

# KiCad, Herramienta de Software Libre de Modelado de Circuitos Impresos para el Desarrollo de Hardware

## KiCad, free software suite for Electronic Design Automation (EDA) to Hardware Development

Medrano, Alberto<sup>1\*</sup>; Serra, Ángel<sup>2</sup>; Soto, Carlos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Electrónica. I.U.P. Santiago Marino  
Mérida, 5101, Venezuela

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes  
Mérida, 5101A, Venezuela  
\*alberto@codeagroup.com

### Resumen

*En ánimos de motivar a estudiantes y docentes para el uso herramientas de Diseño Electrónico Asistido por Computador (ECAD), Jean-Pierre Charras en 1992 inició el desarrollo de una aplicación de software libre para el diseño de circuitos electrónicos y la llamó KiCad. Ésta aplicación proporciona todas las bondades del software libre, en cuanto a sus cuatro libertades, lo que no implica gastos de licenciamiento y puede ser una alternativa a las herramientas privativas de alto costo económico que son promovidas en nuestros centros universitarios. Se ha observado que la comunidad de desarrolladores de KiCad busca agregar nuevas funciones, lo que ha permitido obtener una herramienta con suficientes prestaciones para el abordaje de sistemas electrónicos cada vez más complejos. Este artículo realiza una serie de descripciones que permiten ubicar y entender la herramienta, mostrando de forma preliminar como KiCad puede servir como entorno de desarrollo para la creación de circuitos impresos. Se hace referencia a desarrollos disponibles bajo licencia libre, trabajados por los autores de éste artículo, donde se utilizó dicha herramienta, promoviendo así formas de trabajo colaborativo al estilo del software libre pero orientadas al hardware.*

**Palabras clave:** circuito impreso, diseño electrónico, hardware, pcb.

### Abstract

*In 1992, Jean-Pierre Charras started a free software suite for electronic design automation (EDA) called Kicad, the project was begin to motivate students and teachers in hardware development. This suite provide all benefits about free software, in their four freedoms, it's not necessary to pay by license and can be an alternative to proprietary software tool suite used in universities with high costs. It has been observed that KiCad developer community by adding new features, allowing to obtain a suit with enough features to approach complex electronic systems. This article makes a number of issues that allow to locate and understand the suit, showing preliminarily as KiCad can serve as a development environment to create printed circuit boards. It explains a several developments available under a free license, worked by the authors of this article, where the Kicad suit was used, thus promoting ways of working collaboratively traditionally used in free software but applied to hardware.*

**Key words:** printed circuit board, electronic design, hardware, pcb.

### 1 Introducción

*KiCad* es una aplicación de software libre para diseño electrónico automatizado (*EDA = Electronic Design Automation*), es un proyecto inicializado en 1992 por Jean-

Pierre Charras<sup>1</sup> (Rosso , 2015) y que continua en desarrollo

---

<sup>1</sup>Jean-Pierre Charras, investigador y profesor en el campo de ingeniería eléctrica del GIPSA-lab (Grenoble Images Parole Signal Automatique - laboratoire), más información <http://www.gipsa-lab>.

gracias a una comunidad que se demoninan como *KiCad Developers Team*<sup>2</sup>. *KiCad* consta de una serie de aplicaciones que han sido publicados con licenciamiento GNU GPL v3<sup>3</sup> y son: *Eeschema*: editor de esquemas, *Pcbnew*: editor de circuitos impresos, *CvPcb*: selector de huellas impresas para los componentes usados en el diseño, *kicad*: manejador de proyectos, entre otras mini-aplicaciones útiles para el diseño de un circuito de calidad. En la actualidad la comunidad de desarrolladores de *KiCad* es bastante activa y persigue entre tantas metas poder simular circuitos electrónicos con modelos *PSPICE* entre otros, las capacidades actuales para el modelado de circuito electrónico, representación 3D y depurado de trazados son bastantes completas. Grupos científicos de la Organización Europea para la Investigación Nuclear o por su siglas *CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire)* han creado una rama llamada *cern-kicad* (Rosso , 2015) (Serrano y col. , 2015), en la que buscan mejorar las capacidades de ruteo para diseños impresos de avanzada así como para la simulación. Cabe destacar que este tipo de herramientas, como se desarrolla, su modo de uso y sus participantes lo que definiremos como “comunidad” han sido influenciados por los movimientos de Software Libre, Software Abierto y el Proyecto *GNU/Linux*. Dicha comunidad es especializada en el área técnica de la electrónica, lo que hace que *KiCad* no pueda clasificar como una herramienta de software popular, por ejemplo, un editor de texto, un navegador de internet o un manejador de correos. El presente artículo busca conciliar las definiciones de hardware libre que se han venido trabajando, en la búsqueda de conceptos de libertades tal como en el software libre pero en el ámbito del hardware, por ejemplo el concepto desarrollado en la Fundación CENDITEL<sup>4</sup> (Medrano y col. , 2009) entre otras definiciones que se han sido exploradas en Venezuela para la industrialización del hardware (Berrizbeitia , 2006), además hacer referencia a la iniciativa de Hardware Abierto (*Open-source hardware*) y el Proyecto Arduino que es una iniciativa que ha calado bien en el área de electrónica con cientos de casos de uso. También se hace referencia a comunidades como OSHWA (*Open Source Hardware Association*), Open Hardware en El Salvador (*OpenHardware.sv*) y la comunidad *Pingüino-VE*, todas éstas e incluso particulares, cuya motivación radica en crear hardware adaptado a las necesidades locales, necesitan de ineludible herramientas como *KiCad* para el diseño de circuitos impresos. La universidad es un centro de desarrollo tecnológico importante y sería propicio que docentes consideren la alternativa de uso de *KiCad* como herramienta de desenvolvimiento profesional en carreras técnicas asociadas, eléctrica, electrónica y telecomunicaciones.

