



RAMPA CONDICIONAL: HACIENDO TANGIBLE EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

Felipe Riveros Muñoz, Universidad Técnica Federico Santa María, friveros@usm.cl

Andrea Vásquez Guerra, Universidad Técnica Federico Santa María, andrea.vasquezg@usm.cl

RESUMEN

El pensamiento computacional es una habilidad clave para la programación y un predictor de vocaciones STEM. Su enseñanza aún enfrenta dificultades, especialmente en contextos con alta diversidad estudiantil como el chileno. Las metodologías de aprendizaje activo han demostrado ser efectivas en grupos de habilidades diversas, en particular cuando incluyen experiencias concretas.

En este artículo se presenta la Rampa Condicional, un dispositivo físico impreso en 3D para abordar la enseñanza de fundamentos de pensamiento computacional de manera física, usando pelotas y módulos intercambiables para representar estructuras if-elif-else. El dispositivo permite observar cómo solo la primera condición verdadera “atrapa” la pelota, ilustrando la evaluación secuencial y la exclusión de alternativas posteriores. Su diseño, económico y reproducible con impresoras 3D, lo hace accesible y escalable.

Una validación con estudiantes sin experiencia previa en programación mostró que la rampa facilita la comprensión de condicionales y promueve reflexiones sobre el orden de evaluación, lo que la hace una herramienta pedagógica eficaz y replicable para introducir programación.

PALABRAS CLAVE: Pensamiento Computacional, Aprendizaje Activo, Enseñanza de Programación

INTRODUCCIÓN

El Pensamiento Computacional y la Programación son habilidades fundamentales para enfrentar los cambios que ha traído la Inteligencia Artificial, que trascienden a las carreras de las áreas científicas y tecnológicas.

En la Universidad Técnica Federico Santa María, el curso de Introducción a la Programación es obligatorio para los más de 3000 estudiantes de primer ingreso en todas las carreras, desde el nivel técnico universitario a las ingenierías civiles. Para apoyar el desarrollo de los resultados de aprendizaje en todos los y las estudiantes, desde el año 2023 se aplica el test de pensamiento computacional (Meza et al., 2024) antes del inicio de clases, como un instrumento diagnóstico. Similar a otras instituciones, se observa que inicialmente el estudiantado presenta deficiencias en el desarrollo de las competencias cognitivas necesarias para abordar exitosamente el curso de Programación.



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

En la educación escolar también se presentan desafíos en la enseñanza de pensamiento computacional. Si bien a nivel nacional existen políticas públicas que buscan cerrar la brecha digital y entregan computadores a los establecimientos (Centro de innovación, 2025), los y las docentes expresan dificultades para acceder a los equipos e implementar experiencias prácticas (El Centro de Innovación & Centro de Estudios del Ministerio de Educación, 2024). En este contexto, se requieren soluciones que permitan desarrollar las habilidades de pensamiento computacional sin necesidad de computadores, pantallas ni software especializado. La impresión 3D está comenzando a estar disponible en un número creciente de establecimientos escolares técnicos (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Lunes 18 de Agosto 2025) y universidades, lo que la hace una alternativa atractiva incluso en contextos con restricciones presupuestarias o de infraestructura tecnológica.

En este artículo se presenta una prueba de concepto de la rampa condicional, un dispositivo impreso en 3D diseñado para promover el aprendizaje uno de los conceptos fundamentales de la programación de manera tangible. Los resultados de la experiencia muestran que los estudiantes logran experimentar el concepto de evaluación secuencial de condiciones, sin haber tenido experiencia previa programando.

MARCO TEÓRICO

El Pensamiento Computacional es un conjunto de habilidades cognitivas que permite formular un problema de manera de que pueda ser procesado por un agente computacional (Wing, 2006), y su desarrollo se considera un paso previo para la capacidad de programación, así como un factor predictor de vocaciones STEM (Shute et al., 2017). Dada la emergencia de la Inteligencia Artificial como un factor de cambio disruptivo en todos los ámbitos del quehacer, es clave desarrollar estas competencias en los futuros profesionales (McKinsey & Company, 2022).

