

METODOLOGÍA PARA LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DIGITALES

Carlos I. Camargo Bareño
Universidad Nacional de Colombia
Bogotá Colombia

RESUMEN

Los canales tradicionales para la transferencia tecnológica en el área del diseño de sistemas embebidos no han sido exitosos en los países en vía de desarrollo donde la plataforma tecnológica no está lo suficientemente desarrollada para absorber esta nueva tecnología, esto debido a la escasa transferencia de conocimiento que pueda ser utilizado para generación de productos locales. Este artículo presenta una metodología para la transferencia tecnológica en el diseño de sistemas basada en el conocimiento como bien común, el movimiento de software libre y un concepto nuevo desarrollado en conjunto con un grupo de desarrolladores hardware y software: el *hardware copyleft*.

Palabras claves: Sistemas Embebidos, educación en ingeniería, hardware copyleft, transferencia tecnológica.

Abstract

Traditional channels for technology transfer in embedded system design have not been successful in developing countries where the technology platform is not sufficiently developed to absorb this technology, this due to poor knowledge transfer can be used for generation of local products. This article presents a methodology for technology transfer in digital system design based in the knowledge as a common, free software movement and a new concept developed in conjunction with a group of hardware and software developers: the hardware copyleft.

Keywords: Embedded systems, engineering education, copyleft hardware, technology transfer.

1. Introducción

La transferencia de tecnología ha introducido técnicas de alta productividad y en muchos casos cambios técnicos en países menos desarrollados. La adquisición de tecnología foránea contribuye a mejorar la competitividad en los mercados locales e internacionales en estos países, en los que debe ser considerada como un proceso vital. Este proceso presenta problemas cuando se pierde capacidad de absorción por parte del país receptor y la renuencia del país que transfiere a transferir tecnología real y el *know-how*. Por lo que es necesario que estos países promuevan sus capacidades tecnológicas con el fin de absorber las tecnologías foráneas de forma eficiente en función de sus necesidades locales y de esta forma generar un rápido proceso de industrialización. La transferencia de tecnología involucra la adquisición de "actividad Inventiva" por parte de usuarios secundarios. Es decir, la transferencia tecnológica no involucra necesariamente maquinaria o dispositivos físicos; el conocimiento puede ser transferido a través de entrenamiento y educación, y puede incluir temas como manejo efectivo de procesos y cambios tecnológicos (Bar, 2007). En este trabajo utilizaremos al conocimiento como canal para la transferencia; entre más personas puedan

soportar la nueva tecnología, adaptándose a sus cambios y utilizándola para generar productos que den solución a problemas locales; mayores posibilidades de alcanzar una transferencia exitosa.

Transferencia tecnológica: (Odedra, 1994) define la transferencia tecnológica como el problema de transferencia de conocimiento (o know-how) sobre un número de aspectos (que incluyen el conocimiento) sobre como funciona un determinado sistema, como operarlo y desarrollar sus aplicaciones, como mantenerlo y si es necesario, como producir sus componentes y implementar un sistema similar. La transferencia tecnológica se considera exitosa cuando los receptores de la tecnología asimilan los conceptos anteriores para suplir sus necesidades locales.

2. El Conocimiento como bien público

El conocimiento en esta propuesta se refiere a las ideas intangibles; información y datos en el que el conocimiento es expresado u obtenido; y como el entendimiento adquirido a través de la experiencia o estudio científico, académico o no académico. La adquisición y descubrimiento de conocimiento es un proceso social y personal.

