

Plataforma tecnológica maker para aprender programación física en colegios vulnerables

Pedro Hepp Kuschel, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Académico, Viña del Mar, Chile, pedro.hepp@pucv.cl

Ernesto Laval Molkenbuhr, TIDE SA, Investigador, Temuco, La Araucanía, Chile, ernesto.laval@tide.cl

Resumen

En este trabajo se presenta la experiencia de desarrollar e incorporar nuevas tecnologías relativas al movimiento *maker*, como parte de la vinculación con el medio que realiza el Centro Costadigital de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. El objetivo de esta vinculación es desarrollar habilidades tales como creatividad, colaboración, comunicación, así como abordar contenidos de programación física, electricidad y electrónica, bricolaje y diseño de prototipos, con estudiantes de educación básica y media.

Como parte de esta experiencia, Costadigital ha establecido una alianza con la empresa TIDE, la cual cuenta con una línea de investigación en torno a nuevas tecnologías de software y hardware para el sector educativo. Producto de esta alianza, TIDE ha desarrollado una tarjeta programable sobre Arduino (un “shield”), de bajo costo y código abierto, y una aplicación de software basada en el lenguaje Snap que opera directamente sobre la tarjeta, utilizando bloques para manejar sensores y actuadores.

El propósito de estos desarrollos es simplificar y abaratar la introducción a los principios maker para los colegios. Costadigital provee la experiencia de trabajar con estudiantes y docentes en escuelas, transmitiéndole esta experiencia a TIDE para ir mejorando continuamente la tarjeta y el software.

Introducción

El Centro Costadigital de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Costadigital, 2019), es un centro académico creado en la década de los 90, como parte del programa Enlaces del Ministerio de Educación de Chile (Enlaces, 2019), cuyo objetivo, a principios de la década de los 90, fue integrar la informática educativa en los colegios de Chile (Hepp, 2003). Durante la década de los 90, Enlaces invitó a un grupo de 5 universidades del país, a constituirse en centros de investigación aplicada y a implementar la política de informática educativa. Producto de esta iniciativa, Costadigital lleva más de dos décadas investigando en tecnologías educativas y la forma de aplicarla en colegios, de modo que constituyan aportes a los aprendizajes, a la enseñanza y la gestión de las instituciones educativas.

En el transcurso de estas iniciativas, Costadigital ha experimentado con la robótica escolar y posteriormente incorporó ideas y principios del movimiento maker en educación (Lee, 2015). Desde el año 2016, ha articulado una red de colegios con espacios makers en los cuales se ha explorado con diversas tecnologías y metodologías para el trabajo con estudiantes (Hepp, 2018).

Actualmente, durante el año 2019, Costadigital trabaja con 4 colegios en talleres maker, durante todo el año escolar. Los talleres están dirigidos a estudiantes de 2° ciclo básico (5° a 8° año básico o primaria), se realizan una vez por semana, en 2 horas pedagógicas, y están a cargo de un(a) “facilitador(a)” de Costadigital. El o la facilitadora, conducen los talleres y orientan a los estudiantes en torno a una trayectoria formativa que incluye habilidades y contenidos, trabajando en torno a proyectos.

Por su parte, la empresa TIDE (Tide, 2019) lleva más de 15 años desarrollando software y hardware para el mundo educativo y participa activamente en instancias de organizaciones no gubernamentales que trabajan en sectores educativos vulnerables, aportando con su experiencia en tecnologías y educación (Araucaníaprende 2019, Educaraucaña 2019).

Entre los principales desafíos que encontró Costadigital en los colegios para la introducción del movimiento maker en general y de la programación física en particular, fue la dificultad de algunos estudiantes con los lenguajes de programación y los ambientes de desarrollo utilizados para programar los microcontroladores Arduino (Arduino, 2019). Si bien en todos los talleres se han encontrado estudiantes que quieren aprender a programar, hay otros estudiantes que lo que buscan es poder desarrollar sus proyectos y para ellos, la programación es útil solo como un medio y no como un fin en sí misma. Para estos estudiantes, suele ser desmotivante programar en inglés, lidiar con la sintaxis del ambiente de programación de Arduino y la carga semántica necesaria para desarrollar hasta los proyectos más simples, los que normalmente requieren de componentes de electricidad y electrónica. Por ejemplo, el simple esfuerzo de encendido de luces leds requiere de resistencias sobre un protoboard y la lectura de un sensor requiere del manejo de pines y de librerías especiales.

