

USANDO UNA TARJETA BBC micro:bit EN UN CURSO INTRODUCTORIO DE INGENIERÍA

Mario Medina, Universidad de Concepción, mariomedina@udec.cl

RESUMEN

Este trabajo describe las experiencias asociadas al uso de la tarjeta BBC micro:bit en un curso de Introducción a la Ingeniería Electrónica, para entregar a los estudiantes de primer año un primer acercamiento a la programación y a la electrónica. La BBC micro:bit es un sistema embebido programable de 4x5 cm, del tamaño de media tarjeta de crédito, creada por la BBC para ser usada en educación informática básica. Se escogió esta tarjeta por su versatilidad, robustez, bajo costo (aprox. USD\$30), capacidades de procesamiento de señales y por su facilidad de uso, inventario y mantención. Esta tarjeta es programable tanto en lenguajes gráficos de bloques (Microsoft MakeCode y Scratch) como en el lenguaje microPython. La tarjeta escogida tiene varias ventajas por sobre las tarjetas Arduino Uno, que se discuten en detalle. Esta tarjeta ha sido usada ya en dos iteraciones del curso de Introducción a la Ingeniería Electrónica, con una buena evaluación por parte de los estudiantes y del cuerpo docente. Opiniones recabadas mediante encuestas docentes de salida muestran una mayor motivación e interés por la carrera en los estudiantes, quienes además destacan los proyectos de programación y electrónica que utilizan estas tarjetas micro:bit como las actividades más motivadoras y entretenidas del curso, siendo para muchos de ellos el primer acercamiento al quehacer de la carrera.

PALABRAS CLAVES: microbit, sistemas embebidos, introducción a la ingeniería electrónica.

INTRODUCCIÓN

Hasta el año 2020, las carreras de ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción seguían un modelo tradicional de 6 años de duración, donde los planes de estudio estaban divididos en 3 ciclos de dos años. El primer ciclo buscaba dar a los estudiantes bases sólidas en matemáticas y ciencias: como ejemplo, la malla curricular del primer año incluía sólo cursos de álgebra, cálculo, física y química. El segundo ciclo buscaba formar a los estudiantes en su disciplina a través de secuencias de cursos obligatorios en áreas propias de la especialidad. En el tercer ciclo los estudiantes elegían sus cursos electivos tanto para profundizar sus conocimientos técnicos como para ampliar sus horizontes profesionales. El último semestre de este plan estaba dedicado por completo a la realización de la memoria de título.

A fines de la década pasada, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción decidió realizar una reforma curricular de todos sus planes de estudio para acortar la duración formal de sus carreras de 12 semestres a 11 semestres. Con el fin de conocer las fortalezas y debilidades de los planes existentes, se realizaron encuestas a estudiantes y grupos focales por carreras y por cohortes. Entre otros resultados, se determinó que el rigor de los cursos del ciclo básico tenía un efecto negativo sobre la motivación y entusiasmo de los estudiantes. Dichos cursos eran dictados por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, y seguían un enfoque curricular más orientado a las ciencias que a la ingeniería. Otro resultado de interés es que los estudiantes sentían que no conocían a los profesores, dependencias y quehaceres de sus carreras hasta el segundo ciclo, ni tampoco sus ámbitos de desempeño o su futuro rol en la sociedad hasta el tercer ciclo. Ambos factores influyen en que algunos programas de ingeniería civil tienen una alta tasa de deserción en los primeros años: en promedio, uno de cada cuatro estudiantes de ingeniería de primer año en Chile abandona sus estudios (SIES, 2023).



Para motivar a los estudiantes de primer año e interesarlos en su carrera, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción diseñó cursos de introducción a cada carrera basados en el estándar 4 del modelo CDIO (Crowley *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2012), cuyos objetivos son presentar a los estudiantes el quehacer de sus carreras y estimular su interés por sus respectivos campos de estudio. Este curso también está orientado al desarrollo de aquellas habilidades y actitudes personales e interpersonales necesarias para el desarrollo académico y profesional de los estudiantes. En el caso de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica, este curso introductorio ha tenido diferentes versiones desde el año 2015 a la fecha, ofreciéndose inicialmente como un curso complementario de primer año para obtener créditos adicionales, y ha sido usado como un curso piloto para probar y medir el impacto de diferentes actividades en la motivación e interés de los estudiantes de primer año por su carrera en un proceso de mejora continua. El proceso de diseño y la evolución de este curso introductorio se describen en detalle en (Medina, 2023).