Ostrom (Hess, Ostrom, 2006) propone dos variables generales para clasificar los diferentes tipos de bienes: *el nivel de exclusión* entendido como la dificultad para excluir el acceso a un recurso por parte de usuarios potenciales; y *el nivel de rivalidad*, el cual se refiere al impacto que tiene el uso de un recurso por un individuo (o grupo) sobre el uso de otros usuarios. Ostrom, identifica cuatro tipos de bienes y/o servicios: *bienes públicos* bajo nivel de rivalidad y bajo nivel de exclusión; *bienes comunes* alto nivel de rivalidad y bajo nivel de exclusión; *club goods* bajo nivel de rivalidad y alto nivel de exclusión y *bienes privados* alto nivel de rivalidad y alto nivel de exclusión. A nuestro modo de ver, el conocimiento es un recurso con un grado de rivalidad bajo, ya que no se afecta negativamente al aumentar el número de usuarios, lo que nos deja la posibilidad de clasificarlo como un bien público o un bien tipo club. Idealmente, el conocimiento debería ser un bien público, esto es, no deben existir restricciones para acceder a él; sin embargo, en la actualidad el acceso al conocimiento es restringido, ya sea por medio de patentes, derechos de propiedad intelectual (lo cual es muy común en el desarrollo de nuevos productos y tecnologías) o por que el acceso al conocimiento tiene un costo que no puede ser pagado por cualquier miembro de la sociedad. En Colombia el acceso a la educación técnica, tecnológica y superior es limitado, se tiene una cobertura del 37%; aunque la cobertura en educación media aumentó de forma considerable, análisis realizados por varios profesores de la facultad de ingeniería de la universidad nacional demuestran que los conocimientos de los recién ingresados ha disminuido de forma considerable llegando al punto de tener que crear nuevos cursos para suplir deficiencias en su formación. La escasez de cupos en los centros de formación públicos y los altos costos de las matrículas en las universidades privadas (con niveles de calidad similares) han convertido al conocimiento en un bien tipo club (en Colombia); afectando de forma considerable la cantidad de personal con las capacidades necesarias para absorber los conocimientos asociados a nuevas tecnologías; adicionalmente, según el ministerio de educación nacional, el 64% de los matriculados cursan programas universitarios y solo el 24% en programas relacionados con ingeniería. Otra fuente de capacitación la suministra el único centro de desarrollo tecnológico de la industria electrónica CIDEI, a través de tres cursos: Diseño digital empleando dispositivos lógicos programables; diseño de software embebido para microcontroladores ARM y diseño de circuitos impresos con normas internacionales IPC; sin embargo, el elevado costo de estos cursos genera una barrera en la obtención de este conocimiento por parte de los interesados; adicionalmente, estos conocimientos no son suficientes para generar cambios significativos en el país ya que su difusión es limitada

A nuestro modo de ver, basados en el estado de la industria electrónica nacional y de la capacidad del país para la formación de personal calificado, el principal problema que presenta la industria electrónica nacional es la falta de conocimientos sobre procesos de diseño y fabricación, debido en parte a la fuerte exclusión que se tiene al acceso de la información relacionada con estos procesos, lo que se traduce en la incapacidad de producción local de productos que cumplan con los estándares internacionales. Este trabajo pretende crear un recurso público basado en el conocimiento necesario para concebir, diseñar, implementar y operar sistemas digitales que utilicen tecnología de punta y metodologías de diseño modernas, proporcionando un programa académico que actualice los contenidos y la metodología de las asignaturas del área de electrónica digital.

Tomando como fuente de inspiración el movimiento de software libre y de código abierto (FOSS) Hoy en día la estructura auto-gobernada más exitosa, millones de personas alrededor del mundo trabajan de forma conjunta y distribuida en busca de un bien común: generación y distribución de herramientas software, sistema operativo y todo tipo de aplicaciones incluyendo el código fuente bajo una licencia que permite su distribución y modificación. En este trabajo, se definió un concepto similar pero aplicado al desarrollo hardware, es decir, que permite la generación, distribución, estudio y modificación de plataformas físicas (placas de circuito impreso, dispositivos funcionales): el *hardware copyleft*, su principal objetivo es servir como canal para la transferencia del conocimiento necesario para diseñar y producir sistemas digitales a todo sector de la sociedad que esté interesado. Con esto pretendemos generar en el país los conocimientos necesarios para aumentar la oferta de productos tecnológicos producidos localmente, lo que se traducirá en un aumento de la oferta local de bienes y servicios relacionados con la manufactura de sistemas digitales, generando empleo para personas con diferentes niveles de formación.

