

Hardware

Ecosistemas de innovación y producción basados en hardware libre

Buen Conocer - FLOK Society¹

v. 2.0

28/01/2015

Editores: Alan Lazalde², David Vila-Viñas³.

Autores/as: Alan Lazalde, Jenny Torres⁴ y David Vila-Viñas.

Revisor: David Cuartielles⁵.

Participantes: Alfredo Velasco, Clara Rupay, Andrés Delgado y Cristian Salamea.

Resumen: El documento propone vías para la adopción en Ecuador de herramientas y modelos basados en el *hardware* libre. El *hardware* libre es una forma de innovación donde los diseños se distribuyen bajo el amparo de licencias libres, pues éstas aseguran que cualquier conocimiento derivado beneficie a la comunidad. Uno de los principales argumentos para impulsar el desarrollo sustentable con *hardware* libre es la producción distribuida, acelerada, innovadora y activa de bienes comunes. Además, el *hardware* libre es una tecnología idónea para impulsar espacios de innovación ciudadana con impacto social, esto es, laboratorios como *fablabs* y *makerspaces*, que agrupen universidades, empresas, instituciones públicas y ciudadanía en general. En la primera parte, introducimos el concepto de *hardware* libre y ofrecemos un contexto

-
- 1 Proyecto realizado bajo convenio con el Ministerio Coordinador del Conocimiento y Talento Humano, la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y el Instituto de Altos Estudios Nacionales de Ecuador.
 - 2 M. en Cs. Universidad Iberoamericana, Campus Santa Fe, México. Contacto: alan.lazalde@gmail.com.
 - 3 Investigador principal proyecto Buen Conocer / FLOK Society. Becario posdoctoral Prometeo (SENESCYT, Gobierno de Ecuador), Instituto de Altos Estudios Nacionales.
 - 4 Investigadora FLOK-Society en el IAEN. Responsable de la línea de investigación 4 sobre «infraestructuras técnicas abiertas y libres».
 - 5 Fundador Arduino.

sobre sus usos, retos y casos de éxito. En la segunda, exponemos un panorama del marco político que permitiría la adopción de *hardware* libre en el Ecuador. En la tercera y última parte, reunimos recomendaciones de políticas públicas basadas en lo precedente.

Palabras clave: *hardware* libre, FLOK, innovación ciudadana, propiedad intelectual, política pública, Ecuador.

Historia del documento: Este documento tuvo una primera versión (v.0.1) elaborada por Jenny Torres (2014), como parte del equipo de investigación Buen Conocer / FLOK Society y coordinadora de la línea 4 sobre «infraestructuras técnicas abiertas y libres». Dicha versión tuvo una primera etapa de discusión pública a la que siguió la mantenida, junto a las cuestiones de ciberseguridad, en la mesa de trabajo 11 en la Cumbre del Buen Conocer, de la que participaron, amén de los y las autoras, Alfredo Velasco (Usuarios Digitales Ecuador), Clara Rupay (Radialistas), Cristian Salamea (desarrollador), Andrés Delgado (SENESCYT) y diversos representantes de la Secretaría de Inteligencia y de la Subsecretaría de Gobierno Electrónico de Ecuador. A todos/as ellos/as les reiteramos nuestro más sincero agradecimiento por las aportaciones a las propuestas finales.

Como citar este documento: Lazalde, A., Torres, J. & Vila-Viñas, D. (2015). *Hardware: ecosistemas de innovación y producción basados en hardware libre (v.2.0)*. En Vila-Viñas, D. & Barandiaran, X.E. (Eds.) *Buen Conocer - FLOK Society, Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito, Ecuador: IAEN-CIESPAL, disponible en <http://book.floksociety.org/ec/4/4-1-hardware-ecosistemas-de-innovacion-y-produccion-basados-en-hardware-libre>.

Copyright/Copyleft 2015 FLOK Society / Buen Conocer, Alan Lazalde, Jenny Torres, David Vila-Viñas, bajo las licencias Creative Commons BY-SA (Reconocimiento compartir Igual) Ecuatoriana (v.3.0) e Internacional (v.4.0) y GFDL (Licencia de Documentación Libre de GNU):

CC BY-SA: Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 3.0 Ecuador y Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 4.0 Internacional

Usted es libre de copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, remezclar, transformar y crear a partir del material, para cualquier finalidad, incluso comercial. El licenciador no puede revocar estas libertades mientras cumpla con los términos de la licencia. Bajo las siguientes condiciones: a) Reconocimiento: debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace; b) compartir igual: si remezcla, transforma o crea a partir del material, deberá difundir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original. No hay restricciones adicionales, no puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que legal-

mente restrinjan realizar aquello que la licencia permite. Puede encontrar las licencias completas en los siguientes enlaces: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es_ES y <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/ec/legalcode>

GFDL: Licencia de Documentación Libre de GNU

Se concede permiso para copiar, distribuir y/o modificar este documento bajo los términos de la licencia de documentación libre GNU, versión 1.3 o cualquier otra versión posterior publicada por la Free Software Foundation; sin secciones invariantes ni textos de cubierta delantera, tampoco textos de contraportada. Una copia de la licencia se puede encontrar en <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| 0. Resumen ejecutivo..... | 623 |
| 1. Contexto tecnológico..... | 625 |
| 1.1. Problemas y retos..... | 627 |
| 1.2. Democratización de la innovación y fabricación distribuida..... | 628 |
| 1.3. Innovación en licencias..... | 629 |
| 1.4. Proyectos e iniciativas..... | 632 |
| a) Laboratorios de innovación ciudadana..... | 633 |
| b) Arduino..... | 636 |
| c) Computadoras libres en el ámbito educativo..... | 638 |
| d) Políticas de hardware libre en Venezuela..... | 640 |
| 2. Marco jurídico – político ecuatoriano..... | 641 |
| 3. Propuestas..... | 642 |
| 3.1. Principios generales para la política pública..... | 642 |
| 3.2. Recomendaciones..... | 645 |
| 4. Referencias..... | 649 |

O. RESUMEN EJECUTIVO

La Declaración de principios del *hardware* libre (HL) lo define como «aquel *hardware* cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño⁶». Así el HL utiliza elementos y materiales inmediatamente disponibles, procesos estandarizados, infraestructura abierta, contenido no restringido y herramientas de diseño libres brindando a los/as usuarios/as la posibilidad de controlar su tecnología mientras comparten el conocimiento y alientan el comercio a través del intercambio abierto de diseños.

A partir de estos principios, el uso de HL ofrece distintas ventajas a una sociedad y en particular a sus sectores más innovadores. Entre ellas destaca la mejora de la sostenibilidad y soberanía tecnológicas, así como la adopción de las citadas libertades a imagen y semejanza de los principios del *software* libre. Además, el fortalecimiento de ecosistemas de innovación y producción basados en los principios de HL y análogos favorece el empoderamiento de las comunidades y la utilidad social y apropiabilidad en el uso de las tecnologías, así como su valor educativo al insertarse en procesos de aprendizaje y de trabajo necesariamente colaborativo. Aunque en términos de costes, no exista un abaratamiento como tal en el desarrollo inicial, la democratización del acceso a sus fuentes sí merma la capacidad de concentración del lucro en cuanto a la tecnología. Un ecosistema productivo con estas características puede responder mejor a las necesidades reales de sus comunidades de referencia, dando eficacia a distintos modelos posibles de cogobierno, y acelerar el desarrollo endógeno, reduciendo la dependencia tecnológica de muchos Estados en el capitalismo cognitivo globalizado.

6 Véase <http://freedomdefined.org>. Aquí puede verse la traducción al castellano de la Declaración, realizada por David Cuartielles (Arduino): <http://freedomdefined.org/OSHW/translations/es>. En este documento referimos a la versión 1.0; no obstante, está en camino una nueva versión.

