

## Modelo de aprendizaje basado en proyectos en la enseñanza introductoria de la asignatura de electrónica y el lenguaje de programación del sistema embebido Arduino

**Leobardo Santiago Paz**

Universidad de la Sierra Juárez

[Lsp@juppa.unsj.edu.mx](mailto:Lsp@juppa.unsj.edu.mx)

### Resumen

La adopción de metodologías que consigan una mayor implicación de los alumnos en el proceso de aprendizaje de electrónica y en lenguajes de programación se hacen necesarias, así como, establecer mecanismos para la integración de nuevas tecnologías que permitan desarrollar habilidades y conocimientos propios en los alumnos, al incorporar aspectos relacionados con la didáctica, la lúdica y la tecnología. En el presente artículo, se considera la plataforma open hardware Arduino la cual, permite exponer a los alumnos principiantes la suficiente complejidad y desafíos propios de la programación embebida, potenciar al alumno como propio protagonista de su aprendizaje e impulsar el trabajo colaborativo, pieza fundamental de las metodologías Aprendizaje Basado en Proyectos y Aprendizaje Basado en Problemas (PBL, por sus siglas en inglés Project Based Learning y Problem Based Learning), y que precisamente será la metodología o similar que el alumno adopte en su futuro laboral. Estas metodologías permiten que el alumno al resolver problemas adquiera las competencias propias de la asignatura a estudiar, a través de actividades de investigación y prácticas de laboratorio para la consolidación del proceso cognitivo y epistemológico. Por su parte, la intervención docente propicia estrategias metacognitivas para desarrollar habilidades que medien el desarrollo de la actividad cognitiva en la resolución de un problema, así, el alumno aprende a aprender, para

continuar aprendiendo a lo largo de la vida.

**Palabras clave:** Arduino, Aprendizaje Basado en Proyectos, Estrategias metacognitivas, Lenguajes de programación, Sistema embebido.

---

## Introducción

El público educativo requiere de un enfoque diferente en su proceso de aprendizaje, en el cual las nuevas tecnologías sean incluidas como parte fundamental para el desarrollo de actividades escolares. Si bien, mantener a los alumnos motivados y comprometidos con el estudio es todo un reto, la inclusión de diversas tecnologías logrará que este proceso comience con esta ardua labor de atraer la atención de los alumnos y de resultados positivos (Coria, 2009).

Además, las nuevas metodologías activas de docencia como menciona Valero (2004 citado en Santa, Zamora & Ubeda 2008) están siendo consideradas en una gran cantidad de casos con el objetivo de introducir al alumno en su propio proceso de enseñanza (Simón, 2007). Se intenta, por tanto, dirigir la visión del profesorado universitario hacia métodos didácticos que favorezcan la asimilación de contenidos por parte del alumno. El aprendizaje cooperativo/colaborativo juega un papel fundamental en este ámbito, como metodología activa. En ella se incentiva el trabajo en grupo, entendiendo que la resolución de problemas “en sociedad” es un marco perfecto de cara a la preparación de futuros profesionales. En enseñanzas técnicas esta idea es fundamental, si bien este carácter se ha plasmado hasta la fecha en la agrupación de alumnos para usar un material limitado en muchos casos, precisamente en estudios de carácter ingenieril, la adopción de una metodología que sigue estas ideas, como es el aprendizaje basado en proyectos (PBL, del inglés Project Based Learning y Problem Based Learning), está siendo fundamental para abordar muchas materias, y entre ellas a las conducentes a la obtención de los títulos en

Ingeniería Informática (Santa et al. 2008).

De acuerdo con Santa et al. (2008), la personalidad del propio profesor influye en la docencia, pero pequeños cambios en la metodología seguida, pueden ayudar enormemente al alumno a seguir de una mejor manera la asignatura, y sobre todo en electrónica digital que implica la programación de microcontroladores. El profesor puede hacer uso de la metodología PBL que permite adquirir en el alumno un aprendizaje significativo, además incorporar el sistema embebido de tecnología libre Arduino.

Un sistema embebido (SE) está integrado por circuitos integrados programables, memoria flash o ROM, el correspondiente circuito impreso y el software embebido o empotrado como parte esencial del mismo sistema, conocido en inglés como firmware o embedded software. El software empotrado se utiliza para controlar los productos electrónicos y usualmente se ejecuta sobre un microprocesador interno, o en un microcontrolador, o en un procesador digital de señal (DSP), o en una compuerta programable en campo (FPGA), o en un controlador lógico programable (PLC) y a veces en una PC de propósitos generales adaptada para fines específicos.

