

CICLOS DE MEJORA EN EL AULA

Curso 2025-26

Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla



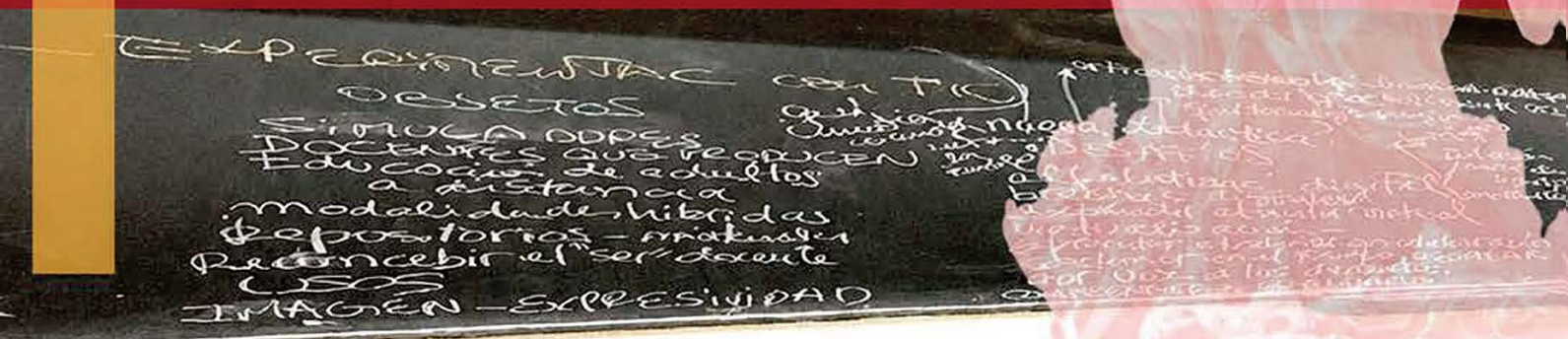
Coordinadores:

Ángel Francisco Villarejo-Ramos

Rafael Porlán

Gabriela Delord

Begoña Blandón-González



Ángel Francisco Villarejo-Ramos, Rafael Porlán,
Gabriela Delord y Begoña Blandón-González (coordinadores)

Ciclos de mejora en el aula. Curso 2025-26

Experiencias de Innovación Docente de la Universidad de Sevilla



Secretariado de Innovación Educativa
Dirección General de Formación Continua y Complementaria



**UNIVERSIDAD
DE SEVILLA**

1505

ice
Instituto de Ciencias
de la Educación

eus EDITORIAL
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Sevilla 2026



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

© Instituto de Ciencias de la Educación
Secretariado de Innovación Educativa - Universidad de Sevilla 2026
Avda. Ramón y Cajal, 1. Planta Baja.
Facultad de CC. Económicas y Empresariales - 41018 Sevilla.
Tfnos.: 954 556 791
Correo electrónico: ice@us.es
Web: <<https://sfep.us.es>>

© Editorial Universidad de Sevilla 2026
C/ Porvenir, 27 - 41013 Sevilla.
Tfnos.: 954 487 447; 954 487 451
Correo electrónico: info-eus@us.es
Web: <<https://editorial.us.es>>

© Ángel Francisco Villarejo-Ramos, Rafael Porlán, Gabriela Delord y Begoña Blandón-González,
coordinadores, 2026

© De los textos, los autores 2026

ISBN-e: 978-84-472-3252-9

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447232529>

Maquetación y edición digital: Dosgraphic s.l. (dosgraphic@dosgraphic.es)

Índice por áreas

ARQUITECTURA

Pensar antes de calcular: un Ciclo de Mejora en el Aula en Mecánica del Suelo y Cimentaciones para estudiantes de Arquitectura	13
ISABEL CUERDA DEL VALLE	
Resolución de problemas reales como estrategia de aprendizaje en Mecánica del Suelo y Cimentaciones.....	29
NATALIA FERNÁNDEZ PÉREZ	
Estructuras metálicas: una experiencia docente. Del laboratorio a las normas de diseño.....	43
ISABEL GONZÁLEZ-DE-LEÓN	
Mejora del aprendizaje en la expresión gráfica arquitectónica: innovación docente en Dibujo 1 Geometría y Percepción	57
PATRICIA FERREIRA-LOPES	
Transformar el aula en un laboratorio creativo: Un ciclo de mejora en la asignatura Taller de Arquitectura 3.....	71
SARA FERNÁNDEZ DE TRUCIOS	

BELLAS ARTES

Proyecto artístico e identidad: una experiencia de innovación docente en el aula de Pintura desde una metodología reflexiva y práctica.....	85
ERIKA ESPINOSA DE LOS MONTEROS CLAVIJO	
Construir mundos virtuales. Secuencialidad y autonomía en la enseñanza del modelado 3D	99
MARTA PÉREZ MARTÍNEZ	



Del problema profesional al aprendizaje significativo: el mapa de daños como eje para la aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en el Grado de Conservación y restauración de bienes culturales	113
M. ELENA PÉREZ-LÓPEZ	

Nuevas metodologías docentes en actividades de diagnóstico en pintura de caballete	129
FERNANDO JAVIER POYATOS JIMÉNEZ	

BIOLOGÍA

Enseñar histología vegetal a través del tallo. Un ciclo de mejora docente	143
FRANCISCO JAVIER VALVERDE MORILLAS	

CIENCIAS ECONÓMICAS

Competencias directivas en Administración de Empresas: Diseño y aplicación de un CIMA	157
JEISSON ALEXANDER HIGUERA REINA	
Innovando en la docencia de la asignatura de Gestión Empresarial Informatizada	173
ROSA ARGELIA MEDINA TORREJÓN	

COMUNICACIÓN

Una propuesta innovadora para aprender a crear un spot publicitario con perspectiva de género	187
SOFÍA OTERO-ESCUDERO	



DERECHO

- Innovación docente en Derecho Financiero y Tributario:
el aprendizaje activo en el procedimiento de recaudación..... 201
ALEJANDRO TORRESCUSA CORDERO
- Innovación Docente real y efectiva en el Derecho Administrativo:
procedimiento administrativo..... 213
IRENE ISABEL FRANCO FERNÁNDEZ

EDUCACIÓN

- De la Trinchera al Liderazgo: El CIMA como Estrategia
de Resistencia y Pensamiento Sistémico en la Formación Docente..... 229
FRANCISCO JOSÉ BORGE MORÓN
- Diseño y evaluación de un CIMA para el Aprendizaje de
las Actuaciones Educativas de Éxito en Futuros Maestros
de Educación Primaria 245
PAULA DE JUAN IGLESIAS

ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA

- Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza
de la Cirugía Podológica..... 259
LUIS MARÍA GORDILLO FERNÁNDEZ
- Aprendizaje basado en problemas para la gestión
de la calidad en la Clínica Podológica 275
MERCEDES ORTIZ ROMERO
- Innovación docente en los seminarios de la asignatura
de Enfermería del Envejecimiento 289
GLORIA VÁZQUEZ GONZÁLEZ
- Ciclo de mejora en el aula aplicado a la asignatura
de Enfermería del adulto en el ámbito comunitario..... 303
ISABEL DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ



FILOLOGÍA

Fonética y fonología francesas e innovación docente: aplicación de un ciclo de mejora	315
MARÍA DEL MAR MACÍAS CHACÓN	
Un Ciclo de Mejora en el Aula en la asignatura <i>Francés para Empresas Turísticas</i>	329
ESTEFANÍA MARCETEAU CABALLERO	
Cómo crear un capítulo de un manual de FLE.....	345
MARÍA LILIANA RUBIO PLATERO	
Aprender sobre la identidad y la alteridad fuera de Francia: Innovación docente en Panorama de la Francofonía.....	359
MARTA CONTRERAS PÉREZ	
La enseñanza del chino a través de la naturaleza y la filosofía taoísta: un Ciclo de Mejora en el Aula.....	373
QI WANG	

GEOGRAFÍA E HISTORIA

Innovación docente en la asignatura <i>Últimas Tendencias Artísticas</i> mediante un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA).....	385
ALEJANDRO ROMÁN LÓPEZ	

INGENIERÍAS

Aprender haciendo: Aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula sobre el inicio de la actividad económica	399
ANA PEGADO-BARDAYO	
De ecuaciones a órbitas: un ciclo de mejora en mecánica orbital	413
ANA SÁNCHEZ RIVERO	



Un festival como aula: contexto narrativo y Ciclos de Mejora en el Aula para el aprendizaje del servicio DNS en Arquitectura y Servicios de Redes.....	427
ANDREEA M. OPRESCU	
Ciclo de Mejora en el Aula en Sistemas Electrónicos Aeroespaciales: aprendizaje basado en investigación	441
JORGE JIMÉNEZ-SÁNCHEZ	
Uso de un entorno laboral real para contextualizar las prácticas de laboratorio de electrónica	457
PILAR CANO LOZANO	
Aplicación de un ciclo de mejora en el aula en la asignatura energía solar en procesos térmicos	471
ANTÓN LÓPEZ ROMÁN	
Mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje en las prácticas de laboratorio de la asignatura Ingeniería de Materiales I.....	487
DANAYSI MENA TORRES	
El Aprendizaje del Aprendizaje Automático: un Ciclo de Mejora en el Aula.....	501
DAVID ORELLANA MARTÍN	
Ciclo de Mejora en el Aula aplicado a transistores MOSFET	515
GERMÁN CANO QUIVEU	
De la teoría al contexto industrial: un ciclo de mejora en el aula para la enseñanza de la generación de energía térmica en calderas	529
GRACIA MARÍA CABELLO GONZÁLEZ	
Aplicación del Ciclo de Mejora en el Aula-CIMA para la toma de decisiones en ingeniería de diseño con Ansys Granta EduPack.....	543
HANAA MEHDI SEFIANI	
Diseño y aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en la asignatura de Ingeniería Fluidomecánica	557
JAVIER SERRANO REYES	



Aprendizaje activo en prácticas de corrosión mediante un CIMA.....	571
JESÚS LÓPEZ ARENAL	
Ciclos de mejora en el aula aplicados a la Transmisión de Calor	587
LAURA GONZÁLEZ MORÁN	
Ciclo de mejora en el aula para ingenierías técnicas en la rama de ciencia de materiales: Diagramas de fases.....	601
LIDIA CONTRERAS BERNAL	
Aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) en Ingeniería Informática: Intérpretes y Compiladores.....	615
MANUEL CARRANZA GARCÍA	
Diseño y aplicación de un Ciclo de Mejora en el Aula en la enseñanza de Transmisión de Calor	629
MARÍA DEL CARMEN PAVÓN MORENO	
Ciclo de Mejora en el Aula aplicado a las prácticas de Redes y Sistemas Distribuidos	643
PAULA NAVARRO GONZÁLEZ	
Aprendizaje significativo y sostenibilidad: Un Ciclo de Mejora para competencias en gestión de RCD con base constructivista.....	657
ROCÍO PINEDA-MARTOS	
Innovación docente aplicada a la resolución de problemas de Intercambiadores de Calor	671
SERGIO JESÚS NAVAS HERRERA	

MEDICINA

De la medicina memorística al razonamiento clínico: un ciclo de mejora docente en Ginecología y Obstetricia	683
JOSÉ ANTONIO GARCÍA MEJIDO	
Del concepto a la intervención real: diseño y evaluación de un programa de promoción de la salud mediante un ciclo de mejora en el aula	699
JOSÉ VALENCIA MARTÍN	



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

PSICOLOGÍA

La dignidad en el trabajo como contenido y paradigma: un Ciclo de Mejora en el Aula en Psicología de los Recursos Humanos.....	713
MARÍA D. BURGUILLOS DURÁN	
Más allá de la teoría: Propuesta de reto profesional para construir vidas autónomas	727
MARTA ORTIZ GÓMEZ	
Diseño, Aplicación y Evaluación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) para la Enseñanza de Psicología Social.....	741
ÁNGELA FERNÁNDEZ-CANSECO	
Percepción social, interseccionalidad y justicia social: un Ciclo de Mejora en el Aula como experiencia de innovación docente en Psicología Social	753
ANNA ZAPTSI	

QUÍMICA

Hacia un laboratorio más didáctico: innovación docente en técnicas instrumentales.....	767
ELENA RODRÍGUEZ REMESAL	
Innovación docente para la primera toma de contacto de los alumnos del Grado en Química con el laboratorio.....	781
INMACULADA MÁRQUEZ ESCUDERO	



Pensar antes de calcular: un Ciclo de Mejora en el Aula en Mecánica del Suelo y Cimentaciones para estudiantes de Arquitectura

Thinking before calculating: an Improvement Cycle in Classroom in Soil Mechanics and Foundations for Architecture students

Isabel Cuerda del Valle

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4501-947X>

Universidad de Sevilla

*Departamento de Estructuras de Edificación e
Ingeniería del Terreno*

icuerda@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447232529.01>

Pp.: 13-28



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Resumen

Este capítulo presenta el diseño, aplicación y evaluación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) desarrollado en la asignatura Mecánica del Suelo y Cimentaciones, del Grado en Fundamentos de Arquitectura. El CIMA se aplicó en tres sesiones prácticas dedicadas a la comprobación del Estado Límite Último de hundimiento en cimentaciones superficiales. La intervención partió de una situación profesional en la que los estudiantes, organizados en grupos, debían predimensionar una cimentación y verificar su seguridad según el CTE DB SE-C. El objetivo principal fue desplazar la clase desde la reproducción guiada de procedimientos hacia una comprensión razonada del problema geotécnico. Para ello, se combinaron ideas iniciales de los estudiantes, actividades de contraste, trabajo en grupo y cuestionarios inicial-final dentro de un sistema docente que conecta contenidos, metodología y evaluación. Los resultados muestran una evolución positiva de los modelos mentales de los estudiantes, especialmente en la comprensión de las comprobaciones de seguridad frente al hundimiento mediante el método de los Estados Límite y en la relación entre presión de hundimiento, presión admisible y coeficiente de seguridad.

Palabras clave: Mecánica del suelo y cimentaciones, arquitectura, ingeniería, docencia universitaria, desarrollo profesional docente.

Abstract

This chapter presents the design, implementation and evaluation of an *Improvement Cycle in Classroom* (ICIC) developed for the Soil Mechanics and Foundations module within the Bachelor's Degree in Architecture. The ICIC was implemented in three practical sessions focused on verifying the Ultimate Limit State of bearing failure in shallow foundations. The intervention started with a professional scenario in which the students, organised into groups, had to carry out a preliminary design of a foundation and verify its safety in accordance with the CTE DB SE-C. The main objective was to shift the class from the guided reproduction of procedures towards a reasoned understanding of the geotechnical problem. To this end, the students' initial ideas, contrasting activities, group work and initial-final questionnaires were combined within a teaching system that connects contents, methodology and assessment. The results showed a positive development among students' mental models, particularly in their understanding of safety checks against bearing failure through the Limit State method and the relationship between ultimate bearing resistance, allowable bearing pressure and safety factor.

Keywords: Soil mechanics and foundations, architecture, engineering, university teaching, teacher professional development.



Introducción

Este Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) (Porlán, 2017) se ha desarrollado en la asignatura Mecánica del Suelo y Cimentaciones, del Grado en Fundamentos de Arquitectura de la Universidad de Sevilla. Es una asignatura obligatoria de tercer curso, de seis créditos ECTS, y un grupo aproximado de 30 estudiantes. Constituye el primer y único contacto específico de los futuros arquitectos con la geotecnia dentro del plan de estudios. Los estudiantes acceden a ella sin conocimientos previos en la disciplina, lo que implica que, en un único cuatrimestre, deben construir una base conceptual y técnica completamente nueva y traducirla en decisiones que afectan directamente a la estabilidad y seguridad de los edificios que proyectarán en su vida profesional.

La asignatura suele percibirse como técnica, abstracta y exigente. El primer bloque (propiedades físicas del suelo, agua en el terreno, compresibilidad, resistencia al corte) tiene un elevado nivel conceptual y requiere una base matemática y física que no siempre resulta inmediata para los estudiantes. A medida que avanza el curso, el foco se desplaza hacia la aplicación de esos conceptos en el cálculo y dimensionado de cimentaciones superficiales y profundas, estructuras de contención y cumplimiento normativo, contenidos estrechamente vinculados al ejercicio profesional del arquitecto.

Actualmente, mi docencia se desarrolla en sesiones prácticas de dos horas centradas en la resolución de problemas vinculados al temario teórico. El objetivo es que el estudiante aplique los conceptos a situaciones técnicas concretas y salga del aula habiendo trabajado los procedimientos necesarios para resolverlos. Sin embargo, la dinámica habitual de la clase tendía a organizarse de manera bastante pautada: el problema se presenta ya formulado, los datos están definidos y el camino de resolución es relativamente claro y único. Aunque durante la explicación se plantean preguntas, el razonamiento está dirigido hacia una solución previamente prevista. Este enfoque es eficaz para consolidar el procedimiento, pero puede favorecer un aprendizaje más mecánico que reflexivo. En una disciplina como la geotecnia, donde la interpretación del terreno y la toma de decisiones son fundamentales, limitar la experiencia del aula a la correcta aplicación de fórmulas puede dificultar la transferencia posterior a contextos reales. Este riesgo es habitual en disciplinas técnicas, donde el aprendizaje puede quedar reducido a la reproducción de procedimientos si no se plantean problemas próximos a la práctica profesional que obliguen a interpretar, decidir y justificar una solución (Justo, Delgado y otros, 2016).



