

DE LOS PROBLEMAS RESUELTOS AL APRENDIZAJE ACTIVO: UNA PROPUESTA INTERACTIVA PARA LA ENSEÑANZA EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

FROM WORKED EXAMPLES TO ACTIVE LEARNING: AN INTERACTIVE PROPOSAL FOR TEACHING IN BUILDING ENGINEERING

Josep Ramon Llisó-Ferrando⁽¹⁾, Adrián Llorca-Sanchís⁽²⁾, José Manuel Gandía-Romero⁽³⁾, Manuel Valcuende⁽⁴⁾

¹ Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, jollife2@arqu.upv.es

² Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, adllosan@alumni.upv.es

³ Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, joganro@csa.upv.es

⁴ Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, mvalcuen@csa.upv.es

RESUMEN

Actualmente, la enseñanza en el área de Ingeniería en Edificación se enfrenta al desafío de transitar desde metodologías tradicionales hacia enfoques pedagógicos activos, centrados en el estudiante y orientados al desarrollo de competencias clave. Entre las prácticas convencionales más extendidas destaca el uso sistemático de "problemas resueltos", que, si bien resultan útiles en fases iniciales del aprendizaje, tienden a limitar el pensamiento crítico, la creatividad y la transferencia del conocimiento a contextos reales. Este modelo promueve una asimilación pasiva, centrada en la memorización y reproducción mecánica de procedimientos, lo cual es insuficiente en disciplinas como la arquitectura técnica, donde la toma de decisiones, la resolución de problemas abiertos y la integración de múltiples variables son fundamentales.

En este contexto, la incorporación de herramientas interactivas surge como una estrategia eficaz para transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas permiten al estudiante explorar múltiples soluciones, ofrecerle retroalimentación inmediata y adaptarse a su ritmo de aprendizaje, favoreciendo así la construcción activa del conocimiento. Además, propician el desarrollo de habilidades metacognitivas al facilitar la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje y la identificación de fortalezas y áreas de mejora.

El presente trabajo expone el diseño y aplicación de una herramienta interactiva orientada a la transmisión de los conocimientos necesarios para conocer los métodos para la elaboración de dosificaciones de hormigón adaptadas al actual Código Estructural y con unas necesidades predeterminadas. La propuesta, basada en principios de evaluación formativa, permite al estudiante autoevaluarse en tiempo real, analizar sus errores y consolidar los conceptos fundamentales a partir de una retroalimentación orientativa. De este modo, se promueve una formación más autónoma, significativa y alineada con los requerimientos de un entorno profesional en constante evolución. Además, esta herramienta cuenta con la ventaja de poder adaptarse a otros contextos y unidades didácticas.

Palabras clave: herramientas interactivas, autoevaluación, autonomía, metacognición, dosificación del hormigón

ABSTRACT

Currently, education in the field of Building Engineering faces the challenge of transitioning from traditional methodologies to more active, student-centred pedagogical approaches focused on competence development. One of the most widespread conventional practices is the systematic use of worked examples, which—although valuable in the early stages of learning—tend to limit critical thinking, creativity, and the transfer of knowledge to real-world contexts. This model encourages passive assimilation, relying on memorisation and the mechanical reproduction of procedures, which proves inadequate in disciplines such as technical architecture, where decision-making, open-ended problem solving, and the integration of multiple variables are essential.

In this context, the incorporation of interactive tools emerges as an effective strategy for transforming the teaching–learning process. These tools allow students to explore multiple solutions, receive immediate feedback, and progress at their own pace, thereby promoting the active construction of knowledge. Moreover, they foster the development of metacognitive skills by encouraging reflection on the learning process itself and helping learners identify both their strengths and areas for improvement.

This paper presents the design and implementation of an interactive tool aimed at providing the foundational knowledge required to understand the methods for producing concrete mix designs, in accordance with the current Structural Code and specific predefined requirements. Grounded in formative assessment principles, the proposed tool enables students to self-assess in real time, analyse their mistakes, and consolidate key concepts through guided feedback. In doing so, it promotes more autonomous and meaningful learning, aligned with the demands of a constantly evolving professional environment. Furthermore, the tool is adaptable to other contexts and teaching units.