Más allá de sus principios y ventajas sobre el papel, se han identificado distintos proyectos clave en la implementación de iniciativas económicas basadas en HL, como los laboratorios de innovación ciudadana (*hackerspaces*, *makerspaces*, *fablabs*, etc.), la iniciativa Arduino y sus ramificaciones, diferentes acciones de introducción de computadoras de HL en los sistemas educativos, así como un análisis de conjunto de distintas políticas de impulso del HL en un contexto próximo como el de Venezuela.

El interés de los modelos de HL para Ecuador procede de su potencial como régimen de producción y distribución de tecnología, así como de generación de comunidades y nuevos vínculos sociales en torno a ellas. Ello resulta especialmente relevante en contexto emergentes como éste, donde la incorporación de capas crecientes de la población a los procesos de innovación es una condición indispensable para poder completar la transición hacia la economía social del conocimiento, toda vez que la apuesta por la hegemonía de las grandes corporaciones tecnológicas es difícil, a la par que poco compatible, con el marco constitucional del país y con las directrices y líneas de fuerza del PNBV (2013-2017). En este sentido y aunque el HL tiene notables ventajas comparativas, la situación de partida del país invita a prestar atención al *hardware* desarrollado bajo todo tipo de licencias con el objetivo de que su expansión favorezca el crecimiento de la economía del conocimiento en Ecuador, sin que tal desarrollo limite el brillante potencial del HL para la economía del país y de la región. Con este objetivo, se presentan recomendaciones sobre las condiciones de circulación y licenciamiento del *hardware*, de socialización de su relevancia, de potenciación económica e inserción en la economía nacional, así como de investigación y dotación de una institucionalidad que asegure su proliferación.

1. CONTEXTO TECNOLÓGICO

La Declaración de principios del HL, realizada por freedomdefined.org⁷ y auspiciada por diferentes individuos y organizaciones, proporciona tanto unos principios generales como una definición de la noción que permite evaluar el carácter de las licencias para los diseños de *hardware*:

Hardware de Fuentes Abiertas (OSHW en inglés) es aquel *hardware* cuyo diseño se hace disponible públicamente para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, distribuir, materializar y vender, tanto el original como otros objetos basados en ese diseño. Las fuentes del *hardware* (entendidas como los ficheros fuente) habrán de estar disponibles en un formato apropiado para poder realizar modificaciones sobre ellas. Idealmente, el *hardware* de fuentes abiertas utiliza componentes y materiales de alta disponibilidad, procesos estandarizados, infraestructuras abiertas, contenidos sin restricciones, y herramientas de fuentes abiertas de cara a maximizar la habilidad de los individuos para materializar y usar el *hardware*. El *hardware* de fuentes abiertas da libertad de controlar la tecnología y al mismo tiempo compartir conocimientos y estimular la comercialización por medio del intercambio abierto de diseños.

El HL deriva sus principios del movimiento del *software* libre y ha incrementado su importancia a partir de la última década. Internet hizo posible el intercambio de diseños de *hardware*, el éxito comercial del *software* libre le dio visibilidad ante el público y la reducción en coste de las herramientas de producción lo hicieron factible (OSHWA, 2013). El HL ofrece una oportunidad para contribuir a salvar la brecha tecnológica y educativa entre los países desarrollados y aquellos emergentes. De hecho, pese a ser un fenómeno reciente, existen unos ochenta y cuatro grupos de investigación en esta materia, distribuidos en diecisiete países⁸, que apuntan a los ideales del *software* libre y aproximadamente setenta y un países lo están comercializando, incluido el Ecuador (Making Society, 2014).

Una de sus principales ventajas es la sostenibilidad tecnológica que aporta, en cuanto a capacidad de persistir. Avanzar hacia la sostenibilidad consti-

7 Véase <http://freedomdefined.org>. Aquí puede leerse la traducción al castellano de la Declaración, realizada por David Cuartielles (Arduino): <http://freedomdefined.org/OSHW/translations/es>.

8 Véase <http://open-source-hardware.meetup.com>.

tuye un reto social que involucra políticas internacionales y nacionales, así como el cambio de estilos de vida individuales concentrados hacia la reducción del impacto en términos de recursos humanos y de huella ecológica. Aunque buena parte de pobreza y la contaminación ambiental en el mundo podrían reducirse a través de las tecnologías conocidas, no existe suficiente acceso a la información clave para un desarrollo sustentable. En tal sentido, las opciones tecnológicas son decisivas para mejorar esta condición de sostenibilidad⁹. La noción de tecnología adecuada (*appropriate technology*, Pearce, 2012b), apoyada en el concepto de *software* libre, se enfoca en la creación de un modelo tecnológico para el desarrollo sustentable, considerando especialmente los aspectos ambientales, éticos, culturales, sociales, políticos y económicos de las comunidades locales para quienes se pretende dicha tecnología. Una tecnología adecuada está integrada por tecnologías de componentes y materiales inmediatamente disponibles, al igual que por procesos estandarizados. El objetivo fundamental del uso de esta tecnología es crear un paradigma en el que cualquiera puede aprender cómo hacer y utilizar las tecnologías necesarias sin las restricciones de la propiedad intelectual; aportar al ecosistema de conocimiento colectivo mediante ideas, diseños y observaciones; así como compartir planes y experiencias tecnológicas a través de una red de trabajo colaborativo para un mundo sustentable.

Uno de los mejores ejemplos de esta tecnología adecuada de *software* libre (OSAT, por sus siglas en inglés) quizá sea la fundación Appropedia, un sitio en Internet de soluciones colaborativas sobre sostenibilidad, reducción de la pobreza y desarrollo internacional, que aprovecha el potencial de la revisión distribuida entre pares y un proceso transparente de colaboración¹⁰. Esta iniciativa muestra también como el paradigma del *software* libre es cada vez más relevante en el *hardware*, con dispositivos como las plataformas de prototipado electrónico (Arduino, Raspberry Pi). Algunas de estas plataformas, principalmente Arduino, tienen múltiples potencialidades, entre ellas, utilizarse para construir una impresora 3D auto-replicable (Re-

9 Véase Bauwens (2011) para una relación entre la sostenibilidad y el *hardware* libre.

10 Véase http://www.appropedia.org/Welcome_to_Appropedia.

pRap)¹¹, capaz de fabricar piezas sólidas y complejas, sin necesidad de una infraestructura industrial costosa. En este caso, el *software* RepRap y los diseños de impresora son libres y gratuitos, sin mencionar que la impresora puede producir la mayoría de sus propios componentes.

1.1. Problemas y retos

En el contexto tecnológico actual existen muchos problemas para el desarrollo de un *hardware* sustentable. Uno de los principales problemas son los altos costes de producción, habitualmente derivados de la dependencia tecnológica que afecta a muchos países, como Ecuador. Dado el acceso limitado a la tecnología, el consumidor debe tomar el producto que se oferta en el mercado, que a menudo no satisface los requerimientos específicos de un consumidor particular. Además, en el *hardware* propietario existe mucho diseño redundante que lleva a «reinventar la rueda», en vez de utilizar el conocimiento anterior e innovar en nuevas áreas de la investigación y producción. Se trata de un desperdicio de tiempo que ralentiza la investigación científica¹².

Por otra parte, los fabricantes de *hardware*, las editoriales, los titulares de los derechos de autor y los individuos aplican la Gestión de Derechos Digitales (DRM, por sus siglas en inglés) para controlar el uso de contenidos y dispositivos digitales. Esta acción cerca el conocimiento, privatizándolo en grandes industrias de fabricación y creando así ineficiencias económicas, incluso para los propios consumidores directos de estos productos. Con la reducción de costes de computación y con el trabajo colaborativo propio del HL, la mejora en la innovación es sustancial y mayor la soberanía tecnológica.

11 Véase el artículo de George Dafermos (2015) para el proyecto Buen Conocer / FLOK Society sobre fabricación distribuida para profundizar en estas iniciativas.