A partir de esta reflexión, el presente CIMA se centra en la metodología de las sesiones prácticas. Transformar el caso práctico en preguntas antes de convertirlo en procedimiento, que sean los estudiantes los que resuelvan los problemas guiados por el profesor, abrir espacios de incertidumbre compartida y construir un entorno de aprendizaje seguro (Bain, 2005) donde los momentos de error formen parte del proceso y se active el razonamiento técnico del estudiante (Finkel, 2008).

El objetivo a lo largo del curso es que el estudiante aprenda a resolver problemas de Mecánica del Suelo y Cimentaciones con criterio técnico; que sea capaz de interpretar una situación real, identificar qué está en juego y anticipar qué podría fallar en un contexto profesional real.

Diseño previo del CIMA

El CIMA se aplicó al bloque de comprobación de la carga de hundimiento en cimentaciones superficiales. El problema intrigante de partida situaba a los estudiantes como arquitectos responsables de una obra en Sevilla. Debían diseñar una cimentación superficial por zapatas aisladas para un edificio exento y comprobar su seguridad frente al Estado Límite Último (ELU) de hundimiento según el CTE DB SE-C (Ministerio de Fomento, 2019). Este bloque dialoga con experiencias previas de innovación docente desarrolladas en la misma asignatura, centradas en el aprendizaje basado en problemas (Requena, 2020; Romero, 2022). Todos los grupos trabajaron sobre un mismo perfil geotécnico de referencia, las variables que cambiaban eran la geometría y estructura del edificio: número de vanos en ambas direcciones, separación de pilares y número de plantas.

La experiencia se desarrolló en tres sesiones de dos horas, con un diseño realista y compatible con el ritmo de la asignatura. La propuesta se apoyó en el marco de los Ciclos de Mejora en el Aula, que articulan contenidos, metodología y actividades y evaluación como partes coherentes del sistema docente (Porlán, 2017).

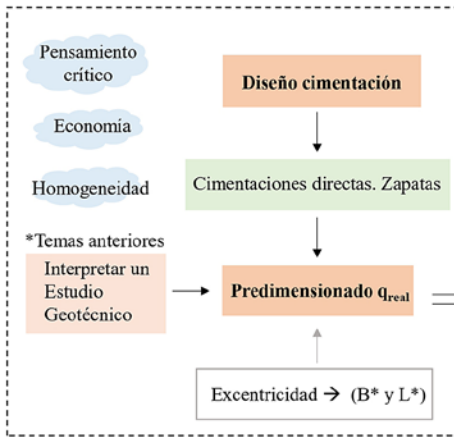
Mapas de contenidos y problemas claves

El mapa de contenidos y problemas claves ha permitido reorganizar e interconectar los contenidos que dan respuesta a la pregunta central: «Como arquitecto, ¿Cómo diseñarías una cimentación superficial por zapatas del Edificio X en el Terreno Y que cumpla el ELU de Hundimiento según el CTE?». La figura 1 muestra la estructura del mapa de contenidos, articulado en tres subproblemas que dan respuesta al problema principal: el diseño y predimensionado de la cimentación, el cumplimiento normativo

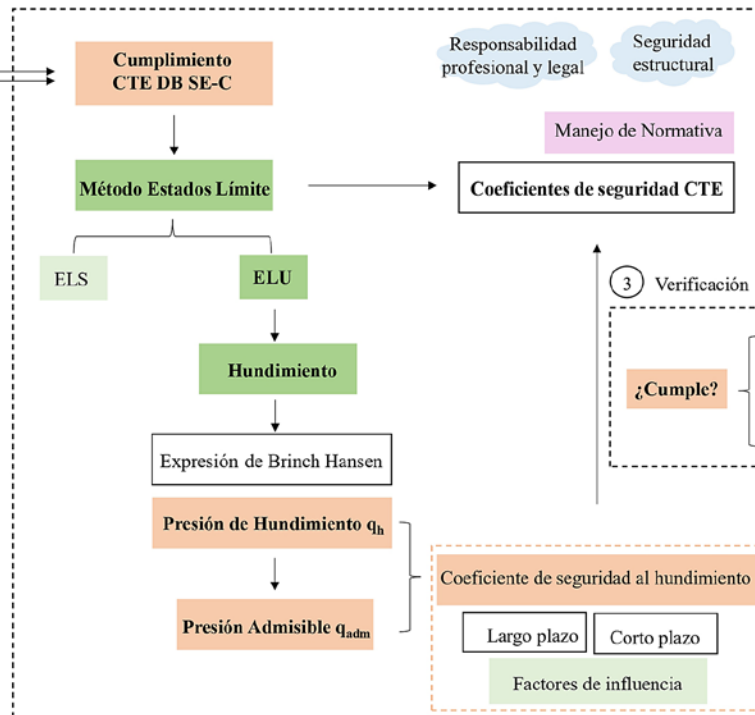


Como arquitecto, ¿Cómo diseñarías una cimentación superficial por zapatas del Edificio X en el Terreno Y que cumpla el ELU de hundimiento según el CTE?

① Diseño y predimensionado de la cimentación.



② Cumplimiento de la normativa CTE DB SE-C.



③ Verificación

* Este MC se centra en la comprobación de E.L.U. de Hundimiento. Habría que verificar todos los Estados Límite.

Leyenda. Tipos de Contenidos

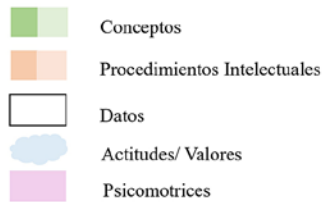


Figura 1. Mapa de contenidos y problemas clave



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

mediante el método de los Estados Límite y verificación final. Además, el mapa ha permitido jerarquizar contenidos de distinto tipo: conceptos, procedimientos intelectuales y psicomotrices, datos y contenidos actitudinales o valores vinculados al pensamiento crítico, la economía de la solución, la seguridad y la responsabilidad profesional.

Modelo metodológico y secuencias de actividades

El modelo metodológico posible se organizó mediante la secuencia de la figura 2. La teoría no desaparece, pero deja de ocupar el centro de la clase. En primer lugar, se introduce el contexto (I), después se plantea el problema (P), se recogen y observan las ideas de los estudiantes (IE), se introducen actividades de contraste (AC) para desbloquear y formalizar conceptos, se alcanza una solución (S) y se cierra con un resumen de lo más importante (R). Este desplazamiento responde a una intención clara: que los contenidos aparezcan como respuesta a una necesidad del problema y no como información previa que el alumnado debe aplicar mecánicamente (Finkel, 2008). Este modelo metodológico se desarrolla en las tres sesiones de aplicación del CIMA.

A partir de este modelo, se diseñó una secuencia de actividades, con el objetivo de que los conceptos técnicos aparezcan vinculados a necesidades concretas del problema.

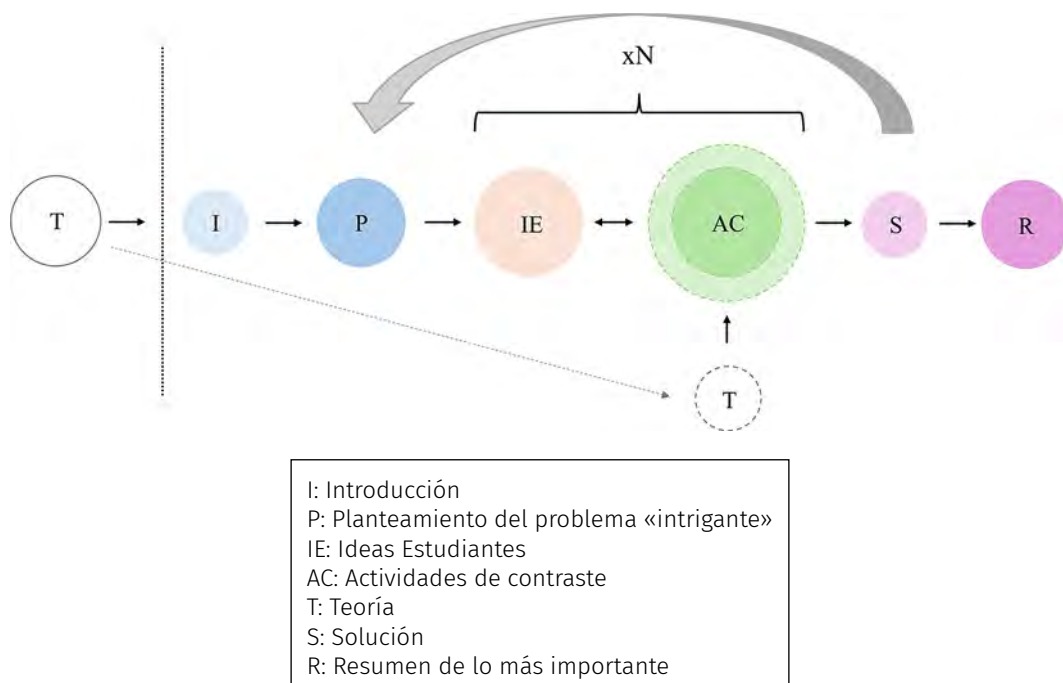


Figura 2. Modelo metodológico posible



Las tablas 1 y 2 recogen la secuencia de actividades diseñada para el desarrollo de las dos primeras sesiones del CIMA.

Tabla 1. Secuencia de Actividades. Sesión 1

BLOQUE Comprobación Carga de Hundimiento (6 h)		
Sesión 1 (2h)		
Actividad 1.1	Introducción. Breve activación. Fase modelo metodológico I	Tiempo: 10'
Saludo, control de asistencia. Trabajarán en una práctica planteada como posible en su futuro como arquitectos. Explicar la estructura de la sesión, en la que ellos van a tomar el papel protagonista y van a trabajar en clase en grupos de 3 o 4 personas. La práctica deberán entregarla para ser evaluada al finalizar el CIMA.		
Actividad 1.2	Planteamiento problema «intrigante» A Fase modelo metodológico P	Tiempo: 20'
Planteamiento de la práctica en grupo A (diseño y comprobación ELU hundimiento de una cimentación) de manera que puedan comprenderlo como situación «posible» en su futuro. Situación de la práctica en grupo: <i>Sois arquitectos responsables de una obra con un Terreno X y un Edificio Y (para cada grupo un edificio diferente con las variables: número de plantas, ancho, largo y distancia entre pilares). Diseñar la cimentación y comprobar ELU hundimiento.</i>		
Recursos: Documento impreso con el enunciado. Cuenta con una serie de preguntas encadenadas.		
Actividad 1.3	Ideas de estudiantes 1. Trabajo en grupo de 3 o 4. Fase modelo metodológico IE1	Tiempo: 75'
Inicio de la práctica. Los alumnos trabajan en el aula mientras el profesor está presente en el aula.		
Recursos: Trabajo libre en el aula. Aula con mesas que permitan movimiento y formar grupos.		
Actividad 1.4	Actividad de contraste 1. Guía Predimensionado. Fase modelo metodológico AC1	Simultáneamente con IE1
Profesor presente en el aula durante la IE1. Guía el proceso. Desatasca. Preguntas pensadas.		
Recursos: Aula con mesas que permitan movimiento y formar grupos.		
Actividad 1.5	Solución por grupos. Predimensionado Fase modelo metodológico S	Tiempo: 10'
Cada grupo cierra una solución para el predimensionado de la cimentación de su edificio.		
Actividad 1.6	Resumen de la sesión 1 Fase modelo metodológico R	Tiempo: 5'
Cierre corto sin solución. Puesta en común: ¿Dónde se bloquean? ¿Qué necesitáis avanzar?		



Tabla 2. Secuencia de Actividades. Sesión 2

Sesión 2 (2 h)		
Actividad 2.1	Introducción. Breve activación. Retomar bloqueos. Fase modelo metodológico I	Tiempo: 5'
Saludo y control de asistencia. Introducción y conexión con la sesión anterior (Sesión 1). Retomar bloqueos.		
Actividad 2.2	Ideas de estudiantes 2. Trabajo en grupos de 3 o 4. Fase modelo metodológico IE2	Tiempo: 10'
Retomar práctica en grupo de la sesión anterior. Los estudiantes intentan avanzar.		
Recursos: Trabajo libre en el aula por equipos.		
Actividad 2.3	Actividad de contraste 2. Coeficiente de seguridad al hundimiento a Corto Plazo. Fase modelo metodológico AC2	Tiempo: 35'
Resolución conjunta alumnos/profesor de un problema, centrado en la comprobación del hundimiento a corto plazo en terreno arcilloso en una situación X. Se trabaja: — Cálculo de las cargas transmitidas al plano de cimentación. — Obtención de dimensiones eficaces de la zapata (concepto de excentricidad). Cálculo de la presión real transmitida al terreno (q_{real}). — Se enfatiza: Corto plazo → condiciones no drenadas → presiones totales. — Simplificación de expresión de Brinch Hansen en corto plazo ($\varphi = 0$). — Obtención del coeficiente de seguridad frente al hundimiento a corto plazo. ¿Cumple?		
Recursos: Enseñanza Virtual, Proyector, Pizarra.		
Actividad 2.4	Ideas de estudiantes 3. Trabajo en grupos de 3 o 4. Fase modelo metodológico IE3	Tiempo: 15'
Aplican contenidos de la AC2 a la práctica en grupo. Cada grupo de estudiantes aclara/debate que conceptos deben utilizar e implementar en la práctica en grupo. Dividen tareas. Trabajo en el aula.		
Recursos: Trabajo libre en el aula por equipos.		
Actividad 2.5	Actividad de contraste 3. Coeficiente de seguridad al hundimiento a Largo Plazo. Fase modelo metodológico AC3	Tiempo: 35'
Resolución conjunta alumnos/profesor de un problema, centrado en la comprobación del hundimiento a largo plazo en terreno arcilloso. Misma situación que problema planteado en AC2. Se aborda: — Se enfatiza: Largo plazo → condiciones drenadas → presiones efectivas. — Cálculo de presión efectiva transmitida considerando dimensiones eficaces. — Aplicación completa de la expresión de Brinch Hansen. — Obtención del coeficiente de seguridad frente al hundimiento a largo plazo. ¿Cumple? Se destaca la diferencia conceptual respecto al problema anterior planteado a corto plazo. Se plantean condiciones específicas para que: — Corto plazo (no cumple) Largo plazo (sí cumple). Concepto intrínseco: normalmente a corto plazo es el factor más restrictivo en terreno arcilloso.		
Recursos: Enseñanza Virtual, Proyector, Pizarra.		



Actividad 2.6	Solución por grupos. Fase modelo metodológico S	Tiempo: 10'
Cada grupo de estudiantes aclara/debate que conceptos deben utilizar e implementar en la práctica en grupo. Dividen tareas. Trabajo en el aula. Cada grupo de estudiantes debería tener ya una solución completa de la práctica en grupo. Respondiendo el problema planteado. Los grupos que aún no han terminado se organizan y dividen las tareas para traer la práctica completa a la próxima sesión (Sesión 3).		
Recursos: Trabajo libre en el aula por equipos. Deadline de entrega impuesto por el profesor.		
Actividad 2.7	Resumen de la sesión 2 Fase modelo metodológico R	Tiempo: 10'
Cierre corto sin solución. Puesta en común: ¿Dónde se bloquean? ¿Qué necesitáis avanzar? Comentar que el próximo día (Sesión 3) un grupo saldrá a la pizarra a exponer su práctica.		
Recursos: Pizarra		

Cuestionario inicial-final

La evaluación del aprendizaje se apoyó en un cuestionario inicial-final de respuesta abierta. Su función no fue calificar a los estudiantes, sino hacer visibles sus modelos mentales antes y después del CIMA. Por ello, las preguntas se redactaron con un lenguaje claro y cercano, evitando un formato parecido a un examen. La intención era que los estudiantes pudieran responder con libertad.

El cuestionario se organizó en cuatro preguntas relacionadas con los problemas y contenidos del mapa. La primera pregunta (P1) se centraba en identificar los tipos de cimentaciones conocidos y en la capacidad de representarlos. La segunda (P2) abordaba las variables relevantes en un primer predimensionado de la cimentación. La tercera (P3) se centraba en cómo comprobar la seguridad estructural de la cimentación. La cuarta (P4) pedía distinguir presión de hundimiento y presión admisible y explicar para qué sirve conocerlas.

A partir de las respuestas se han construido *Escaleras de Aprendizaje y Evaluación* y un *Cuadro de evolución por cada alumno*, con el fin de analizar tanto la evolución global de los estudiantes como los avances concretos de cada uno (Porlán, 2017).



Aplicación del CIMA

Una vez completado el diseño, el CIMA se llevó al aula con tres sesiones prácticas de dos horas. Su aplicación permitió contrastar la propuesta prevista con la dinámica real de la clase: los tiempos, los bloqueos iniciales, la participación de los grupos y el grado de autonomía de los estudiantes. La aplicación mantuvo la estructura prevista.

