

Evaluación de la aplicación de robots y dispositivos físicos para la integración de STEAM y el desarrollo de pensamiento computacional

Evaluation of the application of robotics and physical devices to facilitate STEAM integration and Computational Thinking Development

Miguel Á. Conde¹, Francisco J. Rodríguez-Sedano², Camino Fernández-Llamas¹, Francisco J. García-Peñalvo³
mcong@unileon.es, fjrods@unileon.es, cferll@unileon.es, fgarcia@usal.es

¹Departamento de Ingenierías Mecánica, Informática y Aeroespacial
Universidad de León
León, España

²Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Sistemas y Automática
Universidad de León
León, España

³Departamento de Informática y Automática. Grupo GRIAL
Universidad de Salamanca
Salamanca, España

Resumen- La sociedad altamente tecnificada actual demanda profesionales que sean capaces de desempeñarse en ella de forma eficiente y conseguir esto es uno de los objetivos que deben perseguir las instituciones educativas. En este sentido el desarrollo de competencias como el pensamiento computacional o habilidades STEAM se hace realmente crítico. Sin embargo, no es suficiente con el planteamiento de un conjunto de actividades, sino que debe evaluarse de manera adecuada hasta que punto se están desarrollando las competencias perseguidas o integrando el STEAM en los itinerarios educativos tradicionales. Este artículo describe la experiencia de evaluación llevada a cabo en el proyecto RoboSTEAM, que mediante el uso de metodologías activas y la aplicación de robots y componentes físicos trata de fomentar la adquisición de las competencias previamente mencionadas. Como conclusiones se observa que el contexto educativo y socioeconómico puede tener influencia en la evaluación, independientemente de que la edad o conocimientos de los estudiantes puedan ser similares.

Palabras clave: *Evaluación, STEAM, Pensamiento Computacional, Robots, Dispositivos físicos.*

Abstract- Current technological society requires efficient professionals and the education of such people should be one of the main tasks of educational institutions. In this sense the development of competences such as computational thinking or STEAM related skills becomes critical. However, it is not enough to define a set of activities in some subjects to facilitate this, but to evaluate if the development of such competences or the integration of STEAM in learning pathways is carried out or not successfully. This paper describes the evaluation tasks applied in the context of the RoboSTEAM project. The validation of the project activities and outcomes was carried out during some pilot phases, on which the project partnership applied different assessment instruments and such tools, and the results obtained are presented in this paper. As conclusions it is possible to see that the educational and socioeconomic context may have an impact in the evaluation, regardless of the age or academic level of students.

Keywords: *Evaluation, STEAM, Computational Thinking, Robots Physical Devices*

1. INTRODUCCIÓN

La educación y la formación son pilares fundamentales en nuestra vida y en muchos casos se encuentran sustentados por iniciativas tanto nacionales como internacionales. En el contexto europeo, un programa de financiación que tiene como finalidad dar soporte a ese tipo de iniciativas, el Erasmus+. Entre otras líneas, una de las prioridades de la convocatoria 2021-2027 que ya tenía un papel importante en las convocatorias anteriores, es fomentar adquisición de competencias y habilidades digitales en una sociedad altamente tecnificada (European-Union, 2021), algo totalmente alineado con iniciativas como “Digital Education Action Plan”(European-Union, 2020).

Entre las competencias a ser adquiridas por los discentes, y por tanto futuros profesionales de esta sociedad, toman especial relevancia algunas como pensamiento computacional, resolución de problemas, programación, trabajo en equipo, etc.; que han dado en llamarse competencias del siglo XXI (Ananiadou & Claro, 2009; Balanskat & Engelhardt, 2015; Binkley et al., 2012). Su desarrollo suele estar vinculado a disciplinas STEAM (por sus siglas en inglés *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*)(Hamner & Cross, 2013). Sin embargo integrar tales disciplinas en el currículo de las instituciones educativas no es sencillo y no basta simplemente con integrar asignaturas de carácter tecnológico, sino que se requiere de iniciativas transversales, del uso de metodologías activas y de herramientas atractivas para los estudiantes (García-Peñalvo & Mendes, 2018).