En el mediano plazo, todos los proyectos en que trabajan los colegios en talleres de Costadigital requieren de la programación en Arduino, el uso de componentes de electrónica y de librerías de software para el manejo de sensores y actuadores. Sin embargo, se consideró conveniente que los inicios del aprendizaje de la programación fuese lo más simple posible, para lo que sería necesario contar con un ambiente de desarrollo de prototipos básicos que fuese muy fácil de aprender y de usar. Adicionalmente, se buscaron soluciones de hardware de muy bajo costo, de modo que los colegios de sectores más vulnerables no incurriesen en gastos importantes para equipar y mantener un laboratorio maker. De hecho buscábamos un equipamiento que permitiese a los estudiantes experimentar abiertamente, pudiendo cometer algunos errores, pérdida de material, prototipado rápido o quemado de componentes, sin que esto significase una pérdida de recursos significativos para el colegio.

A continuación se describe parte de esta experiencia, con foco en las tecnologías utilizadas en los talleres, la cual fue madurando en base a la experiencia que se reportan a nivel internacional con el movimiento maker en educación (Rosenfeld, 2014) y con la propia experiencia de Costadigital.

Desarrollo

Durante la búsqueda que hizo Costadigital, de una solución en el mercado, la empresa TIDE ofreció desarrollar un ambiente maker de bajo costo que pudiese evolucionar a la par de las experiencias de los talleres maker que realiza Costadigital.

A continuación se presenta una breve descripción de los talleres maker que realiza Costadigital en colegios de la región de Valparaíso, Chile, con el objeto de dar contexto a los requerimientos que fueron surgiendo para desarrollar la plataforma de hardware y software que está en uso actualmente.

La trayectoria formativa de los talleres:

La propuesta de talleres “maker” que ofrece Costadigital a los colegios, consiste en aplicar la metodología de aprendizaje basado en proyectos (aprender haciendo), en torno a ideas y proyectos que motiven a los estudiantes y a la vez que aprendan contenidos

y desarrollen habilidades. Los proyectos incluyen diversas tecnologías y la enseñanza de la programación física (sensores, luces, actuadores, Arduino, etc.), junto con materiales que proporcionan los colegios (cartulina, papel, madera terciada, etc.).

Las habilidades que se busca desarrollar son la creatividad (exploro ideas, diseño, pruebo), la colaboración (aprendo a trabajar con otros), la reflexión crítica (pienso en lo que hago, lo analizo y mejoro) y la comunicación (puedo explicar lo que hago).

Los contenidos curriculares se relacionan con ciencias naturales, matemáticas y arte. Por ejemplo, los escolares pueden desarrollar proyectos medio-ambientales (mediciones de parámetros como luz, humedad, temperatura), creaciones literarias o expresiones de arte con programación y electrónica (cuentos con sonido e iluminación, imágenes de color), riego automático de huertos pequeños, expresiones artísticas con tecnología en la ropa (wearables), juegos (generador de burbujas, mini-robots), aprovechamiento de energías renovables (usando mini-paneles solares, eólicos u otros para activar motores, pequeños vehículos), etc. También se desarrollan artefactos divertidos como Máquinas de Goldberg y aplicaciones domóticas: alarmas de ruido, encendido/apagado de artefactos, etc.

El trabajo en el establecimiento se articula en torno al concepto de “Club Maker”, espacio de aprendizaje para 15 a 20 estudiantes, equipado especialmente y apoyado por un facilitador de Costadigital. Los talleres son de 2 horas pedagógicas a la semana, en los que normalmente participa un docente del establecimiento, quien también recibe formación en los contenidos que constituyen la trayectoria formativa de los clubes. Los estudiantes son responsables del orden y mantenimiento del equipamiento y de la sala.