12 Puede verse un conjunto de evidencias que desmienten el argumento de que las restricciones asociadas a la propiedad intelectual potencian la innovación, aplicadas a este contexto, en Dafermos (2015, pp.2-3).

Frente a ello, el HL es relativamente barato¹³ y está profundamente integrado en los niveles de alta innovación tecnológica. Además, puede ser fácilmente estudiado y modificado a fin de servir ciertos propósitos educativos que motiven la cooperación humana y el intercambio de conocimiento, de modo que constituye un impulso importante a la producción local en aquellos países que no han podido desarrollarla suficientemente.

1.2. Democratización de la innovación y fabricación distribuida

En años recientes se ha puesto en boga el término innovación centrada en el usuario, que es la democratización de la innovación cuando pasa a manos de las personas. El término fue definido a finales de la década de 1990 por el Profesor Eric Von Hippel del MIT: es la «innovación creada por el usuario para obtener mayor valor para él que con la innovación comercial de las compañías» (Rosted, 2005).

Los procesos de innovación centrados en el usuario suelen ser muy diferentes del modelo tradicional basado en el fabricante. Aunque no excluyen necesariamente el uso de patentes, derechos de autor y otras protecciones para impedir la reproducción de sus innovaciones, estos procesos de interacción humana en la producción de ideas tienen mayor inclinación hacia la apertura. La tendencia a la democratización de la innovación está guiada por el continuo mejoramiento de herramientas libres para la innovación (en *software*, *hardware* y diseño), que los usuarios distribuyen de forma coordinada a través de Internet.

La estrategia de monetización del HL es la fabricación (Cicero, 2013), que resulta lógico organizar como fabricación distribuida, involucrando no solo grupos más pequeños con producción independiente de diseños compartidos para su distribución local. A través de esta fabricación distribuida, el producto estaría disponible en muchos lugares, evitando el coste relacionado con la fabricación y distribución de modo separado (Bauwens *et al.*, 2012). Por el contrario, en el régimen de fabricación centralizada, un

¹³ En su caso, el coste unitario de HL puede ser más alto que el de *hardware* privativo, principalmente debido a que se produce en tiradas pequeñas.

fabricante hace el producto y lo vende a múltiples distribuidores. Cada distribuidor recarga el producto y lo revende a sus consumidores, lo que lo hace disponible en muchos lugares pero a un precio más elevado para el consumidor, puesto que el fabricante y el distribuidor obtienen una parte. En la práctica, hay que reconocer que este modelo de producción y distribución locales se ha desarrollado menos con productos electrónicos que con otros bienes de consumo, como alimentos o ropa: casi todos los diseñadores y productores de objetos abiertos terminan por usar redes de distribuidores convencionales, que (y esto resulta muy interesante) están cada vez más interesadas en atraer a este tipo de productores. Otra alternativa que siguen muchos fabricantes de *hardware* de código abierto es el modelo artesanal, en el que ellos mismos producen y distribuyen los productos. Aunque tal modelo reduce los costos, puede limitar la disponibilidad del producto solo a aquellos lugares al alcance del productor.

1.3. Innovación en licencias

Las licencias de HL constituyen un elemento fundamental en el régimen de propiedad intelectual asociada a estos bienes al regular el uso, la copia, la modificación y la distribución de la documentación de diseño del *hardware*, así como la fabricación y distribución de productos.

Las nuevas licencias de HL se explican, a menudo, como el «equivalente en *hardware*» de las licencias de *software* libre, tales como la licencia GPL, LGPL o BSD). A pesar de las similitudes con las licencias de *software*, la mayor parte de licencias de *hardware* son fundamentalmente distintas, puesto que suelen inscribirse en el marco normativo de patentes y no en el de derechos de autor. Mientras que una licencia de derechos de autor puede controlar la distribución del código fuente o de los documentos de diseño, una licencia de patente puede controlar el uso y la fabricación del dispositivo físico elaborado a partir de los documentos de diseño. Sin embargo, aunque el concepto de HL no es todavía tan conocido como el concepto de *software* libre, comparten el mismo principio, por el que cualquiera debería ser capaz de ver el código fuente (la documentación de diseño en el caso del *hardware*), de estudiarlo, modificarlo y compartirlo.

Entre las nuevas licencias que se han propuesto para HL pueden destacarse:

- Licencia de *Hardware Libre* TAPR¹⁴: Elaborada en 2007 por la comunidad de radioaficionados TAPR (Tucson Amateur Packet Radio) con el fin de garantizar la libertad de compartir y de crear, no solo con la documentación, sino también con el propio *hardware*. El texto de la licencia fue redactado por el abogado especializado John Ackermann y revisado por los líderes de la comunidad de *software* libre, Bruce Perens y Eric S. Raymond. Entre otras indicaciones, la licencia menciona que es «posible modificar la documentación y construir productos a partir de ella». El proyecto Open Graphics Project utiliza la licencia TAPR para desarrollar tarjetas gráficas abiertas.
- Licencia *Balloon Open Hardware*: Elaborada en 2007 para el proyecto Balloon¹⁵. En esencia se trata de una licencia GPL aplicada a la documentación del *hardware*, por lo que los productos de *hardware* derivados heredan la libertad de compartir y crear siempre y cuando se siga respetando la licencia.
- Licencia *Hardware Design Public*: Elaborada por Graham Seaman en el 2000, como parte del proyecto opencollector.org¹⁶, una comunidad de noticias sobre diseño de circuitos electrónicos, sin embargo inactiva al día de hoy. También se trata de una licencia basada en la GPL.
- Licencia *Solderpad*¹⁷: Versión de la Licencia Apache. La versión 2.0 fue enmendada por el abogado Andrew Katz para hacerla más apropiada para el uso de *hardware*. La licencia no es *copyleft*, sino permisiva, de modo que los trabajos derivados podrían ser no libres. Katz argumenta que la reproducción del *hardware* es más cara

14 Véase <http://www.tapr.org/ohl.html>.

15 Proyecto de mapeo ciudadano y distribuido. Puede verse un kit en <http://publiclab.org/wiki/balloon-mapping>.

16 Véase <https://web.archive.org/web/20140209071318/http://www.opencollector.org/>.

17 Véase <http://solderpad.org/licenses/>.

que la de *software*, lo que, de otro modo, la haría poco práctica. Esta licencia se utiliza en solderpad.com (al parecer inactivo en la actualidad) para hacer posible la distribución de diseños electrónicos.

- Licencia CERN de *Hardware Libre* (OHL)¹⁸: Publicada en 2011 para su uso en el *Open Hardware Repository*, un repositorio con decenas de diseños electrónicos aportados por una comunidad de científicos y aficionados. Otros proyectos que utilizan la OHL son Tinkerforge (conjunto de chips que funcionan como bloques interconectables para crear diferentes dispositivos) y Simplemachines.it (equipo de creadores de *hardware* y *software*). La OHL se autodenomina la licencia GPL del *hardware*: cualquiera debe tener la posibilidad de ver la fuente (la documentación del diseño del *hardware*, en este caso), estudiarla, modificarla y compartirla.

También hay algunos proyectos de HL que utilizan las licencias de *software* libre:

- Opencores¹⁹: Esta comunidad de *hardware* libre utiliza las licencias LGPL y licencias BSD modificadas para distribuir sus diseños y productos. Esta comunidad cuenta con más de doscientos mil usuarios registrados al día de hoy.
- FreeCores²⁰: Esta es una comunidad derivada de Opencores que utiliza licencias GPL y Apache.
- La *Open Hardware Foundation*²¹: promueve la licencia *copyleft* (originaria del *software* libre) y otras licencias permisivas en la creación de *hardware*.