3. Metodología para la transferencia tecnológica en el área de diseño de sistemas embebidos.

Para adquirir los conocimientos asociados a la tecnología utilizada en el diseño e implementación de sistemas digitales modernos, se aplicó una metodología para la transferencia tecnológica, que ha sido utilizada con éxito en otros países del mundo (Cohen, 2004,

Wood, 2005, Al-Mabrouk, y Soar, 2009) . A continuación se describen brevemente los pasos de esta metodología (para mayor información consultar Camargo, 2011c) :

Elección: Existen varias alternativas para la implementación de un sistema embebido: FPGA, sistema sobre silicio (SoC), SoC + FPGA y ASIC, la utilización de FPGAs o SoCs está determinada por el cumplimiento de restricciones temporales y funcionales, mientras que el uso de ASICs depende de el número de unidades producidas, se estima que a partir de 10 mil unidades se debe utilizar un ASIC para reducir los costos de producción. Debido a que los niveles de producción de los países en vía de desarrollo no son muy grandes, se abordará el problema de la transferencia utilizando FPGAs y SoCs comerciales, sin descuidar el estudio e implementación de ASICs. Adicionalmente, la inversión necesaria para construir un circuito integrado es muy alta, y puede ser considerada como un punto final.

Adquisición: En la actualidad es muy fácil adquirir productos implementados con tecnología de punta, existe una gran variedad de plataformas de desarrollo y de dispositivos comerciales a los que se les puede aplicar ingeniería inversa para entender y modificar su funcionamiento.

Adopción En esta etapa se utilizó la ingeniería inversa para: identificar las diferentes arquitecturas de los sistemas digitales adquiridos; identificar los mecanismos que permitan modificar su funcionamiento; identificar las herramientas que permiten crear nuevas funcionalidades; aprender la forma de utilizar los recursos tecnológicos existentes de forma adecuada; conocer la metodología de diseño. Se desarrollaron y/o adaptaron metodologías de

diseño que utilizan herramientas de libre distribución.

Absorción La absorción es una actividad de aprendizaje que integra conocimiento que es nuevo para el país pero que no es nuevo para el mundo; en esta etapa se pasó de las plataformas comerciales al diseño de aplicaciones propias, para lo que se desarrollaron y/o adaptaron técnicas de fabricación al entorno local, se realizó la transferencia de los conocimientos adquiridos a la academia y se iniciaron contactos con empresas manufactureras locales y extranjeras. Se liberaron 6 plataformas de desarrollo bajo la licencia CC-BY-SA Camargo, 2008; Camargo, 2007; Camargo 2006, los archivos necesarios para su reproducción, tutoriales sobre su funcionamiento, notas de aplicación y diseños de referencia se encuentran disponibles a todo interesado en el sitio web: <http://wiki.linuxencaja.net>

Aplicación En esta etapa se transfieren los conocimientos adquiridos en las fases anteriores a la industria creada (emQbit) como parte de la metodología. Adicionalmente, se creó, un programa académico para la enseñanza de sistemas digitales que crea las habilidades necesarias para concebir, diseñar, implementar y operar dispositivos digitales modernos y la definición del concepto *hardware copyleft* y su utilización como herramienta en la enseñanza de diseño de sistemas embebidos (Camargo, 2011b); este programa está siendo utilizado de forma oficial en el departamento de Ing. Eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Difusión: En esta etapa (se esta realizando en el momento de escribir este artículo) se busca hacer llegar este conocimiento a todos los sectores de la sociedad interesados en él. Creando una comunidad que lo utilice como un recurso común; proporcionando a los centros de formación un programa académico actualizado que permita generar en los estudiantes las habilidades necesarias para innovar y generar empleo; y a la industria le suministra herramientas que puede utilizar para desarrollo de nuevos productos comerciales y para la capacitación de su recurso humano. El proceso de difusión se realiza en dos frentes, en el plano académico se realizaron conferencias y cursos de actualización donde se presentan las plataformas *hardware copyleft* desarrolladas; hasta el momento 4 de las principales universidades públicas del país están comenzando a implementar total o parcialmente el programa académico de las asignaturas del área de electrónica digital (Camargo 2011a, Camargo 2011b). Para ayudar en la difusión, se creó el portal público *linuxencaja* para almacenar todos los archivos, documentos, tutoriales, notas de aplicación y diseños de referencia de las plataformas diseñadas en este estudio; se dispone de una wiki que puede ser utilizada por cualquier persona para documentar nuevos proyectos y consultar los existentes; además se cuenta con una lista de correo que permite tener contacto con los desarrolladores y con otros interesados en el diseño hardware.