La pedagogía del Pensamiento Computacional y la Programación es un área de estudio reciente, a diferencia de lo que ocurre con las ciencias básicas, por lo que aún puede ser difícil su aprendizaje por factores internos y externos al estudiantado (Guzdial, 2019). En el contexto chileno, esta dificultad se ve acrecentada producto del aumento de la matrícula en educación superior (Ministerio de Educación de Chile, 2024), que ha traído una mayor diversidad estudiantil con distintos niveles de interés y conocimientos previos. Si bien esto es una mayor riqueza para el sistema educativo, es también un desafío para las y los docentes a cargo de aulas cada vez más heterogéneas.

El aprendizaje activo ha demostrado ser una metodología efectiva en educación superior para contextos educativos como el nacional, donde las y los estudiantes de primer año se encuentran desarrollando habilidades de razonamiento abstracto (Lagubeau et al., 2020). Dentro de las estrategias recomendadas de aprendizaje activo se encuentran las simulaciones o modelos experimentales, que permiten que los y las estudiantes elaboren hipótesis y luego las comprueben empíricamente para reforzar el aprendizaje (Felder & Brent, 2024).

En el caso de la enseñanza de los fundamentos de programación, una estrategia comúnmente usada es el pensamiento computacional desenchufado (Zapata-Ros, 2019) Se ha observado que



este diseño instruccional de actividades sin computadores permite a las y los estudiantes desarrollar, a su propio ritmo, los esquemas cognitivos necesarios para posteriormente aprender a programar.

Uno de los conceptos fundamentales de la programación es la lógica de condicionales, que es la puerta de entrada al desarrollo de programas con control de flujo. Sin embargo, este suele ser un contenido difícil para los aprendices (Cherenkova et al., 2014) por la abstracción requerida para comprender las condiciones que posibilitan distintos caminos excluyentes de ejecución (Mirolo & Izu, 2019).

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La Rampa Condicional (Fig. 1) es un dispositivo físico diseñado para enseñar la lógica de estructuras condicionales (if-elif-else) de forma tangible. Consiste en dos elementos, una rampa con pendiente por la que pueden rodar pequeñas pelotas, y módulos intercambiables que encajan en cualquiera de los huecos de la rampa. Los módulos son piezas planas, que en el centro tienen un orificio circular de un diámetro conocido. La pelota al recorrer la rampa representa la sentencia a evaluar, y cada módulo es un condicional en el que se evalúa la sentencia. La pelota caerá a través del módulo solo si su diámetro es menor, es decir, si cumple con la condición. En cambio, si la pelota es más grande que el módulo, seguirá rodando pendiente abajo hacia el siguiente módulo.