En este sentido existen diferentes proyectos vinculados a iniciativas europeas como las previamente mencionadas. Algunos ejemplos podrían ser: 1) Proyectos para proveer a profesores y responsables de contextos educativos materiales y guías para desarrollar nuevas aproximaciones STEAM que pueden ser Mind the Gap (Guedet, 2015), Scientix (Hristova, 2015) o KIKS (Houghton et al., 2019); 2) Proyectos centrados en facilitar el intercambio de conocimiento y contenido como: STELLA (STELLA-PROJECT, 2009) o CONTEXTEuroSTEAM (Haesen & Put, 2018); y 3) Proyectos

que tratan con aspectos relevantes como la percepción de los estudiantes acerca de STEAM como STEM Alliance (2016), RAISE (2017) o el proyecto W-STEM (García Peñalvo et al., 2019; García-Peñalvo, 2019).

Sin embargo, es necesario ir más allá de fomentar tales competencias sino definir unas bases y sentar unas guías para llevar esta tarea y facilitar la integración STEAM. En ese contexto aparece el proyecto RoboSTEAM (European-Comission, 2019). Este proyecto pretende experimentar con proyectos de integración de STEAM que ayuden a los discentes a desarrollar pensamiento computacional mediante el uso de robots y dispositivos físicos R&DF en el contexto de la educación pre-universitaria. Para ello, el proyecto propone el intercambio en el contexto europeo de experiencias relacionadas con este tema. En concreto el proyecto involucra 8 socios (4 colegios y 4 universidades) con los que se trata de definir un marco para la integración sencilla del STEAM en diferentes contextos educativos a partir de la aplicación de metodologías activas como el aprendizaje basado en retos y la robótica (Conde, Rodríguez-Sedano, Fernández-Llamas, Ramos, et al., 2021). Esto se lleva a cabo mediante una serie de pilotos y el intercambio de los estudiantes involucrados en el proyecto (Miguel Á Conde et al., 2020).

Uno de los aspectos fundamentales de esos pilotos va a ser su evaluación. Es decir, ser capaz de determinar si lo que se plantea en el proyecto es válido y, si fuera posible, si es extrapolable a diferentes contextos de la Unión Europea. Este artículo se va a centrar en dicha evaluación y en los resultados obtenidos en la misma.

El resto de este trabajo se estructura del siguiente modo: primero se presenta el contexto, describiendo los pilotos, los aspectos a evaluar; en el tercer apartado se describen los instrumentos de evaluación empleados y la razón de su uso, cómo se aplican y sobre qué muestra; en la cuarta sección se presentan y discuten los resultados y por último se aportan una serie de conclusiones.

2. CONTEXTO

Para poder entender como se lleva a cabo la validación del proyecto es necesario considerar en qué consisten los pilotos, el tipo de evidencias que se recogen y qué se pretende evaluar.

El proyecto RoboSTEAM ha tenido dos resultados principales (*outcomes*) sobre los 4 inicialmente solicitados en la propuestas (RoboSTEAM Consortium, 2021b): El primero, denominado O2, pretende definir guías que permitan el diseño de retos para desarrollar competencias STEAM y pensamiento computacional empleando R&DF. El segundo, O3, se centra en la definición de un entorno de aprendizaje que facilite a las escuelas y profesores un conjunto de herramientas, actividades y guías para dar soporte y gestionar la implementación de retos STEAM. En concreto los pilotos van a servir para validar los resultados obtenidos en O2 y que luego se facilitan a través del entorno de O3. Se van a dar dos pilotos en concreto descritos en la siguiente subsección.