El sistema embebido Arduino UNO basada en el microcontrolador ATmega328 permite realizar aplicaciones académicas, con un excelente desempeño técnico considerando su bajo costo, sus componentes Analógicos/Digitales permiten leer hasta 7 canales de datos. Tiene 14 pines de entradas/salidas digitales (de los cuales 6 pueden utilizarse como salidas PWM emulando una salida analógica de nivel variable), 6 entradas analógicas. Este microcontrolador de la compañía Atmel, cuenta con 32KB de memoria flash, 128 KB de memoria RAM y 1KB de memoria EEPROM, es decir, tiene capacidad de memoria suficiente para desarrollar aplicaciones complejas de adquisición de datos y control. Los programas en Arduino se denominan sketch por que el entorno de desarrollo integrado (IDE) proviene de Processing y, en este lenguaje de programación enfocado al mundo gráfico, cada código es considerado un boceto, en inglés "sketch". En este entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring (variación simplificada del lenguaje C), y el cargador de arranque (bootloader) que corre en la placa

hacen posible que cada sketch quede grabado en el microcontrolador sin utilizar hardware adicional (programador físico). También puede programarse en otros lenguajes, incluyendo C/C++.

Desde octubre de 2012 (Arduino), Arduino se usa también con microcontroladores ARM Cortex M3 de 32 bits, que coexisten con las más limitadas, pero también económicas AVR de 8 bits. ARM y AVR no son plataformas compatibles a nivel binario, pero pueden programarse con el mismo IDE de Arduino y hacer programas que compilen sin cambios en las dos plataformas. Arduino puede utilizarse para desarrollar objetos interactivos autónomos como prototipos o, interaccionar con software instalado en la computadora. Las placas pueden montarse a mano o adquirirse. El IDE es libre que puede descargarse gratuitamente. Al ser open hardware, tanto su diseño como su distribución son libres.

El alumno cuenta con un apoyo importante cuando empieza a investigar (actividades de clase como parte de su formación y estrategia del profesor) sobre la programación con Arduino, la comunidad, la cual no sólo está compuesta por ingenieros y científicos sino también por gran cantidad de artistas y aficionados a la electrónica (Jamieson, P., 2011) y, es parte de una creciente tendencia hacia el desarrollo de hardware/software open source por parte de revolucionarios tecnológicos privados conjuntamente con empresas que comercializan kits de electrónica.

### **1. Aprendizaje Basado en Proyectos**

Después de su nacimiento en la enseñanza en medicina en la Universidad de McMaster en Ontario, el PBL investigado y aplicado por el Dr. Davod Moursund puede ser visto desde varios enfoques: a) Método de instrucción, b) estrategia de aprendizaje y c) estrategia de trabajo (Galeana, 2002). Sin importar el enfoque bajo el cual se aplica, se caracteriza porque el grupo de profesores y alumnos realizan un trabajo en grupo sobre temas reales, que ellos mismos han seleccionado de acuerdo a sus intereses donde los alumnos aprenden a aprender mediante el trabajo en grupo. A diferencia de las técnicas docentes tradicionales, en donde el profesor hace uso de la clase magistral y la aplicación de los

conocimientos se hace a posteriori, en el caso del PBL los alumnos reciben unos conceptos iniciales y se les “lanza” hacia la resolución de un problema. Es en la propia realización del proyecto en donde se encuentran nuevas necesidades de aprendizaje que ellos mismos deben subsanar. Dicho trabajo se realiza de forma cooperativa en pequeños grupos, lo cual ayuda al desarrollo de no sólo los propios conceptos de la materia, sino también de nuevas habilidades y competencias de carácter transversal.

De acuerdo con Barrows, citado por (Morales, 2004), lo define como un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos. Adicionalmente, Herrán et al. (2006), consideran esta metodología como una propuesta para la educación que facilita el aprendizaje independiente y la motivación intrínseca mediante problemas pre-elaborados que representan unidades de autoaprendizaje y proporciona al alumno un instrumento de aprendizaje de por vida.

Ésta metodología implica de manera global el formar equipos integrados por personas con perfiles diferentes, áreas disciplinares, profesiones, idiomas y culturas que trabajan juntos para realizar proyectos para solucionar problemas reales. Estas diferencias ofrecen grandes oportunidades para el aprendizaje y prepararan a los alumnos para trabajar en un ambiente y en una economía diversa y global. Para que los resultados de trabajo de un equipo de trabajo, bajo el Aprendizaje Basado en Proyectos sean exitosos, se requiere de un diseño instruccional definido, definición de roles y fundamentos de diseño de proyectos.

### **2.1 Beneficios del aprendizaje basado en proyectos**

Los principales beneficios reportados por algunos autores de este modelo al aprendizaje incluyen (Coria, 2009; Galeana, 2002):

- *Los alumnos desarrollan habilidades y competencias* tales como colaboración, planeación de proyectos, comunicación, toma de decisiones y manejo del tiempo (Blank, 1997; Dickinsion et al, 1998 citado en Galeana, 2002).

