

# Más allá de las pantallas: experiencias en diseño y programación de objetos interactivos digitales

## Beyond screens: design and programming experiences of interactive digital objects

**Fernando Raúl Alfredo Bordignon y Alejandro Adrian Iglesias**

Laboratorio de Investigación y Formación en Nuevas Tecnologías Informáticas  
Aplicadas a la Educación, Universidad Pedagógica, Argentina.

E-mail: fernando.bordignon@unipe.edu.ar; alejandro.adrian.iglesias@gmail.com

### Resumen

El software es un elemento cada vez más presente en la vida cotidiana de las personas, tanto a nivel profesional como personal. El desarrollo de saberes y habilidades relacionadas con la resolución de problemas y su programación puede ayudar a dar una mayor libertad de acción y de pensamiento a la hora de enfrentar la cotidianeidad. Desde la Universidad Pedagógica de la Provincia de Buenos Aires realizamos tareas de investigación orientadas a indagar cómo se puede desarrollar la fluidez digital en jóvenes y docentes. En este artículo se relata una experiencia relacionada con talleres, donde se trabajaron aspectos vinculados con el diseño, desarrollo y programación de objetos interactivos digitales. En el proyecto se utilizó la plataforma abierta Arduino. A partir del trabajo realizado se observó que el recurso es pertinente y encierra riqueza, para desarrollar una propuesta educativa de introducción al pensamiento computacional.

Palabras claves: fluidez digital; aprendizaje informal; pensamiento computacional; programación; Arduino.

### Abstract

The increasing presence of software in people's life, at both professional and personal level, reveals that problem solving and programming skills can give people greater freedom of action and thought when facing everyday life. In our job at the Universidad Pedagógica of Buenos Aires Province, we develop research tasks aimed at investigating how to develop digital fluency in young people and teachers through the design, development and programming of digital interactive objects. For this project, we chose Arduino open source platform. As a result, we observed that the use of this resource is relevant and very valuable to develop an educational proposal as an introduction to computational thinking.

Key words: digital fluency; informal learning; computational thinking; programming; Arduino.

Fecha de recepción: Marzo 2016 • Aceptado: Abril 2016

BORDIGNON, F. e IGLESIA, A. (2016). Más allá de las pantallas: experiencias en diseño y programación de objetos interactivos digitales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 12 (7), pp. 49-58.

## Introducción

Las tecnologías digitales han sido las responsables de grandes cambios en la sociedad actual, logrando transformaciones profundas en los procesos y modelos productivos. En este contexto, el conocimiento y su generación han pasado a ser los motores de la economía de los países. Todos aquellos sectores que han sabido incorporar tecnologías digitales en su esquema de trabajo, en sus productos, en su administración, en su producción, o simplemente en su aparato publicitario, han sufrido una o más reformas en su modo de operar y encarar el mercado. En consecuencia no sólo se han creado nuevos tipos de empleos, empresas y servicios, sino que también se han reinventado muchos de los ya existentes.

Estos cambios, sin embargo, no quedan sometidos solamente al sector económico, sino que también han producido efectos a nivel del comportamiento humano. Hoy se está en presencia de un medio ambiente en donde la información es fácilmente accesible, por una porción importante de la población mundial<sup>1</sup>, debido al grado de diseminación y deslocalización que posee (Martín Barbero, 2003), y esto está produciendo que se resignifiquen las diversas maneras de interactuar con otros, la forma en que se construye y circula el conocimiento y la organización de las personas (Castells, 1996).

El sistema educativo se enfrenta hoy con un doble desafío. Por un lado, las formas de enseñanza y aprendizaje están cambiando, y por otro, se requieren ciudadanos con nuevos saberes, habilidades y capacidades en sintonía con los tiempos sociales que atravesamos (Aparici y Silva, 2012; Resnick, 2007). En esta situación, se complica saber con certeza cuáles serán los conocimientos requeridos para el futuro de los estudiantes. Ya que en un mundo, cada vez más interconectado y veloz, la incertidumbre es parte del día a día (Bauman, 1999) y por ende las tecnologías y metodologías de trabajo asociadas también están en constante evolución (Brynjolfsson y McAfee, 2016).