grenoble-inp.fr/ en el IUT de Saint Martin d’Hères

<sup>2</sup>KiCad Developers Team, más información visite <https://launchpad.net/kicad>

<sup>3</sup>GNU General Public License v3.0, más información <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html>

<sup>4</sup>Fundación CENDITEL o Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres), ubicado en Merida - Venezuela

Cabe destacar que herramientas privativas aún tienen preferencia de uso por múltiples factores, sin embargo *KiCad* por ser una herramienta libre, que ha evolucionado por una comunidad al punto de ser completamente funcional y capaz de desarrollos electrónicos complejos, los profesionales puede considerarla con una herramienta válida. El objetivo que se persigue con esta investigación es resaltar las bondades y ventajas de la herramienta *Kicad*, desde sus aportes al desarrollo de hardware libre con una comunidad de colaboración a nivel mundial, pasando por la licencia libre utilizada además de ser multiplataforma<sup>5</sup>, con soporte multilinguaje, hasta las ventajas de tipo técnicas de ser una suite integral para modelado de circuitos electrónicos complejos que permitió el desarrollo de prototipos y aplicaciones desarrolladas y puesta en marcha por los autores de este artículo. Además se hará énfasis a los aportes realizados a los desarrollos de hardware libre así como sus ventajas técnicas en comparación con otras herramientas similares. Se mostraran algunos casos de uso en Venezuela con dicha herramienta, pensado la posibilidad de escalamiento industrial de éstos dispositivos como importante y necesario para Venezuela (Valera , 2006). Hardware Libre, da algunas ideas sobre el tema, en la necesidad de diversificar la industria y el potencial que tiene Venezuela por la cantidad de centros de investigación que posee.

## 2 Desarrollo

Es necesario abordar la definición de algunos conceptos básicos entorno al hardware, aquellos que han emergido de las iniciativas del software libre, sus libertades y el modo de apropiación de dicha tecnología. Conceptos básicos que refieren a ciertas modalidades de desarrollo de circuitos con filosofía libre y abierta, para ello nos basaremos en las definiciones y metodología publicada por la Fundación CENDITEL (Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres), el proyecto *Open-Source Hardware Arduino* (que usa licencia *Creative Commons Attribution Share-Alike*), OSHWA (*Open Source Hardware Association*) y algunas declaraciones de particulares que han hablado al respecto.

### 2.1 Hardware Libre y Hardware Abierto

Antes de definir los conceptos de Hardware Libre y Hardware Abierto conviene precisar el significado que se le otorgará a algunos de los conceptos involucrados. De esa forma se espera evitar la ambigüedad que pudiera derivarse del carácter controvertido de los mismos.

### 2.2 Código Fuente para Hardware

Se entiende por código fuente de un dispositivo de hardware a la especificación completa y precisa de los diferentes niveles de diseño involucrados en el mismo. De esta

<sup>5</sup>Capacidad referida a una aplicación que puede compilarse y ejecutarse en varios sistemas operativos, normalmente *win/mac/linux*

forma, el código fuente para hardware incluiría los diagramas esquemáticos, planos, memorias descriptivas, diseño de tarjetas electrónicas, especificación de parámetros y lineamientos para procesos de fabricación, listados detallados de componentes, diagramas de despiece, código fuente del software de los componentes programables y reconfigurables, y demás archivos que sean necesarios para fabricar el dispositivo.

### 2.3 Especificación de procesos de fabricación

La especificación de procesos de fabricación contiene todas las indicaciones necesarias para materializar un diseño dado. Los procesos referidos, al igual que los diseños, tienen distintos niveles; desde los componentes electrónicos y los materiales que los conforman, hasta el ensamblaje de los equipos finales, pasando por la fabricación y ensamblaje de las tarjetas electrónicas.

### 2.4 Diseño Conceptual

El diseño conceptual se refiere a las bases teóricas y principios de funcionamiento en los que se basan los distintos niveles de diseño involucrados en un proyecto específico. Estos aspectos conceptuales, especialmente en los niveles de diseño relacionados con los componentes y materiales, pueden llegar a ser bastante extensos y complejos. De ahí la importancia que tiene el asegurar el carácter libre de los mismos.

### 2.5 ¿Qué es Hardware Libre?

El hardware libre se puede definir como una materialización particular del conocimiento libre en el área de hardware. En otras palabras, se podrá considerar que un hardware es libre, cuando el conocimiento asociado al mismo es libre. En este sentido, tomando como referencia las libertades que han sido asociadas a una de las formas de entender al software libre, una manera más explícita de definir al hardware libre sería establecer que el mismo es aquel cuyo código fuente, especificación de procesos de fabricación y diseño conceptual están disponibles de forma tal que ofrezcan: libertad de uso, de estudio y modificación, de distribución, y de redistribución de las mejoras.