Los clubes son inclusivos (todos pueden participar, en particular incentivando a niñas a integrarse), son articuladores de asignaturas (en los proyectos interviene ciencias, arte y tecnología) y se busca generar autonomía en los aprendizajes, responsabilidad y rigor ante los desafíos.

Durante la construcción de los artefactos, los estudiantes deben resolver desafíos relacionados con conceptos STEAM (ciencias naturales, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas), en particular de electricidad, mecánica, programación, diseño y comunicaciones.

La plataforma de hardware y software

El microcontrolador Arduino UNO (Arduino, 2019), es un diseño italiano que data del año 2005, es ampliamente utilizado en el mundo y en los ambientes maker y tiene una extensa y creciente documentación en torno a proyectos, tutoriales, etc. en todo los idiomas y aplicables en una gran variedad de asignaturas.

Algunos sitios de referencia con descripción de proyectos maker son:

- Arduino Project Hub: <https://create.arduino.cc/projecthub> sitio Web con descripción de proyectos en torno a Arduino.
- Hackster.io: <https://www.hackster.io> con proyectos descritos en detalle.
- Instructables: <https://www.instructables.com/> sitio con cientos de proyectos descritos, con imágenes, código y descripciones técnicas. Es una fuente de inspiración e información. La mayoría está en inglés pero también hay proyectos en español.

Además, Arduino es de bajo costo y en torno a él se ha desarrollado toda una industria y un mercado de sensores y actuadores de bajo costo, que facilitan su incorporación en

colegios de sectores vulnerables, permitiéndoles instalar laboratorios de ciencias en que se utilizan microprocesadores, sensores y actuadores.

Si bien el ambiente de desarrollo de Arduino es gratuito, la programación no resulta simple para todos los estudiantes. Nuestra experiencia en talleres escolares, es que a algunos estudiantes, en particular a los más jóvenes, no siempre les resulta atractivo este tipo de programación, debido a la necesidad de aprender una sintáxis (en inglés) y una semántica que les dificulta el desarrollo rápido de prototipos para sus proyectos.

Esta dificultad ha sido abordada por diversos desarrolladores en el mundo y hoy hay opciones como S4A (Snap, 2019), muy similar a Scratch (Scratch, 2019) o Mblock (Mblock, 2019) y otros como Scratch 3 que cuenta con extensiones para conectar tarjetas de hardware como micro:bit (microbit, 2019) y Lego robotics kits.

Sin embargo, buscábamos una plataforma con la cual comenzar a programar de manera muy simple y poder desarrollar con ella prototipos, para luego migrar gradualmente al uso de Arduino y su ambiente de desarrollo. Además, queríamos que el software pudiese incorporar las instrucciones (bloques) más utilizados en los proyectos maker, tales como el manejo de sensores de humedad, temperatura y luz y actuadores como luces led y motores servo.

Gracias a una alianza público-privada, Costadigital y la empresa TIDE, de larga tradición en educación, unieron esfuerzos para proveer de soluciones más simples para la introducción a la programación física, centrándose TIDE en el desarrollo de software (de código abierto) y de hardware de bajo costo, y Costadigital en el control de calidad, en el desarrollo de contenidos en la forma de guías y fichas para ser utilizadas en los colegios y en la implementación de talleres en los colegios.

Como resultado de esta alianza, disponemos hoy en día de una plataforma de programación física, que permite aprender los principios de programación de manera simple, rápida y en torno a proyectos que han resultado motivadores para los estudiantes. Esta plataforma ha sido probado en talleres maker con estudiantes, durante los últimos tres años. Como resultado de estas experiencias, se ha logrado avanzar en la simplificación del hardware y del software, así como en el abaratamiento del costo del hardware (el software es gratuito).

A continuación se describen los componentes de hardware y software y luego se ofrecen algunos ejemplos de uso de ambos.

