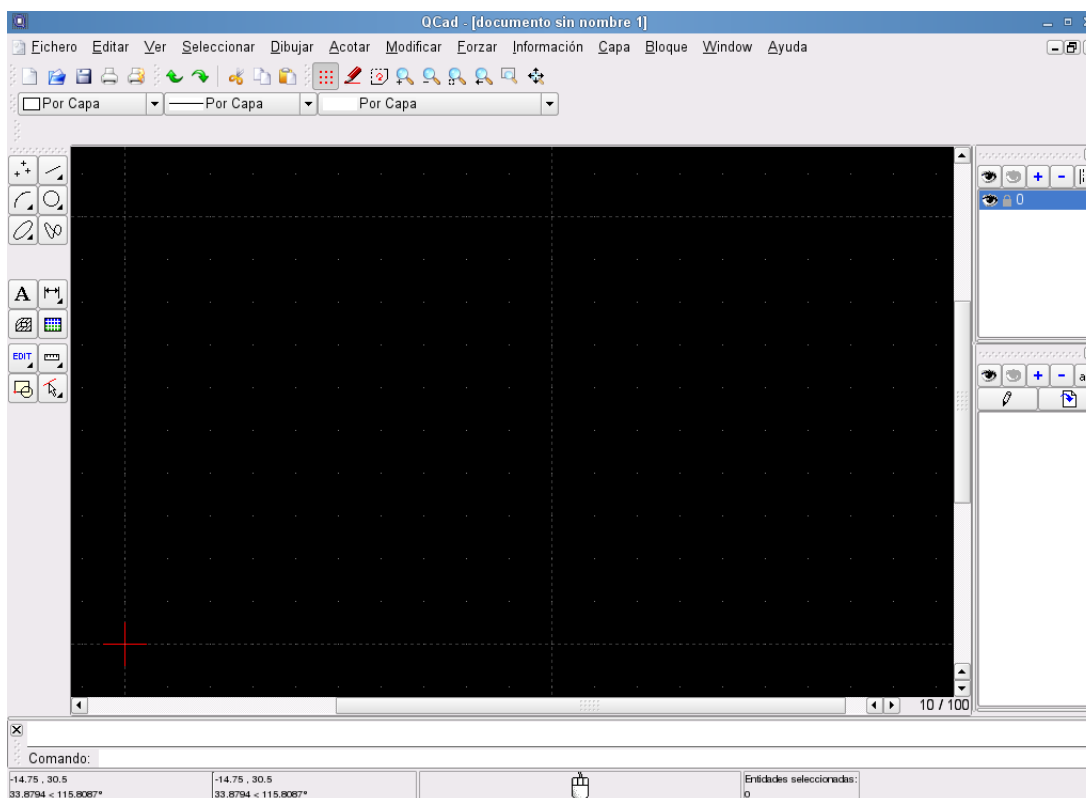


Figura 7.1: QCad

7.2. PythonCAD

PythonCAD es un CAD escrito sólo y sorprendentemente con el lenguaje de programación Python.