18 Véase <http://www.ohwr.org/projects/cernohl/wiki> para atender las distintas versiones y proyectos en que se aplican.

19 Véase <http://opencores.org/opencores,faq#whatlicense>.

20 Véase <http://sourceforge.net/projects/freecores/>.

21 Véase <http://www.oshwa.org/>.

- Raspberry Pi²²: Computadora incrustada sobre una placa de *hardware* reducida que utiliza la licencia BSD para distribuir diferentes partes del diseño.
- Arduino²³: Placa de *hardware* diseñada principalmente para crear prototipos electrónicos y uno de los ejemplos más relevantes del HL. Arduino utiliza la licencia Creative Commons para distribuir y compartir su diseño. La licencias Creative Commons comprenden un conjunto de licencias publicadas desde 2002 por un equipo dirigido por el abogado Lawrence Lessig. Su uso abarca prácticamente cualquier producto creativo o cultural, desde películas hasta libros y sitios web. En particular, Arduino utiliza la versión Creative Commons Share Alike (para «compartir de la misma manera» los trabajos derivados).

1.4. Proyectos e iniciativas

Entre las organizaciones e iniciativas que han ayudado a establecer el HL están OHANDA²⁴, OSHW²⁵, OSHWA²⁶. Dentro de estas comunidades de OSHW, se publica información sobre los diseños y la comercialización de partes a fin de construir prototipos de HL. Mathilde M., miembro de *Makingsociety.com*, presentó un informe titulado «The state of open hardware entrepreneurship in 2013» durante la *Open Hardware Summit 2013*²⁷, en el que se indica que, de las cien compañías encuestadas, Estados Unidos lidera la industria de empresas tecnológicas con OSHW con sesenta y ocho, detrás de quien se encuentra Europa con diecinueve y finalmente Asia con siete. Con una tendencia ascendente en la creación de este tipo de empresas, se destaca que la mayor parte (63%) se encuadran en la industria electrónica, 15% en la de fabricación y menos del 5% en la del transporte, ar-

22 Véase <http://www.raspberrypi.org/>.

23 Véase <http://www.arduino.cc>. Más adelante (sección 1.4.2) se ofrece un análisis ampliado del proyecto.

24 Open Source Hardware and Design Alliance. Véase <http://www.ohanda.org/>.

25 Open Source Hardware. Véase <http://freedomdefined.org/>.

26 Open Source Hardware Association. Véase <http://www.oshwa.org/>.

27 Puede profundizarse en el encuentro en Revilla (2013).

quitectura y energía. En todo caso, es interesante notar que las plataformas de HL se están convirtiendo en las plataformas donde se efectúan los primeros emprendimientos y desarrollo de productos propios. De los cuatro mil ingenieros profesionales y más de cuatro mil estudiantes y aficionados encuestados, un 56% de los ingenieros dijeron que utilizarían con mayor probabilidad HL para sus proyectos, mientras que el 80% de los estudiantes y aficionados están interesados en utilizarlo (Hare, 2013).

a) Laboratorios de innovación ciudadana

Los laboratorios de innovación ciudadana son espacios de trabajo colaborativo donde se diseñan y ejecutan proyectos de impacto social. Son el punto de encuentro de emprendedores, ingenieros, arquitectos, diseñadores y, cada vez más, artistas, periodistas, sociólogos, politólogos y toda clase de personas que comparten conocimientos. En la práctica, se han desarrollado distintos tipos de laboratorios de innovación ciudadana, básicamente como espacios de *coworking* o trabajo conjunto. A inicios del 2013, en Europa funcionaban más de mil doscientos espacios de *coworking*, superando, en menos de cinco años, al conjunto de centros incubadores y de innovación²⁸. Entre estos espacios podemos delimitar distintos tipos.

Por ejemplo, un *hackerspace* es una organización sin afán de lucro que mantiene un espíritu de igualdad. En un *hackerspace*, individuos con un interés común en la ciencia, la tecnología, el arte digital o electrónico pueden reunirse, socializar y colaborar en el intercambio de herramientas, equipos e ideas sin discriminación, incluso en relación a individuos ajenos a dicho espacio (Bauwens *et al.*, 2012, pp.268 y ss). El número de *hackerspaces* llegó a unos seiscientos sesenta a inicios del 2012²⁹.

En cambio, *fablab* define más bien a un laboratorio o taller que cuenta con un equipo para la fabricación de «casi cualquier cosa». Los *fablabs* conforman una red que se expande por ciudades de todo el mundo, con el objetivo de mostrar que este modelo puede transformar no solo los métodos de

28 Véase <http://coworkingeurope.net/about-coworking-conference/>. Obviamente los centros incubadores y de innovación pueden incluir espacios de *hackerspace*. Se trata más bien aquí de contraponer dos modelos ideales de innovación.

29 Fuente: directorio de *hackerspaces* en http://hackerspaces.org/wiki/List_of_Hacker_Spaces

producción, sino también los vínculos sociales. Algunas implementaciones exitosas de *fablabs* son (Menichinelli 2013):

- El proyecto FabCity de Barcelona, que consiste en expandir el número de *fablabs* en la ciudad de Barcelona, permitiendo que cada área de la ciudad sea autosustentable en la producción y fabricación (Menichinelli 2013a). Actualmente Barcelona tiene dos *fablabs*, uno en el este de la ciudad y otro en la parte antigua. No obstante, se planea implementar otro en el vecindario de Ciutat Meridiana y un Green *FabLab* en las afueras septentrionales, que se enfocarán en tecnologías de fabricación digital sustentable.
- *FabLab* Manchester planifica abrir una red de trabajo de treinta laboratorios en el Reino Unido en los próximos ocho años. No obstante, este proyecto no es parte de una política pública como tal, sino que pertenece y está administrado por The Manufacturing Institute, una entidad de sin ánimo de lucro financiada por diversos fabricantes y universidades.
- *FabLab@School*, fue el primer *fablab* abierto por la universidad de Stanford en Moscú. Actualmente, el Ministerio de Desarrollo Económico ruso financiará una red de trabajo de más de veinte laboratorios en Moscú y sus alrededores y se esperan otros cien a lo largo y ancho del país.

La Secretaría General Iberoamericana (SEGIB), órgano permanente de apoyo institucional y técnico a la Conferencia Iberoamericana y a la Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno, entre cuyos miembros está Ecuador, reconoció en 2013 el impulso de una agenda de innovación ciudadana durante los próximos cinco años. Uno de los primeros resultados es un documento colaborativo de laboratorios ciudadanos³⁰, «donde se genera trabajo colaborativo para el despliegue de la capacidad innovadora de la ciudadanía».

³⁰ Véase <http://ciudadania20.org/labsciudadanos>.

Los laboratorios ciudadanos, espacios de *coworking* por excelencia, tienen beneficios como los siguientes:

- Las personas pueden desarrollar sus capacidades en proyectos que benefician al bien común y aportan a la inclusión social.
- Dan respuesta a la necesidad de la comunicación cara a cara, dado que las redes digitales no pueden suplir la potencia del trato directo.
- Permiten explorar en el espacio físico de las ciudades las nuevas formas de acción colectiva que están emergiendo en la red.
- Hacen visible la idea de que las ciudades las construyen las personas.
- Acortan la distancia entre las personas y las instituciones, teniendo como uno de sus principales objetivos que los ciudadanos puedan implicarse en el diseño de políticas públicas.
- Las empresas pasan a tener un espacio para aprender y compartir su conocimiento, ya que aquéllas cada vez se consideran más como sistemas abiertos, que deben incluir en su desarrollo a comunidades de clientes, usuarios y afectados.
- Son un espacio idóneo para el emprendimiento, puesto que son incubadoras de proyectos y de comunidades.
- Suponen un espacio donde las universidades y los centros educativos pueden intercambiar conocimiento, ser más permeables a los problemas ciudadanos e incorporar saberes no expertos. Experimentar nuevos modelos de aprendizaje y producción de conocimiento.
- Proveen un espacio participativo y abierto para proyectos que tengan como objetivo desarrollar estrategias de resolución de problemas sociales y culturales, que pueden pasar a formar parte de acciones ciudadanas y de políticas públicas de mayor escala.

b) Arduino

Entre las implementaciones de HL más representativas está Arduino³¹, una plataforma informática basada en un tablero microcontrolador simple y un ambiente de desarrollo para escribir *software* en él (Pearce, 2014). Está dirigido a artistas, diseñadores, aficionados y demás interesados en crear dispositivos o ambientes interactivos. Este microcontrolador permite el funcionamiento de varios dispositivos derivados como el Arduino Geiger (detector de radiación), pHduino (medidor de pH), Xoscillo (osciloscopio) y OpenPCR (análisis de ADN).