- *Aumentan la motivación.* Se registra un aumento en la asistencia a la escuela, mayor participación en clase y mejor disposición para realizar las tareas (Bottoms & Webb, 1998; Moursund, Bielefeldt, & Underwood, 1997 citado en Galeana, 2002).
- *Integración entre el aprendizaje en la escuela y la realidad.* Los estudiantes retienen mayor cantidad de conocimiento y habilidades cuando están comprometidos con proyectos estimulantes. Mediante los proyectos, los estudiantes hacen uso de habilidades mentales de orden superior en lugar de memorizar datos en contextos aislados, sin conexión. Se hace énfasis en cuándo y dónde se pueden utilizar en el mundo real (Blank, 1997; Bottoms & Webb, 1998; Reyes, 1998 citado en Galeana, 2002).
- *Desarrollo de habilidades de colaboración para construir conocimiento.* El aprendizaje colaborativo permite a los estudiantes compartir ideas entre ellos, expresar sus propias opiniones y negociar soluciones, habilidades todas, necesarias en los futuros puestos de trabajo (Bryson, 1994; Reyes, 1998 citado en Galeana, 2002).
- *Acrecentar las habilidades para la solución de problemas* (Moursund, Bielefeld, & Underwood, 1997 citado en Galeana, 2002).
- *Establecer relaciones de integración entre diferentes disciplinas.*
- *Aumentar la autoestima.* Los estudiantes se enorgullecen de lograr algo que tenga valor fuera del aula de clase y de realizar contribuciones a la escuela o la comunidad (Jobs for the future, n.d. citado en Galeana, 2002).
- *Acrecentar las fortalezas individuales de aprendizaje y de sus diferentes enfoques y estilos hacia este* (Thomas, 1998 citado en Galeana, 2002).
- *Aprender de manera práctica a usar la tecnología.* (Kadel, 1999; Moursund, Bielefeldt, & Underwood, 1997 citado en Galeana, 2002).

## 2. Metodología de Enseñanza

No existe una única forma para implementar un proyecto, las experiencias, los materiales, la información, el contexto, son los elementos que delimitan el desarrollo y conclusión que presentarán; sin embargo, es muy importante que se tenga claro el objetivo que se desea cumplir, para que el proyecto se planee y se complete de manera efectiva. Tanto los profesores como los alumnos deben hacer un planteamiento que explique los elementos esenciales del proyecto y las expectativas que se persiguen.

Al momento de iniciar un curso PBL lo más común es presentar un marco teórico base a partir del cual el alumno pueda comenzar el proyecto. Generalmente, en ingeniería, esto puede consistir en un conjunto de sesiones que describan la base matemática necesaria, una descripción general de los conceptos de programación iniciales, o la explicación de los componentes electrónicos que se utilizarán durante el resto de la asignatura. Obviamente, este conjunto inicial de sesiones previas puede ser más o menos extenso, entendiendo que cada materia tiene un carácter diferente. Algunas tienen un papel fundamentalmente teórico, mientras que otras poseen una finalidad práctica. Además, las sesiones teóricas pueden solaparse con el comienzo del proyecto, y éstas no tienen porqué ser eminentemente clases magistrales, pudiendo utilizarse otras técnicas docentes adicionales, entre ellas, *prácticas de laboratorio*, Fernández (2005) las define como un trabajo práctico que los estudiantes realizan después de una lección magistral y en el curso del cual manipulan diversos instrumentos (...). El objetivo a alcanzar aquí es el aprendizaje y el dominio del método experimental, gracias a lo cual se planifica una experiencia, se verifican hipótesis, se toman medidas, se analizan resultados y consigna todo ello en un informe escrito. Los pequeños equipos de trabajo de 3 a 5 miembros buscan afianzar conceptos ya conocidos, mediante la solución de problemas o la consideración de situaciones problemáticas.

Para dar un seguimiento al progreso del alumno durante el curso académico se recomienda que entregue trabajos intermedios que pueden variar en número y finalidad, con tal de evitar anomalías en el proceso. Estos entregables deben comenzar a presentarse

a partir del momento en el que el alumno afronta el proyecto.

El papel del profesor en el PBL, tiene un carácter mediador y de supervisión, con el fin de que los alumnos lleguen a terminar satisfactoriamente el proyecto. Sin embargo, si se encuentra de interés, se pueden convocar nuevas sesiones teóricas en caso de existir dudas o lagunas de conocimiento generales.

Para plantear un proyecto se deben considerar los siguientes aspectos con relación a los alumnos:

- ¿Qué tipo de problemas están en capacidad de resolver?
- ¿Qué concepto y principios están en capacidad de aplicar?
- ¿Tienen fácil acceso a los recursos que necesitan?
- ¿Saben cómo utilizar los recursos a su alcance?
- ¿Tienen claro el rol y responsabilidad de cada uno de los integrantes que conforman el proyecto?

El planteamiento del proyecto es crucial para el éxito o el fracaso del mismo, por lo que se sugiere se trabaje de manera colaborativa en todo momento. Las condiciones imprescindibles de todo proyecto que menciona Larmer, J. & Mergendoller, J. R. (2010) se detallan a continuación:

- *Que desarrolle contenidos significativos:* Un proyecto no puede abarcar la misma gama de contenidos que otro tipo de metodologías, pero permite trabajar esos contenidos con más profundidad. Por eso, los profesores deben escoger los contenidos, objetivos y competencias más significativos para el proyecto, tomando como referencia el currículo y lo que es más importante desde su punto de vista.
- *Que parta de la necesidad de saber:* Los profesores pueden motivar esa necesidad de conocer cosas nuevas y desarrollar el proyecto mediante una actividad inicial que despierte el interés y dé pie a las preguntas. Puede ser un vídeo, un debate, un invitado en clase, un libro...