Diseño integrado del software y hardware

La experiencia de los talleres, fue entregando pautas sobre los aspectos de la programación que más complicaban a los estudiantes, así como los proyectos que resultaban más didácticos y motivantes (ambos factores importantes en el aprendizaje) para los estudiantes.

De esta experiencia fue surgiendo un diseño con un fuerte vínculo entre el software y el hardware. De este modo, la evolución del hardware y del software ha ido siguiendo las experiencias y observaciones del trabajo con estudiantes y docentes en las escuelas, logrando a la fecha una versión ajustada a los requerimientos de los talleres y de bajo costo.

Entre las características principales de esta plataforma están:

- Tarjeta programable, que es un “shield” sobre Arduino, denominado “tarjeta Mini” de modo que una vez que se han aprendido los conceptos básicos de programación física, y se desea abordar proyectos más ambiciosos que no son implementables con la tarjeta Mini, los estudiantes pueden migrar al IDE de Arduino, desconectando el shield.



Imagen de la tarjeta MINI sobre Arduino

- Programación en el lenguaje de bloques Snap. El lema es “si sabes Scratch, sabes SNAP”, ambos lenguajes son muy similares, basados en bloques y orientados a usos escolares y universitarios. Scratch especialmente, tiene una muy amplia base de usuarios y de proyectos. La versión que hemos construido, como se explica más adelante, está basada en el lenguaje Snap.

A continuación se muestra el menú de los bloques maker que se le han añadido a Snap, los que interactúan directamente con la tarjeta Mini.

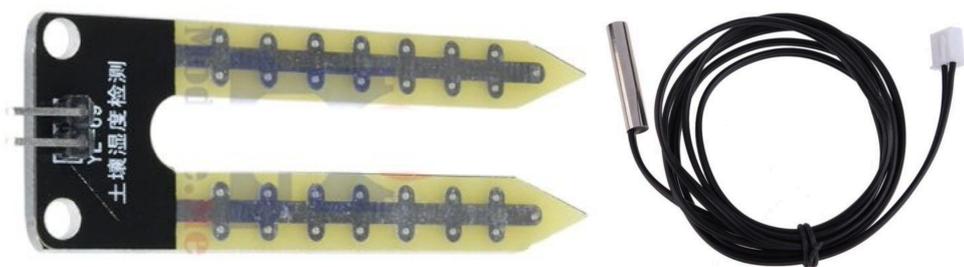


Menú maker del software, con sus bloques.

Notese el manejo directo de algunos sensores y actuadores, con bloques específicos para cada uno de ellos.

Por ejemplo, prender y apagar led, opera sobre los 4 leds integrados en la tarjeta Mini, que tienen diferentes colores.

Asimismo, hay bloques para controlar motores servo continuos y angulares. La tarjeta tiene 2 puertos para este tipo de servos. Finalmente, hay bloques para leer directamente la humedad de suelo con una sonda FC-28, y la temperatura, con una sonda NTC 10K.



Sondas de humedad de suelo y de temperatura

Entre las limitaciones de la plataforma de hardware y software está:

- La tarjeta Mini debe permanecer conectada al computador, no se descarga el software en el Arduino, por lo que los proyectos son limitados y solo se trabaja en torno a prototipos.
- Debido a que la tarjeta Mini aun se fabrica en bajos volúmenes (en partidas de máximo 100 unidades), su costo de fabricación en China, transporte e internación en Chile, es aun es relativamente alto (del orden de USD 15 en el año 2018). En la medida que se simplifique el diseño, baje el costo de componentes y se fabriquen en mayores cantidades, el costo debiera ser menor a USD 10.

También fue importante mantener el costo del hardware lo más bajo posible, debido al interés de Costadigital de trabajar en colegios y comunidades vulnerables, donde el argumento del costo muchas veces impedía la implementación de talleres maker.

Software

Afortunadamente, hoy en día el desarrollo de software puede ser una tarea colaborativa que suma esfuerzos de equipos distribuidos que trabajan en código abierto.