### 2.6 ¿Qué es Hardware Abierto?

OSHOWA (*Open Source Hardware Association*)<sup>6</sup> con el reto de definir un marco sobre el que trabajar. En su primer encuentro diseñaron unos principios básicos para esta licencia que serían, de manera resumida los siguientes:

- Documentación: El hardware debe ser puesto en libertad con su documentación completa y debe permitir la modificación.
- Alcance: La documentación debe especificar claramente qué parte del diseño se publica bajo la licencia.

<sup>6</sup>OSHOWA, más información visite <http://www.oshwa.org>

- Software Necesario: Si el diseño requiere de licencia de software, este debe cumplir unos parámetros de documentación suficiente y ser publicada bajo una licencia de código abierto aprobada por OSI.
- Obras Derivadas: La licencia debe permitir modificaciones y trabajos derivados así como la fabricación, venta, distribución y uso de productos creados a partir de los archivos de diseño.
- Redistribución libre: La licencia no debe restringir a un tercero el vender o entregar la documentación del proyecto. No puede ejercerse ningún derecho sobre obras derivadas tampoco.
- Atribución: La licencia puede requerir documentos derivados y avisos de copyright asociados a los dispositivos. Asimismo debe hacer mención al diseñador.
- No discriminatoria: La licencia no debe discriminar a ningún grupo o persona.
- No discriminación en función de la finalidad perseguida: La licencia no debe restringir a ningún campo o actividad el uso de la obra.
- Distribución de la licencia: La licencia se da por distribuida sin necesidad de ir solicitando permisos adicionales.
- La licencia no debe ser específica de un producto: Los derechos de productos derivados hacen extensiva esta licencia.
- La licencia no debe restringir otro hardware o software: No se ponen objeciones a la naturaleza de lo que pueda implementarse a esta tecnología de forma externa o añadida.
- La licencia debe ser tecnológicamente neutral: Ninguna disposición de la misma debe basarse en una tecnología específica, parte o componente, material o interfaz para su uso.

Con esta extensa definición se trata de trasladar los principios expresados en las licencias de software abierto a dispositivos físicos.

### 2.7 ¿Qué es Hardware Abierto?

Se refiere aquel software que su uso es gratuito, no debe confundirse con libre por la ambigüedad del término en inglés “free”. Aplicaciones tipo *freeware* son del tipo de software que se distribuye sin costo, disponible para su uso y por tiempo limitado, una aplicación que se distribuye bajo esta modalidad es *Eagle CAD Soft*, muy solicitada en los procesos de desarrollo de circuito debido a su interfaz bastante intuitiva, algunos proyectos como *Arduino* hacen uso de ésta aplicación de diseño.

### 2.8 Proyecto Arduino

El Proyecto *Arduino*<sup>7</sup> es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y

<sup>7</sup>Proyecto Arduino, más información <http://arduino.cc/>

hardware flexibles y fáciles de usar. Se creó para artistas, diseñadores, aficionados y cualquiera interesado en crear entornos u objetos interactivos, es decir, que busca integrar personas que no necesariamente posean conocimiento en electrónica. Es un proyecto de hardware abierto con licenciamiento *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*, la cual permite entre ellas Compartir/Share - copiar y redistribuir el material por cualquier método o formato, Adaptar/Adapt - modificar, transformar, y construir material para cualquier propósito, incluso comercial mas siempre reconociendo los autores originales de la obra y el material debe redistribuirse bajo los términos de la licencia. Una tarjeta ensamblada *Arduino* es como se observa en la Fig. 1.



Fig. 1. Hardware Arduino, Modelo UNO

El Proyecto *Arduino* ha influenciado a que se consolide una comunidad entorno al hardware abierto, sin embargo, la herramienta con la que se desarrolla *Eagle Cad Soft*, es un *freeware* cuyo código fuente no está disponible y se ofrece una versión gratuita y otra paga, la gratuita limita las capacidades de diseño a circuitos de tamaño 10x8cm, y limitado a una cierta cantidad de componentes por diseño, al superar estas limitaciones debe comprarse una versión paga de Eagle para el desarrollo de circuito más complejos.

## 2.9 Comunidad OpenHardware.SV

El 1er. Encuentro *Open Hardware* en El Salvador se celebró en septiembre de 2013 y sirvió para presentar la comunidad al mundo, entre ellas se abordaron preguntas como: ¿Quiénes integran la comunidad *OpenHardware.SV*?, ¿Qué es el Diseño Abierto/Hardware Libre? y ¿Qué herramientas están disponibles para los miembros de la comunidad?. Esta comunidad tiene por objetivo facilitar la comunicación y el intercambio de conocimientos entre profesionales, aficionados y empresas que desarrollan u ofrecen productos y servicios orientados a la filosofía del Hardware Abierto, se ven más como un espacio de intercambio donde se fomenta la creatividad y se apoyan los proyectos basados en la filosofía

del Hardware Abierto que como una organización formal. Su logotipo oficial es como se ve en la Fig. 2.



