

## QUIERO SER INGENIER@ SOSTENIBLE

AB ESPINOSA, J MANSO-MORATO, N HURTADO-ALONSO, V REVILLA-CUESTA, M SKAF,  
V ORTEGA-LÓPEZ, JM MANSO  
*Universidad de Burgos, España*  
[aespinosa@ubu.es](mailto:aespinosa@ubu.es)

### Abstract

Esta ponencia recoge una experiencia STEAM realizada con niños de entre 4 y 10 años en el campo de la ciencia de materiales. Mediante varios talleres se buscó que estos niños aprendiesen la composición del hormigón y lo fabricasen con sus propias manos, familiarizándose con un material de construcción siempre presente en nuestro entorno. A su vez, fabricaron este material con árido sostenible, reduciéndose así el consumo de recursos naturales causado por la explotación de canteras y graveras. Esta actividad permitió a los participantes conocer los materiales de construcción que les rodean y despertar en ellos un espíritu de sostenibilidad.

### Keywords

Sostenibilidad, ingeniería, taller educativo infantil, aprendizaje, hormigón.

## 1. EL HORMIGÓN Y SU SOSTENIBILIDAD

El hormigón es el material de construcción por excelencia. Con él se elaboran todo tipo de edificaciones y obras civiles (Metha y Monteiro, 2014). La mayor parte de los edificios, cualquier tipo de puente, conducciones de abastecimiento de agua, pavimentos... se elaboran con este material. Las razones de su uso tan extendido están claras. Por una parte, se encuentra su reducido coste, lo cual permite que se pueda utilizar en grandes cantidades sin que su adquisición suponga una gran inversión económica. Por otra parte, tenemos su versatilidad en estado fresco, siendo capaz de adaptarse a cualquier tipo de encofrado, lo cual le permite adoptar cualquier forma cuando ha endurecido. A estos dos aspectos debe unirse su elevada resistencia a compresión. El inconveniente de su baja resistencia a tracción generalmente se resuelve introduciendo barras de acero en su interior, conformando lo que se conoce como hormigón armado.

El hormigón es un material compuesto, es decir, está formado por la unión de diferentes materiales (Metha y Monteiro, 2014). Estos materiales son básicamente tres: árido, cemento y agua. El árido y el cemento aportan la resistencia al hormigón, conformando el árido un adecuado esqueleto resistente que es unido a través del cemento. El agua satura los áridos e hidrata el cemento, haciendo que todo ello forme un único conjunto. En el campo del hormigón, se suele considerar que este material presenta una adecuada resistencia cuando al ensayar este material hasta rotura, el fallo se produce por la rotura del árido, no porque el árido despegue del cemento. Todos los materiales deben formar un conjunto indivisible.

No obstante, la composición del hormigón en base a estos tres componentes tiene un grave problema, y es que causa un gran impacto medioambiental (López Ruiz et al., 2022). En primer lugar, los áridos se extraen bien de canteras mediante picado, voladura o corte y machaqueo, o bien de graveras en las márgenes de los ríos. Esto ocasiona un grave problema medioambiental en términos de daño al entorno e impacto visual. En segundo lugar, el cemento también es muy dañino medioambientalmente, pues su fabricación emite grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. De forma concreta, la fabricación de cada tonelada de cemento ordinario emite entre 0.9 y 1 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La industria cementera es una de las más contaminantes del mundo.

Ante esta situación, numerosas líneas de investigación han abordado en los últimos años la elaboración del hormigón con materias primas sostenibles. Así, en vez de utilizarse árido natural y cemento ordinario, se ha buscado fabricar el hormigón con árido y conglomerante procedente de residuos y subproductos industriales (Revilla-Cuesta et al., 2021). Entre las diferentes opciones, como árido se ha empleado la escoria procedente de la fabricación del hierro o el cobre, el árido de hormigón reciclado, plástico o neumáticos machacados. Como cemento se ha utilizado la ceniza volante, el humo de sílice o la escoria siderúrgica granulada molida

(Gupta et al., 2021). El uso de estos componentes en la fabricación del cemento se encuentra incluso normalizado (EN 197-1, 2011).

Entre todas las posibilidades existentes, el árido de hormigón reciclado es una opción ampliamente analizada por los investigadores en el campo del hormigón. Este material procede de elementos de hormigón que han finalizado su vida útil o que no son válidos para su uso (Malazdrewicz y Ostrowski, 2023). En vez de depositar estos elementos en vertedero sin darlos un segundo uso, se puede proceder a su machaqueo obteniéndose un material granular que puede ser utilizado como reemplazo del árido natural (Fig. 1). Su menor densidad y mayor absorción de agua que el árido natural son los dos aspectos que deben tenerse en cuenta al diseñar el hormigón, ajustándose de forma adecuada la cantidad de agua. Así, una adecuada proporción de árido de hormigón reciclado permite obtener un hormigón válido para cualquier tipo de uso.