A. Los pilotos

El primer piloto, definido como actividad 3 o A3 en la propuesta del proyecto lanzará una etapa de prueba que pretende validar la metodología empleada en RoboSTEAM y los kits R&FD definidos para el proyecto. Durante este piloto se involucran 5 colegios de educación secundaria (4 incluidos

entre los socios y otro que participa como asociado). En concreto se involucra a sus estudiantes de 12 a 16 años. Los pilotos consistirán en primer lugar de una fase de diagnóstico para después abordar retos del proyecto en grupos de estudiantes más pequeños y finalmente analizar los resultados. Durante la fase de diagnóstico todos los estudiantes dentro del rango de edades rellenarían un cuestionario acerca de la percepción sobre STEAM y como se imparte en sus colegios. Después de esto 4 retos son propuestos a una clase de estudiantes de secundario que los abordarán en un tiempo determinado. (RoboSTEAM Consortium, 2021b). La actividad se planificó para ser completada entre los meses 9 y 17 del proyecto aunque tuvo que ser retrasada debido al COVID-19 y en muchos casos tuvo que ser completada en grupos más pequeños y/o virtualmente (Miguel Ángel Conde et al., 2020).

El segundo piloto, definido como actividad 4 o A4, consiste en lanzar una segunda fase de pruebas. De nuevo se involucra a los mismos colegios y en concreto a los grupos de estudiantes que abordaron los retos. En este caso se van a seleccionar retos, herramientas y kits definidos en otro contexto socioeconómico, o lo que es lo mismo definido por otro socio del proyecto. La idea es analizar como los kits R&FD funcionan para abordar retos no pensados específicamente para ellos. Posteriormente los resultados serían comparados con los obtenidos en el piloto 1, los indicadores a utilizar serán los mismos y se presentarán en la siguiente sección. (RoboSTEAM Consortium, 2021b). El piloto 2 se programa entre los meses 12 y 19 pero de nuevo se retrasa debido al COVID-19, debiendo finalizarse con las mismas restricciones del piloto anterior.

B. Los indicadores observados y su aplicación

En cuanto a los indicadores a estudiar debe tenerse en cuenta que el objetivo del piloto es medir la utilidad de la metodología y las herramientas desarrolladas para desarrollar el pensamiento computacional y la integración de STEAM en las actividades formativas por medio del uso de metodologías activas y los R&FD. Esto supone que vayan a tenerse en cuenta diversos factores:

- La percepción sobre las disciplinas STEAM. Esto va a evaluarse durante la fase de diagnóstico y después se comparará con los resultados obtenidos por los estudiantes involucrados en la resolución de los retos. Para ello se empleará un instrumento previamente validado y que se comenta en la siguiente sección
- El desarrollo del pensamiento computacional. En este caso se empleará un instrumento que permita medir el desarrollo de tal competencia y se aplicará a los grupos una vez hayan finalizado la resolución de ambos retos.
- La colaboración como parte del trabajo en equipo. Los grupos que han trabajado en el proyecto abordan diferentes la definición de soluciones siguiendo una metodología orientada a retos y dentro de ella un aspecto a tener en cuenta es que se trabaja en equipo y colaborativamente. Para esto también se aplicará un instrumento validado que permita medir este apartado mediante la observación.
- Indicadores objetivos relativos a la realización de los retos para los grupos de estudiantes involucrados. Aspectos como tiempo dedicado, número de alumnos involucrados, número de participantes adicionales, nota obtenida.

- Por último, se atiende también a la percepción de los estudiantes y los profesores al respecto de las experiencias.

Debe mencionarse que a pesar de que todos estos indicadores son bastante claros no en todos los casos ha sido posible obtener resultados dadas las características de cada institución educativa y también debido a la situación de COVID19 (García-Peñalvo et al., 2020).

Para facilitar el entendimiento del contexto en la próxima sección se describe brevemente la naturaleza de cada uno de los colegios involucrados.

C. Los colegios

Ante la heterogeneidad de colegios involucrados y para facilitar el entendimiento de la experiencia es necesario describir brevemente los colegios involucrados: 1) el I.E.S Eras de Renueva (España) – I.E.R. instituto español que involucra 321 estudiantes además de 2 profesores; 2) el Carl Benz School Karlsruhe (Alemania) - CBSK, centro de formación profesional dedicado a la ingeniería mecánica y del metal, que involucra 30 estudiantes, 1 profesor y 6 tutores; 3) el Agrupamento de Escolas Emídio Garcia (Portugal) – AEEG, conjunto de escuelas con estudiantes de diferentes contextos, en el caso del proyecto involucran estudiantes de ingeniería, pero especialmente de arte, participan un total de 274 estudiantes, 5 profesores y 4 investigadores; 4) el Colégio Internato dos Carvalhos (Portugal) – CIC, que involucra 499 estudiantes y 2 profesores; y 5) la University of Eastern Finland, Educators School (Finland) – UEF, escuela de formación del profesorado coordinado por la universidad y que involucra 42 estudiantes y 2 profesores.