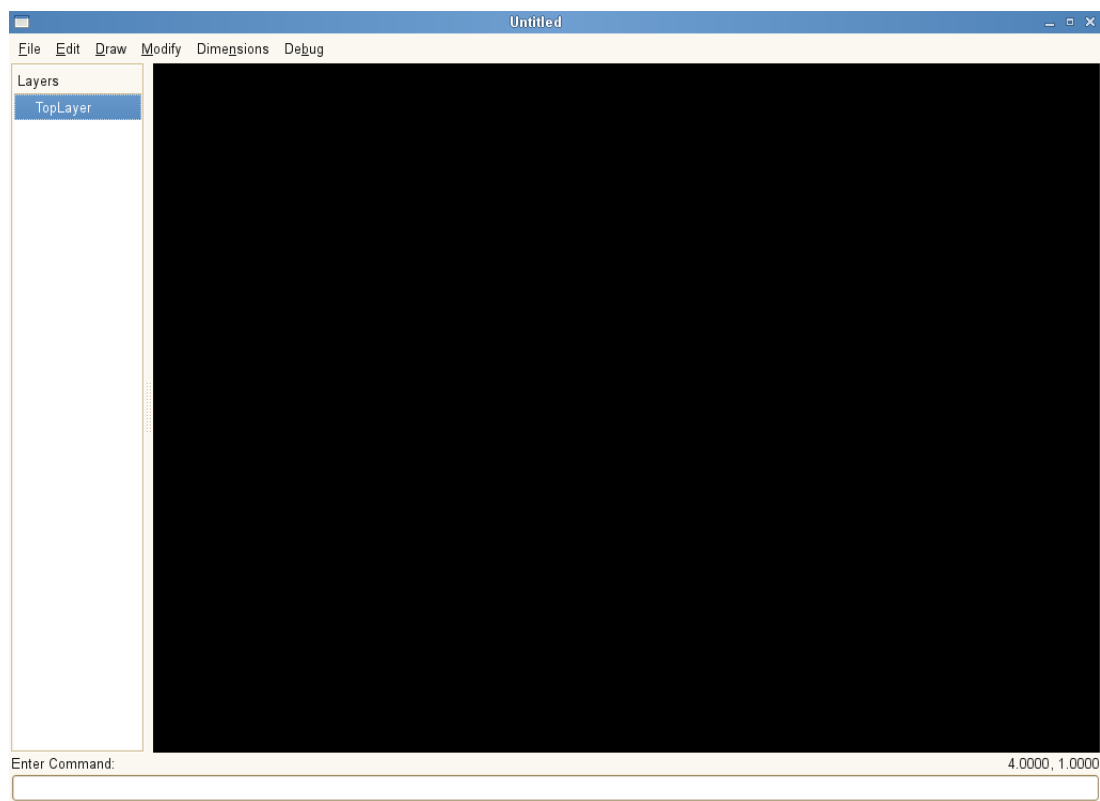


Figura 7.2: PythonCAD

Capítulo 8

Sistemas de información geográfica o GIS

8.1. GRASS

GRASS es un sistema de información geográfica que forma parte de los proyectos oficiales de la **Fundación para el Código Abierto Geoespacial**.

Soporta información tanto raster como vectorial y posee herramientas de procesamiento digital de imágenes.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.



Figura 8.1: GRASS

Capítulo 9

Circuitos eléctricos

9.1. Logisim

Logisim es una herramienta educativa para el diseño y la simulación de circuitos lógicos digitales.

Aunque cuenta con una interfaz muy sencilla, Logisim puede ser usado (y es usado) para diseñar y simular completas unidades centrales de procesamiento con propósitos educativos.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