Hoy en día, el curso de Introducción a la Ingeniería Electrónica es una asignatura obligatoria de un semestre de duración dividido en aproximadamente tres partes. El curso comienza con una sección de inducción a la vida universitaria de seis semanas, que incluye una serie de charlas para presentar la universidad y sus servicios, el plan de estudios de la carrera y el rol del ingeniero electrónico en la industria y la sociedad. Además, se incluyen presentaciones obligatorias de la Unidad de Inclusión y de la Dirección de Equidad de Género y Diversidad Sexual.

La segunda parte del curso tiene como objetivo brindar a los estudiantes una muestra del trabajo práctico de laboratorio que experimentarán en años posteriores. Estas sesiones de laboratorio se intercalan con presentaciones de ingenieros electrónicos junior y senior en ejercicio, muchos de ellos exalumnos de la carrera, que hablan sobre sus primeros trabajos y su trabajo actual. El objetivo de este artículo es describir la solución tecnológica escogida para el diseño de estas experiencias de laboratorio.

Por último, las últimas semanas del curso están reservadas para presentaciones de pósteres de los estudiantes sobre el campo de la ingeniería electrónica, y para charlas y presentaciones de profesores, exalumnos y profesionales de la ingeniería destinadas a dar a los estudiantes elementos de reflexión sobre los desafíos de esta especialidad. Además, en esta fase se invita a estudiantes de cursos superiores a que presenten a los estudiantes de primer año las actividades que han realizado en sus pasantías y prácticas profesionales, para así motivarlos y despertar su interés por la ingeniería electrónica. Finalmente, quisiera destacar que el curso ha incorporado las lecciones aprendidas durante la pandemia al coordinar presentaciones y entrevistas asincrónicas a profesionales y exalumnos en sus lugares de trabajo vía videoconferencias, y mediante la creación de un banco de videos en la nube para consultas por parte de los estudiantes.

Las opiniones recogidas de los estudiantes mediante encuestas de salida han sido alentadoras y el nuevo diseño de este curso ha sido bien recibido por los estudiantes. Nuestros estudiantes de primer año han apreciado el enfoque de las presentaciones, ya sea en persona o por video, de ingenieros en ejercicio y exalumnos que hablan sobre su historial laboral.

Como se menciona en (Medina, 2023), diferentes iteraciones de este curso han utilizado diversas plataformas para las experiencias de laboratorio. En los años 2020 a 2022, las condiciones de trabajo remoto de la pandemia forzaron el uso de plataformas en línea para cumplir con los objetivos del curso, y las experiencias de laboratorio se enfocaron en el desarrollo de aplicaciones para Android, usando plataformas tales como AppInventor (<https://appinventor.mit.edu/>) y Kodular (<https://www.kodular.io/>). A partir del año 2023, con el regreso a las actividades presenciales, se

optó por orientar los laboratorios más hacia la electrónica que hacia la programación. Para ello, se estudiaron las placas y microcontroladores más utilizados en educación, buscando una alternativa robusta, de fácil uso y de bajo costo. Finalmente, se decidió por la tarjeta BBC micro:bit, que se describe a continuación.

LA TARJETA BBC micro:bit

La BBC micro:bit es un sistema embebido programable de 4x5 cm, del tamaño de media tarjeta de crédito, creada por la BBC para ser usada en educación informática básica. Esta placa fue diseñada para ser versátil, robusta y de bajo costo. El Gobierno del Reino Unido planeó distribuir un millón de estas placas a partir de 2015 entre los estudiantes de 7mo. Básico (11 y 12 años) en el Reino Unido. Desde su aparición, se estima que más de 45 millones de estudiantes de educación básica y media han usado este sistema para familiarizarse con la programación y la electrónica (Mardian & Azzahra, 2024; Donat, 2017; Halfacre, 2017).