Es necesario tener en cuenta que de los estudiantes involucrados la mayor parte participan en la fase de diagnóstico, mientras que en los retos se trabaja en grupos reducidos.

3. DESCRIPCIÓN

De cara a entender como evalúan los indicadores durante los pilotos descritos en el apartado anterior en este se va a considerar en primer lugar los instrumentos utilizados y cómo son aplicados a lo largo del piloto.

A. Los instrumentos

Para poder evaluar los resultados de la experiencia se han empleado, al menos para los indicadores más complejos y no medibles directamente, instrumentos previamente validados. En concreto se emplean tres instrumentos en común para todos los socios, estos instrumentos se derivan de las evidencias consultadas durante un estudio sistemático realizado en el proyecto (Conde, Rodríguez-Sedano, Fernández-Llamas, Gonçalves, et al., 2021). Dichos instrumentos son los siguientes (RoboSTEAM Consortium, 2021a):

- *STEM Sematic Survey*. Se trata de un cuestionario de 25 ítems que mide el interés en las diferentes disciplinas STEM y en las carreras relativas a tales disciplinas (Tyler-Wood et al., 2010). Se adaptó para incluir la parte de Arte del concepto STEAM con lo que pasó a tener 30 ítems y se tradujo de su idioma original (el inglés) al alemán para el caso del CBSK. Se aplica en dos momentos del proyecto en la fase de diagnóstico, solamente presente en el primer piloto (en la que participan un importante número de alumnos en cada

colegio en el rango de edad de 12 a 16 años) y, para aquellos grupos de estudiantes que participan en la resolución de los retos antes y después de la experiencia.

- Test de pensamiento computacional. Se trata de un instrumento definido inicialmente para estudiantes de entre 12 y 13 años pero que posteriormente se ha aplicado en otros contextos. Incluye la evaluación de diferentes aspectos relativos al pensamiento computacional. El test fue validado y depurado pasando de 40 ítems a 28 (Román-Gonzalez et al., 2015). Para la aplicación en el Proyecto y dada la multitud de herramientas de medida se decide tomar solo una parte del cuestionario los bucles y los condicionales y adaptarlo a los diferentes idiomas y presentarlo en formato papel para que los alumnos lo completasen.
- Co-Measure Rubric. Este instrumento se emplea para medir la colaboración de los estudiantes a nivel individual cuando ellos trabajan en secundaria en actividades STEAM. Se valida mediante varias iteraciones por expertos (Herro et al., 2017). En el proyecto se aplica para medir la colaboración de los miembros de los equipos en la resolución de los retos y también en algunos casos en las actividades realizadas durante los intercambios. Lo rellenan los profesores a cargo de los pilotos luego no necesitan de adaptación.

Adicionalmente en algunos casos se emplean rúbricas internas para valorar los trabajos realizados y la percepción de los estudiantes, por ejemplo, en la experiencia en CBSK se emplea un instrumento de observación previamente definido o en la UEF que emplean un sistema interno para evaluación de competencias.

En cuanto a cómo se aplican estos instrumentos esto puede observarse en las figuras 1 y 2 que se corresponden con los pilotos 1 y 2 y con cómo se aplican los instrumentos. En el piloto 1 se observa que primero se hace la fase de diagnóstico con el *STEAM Semantic Survey* y un número importante de estudiantes y después se abordan los retos antes de los cuales los estudiantes también realizan este cuestionario, después del piloto se valora la colaboración y se recogen otros indicadores adicionales. En el caso del piloto 2 ya se ha realizado la fase de diagnóstico y ya se ha recogido la percepción sobre STEAM de los estudiantes involucrados luego dichas fases no son necesarias, se lleva por tanto a cabo el piloto y se evalúa la colaboración, el pensamiento computacional, la percepción acerca de STEAM después del piloto y otros indicadores ya mencionados como notas, tiempo empleado, personal involucrado en los retos, etc.