Así, los elementos básicos que deben aparecer en cualquier proyecto son:

— *Una pregunta guía (Driving question)*. Una vez planteada la situación, es necesario crear una pregunta hacia cuya respuesta se dirija el trabajo. Debe ser clara, tener una respuesta abierta y conectar con las competencias y conocimientos que los alumnos deben trabajar y adquirir. Este elemento es básico y debe estar presente siempre. Un ejemplo. Si estamos trabajando un tema de sensores ¿Cómo podríamos compartir con nuestros abuelos lo que hemos aprendido sobre un libro?

— *Dar autonomía a los estudiantes (voice and choice)*. Durante el trabajo, los alumnos tienen que ser los protagonistas: opinar, elegir y tomar las decisiones. No obstante, es necesario adaptar este planteamiento general a la realidad del aula. Así que pueden establecerse diferentes niveles de "autonomía":

— Nivel más bajo. Puede decirse a los alumnos qué tema tienen que estudiar e incluso como diseñar, crear y presentar los productos finales.

— Nivel intermedio. Dar una serie de opciones (limitadas) para evitar que los alumnos se vean desbordados por las posibilidades.

— Nivel alto. Todas las decisiones corresponden a los alumnos, por ejemplo qué producto hacer, qué proceso seguir. Incluso pueden elegir el tema y la pregunta inicial.

— *Incluir el trabajo de las habilidades / competencias del siglo XXI*. Estas habilidades son: colaboración, comunicación, pensamiento crítico y uso de las nuevas tecnologías.

— *Deben enseñarse explícitamente* (dando guías, consejos, materiales) y además ofrecer oportunidades para que los alumnos las pongan en práctica a través de las tareas y actividades propuestas en el proyecto. Es decir: para crear un recurso virtual (un mapa por ejemplo) podemos dar a los alumnos un tutorial sobre cómo crearlos pero además nuestro proyecto deberá contener una tarea en la que los alumnos creen un mapa digital que sirva para presentar contenidos, apoyar alguna exposición, realizar un trabajo de colaboración...

— *Investigación e innovación.* La investigación real tiene lugar cuando los alumnos siguen un proceso como este: plantean sus propias preguntas, buscan recursos y responden a esas preguntas, generan dudas y cuestionan, revisan y establecen conclusiones. Esta investigación trae consigo la innovación real: surgen nuevas preguntas, nuevos productos y nuevas soluciones. Las nuevas dudas que surgen deben incorporarse paulatinamente. Se trata en definitiva de promover la generación de dudas, la crítica y la colaboración.

— *Revisión y retroalimentación.* Mientras trabajan, revisan unos a otros sus trabajos tomando como referencia las rúbricas y los ejemplos. Es necesario enseñar a los alumnos a evaluar el trabajo de otros tomando como referencia las rúbricas. Incluso podemos recurrir a expertos y colaboradores externos para evaluar el trabajo. Por ejemplo, si organizamos una exposición sobre el protocolo de comunicación HTTP ¿Por qué no invitar a personal del centro de redes de la universidad?

— *Presentación pública del trabajo.* El ideal es presentarlo no solo a los profesores y compañeros sino trabajar con la idea de un producto que se va a presentar a una audiencia general y que va a ser puesto a disposición de todos. De aquí pueden derivar diferentes formatos y recursos para poner los productos generados a disposición de todos. Todo dependerá de las características de los grupos de clase con los que se trabaje. Puede hacerse a una exposición (con la ayuda de una presentación, un vídeo) en el aula pero también crear una página web o hacer una exposición de trabajos a la que estén invitados padres, alumnos y profesores de otros centros.

Para la implementación de una actividad en el Aprendizaje Basado en Proyectos Galeana (2002) recomienda los siguientes pasos:

A) *Inicio* Defina el tópico. Facilite una discusión de éste con toda la clase.

Establezca programas, metas parciales y métodos de evaluación.

Identifique recursos.

Identifique requisitos previos. Programe una clase para discutir:

¿Cómo definir y desarrollar un proyecto complejo?

¿Cómo se va a obtener, para poder realizar el proyecto, el conocimiento nuevo que sobre la materia van a necesitar los estudiantes?

¿Cómo se van a adquirir los conocimientos o habilidades nuevas y necesarias en las TIC?

Establecer los objetivos del proyecto.

Conformar los equipos. Discutir la frecuencia y el sitio de las reuniones.

#### *B) Actividades Iniciales de los equipos*

Planeación preliminar. Se comparten conocimientos sobre el tema y se sugieren posibles proyectos para el equipo.

Establecer tentativamente lo específico que debe ser el proyecto.

Profundizar el conocimiento.

Especificar tentativamente el plan de trabajo. Dividir el proyecto en componentes y asignar responsabilidades.

Retroalimentación por parte del profesor. Esta es una meta parcial clave.

Revisar el plan en base a la retroalimentación.

#### *C) Implementación del proyecto*

Asegúrese de que los estudiantes completen las tareas y metas parciales una por una. El plan de trabajo debe dividir el proyecto en una secuencia de tareas, cada una con su programación y meta.

Con la aprobación del profesor, los equipos ajustan continuamente la definición del proyecto.