Relato resumido de las sesiones

La primera sesión permitió comprobar que el planteamiento era comprensible, pero también exigente. En los primeros momentos apareció cierto bloqueo: varios grupos buscaban directamente el procedimiento o la fórmula que debían aplicar.

La segunda sesión fue la más relevante desde el punto de vista didáctico. Las actividades de contraste sobre corto y largo plazo ayudaron a desbloquear conceptos clave: carga transmitida, presión real, dimensiones eficaces, presión de hundimiento, presión admisible y coeficiente de seguridad. La comparación entre corto y largo plazo permitió razonar cuál era más restrictiva para el terreno arcilloso planteado.

En la tercera sesión se priorizó el cierre de las prácticas y la revisión directa del trabajo de cada grupo. Aunque no se desarrolló toda la puesta en común prevista, el formato permitió una corrección más ajustada a los errores concretos de cada equipo. El clima de trabajo fue positivo y se observó una evolución hacia una forma de trabajo más razonada y autónoma, aunque desigual entre grupos.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evaluación muestra una evolución positiva, aunque no homogénea. Las *Escaleras de Aprendizaje y Evaluación* han permitido leer, además de cuánto avanzó el grupo, los obstáculos de los estudiantes que impiden subir al siguiente escalón.

En la primera pregunta (figura 3), referida a los tipos de cimentación y su representación, la mejora fue moderada: desaparecieron las respuestas de nivel más bajo y aumentó el peso del nivel 3 hasta el 74 %, pero solo un 5 % alcanzó el nivel 4. Esta limitación es coherente con el diseño del CIMA, ya que las actividades se centraron sobre todo en cimentaciones superficiales mediante zapatas y no en una clasificación completa de sistemas de cimentación.



En la segunda pregunta (figura 4), vinculada al predimensionado, se observa un claro desplazamiento desde respuestas genéricas hacia respuestas más técnicas y rigurosas. El nivel 1 desapareció y el nivel 3 pasó al 68,4 %. La dificultad principal siguió estando en el salto al nivel 4: comprender el predimensionado como relación entre la presión transmitida por la cimentación y la presión admisible del terreno. Los estudiantes mejoraron en la identificación de variables, pero no todos llegaron a integrarlas en una lógica completa de decisión.

Las preguntas 3 y 4 fueron las que mostraron un avance más claro. En la pregunta 3 (figura 5), el nivel 1 bajó del 35 % al 5,3 %, mientras que el nivel 4 subió hasta el 36,8 %. Esto indica que una parte relevante del grupo pasó de no saber cómo comprobar la seguridad de la cimentación a estructurar la respuesta mediante el método de los Estados Límite. Como docente, este avance me parece especialmente significativo, y afecta al núcleo central del bloque. En la pregunta 4 (figura 6), casi la mitad del grupo alcanzó el nivel 4 al final del CIMA, relacionando presión de hundimiento y presión admisible a través del coeficiente de seguridad del CTE DB SE-C. Este resultado confirma que varios de los contenidos estructurantes del bloque sí evolucionaron con claridad.

En conjunto, las escaleras muestran que el aprendizaje no avanzó de manera lineal ni igual para todos. Permanecen dificultades, especialmente cuando los estudiantes deben pasar de identificar variables a integrarlas en una decisión técnica completa. Sin embargo, los resultados sí muestran una evolución clara en los modelos mentales del grupo: de respuestas más intuitivas o fragmentadas hacia explicaciones más conectadas con la lógica del cálculo geotécnico y con la responsabilidad profesional del arquitecto.

PREGUNTA 1

¿Qué tipo de cimentaciones conoces?
Enuméralas y haz un esquema/boceto de cada uno.

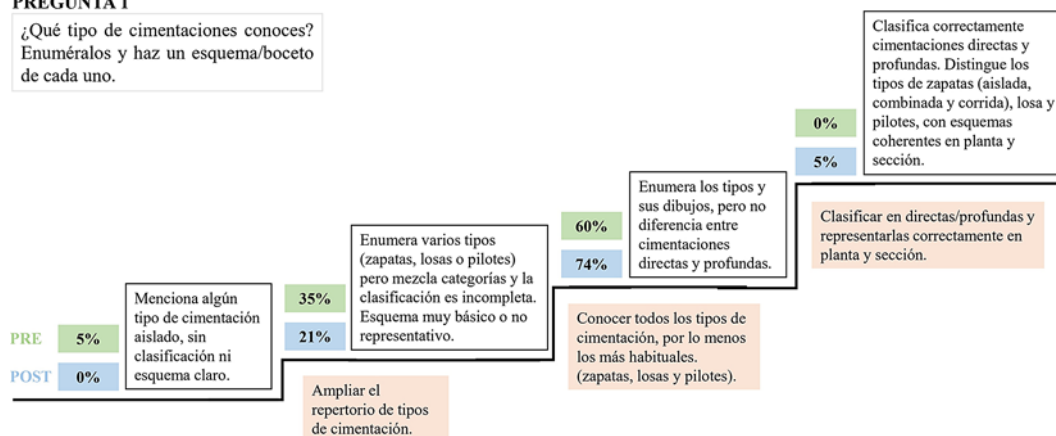


Figura 3. Escalera de Aprendizaje y Evaluación. Pregunta 1



PREGUNTA 2

¿Qué aspectos/variables consideras importantes tener en cuenta en un primer diseño/predimensionado de la cimentación de un edificio?

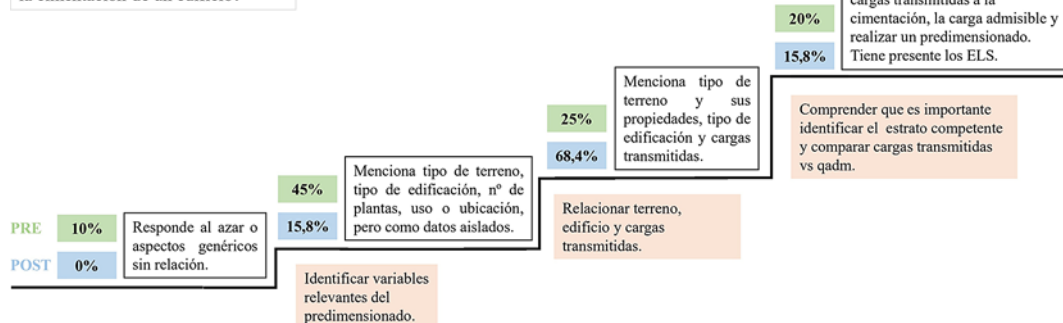


Figura 4. Escalera de Aprendizaje y Evaluación. Pregunta 2

PREGUNTA 3

Según tus conocimientos, ¿Cómo comprobarías la seguridad estructural de la cimentación?

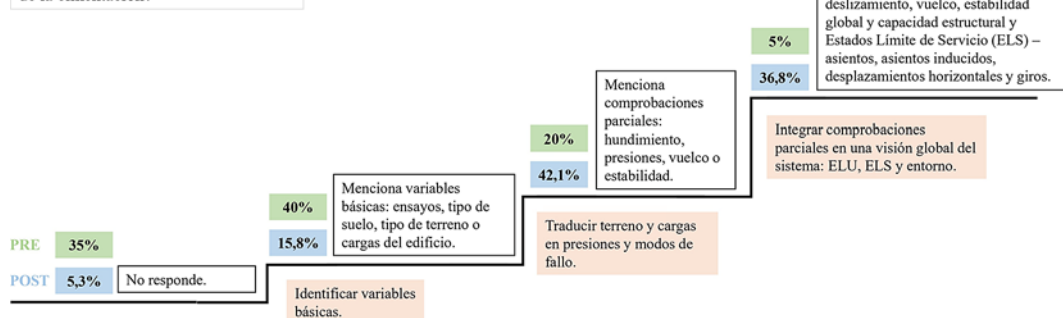


Figura 5. Escalera de Aprendizaje y Evaluación. Pregunta 3

PREGUNTA 4

¿Qué crees que es la presión de hundimiento? ¿Y la presión admisible? ¿Para qué nos puede servir conocer su valor?

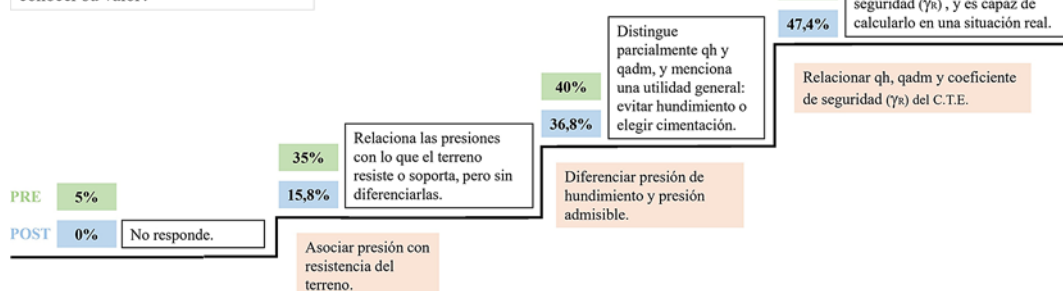


Figura 6. Escalera de Aprendizaje y Evaluación. Pregunta 4



El análisis individual se realizó únicamente con los cuestionarios que pudieron emparejarse mediante código, para no atribuir progresos a estudiantes distintos. Esta precaución permitió diferenciar entre una lectura global del grupo y una lectura real de trayectorias individuales, recogidas en la tabla 3.

Tabla 3. Cuadro de evolución por cada estudiante

Estudiante	P1 I	P1 F	P2 I	P2 F	P3 I	P3 F	P4 I	P4 F	Progresión total
2	2	3	3	3	2	2	2	2	+1
		1		0		0		0	
3	3	3	3	3	2	2	3	3	0
		0		0		0		0	
4	3	4	4	4	2	3	3	2	+1
		1		0		1		-1	
5	3	3	1	3	1	2	3	4	+4
		0		2		1		1	
6	2	3	4	3	1	3	4	4	+2
		1		-1		2		0	
8	1	2	4	4	3	4	3	4	+3
		1		0		1		1	
9	2	3	2	3	1	3	3	4	+5
		1		1		2		1	
10	3	3	2	3	1	3	2	3	+4
		0		1		2		1	
11	3	3	3	2	2	3	3	4	+1
		0		-1		1		1	
14	2	3	2	3	1	3	3	4	+5
		1		1		2		1	
15	3	3	2	4	1	4	4	3	+4
		0		2		3		-1	
17	3	2	2	3	3	4	3	4	+2
		-1		1		1		1	
19	3	3	3	3	2	4	1	4	+5
		0		0		2		3	
20	3	3	3	3	1	4	2	4	+5
		0		0		3		2	



Evaluación del CIMA

La evaluación del CIMA parte del contraste entre el diseño previsto y lo que ocurrió en el aula, para detectar qué partes tenían sentido y cuáles necesitan un ajuste. No todo ocurrió exactamente como estaba previsto, pero analizar esa diferencia entre diseño y aplicación es precisamente lo más útil para futuras aplicaciones. A partir del trabajo de los estudiantes, de los bloqueos que aparecieron y de los resultados del cuestionario inicial-final, se pueden identificar los principales aspectos que mantendría y los cambios que introduciría en futuras aplicaciones.

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

En una futura aplicación mantendría, en primer lugar, el planteamiento profesional del problema. Situar a los estudiantes como arquitectos responsables de una obra ha permitido que la comprobación del ELU de hundimiento dejara de entenderse como un cálculo aislado y se relacionara con una decisión real de proyecto.

También mantendría las actividades de contraste sobre la comprobación a corto y largo plazo. Fueron especialmente útiles ya que ayudaron a desbloquear dificultades sin sustituir el trabajo de los estudiantes.

El trabajo en grupo debe mantenerse, pues hoy en día, es la forma más habitual de trabajar en la práctica profesional. Sin embargo, necesita una estructura más clara ya que en algunos equipos hubo discusión real y reparto de tareas, pero en otros el trabajo se concentró en pocas personas. En futuras aplicaciones introduciría roles mínimos, entregas parciales breves y momentos intermedios para detectar esos desequilibrios.

El principal aspecto a mejorar es la gestión del tiempo. Las actividades de contraste se alargaron y redujeron los cierres de sesión, que son necesarios para fijar las ideas clave y poner en común errores. También sería conveniente plantear más preguntas de transferencia profesional.

Por último, integraría desde el inicio el uso de Excel como herramienta de apoyo. Su incorporación resultó muy útil para ordenar variables, automatizar cálculos y construir una herramienta reutilizable. En todo caso debe plantearse como complemento del razonamiento.

Como criterio general, en futuras aplicaciones cuidaría especialmente la coherencia entre contenidos, metodología y evaluación. El CIMA funciona cuando todo el sistema responde a una misma lógica.



Principios Docentes para el futuro

A partir de esta experiencia, mis *Principios Didácticos Personales* se orientan hacia una enseñanza más centrada en el pensamiento del estudiante:

1. Partir de problemas intrigantes, relacionados con una situación potencialmente real.
2. Conocer el modelo mental inicial de los estudiantes antes de intervenir.
3. Diseñar actividades que obliguen a razonar, no solo a aplicar fórmulas.
4. Usar las actividades de contraste para desbloquear dificultades y hacer avanzar el pensamiento.
5. Relacionar los contenidos técnicos con la responsabilidad profesional del arquitecto.
6. Evaluar la evolución del aprendizaje, no solo el resultado final.
7. Mantener coherencia entre contenidos, metodología y evaluación.
8. Revisar mi propia práctica docente para no acomodarme.

El objetivo no es que los estudiantes reproduzcan un cálculo, sino que comprendan qué se comprueba, por qué se comprueba y cómo el resultado condiciona una decisión profesional real.

Agradecimientos

La autora agradece al profesor Antonio Morales Esteban su apoyo, orientación y formación en el inicio de su actividad docente en la asignatura Mecánica del Suelo y Cimentaciones, fundamentales para el desarrollo de esta experiencia.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Editorial de la Universidad de Valencia
- Fomento, M. (2019). Código Técnico de la Edificación. *Documento Básico de Seguridad Estructural: Cimientos (DB-SE-C)*.
- Justo, E.; Delgado, A.; Vázquez, M. y Branda, L. (2016). Implementation of Problem-Based Learning in Structural Engineering: A Case Study. *International Journal of Engineering Education*, 32(6), 2556-2568.
- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Ediciones Morata.



- Requena, M. V. (2020). Propuesta de innovación docente en arquitectura mediante el aprendizaje basado en problemas. En E. Navarro-Medina y R. Porlán (Coord.), *Ciclos de mejora en el aula año 2019. Experiencia de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 449-468). Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447221912.019>
- Romero, E. (2022). Construcción del conocimiento aplicando diversas técnicas de resolución de problemas en la asignatura de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. En R. Porlán, E. Navarro y Villarejo A. F. (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2021. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 43-59). Editorial de la Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447222865.002>



Resolución de problemas reales como estrategia de aprendizaje en Mecánica del Suelo y Cimentaciones

Real world problem solving as a learning strategy in Soil Mechanics and Foundations

Natalia Fernández Pérez

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8030-0162>

Universidad de Sevilla

Departamento de Estructuras de Edificación e

Ingeniería del Terreno

nfernandez2@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447232529.02>

Pp.: 29-42



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) aplicado a la asignatura *Mecánica del Suelo y Cimentaciones* del Grado en Fundamentos de la Arquitectura. La propuesta se centra en el uso de problemas reales como estrategia de aprendizaje para mejorar la comprensión del comportamiento estructural y geotécnico de losas de cimentación. Para ello, se diseñó un modelo metodológico basado en el trabajo colaborativo y actividades de contraste, que favorecen la participación y la conexión entre teoría y práctica profesional. La dinámica se desarrolló en sesiones prácticas de dos horas, donde los estudiantes trabajaron situaciones vinculadas al cálculo de asentos y a la rigidez de una estructura. La evaluación del aprendizaje se realizó mediante cuestionarios y el uso de escaleras de aprendizaje, permitiendo analizar la evolución de los modelos de razonamiento de los alumnos. Los resultados muestran una mejora progresiva en la capacidad para relacionar conceptos técnicos. Del mismo modo, la experiencia permitió reflexionar sobre la importancia de adaptar la docencia al ritmo del estudiantado y promover un aprendizaje más contextualizado.

Palabras clave: Mecánica del suelo y cimentaciones, grado en fundamentos de la arquitectura, docencia universitaria, desarrollo profesional docente.

Abstract

This paper presents the development of Improvement Cycles in Classroom (ICIC) applied to the subject *Soil Mechanics and Foundations* within the Degree in Architecture Fundamentals. The proposal focuses on the use of real-world problems as learning strategy to improve student's understanding of the structural and geotechnical behavior of foundation slabs. To achieve this, a methodological model based on collaborative work and contrast activities was designed, encouraging student participation and strengthening the connection between theory and professional practice. The experience was carried out through two-hour practical sessions in which students worked on situations related to settlement calculations and the rigidity of structures. Learning assessment was conducted through questionnaires and learning ladders, allowing the analysis of the evolution of students' concepts. Likewise, the experience highlighted the importance of adapting teaching to the students' pace and promoting a more contextualized and active learning process.