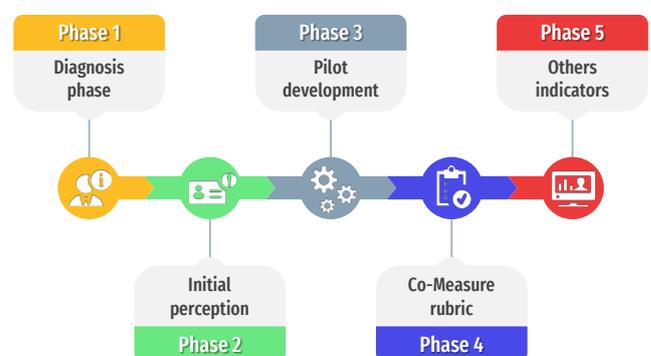


Figura 1. Aplicación de los instrumentos durante el piloto 1 (RoboSTEAM Consortium, 2021a)

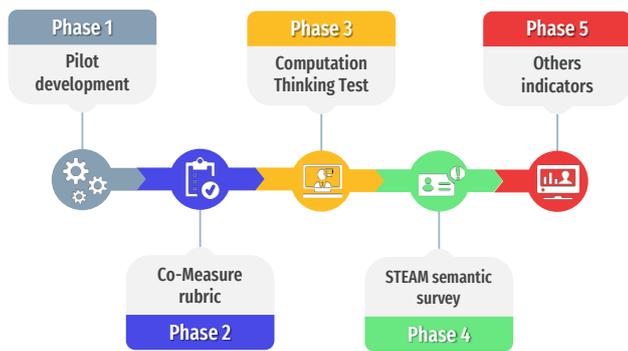


Figura 2. Aplicación de los instrumentos durante el piloto 2 (RoboSTEAM Consortium, 2021a)

4. RESULTADOS

Presentar los resultados de la experiencia no es sencillo dado que habría que mostrar muchos indicadores, es por ello que nos centraremos en datos descriptivos de los tres instrumentos validados que hemos realizado, teniendo las medias de la institución y no los datos de cada individuo.

En primer lugar, se presentan los datos del STEAM Semantic Survey (tabla 1), en concreto las columnas muestran cada institución, las filas la valoración por cada disciplina en STEAM y la percepción respecto a titulaciones STEAM. Por institución se tiene el resultado de la fase de diagnóstico, y para antes y después de los pilotos. También como primera fila por cada institución se tiene el número de participantes en cada una de las fases. Las respuestas a cada uno de los ítems del instrumento se presentan como valor promedio y, como algunas cuestiones en el instrumento se preguntan en negativo y otras en positivo, de cara a facilitar el entendimiento los resultados, los valores negativos se incluyen en la media calculando su reverso. De esta forma, si el valor está cerca de 7 será algo positivo y si está cerca de 1 negativo.

En cuanto a los resultados obtenidos debe mencionarse en primer lugar que en el caso del socio alemán (CBSK) no todas las categorías fueron facilitadas a los alumnos porque los profesores responsables no lo consideraron idóneo en ese contexto de aplicación. Por otro lado, los socios finlandeses (UEF) no pudieron aplicar el instrumento durante el piloto por las restricciones de su institución en cuanto a los instrumentos de evaluación. En cuanto a los resultados obtenidos se supondría que los estudiantes involucrados en los retos presentarían unos resultados mejores en cuanto a percepción de

las disciplinas STEAM respecto a la media de la fase de diagnóstico. Esto se debe principalmente a que uno de los criterios de selección de alumnos a participar fue su interés en resolver retos con las herramientas provistas. Esto es así en todos los casos comparando los datos con los obtenidos antes de comenzar el primer piloto. Sin embargo, se observa un descenso en los valores de prácticamente todas las disciplinas para socios como I.E.R, AEEG y CBSK, respecto al primer piloto e incluso respecto a la fase de diagnóstico en el segundo (en negrita). Esto puede verse debido a que la fase de diagnóstico y la aplicación del instrumento en el primer piloto se lleva a cabo antes de la irrupción de la pandemia, mientras que la segunda aplicación es mediada el siguiente curso y con muchos alumnos con cierto hástio digital. Si comparamos entre instituciones, se puede observar valores elevados para todas las instituciones excepto para los finlandeses en la mayor parte de disciplinas, con la salvedad del arte, que destaca por encima del resto para AEEG, socio que aportaba este trasfondo.