4. Plan de estudios adaptado a la iniciativa CDIO.

La iniciativa CDIO (<http://www.cdio.org>) ha sido desarrollada por el MIT con ayuda de académicos, industriales, ingenieros y estudiantes (CDIO, 2009) como respuesta a los diferentes caminos que están tomando la educación de la ingeniería y las demandas del mundo real. La iniciativa CDIO se basa en la suposición de que los egresados de los centros de formación en ingeniería deben ser capaces de: **Concebir, Diseñar, Implementar y Operar** sistemas funcionales en el mundo real. En Colombia, la mayoría de los centros de formación solo tienen en cuenta la concepción y el diseño, descuidando por completo la implementación y la operación; esto, impide que se generen las habilidades necesarias para establecer una estrecha relación con la industria, la cual, requiere productos que pueda comercializar o den soluciones a sus necesidades. La frase *en el mundo real* resalta la importancia de trabajar en la solución de problemas que pueden encontrarse en el ejercicio profesional, lo que es muy difícil de determinar cuando los docentes no han tenido contacto con la industria. La iniciativa CDIO se enfoca en preparar a los estudiantes con los conocimientos habilidades y aptitudes para ser ingenieros líder; y sus principales objetivos son (CDIO, 2009): educar a los

estudiantes para dominar un conocimiento más profundo de los fundamentos técnicos; educar a los ingenieros para liderar la creación y operación de nuevos productos y sistemas; educar futuros investigadores para entender la importancia estratégica y el valor de su trabajo. Estos objetivos se adaptan a los requerimientos que se exige a la plataforma tecnológica de un país para que pueda realizar una adecuada absorción del conocimiento transferido para posteriormente transformar ese conocimiento en nuevos productos adaptados a las necesidades del país.

Estructura del plan de estudios CDIO: Todo individuo interesado en obtener habilidades técnicas posee *habilidades personales y profesionales*, las cuales son fundamentales para la práctica. Para ser capaces de desarrollar sistemas complejos en ingeniería, los estudiantes deben dominar los fundamentos del *razonamiento y conocimiento técnico*; para trabajar en un entorno moderno basado en grupos de trabajo, los estudiantes deben desarrollar *habilidades interpersonales* de comunicación y trabajo en equipo; finalmente, para ser capaz de crear y operar productos y sistemas, un estudiante debe entender el concepto de *concebir, diseñar, implementar y operar* sistemas en el Contexto social y empresarial (CDIO, 2009).

Definición e Identificación de las Habilidades CDIO: El primer paso en la implementación del plan de estudios CDIO es definir e identificar las habilidades requeridas en un área específica del plan de estudios. En el DIEE de la Universidad Nacional de Colombia, el área de electrónica digital esta compuesta por tres asignaturas para la carrera de ingeniería electrónica: Electrónica Digital 1, Electrónica Digital 2 y Sistemas Embebidos. Para trasladar esta lista de habilidades a objetivos de aprendizaje es necesario determinar el grado de competencia que se espera que el profesional adquiera en cada una de las asignaturas; por supuesto, algunas de estas habilidades no pueden obtenerse solo en una asignatura y es necesario que todo el plan académico contribuya a generarla, lo que requiere un consenso del personal académico. Los niveles de competencia seleccionados para indicar el grado en que debe ser apropiada una determinada habilidad son: *Introducir*, (no evalúa); *enseñar* (enseña y evalúa) y *utilizar* :(puede ser evaluado o no).