Keywords: *interactive tools, self-assessment, autonomy, metacognition, concrete mix*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la enseñanza en el ámbito de la Ingeniería de Edificación ha experimentado una progresiva transformación impulsada tanto por los cambios estructurales en el sistema universitario europeo como por las nuevas demandas de la sociedad y del mercado profesional. El perfil del egresado del Grado en Arquitectura Técnica —igual que en otras muchas ingenierías y grados técnicos— ya no se define exclusivamente por sus conocimientos técnicos, sino también por su capacidad para tomar decisiones fundamentadas aplicadas a la práctica, trabajar de forma colaborativa, adaptarse a situaciones complejas, y aprender de manera autónoma a lo largo de toda su vida profesional (González & Wagenaar, 2003; Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación [ANECA], 2005). Sin embargo, esta transformación contrasta, en muchos casos, con la existencia y persistencia de metodologías docentes tradicionales, centradas en la transmisión pasiva de contenidos, especialmente en asignaturas con un enfoque técnico, como aquellas centradas en el dimensionamiento y cálculo de estructuras, conocimiento de materiales o tecnología de la construcción (Reyes & Gálvez, 2011). En este contexto, y por circunstancias de tiempo o ratios docente-estudiantes, la metodología de los "problemas resueltos" se mantiene como una de las estrategias más utilizadas en la práctica docente. Este planteamiento consiste en presentar al estudiante una secuencia de ejercicios tipo que reproducen de forma mecánica un procedimiento determinado, habitualmente acompañado de una única solución correcta, con el objetivo de que el estudiante lo imite o lo memorice. Si bien esta aproximación puede ser útil en fases iniciales del aprendizaje, estudios recientes han demostrado que promueve una comprensión superficial del conocimiento, limita el pensamiento crítico y reduce significativamente la transferencia del saber a contextos nuevos o reales (Martín-Gutiérrez et al., 2013; Biggs & Tang, 2011; Atkinson et al., 2000).

Este enfoque tradicional favorece a aquellos estudiantes capaces de llevar a cabo la repetición, la memorización y la reproducción, sobre la exploración y la construcción activa del conocimiento. No obstante, desde las aportaciones del constructivismo y, más recientemente, del conectivismo en entornos digitales, se ha puesto de manifiesto que el aprendizaje significativo y duradero requiere de la implicación activa del estudiante, la conexión de los nuevos conocimientos con sus experiencias previas, y la posibilidad de reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje (Ausubel, 1968; Siemens, 2005; Membrive et al., 2021). Desde esta perspectiva, las metodologías activas —como el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje por proyectos, el aprendizaje cooperativo o el uso de simuladores y herramientas interactivas—

se presentan como alternativas pedagógicas más eficaces para el desarrollo de competencias profesionales en los estudios de Ingeniería (Prince, 2004; Freeman et al., 2014; Sukkar, et al., 2023). Estas metodologías colocan al estudiante en el centro del proceso formativo y lo convierten en protagonista de su propio aprendizaje, promoviendo habilidades transversales como la resolución de problemas abiertos, la toma de decisiones en contextos inciertos, el razonamiento crítico y la autorregulación (Chi & Wylie, 2014; Nicol & Macfarlane-Dick, 2006).

Particularmente relevante en este escenario es el papel de las tecnologías digitales aplicadas a la docencia universitaria. El uso de recursos interactivos y plataformas de aprendizaje adaptativo ha permitido avanzar hacia modelos educativos más flexibles, inclusivos y personalizados, que se adaptan al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante. En este sentido, diversas investigaciones han evidenciado los beneficios del uso de herramientas interactivas en el aula de ingeniería: mejora del rendimiento académico, incremento de la motivación, reducción del abandono, y mayor grado de satisfacción con la experiencia de aprendizaje (Pérez-Pueyo et al., 2020; Brouwer et al., 2023).

En el caso concreto de la enseñanza de contenidos técnicos vinculados a la tecnología del hormigón — como es la dosificación de mezclas conforme al Código Estructural vigente (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021)—, el uso de herramientas interactivas se presenta como una oportunidad pedagógica particularmente prometedora. La dosificación del hormigón implica la consideración simultánea de múltiples variables (tipo de cemento, relación agua/cemento, áridos, aditivos, resistencia característica, ambiente de exposición, etc.) y exige del estudiante una capacidad de análisis, síntesis y toma de decisiones que no se estimula adecuadamente mediante la mera resolución de ejercicios preconfigurados.