Para poder mostrar los resultados del instrumento de medida de la colaboración se han convertido en cuantitativos los posibles valores de la rúbrica y se han calculado sus medias. En concreto a “necesita trabajo” se le asigna un valor de 1, a “aceptable” 2 y a “competente” un 3. Se muestra cada uno de los aparados por institución en la Tabla 2, donde se puede observar una división por aspectos y cada uno de los atributos contemplados de esos aspectos. Algunos de los atributos de la resolución interdisciplinar no se han incluido al no ser pertinentes en opinión de los profesores que coordinaban los pilotos. En cualquiera de los casos el grado de satisfacción de los profesores en cuanto a la colaboración de los discentes es alto, especialmente para I.E.R y CIC, y el segundo piloto presenta mejores valores que el primero en prácticamente todos los atributos. Puede observarse que de nuevo UEF no pudo aplicar este tipo de instrumento por restricciones en la institución. Por último, debe tenerse en cuenta que esta rúbrica es un instrumento que tiene un cierto grado de subjetividad que depende del profesor que se encargue de la evaluación, lo que puede influir en la diferencia de los resultados entre instituciones.

En lo que respecta al test de pensamiento computacional solamente lo aplicaron por restricciones de cambios de grupos de estudiantes debido al COVID (parte de los alumnos cambiaron en AEEG) y restricciones en cuanto a las herramientas a utilizar (UEF), 3 socios.

Tabla 1. Medias de los resultados de *STEAM Semantic Survey* distinguiendo la fase de diagnóstico, los resultados previos al piloto y posteriores.

	I.E.R.			CBSK			AEEG			CIC			UEF
	F.D	Pre	Pos	F.D	Pre	Pos	F.D	Pre	Pos	F.D	Pre	Pos	F.D
N	308	13	13	13	17	17	227	16	31	462	12	25	32
Ciencias	4,45	5,92	4,34	4,52	3,51	2,95	4,69	4,35	4,47	4,60	4,90	5,53	3,49
Tecnología	4,30	5,38	4,15	-	-	-	4,21	4,44	4,49	3,86	4,27	4,57	3,58
Ingeniería	4,37	5,85	4,58	4,29	4,75	4,31	3,84	4,56	3,71	4,26	5,37	5,67	3,40
Arte	3,99	4,85	3,26	-	-	-	4,00	5,62	5,71	3,83	3,17	3,57	3,65
Matemáticas	4,47	5,89	4,28	4,75	4,88	4,72	4,51	5,42	4,78	4,80	6,03	5,70	4,09
Carreras	4,65	5,77	3,97	4,23	4,58	4,43	4,77	5,27	4,93	4,62	5,40	5,73	3,72

Tabla 2. Resultados de la rúbrica de colaboración en actividades STEAM, se incluye cada aspecto medido y dentro de él los correspondientes atributos para cada socio en los pilotos 1 y 2.

Aspecto contemplado	Atributo	I.E.R		CBSZK		AEEG		CIC	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Interacción entre compañeros	Comprueba las tareas y su entendimiento por los compañeros	3	3	2	2,13	2,54	2,53	2,58	2,64
	Negocia roles y divide el trabajo para completar una tarea	3	3	1,06	1,73	2,54	2,53	2,75	2,64
	Proporciona realimentación/asistencia/orientación	3	3	2,06	2,06	2,54	2,53	3	2,72
Comunicación positiva	Respeto las ideas y compromisos de otros	3	3	2,33	2,73	2,6	2,36	2,75	2,72
	Tiene un lenguaje y comportamiento adecuado	3	3	2,4	2,33	2,36	2,36	3	3
	Escucha y respeta los turnos	3	3	2,06	2,26	2,27	2,36	3	3
Investigación rica y búsqueda de múltiples resultados	Desarrolla las cuestiones y métodos adecuados para resolver los problemas	3	3	2	1,57	2,27	2,45	2,58	2,64
	Verifica la información y sus fuentes	3	3	1,4	1,85	2,36	2,45	2,83	3
Resolución interdisciplinar	Trata de resolver el problema aplicando múltiples disciplinas	3	3	-	-	2,72	2,13	3	2,76
	Comparte conexiones con investigaciones o conocimiento relevante	3	3	-	-	2,72	2,13	3	3