Keywords: Soil Mechanics and foundations, degree in architecture fundamentals, university teaching, teaching professional development.



Introducción

El Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA; Delord, Hamed y otros, 2020) se desarrollará en *Mecánica del Suelo y Cimentaciones*, una asignatura de carácter técnico correspondiente al tercer curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura. La docencia combina fundamentos teóricos con su aplicación práctica a base de problemas y trabajos en grupo.

Los conocimientos adquiridos en la materia no solo resultan fundamentales para la práctica profesional como arquitecto, sino que son imprescindibles para poder afrontar otras asignaturas posteriores (*Taller de Arquitectura*) y para poder culminar los estudios habilitantes con el *Proyecto Fin de Carrera*.

A pesar de su importancia, es usual que el estudiante perciba la materia como compleja y poco sugerente. Esta situación resulta habitual en asignaturas técnicas, donde el alumnado debe enfrentarse por primera vez a conceptos abstractos relacionados con el comportamiento del terreno y su interacción con la estructura (Requena-García-Cruz, 2020; Romero, 2022). Además, esta asignatura solo se desarrolla de forma teórica durante este curso, por lo que el ritmo del aprendizaje es acelerado para poder abarcar todos los fundamentos necesarios durante el cuatrimestre.

El grupo donde se experimentará consta de 35 estudiantes que, en términos generales, presentan buen nivel académico. No obstante, parte del grupo muestra dificultades para trasladar los conceptos teóricos a situaciones prácticas concretas.

Diseño previo del CIMA

En este caso, el CIMA se aplicará específicamente en la parte práctica de la asignatura. Esta suele comprender entre dos y cuatro horas semanales, dedicadas principalmente a la resolución de problemas donde la teoría se materializa. Se realizarán actividades relacionadas con el tema correspondiente a vigas y losas de cimentación.

Mapa de contenidos

Para organizar y relacionar los contenidos trabajados durante el CIMA, se ha elaborado el siguiente mapa de contenidos y problemas (figura 1), centrado en el comportamiento estructural de vigas y losas de cimentación. Este esquema permite visualizar las conexiones existentes entre los principales conceptos teóricos, los procedimientos de razonamiento para resolver los problemas planteados y las actitudes que se pretenden fomentar. La organización de los contenidos mediante preguntas-problema



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

¿Cómo diseñarías y justificarías la cimentación mediante losa de un edificio residencial de nueva planta, garantizando el cumplimiento de la normativa?

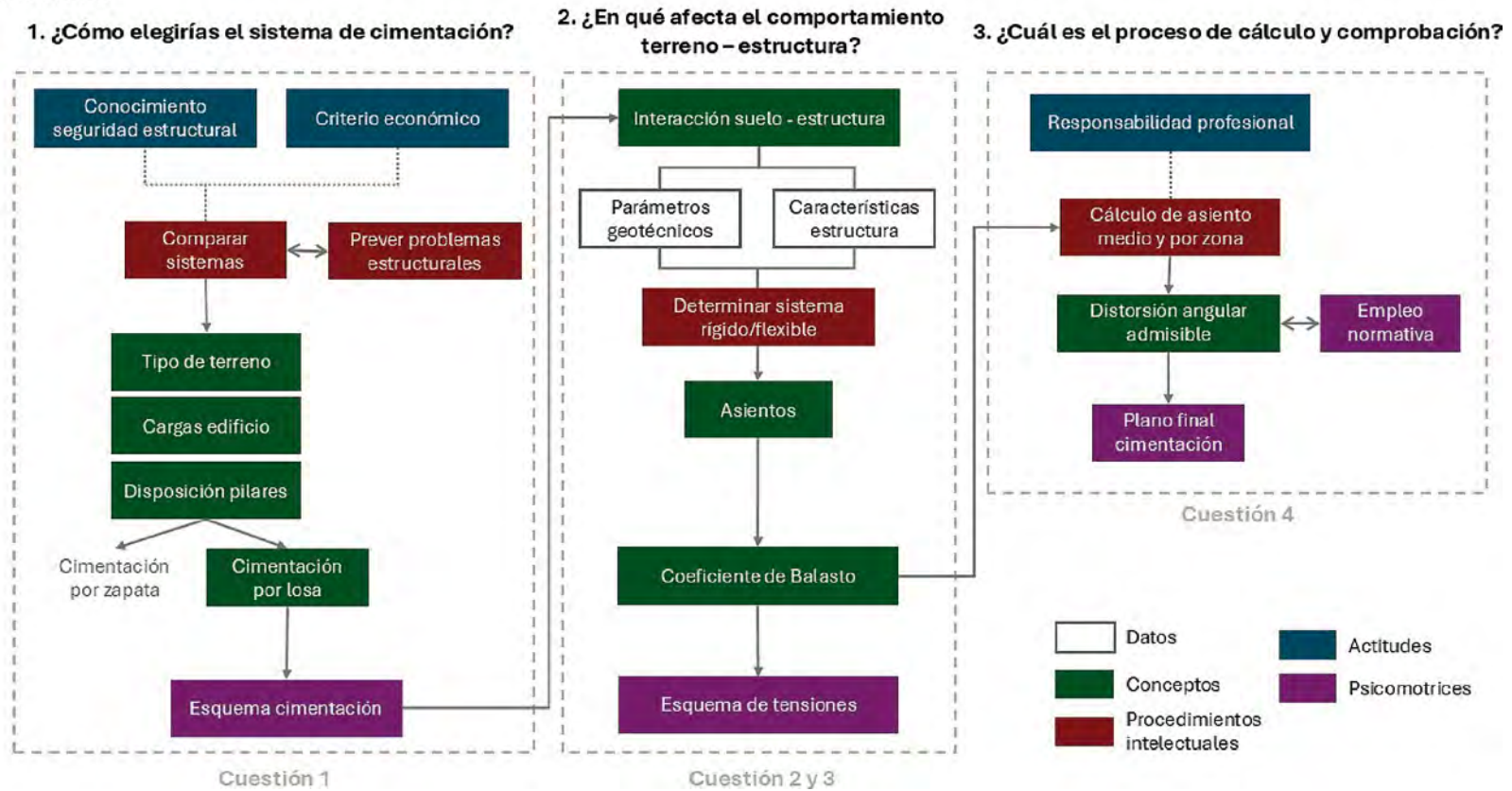


Figura 1. Mapa de contenidos y problemas



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

y relaciones conceptuales permite estructurar el aprendizaje de forma más coherente y significativa para el estudiante, siguiendo planteamientos metodológicos desarrollados por Porlán (2017).

Modelo metodológico y secuencias de actividades

El modelo propuesto (figura 2) se estructura en una sesión tipo de dos horas de duración (tabla 1), que será replicada en tres ocasiones. Esta repetición permitirá observar la evolución del alumnado, detectar dificultades y ajustar las estrategias para mejorar el proceso de docencia.

La sesión se organiza en cuatro partes:

- Planteamiento de la actividad. Repaso de conocimientos previos e introducción del caso práctico.
- 1ª Fase: Afianzamiento de conceptos. Estudiantes identifican la problemática y resuelven la primera parte del problema.
- 2ª Fase: Aplicación de nuevos conceptos. Trabajo colaborativo y desarrollo completo del caso.
- 3ª Fase: Resultados y conclusiones. Puesta en común y reafirmar nuevos conocimientos.

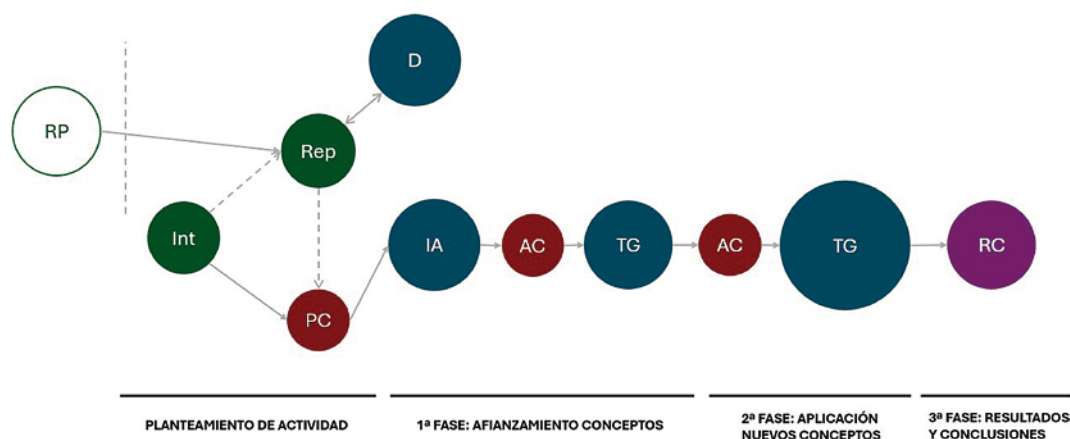


Figura 2. Modelo metodológico propuesto

En el esquema gráfico del modelo metodológico, los colores representan el protagonismo presente en cada momento del proceso. El verde corresponde a las fases de repaso e introducción teórica; el rojo identifica las intervenciones del docente, como el planteamiento del caso y las actividades de contraste; el azul señala los momentos en los que el alumnado asume un papel activo en la resolución de la problemática presentada; y el morado simboliza la fase final, donde docente y estudiantes debaten, comparten los resultados y la síntesis del aprendizaje.



El diseño propuesto pretende mejorar el proceso de enseñanza mediante la incorporación de actividades y dinámicas que favorezcan la implicación del estudiante. Este enfoque se apoya en modelos de aprendizaje donde el estudiante asume un papel protagonista en la construcción del conocimiento, mientras que el docente actúa como guía del proceso (Finkel, 2008). Además, se fomenta la asimilación de los contenidos previa a la evaluación formal de estos conocimientos mediante pruebas escritas. De esta forma, se pretende crear un entorno seguro donde el estudiante pueda probar y fallar, sin que afecte directamente a su calificación (Bain, 2005).

Tabla 1. Secuencia de actividades propuesta

Sesión 1	
Actividad (Tiempo)	Descripción
1 (Libre)	EJS T11 - Trabajo en conocimientos previos Planteamiento de Actividad - Repaso previo (RP) Antes de la sesión práctica, el alumnado revisará de forma autónoma los contenidos teóricos necesarios para abordar el ejercicio, partiendo del Tema 11 de la asignatura: Vigas y Losas de Cimentación.
2 (10 min)	EJS T11 - Introducción a la sesión y objetivos Planteamiento de Actividad - Introducción (Int) Se explica qué se trabajará durante la sesión, cuál es el objetivo práctico y qué conceptos se pretenden reforzar. Se tratan situaciones muy usuales en la práctica profesional, como proyectar una losa de cimentación para un edificio. Además, se contextualiza la utilidad del caso práctico dentro de la asignatura. El estudio trata de prever deformaciones antes de construir el sistema de cimentación del proyecto.
3 (5 min)	EJS T11 - Repaso conceptos clave y dudas Planteamiento de Actividad - Repaso y Dudas (Rep + D) Se revisan conceptos fundamentales necesarios para abordar el caso práctico. Se pretende reforzar ideas esenciales que sirven como base para la posterior actividad.
4 (5 min)	Planteamiento del problema 11.1 Planteamiento de Actividad - Planteamiento Caso (PC) Se presenta el caso práctico relacionado con los contenidos vistos anteriormente. Un alumno se encarga de leer el enunciado al resto de sus compañeros. El ejercicio trata el cálculo de un edificio cimentado mediante losa sobre una arcilla media. Se leen los apartados y se identifican las variables principales.



Actividad (Tiempo)	Descripción
5 (15 min)	Identificación del problema 11.1 en parejas 1ª Fase - Ideas de Alumnos (IA) inicial En parejas, los estudiantes analizan qué datos son relevantes y qué pasos seguirían para resolver el ejercicio. Deben discutir especialmente por qué una zona de terreno central más blanda podría modificar los asientos. Se fomenta la reflexión del estudiante antes de intervenir directamente en el proceso de cálculo.
6 (5 min)	Retomar concepto de aplicación 1ª Fase - Actividad de Contraste (AC) inicial Se presenta un recurso breve relacionado con el caso de estudio planteado. El objetivo es recordar un aspecto clave de los sistemas estudiados. En este caso, se proyecta un esquema de una losa tipo, ésta se subdivide en diferentes zonas con diferentes comportamientos.
7 (20 min)	Trabajo de primeros pasos 2ª Fase - Trabajo en Grupo (TG) inicial En grupos de 4 alumnos, se trabajan los primeros pasos del caso práctico. Se busca que argumenten el procedimiento y justifiquen las decisiones tomadas en cada paso.
8 (5 min)	Nuevos conceptos de aplicación 2ª Fase - Actividad de Contraste (AC) intermedia Se procede a revisar los avances y se corrigen errores conceptuales, si los hubiese. Se retoman de la introducción los aspectos clave que serán fundamentales para abordar el final del caso práctico a través de unas diapositivas resumen.
9 (40 min)	Resolución en grupo 2ª Fase - Trabajo en Grupo (TG) completo Continuando con los mismos grupos, los estudiantes deben desarrollar el caso hasta su finalización, argumentando coherentemente el proceso. Se recuerda la importancia del cambio de unidades durante el cálculo. Se pretende no intervenir como docente durante esta fase, pero puede resolverse alguna duda de carácter muy puntual.
10 (15 min)	Puesta en común, resultado final y conclusiones 3ª Fase - Resultado y conclusiones Los grupos exponen brevemente sus resultados y el procedimiento que han seguido. Se comparan las soluciones y se detectan diferencias si las hubiera. Junto a la colaboración de los estudiantes, se establece la solución correcta al problema. Se escriben en la pizarra los últimos pasos realizados para obtener el resultado, por si algún grupo ha sufrido alguna confusión en el cálculo. Se extraen conclusiones sobre los resultados obtenidos y los errores más frecuentes que pueden ocurrir.



Cuestionario inicial-final

Las preguntas seleccionadas para el cuestionario (tabla 2) buscan explorar el modelo mental del alumnado respecto al comportamiento estructural y geotécnico de las losas de cimentación, evitando planteamientos excesivamente teóricos o centrados únicamente en fórmulas. Se ha pretendido que el estudiante razone desde una situación profesional realista, debiendo interpretar el comportamiento del terreno y de la cimentación más allá del cálculo mecánico. En este sentido, las preguntas se diseñaron buscando favorecer procesos de razonamiento aplicados, siguiendo planteamientos centrados en cómo aprenden y construyen su significado (Bain, 2005).

Tabla 2. Preguntas de cuestionario inicial y final

Como arquitecto recién habilitado, te incorporas a un reconocido estudio de arquitectura para participar en un proyecto de un edificio residencial plurifamiliar de nueva planta en la ciudad de Sevilla. Este edificio tendrá una estructura porticada, con pilares distribuidos uniformemente, y se construirá sobre un terreno arcilloso. Tras revisar el estudio geotécnico realizado en el solar, el equipo tiene dudas acerca de cómo plantear la cimentación del proyecto, ya que el edificio transmitirá cargas importantes y se quiere limitar al máximo los asientos diferenciales. A partir de esta situación, te piden una primera valoración técnica antes de comenzar el cálculo detallado:	
1	Al revisar la planta del edificio observas que, si se colocaran zapatas aisladas, muchas quedarían muy próximas e incluso podrían solaparse entre sí. ¿Qué problemas crees que podría generar esa solución y por qué una losa de cimentación podría ser una alternativa interesante? Ayúdate de esquemas gráficos si es necesario.
2	Imagina que una zona central del terreno es más blanda que los bordes. ¿Cómo crees que podría afectar eso al comportamiento de la cimentación y del edificio?
3	El equipo duda entre dos opciones: mantener una losa de espesor moderado o aumentar notablemente su espesor para hacerla más rígida. ¿Qué ventajas e inconvenientes crees que tendría cada alternativa?
4	Si durante el cálculo observas que distintas zonas del edificio asientan de forma desigual, ¿por qué sería importante revisar ese dato antes de construir?

La primera pregunta permite detectar si el alumnado comprende la diferencia entre el funcionamiento de zapatas aisladas y una losa de cimentación, así como la importancia de los bulbos de tensiones y los asientos diferenciales.



La segunda se centra en la interacción suelo-estructura y en la capacidad del estudiante para prever deformaciones derivadas de terrenos heterogéneos.

La tercera cuestión introduce el concepto de rigidez en los elementos estructurales y en su conjunto. Busca analizar si el alumnado es capaz de entender que aumentar el espesor no siempre implica automáticamente una solución óptima.

Finalmente, la cuarta pregunta pretende valorar si los estudiantes comprenden las consecuencias estructurales reales de los asientos diferenciales y la importancia de controlarlos durante el desarrollo del proyecto.