Esencialmente una placa de *hardware* Arduino está compuesta por:

1. Una serie de puertos digitales y análogos para el ingreso de datos. que pueden proceder de una variedad de interruptores o sensores como el movimiento, la luz, sensores de proximidad, etc.
2. Una serie de puertos de salida conectada a un actuador como por ejemplo un motor, luces, dispositivos computarizados, etc.
3. Un procesador central con una memoria *flash* en la que el usuario escribe instrucciones para procesar datos de entrada hacia los puertos de salida.

Así, Arduino puede utilizarse para desarrollar objetos interactivos tomando datos de entrada de una variedad de interruptores o sensores y controlando una variedad de luces, motores y otros datos físicos. Los proyectos Arduino pueden ser autónomos o pueden comunicarse con *software* que funciona en un computador. Asimismo, las placas Arduino pueden ensamblarse a mano o adquirirse preensambladas. El entorno de desarrollo es *software* libre, así que pueden descargarse gratuitamente. Los archivos de diseño de Arduino están liberados bajo la licencia de Creative Commons «Attribution ShareAlike 3.0» (2010), lo que significa que:

³¹ Véase <http://arduino.cc/>.

- Cualquiera puede producir copias, rediseñarlo o incluso vender placas de *hardware* que copian el diseño, siendo innecesario pagar derechos al equipo Arduino o incluso solicitar su permiso.
- La licencia tiene una dimensión de *atribución*, que significa que cualquiera que vuelva a publicar el diseño de referencia debe atribuirlo al equipo original de Arduino.
- Si alguien ajusta o cambia el tablero, el nuevo diseño debe utilizar la misma licencia de Creative Commons o similar, a fin de asegurarse de que las nuevas versiones del diseño de la placa no se privatizan a través del *copyright* y pago de derechos, a la par que estén abiertas a futuras modificaciones y a su rediseño.

Una de las aplicaciones más importantes de Arduino son las impresoras 3D. En Grecia, Ioannina, la impresora en 3D con HL sirvió en un experimento educativo de dos escuelas secundarias (Kostakis, 2013) en el que treinta y tres estudiantes fueron educados en el diseño y producción colaborativa de objetos³².

Una iniciativa con mayor impacto positivo en la comunidad es el proyecto Open Source Ecology³³ de Marcin Jakubowski en EEUU³⁴ y España³⁵. En el proyecto, una red de agricultores, ingenieros y voluntarios, tiene como meta el diseño y fabricación del Global Village Construction Set (GVCS), un grupo de cincuenta máquinas para construir una pequeña comunidad agrícola de forma eficaz y a bajo costo (Goodier, 2011, Dafermos y Vivero-Pol, 2015). Comparado con los precios comerciales, GVCS es ocho veces más barato y su duración, cinco veces mayor en promedio. Otros desarrollos similares de máquinas agrícolas libres son los proyectos Slow Tools³⁶, Farm Hack³⁷ y ADABio Autoconstructio³⁸.

32 Puede ampliarse la información sobre estos dispositivos en Dafermos (2015, pp.5-7).

33 Véase http://opensourceecology.org/wiki/Main_Page.

34 Véase http://opensourceecology.org/wiki/Factor_e_Farm.

35 Véase <http://opensourceecology.org/wiki/Spain>.

36 Véase <http://www.stonebarnscenter.org/farm/news/slow-tools-fast-change.html>.

37 Véase <http://farmhack.net/home/>.

38 Véase <http://www.latelierpaysan.org/>.

En el ámbito ecuatoriano, los y las estudiantes han sido las principales impulsoras del desarrollo de proyectos de HL. En la Campus Party celebrada en Quito en 2013, estudiantes de la Universidad Politécnica de Chimborazo, la Universidad Técnica de Loja y la Universidad Salesiana de Quito desarrollaron dispositivos electrónicos basados en Arduino. Esteban Armendáriz, un estudiante ecuatoriano de 23 años de edad es uno de los pioneros en esta tecnología en el Ecuador, al fabricar dos tipos de impresora, una semiprofesional y otra 3D profesional, con costos que fluctúan entre 1,299 y 2,199 USD. En una clave completamente distinta, otro ejemplo de HL producido en el Ecuador es el prototipo de una aeronave no tripulada llamada Gavilán UAV-2, diseñada por las Fuerzas Aéreas Ecuatorianas (FAE) para vigilar las fronteras y áreas de difícil acceso como la selva amazónica. El costo de Gavilán UAV-2 es de unos 500.000 USD, lo que significa un ahorro considerable para el Ecuador, que en el 2007 pagó 20 millones USD a Israel por seis aeronaves dirigidas, es decir, casi siete veces más que su equivalente con HL.

c) Computadoras libres en el ámbito educativo

MobiStation (UNICEF Stories, 2013) es un prototipo abierto desarrollado por UNICEF Uganda en 2013 para mejorar la educación primaria. MobiStation es un juego multimedia, alimentado por energía solar, complementado con un computador portátil, proyector y escáner, todos ellos contenidos en un maletín. Funciona proyectando libros electrónicos, vídeos didácticos y otros contenidos multimedia en las escuelas rurales y centros de salud. El contenido educativo para la MobiStation es desarrollado y registrado por reputados/as maestros/as del país en materias como inglés, matemáticas, estudios sociales y ciencias (UNICEF Stories, 2014).

El proyectos se despliega en un contexto de dificultades para el sistema educativo, marcado por el absentismo de los/as maestros/as, la instrucción de baja calidad y la falta de libros de texto. Por otro lado, también es útil en situaciones de emergencia para organizar escuelas temporales o centros de comunicación, incluso en lugares que carezcan de electricidad y conexión a Internet. Además y de acuerdo con los principios de innovación de UNICEF, MobiStation es una tecnología libre cuyas especificaciones

técnicas estarán disponibles para que las personas o empresas las adapten según sus necesidades.

Otro proyecto paradigmático de HL es One Laptop Per Child (OLPC). Aunque el proyecto anunció el fin de sus operaciones como tal en marzo de 2014³⁹, se trata de un modelo paradigmático que ha abierto el escenario para iniciativas similares y otros proyectos independientes. OLPC distribuía pequeños computadores portátiles para proporcionar «a cada niño del mundo» acceso al conocimiento y a las tecnologías de la información. El computador portátil OLPC está basado en *software* libre y es de consumo energético eficiente, con un coste cercano a unos cien USD, que en ocasiones se cubrían además desde contextos con mayor poder adquisitivo. Estos computadores son capaces de conectarse entre ellos y a Internet desde cualquier lugar. En general, se cedían a las instituciones públicas, que los asignaban después a niños y niñas de diferentes escuelas.

Los computadores portátiles OLPC aseguran su sostenibilidad tecnológica por varias razones:

- Su tiempo de vida útil es de cinco años, frente a los dos años del *notebook* estándar.
- Tiene la mitad del peso que un computador normal.
- Sus baterías duran cuatro veces más que las estandarizadas.
- Consume diez veces menos energía que un computador portátil normal.
- Cumple las restricciones de sustancias peligrosas (RoHS, por sus siglas en inglés) en equipo eléctrico y electrónico.
- Existe un programa de reciclaje en todos los países en que se distribuye.

³⁹ Véase http://www.olpcnews.com/about_olpc_news/goodbye_one_laptop_per_child.html.