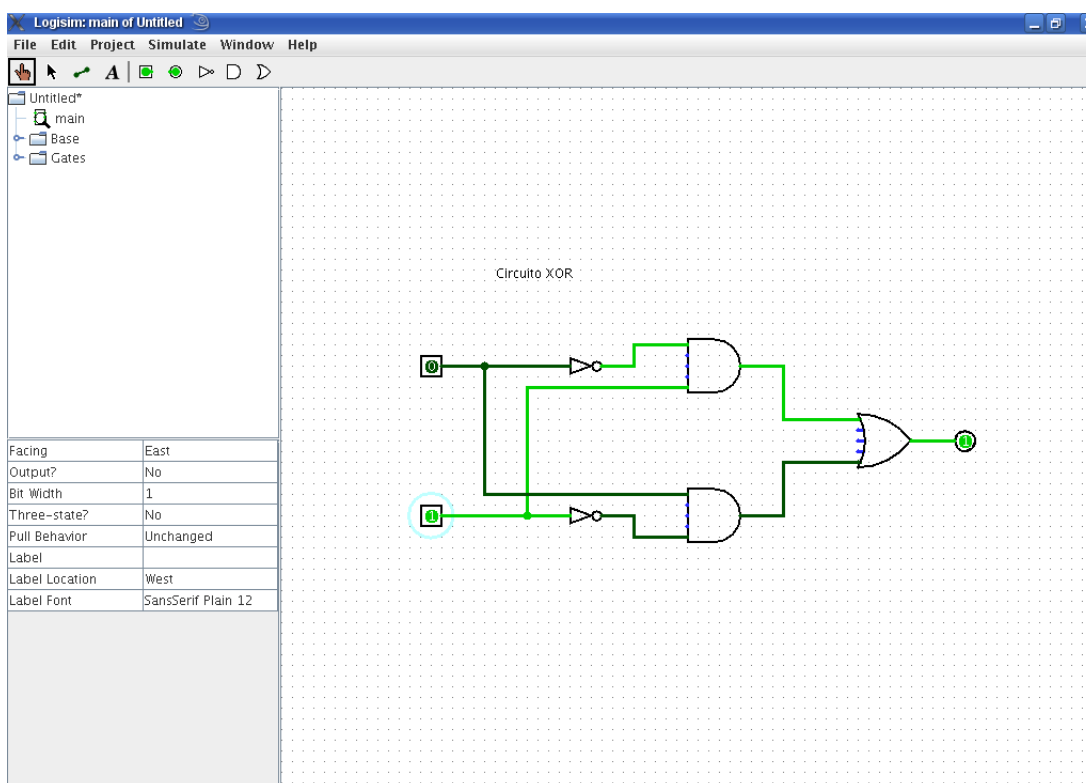


Figura 9.1: Logisim

9.2. KiCad

KiCad es un programa de automatización del diseño electrónico (EDA).

KiCad se compone de un gestor de proyectos que interacciona con cuatro programas principales:

- El editor de esquemas eeschema.
- El selector de componentes usados en el diseño del circuito cvpcb.
- El programa editor de circuitos impresos pcbnew.
- El visor Gerber gerbview.