La versión original de Scratch – conocido software para programación gráfica que data del año 2003 - había sido desarrollada originalmente en el lenguaje de programación Smalltalk y permitía programar, de manere muy simple, el comportamiento de objetos en pantalla (inspirado en la programación de objetos del lenguaje Logo). Surge así una oportunidad para extender este concepto a la programación del objetos físicos.

Si el software de programación gráfica pudiese controlar una tarjeta electrónica como Arduino, se podría programar el funcionamiento de objetos físicos como luces, motores, bocinas o sensores de ambiente.

El equipo del laboratorio catalán Citilab (Citilab, 2019) desarrolló la primera versión de un software que permitía controlar tarjetas arduino desde Scratch: s4a. Sin embargo, este software tenía limitaciones para su desarrollo y mantención. Una nueva etapa se logró al migrar la base del software de programación desde Scratch a Snap, creando Snap4Arduino (Snap, 2019).

Snap es un software de programación visual, inspirado en Scratch, desarrollado por un equipo de la Universidad de Berkeley en 2007 en lenguaje Javascript. Javascript – el lenguaje de programación que corre en los navegadores Web – facilita su portabilidad a múltiples plataformas y permite la colaboración de una amplia comunidad de desarrolladores.

Un equipo de ingenieros chilenos de TIDE colaboró con el equipo catalán en los desarrollos iniciales de Snap4Arduino, logrando contar con una base de software que hace simple la programación de tarjetas Arduino que se encuentren conectadas al computador en el cual se ejecuta el programa.

Al combinar Snap con Arduino es posible pasar de programar las puertas (pines) de la tarjeta electrónica, de un lenguaje de comandos a un lenguaje de bloques. Sin embargo, la programación sigue relacionada con conceptos relativamente complejos de electrónica (puertas análogas, puertas digitales, etc.).

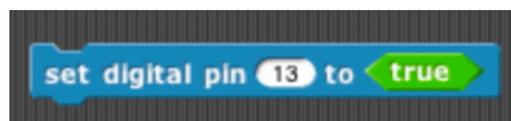
Por el lado del hardware, se había avanzado en ofrecerle a los usuarios una tarjeta electrónica que permitía abstraerse de la electrónica de base (pines, resistencias, etc.) y concentrarse en objetos como luces, motores, bocinas o sensores. Sin embargo, el software seguía funcionando a un nivel de control básico de Arduino (ejemplo: prender pin 13). Por esto, se decidió dar un paso más y construir un software derivado de Snap4Arduino que acilitase la programación de los elementos disponibles en las tarjetas makers.

Se construyó el software TIDE Blocks, que permitía programar visualmente elementos de la tarjeta Makers: por ejemplo, “prender la bocina” o “prender la luz blanca”.

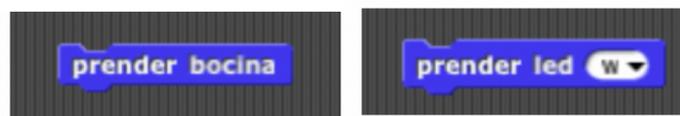
Arduino

```
digitalWrite(13, HIGH);
```

Snap4Arduino



TIDE Blocks



Comparación en las instrucciones para un mismo propósito, en distintos software

El software Snap puede alojarse en un servidor en la nube, lo cual facilita su distribución. Sin embargo, debido a restricciones de seguridad, los navegadores Web no pueden comunicarse directamente con las puertas de salida del computador que los aloja. Para controlar la tarjeta Arduino fue necesario empaquetar una aplicación Web en una aplicación de escritorio que sí tuviese acceso a las puertas del computador anfitrión y esto genera ciertos desafíos para la distribución del software.

Por último, una de las características que facilitó la construcción de Snap4Arduino (y TIDE Blocks) es también una importante limitación. Dado que el software de control se ejecuta en forma interactiva en el computador del usuario, es necesario tener una comunicación permanente con la tarjeta Arduino. Tanto la tarjeta como el computador requieren tener instalado un manejador del protocolo “firmata”, que permite enviar y recibir instrucciones en tiempo real. El programa permite enviar instrucciones a Arduino en base a acciones del usuario en el computador (p.ej. presionar un botón en la pantalla) y también los datos obtenidos del Arduino pueden ser utilizados para ejecutar acciones en el computador (p.ej. dibujar un gráfico con valores de temperatura).