Frente a este modelo tradicional, la propuesta que en este trabajo se presenta se enmarca en una línea metodológica innovadora centrada en la creación de una herramienta interactiva diseñada específicamente para la enseñanza y el aprendizaje del proceso de dosificación de hormigón. Esta herramienta permite al estudiante introducir diferentes parámetros, analizar el impacto de sus decisiones, recibir retroalimentación inmediata y explorar múltiples soluciones posibles, en lugar de limitarse a reproducir un procedimiento único. La interactividad favorece la exploración, el ensayo-error, la comprensión profunda de los conceptos, y el desarrollo de habilidades metacognitivas, como la reflexión sobre el propio rendimiento y la identificación de errores. Asimismo, esta iniciativa responde a los principios de la evaluación formativa, en tanto que ofrece al estudiante información continua sobre su desempeño, le permite autoevaluarse y orientar sus esfuerzos de mejora (Black & Wiliam, 2009). Al fomentar la autonomía y el aprendizaje autorregulado, esta herramienta se alinea también con las recomendaciones de las agencias de calidad universitaria, que abogan por una enseñanza más centrada en el desarrollo de competencias que en la mera transmisión de contenidos (ANECA, 2007).

En suma, la propuesta que se desarrolla en esta comunicación busca contribuir a la mejora de la docencia en el ámbito de la Ingeniería de Edificación mediante la implementación de una herramienta interactiva para la enseñanza de la dosificación de hormigón. Esta propuesta se fundamenta en los principios del aprendizaje activo, la evaluación formativa y el uso pedagógico de las tecnologías digitales, con el fin de superar las limitaciones del enfoque tradicional de “problemas resueltos” y avanzar hacia modelos más eficaces, inclusivos y alineados con los retos actuales del entorno profesional y educativo.

2. OBJETIVOS

La propuesta para la mejora docente recogida en este trabajo se centra en el desarrollo de herramientas interactivas para una formación activa del estudiante que favorezca su propia autoevaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, centro todo ello en el área de diseño y cálculo de dosificaciones de hormigón. Todo esto se aborda a través del uso de soluciones tecnológicas inmersivas. Los objetivos específicos de esta propuesta se resumen en los siguientes puntos:

- detectar las limitaciones del enfoque tradicional basado en problemas resueltos en la transmisión de los conocimientos necesarios para el diseño de dosificaciones de hormigón, a partir del análisis de prácticas docentes habituales y del rendimiento académico de los estudiantes;
- desarrollar una herramienta digital interactiva que permita al estudiante introducir parámetros reales y recibir retroalimentación inmediata sobre sus decisiones durante el cálculo de dosificaciones, todo ello teniendo en cuenta las limitaciones y recomendaciones vigentes;

- fomentar el aprendizaje activo y autónomo mediante el uso de una plataforma que facilite la autoevaluación y el aprendizaje por ensayo-error, potenciando habilidades metacognitivas;
- evaluar la eficacia de la herramienta en términos de mejora del rendimiento académico, comprensión conceptual y percepción del estudiante sobre el proceso de aprendizaje propuesto;
- implementar la herramienta propuesta en un entorno virtual que favorezca la experiencia del estudiante;
- valorar la viabilidad de la aplicación de esta herramienta a otros contenidos curriculares relacionados con la tecnología de los materiales y las estructuras en edificación.

3. METODOLOGÍA

La presente propuesta docente se enmarca en un Proyecto de Innovación y Mejora Educativa (financiado por la Universitat Politècnica de València, PIME/24-25/430) desarrollado en el ámbito universitario, cuyo eje central ha sido el diseño, creación y validación de entornos de aprendizaje interactivos y constructivos en asignaturas de Construcción, tanto en el Grado en Fundamentos de la Arquitectura, como en el Grado en Arquitectura Técnica. Este programa abordaba la necesidad de buscar nuevas herramientas que permitieran al estudiante tener un aprendizaje activo, constructivo y favoreciera su autoaprendizaje. El programa surge de un análisis profundo de los últimos cursos donde se encontró un gran vacío en este sentido. La iniciativa concreta que se presenta en este trabajo, centrada en el desarrollo de una herramienta para el diseño y cálculo de dosificaciones de hormigón ha sido impulsada además como parte de un Trabajo Final de Grado (TFG) del Grado en Fundamentos de la Arquitectura. Todo esto ha permitido integrar objetivos pedagógicos, técnicos y formativos en un solo proceso de desarrollo aplicado.

3.1 Enfoque metodológico

Desde el punto de vista metodológico, el proyecto ha adoptado un enfoque basado en el aprendizaje activo y el desarrollo de competencias digitales, combinando elementos de la metodología del aprendizaje basado en proyectos (ABP) con una perspectiva constructivista. La elección del TFG como marco de acción responde a la voluntad de involucrar al estudiante no solo como receptor, sino como co-creador de herramientas pedagógicas, favoreciendo su implicación en un proceso real de innovación educativa con impacto en la docencia. El proceso se desarrolló en tres fases sucesivas: diseño conceptual, desarrollo técnico y validación educativa.