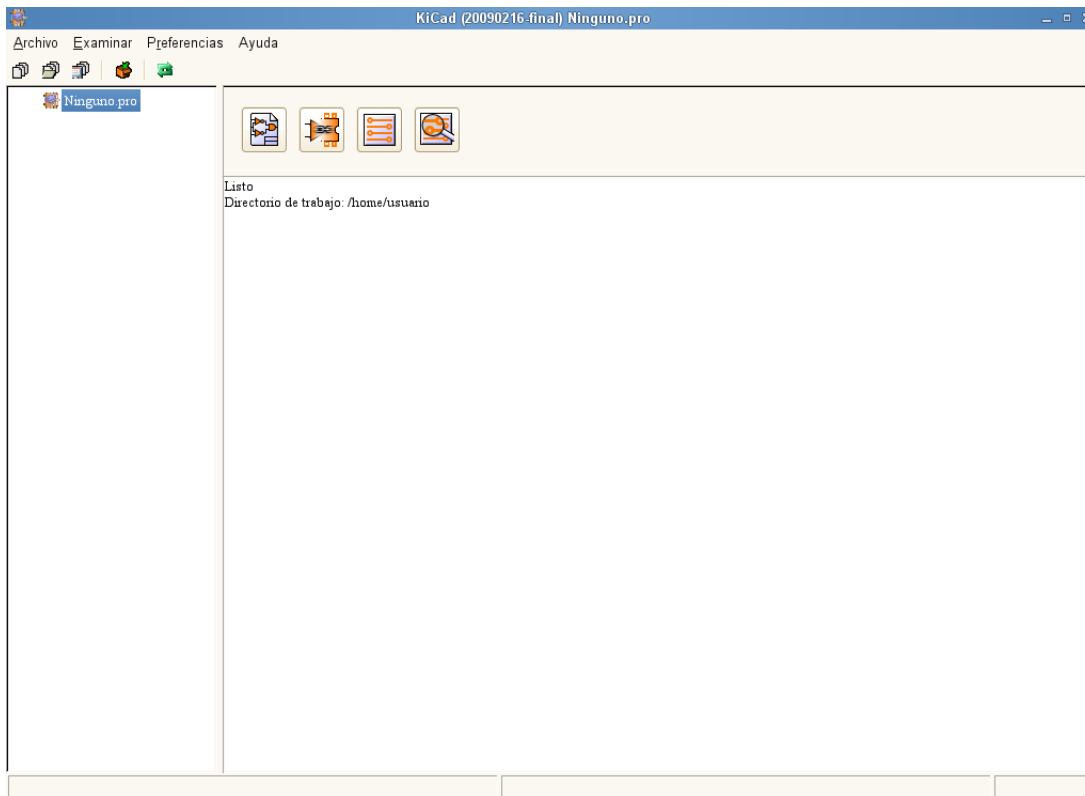


Figura 9.2: KiCad

Capítulo 10

Tabla periódica de los elementos

10.1. Kalzium

Kalzium es una aplicación que muestra la tabla periódica de los elementos.

Además de los datos comunes que aparecen en las tablas impresas, dispone de otros tales como el punto de fusión, la afinidad electrónica, el radio covalente, el origen del nombre...

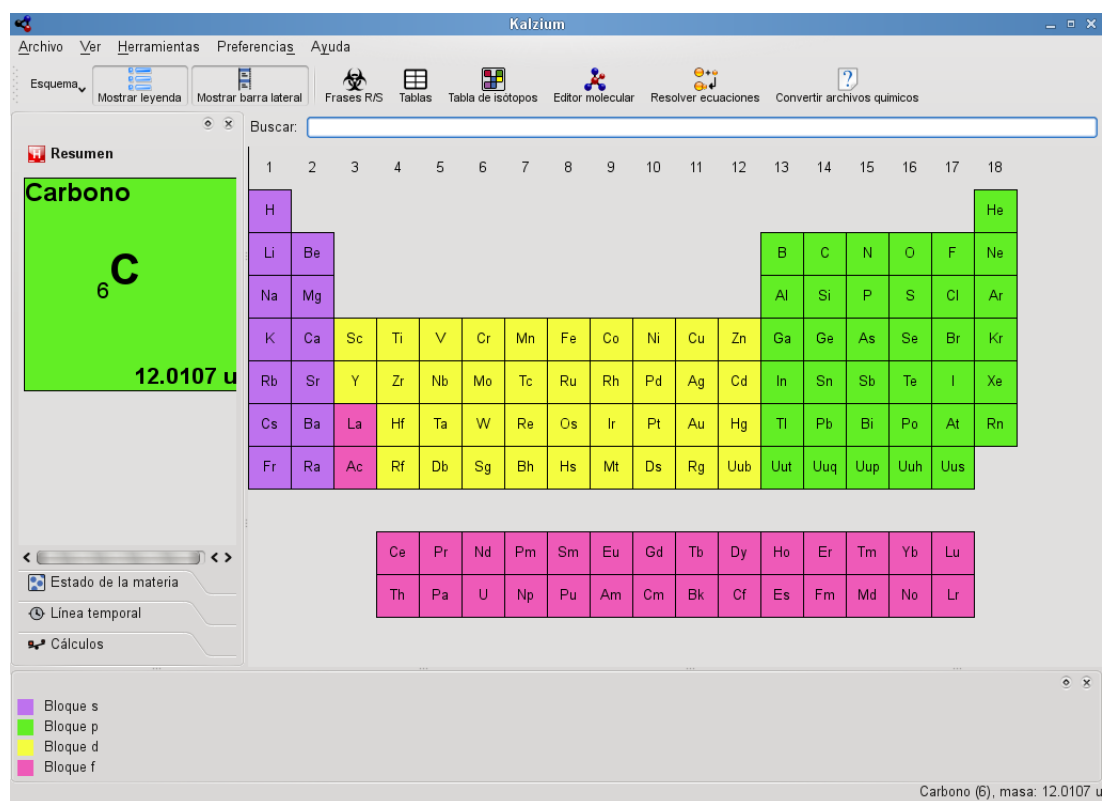


Figura 10.1: Kalzium

Capítulo 11

Simulación astronómica

11.1. Celestia

Celestia es un simulador espacial tridimensional, que al contrario que la mayoría de software astronómico no nos confina a la superficie de la Tierra.