Competencias de las habilidades CDIO: En la figura 1 se muestran las competencias de las habilidades para el plan de estudios CDIO aplicado a las asignaturas del área de electrónica digital. En ella podemos observar que existen habilidades comunes a las tres asignaturas en lo relacionado con el planteamiento y resolución de problemas, experimentación y descubrimiento de conocimiento y habilidades y actitudes personales; todas ellas buscan que el estudiante sea capaz de identificar un problema y con base en los conocimientos adquiridos formule hipótesis y modelos que permitan dar solución. Las habilidades interpersonales son tratadas de forma gradual, en el primer curso, se guía en la formación de estas habilidades utilizando ejemplos que ellos utilizarán en los cursos posteriores. Estas habilidades, a nuestro modo de ver ayudarán a la formación de personales capaces de absorber y asimilar los conocimientos necesarios para adaptarse a los cambios en la industria electrónica digital, al tiempo que los aplican en la solución de problemas locales.

Algo único en estas tres asignaturas es la implementación de sistemas físicos; por lo tanto, es muy importante que los estudiantes adquieran estas habilidades en estos tres cursos. El proceso de fabricación hardware se explica desde el primer curso, pero desde el segundo y tercer se realizan implementaciones por parte de los estudiantes. Las plataformas *hardware copyleft* son utilizadas como diseños de referencia y son utilizadas para copiar sus normas y reglas de diseño. En el primer semestre se enseñará como se pueden implementar tareas hardware utilizando lenguajes de descripción de hardware y dispositivos lógicos programables; en el segundo curso se utilizarán estos conocimientos para entender al

arquitectura de un procesador y para realizar periféricos, en este curso se estudiará el proceso de implementación de tareas software y la integración software - hardware; en el último curso se utilizarán estos conocimientos para desarrollar productos comercializables que utilizan dispositivos modernos.

Competencias de las habilidades CDIO nivel 2 y 3			
APTITUDES PERSONALES Y PROFESIONALES	Nivel 1		
	E. Dig1	E. Dig2	Sist. Emb.
<i>Plantear y resolución de problemas de ingeniería</i>	EU		
1 Identificación y formulación del problema	EU		
2 Modelamiento	EU		
3 Solución y recomendación	EU		
<i>Experimentación y descubrimiento de conocimiento</i>	U		
4 Formulación de hipótesis	U		
5 Investigación experimental	U		
<i>Planear y sistematizar</i>	EU		
6 Pensamiento global	U		
7 Surgimiento e interacciones	U		
<i>Habilidades y actitudes personales</i>	U		
8 Pensamiento creativo	IEU		
9 Pensamiento crítico	IEU		
10 Toma de conciencia de conocimientos propios	IEU		
11 Curiosidad y aprendizaje permanente <i>Habilidades y actitudes profesionales</i>	U		
12 Ética profesional, integridad, responsabilidad	U		
13 Comportamiento profesional	U		
39 Confianza y lealtad	IEU		
HABILIDADES INTERPERSONALES	Nivel 1		
	E. Digital1	E. Digital1	Sist. Emb.
<i>Equipo de trabajo</i>	EU		
14 Formar grupos efectivos	EU	U	U
15 Equipo de liderazgo	EU	U	U
40 Equipo Técnico y Multi-disciplinario	EU	U	U
<i>Comunicaciones estructuradas</i>	EU		
16 Estrategia de comunicación	EU	U	U
17 Estructura de la comunicación	EU	U	U
18 Comunicación Escrita	EU	U	U
19 Comunicación Electrónica	EU	U	U
20 Presentación Oral	EU	U	U
<i>Comunicación en Idioma Extranjero</i>	U		
21 Inglés	U		
<i>Comunicaciones Informales: Relacionarse con los demás</i>	U		
41 Preguntar, Escuchar y Dialogar	EU	U	U
42 Negociación, compromiso y resolución de conflictos	EU	U	U
43 Establecimiento de conexiones	IEU	U	U