En todos ellos las notas fueron bastante elevadas, aunque se observa una media menor en el caso del centro de formación profesional quizás motivado a que sus necesidades de programación de cara a desarrollar los retos no eran las mismas que en otros. Este centro consideró un reto que consistía en integrar sensores en un elemento textil y otro referido a encender un led en función de una situación determinada (Conde et al., In press).

Tabla 3. Resultados del test de pensamiento computacional

	I.E.R	CBSK	CIC
Nota	6,91	5,73	7,77

5. CONCLUSIONES

Mediante el presente trabajo ha sido posible apreciar la dificultad inherente a la evaluación de experiencias educativas con niños en el contexto de los proyectos europeos, más concretamente a experiencias en el ámbito de actividades STEAM utilizando R&DF.

La idea de conseguir validar algo en diferentes contextos socioeconómicos se ha mostrado posible a través de diferentes pruebas, pero de alta dificultad en muchos casos por las restricciones de cada una de las instituciones. Además, la situación producida por el COVID-19 ha supuesto un reto a superar ya que en muchos casos las fases de validación tuvieron que interrumpirse, realizarse online o incluso comenzarse con un grupo de alumnos y finalizarse con otros.

Como conclusión puede extraerse que se han observado como válidos en el contexto del proyecto los instrumentos empleados, que gracias a ellos se observa que la metodología e instrumentos de RoboSTEAM pueden ser adecuados para

fomentar aspectos como el pensamiento computacional y facilitar la integración de STEAM en la educación secundaria y que, en cualquiera de los casos, siempre existen restricciones dadas por las instituciones educativas y los contextos socioeconómicos en que estas se encuentran.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está parcialmente soportado por el proyecto Erasmus+ RoboSTEAM con referencia 2018-1-ES01-KA201-050939

REFERENCIAS

- Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. OECD Education Working Papers(41). <https://doi.org/10.1787/19939019>
- Balanskat, A., & Engelhardt, K. (2015). Computing our future. Computer programming and coding Priorities, school curricula and initiatives across Europe. http://fcl.eun.org/documents/10180/14689/Computing+our+future_final.pdf/746e36b1-e1a6-4bf1-8105-ea27c0d2bbe0
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Springer.
- Conde, M. Á., Fernández, C., Rodríguez-Sedano, F., González-Barrientos, C., Ramos, M., Jesus, M., Gonçalves, J., Reimann, D., García-Peñalvo, F. J., & Jormanainen, I. (In press, October 27th-29th, 2021). RoboSTEAM project the pilot phases TEEM'21 Proceedings of the Ninth