Es un programa que ha sido utilizado por la NASA y la Agencia Espacial Europea. ¹

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.

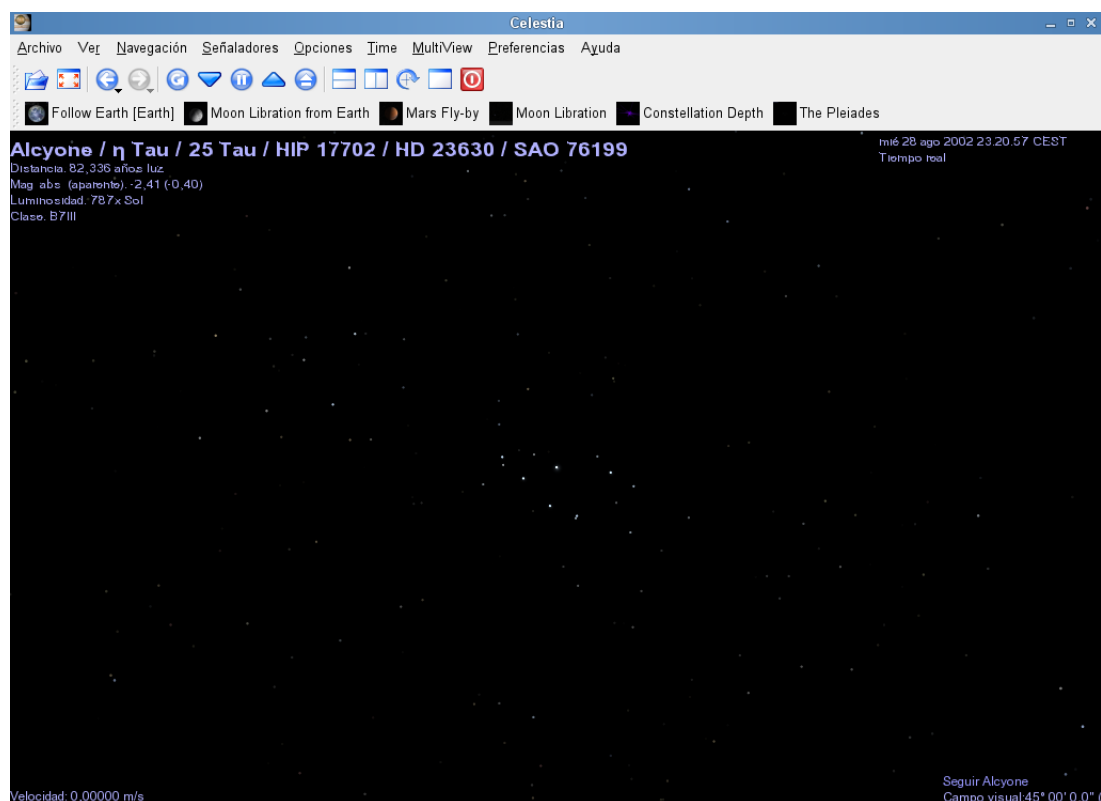


Figura 11.1: Celestia

1

- [Proyecto de enseñanza de Celestia de la NASA](#)
- [Noticia de la Agencia Espacial Europea ilustrada con Celestia](#)

11.2. KStars

KStars es el planetario del proyecto KDE.

Ofrece una simulación precisa del cielo nocturno para cualquier localización terrestre a la fecha y hora deseadas. La representación incluye 130.000 estrellas, 13.000 objetos del cielo profundo, el Sol, la Luna y miles de cometas y asteroides.