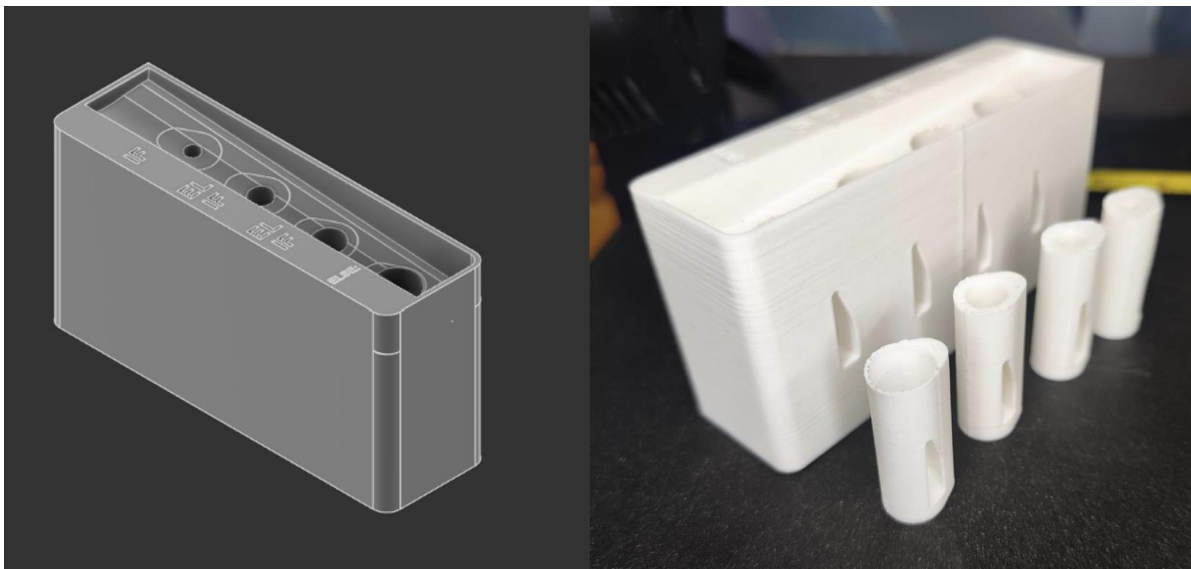


Figura 1: Modelo 3D de la Rampa Condicional, y el prototipo impreso

Este diseño representa la lógica condicional de manera física, al permitir a los estudiantes experimentar en cuál módulo caerá la pelota, dependiendo del diámetro de la pelota escogida y del orden en que se coloquen los módulos en la rampa. Los módulos se pueden reorganizar,



agregar o quitar según la cantidad de condiciones, permitiendo ejemplificar sentencias if con múltiples elif y else.

Por ejemplo, se tiene una rampa condicional con 3 módulos con de 12 mm, 18 mm y 20 mm para representar las sentencias if-elif-else respectivamente. La Figura 2 muestra ejemplos de ejecución con pelotitas de 10, 15 y 20 milímetros de diámetro, que son lanzadas de izquierda a derecha. La pelota se detiene en el primer módulo donde la condición evalúa a verdadero, es decir, donde el diámetro de la pelota es menor o igual al diámetro del módulo. Las “x” representan las condiciones que son evaluadas a falso. Los módulos sin “x” no alcanzan a ser evaluados, pues al igual que con un bloque de código, al cumplirse una de las condiciones las demás no son revisadas.

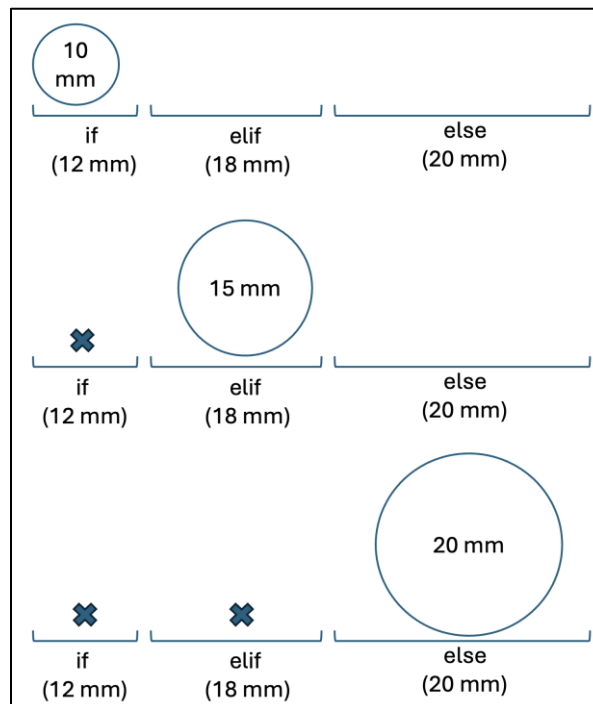


Figura 2: Diagrama de la rampa condicional con 3 módulos para una sentencia if-elif-else.