Fig. 2. Comunidad Open Hardware El Salvador

## 2.10 Comunidad Pingüino-VE

Es un proyecto creado con hardware libre basado en una sencilla placa con entradas y salidas analógicas y digitales, ver Fig. 3, que pueden ser conectadas a una *PC*, es decir es un microcontrolador lógico programable, comprende un esfuerzo local promovido desde Venezuela y soportado por una creciente comunidad. Uno de sus principales promotores Joan Espinoza expone que uno de sus objetivos primordiales de *Pingüino-VE* es el incentivar en la sociedad el uso de las tecnologías, (tanto hardware como software), libres y conocer acerca de los recursos que nos proporcionan proyectos como lo es *Pingüino-VE*.



Fig. 3. Comunidad Pingüino-VE

## 3 Metodología Desarrollo de Hardware Libre de la Fundación CENDITEL

En la Fundación CENDITEL se ha hecho un esfuerzo por definir una metodología de trabajo entorno a los proyectos de Hardware (Medrano y col. , 2009), metodología posee tres procesos tal como se ve en la Fig. 4.

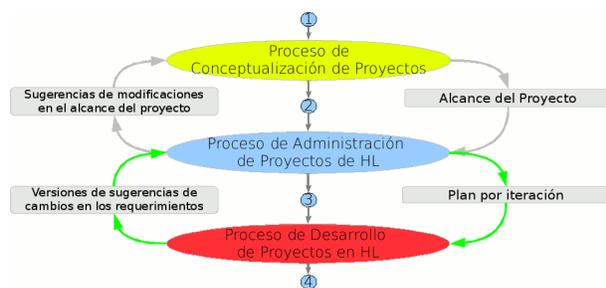


Fig. 4. Plataforma de Desarrollo de Hardware Libre

### 3.1 Proceso de Conceptualización de Proyectos

En este proceso se analizan problemas y necesidades de las comunidades que pudiesen requerir de una solución en área de hardware. El análisis planteado conlleva a la reflexión sobre los problemas y sus posibles soluciones. La actividad de reflexión tiene como objetivo principal proponer soluciones pertinentes a los problemas planteados, en las cuales se consideren tanto los beneficios como el impacto que dichas soluciones puedan causar sobre la comunidad. En este proceso se debe destacar, que las soluciones planteadas o parte de ellas sean pertinencia de otra área como por ejemplo el desarrollo de alguna aplicación de software requerido para el diseño del hardware, un diagrama del mismo es como se ve en la Fig. 5.

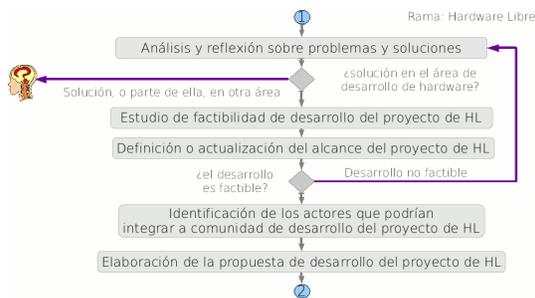


Fig. 5. Proceso de Conceptualización de Proyectos

### 3.2 Proceso de Administración de proyectos de Hardware Libre

Comprende un conjunto de actividades para coordinar y mantener el orden de un proyecto de desarrollo de hardware libre. Estas actividades estarán orientadas a facilitar lo planteado en el proceso de conceptualización. El proceso de administración requiere que se establezca el rol en uno de los integrantes del equipo como Coordinador del proyecto de desarrollo de hardware. El Coordinador debe velar por el seguimiento y cumplimiento de las actividades de desarrollo, promover una comunidad de desarrollo y colaboración en torno al proyecto, la cual será la encargada de elaborar el plan del proyecto de desarrollo de hardware, un diagrama del mismo es como se ve en la Fig. 6.

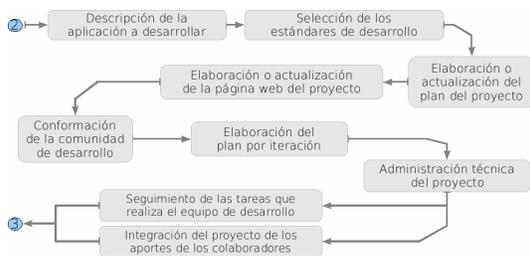


Fig. 6. Proceso de Administración de Proyectos

### 3.3 Proceso de Desarrollo de Proyectos en Hardware Libre

Parte de una descripción detallada del alcance y características del hardware a desarrollar, descripción que ha sido preparada en los procesos de conceptualización y administración. Al comienzo del proceso de desarrollo dependiendo de la naturaleza del hardware a diseñar tal como se ve en la Fig. 7, se puede dividir en tres pasos concurrentes: Especificación de Hardware Estático (a), Programación de Dispositivos (b), Desarrollo de IC (c). Esas áreas pueden activarse o no según los requerimientos del proyecto. En todo caso, normalmente siempre estará incluida en alguna medida la Especificación de Hardware Estático. Estos pasos de desarrollo se ocupan de generar y depurar los diseños que sean necesarios para implementar las características requeridas. Este proceso necesariamente las lleva a trabajar en forma coordinada, para que sus resultados puedan integrarse entre sí.