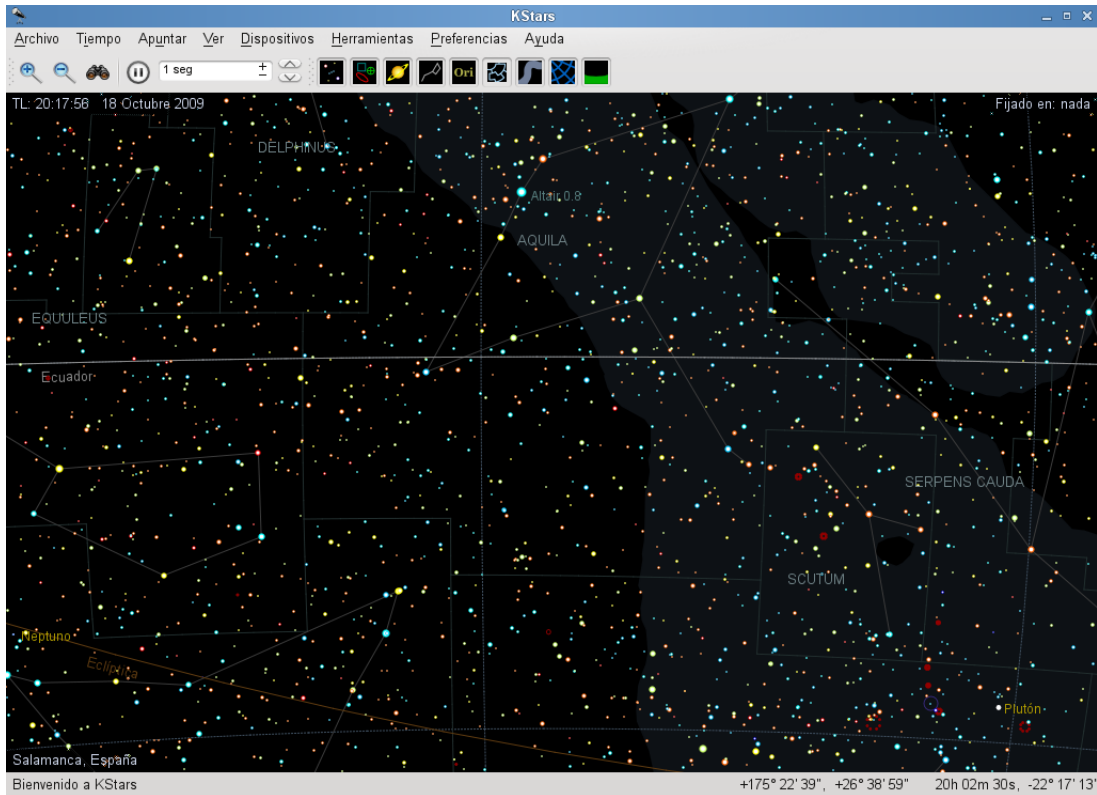


Figura 11.2: KStars

11.3. Stellarium

Stellarium es un planetario que muestra un cielo tridimensional, tal y como se vería a simple vista, con prismáticos o con un telescopio.

Posee un catálogo por defecto de más de 600.000 estrellas y otros extra con más de 210 millones. Proporciona imágenes de las constelaciones de doce culturas diferentes y una Vía Láctea, atmósfera, amanecer y ocaso realistas.

Otras de sus capacidades que le hacen destacar son su capacidad para controlar telescopios y la simulación de eclipses.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS.



Figura 11.3: Stellarium

Capítulo 12

Fractales e imágenes caóticas

12.1. GNU XaoS

GNU XaoS es un visor interactivo de fractales que permite al usuario hacer ampliaciones y reducciones de manera fluida y continua.

Puede generar una gran variedad de fractales de distintos tipos como Mandelbrot, Barnsley, Newton... También es capaz de guardar imágenes y vídeos de los fractales realizados.

Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS entre otros.