Sin embargo, para muchas aplicaciones de robótica y registro de datos, la conexión permanente con el computador es una limitación. Para esto es necesario empaquetar un conjunto de instrucciones en la tarjeta Arduino para que se ejecuten en forma autónoma.

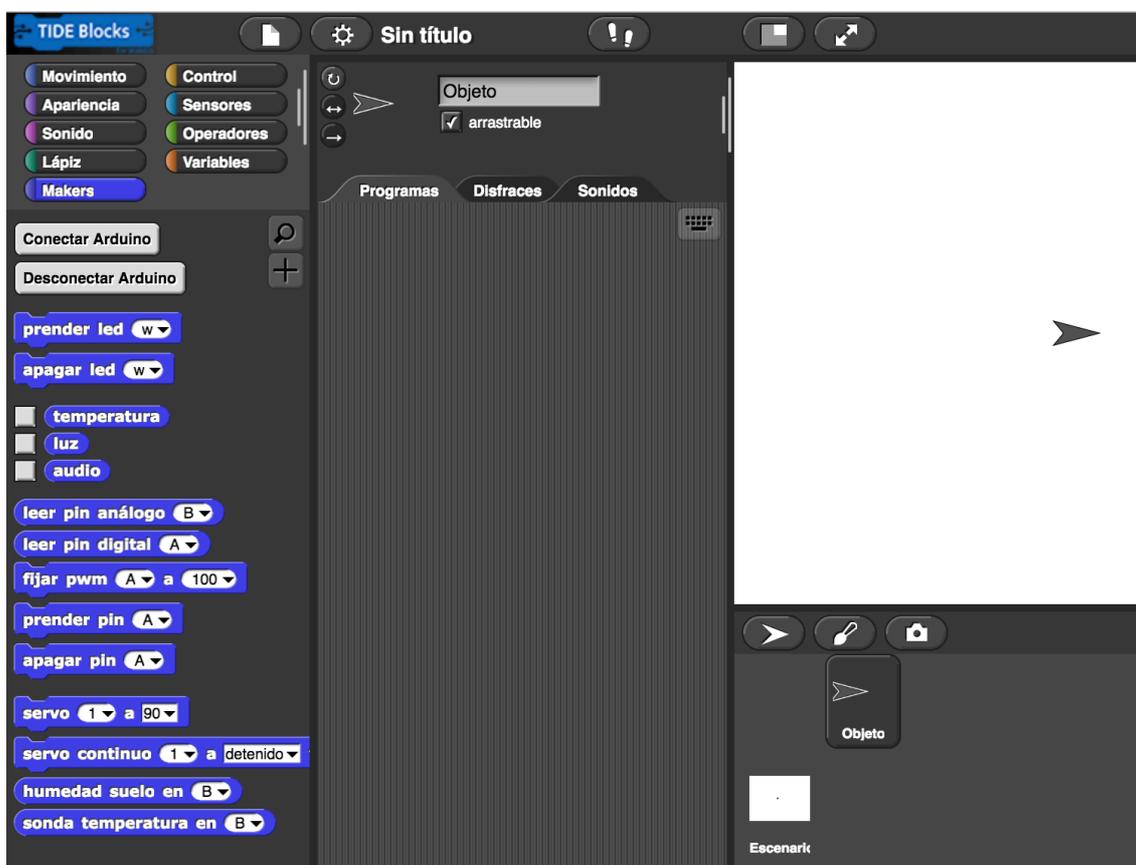


Imagen de la interfaz del software de programación TIDE Blocks

Como se puede observar, la interfaz de TIDE Blocks es idéntica a S4A (REF), solo que se le ha agregado un menú *makers* con bloques específicos para operar sobre la tarjeta MINI.

Ejemplos de algoritmos de programación física usando el software y la tarjeta

A continuación se muestran algunos ejemplos de algoritmos que utilizan los bloques del software, con los cuales se interactúa directamente con la tarjeta.