En contrapartida, están claras las aptitudes pertinentes para enfrentar este nuevo panorama. En estos tiempos se ha detectado un incremento en la demanda de personas proactivas, creativas, que practiquen el pensamiento crítico, que tengan fluidez digital (Resnick, 2007), que trabajen en equipo, que sepan comunicar y que se adapten a ambientes dinámicos. Es necesario que los procesos de formación de los ciudadanos potencien el desarrollo de tales características, impulsando la formación de personas para adaptarse a la autonomía, la flexibilidad y el aprendizaje continuo a lo largo de la vida.

Por otro lado y como es de conocimiento común, el mundo actual está configurado, desarrollado y controlado, en gran parte, por software (Andresseen, 2011). En este contexto, la realidad indica que aquellos ciudadanos que no posean una serie de conocimientos, aptitudes y saberes prácticos que les permitan moverse con cierta libertad de pensamiento y acción, posiblemente constituyen una nueva clase de “analfabetos”. La falta de dichas habilidades condiciona, por lo tanto, la lectura del mundo y hace imposible escapar a los usos guionados de las tecnologías digitales que responden a intereses ajenos a los de sus usuarios.

En este sentido es importante no solo comprender el software y manejarse sobre su superficie o interfaz, sino también poder ser capaz de crearlo y modificarlo en pos de satisfacer necesidades propias.

---

1 Internet WorldStats, <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

A esto llamamos “hackear” la interfaz, es decir ser capaz de intervenirla y adaptarla a necesidades y usos propios. Para ello no solo son necesarios los conocimientos prácticos y teóricos concernientes al desarrollo de software sino también todo un conjunto de habilidades y actitudes que predisponen al conocer, al mejorar y al compartir. Esta actitud, que se extrapola del mundo tecnológico a la vida diaria, es destacada por Himanen (2012) describiéndola como la ética hacker. En particular, el filósofo asegura que los niños ya lo son en esencia y que no hay que explicarles que es ser hacker, solamente hay que darles condiciones favorables para que desarrollen sus talentos a partir de hacerse preguntas, buscar sus respuestas y formular de allí sus propias ideas.

Profesores atentos a esta línea de pensamiento dan pistas acerca de cómo abordar el problema en cuestión. Por ejemplo Stager (2014) propone incorporar a la escuela actividades basadas en proyectos, los cuales involucran tareas de diseño y de construcción colectiva (usando principalmente tecnologías digitales), argumentando que “la cultura del hacer” disuelve las distinciones entre dominios tales como las artes, las humanidades, la ingeniería y la ciencia. Más importante aún, rompe la escisión entre la formación profesional y la académica. Desde su punto de vista, las aulas donde se desarrollan tales actividades son espacios activos en los que se hallan estudiantes comprometidos, trabajando en varios proyectos a la vez. Los maestros experimentan sin miedo nuevas prácticas, sin necesariamente ser autoridades de referencia en los temas técnicos en que trabajan, dado que atraviesan por una metamorfosis cuyo rol varía entre mentor, estudiante, colega y a la vez, experto. Al trabajar de esta forma se cumple, en gran medida, el rol docente que Papert (1996) indica en su pedagogía, donde el maestro crea las condiciones para la invención en lugar de dar información ya procesada.