Además, las preguntas se encuentran directamente relacionadas con el mapa de contenidos y la secuencia de actividades propuesta. Fueron planteadas de forma abierta y con lenguaje cotidiano para favorecer respuestas razonadas y más espontáneas. Esto permite analizar cómo relacionan conceptos técnicos, aunque no dominen completamente las claves del cálculo estructural de estos elementos.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

En la primera sesión, centrada en el comportamiento de las losas de cimentación sobre suelos arcillosos, el alumnado mostró cierta inseguridad para comenzar el razonamiento de los ejercicios. Aunque los conceptos teóricos ya habían sido impartidos previamente, muchos estudiantes presentaban dificultades para trasladarlos a una situación de aplicación. Por ello, fue necesario intervenir varias veces como docente para recordar conceptos clave y ayudar a desbloquear el inicio del trabajo grupal. Aún así, durante la segunda fase de resolución el ambiente mejoró y la mayoría de los grupos lograron avanzar hasta resultados coherentes.

La segunda sesión presentó una mayor dificultad conceptual, especialmente en relación con los conceptos de rigidez e inercia estructural. El repaso inicial no resultó suficiente y requirió reformular algunos razonamientos y expresiones de cálculo para facilitar su comprensión. Sin embargo, la sesión resultó especialmente interesante desde el punto de vista didáctico, ya que muchos estudiantes modificaron sus ideas previas al comprobar mediante el cálculo que una estructura aparentemente rígida (de hormigón armado) podía clasificarse realmente como flexible.

En la tercera sesión se observó una evolución clara respecto a sesiones anteriores. Al tratarse de un ejercicio relacionado con contenidos ya trabajados, los estudiantes afrontaron los primeros pasos del cálculo con mayor agilidad y seguridad. Además, el clima de trabajo fue más cercano, los



alumnos mostraron confianza suficiente para plantear dudas concretas. A nivel conceptual, la mayoría logró comprender correctamente las diferencias entre el comportamiento de cimentaciones sobre terrenos cohesivos y granulares, así como la importancia de interpretar los límites admisibles establecidos por la normativa del *Código Técnico de la Edificación* (Ministerio de Fomento, 2019).

Aunque en algunas ocasiones aparecieron momentos de inseguridad y cierta preocupación por la gestión del tiempo o por la dificultad de transmitir algunos conceptos complejos, progresivamente se fue adquiriendo mayor confianza dentro del aula. La aplicación de esta dinámica ha supuesto una experiencia especialmente enriquecedora en esta etapa inicial de trayectoria docente, comprendiendo que la docencia requiere una actitud flexible y reflexiva, donde la observación resulta fundamental para adaptar el desarrollo de las sesiones.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

La evaluación del aprendizaje de los estudiantes se realizó mediante la comparación entre los cuestionarios inicial y final. Para representar la evolución de los modelos de razonamiento se emplearon escaleras de aprendizaje para cada pregunta propuesta, siguiendo la metodología propuesta por Porlán (2017). Estas escaleras permitieron identificar distintos niveles de comprensión conceptual y los principales obstáculos encontrados por el alumnado. El cuestionario inicial fue realizado por 13 alumnos, mientras que el final fue cumplimentado por 16 alumnos.

De las cuatro escaleras elaboradas, se han seleccionado especialmente las correspondientes a las preguntas 1 y 2 (figura 3 y 4), ya que son las que muestran de forma más clara la evolución global del grupo tras la aplicación del CIMA.

En ambos casos, puede observarse cómo muchos estudiantes pasaron de respuestas intuitivas y muy generales, centradas únicamente en *problemas estructurales*, hacia modelos de razonamiento más completos donde comienzan a relacionar conceptos como los bulbos de tensiones, el reparto uniforme de cargas, los asientos diferenciales o la interacción suelo-estructura.



PREGUNTA 1

Si se colocaran zapatas aisladas muy próximas o solapadas entre sí, ¿qué problemas podría generar esta solución y por qué una losa de cimentación podría ser una alternativa interesante?

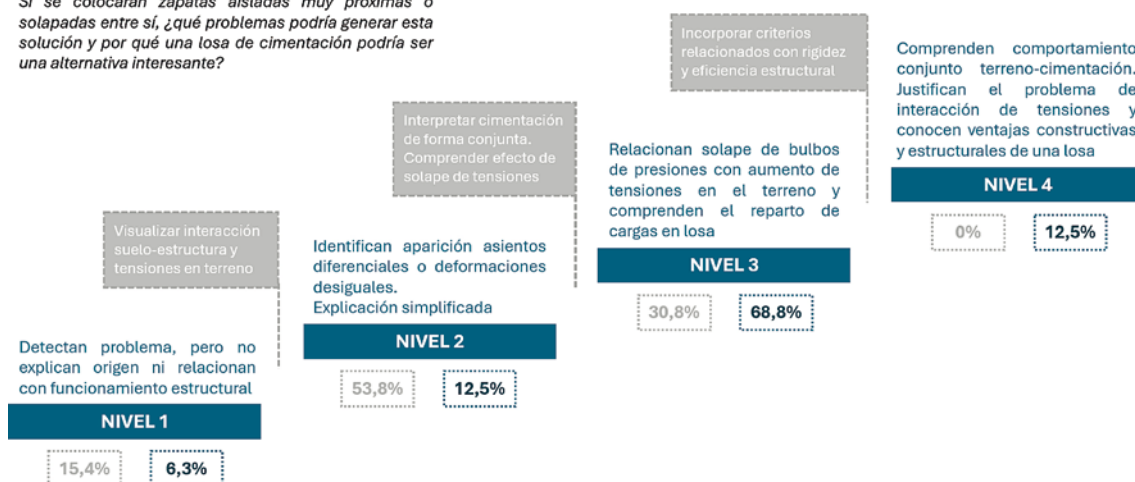


Figura 3. Escalera de aprendizaje Pregunta 1

PREGUNTA 2

"Imagina que una zona central del terreno es más blanda que los bordes. ¿Cómo crees que podría afectar eso al comportamiento de la cimentación y del edificio?"



Figura 4. Escalera de aprendizaje Pregunta 2

A nivel global, los resultados reflejan una progresiva mejora en la capacidad del alumnado para interpretar el comportamiento estructural y geotécnico de las losas de cimentación desde una perspectiva más razonada y menos mecánica. Además, se aprecia una evolución hacia respuestas más técnicas y argumentadas, donde los estudiantes no solo identifican las consecuencias estructurales de determinados fenómenos, sino que comienzan también a comprender sus causas y relaciones internas.



Evaluación del CIMA

En términos generales, la aplicación del CIMA permitió generar un entorno de aprendizaje más activo y participativo. El aumento del tiempo destinado al trabajo en grupo favoreció la discusión entre estudiantes y redujo la presión del control del tiempo durante las sesiones. Asimismo, la relación constante entre teoría y práctica ayudó a contextualizar contenidos complejos dentro de situaciones cercanas a la realidad profesional. La utilización de problemas reales coincide con propuestas previas desarrolladas en la asignatura, donde el aprendizaje basado en problemas ha mostrado resultados positivos en la comprensión de los contenidos (Requena-García-Cruz, 2020; Romero, 2022).

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

En futuras aplicaciones del CIMA, sería conveniente reforzar algunos conceptos clave con más énfasis que otros antes de comenzar determinadas actividades prácticas, especialmente aquellos que suelen generar más confusión conceptual.

Respecto al trabajo grupal, resultaría interesante introducir estrategias que favorezcan una participación más equilibrada entre los integrantes, sin que esto implique más trabajo al equipo.

Por último, se mantendría la estructura basada en introducción breve, trabajo colaborativo y puesta en común final, ya que ha generado una buena dinámica en el aula y una mayor implicación del alumnado. En el caso de que los estudiantes dominasen los contenidos de aplicación, podría generarse una única actividad de trabajo grupal. De esta forma, se reduciría una Actividad de Contraste, dado que no sería necesario retomar conceptos de aplicación.

Principios Docentes para el futuro

La experiencia desarrollada a través de Ciclo de Mejora en el Aula ha permitido reforzar una serie de principios que permitirán orientar futuras prácticas docentes. En primer lugar, se reafirma la importancia de situar al alumno en el centro del proceso de aprendizaje, donde sea capaz de reflexionar y no actúe únicamente como receptor del contenido.

Esta perspectiva coincide con la idea planteada por Bain (2005), quien defiende que la buena docencia universitaria debe orientarse a crear las condiciones necesarias para que el estudiante construya activamente



su aprendizaje y desarrolle capacidades de razonamiento propias de la disciplina.

Otro principio fundamental es el valor de las ideas previas y de los modelos mentales del estudiante. El aprendizaje mejora cuando se pueden contrastar las intuiciones con el razonamiento propio de la resolución de un problema práctico. En ese sentido, el trabajo colaborativo y la puesta en común de ideas resultaron especialmente útiles para favorecer la argumentación del proceso a seguir y la participación de la mayor parte del grupo.

Desde el punto de vista metodológico, la experiencia confirmó la eficacia de una estructura basada en introducción breve, resolución cooperativa de problemas y puesta en común final. Las preguntas clave y los casos prácticos organizados en torno a problemas permitieron dar coherencia a los contenidos y acercar el aprendizaje a situaciones realistas. Del mismo modo, la experiencia reforzó la necesidad de entender la docencia como un proceso flexible y reflexivo, capaz de adaptarse continuamente a las respuestas y dificultades que aparecen en el aula durante el aprendizaje (Finkel, 2008).

En relación a la materia, se considera que la utilización de mapas de contenidos, esquemas visuales y Actividades de Contraste ayudó a que los estudiantes relacionaran conceptos complejos de una manera más comprensible y aplicada.

Finalmente, la experiencia permitió replantear el papel de la evaluación como un proceso continuo de análisis del aprendizaje y no únicamente como una calificación final. El uso de cuestionarios iniciales y finales, escaleras de aprendizaje y diarios docentes facilitó la detección de obstáculos, el análisis de su evolución y la reflexión sobre la propia práctica docente.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2005). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- Delord, G. Hamed, Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 127-162). Morata.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Publicaciones Universidad de Valencia.
- Ministerio de Fomento de España. (2019). *Documento Básico de Seguridad Estructural. Cimientos (DB-SE-C)*.
- Porlán, R. (2017). *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla*. Morata.
- Requena-García-Cruz, M.V. (2020). Propuesta de innovación docente en arquitectura mediante el aprendizaje basado en problemas. En R. Porlán, E. Navarro-Medina y A. F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula año 2019. Experiencias de*



innovación docente de la Universidad de Sevilla (pp. 449-468). Editorial de la Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447221912.019>

Romero, E. (2022). Construcción del conocimiento aplicando diversas técnicas de resolución de problemas en la asignatura de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. En R. Porlán E. Navarro-Medina y A.F. Villarejo-Ramos (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula año 2021. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 43-59). Editorial de la Universidad de Sevilla. <http://dx.doi.org/10.12795/9788447222865.002>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Estructuras metálicas: una experiencia docente. Del laboratorio a las normas de diseño

Metal structures: a teaching experience. From the laboratory to design standards

Isabel González-de-León

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2667-9931>

Universidad de Sevilla

Departamento de Estructuras de Edificación e
Ingeniería del Terreno

igonzalezdeleon@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447232529.03>

Pp.: 43-56



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Resumen

La asignatura de Estructuras 2 tiene como objetivo el diseño y análisis de estructuras de acero. Se imparte durante el primer cuatrimestre del tercer curso del grado en Fundamentos de Arquitectura y es la segunda asignatura dedicada íntegramente al aprendizaje de Estructuras en el Plan de Estudios de 2012. Con motivo de la implantación del Plan de Estudios de Bolonia, la docencia de Estructuras 2 apostó por un aprendizaje basado en proyectos, con 15 sesiones de cuatro horas en las que se imparten conocimientos teóricos, se realizan actividades de contraste y se desarrolla el proyecto de estructuras de edificios reales. A pesar de que esta metodología fomenta la comprensión del comportamiento estructural, el trabajo cooperativo y el aprendizaje autónomo, aún se detectan dificultades, especialmente en la comprensión de ciertos fenómenos y en la aplicación de fórmulas de diseño. En este contexto, se ha desarrollado un Ciclo de Mejora en el Aula centrado en la visualización de ensayos de laboratorio y en la búsqueda en los códigos estructurales, con el fin de ayudar a los estudiantes a comprender los motivos que hay detrás de las fórmulas de diseño.

Palabras clave: Estructuras 2, grado en fundamentos de arquitectura, docencia universitaria, desarrollo profesional docente.

Abstract

The Structures 2 course is taught during the first semester of the third year of the degree programme in Fundamentals of Architecture. Its objective is the design and analysis of steel structures, and it is the second course devoted entirely to Structures in the degree programme. With the implementation of the Bologna Plan, the teaching of Structures 2 opted for a project-based learning, with 15 four-hour sessions in which theoretical knowledge is imparted, contrasting activities are carried out, and a structural project for a real building is developed. Although this methodology promotes understanding of structural behaviour, cooperative work and autonomous learning, difficulties are still encountered, especially in understanding certain phenomena and in applying design formulas. In this context, an *Improvement Cycle in Classroom* has been developed, focusing on the visualisation of laboratory tests and research into structural codes, with the aim of helping students understand the reasons behind design formulas.

Keywords: Structures 2, degree in fundamentals of architecture, university teaching, teacher professional development.



Introducción

El *Ciclo de Mejora en el Aula* (CIMA) (Delord, Hamed y otros, 2020) descrito en este documento se enmarca en el *Programa de Formación, Innovación e Investigación Docente del Profesorado 2025-2026*, organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla (US). La asignatura elegida fue Estructuras 2, del grado de Fundamentos en la Arquitectura (Plan de Estudios 2012) de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA). Se trata de la segunda asignatura dedicada íntegramente al aprendizaje de Estructuras y se imparte en el primer cuatrimestre del tercer curso de grado. Tiene una asignación de 6 créditos ECTS. El objetivo de Estructuras 2 es el diseño y análisis de estructuras de acero. El programa de la asignatura abarca todos los contenidos necesarios para este fin: comportamiento mecánico del acero, diseño de estructuras metálicas, estimación de las cargas, predimensionado, estabilidad lateral y traslacionalidad, análisis de esfuerzos y de deformaciones, y comportamiento sísmico. Cabe mencionar que es usual que los alumnos no recuerden muchos de los principios físicos que rigen el comportamiento estructural, que son impartidos en la asignatura Estructuras 1 (primer curso de grado).

La docencia de Estructuras en la ETSA apuesta por un *Aprendizaje Basado en Proyectos* (ABP) (Justo y Delgado-Trujillo, 2014; Delgado-Trujillo y Justo, 2018), con 15 sesiones de cuatro horas en las que se imparten conocimientos teóricos, se realizan actividades de contraste y se proyecta la estructura de edificios reales. Los grupos están formados por 30 estudiantes aproximadamente y las aulas son amplias y están equipadas con proyector, pizarra y mesas que se disponen libremente. El sistema de evaluación es coherente con la metodología ABP y en la calificación final priman la participación del estudiante durante el curso y los resultados del Proyecto de estructuras.

Aunque la metodología ABP fomenta la comprensión del comportamiento estructural, el trabajo cooperativo y el aprendizaje autónomo, aún se detectan dificultades, especialmente en la comprensión de ciertos fenómenos y en la aplicación de fórmulas de diseño, que el alumnado aplica sin razonar las implicaciones de cada parámetro (Vázquez-Boza, Justo y otros, 2015). En este contexto, se ha desarrollado un CIMA centrado en la visualización de ensayos de laboratorio y en la búsqueda en los códigos estructurales, con el fin de ayudar a los estudiantes a comprender los motivos que hay detrás de las fórmulas de diseño.

No existe constancia de una experiencia similar aplicada con anterioridad en las asignaturas de Estructuras impartidas en la ETSA.



Diseño previo del CIMA

El presente CIMA tiene como objetivo principal mejorar la comprensión de las fórmulas de diseño prescritas en las normativas vigentes, concretamente de las expresiones para considerar los efectos de las imperfecciones iniciales en la estabilidad global de la estructura y para comprobar la resistencia de los elementos a pandeo debido a esfuerzos de compresión o de flexión. Los objetivos secundarios del CIMA son aumentar el interés por las estructuras, acercar el mundo de la investigación a los estudiantes y fomentar el uso de documentos técnicos.

La comprensión de los fenómenos tratados en las fórmulas se favorece con la visualización de ensayos de laboratorio. Ante la imposibilidad de acudir a un laboratorio de estructuras, se proyectan fotografías de la instrumentación de los especímenes y de la ejecución de los ensayos, así como gráficas con los resultados obtenidos. Durante esta actividad se busca la identificación de los factores que influyen en dichos fenómenos.

La interiorización de las fórmulas se estimula con la búsqueda en las normativas de estas expresiones matemáticas. Además, con esta actividad se acerca al alumno a la práctica profesional.

Las actividades propuestas en este CIMA están basadas en la carrera investigadora de la autora, concretamente como investigadora predoctoral en la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), donde participó en ensayos de laboratorio de elementos y estructuras metálicas y propuso fórmulas para estimar el comportamiento estructural de elementos y sistemas de acero en línea con las normativas de diseño estructural europeas. En particular se utilizó la información reportada en (Arrayago, Real y otros, 2019; Arrayago, González-de-León y otros, 2020a, 2020b; González-de-León, Arrayago y otros, 2021, 2022). También se basa en su etapa como técnica en la US, donde asistió al departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno en la línea de investigación Educación en Ingeniería y en Arquitectura.