La primera versión de esta tarjeta incluye un microcontrolador Nordic nRF51822 operando a 16 ó 32 MHz, que a su vez contiene un núcleo ARM Cortex-M0 de 32 bits con 256 KiB de memoria flash, 16KiB de RAM estática y un controlador Bluetooth 4.0 de 2.4 GHz. Incluye además un acelerómetro de 3 ejes, un magnetómetro de 3 ejes, un sensor de temperatura, dos botones pulsadores y un botón de reinicio. Utiliza como medio principal de despliegue de datos una matriz LED de 5x5. Si bien internamente utiliza 3.3 V, puede ser alimentada con 5V a través de un conector microUSB o mediante un conector para baterías AAA. Las capacidades de entrada y salida principales son cinco pines que aceptan conectores tipo caimán o de banana de 4 milímetros. Sin embargo, también provee un conector de borde de 25 pines para acceder a otras señales tales como salidas PWM, entradas análogas, entradas/salidas digitales, entradas/salidas seriales, buses SPI e I²C.

La placa micro:bit v2, introducida en 2020, actualiza el microcontrolador usado a un Nordic nRF52833, que a su vez incluye un núcleo ARM Cortex-M4 de 32 bits operando a 64 MHz con 512 KiB de memoria flash, 128KiB de RAM estática y un controlador Bluetooth 5.1 con BLE. A las capacidades de la placa v1 agregan un micrófono MEMS y un altavoz, y un sensor de tacto. La figura 1 muestra esta placa.

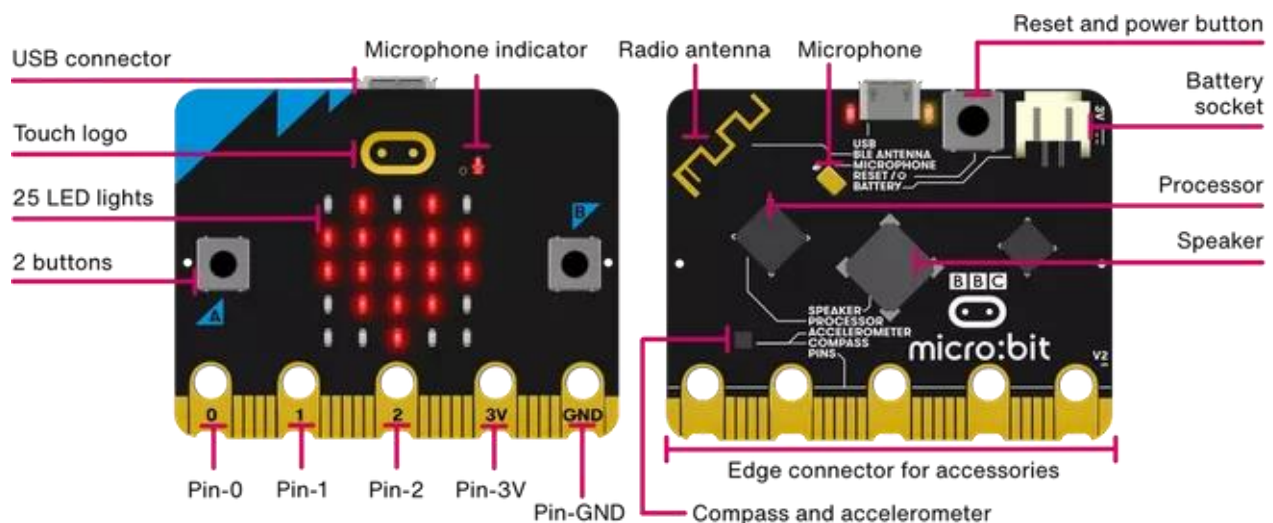


Figura 1: la placa Micro:bit v2 (Micro:bit Educational Foundation)