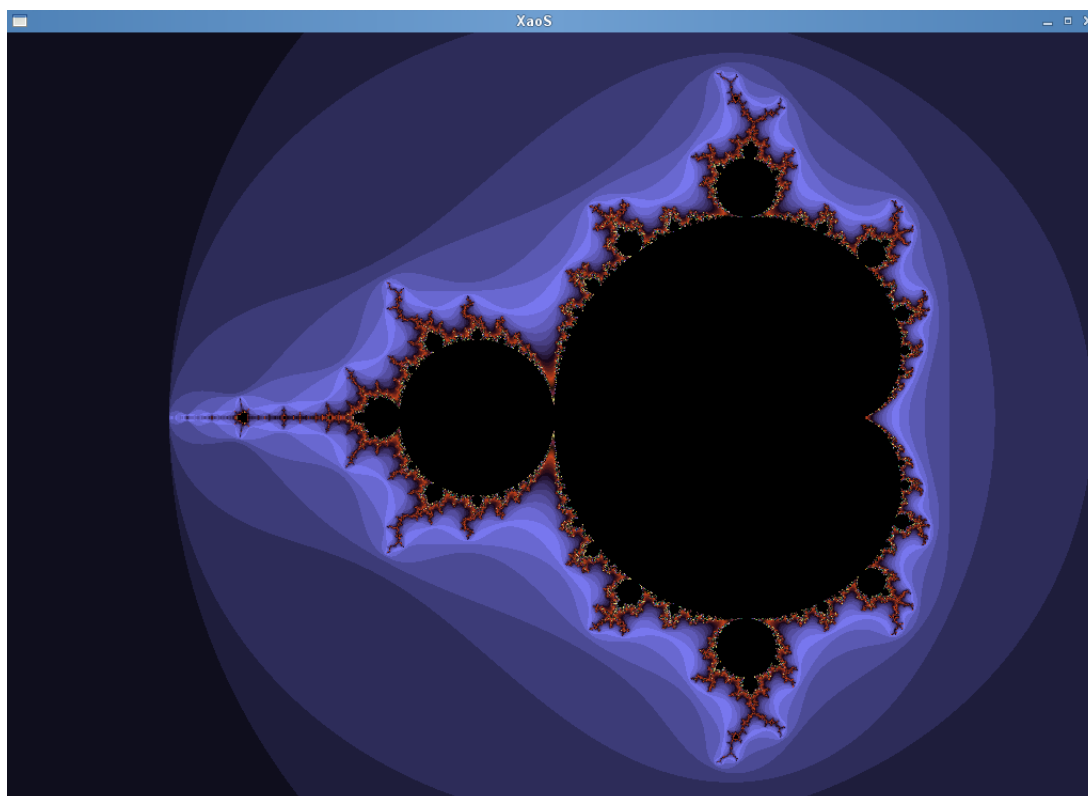


Figura 12.1: GNU XaoS

12.2. Fyre

Fyre es una herramienta para producir imágenes basadas en histogramas de funciones caóticas iteradas. Es una aplicación multiplataforma disponible para GNU/Linux y Microsoft Windows.