Mapas de contenidos y problemas claves

La figura 1 muestra el mapa de contenidos del CIMA, diferenciando entre conceptuales (amarillo), procedimentales (azul), de valor profesional (verde) y de aprendizaje motriz (naranja). También se indican los contenidos primordiales (en negrita) y los tratados en temas anteriores (gris). En el CIMA se abordan dos grandes temas: *Estabilidad lateral del sistema* y *Estabilidad de los elementos*, que son introducidos con dos preguntas (rosa): *¿Qué provoca que una estructura pierda su estabilidad lateral?* y *¿qué es el pandeo?*



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

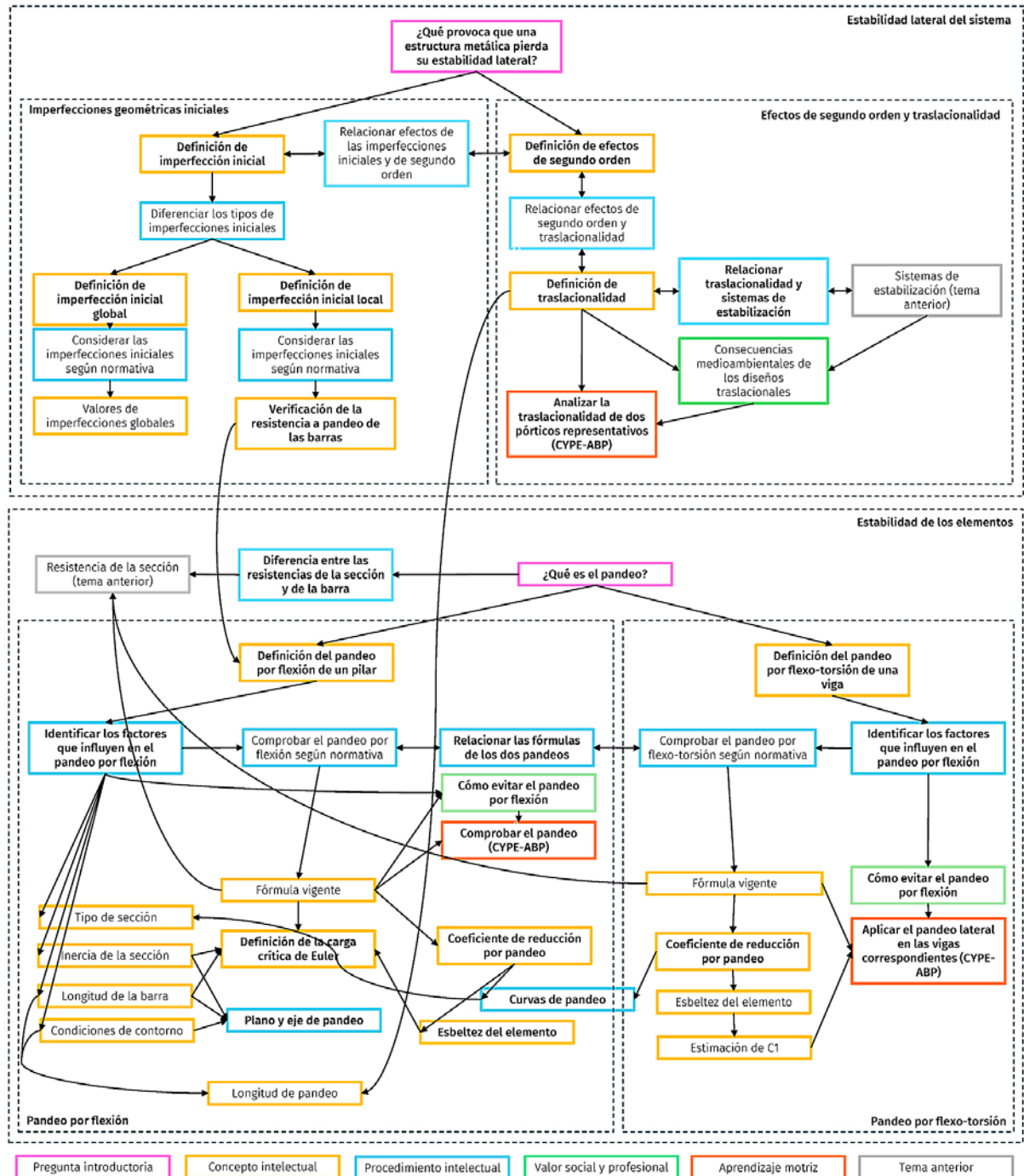


Figura 1. Mapa de contenidos



Modelo metodológico y secuencias de actividades

El CIMA se desarrolló en tres sesiones de 4 horas. Aunque la actividad que articula la docencia de Estructuras es el desarrollo del Proyecto, en el aprendizaje de disciplinas técnicas es fundamental impartir conceptos teóricos (Perrenet, Bouhuijs y otros, 2000). En consecuencia, el modelo metodológico actual de Estructuras 2 contempla breves clases expositivas donde se explican los conceptos teóricos que después los alumnos aplican en el Proyecto. Los recursos utilizados durante la teoría son el proyector y la pizarra. Generalmente, las diapositivas contienen dibujos simplificados que explican los fenómenos, capturas de las normativas y ejercicios resueltos. Las diapositivas están disponibles para su descarga.

La figura 2 muestra el modelo metodológico aplicado en el CIMA. Este modelo busca una mayor participación del alumnado en la primera parte de la sesión. Tras el saludo (Introducción-I), la profesora formula una Pregunta (P) que los estudiantes contestan en base a sus ideas previas intuitivas (Ideas de los Alumnos 1-IA1). Estas ideas son corregidas (Ideas de los Alumnos 2-IA2) tras visualizar los ensayos de laboratorio o buscar la respuesta en la normativa (Actividad de Contraste-AC). Los conceptos teóricos trabajados son repasados por la profesora (Conclusiones-C) antes de comenzar el ABP. Se finaliza con una Despedida (D).

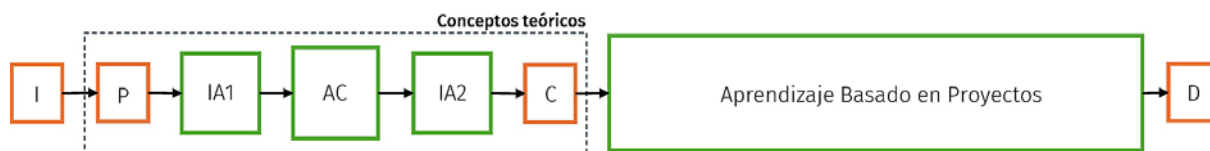


Figura 2. Modelo metodológico

En la tabla 1 se recogen las actividades planteadas. Para favorecer la atención de los estudiantes, los alumnos no disponían de las diapositivas preparadas explícitamente para el CIMA, pero sí de los artículos de investigación, las normativas y los apuntes originales de la asignatura.

Tabla 1. Secuencia de actividades para el desarrollo del CIMA

Sesión 1: Estabilidad lateral del sistema estructural. Imperfecciones iniciales y traslacionalidad	
A.1.	Tipo: Cuestionario inicial. Tiempo: 30 min. Recursos: Cuestionario impreso.
A.2. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Por qué las imperfecciones iniciales deber considerarse?</i> Tiempo: 5 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Los portavoces comunican las ideas del grupo.
A.2. AC	Tipo: <i>Visualización de ensayos de laboratorio.</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Diapositivas. Desarrollo: Se proyectan imágenes de los artículos se miden y se evalúan la influencia de las imperfecciones iniciales.
A.2. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 15 min. Recursos: Pizarra y diapositivas. Desarrollo: Entre todos, definimos las imperfecciones iniciales globales y locales.
A.3. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Es obligatorio considerar las imperfecciones iniciales? ¿Cómo se consideran en la normativa?</i> Tiempo: 5 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Puesta en común de ideas.
A.3. AC	Tipo: <i>Búsqueda en normativa.</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Normativa. Desarrollo: En parejas, se busca en la normativa cómo se consideran las imperfecciones iniciales en el diseño de las estructuras.
A.3. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 15 min. Recursos: Pizarra y diapositivas. Desarrollo: Entre todos, definimos los métodos que la normativa indica para tener en cuenta las imperfecciones iniciales.
A.4. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Qué son los efectos de segundo orden? ¿Es obligatorio considerarlos?</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Puesta en común.
A.4. AC	Tipo: <i>Búsqueda en normativa.</i> Tiempo: 15 min. Recursos: Diapositivas. Desarrollo: En parejas, se busca en la normativa cómo está considera los efectos de segundo orden.
A.4. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 10 min. Recursos: Pizarra y diapositivas. Desarrollo: Entre todos, definimos los límites para considerar los efectos de segundo orden y la traslacionalidad de un pórtico. Se relaciona con los sistemas de estabilización.
A.5. ABP	Tipo: ABP: Calcular la traslacionalidad de un pórtico plano a mano. Tiempo: 15 min. Recursos: Ejercicio resuelto. Desarrollo: Entre todos, calculamos la traslacionalidad de un pórtico.
A.5. ABP	Tipo: ABP: Analizar la traslacionalidad de un pórtico de carga del Proyecto de estructuras. Tiempo: 105 min. Recursos: CYPE 3D. Desarrollo: Cada miembro del grupo analiza la traslacionalidad de un pórtico, sirviéndose del ejercicio que acabamos de resolver.



Sesión 2: Estabilidad de los elementos. Pandeo por flexión	
A.1. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Qué es el pandeo por flexión? ¿Cómo podemos evitarlo?</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Los portavoces comunican las ideas de su grupo.
A.1. AC	Tipo: <i>Visualización de ensayos de laboratorio.</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Diapositivas. Desarrollo: Se proyectan imágenes de artículos en los que se ensayan secciones y elementos de acero a compresión (Arrayago y otros, 2020a). Se pregunta por las diferencias entre ambos ensayos.
A.1. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 20 min. Recursos: Pizarra y diapositivas. Desarrollo: Entre todos, definimos cuáles son los factores que provocan el pandeo por flexión. Se proyecta la fórmula de la carga crítica de Euler.
A.2. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Cómo es la comprobación del pandeo por flexión en normativa?</i> Tiempo: 5 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Se proyectan tres fórmulas posibles para comprobar el pandeo por flexión. Determinamos la fórmula más votada.
A.2. AC	Tipo: <i>Búsqueda en normativa.</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Normativa. Desarrollo: En parejas, se busca en la normativa cómo se comprueba el pandeo a flexión.
A.2. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 15 min. Recursos: Refuerzo con <i>hands-on</i> , pizarra y diapositivas. Desarrollo: Entre todos, identificamos la fórmula correcta. Se explican las distintas formas de estimar el coeficiente de reducción, y los conceptos de plano y de eje de pandeo con ayuda de una regla.
A.3. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Cuál es la longitud de pandeo de un pilar en un pórtico?</i> Tiempo: 15 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Se define de la longitud de pandeo y se muestran los puntos de inflexión. Se estiman las longitudes en diferentes los pórticos por parejas.
A.3. AC	Tipo: Visualización de deformadas. Tiempo: 10 min. Recursos: Diapositivas. Desarrollo: Se muestran las deformadas de los pórticos. Se estiman las longitudes en diferentes los pórticos de nuevo.
A.3. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 15 min. Recursos: Pizarra y diapositivas. Desarrollo: Puesta en común de la AC anterior. Se explica la longitud de pandeo de una cercha.
A.4. ABP	Tipo: ABP: Comprobar el pandeo de un pilar en un pórtico plano. Tiempo: 40 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Por parejas, se comprueba el pandeo un pilar. Al final, se resuelve en la pizarra.
A.4. ABP	Tipo: ABP: Analizar el pandeo de un pilar del Proyecto de estructuras. Tiempo: 80 min. Recursos: CYPE 3D. Desarrollo: Cada miembro del grupo analiza el pandeo de un pilar del Proyecto de estructuras con CYPE.



Sesión 3: Estabilidad de los elementos. Pandeo por flexo-torsión	
A.1. ABP	Tipo: ABP: Analizar el pandeo de un pilar del Proyecto de estructuras. Tiempo: 120 min. Recursos: CYPE 3D. Desarrollo: Cada miembro del grupo analiza el pandeo de un pilar del Proyecto de estructuras con CYPE.
A.2. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Qué es el pandeo por flexo-torsión? ¿Cómo podemos evitarlo?</i> Tiempo: 5 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Los portavoces comunican las ideas de su grupo.
A.2. AC	Tipo: <i>Visualización de ensayos de laboratorio y hands-on.</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Diapositivas. Desarrollo: Se proyectan imágenes de artículos que reportan ensayan elementos de acero a flexo-torsión. Se pregunta por las diferencias con los ensayos de pandeo por flexión.
A.2. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 15 min. Recursos: Pizarra y diapositivas. Desarrollo: Entre todos, definimos cuáles son los factores que provocan el pandeo por flexo-torsión.
A.3. P-IA1	Tipo: Problema e Ideas previas: <i>¿Cómo es la comprobación del pandeo por flexo-torsión en la normativa?</i> Tiempo: 5 min. Recursos: Diapositiva y pizarra. Desarrollo: Se proyectan tres fórmulas posibles para comprobar el pandeo por flexo-torsión.
A.3. AC	Tipo: <i>Búsqueda en normativa.</i> Tiempo: 10 min. Recursos: Normativa. Desarrollo: En parejas, se busca en la normativa cómo se comprueba el pandeo a flexo-torsión.
A.3. IA2-C	Tipo: Puesta en común y Conclusiones. Tiempo: 10 min. Recursos: Refuerzo con <i>hands-on</i> , pizarra y diapositivas. Desarrollo: Se relacionan las comprobaciones de pandeo por flexión y por flexo-torsión.
A.4. ABP	Tipo: ABP: Introducir el pandeo lateral en las vigas relevantes del Proyecto de estructuras. Tiempo: 40 min. Recursos: CYPE 3D. Desarrollo: Por grupos, se localizan las vigas susceptibles a pandeo lateral del Proyecto, se activan los efectos de pandeo lateral y se comprueba la resistencia de las barras.
A.5.	Tipo: Cuestionario final. Tiempo: 30 min. Recursos: Cuestionario y encuesta de satisfacción impresas.

Cuestionario inicial-final

Para evaluar la eficacia del modelo metodológico y de las actividades se utilizó un cuestionario (Porlán, 2017) con tres preguntas:

1. *Las imperfecciones geométricas iniciales en estructuras son defectos en la forma de los elementos (como falta de rectitud, excentricidades o desplazamientos) que se producen durante la fabricación de dichos elementos o la construcción de la estructura. ¿Deben ser consideradas en el diseño de una estructura? Desarrolla tu respuesta.*
2. *Dibuja la deformada de un pilar HEB sometido a axil. 2.2. ¿Cómo se llama el fenómeno? 2.3. ¿Cómo lo evitarías?*
3. *Explica cómo se produce el pandeo lateral de una viga y realiza un pequeño boceto o apunte del fenómeno. 3.2. ¿Cómo lo evitarías?*



Se preparó una encuesta con 12 preguntas y respuestas de muy a nada satisfactorio para valorar el impacto de las actividades *ensayos de laboratorio, utilización de documentos normativos y toma de apuntes*.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

El balance general de la aplicación del CIMA fue positivo. Los estudiantes mostraron interés durante la explicación de los ensayos de laboratorio y la participación de los alumnos aumentó. En cuanto a las actividades relacionadas con las normativas, se observó que algunos alumnos no sabían cómo abordarlas al no estar familiarizados con la búsqueda en documentos técnicos y con el léxico propio de estos códigos. En muchas ocasiones consideraban la actividad finalizada al localizar el epígrafe.

Se observó un grado de implicación alto al limitar la información a la que tenían acceso. El hecho de que no todas las diapositivas estuvieran a su disposición les obligó a tomar apuntes y favoreció una mayor interacción entre el alumno y el profesor. Finalmente, se observó que las preguntas del cuestionario no fueron las más adecuadas para valorar el aprendizaje. Una parte representativa de la clase respondió sin mucho interés, especialmente en el cuestionario final, posiblemente porque las consideraron abstractas, repetitivas o irrelevantes para su expediente (no computaban en la nota final).

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Se realizó un análisis estadístico de las respuestas a los cuestionarios inicial y final, clasificándolas según cuatro modelos mentales. En el modelo mental 1 la respuesta es *intuitiva y no está justificada*. En el modelo mental 2 la respuesta es *correcta y justificada*. En el modelo mental 3 se desarrolla la respuesta del modelo mental 2. En el modelo mental 4 se utiliza la terminología correcta y se relaciona con otros conceptos.

En total se analizaron 21 parejas de cuestionarios. La figura 3 refleja las escaleras de aprendizaje correspondientes a las tres preguntas, con el número de alumnos, expresado en porcentajes, que se ubicaba en cada escalón al inicio y al final del CIMA. Se observa un progreso generalizado de la clase. La mayoría de los estudiantes experimentaron uno o dos saltos en su nivel de conocimiento. El obstáculo más repetido fue la *identificación del tipo de esfuerzo que provoca los fenómenos de pandeo por flexión y por flexo-torsión*. Cabe mencionar que los esfuerzos son materia de Estructuras 1.