Los miembros de los equipos toman parte en el aprendizaje colaborativo y en la solución cooperativa de los problemas.

Se hará tanto una autoevaluación como una evaluación mutua entre los miembros de los equipos. El profesor también evalúa y da retroalimentación.

Avance hacia la terminación. Un proyecto tiene como resultado final un producto, una presentación o una interpretación dirigida a una audiencia específica.

Si es necesario, se repiten los pasos de esta sección hasta que todas las metas parciales se hayan alcanzado.

*D) Conclusión desde la perspectiva de los estudiantes*

Revisión final. Completar el proyecto y pulir el producto, la presentación o la interpretación finales.

Evaluación final. Se presenta el trabajo terminado en la forma acordada. Por lo general, toda la clase participa y junto con el profesor, ofrece retroalimentación constructiva.

Cierre. Individuos y equipos analizan sus productos, presentaciones o interpretaciones finales, apoyándose en la retroalimentación recibida.

*E) Conclusión por parte del profesor*

Prepárese para el cierre. Facilite una discusión y evaluación general del proyecto en la clase.

Haga un registro de sus notas. Reflexione sobre el proyecto: sobre lo que funcionó bien y sobre lo que se debe mejorar para la próxima vez que lo use en una clase

### **3.1 Estrategia o propuesta de enseñanza**

La propuesta de enseñanza tiene como eje principal promover el desarrollo de aprendizajes a través de la elaboración de proyectos, que respondan a una problemática real y significativa de capacitación. Sus objetivos son: a) favorecer en los estudiantes la conexión entre los conocimientos y los contextos de aplicación, a la vez de, b) promover la reflexión sobre los procesos desarrollados en la elaboración de la solución, poniendo énfasis en el uso creativo e inteligente de las nuevas tecnologías.

Las habilidades de pensamiento de orden superior entre las que se incluye la destreza para solucionar problemas; requiere seleccionar estrategias efectivas para ayudar a que los alumnos las desarrollen. Para atender esta necesidad, la programación de computadoras

constituye una buena alternativa, siempre y cuando se le enfoque al logro de esta destreza y no a la formación de programadores. La habilidad de pensamiento que también se puede ayudar a desarrollar en cursos de algoritmos y programación es la Creatividad.

En cada proyecto de electrónica y programación de microcontroladores, el número de fases depende de la complejidad de lo que se quiera llevar a cabo menciona Lequerica. J. (2014), a groso modo se mencionan las más importantes, valiéndose para ello de la idea del semáforo:

I. *Concepción de la idea.*

Surge normalmente para dar solución a algún problema existente o para mejorar una solución previamente dada. Alguien piensa que los cruces de la carretera son un peligro y que de alguna manera se debe controlar que carriles pueden circular, de modo que cuando algunos carriles pueden pasar, los carriles con los que puedan chocar no tengan permiso de circular y viceversa, dando paso alternativo a cada uno de ellos.

II. *Abstracción de la idea.* Hay que extraer la esencia de la idea de modo que más adelante pueda ser modelada mediante electrónica. En nuestro caso, interesa poner una señal que de paso o no a los carriles, simplemente esto, ya se verá el tipo de señal que debe mostrar o cuando, pero lo que se quiere es algo que muestre si se puede pasar o no.

III. *Modelado de la abstracción.* Consiste en dar una solución que satisfaga la abstracción realizada sobre la idea. Puede que diversos modelos den esta solución y que haya que seleccionar el más óptimo, que dependerá de muchos factores, por ejemplo en el caso del semáforo por todos conocido de luces o mecanismos como existían anteriormente o poner unas barreras, suponga que decide modelarse mediante una serie de pinchos que estén activos cuando no se pueda pasar para que revienten las ruedas y no estén activos cuando sí se pueda pasar, efectivo es, pero no es funcional. También dependiendo de las situaciones se deberá optar por unas opciones u otras. Si se miran los pasos a nivel del tren, son simplemente unos semáforos, pero se les ha añadido unas barreras mecánicas (an algunos casos aún se pueden ver pasos a nivel sin barrera) para dificultar el paso cuando está en rojo, ya que el coste de pasar el semáforo en rojo es muy

alto.

IV. *Diseño del prototipo.* Se realiza un diseño del prototipo para implementar el modelo que se ha elegido para dar solución al problema. En el caso que se expone, previos cálculos de corrientes y tiempos, se debe crear una caja con luces se deben encender en cada momento y orquestarlas de modo que en el cruce no se puedan encontrar todos los semáforos en verde a la vez. El prototipo servirá para comprobar que durante los pasos de abstracción de la idea y modelado no se han olvidado premisas o casos por satisfacer, por ejemplo si se ha pensado el semáforo sólo con una luz roja y una verde, a lo mejor es que no se ha pensado que nada más ponerse un semáforo en rojo no se puede poner el otro en verde o quizá mejor añadir una tercera luz naranja para avisar que se va a poner en rojo. El prototipo también sirve para comprobar que los elementos seleccionados para el montaje son correctos, por ejemplo si las bombillas del semáforo tienen la duración correcta o los materiales no se oxidan al estar en contacto con la lluvia, lo que ahorra muchos costes en el producto final. Esta fase es de vital importancia para el futuro éxito del funcionamiento del producto final, por lo que se le debe prestar toda la atención que merece y no debe olvidarse nunca.