La placa micro:bit admite diversos lenguajes de programación. El lenguaje básico promovido por la micro:bit Educational Foundation es un lenguaje gráfico de bloques llamado Microsoft MakeCode (Seneviratne, 2018; Seneviratne, 2020), que permite el desarrollo de aplicaciones mediante la interconexión de bloques en una interfaz en línea (<https://makecode.microbit.org>). La figura 2 muestra un programa de ejemplo escrito en dicho lenguaje. Esta plataforma no es más que una interfaz gráfica y amigable sobre un *backend* programable en JavaScript. Además, es posible programar esta tarjeta BBC micro:bit usando el lenguaje gráfico de bloques Scratch (<https://scratch.mit.edu/microbit>) y MicroPython (<https://www.micropython.org>). Para nuestro plan de estudios es de particular interés familiarizar en forma temprana a los estudiantes con este último lenguaje, ya que la Facultad de Ingeniería ha escogido el lenguaje de programación Python como el lenguaje de programación básico para todas las carreras de Ingeniería. Finalmente, recientemente se han desarrollado compiladores cruzados que permiten programar estas tarjetas en lenguajes tan diversos como C/C++, Forth, Ada, Simulink, Rust, Lisp y Swift (Fairhead, 2021; Meitiner & Seneviratne, 2020; Radovici & Culic, 2022; Tan, 2023).

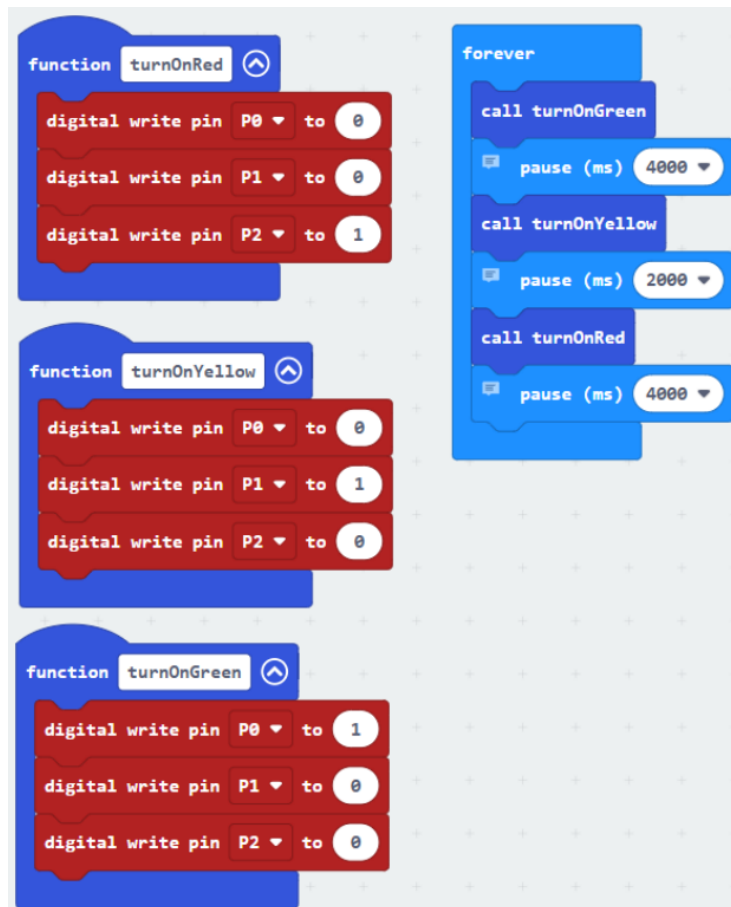


Figura 2: Ejemplo de programa en lenguaje gráfico Microsoft MakeCode

Recientemente, diversos artículos han corroborado el impacto positivo del uso de este sistema embebido para la educación STEM en los niveles de educación primaria, secundaria y en los profesores (Brandhofer, 2021; Kvaššayová *et al.*, 2022; Mardian & Azzahra, 2024). Estos trabajos han encontrado que las experiencias de aprendizaje usando micro:bit pueden mejorar las habilidades, actitudes y motivación en dichos grupos de estudiantes. Al mismo tiempo, otros estudios han mostrado que las diferentes capacidades y lenguajes de programación a usar

permiten el diseño de experiencias para motivar estudiantes con diferentes grados de familiaridad con la programación y los sistemas electrónicos (Krnaáč *et al*, 2020).