Pregunta 1: Imperfecciones geométricas iniciales

Inicial: 90%
Final: 38%

Nivel 1: Respuesta intuitiva sin justificar los motivos.

Inicial: 10%
Final: 48%

Nivel 2: Sabe que las imperfecciones siempre deben ser consideradas porque identifica su origen.

Obstáculo: Identifica el origen de las imperfecciones, es consciente de que siempre están presentes.

Inicial: 0%
Final: 14%

Nivel 3: Identifica sus efectos en la estabilidad lateral y en la reducción la capacidad resistente de la estructura. Intuye los efectos de segundo orden, aunque no usa la terminología correcta.

Obstáculo: Identifica el efecto de las imperfecciones en la estabilidad y capacidad resistente del sistema estructural.

Inicial: 0%
Final: 0%

Nivel 4: Se expresa con claridad y precisión, utilizando la terminología correcta.

Obstáculo: Relaciona las imperfecciones geométricas iniciales con otros conceptos, como efectos de segundo orden y traslacionalidad.

Pregunta 2: Pandeo por flexión

Inicial: 67%
Final: 33%

Nivel 1: Respuesta errónea: confunde pandeo con desplome.

Inicial: 24%
Final: 14%

Nivel 2: Dibuja la deformada bien o plantea un modo de evitar el pandeo o nombra el fenómeno.

Obstáculo: No saben qué es el esfuerzo axial.

Inicial: 10%
Final: 43%

Nivel 3: Nombra y dibuja el fenómeno correctamente y plantea una posible solución para evitarlo.

Obstáculo: Identifica el fenómeno y el esfuerzo que lo provoca. Es capaz de dibujar la deformada. Nombra el modo más obvio de evitarlo: aumentar la sección o disminuir la longitud.

Inicial: 0%
Final: 10%

Nivel 4: Nombra y dibuja el fenómeno correctamente y enumera todos los factores que influyen en la resistencia a pandeo.

Obstáculo: Identifica todos los factores que afectan al pandeo.

Pregunta 3: Pandeo por flexo-torsión

Inicial: 100%
Final: 19%

Nivel 1: Respuesta errónea: confunde asocia el pandeo lateral a una acción horizontal.

Inicial: 0%
Final: 29%

Nivel 2: Dibuja el fenómeno bien o plantea un modo de evitar el pandeo o identifica las vigas dónde se produce.

Obstáculo: No entiende que el pandeo lateral se produce por un esfuerzo de flexión.

Inicial: 0%
Final: 24%

Nivel 3: Dibuja el fenómeno correctamente y plantea una posible solución para evitarlo.

Obstáculo: Identifica el fenómeno y el esfuerzo que lo provoca. Es capaz de dibujar la deformada. Nombra el modo más obvio de evitarlo: aumentar la sección o disminuir la longitud.

Inicial: 0%
Final: 29%

Nivel 4: Dibuja el fenómeno correctamente y enumera todos los factores que influyen en la resistencia a pandeo lateral.

Obstáculo: Identifica todos los factores que afectan al pandeo lateral y usa la terminología correcta.

Figura 3. Escaleras de aprendizaje elaboradas para evaluar al estudiantado

En cuanto a la encuesta de satisfacción, más del 80 % de los estudiantes valoraron positivamente las actividades innovadoras y destacaron que, más allá de introducir una nueva dinámica en clase, el análisis de los ensayos favorecía la comprensión de los efectos de las imperfecciones iniciales y los fenómenos de pandeo, y la utilización de la normativa les conectaba con el mundo profesional. Casi todos los alumnos consideraron la toma de apuntes como un ejercicio clave para el aprendizaje.



Evaluación del CIMA

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

El nuevo modelo metodológico otorga un papel protagonista al alumnado durante el desarrollo de los contenidos teóricos. En consecuencia, se ha observado un incremento de su interés por la asignatura.

El origen de los principales obstáculos es la falta de conocimientos previos. El alumnado de Arquitectura presenta, en general, dificultades para interiorizar conceptos teóricos de carácter abstracto, considerados conceptos umbrales (Delgado-Trujillo, Justo y otros, 2023). Entre las estrategias metodológicas que facilitan el aprendizaje destacan la experimentación, las actividades *hands-on* y las simulaciones virtuales (Justo, González-de-León y otros, 2023; Huerta-Gómez-Merodio y Requena-García-Cruz, 2025). La visualización de ensayos podría implantarse en cursos anteriores.

Otro factor limitante del aprendizaje es el acceso indiscriminado a una gran cantidad de información. Por este motivo, en cursos posteriores se optará por presentaciones más sintéticas y un mayor uso de la pizarra, lo que fomentará la toma activa de apuntes.

Entre los aspectos susceptibles de mejora, se contempla la *reformulación de las preguntas del cuestionario inicial*, con el objetivo de identificar con mayor precisión las ideas previas del alumnado y evitar posibles abandonos de la asignatura. Asimismo, se propone el *rediseño de las actividades de búsqueda y análisis de normativa*, estableciendo objetivos más concretos y asignando un mayor tiempo de desarrollo, con el fin de orientar de manera más eficaz el aprendizaje autónomo del estudiantado. Finalmente, se considera oportuno que dichas actividades tengan una *repercusión explícita en el sistema de calificación*.

Principios Docentes para el futuro

El rendimiento académico del estudiantado se ve condicionado por diversos factores, entre los que destacan las lagunas en los conocimientos previos que dificultan el seguimiento de las sesiones, la escasa vinculación de los contenidos con su entorno conocido, la falta de proyección hacia su futuro profesional, la duración excesiva y el carácter monótono de las clases, así como la insuficiente coherencia entre la dinámica del aula y los métodos de calificación empleados.

En este contexto, el cuestionario inicial ha diagnosticado el nivel de partida del alumnado, mientras que el mapa de contenidos ha facilitado la categorización de los conocimientos fundamentales y su relación con los conocimientos previos. Asimismo, la visualización de ensayos ha



contribuido a establecer una conexión más directa entre los fenómenos físicos y las formulaciones matemáticas, favoreciendo una comprensión más significativa. Además, el uso de la normativa vigente ha reforzado la vinculación de los contenidos con el futuro desempeño profesional del estudiantado. La secuenciación de diversas actividades ha contribuido a dinamizar las sesiones, mientras que la toma de apuntes ha favorecido la atención en el aula. Finalmente, el empleo de las escaleras de aprendizaje ha permitido identificar aquellos aspectos a reforzar.

Agradecimientos

Esta aportación es posible gracias a la experiencia de la autora como técnica en el departamento de Estructuras de la Edificación e Ingeniería del Terreno (ref. TU-134 - Contratación de Personal Técnico de Apoyo y de Gestión de la I+D+I en el marco del Programa de Garantía Juvenil en la Universidad De Sevilla, Convocatoria 2017), y a su participación en la UPC en el proyecto MINECO-BIA2016-75678-R, con fondos AEI/FEDER, UE, titulado *Comportamiento estructural de pórticos de acero inoxidable. Seguridad frente a acciones accidentales de sismo y fuego PINOX-AC*, a través del contrato de Formación de Personal Investigador asociado a dicho proyecto BES-2017-082958 financiado por el Ministerio de España de Ciencia y Tecnología. La autora agradece profundamente todos los fondos recibidos y la formación proporcionada por los profesores Enrique de Justo (US) e Itsaso Arrayago y Esther Real (UPC).

Referencias bibliográficas

- Arrayago I., González-de-León I., Real E. y Mirambell E. (2020a). Tests on stainless steel frames. Part I: Preliminary tests and experimental set-up. *Thin-Walled Structures*, 157, 107005. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.107005>
- Arrayago, I.; González-de-León, I.; Real, E. y Mirambell, E. (2020b). Tests on stainless steel frames. Part II: Results and analysis. *Thin-Walled Structures*, 157, 107006. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.107006>
- Arrayago, I.; Real, E.; Mirambell, E. y González-de-León, I. (2019). Experimental study on the general behaviour of stainless steel frames. En *Proceedings of the SDSS, Prague* (pp. 124-132). CRC Press.
- Delgado-Trujillo, A. y Justo, E. (2018). Evaluation of the design, process and results of a technical subject with problem-based learning. *Educacion XX1*, 21(2), 179-203. <https://doi.org/10.5944/educXX1.19415>
- Delgado-Trujillo, A.; Justo, E.; Terranova, D. y Cascales, J. (2023). Students' difficulties and remedies with the structural design for their final master project. *European Journal of Engineering Education*, 48(3), 518-537. <https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2176742>
- Delord, G.; Hamed, S.; Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 128-162). Morata.



- González-de-León, I.; Arrayago, I. y Real, E. (2021). Interaction of geometric and material nonlinearities in stainless steel frames. En *Proceedings of the Eurosteel Conference, Sheffield* (pp. 2149-2157). Ernst and Sohn. <https://doi.org/10.1002/cepa.1533>
- González-de-León, I.; Arrayago, I.; Real, E. y Mirambell E. (2022). A stiffness reduction method for the in-plane design of stainless steel members and frames according with EN 1993-1-4. *Engineering Structures*, 253, 113740. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113740>
- Huerta-Gómez-Merodio, M. y Requena-García-Cruz, M. V. (2025). Integrating Theory and Practice in Engineering Education: A Cross-Curricular and Problem-Based Methodology. *Education Science*, 15(9), 1253. <https://doi.org/10.3390/educsci15091253>
- Justo, E. y Delgado-Trujillo, A. (2014). Change to Competence-Based Education in Structural Engineering. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(3), 2556-2568. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000215](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000215)
- Justo, E.; González-de-León, I. y de Miguel, J. (2023). Diseño y Evaluación de una Aplicación Interactiva de Análisis Estructural para el Aprendizaje de Conceptos Complejos de Estructuras. En M. C. Llorente-Cejudo, R. Barragán-Sánchez y otros (Coords.), *Enseñanza e innovación educativa en el ámbito universitario* (pp. 550-560). Dykison.
- Perrenet, J. C.; Bouhuijs, P. A. y Smits, J. G. (2000). The suitability of problema-based learning for engineering education: theory and practice. *Teaching in Higher Education*, 5(3), 345-358. <https://doi.org/10.1080/713699144>
- Porlán, R. (Coord.). (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Morata.
- Vázquez-Boza, M.; Justo, E. y Delgado-Trujillo, A. (2015). The evolution of Structural Engineering Education in the era of computer. En *CMMoST 2015, Sevilla* (pp. 712-729).



Mejora del aprendizaje en la expresión gráfica arquitectónica: innovación docente en Dibujo 1 Geometría y Percepción

Improving learning in architectural graphic expression: teaching innovation in Drawing 1 Geometry and Perception

Patricia Ferreira-Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3886-9698>

Universidad de Sevilla

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica

pwanderley@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447232529.04>

Pp.: 57-69



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Resumen

La enseñanza universitaria debe orientarse hacia una mejora continua del aprendizaje del alumnado. En este sentido, la metodología basada en el *Ciclo de Mejora en el Aula* (CIMA) ha demostrado resultados significativos, no solo en el ámbito de la Arquitectura, sino también en otras áreas de conocimiento. La presente contribución expone la implementación de un CIMA en la asignatura Dibujo 1: Geometría y Percepción del Grado en Fundamentos de la Arquitectura en la Universidad de Sevilla. En concreto, el CIMA se aplicó en el tema *Superficies y Volúmenes* con el objetivo principal de optimizar el aprendizaje del alumnado. Para ello, se diseñaron actividades de contraste, ejercicios prácticos y dinámicas de observación de elementos arquitectónicos, orientadas a su documentación geométrica mediante los sistemas diédrico y axonométrico. El análisis de los resultados obtenidos revela un impacto positivo derivado de la aplicación de esta metodología.

Palabras clave: Expresión gráfica arquitectónica, dibujo 1 geometría y percepción, innovación docente, desarrollo profesional docente, docencia universitaria en arquitectura.

Abstract

University teaching should be oriented towards the continuous improvement of student learning. To this end, the methodology based on the *Improvement Cycles in Classroom* (ICIC) has demonstrated significant results, not only in the field of Architecture but also in other areas of knowledge. This contribution presents the implementation of a ICIC in the course Drawing 1: Geometry and Perception of the Bachelor's Degree in Fundamentals of Architecture at the University of Seville. Specifically, the ICIC was applied to the topic *Surfaces and Volumes* with the main objective of optimizing student learning. To this end, contrast activities, practical exercises, and observation tasks of architectural elements were designed, aimed at their geometric documentation using both the dihedral and axonometric systems. The analysis of the results obtained reveals a positive impact derived from the application of this methodology.

Keywords: Architectural graphic expression, drawing 1 geometry and perception, teaching innovation, professional development for teachers, university teaching in architecture.



Introducción

La aplicación del *Ciclo de Mejora en Aula* (CIMA) (Delord, Hamed y otros, 2020) que se describe en esta aportación, forma parte del *Programa de Formación e Innovación Docente del Profesorado* (FIDOP) 2025-26, organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Sevilla (US).

La asignatura en la que se aplicó el CIMA fue *Dibujo 1 geometría y percepción*, correspondiente al primer curso del Grado en Fundamentos de la Arquitectura, impartida en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Se trata de una asignatura del primer cuatrimestre, con una asignación de 6 créditos, que equivalen a 4 horas lectivas presenciales más 6 horas de dedicación semanal no presencial del estudiante. La asignatura es impartida a lo largo de 15 semanas, está repartida en 7 temas y cuenta con dos profesores que colaboran en el aula y comparten la enseñanza de manera simultánea. El CIMA se aplicó en las semanas 10, 11 y 12 del curso. Asimismo, es una asignatura troncal que sirve de introducción al lenguaje gráfico arquitectónico.

Esta asignatura tiene como objetivo aportar al alumnado conceptos fundamentales sobre la representación gráfica, utilizando para ello los sistemas proyectivos. En este curso, todos los temas se centraron en dibujo analógico y abarcaron contenidos como *la percepción visual, la codificación gráfica, la documentación geométrica y la sistematización del lenguaje gráfico*.

Con relación a la dinámica de las clases, los alumnos durante todo el curso tienen un cuaderno en formato A4 en el cual apuntan el contenido de clase, hacen croquis o resuelven inicialmente los problemas para después pasarlos a un formato A3 o A2, según se haya indicado en los ejercicios de los Bloques de prácticas definidos y presentados a principios del curso. Este cuaderno es recogido en el último día de clase y también es objeto de evaluación. De esta forma, podemos observar los apuntes, la organización y la evolución de los dibujos también mediante este soporte.

Diseño previo del CIMA

La asignatura partía de un modelo de inicial de clase con dos partes: una teórica, con una presentación que utilizaba power point y pizarra de tiza, y otra práctica, en la que los alumnos desarrollaban ejercicios prácticos donde aplicaban el contenido dado en la teoría. En este modelo, el docente impartía los contenidos de una manera mayoritariamente



unidireccional, y los alumnos recogían determinados puntos en el cuaderno A4, pero sin tener un papel significativo. Después los alumnos aplicaban estos contenidos individualmente mediante dibujos analógicos con los ejercicios. Este diseño de clase tenía algunas limitaciones:

1. No se tenían en cuenta las ideas y el conocimiento previo del alumno.
2. Faltaba conexión con los alumnos en la parte teórica, por lo que lo explicado en la teórica tenía que ser repetido cuando empezaban a hacer la práctica.

En este sentido, el modelo propuesto para el CIMA tenía como objetivos principales:

1. Mejorar la comunicación entre la teoría y la práctica.
2. Aumentar la interacción con el estudiantado, haciéndolo más partícipe de todo el proceso y fomentando su indagación y reflexión inicial del problema para tratar de resolverlo con sus conocimientos previos, promoviendo así su autonomía y protagonismo; todo ello a través de las actividades de contraste que jugaron un papel clave (Frinkel, 2008).
3. Fomentar el trabajo en clase y que las dudas se resuelvan durante la misma.
4. Sembrar en los alumnos la idea de que el conocimiento tiene que ser puesto a prueba, revisado y aplicado, fomentando que aporten diferentes soluciones a un mismo problema.

Para desarrollar este modelo de mejora del aprendizaje, se hizo un análisis de la relación entre los temas, contenidos y ejercicios de las sesiones. Para ello, se utilizó como herramienta un mapa de contenidos y problemas claves.

Mapas de contenidos y problemas principales

La figura 1 muestra el mapa para el tema de *Superficies y Volúmenes*. Trata de abordar los distintos problemas del tema mediante contenidos intelectuales, procedimentales, teórico-motrices y sociales-profesionales. Las preguntas se relacionan con las tres sesiones del tema.