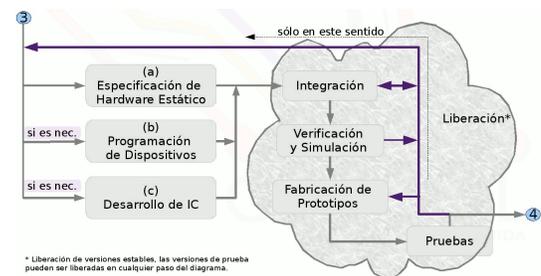


Fig. 7. Proceso de Desarrollo de Proyectos

Una vez expuestas las definiciones anteriores así como algunas comunidades de desarrollo de hardware libre, nos centraremos en analizar la herramienta llamada KiCad la cual permite desarrollar circuitos electrónicos de calidad de forma libre, ésta herramienta es multiplataforma por lo que puede instalarse en cualquier sistema operativo sea *Microsoft Windows, GNU/Linux, Unix o Mac OS*.

## 4 Herramienta de Diseño de Hardware KiCad

*KiCad* es un entorno de software usado para el diseño de circuitos eléctricos, muy flexible y adaptable, en el que se pueden crear y editar un gran número de componentes. *KiCad* permite el diseño de circuitos impresos modernos de forma sencilla e intuitiva. Su logotipo es como se ve en la Fig. 8.



Fig. 8. Logo oficial proyecto KiCad

La aplicación *KiCad* a su vez es el manejador de proyecto, desde ésta se invocan cada una de sus aplicaciones.

#### 4.1 Eeschema - Herramienta para Diseño de Circuitos Impresos

Es una aplicación de *KiCad* que permite la edición de ficheros esquemáticos, ver Fig. 9, también permite crear y visualizar librerías de componentes de modo que se pueda diseñar aquellos componentes que no existían en la base de datos.

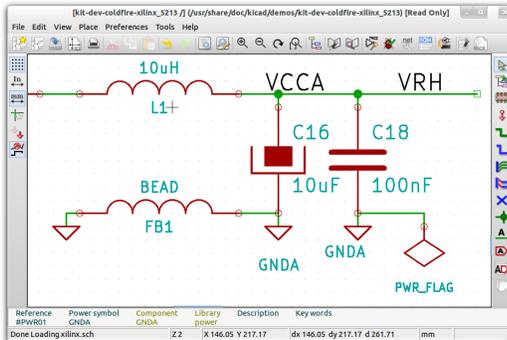


Fig. 9. eeschema - Editor de circuitos esquemáticos

#### 4.2 CvPcb - Herramienta para asignación de huellas impresas

Es una aplicación de *KiCad* que permite asignarles las huellas impresas a cada uno de los componentes especificados en el diseño esquemático, ver Fig. 10, por ejemplo, una resistencia R1 puede ser montaje *through hole* (tecnología de agujeros pasantes) o de tipo montaje superficial conocida como *SMT*<sup>8</sup>.

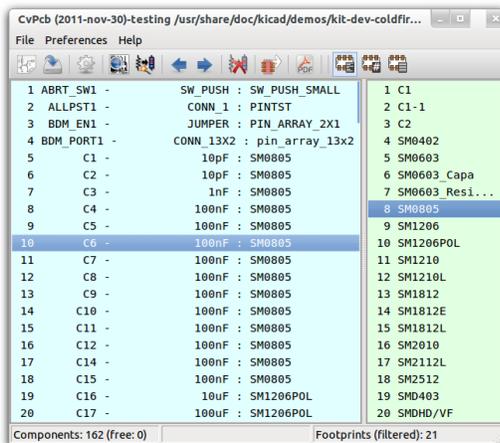


Fig. 10. cvpcb - Herramienta para asignación de huellas impresas

<sup>8</sup>SMT, del inglés *Surface Mount Technology*

#### 4.3 Pcbnew - Herramienta para Diseño de Circuitos Impresos

Es una aplicación de *KiCad* que permite la generación de un circuito impreso, ver Fig. 11, permite cargar reglas de diseño y rutinas de verificación para comprobar la consistencia entre el circuito esquemático y el impreso.

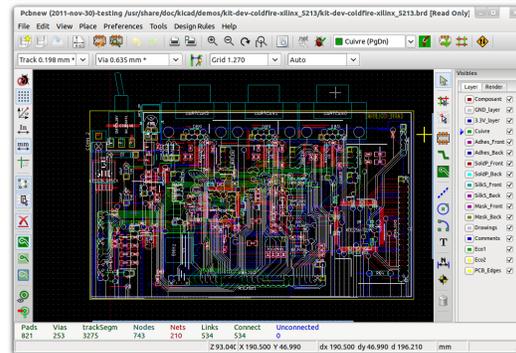


Fig. 11. pcbnew - Herramienta para edición de circuitos impresos

#### 4.4 Gerbv - Herramienta para visualizar ficheros de fabricación

Una vez finalizado el circuito, es necesario exportar del diseño en un estándar Gerber, estos ficheros vectorizados son los que requieren las fábricas de circuitos para producirlos en serie, gerbv es una aplicación para visualizar éstos archivos, no es parte del proyecto *KiCad* pero es comúnmente utilizada luego de completar el proceso de diseño.