En Latinoamérica, Argentina, Uruguay⁴⁰, Nicaragua, Venezuela y Costa Rica han considerado adoptar esta plataforma para la educación pública. La meta es apoyar la educación general de los niños, al proporcionarles un computador portátil con contenidos educativos a los maestros y estudiantes de educación primaria en las escuelas públicas nacionales. Si bien no se consiguió por completo el objetivo de dotar a cada estudiante de un ordenador, esta iniciativa forzó una rebaja general de los precios de las máquinas e incluso una discusión entre los creadores de sistemas operativos para hacerlos accesibles de manera gratuita.

En esta misma área, un proyecto reciente de computadora libre es Novena⁴¹, diseñada para usarse como computadora de escritorio, portátil o placa de *hardware* para cualquier otro uso. En la misma línea, existe el proyecto Librem 15, una computadora con gran usabilidad.

d) Políticas de *hardware* libre en Venezuela

Entre las diferentes comunidades que trabajan en el diseño, desarrollo, evaluación y apoyo técnico de HL en Venezuela, se cuentan los proyectos Open Collector, OpenCores y GEDA. La comunidad de HL trabaja también desde comienzos de 2010 con el proyecto Pingüino Ve. Este proyecto estimula la producción local de tecnología y satisface diferentes necesidades sociales hacia una producción sustentable de dispositivos electrónicos en el país. Incluye el desarrollo de *software*, al igual que diagramas para la construcción de dispositivos electrónicos con tecnología libre. Además de ello, también existen diferentes proyectos que apoyan la fabricación de HL como Proyecto VIT (computadores de escritorio y portátiles), el proyecto educativo Canaima⁴² y los teléfonos celulares (Vergatario⁴³, Orinoco). La Administración Pública venezolana se encuentra involucrada en los siguientes proyectos:

40 El proyecto CEIBAL en Uruguay parte de una perspectiva análoga y está teniendo continuidad, si bien las valoraciones desde la perspectiva pedagógica son controvertidas, como hemos expuesto en el documento FLOK 1.1. sobre recursos educativos abiertos (Vila *et al.*, 2015).

41 Véase <https://www.crowdsupply.com/kosagi/novena-open-laptop>.

42 Véase <http://www.canaimaeducativo.gob.ve/>.

43 Vergatario (http://es.wikipedia.org/wiki/ZTE_366_%22Vergatario%22) es el primer teléfono móvil ensamblado en Venezuela, al que han seguido nuevos modelos desde 2013.

- El programa de planificación de gestión pública, que permite la planificación para las necesidades de *software* y *hardware* en diferentes instituciones. Supone la adquisición de equipo informático, determinando el tiempo y la razón para adquirirlo. Este programa define las necesidades tecnológicas de las instituciones públicas y la mejor manera de solventarlas.
- La formación de recursos humanos para la certificación y evaluación en *hardware*, para nuevas tecnologías con beneficio social.
- El programa de reutilización y reciclaje de *hardware*, que pretende concientizar a la sociedad y a las industrias sobre la fabricación de computadores con elementos ecológicos y sobre la reutilización de los desechos tecnológicos. Este programa implica acuerdos nacionales e internacionales para reducir la contaminación y los residuos de desechos sólidos provenientes de la industria del *hardware*.
- El programa para la industria nacional de *hardware*, que fortalece la fabricación de computadores hechos en Venezuela, bajo estándares internacionales de calidad y necesidad, que permitan la creación de cooperativas tecnológicas.

2. MARCO JURÍDICO – POLÍTICO ECUATORIANO

Ecuador tiene la oportunidad histórica de ejercer su gobernanza económica, industrial y científica de los sectores estratégicos con soberanía. Esto generará riqueza y elevará el estándar de vida general de nuestra gente (SENPLADES 2013-2017, p.313).

Este enunciado inaugura el objetivo 11 del PNBV 2013-2017, relativo a «asegurar la soberanía y la eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica» y muy pertinente para las innovaciones propuestas en los distintos documentos de esta línea de investigación sobre infraestructuras técnicas abiertas⁴⁴. En particular, el objetivo

⁴⁴ Además de este documento sobre *hardware* libre, se integran en esta línea el correspondiente a políticas sobre *software* libre y ciberseguridad (Petruzzo y Torres, 2015) y el relativo a cuestiones

11.3 señala la necesidad de «democratizar la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y de tecnologías de información y comunicación (TIC), [...] y profundizar su uso y acceso universal».

A su vez y tras un análisis extendido de la situación real de Ecuador, el PNBV (SENPLADES, 2013, pp.329 y ss.), en relación al objetivo 11, declara las políticas y lineamientos estratégicos a fin de lograr las siguientes metas:

- Lograr un índice de digitalización del 41,7 (índice de digitalización en 2011, 32,8)
- Lograr un índice de gobierno electrónico de 0,55 (índice de gobierno electrónico en 2012, 0,49)
- Reducir el analfabetismo digital a 17,9% (analfabetismo digital de 15 a 49 años de edad en 2012, 21,4)
- Aumentar el porcentaje de personas que emplean las TICs al 50% (individuos mayores de cinco 5 años en el 2012, 41,4)

El diagnóstico del PNBV muestra una tendencia a la democratización del acceso a la información en los últimos años, al igual que una mejora de los servicios. La meta principal del objetivo 11 del PNBV se concentra en la expansión del uso de las TIC en el Ecuador, con el objetivo de eliminar la brecha digital.

3. PROPUESTAS

3.1. Principios generales para la política pública

El interés de los modelos de HL para Ecuador procede de su potencial como régimen de producción y distribución de tecnología, así como de generación de comunidades y nuevos vínculos sociales en torno a ella. Esto resulta especialmente relevante en contextos emergentes como el ecuato-

de conectividad y accesibilidad (Torres y Vila Viñas, 2015).

riano, donde la incorporación de capas crecientes de la población a los procesos de innovación es una condición indispensable para poder completar la transición hacia la economía social del conocimiento, toda vez que la apuesta por la hegemonía de las grandes corporaciones tecnológicas es difícil, a la par que poco compatible con el marco constitucional y del PNBV.

Sin embargo y aunque el objetivo principal de las políticas públicas en este área debería ser la promoción del desarrollo incipiente del sector de producción y distribución abierta del HL, la regulación debe prestar atención al *hardware* desarrollado bajo todo tipo de licencias, con el objetivo de que su expansión favorezca el crecimiento de la economía del conocimiento en Ecuador. Para ello, lo principal es que la producción y distribución de *hardware* bajo cualquier forma de licenciamiento no limite el brillante potencial del HL para la economía del país y de la región. Con este objetivo, la propuesta es que la distribución de *hardware* satisfaga estos criterios, cualquiera que sea su régimen de licenciamiento⁴⁵:

1. Documentación. El *hardware* debe ponerse en circulación con documentación que incluya archivos de diseño y debe permitir la modificación y distribución de los mismos.
2. Alcance. La documentación del *hardware* deberá especificar claramente qué parte del diseño, si no todo, se libera bajo la licencia.
3. Programas informáticos necesarios. Si el diseño bajo licencia necesita de un paquete informático, éste debe liberarse bajo una licencia aprobada por la OSI (Open Source Initiative) o debe contar con suficiente documentación de su interfaz de programación.
4. Obras derivadas. La licencia deberá permitir modificaciones y obras derivadas y permitirá que éstas se distribuyan bajo los mismos términos que la licencia de la obra original. La licencia permitirá la fabricación, venta, distribución y uso de productos creados a partir

⁴⁵ Se trata de los criterios de la OSHWA, que sintetizamos aquí en castellano. La versión completa, según la traducción de D. Cuartielles, J. Espinoza, PinguinoVE y C. Castellanos, puede encontrarse en el siguiente enlace: <http://www.oshwa.org/definicion/spanish/>.

de los archivos de diseño, los archivos en sí mismos, y los derivados de cualquiera de los anteriores.