HABILIDADES CDIO	Nivel 1		
	E. Digital1	E. Digital1	Sist. Emb.
<i>Contexto Externo, Social, Económico y Ambiental</i>	IEU		
22 Rol y responsabilidad de los Ingenieros	IEU		
23 Impacto sobre la sociedad y el medio ambiente	IEU		
24 Cuestiones y valores actuales	IEU		
44 Sostenibilidad y necesidad de un desarrollo sostenible	IE	IE	IE
<i>Empresa y contexto empresarial</i>	EU		
25 Interesados en la empresa, metas y objetivos	I		
26 Espíritu Empresarial Técnico	I		
27 Trabajo exitoso en organizaciones	I		
45 Finanzas y Economía de los Proyectos de Ingeniería	IE	IE	IE
<i>Concepción y Administración de Sistemas en Ingeniería.</i>	IEU		
28 Entender las necesidades y establecer las metas	IEU	EU	U
29 Definir la función, concepto y arquitectura	IEU	EU	U
<i>Diseño</i>	IEU		
30 Proceso de Diseño	IEU	EU	U
31 Fases del proceso de Diseño y enfoques	IEU	EU	U
32 Utilización de conocimiento científico en el diseño	IEU	EU	U
33 Diseño específico	IEU	EU	U
34 Diseño multi-disciplinario	I	E	U
<i>Implementación</i>	EU		
35 Proceso de fabricación Hardware	IEU	EU	U
36 Proceso de Implementación de Software	I	EU	U
37 Integración Software - Hardware	I	EU	U
38 Pruebas, verificación, validación y certificación	IE	EU	U

Figura 1. Competencias de las Habilidades CDIO.

Metodología: Los tres cursos tienen un carácter teórico-práctico y están articuladas alrededor de una única metodología de diseño; el componente teórico tratará los diferentes temas de forma general, con el fin de no crear dependencia con las herramientas utilizadas (lo que permitirá realizar actualizaciones de forma fácil). En el componente práctico, se tratarán temas específicos de manejo de las herramientas (lenguajes de descripción de hardware, lenguajes de programación, manejo de plataformas de desarrollo) y como estas se relacionan con la metodología de diseño utilizada. El estudiante debe estudiar, profundizar y comprobar algunos temas tratados en clase y debe leer previamente la documentación que se encuentra disponible en el sitio web de los cursos. Adicionalmente, debe formar grupos de trabajo para definir las especificaciones, diseñar e implementar un dispositivo que resuelva una determinada necesidad (con la complejidad adecuada para cada curso). En la sesión teórica se tratarán aspectos relacionados con la concepción, diseño, identificación y definición de las funciones de los componentes del sistema, mientras que en el laboratorio se tratarán temas relacionados con la implementación de dichos componentes sobre PLDs o SoC. Se deben realizar presentaciones del avance, indicando las razones que se tuvieron en cuenta en cada decisión y como se resolvieron los problemas encontrados, todo este proceso debe documentarse en la wiki del portal *linuxenaja*, esto último para formar un banco de proyectos que pueda ser utilizado como referencia por quien este interesado.

5. Conclusiones

El problema de los canales tradicionales para la transferencia tecnológica es la poca cantidad de conocimiento transferido a la sociedad receptora; la metodología aquí presentada se centra en la adquisición de conocimiento y en su difusión a todo el que este interesado, lo cual es totalmente opuesto a iniciativas similares que terminan en cursos de actualización que limitan la difusión de conocimiento a quien pueda pagar por él.

La falta de cursos que enfrenten al estudiante con problemas reales es una consecuencia de la falta de conexión entre la empresa y la academia y el desconocimiento de los procesos industriales por parte de los docentes; un porcentaje considerable de la planta docente de las universidades mas prestigiosas del país siempre se han desempeñado en entornos académicos y no entienden las necesidades de la industria, lo que impide, por un lado la creación de habilidades requeridas por la industria y por otro lado dificulta la creación de empresa desde la universidad y la creación de vínculos con empresas constituidas.

Encuestas realizadas a los estudiantes durante los últimos dos años muestran que ellos perciben un grado de exigencia mucho mayor comparando con otras asignaturas; pero al mismo tiempo, que la experiencia en estos cursos es muy útil para su vida profesional y que es la única asignatura que los enfrenta a problemas reales de diseño e implementación de sistemas y trabajo en equipo; entienden que es necesario dedicar tiempo por fuera de aula si se desea asimilar la información, son conscientes de que la responsabilidad de adquirir este conocimiento es de ellos; manifiestan la importancia del uso de esta tecnología en la solución de problemas locales y entienden el estado de la industria digital en el país y su papel para dar solución a sus problemas.