V. *Creación de fotolitos.* Una vez comprobado que el circuito creado para el prototipo funciona de la manera esperada, se deben generar “los planos” del circuito para que puedan ser producidos a escala tal vez comercial de manera automática, esto se hace mediante un software que sea capaz de colocar los elementos necesarios del circuito (resistencias, condensadores, pulsadores...) en una placa y crear las rutas de las pistas de unión entre ellos (los cables de nuestro prototipo) de modo que no se crucen. Dependiendo de la complejidad del proyecto, los cálculos a realizar para que no se crucen las pistas son muy complejos e inviables de realizar manualmente, en ocasiones la única manera de realizar las conexiones sin que las pistas se crucen es creando placas multicapa, donde cada capa se dibujan unas pistas de unión entre componentes. El resultado del posicionamiento y cambio de las conexiones será un dibujo de las pistas que se enviará para la producción de la placa final; son los llamados fotolitos,

VI. *Unión de componentes.* Cuando ya se tiene la placa creada a partir de los fotolitos (denominada también PCB del inglés Printed Circuit Board o tarjeta de circuito impreso), lo que realmente se tiene es una superficie no conductora (realizada en materiales como baquelita, resinas de fibra de vidrio reforzada, teflón, plástico...) sobre la que se han “dibujado” las pistas conductoras habitualmente realizadas en cobre. Sobre estas pistas será donde se fijen los componentes necesarios que conformen el circuito final ya montado. Sobre estas pistas pueden existir algunos agujeros; esto es debido a que algunos componentes se montan usando una técnica llamada through hole (a través del orificio), es decir, que las patitas de los componentes deben atravesar el circuito por estos agujeros, el uso de esta técnica de montaje depende de la destreza del soldador, de si se usan métodos mecanizados de montaje y de si el elemento a montar soporta este tipo de ensamblado (existen componentes que solamente pueden montarse mediante through hole). Para mantener unidos los componentes a la tarjeta, se utiliza soldadura, la cual ofrece unión mecánica (no se desprenderán los componentes) y eléctrica (mantendrá la conductividad eléctrica entre el componente y la pista). La soldadura se solía usar a nivel industrial con estaño y plomo aunque actualmente se está optando por otro tipo de compuestos para evitar el uso del plomo.

En el primer acercamiento del alumno con la plataforma Arduino debe consistir en abordar un problema simple de entrada/salida como menciona Albrecht et al.(2012), que les permita obtener resultados tangibles y evidentes muy fácilmente. Una introducción sencilla al uso de la plataforma puede encontrarse en el libro escrito por el cofundador de la misma Banzhi, M. (2009).

La estructura de un sketch consta de dos funciones: setup y loop. Al momento de comenzar la ejecución se realiza la fase de setup o inicialización y, luego de completarse la misma se ejecuta la de loop (lazo infinito) correspondiente a las tareas principales de una aplicación escrita en lenguaje C; esto se repite hasta que la placa sea apagada o reseteada. El “Hola Mundo” de Arduino, cuyo código se encuentra disponible en los ejemplos del IDE de Arduino, es un sketch que, trata de hacer que un led incorporado en la placa o uno

externo, se encienda y apague a intervalos de tiempo definidos en el código, esta primer experiencia es una aproximación del alumno a un sistema que incluye explícitamente la noción de tiempo real.

Si en lugar de utilizar este led se añade uno RGB (rojo/verde/azul) externo, conjuntamente con un potenciómetro o pulsador; a partir de un programa pre-escrito similar al “Hola Mundo” pueden realizarse una gran cantidad de modificaciones al mismo: hacer titilar el led a distintas frecuencias o siguiendo una secuencia determinada de colores, modificar el estado del mismo según se apriete o no un pulsador, cambiar su nivel de brillo o el porcentaje de colores primarios, según el ángulo de rotación del cursor de un potenciómetro (Furman, B. Wertz, E., 2010).. El simple agregado de un pulsador que controle el apagado y encendido del led introduce al alumno a la noción de “evento”: acción externa que puede ocurrir en cualquier instante de tiempo y, ante la cual el sistema embebido debe responder de alguna forma predeterminada. Una segunda experiencia puede ser la construcción de un cruce de semáforos.

Algunas de las asignaciones sugeridas para un curso introductorio del sistema embebido Arduino y su lenguaje de programación es conocer:

1. El IDE
2. La estructura de un Sketch
3. Las funciones principales, tipos de variables, ciclos, librerías, ...
4. Salidas digitales: Controlar el apagado/encendido y frecuencia de intermitencia de un led, posteriormente se podría cambiar los elementos o componentes electrónicos, por ejemplo motores de DC para apreciar el cambio de sentido de dirección del rotor al intercambiar los pines después de unos instantes.
5. Entradas digitales: Leer distintos tipos de dispositivos digitales como sensores, pulsadores, switch (interruptor),
6. Entradas analógicas: Leer diferentes componentes electrónicos como potenciómetros, sensores ultrasónicos, de temperatura, de humedad,...
7. Visualización en el monitor serial: cada entrada/salida digital o analógica es

necesario mostrarse en el monitor serial incorporado en el IDE para dar seguimiento del valor de la(s) variable(s) en cada momento.