### **La fluidez digital como un objetivo de desarrollo de los jóvenes**

El aprendizaje de elementos de las ciencias de la computación, desde la escolarización primaria y hasta la finalización de la escuela secundaria, es también un elemento clave para el desarrollo cognitivo en estos tiempos. Estos aprendizajes complementan los procesos de apropiación de los saberes relacionados con las tecnologías digitales y su aplicación al mundo actual. En nuestro proyecto, las acciones están orientadas, por un lado, a promover saberes y habilidades relacionadas con la resolución de problemas de cierta complejidad, y por el otro, a lograr una fluidez digital (Resnick, 2007), donde se permita a los niños y jóvenes pasar de una posición de usuarios pasivos a expresarse y ser productores con tecnología. Este pasaje implica el aprendizaje de una habilidad cognitiva conocida como pensamiento computacional (Wing, 2006), la cual tiene por objetivo el desarrollo sistémico del pensamiento crítico y la resolución de problemas con base en el uso de conceptos de las ciencias de la computación. Esta nueva habilidad se da en dos dimensiones: el vínculo entre varias formas de pensamiento (ingenieril, científico y lógico-matemático) en base a utilizar mecanismos computacionales; y a la vez, un recurso orientado al análisis y resolución de problemas complejos.

Es evidente que la baja del costo de las tecnologías digitales ha facilitado el acceso de las personas a las pantallas. Esto se ve en la práctica, dado que su tenencia o uso excede clases sociales, países y culturas. De alguna manera, esta masificación de posesión ha reducido la brecha digital de acceso, la cual está relacionada con la tenencia de pantallas. Pero aún no se ven los efectos de un uso apropiado, fluido, en pos de empoderar sus acciones y no solo de consumir servicios por caminos ya

pactados (generalmente producidos por las mismas empresas proveedoras de máquinas y software de uso masivo). La fluidez en el uso de las tecnologías digitales no tiene que ver sólo con saber usar las pantallas sino con ir más allá, es decir, saber cómo construir cosas significativas con ellas (Resnick, 2001). Por ejemplo, un espacio donde se desarrolla la fluidez digital es el que constituyen las comunidades de software libre. A partir de seguir la filosofía hacker, propuesta por Himanen (2012), se puede observar un compromiso con la utilización, creación y modificación de software con el objetivo de democratizar y expandir el acceso a herramientas y recursos digitales de todo tipo.

### **El proyecto: Más allá de las pantallas**

El proyecto más allá de las pantallas está en línea con los pensamientos de Stager y Papert aquí referenciados, siendo uno de sus objetivos principales el desarrollar la fluidez digital en niños y jóvenes. A la par se desarrollan actitudes tendientes a propiciar la creatividad, el pensamiento crítico y a construir una postura familiarizada con el aprendizaje continuo a lo largo de la vida. El gran desafío es poder ayudar a la formación de ciudadanos autores, que tengan la posibilidad de abandonar su papel de consumidores de servicios y tecnologías.

Para lograrlo se propone tomar prácticas propias de espacios de aprendizajes informales, fuertemente influenciados por la cultura maker, y resignificarlas en espacios más tradicionales, en donde las prácticas educativas las concilien y permitan ser catalizadoras de intereses personales y colectivos. Sin caer en la tentación de desarrollar recetas, lo que pretende este proyecto es poner en acción las teorías y las buenas prácticas desde donde toman sustento, contextualizándolas al sistema educativo de la Argentina. Como objetivo final, se pretende a través de las experiencias, elaborar herramientas, materiales, ideas, talleres y toda suerte de artefactos necesarios para poder apoyar a docentes y estudiantes en el desafío de desarrollar la fluidez digital como forma de expresión y empoderamiento ciudadano.

En particular, la enseñanza y el aprendizaje de conceptos y habilidades relacionados con la programación, el diseño de artefactos interactivos digitales y la fabricación digital, son algunos de los grandes pilares que son necesarios para dar libertad a los ciudadanos en el uso de tecnologías. Estos saberes permiten que las personas usen las tecnologías digitales para crear, y a la vez, habilitan una nueva forma de ver, interpretar y participar en el mundo.