**Figura 1.** Árido de hormigón reciclado.

## 2. TALLER STEAM “QUIERO SER INGENIER@ SOSTENIBLE”

### 2.1. Marco teórico

La educación STEAM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) busca el aprendizaje en áreas tecnológicas en base a la resolución de problemas o proyectos. Es un enfoque didáctico directamente ligado al ámbito de la ingeniería, aspecto que se encuentra incluido en la propia designación de esta metodología (Marín-Marín et al., 2021). Así, el enfoque STEAM es válido para abordar el aprendizaje en la ciencia de los materiales de construcción, en la cual se encuadra el hormigón. Este es un aspecto básico en los ámbitos de la ingeniería civil, la ingeniería agroalimentaria o la ingeniería de la edificación.

La adopción de enfoques STEAM en edades tempranas del aprendizaje, es decir, en niños que se encuentran cursando Educación Infantil o Educación Primaria, permite que desde una edad temprana se familiaricen con este tipo de conceptos, promoviendo un aprendizaje más sólido en etapas posteriores. Las experiencias STEAM simplemente permiten mejorar la formación en aspectos tecnológicos durante la educación básica. Finalmente, esta metodología también permite despertar en los más jóvenes vocaciones e interés por el mundo que les rodea, preguntándose por qué las cosas son así, y que desarrollen actitudes beneficiosas para la sociedad, como una concienciación sobre la necesidad de la sostenibilidad (Rodrigues-Silva y Alsina, 2023).

### 2.2. Desarrollo del taller

Con el objetivo de divulgar el conocimiento sobre la ciencia del hormigón, la importancia de este material y cómo es posible elaborarlo de forma más sostenible, los miembros del Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Burgos SUCONS (SUstainable CONStruction research group) desarrollaron un taller STEAM para educar a niños entre 4 y 10 años en estos aspectos. Este taller estuvo vinculado a diferentes proyectos de investigación desarrollados por el grupo de investigación SUCONS.

El taller se desarrolló dos días diferentes, coincidiendo con la XII Semana Mujer y Ciencia (6-13 de febrero de 2023) y la 17ª FIRST® LEGO® League (25 de febrero de 2023). Los talleres se realizaron en las instalaciones de la Estación de la Ciencia y la Tecnología, Burgos, y en el campus La Milanera de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos, respectivamente. En ambos casos el taller se adaptó a las condiciones de las instalaciones:

- El taller realizado en la Estación de la Ciencia y la Tecnología se realizó para 2 grupos de 12 participantes, con una duración aproximadamente de una hora y veinticinco minutos para cada uno de ellos.

El primer grupo contó con niños de 2º y 3º de infantil y 1º de primaria (edades entre los 4 y 7 años), mientras que el segundo grupo contó con niños que cursaban 2º, 3º y 4º de primaria (edades entre los 7 y los 10 años).

- El taller correspondiente a la FIRST® LEGO® League se realizó para tres grupos con una duración en torno a los 30 minutos para cada uno de ellos. Cada grupo contó con entre 24 y 30 participantes. En cuanto a edades, el primer grupo estuvo compuesto por niños entre 4 y 6 años, mientras que los otros dos grupos estuvo conformado por niños con edades entre los 6 y los 10 años.

El taller realizado se compuso de tres fases diferentes, que permitieron abordar diferentes aspectos:

- La primera etapa consistió en una presentación con ayuda de soporte de PowerPoint (Fig. 2). Mediante un diálogo con los niños, de forma completamente interactiva, se abordó qué es el hormigón y para qué se utiliza, así como la temática del reciclaje y su importancia.
- La segunda etapa implicó ya una participación directa por parte de los niños. Dotándoles de un pequeño bol y una cuchara para depositar y mezclar los componentes, ellos elaboraron su propio hormigón añadiendo cemento, agua y árido de hormigón reciclado, poniendo el énfasis en la necesidad de emplear materias primas sostenibles (Fig. 3). Con esto se abordó la comprensión del concepto de elaboración de hormigón sostenible. Además, para desarrollar su creatividad se emplearon colorantes (Fig. 4) para que el hormigón que elaborasen fuese de diferentes colores (azul, rojo, verde, amarillo o negro). Con el hormigón elaborado rellenaron unos pequeños moldes, fabricando sus propios ladrillos para construir.
- Finalmente, tras llenar los moldes, se proporcionó a los niños múltiples ladrillos idénticos a los que ellos habían fabricado. Con ellos se les animó a realizar algún tipo de construcción, para lo cual se les proporcionó ideas como una torre o un muro (Fig.5). De este modo los niños participantes se familiarizaron con los usos del hormigón, objetivo de esta tercera etapa.