Como se observa, la estructura de los algoritmos y de los bloques es idéntica a la utilizada en los lenguajes Scratch y Snap. Por ello, si los estudiantes han tenido la oportunidad de aprender Scratch, les resulta muy fácil comenzar con la programación física.

Repeticiones:



En el caso de las repeticiones, el ejemplo muestra un algoritmo que prende y apaga un led repetidamente, 10 veces.

Puesto que la tarjeta Mini tiene 4 leds incorporados, basta indicar el color del led para actuar sobre él.

En este caso, se activó el led blanco (w = white).

Decisiones:



En este ejemplo, se ha utilizado el valor del sensor de luz, que está incorporado en la tarjeta Mini, para el operador de comparación.

Con este simple algoritmo se pueden prender y apagar leds dependiendo del valor del sensor de luz.

Notese que el bloque para operar sobre el led es igual que en el ejemplo anterior de la repetición. Solo se ha cambiado el color del led ("r" = red o rojo).

Con estos dos algoritmos, los estudiantes pueden diseñar un proyecto simple que utilice valores de sensores (de luz, temperatura o sonido), y activen luces led de colores. Proyectos típicos son alarmas, semáforos, juegos de luces que dependen del valor de los sensores, etc.

La tarjeta Mini solo tiene sensores de luz, temperatura y sonido. Si los proyectos requieren de otros sensores, se pueden agregar utilizando los 4 pines de la tarjeta: A, B, C o D. El siguiente ejemplo muestra un ejemplo de un actuador conectado al PIN "D" de la tarjeta.



Algoritmo con actuador externo conectado en el pin “D” de la tarjeta Mini.

Observese que no es necesario declarar que el Pin D es de entrada o de salida, simplemente se utiliza con el bloque correspondiente.

El siguiente algoritmo utiliza los bloques del software para manejar motores servo continuos, a los cuales se les puede definir el sentido del giro y la velocidad.



El siguiente ejemplo, implementa un prototipo de riego automático. Notese que se utiliza el bloque “humedad del suelo” que es un bloque incorporado en el menu Makers del software, puesto que se utiliza con frecuencia en los proyectos y el sensor de humedad de suelo es de muy bajo costo.

Este tipo de proyectos es popular entre los estudiantes, es muy simple de realizar usando una pequeña bomba de agua de acuario y ayuda a comprender como funcionaría un riego automático de verdad. Posteriormente, para un proyecto de riego automático real, se pueden aplicar los mismos conceptos, utilizando componentes de mayor potencia (una bomba de agua, fuente de poder, etc.).



El pin "C" tiene conectado una pequeña bomba de agua de acuario que se activa si el sensor de humedad de suelo, conectado al pin "D" es menor a 2. En caso contrario, el motor se detiene.

Este es un prototipo para determinar si el código efectivamente activa la bomba de agua ante un cierto valor de humedad.

En un proyecto más real, se deberán cambiar los valores de comparación con el sensor de humedad, el tiempo de encendido de la bomba de agua, y el tiempo de espera luego de cada operación.

En los talleres, generalmente se abordan proyectos de este tamaño y complejidad. Los estudiantes deben, además, construir la carrocería (bricolaje) que contenga al prototipo de manera segura, tener cuidado con el agua, etc. Este tipo de proyectos han sido especialmente atractivos para colegios que poseen algún invernadero o huerto escolar.

Desafíos:

Entre los principales desafíos está el de desarrollar una versión del software que pueda desconectarse del computador, para ampliar la gama de prototipos que puedan realizarse, en especial en torno a dispositivos móviles, robots y artefactos que deban dejarse funcionando en forma autónoma (ej: riego automático, estación meteorológica, etc.). Actualmente disponemos de un prototipo avanzado que aborda este desafío, el cual será liberado para el trabajo en talleres a principios del año 2020.