### **Experiencia: Usos Creativos de la Tecnología Digital**

Esta primera experiencia desarrollada dentro del proyecto de trabajo consistió en un conjunto de actividades que se diseñaron en función de construir conocimiento acerca de cómo los jóvenes exploran, se apropian y crean artefactos digitales interactivos con recursos digitales programables. Para el desarrollo del espacio de aprendizaje se decidió utilizar computadoras Arduino, dado que son elementos didácticos de alta flexibilidad, que permiten múltiples usos en gran variedad de proyectos (en arte, medio ambiente, robótica, fabricación digital, música, etc.). Entre sus características principales (relacionadas con la aplicación en ambientes educativos) se cuentan: son hardware libre, son económicas, son estables, existe una oferta amplia de componentes electrónicos para incluir en proyectos, son seguras y permiten que los estudiantes tengan experiencias completas y significativas

en relación con el hardware y el software. En particular, esto último se da gracias a que el aprendizaje está en una relación mucho más estrecha con ambos elementos a diferencia de lo que sucede en los equipos tradicionales (comercializados en gabinetes cerrados). El poder configurar el hardware de un objeto digital, y luego programarlo, constituye una experiencia mucho más amplia y enriquecedora.

Además puesto en contexto, las computadoras Arduino poseen interfaces de programación sencillas que se sustentan en la filosofía de software y hardware libre, relacionándose de manera perfecta con los colectivos maker, espacios FabLab<sup>2</sup> (laboratorios de fabricación digital) y con las comunidades en línea DIY (Do It Yourself<sup>3</sup>), que promueven las actividades de tipo hágalo usted mismo. Estas características facilitan la conexión entre el objeto trabajado y los entornos informales de aprendizaje.

El profesor David Cuartielles, uno de los creadores de la plataforma Arduino, visualiza su gran potencial a partir de verla como impulsora del desarrollo tecnológico, dado que se configura como el elemento habilitador de una nueva generación de inventores, diseñadores, creadores, capaces de dar soluciones a problemas usando tecnologías digitales que mezclan diseños propios de hardware y software. Específicamente, Cuartielles (2014) indica que

La clave es que cualquier persona lo puede conseguir, lo puede utilizar, lo puede programar de manera normal y corriente y puede crear objetos que funcionan en muy poco tiempo. El potencial es muy grande y es la capacidad de la gente para poder construir en un tiempo mínimo.

El objetivo a cumplir para este proyecto de carácter exploratorio, fue lograr que jóvenes y docentes, puedan ser capaces de crear objetos interactivos programables utilizando la plataforma Arduino. Ésta capacidad sin embargo, no fue desarrollada a través de un taller convencional, sino por medio de una experiencia más orgánica, guiada por experimentos, motivaciones personales y con abundantes espacios de diálogos entre los participantes. Para poder construir los artefactos digitales fue necesario que los participantes aprendan conceptos de diversa índole: electrónica, programación y la plataforma Arduino en sí misma. Salvo casos particulares, estos conocimientos se encontraban ausentes o poco desarrollados en los participantes.

El espacio en concreto se desarrolló en la ciudad de Lobos, en la Escuela de Educación Secundaria Técnica Número 1, entre los meses de marzo y octubre de 2015. En el mismo participaron dieciocho profesores y más de cuarenta estudiantes. Hubo docentes que provenían de otras escuelas secundarias (no necesariamente técnicas) y de varias disciplinas (taller, química, física, matemática, computación, entre las principales). Los estudiantes, que en general asistían al segundo ciclo de la escuela secundaria, realizaron una serie de proyectos guiados por un material propio (Bordignon e Iglesias, 2015) en calidad de recurso que invitaba a la exploración de la placa Arduino y sus posibilidades. Éste fue diseñado bajo los criterios de introducir simultáneamente los conceptos relacionados a los tres ejes principales de la experiencia (placas Arduino, programación y electrónica básica) bajo un enfoque práctico que a la vez invita a la reflexión. Se ofrecieron seis proyectos experimentales, los cuales ampliaron el abanico de herramientas de los participantes de forma incremental, haciendo hincapié

2 Por ejemplo el espacio Fab-Lab Barcelona, <http://fablabbcn.org/>

3 Por ejemplo la comunidad Instructables, <http://www.instructables.com>

en la experimentación, y a la vez, en el planteo de preguntas relacionadas con un entendimiento más profundo de los conceptos en los cuales se apoyaban.