8. Salidas analógicas (PWM ): por la variación continua que se logra tener en estos pines, se puede apreciar la variación de luminosidad si se coloca un led o el cambio de velocidad de un motor de DC.
9. Comunicación serial (Tx-Rx). Incorporar un módulo de bluetooth para una comunicación inalámbrica o con otra placa o sistema que permita la comunicación serial.
10. Diseño e impresión del PCB mediante software libre “Fritzing”.

### **3.2 Espiral de la creatividad**

En los últimos años, la creatividad forma parte de las prioridades de los sistemas educativos en varios países, junto a otras habilidades de pensamiento de orden superior. Una de las razones para que la creatividad se hubiese convertido en tema prioritario es que tiene un alto impacto en la generación de riqueza por parte de las empresas de la Sociedad de la Creatividad. En estas empresas, los reconocimientos profesionales se dan gracias al talento, la creatividad y la inteligencia. La creatividad reemplazó las materias primas como fuente fundamental de crecimiento económico.

Para tener éxito en esta nueva sociedad, las regiones deben desarrollar, atraer y retener a personas talentosas y creativas que generen innovaciones (Banaji & Burn, 2006). Cada vez es mayor el número de empresas que fundamentan su modelo de negocio en la creatividad y la innovación; para ellas, son indispensables personas que además de tener los conocimientos requeridos para desempeñarse en los diferentes cargos, tengan habilidad para pensar y actuar creativamente. Debido a ello, es necesario que en cada proyecto a realizar por los alumnos se evalúe el “espiral del pensamiento creativo”, Resnick (2007), propone que los participantes imaginen lo que quieren hacer para crear un proyecto basado en sus ideas; jugar con sus ideas y creaciones con otros y reflexionar sobre sus experiencias; lo anterior los lleva a imaginar nuevas ideas y nuevos proyectos. La espiral genera un proceso indefinido de mejoramiento continuo.

### **3.3 Sistemas virtuales**

Los sistemas de gestión de contenidos y de enseñanza virtual están siendo aplicados cada vez más siguiendo la metodología PBL, gracias a la amplia adopción de Internet (Arias, Gutierrez & Hidalgo 2006). En un trabajo previo de Zamora, Santa & Villalba (2008 citado por Santa et al., 2008), se explica la relevancia y la aplicación del sistema remoto de cursos Moodle dentro de una materia incluida en el área de conocimiento de Tecnología Electrónica. Éstos permiten organizar el contenido de la asignatura y, en muchos casos, incluyen secciones de discusión, paneles de anuncio, e incluso funcionalidad para realizar exámenes vía Web.

### **Conclusión**

De acuerdo con Arbulú (2008) “El método de proyectos puede ser definido como conjunto de atractivas experiencias de aprendizaje que involucran a los alumnos en proyectos complejos y del mundo real a través de los cuales desarrollan y aplican habilidades y conocimientos” (Arbulú, s.f.). Colaborar en grupo en proyectos comunes, hace que los aprendizajes sean significativos: los estudiantes adquieren mayores habilidades para construir su propio aprendizaje, para el manejo de muchas fuentes de información que son necesarias para resolver problemas u otras tareas significativas; aprenden a manejar y usar los recursos de los que disponen, una capacidad de hacer trabajo relevante, así como la necesidad de ser partícipes en su propio proceso y de involucrarse con un mayor interés. Se requiere seleccionar estrategias efectivas para ayudar a los alumnos que desarrollen destrezas y habilidades para solucionar problemas. Para atender esta necesidad, la programación de sistemas embebidos constituye una buena alternativa, siempre y cuando se le enfoque al logro de esta destreza y no a la formación de programadores.

La habilidad de pensamiento que también se puede ayudar a desarrollar con cursos de electrónica y programación es la creatividad.

En el aprendizaje por proyectos lo más importante no es el producto o resultado final sino el proceso de aprendizaje y profundización que llevan a cabo los alumnos.

Para que los alumnos puedan tener éxito en el mundo digital y globalizado en el que van a vivir exige, sin dilaciones, implementar estrategias que contribuyan efectivamente en el desarrollo de habilidades planteadas como fundamentales para la educación en el siglo XXI (Monero y Pozo, 2001, Resnick, 2007), lo que implica buscar la información de manera crítica, leer siempre tratando de comprender, escribirás de manera argumentada para convencer, automatizar lo rutinario y dedicar esfuerzos en pensar en lo relevante, analizar los problemas de forma rigurosa, escuchar con atención, tratando de comprender, hablar con claridad, convencimiento y rigor, crear empatía con los demás, cooperar en el desarrollo de tareas comunes y fijarse metas razonables que le permitan superarse en el día a día. Comprometerlos en la consideración de aspectos importantes para la solución de problemas: decidir sobre la naturaleza del problema, seleccionar una representación que ayude a resolverlo y, monitorear sus propios pensamientos (meta-cognición) y estrategias de solución.