5. Libre redistribución. La licencia no podrá restringir a nadie de la venta o distribución de la documentación del proyecto. La licencia no podrá requerir el pago de derechos de autor por la mencionada venta. La licencia no podrá requerir ningún derecho de autor o tasa relacionada a la venta de obras derivadas.
6. Atribución. La licencia podría requerir que los documentos derivados y notificaciones de derechos de copia (*copyright*) asociadas con los dispositivos atribuyan la autoría del/los autor/es licenciante/s a la hora de distribuir ficheros de diseño, bienes manufacturados y/o productos derivados de los mismos.
7. No discriminación a personas o grupos. La licencia no puede discriminar ninguna persona o grupo de personas.
8. No discriminación a campos de aplicación. La licencia no puede restringir a nadie de hacer uso del trabajo (incluyendo el objeto manufacturado) en un campo específico de aplicación.
9. Distribución de la licencia. Los derechos proporcionados por la licencia deberán ser aplicados a todos aquellos a los que sea redistribuido el trabajo sin la necesidad de ejecutar una licencia adicional.
10. Los derechos proporcionados por la licencia no dependen de que el trabajo licenciado sea parte de un producto determinado. Es decir, si una parte de una obra licenciada se usa y distribuye bajo los términos de la licencia, todos aquellos a los que se les redistribuya la obra deberán tener los mismos derechos que proporcione la obra original.
11. La licencia no debe restringir otro *hardware* o *software*.
12. La licencia será neutra en términos tecnológicos.

De vuelta al potente campo del HL, conviene destacar que su expansión está ligada a nuevas prácticas de diseño (*open design* en su sentido más am-

plio o *design thinking* desde algunas metodologías⁴⁶), más abiertas y colaborativas. En particular, Massimo Menichinelli (2013a) ha realizado un conjunto de propuestas de política pública para el diseño abierto, donde éste «busca reestructurar la relación entre los actores involucrados en el proceso de diseño utilizando las ventajas ofrecidas por nuevos enfoques en la protección de la propiedad intelectual y las nuevas maneras de trabajo posibilidades por la tecnología.». De ese interesantísimo conjunto de propuestas, queremos destacar algunos lineamientos destinados a fortalecer el rol de este sector en la economía social del conocimiento:

1. Incluir [habilidades de] diseño dentro de las redes de innovación e incubadoras de negocio (7^a).
2. Crear lineamientos, códigos de prácticas, marcos legales y espacios experimentales para promover el uso de *open design* (8^a).
3. Aumentar el empleo de diseño o de diseñadores en la innovación dentro del sector público. Apoyar una mayor participación de diseñadores en espacios donde la innovación social y los servicios públicos representan retos críticos (16^a).
4. Levantar el nivel de alfabetización en diseño para todos los ciudadanos, promoviendo una cultura del aprendizaje de diseño en los distintos niveles del sistema educativo (20^a).

3.2. Recomendaciones

En general, la condición de HL de un producto se asocia a una reducción de su precio en comparación con los diseños comerciales⁴⁷. Aunado a esto, también existe un valor educativo añadido, que se activa al poder estudiar cómo funciona realmente un diseño. Por último, es común el reconoci-

46 El trabajo cercano del grupo Artefacto de la Universidad de Nariño, en Colombia (<http://artefacto.udenar.edu.co/>) ofrece buenos ejemplos ajustados a nuestro contexto de la utilidad social y las posibilidades de tejer comunidad de estas metodologías.

47 El proyecto Open Source Ecology, de fabricación abierta de maquinaria agrícola, ha estimado que el valor de mercado de sus productos es ocho veces inferior al de sus competidores comerciales (OSE, 2014). Puede ampliarse este caso en el documento FLOK sobre sistema agroalimentario (Dafermos y Vivero-Pol, 2015).

miento de la rapidez y facilidad con la que las comunidades de *software* y *hardware* libre difunden los productos de la innovación. Si una idea o diseño es bueno, incrementar su proliferación y reducir los obstáculos que limitan su uso, llevarán a maximizar el beneficio para la sociedad. Parte del atractivo del HL es su enfoque de «hazlo tú mismo», pues permite a más individuos escudriñar un diseño e identificar errores y mejorar una característica, lo que deriva en mejores productos compartidos por toda una comunidad. Esto también significa que esos productos pueden estar disponibles incluso si el fabricante original deja de producirlos.

Por lo tanto, los principales argumentos para el desarrollo de políticas de adquisición y uso de HL son:

- Soberanía y seguridad nacional.
- Crecimiento y apoyo de estrategias de investigación y desarrollo.
- Mejoras en el área educativa.
- Nuevas oportunidades en el área industrial.
- Mejora de la economía en general, convirtiendo al propio país en un cliente potencial, al dar prioridad a los productores y clientes domésticos. Ello implica también una reducción de los costes de distribución.
- Aceleración de la innovación ciudadana y creación de comunidades de innovación con impacto social.
- Mejora de la sostenibilidad tecnológica

En este punto, podemos sintetizar algunas recomendaciones sobre las políticas públicas en materia de HL, que se deducen de lo establecido hasta aquí:

- Crear lineamientos, códigos de prácticas, marcos legales y espacios experimentales para promover el uso de *open design* (Menichinelli 2013a). Esto implica incrementar el nivel de alfabetismo en diseño para todos los ciudadanos en todo nivel del sistema educativo.

Dentro de esta incorporación de nuevos sectores a la comprensión tradicional del HL y de su expansión, son fundamentales las estrategias de alfabetización y sensibilización:

- Diseñar estrategias de comunicación para impulsar el HL para la soberanía tecnológica, entre otros beneficios, en universidades, centros de investigación y en la Administración Pública.

Conviene destacar las propuestas de carácter económico, destinadas a fomentar la innovación social en materia de HL e incorporar al sector a la economía social del conocimiento:

- Identificar oportunidades para la realización de las metas estratégicas nacionales y de un alto retorno de la inversión en HL de uso científico.
- Realizar una búsqueda activa de fondos para desarrollar HL. Esto se puede lograr con la combinación de recursos propios del Estado y medios tradicionales como subvenciones, concursos públicos, empresa privada, etc., así como los más recientes de *crowdfunding* y análogos.
- Fomentar la economía popular a través de proyectos de innovación ciudadana basados en HL.
- Proporcionar incentivos fiscales para que los empresarios del Ecuador comiencen a producir estos equipos. El Ejecutivo aprobará políticas de adquisición preferencial para HL«hecho en Ecuador».

Asimismo, en los distintos documentos de esta línea de investigación sobre infraestructuras técnicas libres hay consenso en la necesidad de dotar de una institucionalidad al sector, que permita una expansión coherente con su potencial:

- Crear una *oficina de evaluación de tecnologías libres*, cuya meta principal será identificar los mayores gastos actuales del país en equipo y el beneficio de usar HL, debido al carácter local de la inversión. Basados en lo anterior, clasificar todas las adquisiciones de *hardware*

para ciencia, incluyendo aquellas de proveedores con fuentes internacionales e identificar dispositivos de HL que puedan desarrollarse para constituir su alternativa.

Dentro de esta institucionalidad, no conviene olvidar la importancia de iniciativas aparentemente de menor escala y más difundidas por el tejido empresarial y asociativo del Ecuador:

- Crear un catálogo nacional de HL de uso científico libre, evaluado y validado con la lista de materiales, diseños digitales, instrucciones de ensamblaje, de operación y todo *software* relacionado.
- Crear laboratorios que fomenten la innovación ciudadana comenzando con programas piloto en las universidades públicas ecuatorianas. Allí se implementarán *makerspaces*, con acceso a HL, impresoras 3D, cortadoras láser y otras herramientas, que serán administradas por sus usuarios (estudiantes, profesores, y ciudadanos participantes). Estos son laboratorios de innovación ciudadana que:
 - Ofrecerán transparencia en la gestión, gobernanza y operación.
 - Serán un punto de contacto entre empresas, universidades e instituciones públicas que, en iguales condiciones, propondrán proyectos ciudadanos de impacto social.
 - Proporcionarán un punto de contacto para las organizaciones y comunidades que pretendan crear espacios de fabricación, proporcionar información, valorar la sostenibilidad, aconsejar sobre el ciclo de vida del laboratorio y mantener descripciones de sitios futuros y en funcionamiento.
 - Empoderarán a individuos y comunidades que ofrezcan los lineamientos correspondientes para su funcionamiento sostenible.
 - Fomentarán la participación ciudadana para resolver problemas de índole social.