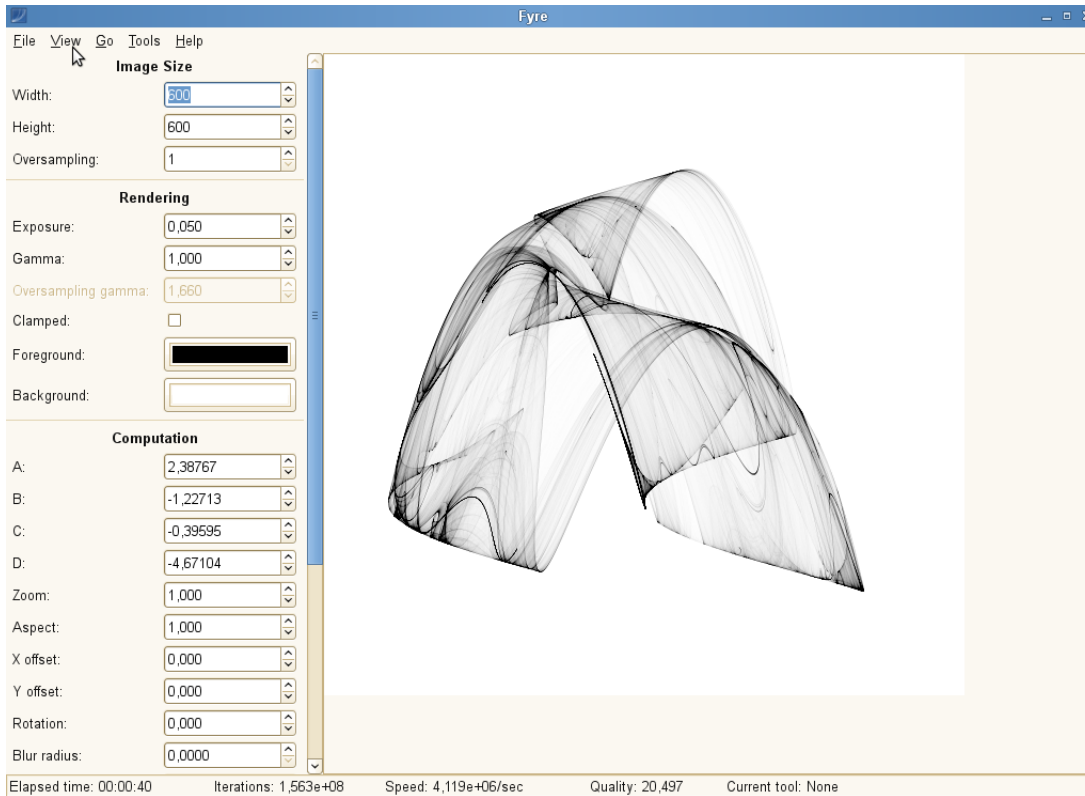


Figura 12.2: Fyre

Apéndice A

Paquetes de software científico en openSUSE 11.1

1

- [openSUSE-11.1-Oss](#)
 - [Packman](#)
 - [KDE_Community](#)
 - [Education](#)
 - [science](#)
 - [Application_Geo](#)
 - [home_dmacvicar](#)
 - [home_dsteuer](#)
-

Programa	Paquete	Repositorio ¹
TeX	texlive	openSUSE-11.1-Oss
LaTeX	texlive-latex	openSUSE-11.1-Oss
Texmaker	texmaker	KDE_Community
Kile	kile	openSUSE-11.1-Oss
GNU TeXmacs	TeXmacs	openSUSE-11.1-Oss
LyX	lyx	openSUSE-11.1-Oss
OpenOffice.org Math	OpenOffice_org-math	openSUSE-11.1-Oss
gnuplot	gnuplot	openSUSE-11.1-Oss
Dia	dia	openSUSE-11.1-Oss
Xfig	xfig	openSUSE-11.1-Oss
GeoGebra	geogebra	Education
GEONExT	geonext	Education
GDIS		
Chemtool	chemtool	openSUSE-11.1-Oss
Garlic	garlic	openSUSE-11.1-Oss
Maxima	maxima	Education
wxMaxima	wxMaxima	Education
Xmaxima	maxima-xmaxima	Education
Yacas	yacas	Education
Axiom		
GNU Octave	octave	openSUSE-11.1-Oss
QtOctave	qtoctave	Packman
Scilab	scilab	Packman
FreeMat	FreeMat	home_dmacvicar
R	R-base	Education
R-Commander		
PSPP	pspp	home_dsteuer
QCad	qcad	openSUSE-11.1-Oss
PythonCAD	pythoncad	openSUSE-11.1-Oss
GRASS	grass	Application_Geo
Logisim		
KiCad	kicad	science
Kalzium	kde4-kalzium	openSUSE-11.1-Oss
Celestia	celestia	openSUSE-11.1-Oss
KStars	kde4-kstars	openSUSE-11.1-Oss
Stellarium	stellarium	Education
GNU XaoS	xaos	openSUSE-11.1-Oss
Fyre	fyre	openSUSE-11.1-Oss

Cuadro A.1: Paquetes de software científico en openSUSE 11.1

Apéndice B

GNU Free Documentation License

Copyright (C) 2000, 2001, 2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent

copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- Ñ. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties--for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (C) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.