#### 4.5 Mini-aplicaciones KiCad

*KiCad* contiene un conjunto de mini-aplicaciones donde puedes crear cálculos básicos de divisores, atenuadores, códigos de colores de resistencias, capacidad de corriente a través de un conductor, además de la generación de logotipos a partir de imágenes de mapa de bits, entre otras.

#### 4.6 KiCad con respecto a otras aplicaciones libres y free-ware

Las alternativas libres para diseño de circuito impresos son escasas, las principales herramientas libres son *KiCad* y *gEDA*, ésta última es anterior a *KiCad* pero su forma de uso sigue siendo más complicada, otra alternativa altamente popular es *Eagle CAD Soft*, pero es una aplicación multiplataforma no libre, es un freeware y su uso es bastante intuitivo. Proyectos de hardware abierto como *Arduino* usan *Eagle CAD Soft* para liberar sus diseños, pero éstos son limitados a cierto tamaño y a cierta cantidad de componentes por el uso de la versión gratuita, un análisis sobre estas tres (*KiCad*, *gEDA* y *Eagle*) refiere a *KiCad* como la más nueva pero que en muy poco tiempo ha ganado bastante popularidad. Los índices de búsquedas en *Google Trends* sobre éstas

aplicaciones de diseño ECAD libres y freeware, tal como se ve en la Fig. 12, muestra como la herramienta *KiCad* ha venido incorporándose lo que evidencia el crecimiento de su comunidad tanto de usuarios como de desarrolladores.

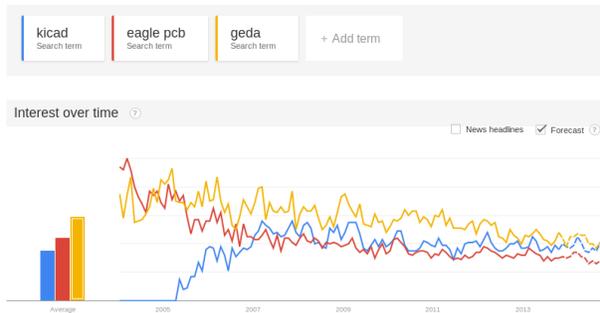


Fig. 12. Tendencia de uso de herramientas de diseño ECAD

Las proyecciones de desarrollo de la aplicación apuntan a la adición capacidades de simulación de circuitos electrónicos por lo que la comunidad trabaja en incorporar mejoras, lo cual resulta bastante relevante pues hay deficiencias en éste ámbito e cuanto a herramientas de simulación libre, las librerías esquemáticas e impresas también están en constante crecimiento y es labor de la comunidad ir publicando las mismas en portales como *KiCad Libraries*<sup>9</sup>, para luego en función de lo completas que estén pasen a ser parte de la versión para instalar.

#### 4.7 Experiencias de uso locales de KiCad

En esta sección se quieren exponer algunas experiencias de proyectos desarrollados en Venezuela. Circuitos que han sido desarrollos por los autores de este artículo, sea de forma individual, colectiva y con grupos de trabajo externos, que estas aplicaciones son de licencia libre, por lo que están disponibles sus fuentes para ser estudiadas, descargadas, modificadas y distribuidas sus mejoras, donde se observa la primera bondad del uso del *KiCad*, puesto que se utiliza la mencionada herramienta que al ser multiplataforma con soporte multilinguaje, permite el impulso de una comunidad de colaboradores alrededor de los desarrollos. Las aplicaciones se organizan por áreas de acción, desde instituciones públicas, privadas, espacios universitarios y espacios de enseñanza de electrónica. Desde la Fundación CENDITEL se han desarrollado aplicaciones de hardware utilizando *KiCad*, como es el caso del Sistema de Control de Acceso (SCA), ver Fig. 13, dispositivo que está instalado y en correcto funcionamiento en la fundación para el registro del flujo de personas, en este caso técnicamente se realizó el levantamiento 3D del circuito que permitió desarrollar de manera adecuada la carcasa y por el multilinguaje permitió realizar la interacción con las aplicaciones web que incluye la aplicación. Así mismo, está

<sup>9</sup>KiCad Libraries, ver más en <http://www.kicadlib.org/>

disponible el Transmisor *FM+RDS* para medios comunitarios aún en desarrollo, que por ser un desarrollo más complejo requirió el diseño de un circuito multicapa que gracias a la herramienta *KiCad* se pudo realizar, eso da una ventaja con herramientas similares de software libre por ser una herramienta que permite hasta 29 capas diferentes (16 capas de cobre, 12 capas auxiliares, 1 capa de contorno de placa), *KiCad* por defecto muestra 15 capas (2 de cobre, 12 auxiliares y 1 de contorno de placa). Otra aplicación es el Hardware para Automatización de Procesos Agrícolas (HAPA) del cual se tienen dos versiones instaladas y operativas, un Lector de Tarjetas Inteligentes o *Smart Card (hl-smartcard)*, entre otros. Todas estas aplicaciones fueron realizadas con equipos de control numérico altamente especializados para la fabricación de circuitos impresos, esto es posible ya que *KiCad* proporciona directamente los ficheros de fabricación en formato *Gerber RS274X* en sus diferentes capas, y los de perforación en formato *Excellon* y opciones para exportar en otros formatos vectorizados.