- Incentivarán a la población en el desarrollo de diferentes habilidades e intereses, de modo que accedan a las herramientas requeridas para progresar en la ciencia, tecnología e innovación.
- Facilitarán su uso para capacitación, creación de trabajo, investigación y producción de infraestructura ciudadana para una gama de fines educativos individuales y colaborativos, comerciales, creativos y sociales.
- Buscarán o aceptarán fondos de individuos, corporaciones, agencias gubernamentales u otras organizaciones privadas, a partir de un plan de sostenibilidad que permita su autogestión.
- En conjunto, los laboratorios ciudadanos deberán formar una red nacional, con posibilidad de articulación internacional, de intercambio de información, experiencias y conocimiento libre.

4. REFERENCIAS

- Bauwens, M. (2011, mayo 24). Why is Open Hardware inherently sustainable? Recuperado a partir de <http://blog.p2pfoundation.net/why-is-open-hardware-inherently-sustainable/2011/05/24>.
- Bauwens, M., Iacomella, F., & Mendoza, N. (2012). *Synthetic overview of the Collaborative Economy*. Chiang Mai: P2P Foundation, Orange. Recuperado a partir de <http://p2p.coop/files/reports/collaborative-economy-2012.pdf>.
- Berchon, M. (2013, septiembre). *The State of Open Hardware Entrepreneurship in 2013*. Presentado en Open Hardware Summit 2013, MIT, Boston, MA. Recuperado a partir de <http://www.slideshare.net/makingsociety/the-state-of-open-hardware-entrepreneurship-in-2013>.
- Cicero, S. (2013, septiembre 20). The Truth About Open Source Hardware Business Models. Recuperado a partir de <http://www.open-electronics.org/the-truth-about-open-source-hardware-business-models/>.
- Dafermos, G. (2015). Fabricación: diseño abierto y fabricación distribuida. En D. Vila-Viñas & X. E. Barandiaran (Eds.), *Buen Conocer - FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito: IAEN - CIESPAL. Recuperado a partir de <http://book.floksociety.org/ec/2/2-3-fabricacion-diseno-abierto-y-fabricacion-distribuida>.
- Dafermos, G., & Vivero-Pol, J. L. (2015). Agroalimentación: naturaleza y saberes autónomos frente al capitalismo biotech. En D. Vila Viñas & X. Barandiaran (Eds.), *Buen Conocer / FLOK Society: Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito, Ecuador: IAEN-CIESPAL. Recuperado a partir de <http://book.floksociety.org/ec/2/2-1-sistema->

agroalimentario-abierto-y-sustentable-en-ecuador.

- Goodier, R. (2011, mayo 12). Can open source hardware change how we farm? Recuperado 18 de marzo de 2015, a partir de https://www.engineeringforchange.org/news/2011/05/12/can_open_source_hardware_change_how_we_farm.html.
- Hare, C. (2013, octubre 10). Big backers of open-source hardware. Recuperado 18 de marzo de 2015, a partir de <http://www.edn.com/electronics-blogs/open-sourced/4422472/Big-backers-of-open-source-hardware>.
- Kostakis, V. (2013, noviembre 18). Open Source 3D Printing as a Means of Learning: An Educational Experiment in Two High Schools in Greece. Recuperado a partir de <http://blog.p2pfoundation.net/open-source-3d-printing-as-a-means-of-learning-an-educational-experiment-in-two-high-schools-in-greece/2013/11/18>.
- Making Society. (2014, octubre). The Worldwide List of Open Source Hardware Online Stores. Recuperado a partir de <http://makingsociety.com/2013/03/the-worldwide-list-of-open-source-hardware-online-stores/>.
- Menichinelli, M. (2013a, marzo 14). Policies for Open Design. Recuperado a partir de <http://www.openp2pdesign.org/2013/open-design/policies-for-open-design/>.
- Menichinelli, M. (2013b, abril 24). Policies for FabLabs. Recuperado a partir de <http://www.openp2pdesign.org/2013/fabbing/policies-for-fablabs/>.
- OSE. (2014). GVCS Comparison to Industry Standards. Recuperado a partir de https://docs.google.com/spreadsheet/ccc?key=0ArpE5Y9PpJCXdDZfZE4wb0xsaWZjeS00bjlPMTVvSmc&usp=embed_facebook.
- OSHW. (2013). Brief History of Open Source Hardware Organizations and Definitions. Recuperado a partir de <http://www.oshwa.org/research/brief-history-of-open-source-hardware-organizations-and-definitions/>.
- Pearce, J. M. (2012a). Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware. *Science Magazine*, 337(6100), 1303–1304.
- Pearce, J. M. (2012b). The case for open source appropriate technology. *Environment, Development and Sustainability*, 14, 425–431.
- Pearce, J. M. (2014). *Open-Source Lab. How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs* (1st Edition). Elsevier.
- Petrizzo, M., & Torres, J. (2015). Software: programas libres y de código abierto en la Administración Pública. En D. Vila-Viñas & X. E. Barandiaran (Eds.), *Buen Conocer - FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito: IAEN - CIESPAL. Recuperado a partir de <http://book.floksociety.org/ec/4/4-2-software-programas-libres-y-de-codigo-abierto-en-la-administracion-publica>.
- Revilla, J. M. (2013, septiembre 20). Hardware abierto: una oportunidad para los emprendedores. Recuperado a partir de <http://www.itespresso.es/hardware-abierto-oportunidad-para-emprendedores-116049.html>.
- Rosted, J. (2005). User-driven innovation: Results and recommendations. *Fora*, 13. Recuperado a partir de <http://www.euc2c.com/graphics/en/pdfs/mod3/userdriveninnovation.pdf>.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Ecuador: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. Recuperado a partir de <http://www.buenvivir.gob.ec/>.
- Torres, J. (2014). Open Source Hardware (v0.1). FLOK policy paper 4.1. Recuperado a partir de <https://floksociety.co-ment.com/text/eehhs8QcYn/view/>

- Torres, J., & Vila-Viñas, D. (2015). Conectividad: Accesibilidad, soberanía y autogestión de las infraestructuras de comunicación. En D. Vila-Viñas & X. E. Barandiaran (Eds.), *Buen Conocer - FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito, Ecuador: IAEN - CIESPAL. Recuperado a partir de <http://book.floksociety.org/ec/4/4-3-conectividad-acceso-soberania-y-autogestion-de-infraestructuras-de-comunicacion/>.
- UNICEF Stories. (2013, agosto 14). Open Source «Mobi-Station» Research Collaboration. Recuperado a partir de <http://unicefstories.org/2013/08/14/open-source-mobi-station-research-collaboration/>.
- UNICEF Stories. (2014, enero 7). Narrative of a Partnership: Open Source Hardware in Uganda. Recuperado a partir de <http://unicefstories.org/2014/01/07/unicef-pioneers-high-tech-education-for-marginalized-children/>.
- Vila-Viñas, D., Araya, D., & Bouchard, P. (2015). Educación: recursos educativos abiertos. En D. Vila-Viñas & X. E. Barandiaran (eds.), *Buen Conocer - FLOK Society. Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador*. Quito: IAEN - CIESPAL. Recuperado a partir de <http://book.floksociety.org/ec/1/1-1-educacion-recursos-educativos-abiertos>