Más allá de la utilización del material didáctico y el recurso físico provisto a los participantes por la Universidad Pedagógica de Buenos Aires (kits de computadoras Arduino), éstos debieron llevar a cabo proyectos propios que surgieron de sus motivaciones e intereses. Así, en este contexto desarrollaron: autos robotizados controlados desde un celular, una maqueta de un sistema de alerta y control de gases tóxicos para aplicar al sector fundición de su colegio, la conversión de un torno y una fresa a tecnología de control numérico (manejada por la placa Arduino y sus netbooks del Programa Conectar Igualdad<sup>4</sup>), un prototipo a escala de un camión de bomberos robotizado, un modelo de automatización de un sistema de estacionamiento, entre otros proyectos. Los lugares y los momentos en que se realizaron dichas prácticas escaparon a los espacios curriculares y a las horas escolares, y el rol docente de sus profesores tomó la forma de mentor en cada caso.

Los equipos trabajaron colaborativamente en un ambiente donde el aprendizaje estuvo en función del desarrollo social, del fortalecimiento de saberes y habilidades y de la consolidación de la autoconfianza. El docente, en su función de mentor, fue guía y a la vez motivador en estas experiencias.

Durante el trabajo con los docentes se realizaron una serie de charlas que estuvieron en función de formar comunicación dentro del grupo, fomentar el trabajo colaborativo, presentar los materiales y tratar de esclarecer algunas dudas. Sin embargo, gran parte del trabajo se realizó de forma autónoma utilizando recursos alternativos encontrados en la red como complemento del material guía. Cada uno de los participantes tuvo que adecuar sus tiempos, intereses, realidades escolares y personales para lograr trabajar dichos contenidos, por lo que el estilo de aprendizaje, el tiempo disponible y las motivaciones propias fueron las verdaderas conductoras del proceso de aprendizaje. Los cinco encuentros presenciales que sucedieron durante el proyecto funcionaron como un espacio de apoyo entre pares donde se compartía lo descubierto y también las dudas.

Del mismo modo, el trabajo con estudiantes fue llevado a cabo por cada uno de los docentes en forma diferente. En algunos casos, sucedió en simultáneo mientras el profesor experimentaba con la plataforma, por lo que no existía en ellos una madurez completa en los contenidos trabajados. De esta manera, la experiencia fue puesta en práctica con los alumnos que encontraron, en docentes y en sus pares, un grupo de apoyo para su formación y la concreción de sus proyectos colaborativos.

La programación, en particular, fue vista por los participantes como una habilidad necesaria para llevar a cabo los proyectos y no como un fin de aprendizaje en sí mismo. El foco de las experiencias estuvo puesto en llevar a cabo los proyectos y realizar exploraciones sobre la placa Arduino. La forma de trabajo, en general, fue de una aproximación lenta a través de sketches (programas escritos en lenguaje Arduino) básicos que se fueron modificando y adaptando para cumplir con los objetivos del

---

4 Conectar Igualdad es un programa creado en abril de 2010 con el objetivo de entregar una netbook a cada estudiante y docente de las escuelas públicas secundarias, de educación especial y de los Institutos de Formación Docente. Además, en una segunda línea, tiene por objetivo capacitar en el uso de la herramientas y elaborar propuestas educativas que favorezcan su incorporación en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Al mes de mayo del 2016 cuentan con un total aproximado de 5 millones de netbooks entregadas. <http://www.conectarigualdad.gob.ar/>

alumno. De esta manera, un mayor entendimiento en el funcionamiento de estos programas así como la lógica que subyace en ellos, les permitía mayores posibilidades de personalización.

La enseñanza de los conceptos de programación se dio por lo tanto a través del material guía, el cual promovió la exploración realizada sobre la plataforma y los desafíos impuestos en cada proyecto. La posibilidad de escribir programas que determinen el comportamiento (o que detecten eventos) del mundo físico como primera experiencia de programación resultó atractiva para los jóvenes y adultos puesto que, el software creado, escapaba de alguna manera de sus pantallas personales hacia el mundo real.