3.2 Diseño conceptual de la herramienta

En la fase inicial se definieron los requisitos funcionales y pedagógicos de la herramienta. El diseño se concibió con el objetivo de reproducir de forma interactiva el proceso completo de cálculo de la dosificación de hormigón para distintas condiciones de exposición, prestaciones mecánicas y características de los materiales. Este esquema se podría asemejar a la plantilla de la que los estudiantes disponen para afrontar ejercicios de cálculo de dosificaciones de hormigón armado. Existen numerosos métodos para llevar a cabo estos cálculos, pero debido a que el método propuesto por Carlos De La Peña basado en resistencias es el más utilizado en el aula, fue este con el que se trabajó (Pérez Val, C. & Martín De La Fuente, A., 2015, Rodríguez Saiz, A. & Pérez Val, C., 2018). Se estableció una estructura modular y secuencial por pasos, que reproduce el flujo lógico seguido habitualmente en la práctica profesional (y docente).

El diseño pedagógico de la interfaz se basó en los siguientes principios:

1. descomposición por fases del proceso de cálculo, permitiendo al estudiante avanzar progresivamente y reflexionar sobre cada decisión tomada;
2. retroalimentación inmediata y orientativa, con explicaciones complementarias en caso de error o incoherencias en los datos introducidos;
3. control autónomo del ritmo de aprendizaje, sin necesidad de supervisión directa del docente;
4. diseño accesible y multiplataforma, ejecutable desde navegadores estándar sin necesidad de instalación.

Asimismo, se consideró la integración de ayudas contextuales, botones de información adicional, glosario técnico, gráficos, o alertas, y una función de reinicio en cada etapa, lo cual refuerza la experiencia de

aprendizaje guiado y autoevaluativo (aunque en la primera versión de la herramienta de cálculo no fueron completamente introducidas).

3.3 Desarrollo técnico

La implementación de la herramienta se realizó íntegramente mediante programación en HTML, CSS y JavaScript, empleando una arquitectura web estática con gran capacidad de personalización. El código fuente supera las 5.000 líneas de desarrollo, estructuradas en múltiples bloques funcionales que controlan la navegación, los formularios de entrada, la validación de datos, los cálculos intermedios y la generación de resultados.

Cada uno de los pasos del proceso está encapsulado en una sección dinámica del entorno web, con lógica interna de validación de coherencia y consistencia entre datos. Además, se diseñó un sistema interno de gestión de errores y avisos personalizados, que no solo señala qué dato es incorrecto, sino que sugiere posibles causas y proporciona pistas para su corrección.

El desarrollo técnico fue acompañado por una fase de pruebas internas centradas en la estabilidad del sistema, la usabilidad en distintos dispositivos y navegadores, y la fiabilidad de los cálculos. Para ello, se utilizaron múltiples escenarios simulados con distintos conjuntos de datos de entrada.

A continuación, se detallan de manera resumida, los diferentes apartados en los que se estructuró la aplicación para seguir una estructura lógica y enmarcada en la estructura del método propuesto por Carlos De La Peña (Pérez Val, C. & Martín De La Fuente, A., 2015, Rodríguez Saiz, A. & Pérez Val, C., 2018).

3.3.1 Introducción de datos

La primera de las opciones que se puede encontrar un estudiante al acceder a la aplicación desarrollada es la introducción de datos. En la Figura 1 se muestra esta primera interfaz. Como se puede ver, el abanico de posibilidades que abarca la aplicación permite dosificar casi cualquier tipo de hormigón. Como datos base, se solicita la tipificación (de acuerdo con el Código Estructural), tipo de cemento a emplear, posibilidad de introducir aire ocluido, adiciones (ceniza volante o humo de sílice, únicas permitidas por el Código Estructural) y los áridos que se emplearán (incluyendo datos como humedad de estos, tamaños, tipología referida a rodados o triturados o densidad). Además, la aplicación permite trabajar con dos áridos (arena y grava) o tres áridos (arena, grava y gravilla). Por otro lado, otra de las variables que el programa contempla son las condiciones de hormigonado o el ambiente de exposición, ya que todo ello puede condicionar el resultado final de la dosificación. El último dato que el programa solicita es el volumen de hormigón que se precisa fabricar. Una vez introducidos todos los datos, la aplicación permite calcular directamente la dosificación pulsando el botón “calcular”.