APLICANDO LA TARJETA BBC micro:bit EN UN CURSO INTRODUCTORIO

Como se mencionó anteriormente, después de un estudio comparativo de las capacidades, costos y facilidad de uso y mantención de las tarjetas educativas basadas en microcontroladores disponibles en el mercado, se escogió adquirir 40 kits micro:bit básicos, que incluyen una tarjeta micro:bit, una funda protectora, un portapilas y un cable de conexión microUSB, a un costo aproximado de USD\$33 cada uno. Dichos kits han sido utilizados en el curso de Introducción a la Ingeniería Electrónica los semestres 2023-1 y 2024-1 con bastante éxito y aceptación entre los estudiantes.

En ambas versiones del curso, los estudiantes han trabajado en grupos de dos personas para desarrollar tres experiencias de laboratorio que involucran estas tarjetas. Cada grupo recibe un kit al comenzar el semestre, que deben retornar al final de éste. El objetivo de las experiencias de laboratorio realizadas en dichos cursos es primeramente familiarizar a los estudiantes con la electrónica y la programación de microcontroladores, y luego fomentar el trabajo en equipo, la autorregulación del aprendizaje y el desarrollo de habilidades y actitudes personales e interpersonales en los estudiantes. Por ello, dichos cursos han incorporado el desarrollo de proyectos de baja complejidad, tanto a nivel de la programación necesaria como a nivel del diseño e implementación de circuitos electrónicos. Ejemplos típicos de tareas de programación son programar un dado, una bola mágica, emular un encendedor, etc. Ejemplos típicos de proyectos electrónicos son la implementación de un semáforo, de un sensor de temperatura y humedad, de un generador de tonos, entre otros. Las evidencias de logro de los resultados de aprendizaje de estos laboratorios generalmente están asociadas a la realización de un video capturado con un teléfono celular y un informe técnico breve. La figura 3 muestra algunos ejemplos de proyectos realizados con estas tarjetas BBC micro:bit.

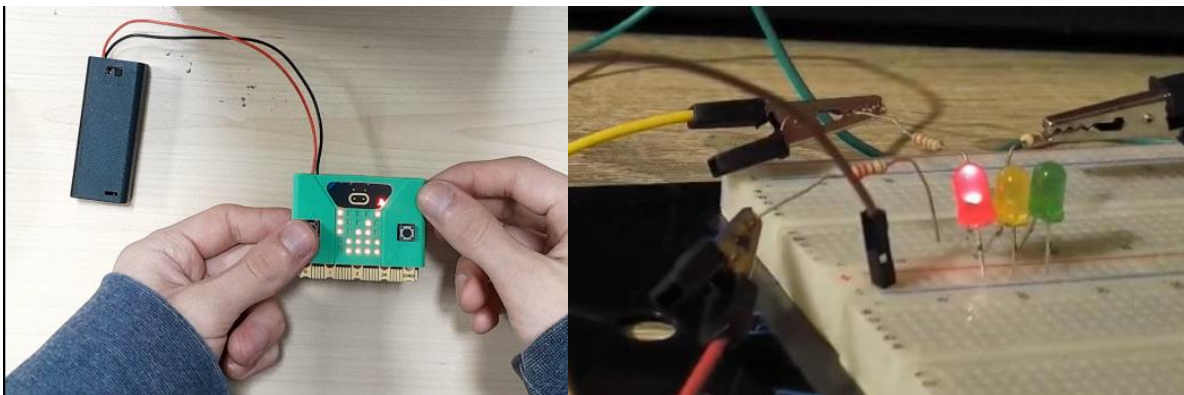


Figura 3: Ejemplo de proyectos realizados con tarjetas BBC micro:bit

Cabe aquí comparar el uso de estas tarjetas con las alternativas más comunes: el uso de microcontroladores Arduino. La tarjeta Arduino más común es la placa Arduino Uno, que tiene un procesador Atmel ATmega328P de 8 bits operando a 16 MHz, con 32 KiB de memoria flash, 2KiB de RAM estática y 1KiB de memoria EEPROM. De por sí, esta tarjeta no incluye facilidades de comunicación WiFi ó Bluetooth, sensores, salidas análogas, micrófonos o parlantes. Mas bien, estas funcionalidades y otras más pueden ser agregadas mediante el uso de módulos llamados