El hecho de poder manipular el hardware conjuntamente con el software permite un abordaje distinto a la hora de entender cómo funciona una computadora, el concepto mismo de tal y de cómo programarla. El concepto de hardware y su diferencia con el software ha resultado fácil de trabajar a partir de ésta plataforma dado que, sin un sketch cargado, la placa Arduino no hace absolutamente nada. Por lo tanto, el software es interpretado como el elemento que le da vida al equipo físico, marcando una línea clara de diferenciación entre hardware y software. Del mismo modo, cada uno de los input y output que tiene el sistema deben ser diseñados por el usuario, tanto en su configuración particular de hardware, como en el software que lo acompaña. Esta situación permite tomar más conciencia del funcionamiento de una computadora en su forma básica.

En cuanto a las estructuras condicionales, son utilizadas naturalmente para que el sistema ejecute acciones a partir de los sensores que posee el artefacto. De esta forma, se trabaja fácilmente el concepto y la utilidad de esta estructura de control de flujo. Los operadores binarios (AND y OR y NOT), son también utilizados para combinar el input de diversos sensores y producir acciones más “inteligentes” por parte del artefacto. Un ejemplo de este caso, es el que se da al combinar la lectura de un sensor de nivel de luz y un sensor de “crash” o tope, donde un hipotético robot solo avanza cuando hay luz, y (AND) no haya llegado a un tope u obstáculo.

Por otro lado, los sketches en Arduino están formados por dos cuerpos principales, una función setup, que es ejecutada una sola vez al inicio del programa y una función loop, que corre todo el tiempo. A partir de allí, se trata por un lado el concepto de función y por el otro, el de estructura repetitiva. En el inicio del programa también se realiza la importación de bibliotecas o código ajeno, algo con lo que se deben familiarizar los participantes debido a que se utilizan para, por ejemplo, controlar pantallas LCD, servos, o sensores ultrasónicos. Es interesante, en consecuencia, plantear al software como algo construido también de manera colaborativa y ver cómo se expande gracias al trabajo de otras personas.

Estos conocimientos sobre programación, no obstante, no deben interpretarse como acabados o profundos ya que fueron meramente introductorios al tema, brindando las herramientas básicas para desenvolverse en la creación de programas sencillos. Sin embargo, las habilidades obtenidas durante el trabajo con la plataforma Arduino, han sido suficientes para escapar a los ejercicios clásicos de programación -donde la resolución de éstos, en general, implican respuestas únicas o acotadas y la creación de los programas no tienen otra utilidad más allá de la de responder al enunciado- y el resultado de sus proyectos fue en muchos casos artefactos útiles y con significado propio. Entre

los dispositivos digitales creados se pueden encontrar ejemplos como el del vehículo controlado remotamente por un celular, donde se utilizó no solo el lenguaje Arduino, sino también un software del Instituto Tecnológico de Massachusetts (App Inventor) para crear la interfaz y el programa que se ejecutaba en el smartphone, y por otro lado un módulo de comunicación bluetooth; otro fue el caso de la automatización del estacionamiento donde un alumno, con conocimientos previos, fue capaz de conectar el Arduino vía un protocolo de comunicación propio con un servidor web.

La enseñanza de la programación, durante esta experiencia funcionó de modo inverso al enfoque tradicional, es decir, los problemas se presentaron antes que la solución y en virtud de completar los proyectos es que se investigó, indagó, experimentó y aprendió.

En el encuentro final de la experiencia, con la participación de alumnos y docentes, se realizaron exposiciones y puestas en común, donde se mostraron con orgullo los proyectos construidos y, más importante aún, los planes a futuro de seguir trabajando con objetos digitales interactivos. Los docentes de variadas disciplinas como matemática, biología, física, química, programación entre otras, no sólo vieron a Arduino como un tema interesante para trabajar con los alumnos por sus variadas aplicaciones sino que también lo consideraron como una herramienta importante a la hora de evaluar la construcción de sus propias herramientas didácticas.