Conclusiones

La experiencia de Costadigital de trabajar con tecnología maker en una serie de colegios de sectores vulnerables desde el año 2016, le ha permitido adquirir experiencia en el uso de dispositivos tecnológicos para facilitar el aprendizaje de la programación física, y simplificar el proceso de construcción de artefactos tecnológicos. Los artefactos tecnológicos contienen elementos de electricidad, electrónica y bricolaje y son programados por los estudiantes utilizando hardware y software de bajo costo y de fácil aprendizaje.

Producto de esta experiencia, Costadigital ha desarrollado una alianza con la empresa TIDE para desarrollar una plataforma de hardware y software de código abierto y de muy bajo costo, que permita a los estudiantes focalizarse en sus proyectos y no requieran de un periodo de aprendizaje largo y que además, la escuela no incurra en altos costos de equipamiento. La experiencia ha mostrado que luego de 1 o 2 sesiones de taller, los estudiantes comienzan a desarrollar y programar sus propios prototipos.

La clave de la plataforma ha sido el diseño basado en la experiencia de los estudiantes durante los talleres. Así, se ha logrado una versión similar a Scratch que opera sobre una tarjeta que es un shield para el Arduino UNO, en español, con sensores y

actuadores integrados, por aprox. USD15 (el software es gratuito). Esta tarjeta permite la conexión de hasta 4 sensores externos, posee sensores de temperatura, luz y sonido, tiene 4 leds de color, 2 puertos para motores servo y una serie de módulos de conexión para otros sensores o actuadores externos. A su vez, el software tiene bloques maker para leer directamente los sensores de la tarjeta, para activar los leds y los motores servos, así como para algunos sensores externos como de humedad y temperatura, ampliamente usados en experimentos escolares.

A futuro, se seguirá simplificando el software, enriqueciendo y abaratando el hardware y, en especial, liberar una versión del software que permite desconectar la tarjeta del computador, de modo de poder utilizarla para artefactos móviles, como vehículos y robots.

Referencias

- Araucaníaprende (2019). *Fundación Educacional AraucaníAprende*. <https://www.arau-caniaprende.cl/>
- Arduino (2019). Arduino. <https://www.arduino.cc/>
- Citilab (2019). <https://www.citilab.eu/>
- Costadigital (2019). *Línea de Robótica-Maker*. Centro Costadigital, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. <https://robotica.costadigital.cl/>
- Educaraucanía (2019). Fundación Educacional Educaraucanía. <https://www.educarau-canania.com/>
- Enlaces (2019). *Enlaces, Ministerior de Educación de Chile*. <http://www.enlaces.cl/>
- Hepp, P. (2003). *Enlaces: el programa de informática educativa de la reforma educacional chilena*. Capítulo del libro *Políticas educacionales en el cambio de siglo. La reforma del sistema escolar de Chile*. Santiago, Editorial Universitaria.
- Hepp, P., Rodríguez, J. (2018) *Red de Clubes: Incorporando la cultura maker en escuelas de sectores vulnerables*. En C, Cobo; S, Cortesi; L, Brossi; S, Doccetti; A, Lombana; N, Remolina; R, Winocur; y A, Zucchetti. (Eds.) *Jóvenes, transformación digital y formas de inclusión en América Latina* (pp. 389-397). Montevideo, Uruguay: Penguin Random House. Disponible en: <https://digital.fundacionceibal.edu.uy/jspui/handle/123456789/229>
- Lee, M. (2015) *The Promise of the Maker Movement for Education*" Journal of Pre-College Engineering Education Research (J- PEER): Vol. 5: Iss. 1, Article 4. 2015. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>.
- Mblock (2019) <http://www.mblock.cc>
- Microbit (2019) <https://microbit.org/es/>
- Rosenfeld (2014) Rosenfeld, E., Sheridan, K. "*The Maker Movement in Education*". Harvard educational review, Vol. 84 No. 4 Winter 2014.
- Scratch (201). <https://scratch.mit.edu/>
- Snap (2019) *Snap for Arduino*. <http://s4a.cat/snap/>
- Tide (2019) *Empresa de Tecnología*. <https://www.makers.tide.cl/>