T	Armadado	TIPO	CEM I
R (MPa)	35	CLASE	32.5
CONSISTENCIA	Seca	DENSIDAD	3.10
TM	12.5		
A1	NO		
A2	NO		
A3	NO		
A4	NO		

✓ Idoneidad en la selección del cemento

APLICACIÓN: Hormigón en masa

CONDICIONES: Hormigonado en tiempo frío

AGRESIVIDAD: Ninguna

+ Adición

TIPO: Humo de sílice

% MÁXIMO: 10

K: 2

DENSIDAD: 0.98

+ Aditivo

TIPO: Superplastificante

% REDUCCIÓN: 20

DENSIDAD: 1.2

CONTENIDO: 1.5

SÓLIDOS: 15

+ Grava

NATURALEZA: Rodado

TAMAÑO MÁX.: 12.5

MÓDULO: 7.48

HUMEDAD SUP.: 2.00

HUMEDAD TOT.: 3.00

COEF. ABSORP.: 1.00

DENSIDAD: 2.50

+ Gravilla

NATURALEZA: Rodado

TAMAÑO MÁX.: 4

MÓDULO: 4.48

HUMEDAD SUP.: 2.00

HUMEDAD TOT.: 3.00

COEF. ABSORP.: 1.00

DENSIDAD: 2.50

+ Arena

NATURALEZA: Rodado

TAMAÑO MÁX.: 2

MÓDULO: 3.90

HUMEDAD SUP.: 2.00

HUMEDAD TOT.: 3.00

COEF. ABSORP.: 1.00

DENSIDAD: 2.50

+ Ejecución

CONDICIONES: Buenas

HORMIGÓN VIBRADO: SI

ÁRIDOS: SI

MACIZADO: SI

HORMIGÓN EN MASA: SI

AIRE OCUIDO: No

+ Volumen

VOLUMEN A HORMIGONAR: 1 m³

Figura 1. Introducción de datos.

3.3.2 Cálculo de la dosificación de la pasta

Siguiendo el método propuesto por Carlos De La Peña, la primera parte del cálculo de una dosificación de hormigón es determinar la mezcla de la pasta, es decir, cantidades de agua, cemento, relación agua-cemento, y cantidad de adición en el caso de que se introdujera en la pestaña de introducción de datos. Entre las ventajas que esta aplicación incluye, son los avisos y recomendaciones que facilita durante el cálculo. En este caso, además de las cantidades de cada componente de la dosificación, el programa ha sido incluido para analizar si la resistencia a compresión deseada (resistencia característica), y si la mezcla cumple el contenido de cemento mínimo o la relación agua-cemento con los máximos establecidos en el Capítulo 9 del Código Estructural (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021). Además, el programa fue preparado para alertar (Figura 2) respecto a la selección del cemento. El Código Estructural, en su Anejo 6 (Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, 2021, recoge una serie de recomendaciones en torno a la selección de cemento. En este apartado, se presentan diferentes supuestos y un resumen de los cementos más adecuados, basados en anteriores Reales Decretos, como el RD 256/2016, recientemente actualizado mediante el RD 320/2024. Entre los avisos, se recogen señales indicando la adecuación o no del cemento al uso, ambiente o condiciones de puesta en obra, pero también se incluyen recomendaciones de cementos que pueden ser más óptimos que el introducido en la pestaña de datos.

AVISO. Los datos a continuación presentados únicamente deben ser utilizados como indicadores y no ser considerados totalmente exactos para la fabricación de hormigón estructural.

HA - 35 / S / 12,5 / XC1 + XD1 + XA1

Fase 1: Pasta de Cemento						
Cantidad de Agua	190.0 kg					
Valor de K	0.054					
Resistencia Media, fcm	48.8 MPa					
Cantidad de Cemento	595.2 kg					
Relación Agua/Cemento	0.319					

Fase 2: Comprobación de Ambiente						
Ambiente	A/C Máx.	A/C Utilizada	Cem. Min.	Cem. Utilizado	fcm Min.	fcm Utilizada
A1: XC1	0.6	0.319	275	595.2	25	48.8
A2: XD1	0.5	0.319	325	595.2	30	48.8
A3: XA1	0.5	0.319	325	595.2	30	48.8
A4	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Figura 2. Dosificación de la pasta, y recomendaciones en torno a la selección del cemento.

3.3.3 Introducción de aditivos

Una vez determinada el peso de agua, cemento y adición si la hubiera, el programa está programado para estimar la cantidad de aditivo (en el caso de que haya sido indicado en la pestaña de “introducción de datos”). Actualmente, el programa solo permite introducir superplastificantes, aunque está previsto seguir ampliando el abanico de posibilidades que se ofrece. En este caso, a partir del volumen de agua que reduce, la densidad del producto, y aspectos como el contenido de sólidos y líquidos del compuesto, el programa aportará una nueva dosificación de la pasta corrigiendo los datos obtenidos en la fase previa. Entre las ventajas del método de cálculo que el programa emplea, destaca que el sistema es capaz de corregir excesos de reducción de agua, para mantener la cantidad de cemento mínimo o la relación agua-cemento.