Del análisis de los registros de las distintas sesiones de trabajo (entrevistas personales, reuniones grupales y participaciones en grupos de discusión virtuales) llevadas a cabo con los profesores, y luego de las presentaciones finales de proyectos, donde los estudiantes mostraron sus producciones realizadas con el apoyo de sus profesores, se pudieron observar dos elementos principales relacionados con los aprendizajes logrados. Primero, que tanto estudiantes como profesores pudieron aprender juntos sobre temas relacionados con el diseño, desarrollo y programación de objetos digitales interactivos con Arduino. Segundo, los estudiantes pudieron desplegar de manera apropiada una capacidad de crear con tecnología digital tangible. Esto se pudo comprobar a partir de que los mismos pudieron avanzar mucho más allá de lo que planteaba el material didáctico de apoyo, en el diseño, desarrollo y prueba de objetos digitales, llegando a presentar maquetas y prototipos operativos que dieron cuenta de lo anterior.

### **Consideraciones finales**

A partir de la experiencia con profesores y el trabajo con los estudiantes, destacamos distintas consideraciones que tienen que ver: por un lado con la adopción de la tecnología, por otro con el aprendizaje de la programación, y finalmente con la experiencia de enseñanza y aprendizaje no tradicional llevada a cabo. En particular:

- Se ha podido comprobar que la introducción de Arduino a la escuela secundaria, a través de talleres basados en proyectos, ha sido satisfactoria en término de que los alumnos fueron capaces de diseñar y concretar proyectos propios sin necesidad previa de que los mismos ni los profesores tuviesen conocimientos de programación estructurada ni de la tecnología Arduino en particular.
- Presentar esta tecnología fuera de un espacio formal estructurado (sin formato de clase o taller guiado) con objetivos exploratorios, dió por resultado que estudiantes y docentes, tuvieron la

libertad para experimentar con la tecnología a su manera. Arduino además, al ser presentado como un desafío, permitió desarrollar un sentimiento de propiedad sobre el dominio y los conocimientos adquiridos.

- En cuanto a la experiencia puesta en práctica con los alumnos, los docentes que trabajaron con un grupo reducido y voluntario de estudiantes, manifestaron que ésta manera de proceder creó cierta “mística” sobre el grupo y sus integrantes, que se divulgó por los pasillos escolares de manera informal. Esto despertó interés en los proyectos desarrollados y, a partir de allí, alumnos de diferentes cursos se sumaron a las experiencias. Este tipo de casos fueron comentados en más de una ocasión en las reuniones realizadas entre nuestro equipo y los docentes.
- Utilizar el desarrollo de objetos interactivos digitales demostró ser un enfoque válido para trabajar los conceptos de programación. A partir de la necesidad de personalizar y crear nuevos proyectos, aprender a programar fue una necesidad natural que surgió de dicha actividad. Esto se resolvió en parte a través de la modificación de códigos pre armados, consultas directas, investigación autónoma en internet y puestas en común. Si bien no se logró un conocimiento profundo de programación, sí se desarrollaron las ideas básicas y, más importante aún, se despertó el interés y la motivación por aprender más.
- Consideramos la experiencia como innovadora dado que no todo el trabajo de programación quedó circunscrito en la pantalla del dispositivo, como sucede en la mayoría de los casos. La misma se pudo realizar más allá de las pantallas sobre objetos interactivos digitales que los participantes diseñaron y construyeron, haciendo menos abstracto el planteo de problemas de programación a resolver. El aprendizaje de conceptos de programación no fue el eje central del proyecto, sino una dimensión más a trabajar.
- Estudiantes y docentes trabajaron de manera conjunta, ya que los profesores no tenían conocimientos formales, en la mayoría de los casos, sobre programación o la plataforma Arduino. De esta manera el docente adoptó otros roles, siendo mentor y guía de las exploraciones e investigaciones y ayudando a dar sentido a mucho de lo descubierto por los alumnos. El intercambio producido además, permitió más líneas de comunicación y el proceso de enseñanza aprendizaje se dio también entre pares, y a la vez entre alumnos y docente, afianzado más los vínculos y el sentimiento de pertenencia a un grupo. Esto último se ha podido observar por el compromiso y el interés que demostraron los alumnos, al utilizar sus tiempos libres (ajenos a los horarios escolares) para realizar reuniones de trabajo sobre sus proyectos, donde llevaban y compartían las exploraciones individuales. Los resultados de éstas investigaciones particulares se exponían al docente en busca de apoyo emocional al resolver un problema práctico que había intrigado a ambas partes. Además la presencia voluntaria y espontánea de los alumnos en las últimas reuniones demostraron el compromiso hacia el docente y el proyecto emprendido.