shields, cuyo uso requiere del diseño e implementación de circuitos más complejos en un *protoboard*. Por ello, lo habitual es adquirir estas tarjetas Arduino Uno en un kit que contiene un conjunto de módulos, *shields* y otros componentes, a un costo similar de aprox. US\$35 por kit. En contraste, la tarjeta BBC micro:bit es autocontenida: incorpora sensores comunes y LEDs en un solo dispositivo de fácil inventario y mantención. Nuestra experiencia con estos kits Arduino es que su uso es más apropiado en cursos de años superiores, cuando los estudiantes están más comprometidos con la carrera. Finalmente, las tarjetas Arduino Uno generalmente se programan en lenguaje C, lenguaje que tiene una curva de aprendizaje más laboriosa que los lenguajes gráficos de bloques tales como MakeCode o Scratch.

RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, el objetivo del curso de Introducción a la Ingeniería Electrónica es tanto familiarizar a los estudiantes con el quehacer de un ingeniero electrónico, motivarlos por la carrera y encantarles con la electrónica, como fomentar el trabajo en equipo y favorecer el desarrollo de habilidades personales e interpersonales necesarias para tener éxito en sus estudios. Por ello, es un curso de sólo 3 créditos SCT, requiriendo una dedicación de 4 a 5 horas semanales que se califica en base a la asistencia, informes escritos, tests, presentaciones y las tres actividades prácticas ya mencionadas. Las tasas de aprobación del curso son altas, sobre el 90%. Se aplican encuestas para evaluar el grado de conocimiento de los estudiantes sobre su carrera y su campo laboral. Dichas encuestas muestran, entre otros resultados, un aumento en la motivación y el interés de los estudiantes por su carrera. Muchos estudiantes destacan los proyectos de programación y electrónica que utilizan estas tarjetas micro:bit como las actividades más motivadoras y entretenidas del curso, ya que les permite a los estudiantes tener experiencias de aprendizaje activo en el ámbito de su carrera.

Cabe hacer notar que nuestra carrera recibe estudiantes con diversos niveles de conocimiento sobre programación y electrónica: un porcentaje no menor de ellos ya ha tenido experiencias anteriores con microcontroladores Arduino, programación, robótica, circuitos eléctricos, entre otros. La asignatura fomenta la instrucción entre pares para que estos estudiantes actúen de líderes en sus grupos de trabajo. Además, como cada grupo recibe un kit al comenzar el semestre, se ha visto que muchas veces estos estudiantes aprovechan esta oportunidad para desarrollar otros circuitos más avanzados y complejos por su cuenta, actividad que es fomentada activamente por el cuerpo docente para promover el autoaprendizaje.

CONCLUSIONES

Como se mencionó, esta tarjeta BBC micro:bit se ha usado ya en dos iteraciones del curso Introducción a la Ingeniería Electrónica, con una buena evaluación por parte de los estudiantes y del cuerpo docente. Nuestros resultados preliminares muestran que el uso de estas tarjetas ha sido destacado por los estudiantes en las encuestas de salida como experiencias de aprendizaje activo que afecta su motivación e interés por la carrera, y que los ayuda a acercarse al quehacer de un ingeniero electrónico. Asimismo, el cuerpo docente ha resaltado las experiencias de laboratorio del curso por promover el trabajo en equipo y fomentar la iniciativa personal y el autoaprendizaje.