De esta manera, es posible visualizar principios importantes de la lógica condicional sin utilizar computadores. Se observan en la práctica la importancia del orden de evaluación de los condicionales y la naturaleza excluyente (*short-circuit*) de las condiciones en una estructura if-elif-else. Solo una condición, la primera que resulte verdadera, “atrapa” a la pelota y las condiciones siguientes son ignoradas físicamente porque la pelota ya abandonó el recorrido. Si ninguna condición es verdadera, la pelota sigue su recorrido hasta el último módulo, mostrando cómo funciona la cláusula final else.



VENTAJAS COMPARATIVAS

A diferencia de kits como KIBO, BeeBot o plataformas de codificación tangible basadas en sensores y motores, la Rampa Condicional puede producirse íntegramente mediante impresión 3D en PLA, lo que reduce significativamente su costo por unidad. Esto la convierte en una solución altamente escalable y adaptable a distintos modelos de enseñanza. Además, al no tener componentes frágiles ni costosos, el kit es seguro para uso escolar y puede reproducirse en cualquier institución que cuente con una impresora 3D, herramienta cada vez más común tanto en liceos técnicos como en universidades.

Por otra parte, no requiere hardware electrónico especializado ya que es completamente mecánica y analógica. Esto no solo reduce los costos, sino que evita problemas técnicos o de mantención, y facilita su uso en contextos con baja infraestructura tecnológica. Asimismo, gracias al diseño modular y al uso de impresión 3D, es posible personalizar el kit en términos de dificultad, estética o contenido temático. Pueden diseñarse rampas específicas para distintos niveles educativos, o incluso adaptarse para atender a estudiantes con necesidades educativas especiales, modificando los tamaños, colores o dinámicas de uso.

DISEÑO E IMPRESIÓN

El diseño de la rampa condicional se realizó con dos objetivos: hacer tangible un concepto abstracto pero fundamental para la programación, como son los condicionales, y lograrlo con costos de producción bajos para lograr una solución que pudiera ser masiva.

Uno de los primeros obstáculos fue encontrar una forma de construir módulos intercambiables que no interrumpieran la trayectoria natural de una pelota. Para lograrlo, se diseñaron mecanismos de alineación y encaje que aseguraran que cada módulo quedara perfectamente nivelado con la superficie de la rampa, sin sobresalir ni generar bordes que pudieran desviar la trayectoria. Al insertar el módulo, estos guías aseguran que la superficie superior del módulo quede perfectamente al ras con la superficie inclinada de la rampa, sin desniveles. De esta manera, se evita cualquier borde sobresaliente que pudiera desviar o frenar a la pelota.

Otro aspecto importante del diseño fue calcular la profundidad y geometría de cada orificio del módulo para mantener la continuidad visual y funcional de la rampa. Dado que la rampa tiene una pendiente, el fondo de cada hueco tiene una medida específica de profundidad respecto a la horizontal para garantizar que la pelota no se vea perturbada al pasar de la rampa fija a la superficie del módulo intercambiable.

Para mantener el diseño económico y accesible se priorizó el uso de impresión 3D con material PLA, buscando configuraciones de impresión que no requirieran postprocesado. La meta era lograr un modelo “print-and-use”, que pudiera ser utilizado directamente tras ser impreso, facilitando así su adopción en contextos educativos. Además, esta técnica permite integrar detalles de diseño como guías de alineación y formas personalizadas de los módulos.

El diseño de la rampa condicional presentó dos problemas típicos de la impresión 3D. Uno fue que la rampa era más larga que lo que permitía el volumen de las impresoras disponibles, lo que



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025

PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL

Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

se resolvió dividiendo la rampa en secciones modulares que luego se unieron mecánicamente. También se debió controlar la tendencia al arqueado del plástico (warping) durante la impresión de piezas largas y planas, para lo que se privilegió el uso de bordes redondos y se imprimieron las secciones sobre una superficie caliente para asegurar que permanecieran planas.