Tanto los temas como la metodología del presente plan de estudio representan una forma novedosa de enseñanza enfocada a generar en los estudiantes habilidades necesarias para crear productos innovadores, proporcionando conocimientos actualizados y metodologías de diseño modernas basadas en herramientas abiertas que permiten conocer el flujo de diseño completo, trabajar en equipo y compartir los resultados con quien esté interesado. Se espera

que estas habilidades sean utilizadas por la industria para crear una oferta local de bienes y servicios relacionados con el diseño digital y que se genere el interés necesario en algunos estudiantes para crear empresas de diseño digital. De la experiencia obtenida al dictar cursos de capacitación en diferentes centros de formación a lo largo del país podemos afirmar que no se cuenta con los conocimientos necesarios para absorber y aplicar los conocimientos necesarios para el diseño e implementación de sistemas embebidos debido en parte al uso de metodologías de diseño obsoletas y al abandono de la implementación física por parte de los centros de formación; en las empresas, los profesionales no cuentan con la formación necesaria que les permita realizar un proceso de auto-aprendizaje y muestran deficiencias conceptuales en el diseño de sistemas digitales.

6. Referencias

Al-Mabrouk, K y Soar, J. (2009) Identification of key issues for successful technology transfer in the Arab countries: a Delphi study
. Journal: International Journal of Technology Transfer and Commercialisation

Bar, F. Pisani, F., y Weber, M. (2007) Mobile technology appropriation in a distant mirror: baroque infiltration, creolization and cannibalism. *Seminario sobre Desarrollo Económico, Desarrollo Social y Comunicaciones Móviles en América Latina*. Buenos Aires.

Camargo, C. (2006). *First Colombian Linux SBC runs Debian*. Recuperado el 13 de enero de 2011 de <http://www.linuxfordevices.com/c/a/News/First-Colombian-Linux-SBCruns-Debian/>.

Camargo, C. (2007). ECBOT: Arquitectura Abierta para Robots Móviles. *IEEE Colombian Workshop on Circuits and Systems*.

Camargo, C. (2008). ECBOT y ECB AT91 Plataformas Abiertas para el Diseño de Sistemas Embebidos y Co-Diseño HW/SW. VIII Jornadas de Computación Reconfigurable y Aplicaciones, Madrid España.

Camargo, C. (2011a) SIE: Plataforma Hardware copyleft para la Enseñanza de Sistemas Digitales , *Memorias del XVII workshop de Iberchip*.

Camargo, C. (2011b). Hardware copyleft como Herramienta para la Enseñanza de Sistemas Embebidos. *Simposio Argentino de Sistemas Embebidos*.

Camargo, C. (2011c) Metodología Para la Transferencia Tecnológica en la Industria Electrónica Basada en Software Libre y Hardware Copyleft. VI Congreso Internacional de la Red de Investigación Y Docencia en Innovación Tecnológica RIDIT.

Cohen, G. (2004). Technology transfer: strategic management in developing countries. *Sage Publications inc*.

Hess, C. y Ostrom, E. (2006). *Understanding Knowledge as a Commons: From Theory to Practice*. The MIT Press.

Odedra, M. (1994). The Myths and Illusions of Technology Transfer. *IFIP World Congress Proceedings*.

Wood, D. (2005) The Use of Satellite-Based Technology in Developing Countries

School: S.B., Aeronautics and Astronautics Massachusetts Institute of Technology

CDIO (2009). Benefits of CDIO consultado en Enero de 2009 en <http://www.cdio.org/benefits-cdio> on November, 2009

Sobre los autores

Carlos Iván Camargo Bareño: Ingeniero electricista, Máster en Ingeniería eléctrica de la Universidad de los Andes, Candidato a Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia, Profesor asistente. cicamargoba@unal.edu.co