El poder trabajar sobre una computadora simple como Arduino, diseñando objetos interactivos digitales, permite a los jóvenes entender de una manera más integral el concepto de hardware y software. No como categorías informáticas separadas, sino como dimensiones convergentes propias de un mismo fenómeno. En lo pedagógico estamos convencidos que esta presentación es novedosa en el contexto de la educación secundaria y que constituye a la vez un camino posible hacia el desarrollo del pensamiento computacional.

Consideramos que los resultados favorables del proyecto se dieron no en la complejidad de las actividades desarrolladas, sino en la adopción de la tecnología Arduino como herramienta de creación y expresión, la cual es un elemento que ayuda a promover la fluidez digital. Muchos de los proyectos trabajados surgieron de curiosidades o intereses colectivos y, en ningún caso, nos encontramos con proyectos repetidos. El interés desarrollado en seguir trabajando, tanto por parte de docentes y alumnos, demuestra también que estuvieron a la altura del desafío presentado y que quedó motivación suficiente para continuar con las exploraciones.

### Referencias bibliográficas

- APARICI, R. y SILVA, M. (2012). Pedagogía de la interactividad. *Comunicar*, 38, pp. 51-58.
- ANDRESSEEN, M. (2011) Why Software is eating the world. *The Wall Street Journal*. En línea: <http://www.wsj.com/articles/SB10001424053111903480904576512250915629460> [05-05-2016]
- ARDUINO (2013). *What is Arduino?*. En línea <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> [07-03-2016]
- BAUMAN, Z. (1999). *Modernidad líquida*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- BORDIGNON, F. e IGLESIAS, A. (2015). *Diseño y construcción de objetos interactivos digitales. Experimentos con la plataforma Arduino*. Buenos Aires: UNIPE: Editorial Universitaria.
- BRYNJOLFSSON, E. y MCAFEE, A. (2016). *La segunda era de las máquinas*. Buenos Aires: Temas Grupo Editorial.
- CASTELLS, M. (1996). *La era de la información: economía, sociedad y cultura* (Vol. 1). México: Siglo XXI.
- CUARTIELLES, D. (2014). *Arduino: el corazón libre del mundo hiperconectado*. En línea: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2014/07/02/arduino-corazon-libre-mundo-hiperconectado> [20-14-2016]
- HIMANEN, P. (2002). *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*. Barcelona: Destino.
- MARTÍN-BARBERO, J. (2003). Saberes hoy: dimensiones, competencias y transversalidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, pp. 17-34.
- PAPERT, S. (1996). *The connected family: Bridging the digital generation gap*. Atlanta: Longstreet.
- RESNICK, M. (2007). Sowing the Seeds for a More Creative Society. *Learning and Leading with Technology*, (december/January), pp. 18-22.
- RESNICK, M. (2001). Closing the fluency gap. *Communications of the ACM*, 44 (3), pp. 144-145.
- STAGER, G. (2014). *What's the maker movement and why should I care?*. En línea: <http://www.scholastic.com/browse/article.jsp?id=3758336> [13-02-2016]
- WING, J. (2006). Computational thinking. *Communications of ACM*, 49 (3).

### Agradecimientos

A los profesores de la Universidad Pedagógica de la Provincia de Buenos Aires Oscar Trinidad y Víctor Furci, quienes formaron parte del proyecto desde la organización y el dictado de talleres.

A los profesores y estudiantes que participaron de la experiencia confiando en la Universidad, invirtiendo su tiempo libre y energía de trabajo en pos de una construcción compartida de conocimientos.