VALIDACIÓN

Se realizó una experiencia didáctica con 9 estudiantes de educación superior, de carreras técnicas y universitarias con nula o poca experiencia previa en programación. El objetivo de la experiencia fue indagar el impacto del uso de la rampa condicional en la formalización del concepto de condicionales.

En la etapa inicial, se diagnosticó la comprensión de condicionales mediante un escenario cotidiano sobre llevar o no paraguas bajo la lluvia con dos reglas: “si tengo clases, llevo el paraguas” y “si me voy en micro, no llevo el paraguas”. Las respuestas esperadas tenían como objetivo evaluar si los estudiantes podían reconocer cómo el orden de las condiciones influye en el resultado de una decisión. Si bien 7 de 9 estudiantes respondieron correctamente, un pequeño grupo mostró dificultades para distinguir cuál condición prevalecía.

Luego, se facilitó el prototipo de la rampa a los estudiantes y se les permitió explorarla libremente durante unos minutos. Posteriormente, se les consultó cómo relacionarían la rampa con la situación de la lluvia, y varios estudiantes lograron hacer correspondencias explícitas: “si llueve, llevo el paraguas (if); si me voy en micro, no llevo el paraguas (elif); si no llueve, sería else”. Otro estudiante explicó que, en la rampa, “la pelota más pequeña cae en el primer agujero (if), la mediana en el segundo (elif) y la más grande pasa al final (else)”, usando la metáfora física para representar el flujo de decisión. Estas reflexiones sugieren que la rampa ilustró el concepto de evaluación secuencial de condiciones, reforzando su entendimiento. También emergieron observaciones sobre la importancia del orden. Un participante comentó que “el orden de los factores sí altera el producto”, reconociendo de forma coloquial que en la rampa (y por ende en los condicionales) el resultado depende del orden en que se evalúan las condiciones.

No obstante, no todos los estudiantes lograron articular plenamente la analogía. Por ejemplo, hubo quien entendió la rampa como una línea temporal de eventos e imaginó la pendiente como el trayecto y los módulos como momentos en que podría llover. Si bien esta interpretación narrativa muestra que el alumno estaba reflexionando sobre la situación, podría señalar una confusión respecto a la intención lógica del modelo.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se presenta el prototipo de la rampa condicional, un dispositivo físico de bajo costo, impreso en 3D, como herramienta de apresto a la programación. Usando pelotas y módulos para representar sentencias y condicionales, los estudiantes pueden experimentar físicamente el impacto del orden lógico en el resultado de la evaluación de verdad.

Esta interacción concreta favorece la construcción de modelos mentales sobre cómo opera un algoritmo, mediante la visualización del flujo lógico. El prototipo permite evidenciar que las



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

condiciones son evaluadas en orden, y que al encontrar una verdadera, las demás no son evaluadas.

Se realizó una prueba de concepto de la rampa condicional con un grupo de estudiantes de educación superior, con nula o poca experiencia en programación. La evidencia cualitativa obtenida apunta a que el prototipo físico permitió la conceptualización de los condicionales gracias a la experiencia concreta. Los estudiantes utilizaron la metáfora de la rampa y los módulos para explicar el funcionamiento de la cadena if-elif-else, evidenciando que hacer tangible la lógica de la programación puede disminuir la brecha entre la intuición del estudiante y la formalidad requerida para escribir código.

Se proponen mejoras futuras para la implementación a nivel pedagógico y de manufactura. Para su uso en sala de clases, se sugiere que la rampa condicional forme parte de una experiencia que incluya diagramas para representar el código if-elif-else. Esto permitirá establecer una conexión clara entre la experiencia concreta (pelota y rampa) y la representación abstracta (código fuente), potenciando la construcción de modelos mentales correctos sobre cómo funciona la lógica condicional en programación mediante el descubrimiento guiado. Los estudiantes pueden formular hipótesis (“¿qué pasará si uso esta pelota?”) y comprobar inmediatamente el resultado, recibiendo retroalimentación instantánea de forma lúdica.