## Bibliografía

Albrecht, W., Bender P. & Kussmann, K. (2012). Integrating microcontrollers in undergraduate curriculum. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, Volume 27 Issue 4, pp. 45-52.

Arbulú Pérez, C. (2008). *Método de aprendizaje basado en proyectos*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Lambayaque. Consultado el 13 de Octubre de 2014 en: [http://docencia.izt.uam.mx/sgpe/files/users/virtuami/file/ext/misueas\\_colabo\\_proyec\\_actv\\_metododeaprendizaje.pdf](http://docencia.izt.uam.mx/sgpe/files/users/virtuami/file/ext/misueas_colabo_proyec_actv_metododeaprendizaje.pdf).

Arduino, consultado el 16 de Octubre de 2014 en <http://www.arduino.cc/>

Arias, J., Gutiérrez, P., Hidalgo, V. (2006). *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*.

*Experiencia docente en la asignatura Redes de Computadores en la Universidad de Extremadura.*, 5, no. 2, 223-233.

Banzi, M., (2009). *Getting Started with Arduino*. O'Reilly Media Inc., Sebastopol.

Coria Arreola, J. M., (2009). e-Formadores. *El Aprendizaje por Proyectos: Una metodología diferente*

Dmitruk, A., Acosta, N., Barragán, G., Cayssials, R., Jalón, O., Lupi, D., Orozco, J., Patiño, D. & Sposito O. (2011). El software y los sistemas embebidos o empotrados o insertados. Consultado en <http://www.google.com.mx/url?url=http://swikilifia.info.unlp.edu.ar/prospectiva/uploads/2/El>

Fernández, A. (2005). Nuevas metodologías docentes. Consultado el 15/Octubre/2014 en [http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS\\_METODOLOGIAS/nuevas\\_metodologias\\_docentes.doc](http://campus.usal.es/~ofeees/NUEVAS_METODOLOGIAS/nuevas_metodologias_docentes.doc)

Furman, B. Wertz, E. (2010). A first course in computer programming for mechanical engineers. Mechatronics and Embedded Systems and Applications (MESA), *IEEE/ASME International Conference on*, pp. 70 – 75.

Galeana de la O, L. (2002). Universidad de Colima. *Aprendizaje basado en proyectos*

Garzón, C., Beltrán, L. & Martínez, P. (2009). *Estudio de percepción sobre metodologías de enseñanza de temas de electrónica en programas diferentes a ingeniería electrónica*. consultado en <http://www.educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/95>

Jamieson, P. (2011). Arduino for Teaching Embedded Systems. Are Computer Scientists and Engineering Educators Missing the Boat?, *International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering (FECS'11)*.

Larmer, J. & Mergendoller, J. R. (2010). *8 Essentials for Project-Based Learning*. Consultado en [http://bie.org/object/document/8\\_essentials\\_for\\_project\\_based\\_learning](http://bie.org/object/document/8_essentials_for_project_based_learning)

Lequerica, J. (2014). *Arduino práctico*. Madrid: ANAYA MULTIMEDIA

López., J. & Eduteka. (2009). Guía de Algoritmos y Programación para docentes. bajo la licencia Creative Commons. Consultado en

<http://www.eduteka.org/GuiaAlgoritmos.php>

Monereo, C. & Pozo, J.I., (2001). Competencias para sobrevivir en el siglo XXI. *Cuadernos de Pedagogía*, n.º 298 (enero), pp.50-55.

Parikh, Ch., Dunne, B. & Adkins, B.(2009). Embedded Systems in Introductory Programming Course. *ASEE North Central Section Conference*.

Santa, J., Zamora, M. A., Ubeda, B. (2008). *El Aprendizaje Basado en Proyectos en materias de Ingeniería Informática y sus implicaciones*. Consultado en <http://ants.inf.um.es/~josesanta/doc/Murciencia2008.pdf>

Sarik, J. & Kymissis, I. (2010). Lab kits using the Arduino prototyping platform, *Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2010 IEEE, pp. T3C-1 - T3C-5.

Simón, M. A., Vivarocho, C. E., Fernando, M., González, M. L., Martínez, B., Martínez, A. & De uña Martín, A. (2007). XV Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. *Análisis de la Incidencia de las Metodologías Docentes Activas en los Estudiantes*.

Simón, J., Blet, N., Bender, C., Recanzone, R., Sosa, J. & Torres, A. (2013). Sobre la utilización de sistemas embebidos para la enseñanza de la programación en una carrera de Ingeniería Electrónica. *IV Congreso Microelectrónica Aplicada*. Pp 121-129 consultado en [http://uea2013.frbb.utn.edu.ar/wp-content/uploads/S6\\_4.pdf](http://uea2013.frbb.utn.edu.ar/wp-content/uploads/S6_4.pdf)

Zamora, M. A., Santa, J., Villalba, G. (2008). III Jornadas Sobre el Espacio Europeo de Educación Superior: 'Avanzando Hacia Bolonia'. *Una Experiencia de Transición hacia el EEES en la Enseñanza de Tecnología Electrónica Mediante Nuevas Técnicas Docentes*.