Fig. 13. Sistema de Control de Acceso, desarrollado en CENDITEL

Se pueden mencionar proyectos universitarios como el Sistema de Control de Temperatura, para uso en incubadoras para bebés (ohl-biomed-p01), ver Fig. 14 y el Pulsioxímetro Digital con *dsPIC30* (ohl-biomed-p02) ver Fig. 15, que están liberados con licenciamiento CERN, ambos desarrollados desde el Postgrado de Ingeniería Biomédica en la Universidad de Los Andes (ULA), donde se observa el uso de la herramienta en áreas tan sensibles y específicas como lo son los equipos médicos, pasando estudios de interferencias permitiendo el uso, para estas aplicaciones se tomó como apoyo las recomendaciones de la comunidad de colaboradores a nivel mundial, quienes tienen foros específicos en el área de proyectos de biomédica que permiten avanzar en campos tan sensibles.

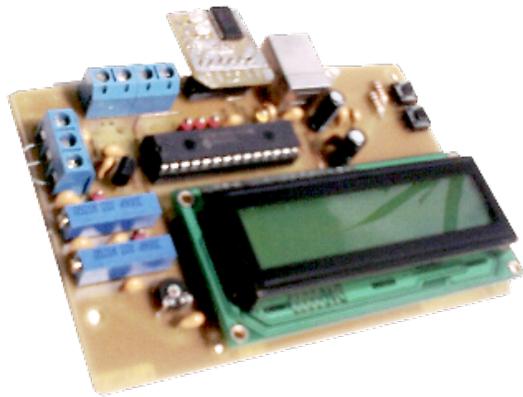


Fig. 14. Sistema de Control de Temperatura

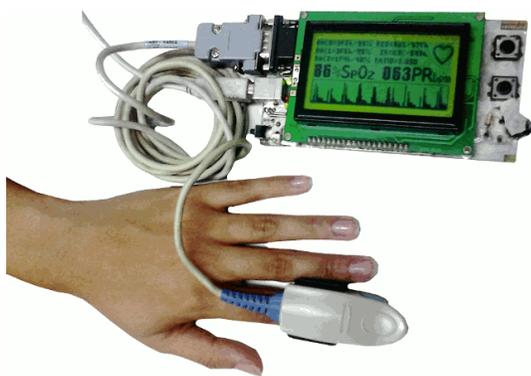


Fig. 15. Pulsioxímetro digital con dsPIC30

También se desarrolló el proyecto “Programa educativo para la enseñanza de la electrónica y programación apoyado en *Arduino*” ver Fig. 16, en el que se diseñó y fabricó una tarjeta de entrenamiento para el desarrollo de prácticas, se definió un grosor estándar de los trazados de 16mils (milésimas de pulgada) y 32 mils para las líneas con VCC de alimentación de 5VDC, el programa realiza la verificación de cortocircuito y consistencia del diseño. El diseño final eduVen01-Shield es de dos capas. Este diseño está acompañado con un programa educativo estructurado acorde al modelo de procesamiento de habilidades por enseñanza directa busca también incentivar en los jóvenes el uso de herramientas como el *KiCad* y *Arduino*. Al explicar el proyecto que está bajo licencia libre, la herramienta *KiCad* pudo encajar perfectamente en el diseño del programa educativo, pues se prevé un apartado donde se detalla la herramienta y se propone la fabricación de tarjetas por los estudiantes. El sector privado también ha tenido su participación, empresas como la Corporación de Diseño Electrónico de Avanzada C.A. (codeA, C.A.)<sup>10</sup> ha

<sup>10</sup>Corporación de Diseño Electrónico de Avanzada C.A. (codeA, C.A.), ver más en <http://www.codeagroup.com/>

colaborado con la subvención de fabricación de algunos de las mencionadas aplicaciones, entre otras experiencias que están actualmente en desarrollo. La principal ventaja para el sector privado es a parte de las prestaciones técnicas, es el tema de la licencia libre, que permite el ahorro de costos con el pago de licencias costosas. A excepción de los desarrollos trabajados desde la Fundación CENDITEL, los demás se han realizado con la maquinaria de codea, C.A. que cuenta con una maquinarias especializadas para tal labor.