En cuanto a la impresión, se debe reforzar el diseño de una guía para evitar que la pelota se desvíe del eje central de la rampa. Se implementó un canal guía que funciona correctamente en la mayoría de los casos, pero aún presenta fallos en ciertas condiciones. Para resolver esta limitación, en versiones futuras se proyecta un rediseño con una geometría tipo “piscina”, la cual mantendría a la pelota centrada de forma más eficaz, sin añadir complejidad en la impresión o en el ensamblaje del kit.

En conclusión, el diseño de la rampa condicional se mantiene como un prototipo en constante evolución, abierto a mejoras funcionales y pedagógicas, pero que ya ha demostrado ser una solución efectiva y replicable para introducir un concepto fundamental de programación mediante experiencias tangibles.

REFERENCIAS

Centro de innovación, M. de E. de C. (2025). *Infraestructura Digital Educativa*.

<https://www.innovacion.mineduc.cl/iniciativas/transformaci%C3%B3n-digital/infraestructura-digital-educativa>



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

Cherenkova, Y., Zingaro, D., & Petersen, A. (2014). *Identifying challenging CS1 concepts in a large problem dataset*. <https://doi.org/10.1145/2538862.253896>

El Centro de Innovación, & Centro de Estudios del Ministerio de Educación. (2024). *Encuesta Nacional Desarrollo Digital Escolar e Innovación Educativa*.

<https://www.innovacion.mineduc.cl/iniciativas/transformaci%C3%B3n-digital/encuesta-nacional-desarrollo-digital-escolar-e-innovaci%C3%B3n-educativa>

Felder, R. M., & Brent, R. (2024). *Teaching and Learning STEM: A Practical Guide, 2nd Edition*. Jossey-Bass.

Guzdial, M. (2019, julio 14). *What Help Should We Provide to Students Learning to Program?* <https://cacm.acm.org/blogcacm/what-help-should-we-provide-to-students-learning-to-program/>

Lagubeau, G., Tecpan, S., & Hernández, C. (2020). *Active learning reduces academic risk of students with nonformal reasoning skills: Evidence from an introductory physics massive course in a Chilean public university*.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.023101>Exp

McKinsey & Company. (2022, agosto 17). *What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR?* <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>.

Meza, F., Vásquez, A., & Martín, D. S. (2024). *Validation of a Bebras-Based Test to Assess Computational Thinking Abilities in First-Year College Students*.

<https://doi.org/10.1145/3626253.3635523>



XXXVII CONGRESO CHILENO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA 2025
PROYECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA:
LA EDUCACIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL, HÍBRIDA Y VIRTUAL
Concepción, 8 al 10 de octubre 2025

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (Lunes 18 de Agosto

2025). *MinCiencia y Mineduc apuestan por la innovación en la Educación Pública con el lanzamiento de NodoLab*. <https://www.mineduc.cl/minciencia-mineduc-lanzamiento-de-nodolab/>

Ministerio de Educación de Chile. (2024). *MATRÍCULA EN EDUCACIÓN SUPERIOR EN CHILE*. <https://educacionsuperior.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/49/2024/07/2024-MATRICULA-VF-1.pdf>

Mirolo, C., & Izu, C. (2019). *An Exploration of Novice Programmers' Comprehension of Conditionals in Imperative and Functional Programming*.
<https://doi.org/10.1145/3304221.3319746>

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). *Demystifying computational thinking*.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>

Wing, J. M. (2006). *Computational thinking*. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1118178.1118215>

Zapata-Ros, M. (2019). *Pensamiento computacional desenchufado. Education in the Knowledge Society (EKS)*. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18