3.3.4 Volumen y peso de los áridos

Siguiendo el método propuesto por Carlos De La Peña, la siguiente fase de cálculo abarca todo lo referente al cálculo del volumen de áridos total y el volumen de cada tipo de árido empleado. En este caso, el proceso de cálculo se basa en un método gráfico, sin embargo, el programa incluye un proceso de cálculo matemático que automatiza todo ello. De esta forma, con las curvas propuestas por Carlos De La Peña, y teniendo en cuenta el tamaño de cada tipo de árido, se determina el porcentaje de árido necesario para cada arena o grava, y el volumen al que corresponde este porcentaje. A partir de ello, y teniendo en cuenta la densidad de los áridos, el programa aporta un dato final correspondiente al peso de cada árido (Figura 3).

Fase 5.1: Volumen de Áridos Total	
Volumen Total	1025.0 L
Volumen Cemento	96.77 L
Volumen Agua	145.9 L
Volumen Aditivo	5.95 L
Volumen Adición	85.02 L
Volumen Aire	0.00 L
Volumen de Áridos Necesario	691.32 L

Figura 3. Estimación de volumen y peso de los áridos.

Por último, en esta fase de cálculo, están introducidas todas las correcciones que se deben llevar a cabo correspondientes a si el hormigón es en masa o no, si se va a vibrar o no, o incluso si existe alguno de los áridos que se vaya a emplear que sea de tipo rodado.

3.3.5 Dosificación “ideal” y dosificación “final”

La última fase de cálculo abarca la presentación de la dosificación ideal para un metro cúbico de hormigón. Sin embargo, esta dosificación se define como “ideal”, ya que no considera la posible humedad introducida por los áridos o si se desea introducir aire ocluido. A partir de los datos introducidos de partida, el programa corrige esta dosificación “ideal” aportando una dosificación final con todas las correcciones necesarias. Debe señalarse que esta dosificación “final” es para un metro cúbico de hormigón (Figura 4).

Dosificación Final en Peso para 1 m³	
Ratio a/c	0.319
Agua (verter)	145.9 kg
Cemento	380.9 kg
Aditivo	7.14 kg
Adición	47.6 kg
Arena	1089.8 kg
Gravilla	-102.2 kg
Grava	675.5 kg
Aire	0.0 %
Densidad aprox.	2244.6 kg/m³

AVISO. Cemento recomendado para esta aplicación.

AVISO. Cemento recomendado para estas condiciones de hormigonado.

AVISO. Cemento no recomendado para esta agresividad ambiental.

Figura 4. Dosificación “ideal” y dosificación “final”.

3.3.6 Resultados

La última de las pestañas que el programa facilita son los resultados, es decir, las cantidades de cada material empleado para la fabricación del hormigón definido durante la introducción de datos, teniendo en cuenta el volumen que se desea fabricar. Esta pestaña, además de estos datos finales, permite introducir alertas o recomendaciones, como en el caso de que se emplee una cantidad de cemento superior a 400 kg/m³ o 500 kg/m³, ya que el Código Estructural, aunque no lo impide, recomienda tomar precauciones, sobre todo en lo que a curado se refiere. Además de todo ello, el programa está preparado para presentar también los datos en formato gráfico, lo que permite hacer todo el desarrollo mucho más visual e interactivo (Figura 5).

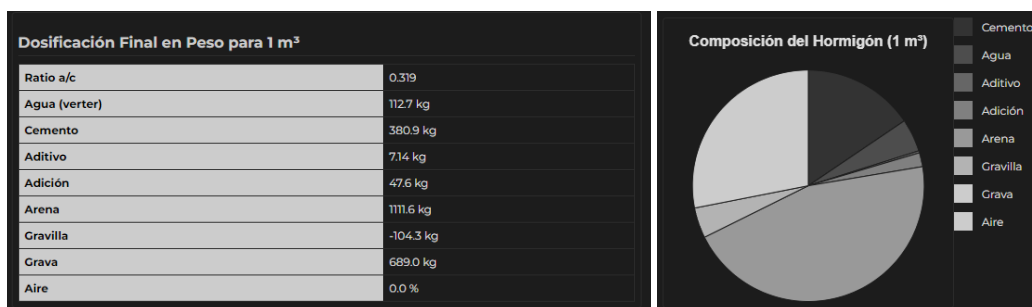


Figura 5. Resultados.

Entre otras características adicionales, la aplicación fue preparada para adaptarse a diferentes dispositivos, como ordenadores, teléfonos móviles o tabletas, incrementando su versatilidad.