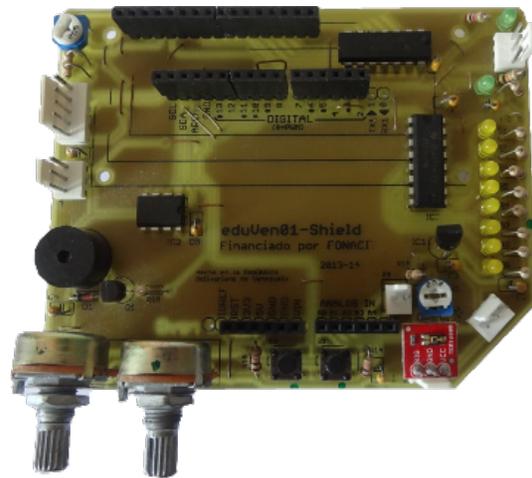


Fig. 16. eduven01, programa educativo para la enseñanza de la electrónica

## 5 Conclusiones

*KiCad* es una aplicación relativamente reciente que se ha posicionado muy bien con respecto a otras herramientas libres y *freeware* como *gEDA* y *Eagle CAD Soft*. *KiCad* está siendo desarrollado y soportado por una comunidad a nivel mundial, al ser un proyecto de software libre permite una gran escalabilidad a través del tiempo a medida que mejora sus prestaciones, sin embargo cabe destacar que comparado a otras herramientas privativas como *Altium Designer*, *OrCAD*, entre otras, que a pesar de ser superiores dado que permiten simulación de circuitos análogos y digitales, además de que gozan el privilegio de ser promovidas desde nuestros centros de estudios superiores con cierta preferencia, y su costo de licenciamiento no es muy accesible para los estudiantes, *KiCad* demuestra ser una alternativa si lo que se quiere es diseñar y modelar circuitos impresos aun cuando las funcionalidades a nivel de simulación no han sido cubiertas. *KiCad* es un ejemplo de modelo de desarrollo colaborativo del software libre y es una herramienta que involucra a los diseñadores de circuitos electrónicos a participar en el desarrollo de sus mejoras, estudiantes y profesionales a nivel mundial son parte activa en el desarrollo de módulos, soporte multilinguaje, divulgación en eventos y encuentros científicos, o simplemente haciendo uso de la herramienta. No es casualidad que centros importantes en el campo de la

ciencia y tecnología como lo es la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), mantengan una versión de KiCad propia, donde han potenciado capacidades de ruteo para circuitos de alta velocidad, funcionalidades que han venido pasando a la versión regular. La invitación es a colaborar con el desarrollo del proyecto por ser efectivamente una de las aplicaciones de software libre de más fácil uso para el diseño de circuitos impresos, facilidad que nos ha permitido desarrollar proyectos como los que se han mencionado en este artículo. Una forma para colaborar con dicho proyecto es mediante el desarrollo e investigación de diseños electrónicos de calidad, la publicación de los mismos como lo es el caso del proyecto *ohl-biomed-p01* y *ohl-biomed-p02* por mencionar algunos locales, así como en la en la promoción del uso de la herramienta a través de cursos y talleres, sabiendo que KiCad ha sido una herramienta que ha facilitado dado a que posee una interfaz de usuario planificada para el desarrollo de circuitos electrónicos de calidad. De los proyectos que han motivado a iniciativas libres y abiertas en torno al hardware como lo es el Proyecto *Arduino*, no usan software libre como herramientas de diseño, *Arduino* hace uso de *Eagle Cad Soft* que se ofrece como freeware lo que significa que los usuarios no tienen acceso a su código fuente, y en caso que quieras desarrollar circuitos más complejos o de tamaño superior de 10x8cm los usuarios deben pagar por licencias de uso (Steve, 2015), KiCad incluye soporte para modelado 3D de un circuito impreso de forma nativa y el caso de *Eagle* viene siendo opcional. Existen una gran variedad de herramientas libres para el diseño de circuitos electrónicos, sin embargo KiCad por lo activo de su comunidad de usuarios y desarrolladores, la versatilidad de uso ha sido efectivo para el desarrollo de proyectos locales, fortalecer la comunidad de desarrollo técnico de hardware son claves para consolidar independencia y soberanía tecnológica en esta área. Integrarse con la comunidad de desarrollo, para así incorporar nuevas funciones como por ejemplo las orientadas a simulación, en la que KiCad en comparativa con otras herramientas privativas aún está rezagada.

## 6 Agradecimientos

A Carlos González, investigador en la Fundación CEN-DITEL por la revisión y estructura de éste contenido.

**Recibido:** 20 de febrero de 2016

**Aceptado:** 02 de diciembre de 2016

## Referencias

Antonella Del Rosso, 2015, KiCad software gets the CERN treatment. Documento electrónico, disponible en: <http://cds.cern.ch/record/2000246>.  
Serrano J, Suminski M y Wlostowski T, 2015, CERN BE-CO-HT contribution to KiCad. Documento electrónico,

disponible en: <https://www.ohwr.org/projects/cern-kicad>.

Medrano A, Serra A y Soto C, 2011, Plataforma de Desarrollo en Hardware Libre, Definición, disponible en: <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/definicion/>.

Medrano A, Serra A y Soto C, 2012, Plataforma de Desarrollo en Hardware Libre, Metodología. Documento electrónico, disponible en: <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/metodologia/>.

Berrizbeitia J, 2006, Industria Nacional del Hardware. HARDWARE, Adquisición y Uso en la Administración Pública Nacional. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Caracas - Venezuela, pp. 87-94.

Valera J, 2006, Industria Nacional del Hardware. HARDWARE, Adquisición y Uso en la Administración Pública Nacional. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Caracas - Venezuela, pp. 129-136.

**Medrano, Alberto:** *Presidente de codeA,C.A., Ingeniero Electrónico (2005), Estudiante del Postgrado en Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Los Andes (ULA)*

**Serra, Ángel:** *Socio fundador de la empresa Innovación, Electrónica y Mobilitat S.L. (Innovem), Ingeniero Electricista (2006) egresado de la ULA. Correo electrónico: serra.mendoza@gmail.com*

**Soto, Carlos:** *Operador Satelital en la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), Ingeniero Electricista (2008) egresado de la ULA. Correo electrónico: carlosjavier-soto@gmail.com*