- International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, Barcelona, Spain.
- Conde, M. Á., Rodríguez-Sedano, F., Fernández, C., Ramos, M.-J., Alves, J., Celis-Tena, S., Gonçalves, J., Lima, J., Reimann, D., Jormanainen, I., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Adaption of RoboSTEAM Project to the Pandemic Situation Eighth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain. <https://doi.org/10.1145/3434780.3436620>
- Conde, M. Á., Rodríguez-Sedano, F. J., Fernández-Llamas, C., Gonçalves, J., Lima, J., & García-Peñalvo, F. J. (2021). Fostering STEAM through Challenge Based Learning, Robotics and Physical Devices: A systematic mapping literature review. *Computer Application in Engineering Education*, 29(1), 46-65. <https://doi.org/10.1002/cae.22354>
- Conde, M. Á., Rodríguez-Sedano, F. J., Fernández-Llamas, C., Jesus, M., Ramos, M.-J., Celis-Tena, S., Gonçalves, J., Jormanainen, I., & García-Peñalvo, F. J. (2020). Exchanging Challenge Based Learning Experiences in the Context of RoboSTEAM Erasmus+ Project. *Learning and Collaboration Technologies. Designing, Developing and Deploying Learning Experiences*, Cham.
- Conde, M. Á., Rodríguez-Sedano, F. J., Fernández-Llamas, C., Ramos, M. J. C., Jesus, M. D., Celis, S., Gonçalves, J., Lima, J., Reimann, D., Jormanainen, I., Paavilainen, J., & García-Peñalvo, F. J. (2021). RoboSTEAM Project: Integrating STEAM and Computational Thinking Development by Using Robotics and Physical Devices. In J. G.-P. Francisco (Ed.), *Information Technology Trends for a Global and Interdisciplinary Research Community* (pp. 157-174). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4156-2.ch008>
- European-Comission. (2019). RoboSTEAM Project Description. <https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplus-project-details/#project/2018-1-ES01-KA201-050939>
- European-Union. (2020). Digital Education Action Plan - Resetting education and training for the digital age. (23/08/2021). https://ec.europa.eu/education/sites/default/files/document-library-docs/deap-communication-sept2020_en.pdf
- European-Union. (2021). Erasmus+ Programme Guide. Retrieved 23/08/2021 from https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/sites/default/files/2021-erasmusplus-programme-guide_v3_en.pdf
- García Peñalvo, F. J., Bello, A., Domínguez, Á., & Romero Chacón, R. (2019). Gender Balance Actions, Policies and Strategies for STEM: Results from a World Café Conversation. *Education in the Knowledge Society*(20), 31-31-31-15.
- García-Peñalvo, F. J. (2019). Women and STEM disciplines in Latin America: The W-STEM European Project.
- García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, 21(12). <https://doi.org/10.14201/eks.23013>
- García-Peñalvo, F. J., & Mendes, J. A. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407-411. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.005>
- Gueudet, G. (2015). Internet Resources: Designing and Critiquing Materials for Scientific Inquiry. *Encyclopedia of Science Education*, 539-542.
- Haesen, S., & Put, E. V. d. (2018). STEAM Education in Europe: A Comparative Analysis Report (9789090311968).
- Hamner, E., & Cross, J. (2013). Arts & Bots: Techniques for distributing a STEAM robotics program through K-12 classrooms 2013 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC), Princeton, NJ, USA.
- Herro, D., Quigley, C., Andrews, J., & Delacruz, G. (2017, 2017/11/15). Co-Measure: developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>
- Houghton, A., Oldknow, A., Diego-Mantecón, J. M., Fenyvesi, K., Crilly, E., & Lavicza, Z. (2019). KIKS Creativity and Technology for All. *Open Education Studies*, 1(1), 198-208.
- Hristova, T. T. (2015). Innovative practices and technologies in educational projects of European Schoolnet and the project" Scientix. *Bulgarian Chemical Communications*, 47, 505-508.
- RAISE. (2017). Raising Awareness and Interest in STEM Employment. Retrieved 20/01/2020 from <https://raiseprojecteu.com/project-2/>
- RoboSTEAM Consortium. (2021a). Evaluation of the experiences – O2.A6. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4842335>
- RoboSTEAM Consortium. (2021b). Project Management Handbook. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4841095>
- Román-Gonzalez, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2015). Test de Pensamiento Computacional: diseño y psicometría general. Iii congreso internacional sobre aprendizaje, innovación y competitividad (CINAIC 2015),
- STELLA-PROJECT. (2009). STELLA - Science Teaching in a Lifelong Learning Approach. Retrieved 20/01/2020 from <https://www.stella-science.eu/>
- STEM-Alliance. (2016). STEM Education Factsheet - Executive Summary. <http://www.stemalliance.eu/publications>
- Tyler-Wood, T., Knezek, G., & Christensen, R. (2010). Instruments for assessing interest in STEM content and careers. *Journal of Technology and Teacher Education*, 18(2), 345-368.