En el taller realizado en la FIRST® LEGO® League solo se llevaron a cabo las dos primeras etapas del taller debido al menor tiempo disponible para su desarrollo.



Figura 2. Ejemplo de diapositiva empleada en la presentación PowerPoint de la primera etapa del taller.



Figura 3. Segunda etapa del taller en la FIRST® LEGO® League.



**Figura 4.** Segunda etapa del taller en la Estación de la Ciencia y la Tecnología.



**Figura 5.** Tercera etapa del taller en la Estación de la Ciencia y la Tecnología.

### 2.3. Opinión de los participantes

Tras la finalización del taller se preguntó a los niños participantes por tres aspectos: su opinión sobre el reciclaje, la utilidad del hormigón y la vocación ingenieril.

Respecto del primer aspecto los niños en general respondieron de forma muy favorable, entendiendo que reciclar es algo que hay que realizar para el beneficio de todos. En relación con el hormigón, afirmaron que era interesante haber conocido qué es este material dada su presencia en todo tipo de construcciones (*“hasta los bancos de la calle son de hormigón”* llegaron a afirmar). Finalmente, en términos de vocación sí que se encontró que los niños participantes comprendieron mejor la labor de un ingeniero civil y de edificación, indicando bastantes de ellos que querían ser ingenieros en el futuro.

Por tanto, en las tres vertientes los resultados de los talleres fueron muy satisfactorios.

## 3. CONCLUSIONES

La realización de talleres STEAM con niños de temprana edad permite favorecer el aprendizaje de aspectos tecnológicos. Este es un enfoque que puede ser empleado exitosamente para la formación de niños (en esta experiencia educativa particular, de edades entre 4 y 10 años) en los aspectos ligados a la ciencia materiales (en este caso, hormigón) en el campo de la ingeniería civil y de la edificación y a cómo fabricar este material de forma sostenible.

De acuerdo con la propia opinión de los niños participantes, el taller realizado les permitió conocer qué es el hormigón y para qué se utiliza. Además, comprendieron la importancia de la sostenibilidad en todos los campos y de reducir los impactos medioambientales que se producen. El taller también permitió que los niños conociesen mejor la labor de un ingeniero civil y de edificación, despertándose en alguno de ellos interés hacia esta profesión.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

Los talleres realizados forman parte de las actividades de difusión de los proyectos FULLSCALE y REWIND, financiados por el MICIN, AEI, EU, FEDER y NextGenerationEU/PRTR [PID2020-113837RB-I00, ED2021-129715B-I00 y 10.13039/501100011033]

#### 5. REFERENCIAS

- EN 197-1. (2011). Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.
- Gupta, N., Siddique, R., y Belarbi, R. (2021). Sustainable and Greener Self-Compacting Concrete incorporating Industrial By-Products: A Review. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124803. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124803>
- López Ruiz, L. A., Roca Ramon, X., Lara Mercedes, C. M., y Gasso Domingo, S. (2022). Multicriteria analysis of the environmental and economic performance of circularity strategies for concrete waste recycling in Spain. *Waste Management*, 144, 387-400. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.04.008>
- Malazdrewicz, S. y Ostrowski, K. A. (2023). Self-compacting concrete with recycled coarse aggregates from concrete construction and demolition waste – Current state-of-the art and perspectives. *Construction and Building Materials*, 370, 130702. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130702>
- Marín-Marín, J. A., Moreno-Guerrero, A. J., Dúo-Terrón, P., y López-Belmonte, J. (2021). STEAM in education: a bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
- Metha, P. K. y Monteiro, P. J. M. (2014). Concrete: Microstructure, properties and materials.
- Revilla-Cuesta, V., Skaf, M., Espinosa, A. B., y Ortega-López, V. (2021). Multi-criteria feasibility of real use of self-compacting concrete with sustainable aggregate, binder and powder. *Journal of Cleaner Production*, 325, 129327. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129327>
- Rodrigues-Silva, J. y Alsina, Á. (2023). STEM/STEAM in Early Childhood Education for Sustainability (ECEfS): A Systematic Review. *Sustainability*, 15(4), 3721. <https://doi.org/10.3390/su15043721>