4. RESULTADOS: VALIDACIÓN EN CONTEXTO DOCENTE

Una vez desarrollada la aplicación, se procedió a su integración en el contexto real del aula universitaria. La herramienta fue empleada de manera piloto en la asignatura de “Construcción III” del Grado en Fundamentos de la Arquitectura, durante el curso 2024-2025. El objetivo de esta fase era valorar tanto el funcionamiento técnico como la eficacia pedagógica del recurso.

Con el objetivo de dinamizar su uso, y hacer la aplicación más atractiva, esta fue alojada en el espacio virtual desarrollada por los docentes que componen el PIME que financia este trabajo. Para ello, se construyó un espacio virtual que los estudiantes pudieran recorrer inspirado en uno de los laboratorios de investigación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universitat Politècnica de València. El espacio real fue recreado mediante programas como AutoCad, ArchiCad y UnrealEngine, tanto con el objetivo de construirlo virtualmente, como dotarlo de texturas y vida para que pudiera ser interactivo.

En la Figura 6 se recogen una serie de capturas de pantalla del espacio virtual y la herramienta de cálculo diseñada. El objetivo de esta herramienta es servir como plataforma donde integrar los diferentes recursos que se generen en los próximos cursos. Actualmente, junto con la herramienta descrita en este programa,

existen otros recursos como anejos al temario visto en aula, donde se profundiza en diferentes aspectos o se introducen actividades de refuerzo, o herramientas de cálculo complementarias, como programas para estimar retracción o cálculo de flecha.

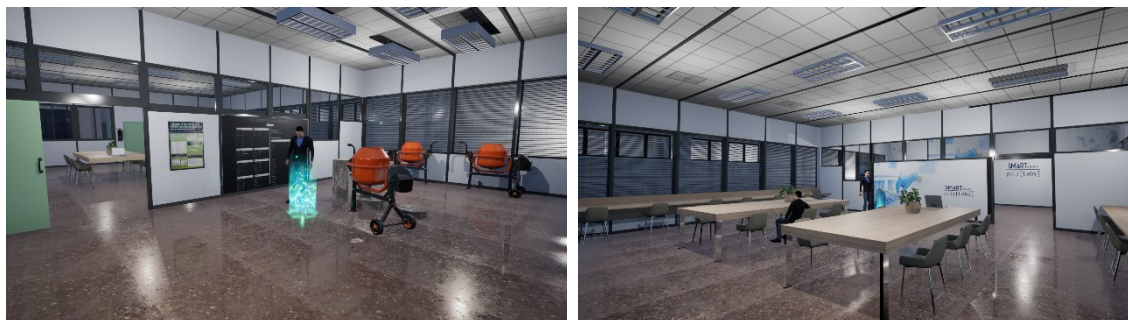


Figura 6. Resultado final: plataforma virtual y recursos disponibles.

La herramienta se puso a disposición de un grupo de estudiantes a través del campus virtual de la universidad, acompañada de una breve guía de uso y una pequeña descripción en el aula. La participación fue voluntaria, aunque se incentivó como parte de las actividades de refuerzo y autoevaluación. Además, se introdujeron sobre todo refuerzos relacionados con la última parte del curso, favoreciendo y motivando su uso. Durante este periodo, se recogieron datos de uso anónimos, así como valoraciones cualitativas a través de un cuestionario de satisfacción. Estos datos permitieron detectar que la opinión del estudiante respecto a la herramienta concreta que este trabajo recoge y las otras introducidas en el espacio virtual, así como la plataforma donde se alojaron. En la mayoría de los casos destacó que el grado de satisfacción era alto, aunque en la mayoría de los casos reconocieron e identificaron aspectos de mejora que a continuación se señalan.

4.1 Posibilidades de adaptación, mejora y escalabilidad

Uno de los logros destacados de la iniciativa ha sido el desarrollo de una herramienta fácilmente adaptable a otros contextos formativos. Dado que la lógica del sistema está construida sobre una estructura modular, es posible reutilizar su arquitectura para otras aplicaciones relacionadas con cálculos estructurales, dimensionamiento de elementos constructivos o incluso en otras disciplinas de la ingeniería civil.

Asimismo, la herramienta puede ser implementada como recurso en línea para el autoaprendizaje fuera del aula, lo que la convierte en una estrategia útil no solo para formación inicial, sino también para formación continua y actualización profesional. Sin embargo, en el contexto docente, un aspecto de mejora clave puede ser la limitación de los resultados. Actualmente, el programa permite introducir unos datos y recibir unos resultados, lo que al estudiante puede condicionarle. Sin embargo, si el programa solo aportara los datos una vez el estudiante hubiera introducido los suyos, favorecería su autoevaluación y aprendizaje. Esta mejora, ya se ha implementado en otras herramientas de cálculo, y se ha detectado que ayuda mucho más al estudiante.