En futuras versiones del curso de Introducción a la Ingeniería Electrónica, se planea hacer un mayor uso de estas tarjetas, agregando un cuarto proyecto grupal más avanzado donde los estudiantes deban enlazar las tarjetas entre sí usando las capacidades de comunicación

Bluetooth Low Energy de éstas, y realicen programas básicos de transmisión de datos en el lenguaje microPython. Las experiencias realizadas hasta la fecha nos han demostrado el potencial de estas tarjetas para la enseñanza de conceptos más avanzados y la construcción de sistemas digitales más complejos. Por ello, estamos explorando el uso de estas tarjetas en cursos de laboratorios y talleres de diseño de sistemas digitales, donde se utilicen estas tarjetas en conjunto con dispositivos de tipo Raspberry Pi para el control de procesos y para la construcción y evaluación de equipos y plataformas robóticas móviles (Radovici & Culic, 2022; Richard et al, 2023; Tan, 2023; Underwood, 2020).

REFERENCIAS

Brandhofer, G. (2021). The micro:bit and computational thinking. Evaluation results of a computational project. In *17th International Conference Mobile Learning (ML 2021) and 8th Educational Technologies (ICEduTech 2021)*. Realizada en línea.

Crawley, E. F. et al. (2014). *Rethinking engineering education: The CDIO approach* (2nd. Ed.). New York, USA: Springer-Verlag.

Donat, W. (2017). *Getting Started with the micro:bit: Coding and Making with the BBC's Open Development Board*. California: Maker Media, Inc.

Fairhead, H. (2021) *micro:bit IoT In C, 2nd Edition*. IO Press.

Halfacre, G. (2017). *Micro: Bit User Guide*. New York: John Wiley & Sons.

Krnaáč, R. et al. (2020) Education with physical device BBC micro:bit. In *18th. International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, pp. 352-357. Conferencia virtual. <http://doi.org/10.1109/ICETA51985.2020.9379166>

Kvaššayová, N. et al. (2022). Experience with Using BBC Micro:Bit and Perceived Professional Efficacy of Informatics Teachers. *Electronics Vol. 11, No. 23: 3963*
<http://doi.org/10.3390/electronics11233963>

Mardian, V. & Azzahra, W. (2024) A Review: the Impact of micro:bit-assisted STEM Education. *International Journal of Science Education and Teaching*, Vol. 3, No. 1, pp. 30-37, jan-apr 2024. <http://doi.org/10.14456/ijset.2024.3>

Medina, M. (2023) Designing an introductory first-year course for an Electronics Engineering program. In *Proceedings of the 19th International CDIO Conference*. Trondheim, Noruega

Meitiner, P. & Seneviratne, P. (2020) *Beginning Data Science, IoT, and AI on Single Board Computers Core Skills and Real-World Application with the BBC micro:bit and XinaBox*. California: Apress.

Micro:bit Educational Foundation. (n.d.). *Micro:Bit*. <https://microbit.org/es-es/>

Muñoz, M. et al. (2012). Active learning in first-year engineering courses at Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile. In *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*. Queensland University of Technology, Brisbane.

Radovici, A. & Culic, I. (2022) *Getting Started with Secure Embedded Systems Developing IoT Systems for micro:bit and Raspberry Pi Pico Using Rust and Tock*. California: Apress.

Richard, R. et al. (2023). *Make: AI Robots: Create Amazing Robots with Artificial Intelligence Using micro:bit*. California: Make Community.

Seneviratne, P. (2020). *BBC micro:bit Recipes: Learn Programming with Microsoft MakeCode Blocks*. California: Apress.

Seneviratne, P. (2018). *Beginning BBC micro:bit: A Practical Introduction to micro:bit Development*. California: Apress.

SIES (2023) *Informe retención de 1er. Año de pregrado Cohortes 2018-2022*. Santiago. https://www.mifuturo.cl/wp-content/uploads/2023/09/Retencion_de_Pregrado_2023_SIES.pdf

Tan, M. (2023). *micro:bit Projects with Python and Single Board Computers: Building STEAM Projects with Code Club and Kids' Maker Groups*. California: Apress.

Underwood, L. (2020) *Save the World with Code: 20 Fun Projects for All Ages Using Raspberry Pi, micro:bit, and Circuit Playground Express*. California: McGraw-Hill Education TAB.