También se debe señalar que los estudiantes que han utilizado la plataforma virtual completa han señalado también opciones de mejora como la posibilidad de incluir ayudas, sobre todo en el espacio que pueden recorrer, ya que para el docente que lo crea le puede resultar familiar, pero no al resto de los usuarios.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo recoge la descripción del proceso de diseño llevado a cabo para desarrollar una herramienta de apoyo al estudiante en el área de cálculo de dosificaciones de hormigón. Se trata de una parte del temario densa y cuya componente práctica es muy difícil de abordar en su totalidad en el aula debido al amplio abanico de posibilidades que abarca. Sin embargo, con esta herramienta, los estudiantes pueden, a su ritmo, plantear problemas y obtener resultados de manera que se generen sus propios problemas facilitando el estudio.

Entre las ventajas detectadas, se debe señalar la novedad que supone esto entre los estudiantes, más si cabe si se aloja en un entorno virtual, interactivo y constructivo que permite abarcar muchos otros recursos. Sin embargo, entre los inconvenientes, se debe señalar el tiempo que exige del docente para prepararlo. Además, se debe tener en cuenta también las limitaciones en cuanto a programación o desarrollo que pueden tener los docentes que elaboren este tipo de herramientas. A pesar de todo ello, actualmente, la aplicación

está en uso, aunque permite mejoras que se espera sean implementadas en el presente curso: posibilidad de autoevaluación en los ejercicios, nuevas herramientas y aplicaciones o mejoras en la plataforma virtual en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANECA (2005). Libro blanco del título de grado en Ingeniería de la Edificación. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.
https://www.aneca.es/documents/20123/63950/libroblanco_jun05_edificacion.pdf/c7a27074-cb27-d316-b9a0-15b50a00562c?t=1654601777930
- ANECA (2007). Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. <https://www.nebrija.com/unidad-tecnica-de-calidad-nebrija/pdf/guia-apoyo-resultados-aprendizaje.pdf>
- Atkinson, R. K., Jerry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181-214.
<https://doi.org/10.3102/00346543070002181>
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University* (4th ed.). Maidenhead: McGraw-Hill/Open University Press. ISBN: 13: 978-0-33-524275-7
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Brouwer, N., Korthagen, F. A. J., & Brekelmans, M. (2023). Designing feedback to support active learning in technology-enhanced environments. *Educational Technology Research and Development*, 71(2), 499–518.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_11
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- González, J., & Wagenaar, R. (Eds.). (2003). *Tuning Educational Structures in Europe: Final Report. Phase One*. Universidad de Deusto. <https://doi.org/10.15581/004.5.26536>
- Martín-Gutiérrez, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D., & Ortega, M. (2013). Improving academic performance and motivation in engineering education through the use of Augmented Reality tools. *Computers & Education*, 64, 1–12. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22095-1_102
- Membrive, A., Nieto, M., & Solari, M. (2021). Enseñar a reflexionar: Estrategias y experiencias que utilizan la reflexión para promover aprendizajes con sentido. *Cuadernos de Pedagogía, Sección Experiencia*.
- Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, Gobierno de España (2021). *Código Estructural*.
- Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199–218.
<https://doi.org/10.1080/03075070600572090>
- Pérez-Pueyo, Á., Díez-Herrera, M., & López-Pastor, V. M. (2020). Tecnologías aplicadas a la evaluación formativa en educación superior. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 23(2), 185–203.
- Pérez Val, C. & Martín De La Fuente, A. (2015) *Manual de Dosificación de Hormigones (I)*. ISBN: 9788492681518.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Reyes, E., Gálvez, J. C. (2011). Introduction of Innovations into the Traditional Teaching of Construction and Building Materials. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 137(1): 28-37.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000033](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000033)
- Rodríguez Saiz, A. & Pérez Val, C., (2018) *Manual de problemas de dosificación de hormigones II. Problemas resueltos según los métodos de Bolomey y de la Peña*. ISBN: 978-84-16283-52-1
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10. https://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm
- Sukkar, A., Yahia, M. W., Mushtaha, E., Maksoud, A., Buhashima Abdalla, S., Nasif, O., & Melahifci, O. (2024). Applying active learning method to improve teaching outcomes in architectural engineering courses. *Open House International*, 49(1), 205-220. <https://doi.org/10.1108/OHI-10-2022-0259>