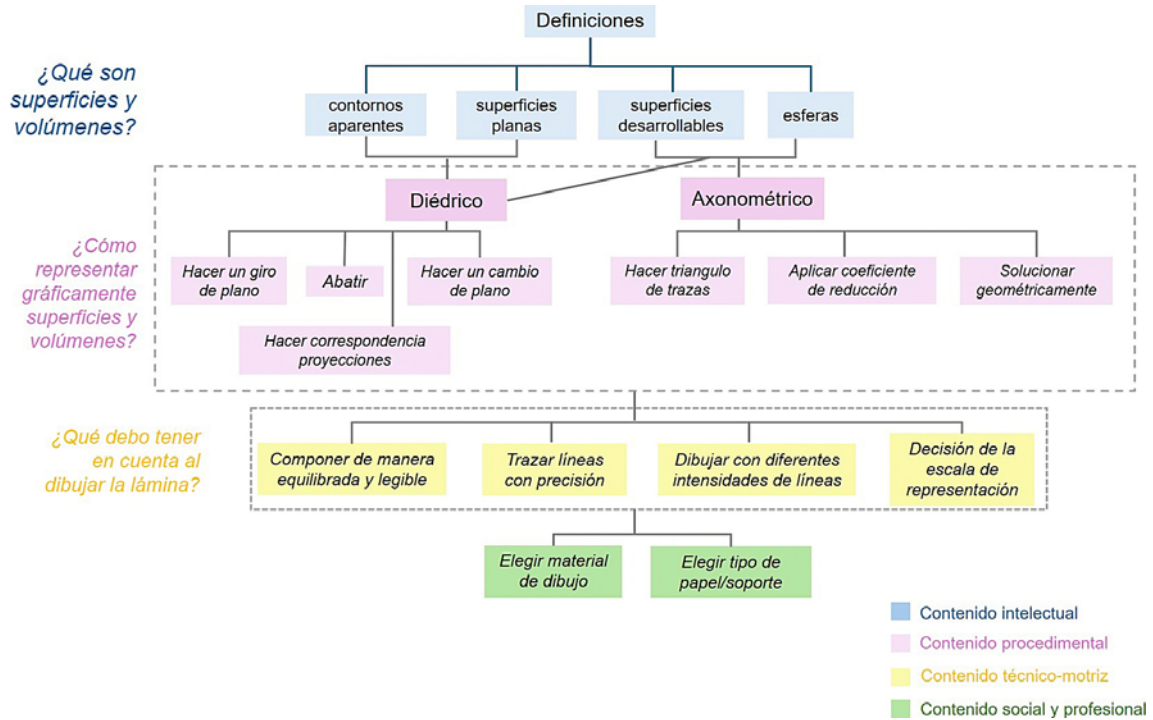


Figura 1. Mapa de contenidos del tema de superficies y volúmenes en la asignatura de *Dibujo 1 Geometría y Percepción*

Modelo metodológico y secuencia de actividades

El CIMA se diseñó para tres sesiones de clase práctica de 4 horas cada una. El modelo metodológico planteado para su desarrollo (figura 2) fue revisado durante el curso de innovación FIDOP. Está centrado en la resolución de problemas relacionados con la representación geométrica de una micro arquitectura, un templete, la capilla de Santa Ana y la alberca ubicada en el recinto de la Cartuja, en la zona de los jardines y huertas del Centro Andaluz de Arte Contemporánea (CAAC) en Sevilla. El modelo pretende que los alumnos se conviertan en los protagonistas y que ejerciten sus conocimientos previos, dando prioridad a sus ideas (Ideas Alumnos-IA) para representar gráficamente el elemento (De Alba y Porlán, 2017). El papel del docente será el acompañante, mediante la argumentación de aspectos importantes a tener en cuenta y la resolución de las dudas que surjan en las actividades de contraste (AC). Como se puede observar, en las sesiones se adoptará una metodología gradual (Larkin, 2012) para la asimilación efectiva y duradera del conocimiento.



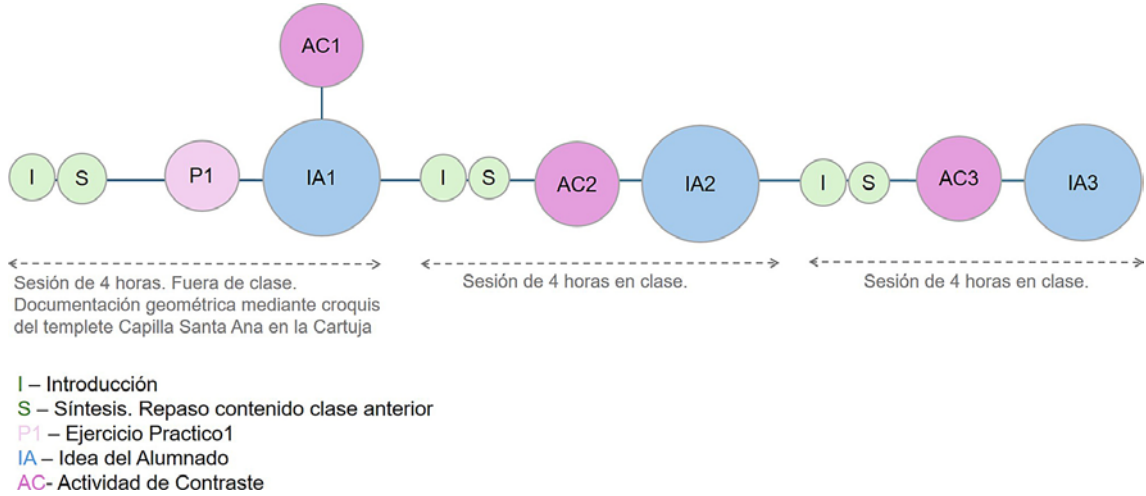


Figura 2. Modelo metodológico propuesto para el CIMA

A continuación, se presentan las actividades diseñadas para las tres sesiones (tabla 1). Para garantizar el seguimiento de las actividades se han elaborado materiales de soporte que fueron compartidos en la Enseñanza Virtual.

Tabla 1. Secuencia de actividades para el desarrollo del CIMA

Sesión 1 – ¿Qué son superficies y volúmenes?	
I+S	<i>Tipo: Introducción, síntesis y organización de la sesión.</i> <i>Tiempo: 20'.</i> <i>Recursos:</i> Profesor; Cuaderno de dibujo A4 y A3; Preguntas. <i>Desarrollo:</i> Síntesis de la sesión anterior y explicación de cómo se desarrollará esta clase. Se mencionará que será impartida en el Monasterio de la Cartuja, y que en esta sesión el objeto de análisis es una arquitectura de templete, la Capilla de Santa Ana. Se mencionará que la clase tendrá una dinámica distinta y que con ellos pretendemos mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
P1+IA1 +AC1	<i>Tipo: Práctica 1. Realizar la documentación geométrica del templete mediante croquis</i> <i>Tiempo: 3hs.</i> <i>Recursos:</i> Material de dibujo a mano alzada, folios A3, cuaderno A4, soporte rígido para apoyar folio A3, cinta métrica, nivel, escalímetro. <i>Desarrollo:</i> Los alumnos tienen que documentar el templete mediante un croquis con cota. El templete es un edificio localizado en las huertas del Monasterio de la Cartuja, que resulta interesante porque tienen diferentes niveles y formas en su composición y en su planta baja existe una bóveda. Si es necesario, el profesor debe hacer algunas consideraciones o dar ejemplos mediante dibujo en folios A4 o A3 para aclarar determinadas técnicas y/o procesos que pueden ayudar a los alumnos a mejorar el dibujo.



Sesión 2 – ¿Cómo representar gráficamente superficies y volúmenes? ¿Qué debo tener en cuenta en la lámina?	
I+S	<i>Tipo: Introducción, síntesis y organización de la sesión.</i> <i>Tiempo: 40'.</i> <i>Recursos:</i> Profesor; Pizarra; Preguntas. <i>Desarrollo:</i> Síntesis de la sesión anterior y explicación de cómo se desarrollará esta. Se menciona que será una continuación de la anterior y trabajaremos con el mismo objeto de estudio: una arquitectura de templete, la Capilla de Santa Ana. Se ha pasado el cuestionario de 3 preguntas y se han dado 20 minutos para que los alumnos lo contesten.
AC 2	<i>Tipo: Actividad de Contraste. Toma de medidas, representación y resolución de escalas de representación y distribución de los dibujos en lámina.</i> <i>Tiempo: 60'.</i> <i>Recursos:</i> Profesor; Fotogrametría – modelo digital; Pizarra de tiza; Preguntas. <i>Desarrollo:</i> Mediante los croquis que han realizado en la clase anterior, los alumnos tienen que observar qué cotas les harán falta para dibujar el templete a escala (plantas y sección). El alumnado empieza a ver cuáles son las cotas y entonces proyectamos en la pizarra la fotogrametría del templete y lo vamos dando.
IA2	<i>Tipo: IA2</i> <i>Tiempo: 140'.</i> <i>Recursos:</i> Material de dibujo (folios A3 y A2, grafitos de diferentes durezas, escuadra, cartabón, regla, escalímetro). <i>Desarrollo:</i> Después de haber realizado el croquis del templete, los alumnos ahora, conociendo con mayor profundidad los métodos de dibujo y documentación geométrica específicos de superficies y volúmenes, deben desarrollar varios dibujos a escala de diédrico. Una lámina contendrá la planta, los alzados y al menos una sección del objeto arquitectónico. Dichos dibujos deben tener sus correspondencias en la lámina. Si es necesario, el profesor debe hacer algunas consideraciones o dar ejemplos en la pizarra para aclarar determinadas técnicas y/o procesos que pueden ayudar a los alumnos a mejorar el dibujo.
Sesión 3 – ¿Cómo representar gráficamente superficies y volúmenes? ¿Qué debo tener en cuenta en la lámina?	
I+S	<i>Tipo: Introducción, síntesis y organización de la sesión.</i> <i>Tiempo: 20'.</i> <i>Recursos:</i> Profesor; Pizarra de tiza; Preguntas. <i>Desarrollo:</i> Síntesis de la sesión anterior y explicación de cómo se desarrollará esta. Se menciona que la clase será una continuación de la anterior y trabajaremos con el mismo objeto de estudio: una arquitectura de templete, la Capilla de Santa Ana.



AC 3	<i>Tipo: Actividad de Contraste. Teoría, diseño y apuntes acerca de la documentación geométrica de volúmenes y superficies. Enseñar los principios, pautas y mecanismos para la correcta documentación geométrica de superficies y volúmenes.</i> <i>Tiempo: 45 minutos.</i> <i>Recursos: PowerPoint, dibujo en pizarra, cuaderno A4.</i> <i>Desarrollo: El docente enseñará mediante recursos de diapositivas y dibujo en pizarra los conceptos y métodos para la documentación geométrica de superficies y volúmenes.</i>
IA3	<i>Tipo: IA3</i> <i>Tiempo: 3 horas.</i> <i>Recursos: Material de dibujo (folios A3 y A2, grafitos de diferentes durezas, escuadra, cartabón, regla, escalímetro).</i> <i>Desarrollo: Después de haber empezado el levantamiento y resuelto algunas dudas. Los alumnos ahora deben empezar a desarrollar en otra lámina una perspectiva militar de dicho templete. Si es necesario, el profesor debe hacer algunas consideraciones o dar ejemplos en la pizarra para aclarar determinadas técnicas y/o procesos que pueden ayudar a los alumnos a mejorar el dibujo.</i>

Cuestionario inicial-final

Según Bain (2007), para lograr una mejora docente necesitamos poner al estudiantado como protagonista. Asimismo, su proceso debe ser evaluado para saber qué nivel de aprendizaje han alcanzado y poder, así, mejorar y validar el modelo metodológico (Porlán, 2017). Esta evaluación nos permite observar y analizar el punto de partida y de llegada de los alumnos, trazando su evolución al efectuar el ciclo de mejora (Rivero y Porlán, 2017). Para ello, se elaboró un cuestionario con las tres preguntas/problemas y 5 esculturas de poliedros regulares sobre las que debían responder. Los estudiantes tuvieron 20 minutos para contestarlo a principio de la sesión 2 y después de la sesión 3. Por cuestiones de tiempo y logística, no se pudo aplicar en la sesión 1 al realizarse fuera del aula y con el tiempo justo para dibujar el templete.

Tabla 2. Preguntas del cuestionario

Preguntas
P1. Existe un polígono cualquiera en el espacio. ¿Qué deberíamos hacer para representar y conseguir su verdadera magnitud?
P2. Si en lugar de un polígono cualquiera tengo un tetraedro equilátero. ¿Qué deberíamos hacer para representar y conseguir la verdadera magnitud de su superficie?
P3. Si tuvieras una planta escalada y un alzado escalado de un poliedro regular, como los de abajo representados, ¿qué faltaría para comunicar la forma y dimensiones de dicho poliedro de manera fiable a la realidad?



Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

El CIMA se ha aplicado durante tres sesiones de cuatro horas repartidas en tres semanas. La *primera sesión* en el Centro Andaluz de Arte Contemporáneo (CAAC), en la Cartuja. Una vez solicitados los permisos previamente, quedamos con los alumnos en la entrada del CAAC. Entre las 9:15 y 10:00 estuvimos explicando a los alumnos el contexto histórico del Templo de Santa Ana. Nos sentamos después en la escalera cercana para hacer un planteamiento del ejercicio que los alumnos iban a hacer. Para ello, el profesor dibujó en un cuaderno A4 croquis del alzado, sección y planta del templo de manera esquemática. Una vez solucionadas las dudas, entramos en la Huerta del CAAC para visitar y dibujar el templo. Los alumnos estuvieron dibujando y haciendo el croquizado del templo hasta las 13:30 h. Las dudas mayores fueron en cuanto a las bóvedas y al chapitel del templo. No dio tiempo de que los alumnos sacasen las medidas. Ellos estuvieron dibujando cómodamente y el otro profesor y yo preferimos dejar que entendiesen bien el volumen y las superficies y no interrumpir el desarrollo de los croquis, ya que estos son en sí mismos herramientas fundamentales para comprender lo que se representa gráficamente.

En la *segunda sesión*, empezamos planteando a los alumnos que dibujasen las líneas de cota en los croquis que habían hecho en la clase anterior. Esa sesión fue en el aula habitual y ellos llevaban el material de dibujo necesario según se avisó anteriormente por la enseñanza virtual. Las líneas de cota estaban relacionadas con las dimensiones que necesitaban para poder dibujar el templo en el siguiente ejercicio: hacer la documentación geométrica a escala del templo en un A3. Para ello, previamente habíamos realizado un modelo fotogramétrico del templo. Entonces, en esta primera parte de la clase, los alumnos iban preguntando las medidas que necesitaban y nosotros con el modelo virtual íbamos indicándolas. Una vez que no quedaba ninguna medida para apuntar, empezaron a plantear la lámina. Los alumnos tenían que pensar en cómo deberían distribuir los dibujos de la documentación geométrica en una lámina A3 para que pudiera caber por lo menos una sección, un alzado, una planta de cubierta, la planta baja del nivel 1 y la planta de ubicación del templo. En esta parte de la clase, el objetivo era que los alumnos aprendieran a usar el escalímetro y también a hacer las correspondencias de los dibujos en el A3. En la segunda parte, los alumnos fueron desarrollando el ejercicio en clase y fueron eliminando las dudas que tenían.



En la *tercera sesión*, hemos dado un pequeño repaso del contenido de las anteriores semanas recordando los ejercicios que había que entregar. Después empezamos la actividad de contraste en la cual mediante diapositivas y preguntas abarcamos los contenidos de *superficie y volúmenes*, sus definiciones, categorización y las maneras como debemos proceder para representarlos. Una vez terminada esa parte, planteamos a los alumnos el ejercicio de diseñar una perspectiva militar del templete. En la segunda parte de esta sesión los alumnos se pusieron a dibujar la perspectiva y fueron eliminando sus dudas.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Se ha realizado un análisis estadístico de las respuestas aportadas por los alumnos al cuestionario inicial/final, para verificar la mejora del conocimiento sobre el tema. El cuestionario inicial fue realizado por un total de 24 alumnos y el final por 23. El número de coincidencias ha sido de 21, siendo esta la muestra del análisis presentado en este capítulo.

Las *escaleras de aprendizaje* (Porlán, 2017: 81) revelan que es posible detectar el progreso de los alumnos en el aprendizaje y destacan por proporcionar evidencias objetivas para garantizar una mejora en el aprendizaje. Para ello se han establecido 4 niveles. En el nivel 0 están los alumnos que no han contestado ninguna de las preguntas. En el nivel 1 se encuentran los sujetos cuyas respuestas son correctas en relación con la representación de un polígono. En el nivel 2, los sujetos cuyas respuestas a las cuestiones 1 y 2 son correctas y, por último, en el nivel 3 los sujetos con todas las respuestas correctas (figura 3).

La figura 4 representa un extracto del análisis de las 3 preguntas. Se ha representado para cada alumno la evolución de su aprendizaje. Se observa una mejora de nivel en 17 de los 21 alumnos. En concreto, en relación con los alumnos que partían de un nivel 0, se constata que 2 alumnos han pasado al nivel 2 y 3 alumnos han pasado al nivel 3. De los 6 alumnos que tenían previamente un nivel 1, después de la CIMA, 5 de ellos han pasado al 2 y 1 ha pasado al nivel 3. Asimismo, 4 alumnos que partían del nivel 2 han logrado alcanzar el nivel 3. Por otro lado, 2 alumnos que tenían previamente el nivel 2 permanecieron en dicho nivel. Finalmente, 4 alumnos ya tenían previamente el nivel 3. En este sentido, 9 estudiantes están en el nivel 2 y 12 en el nivel 3 después del CIMA.



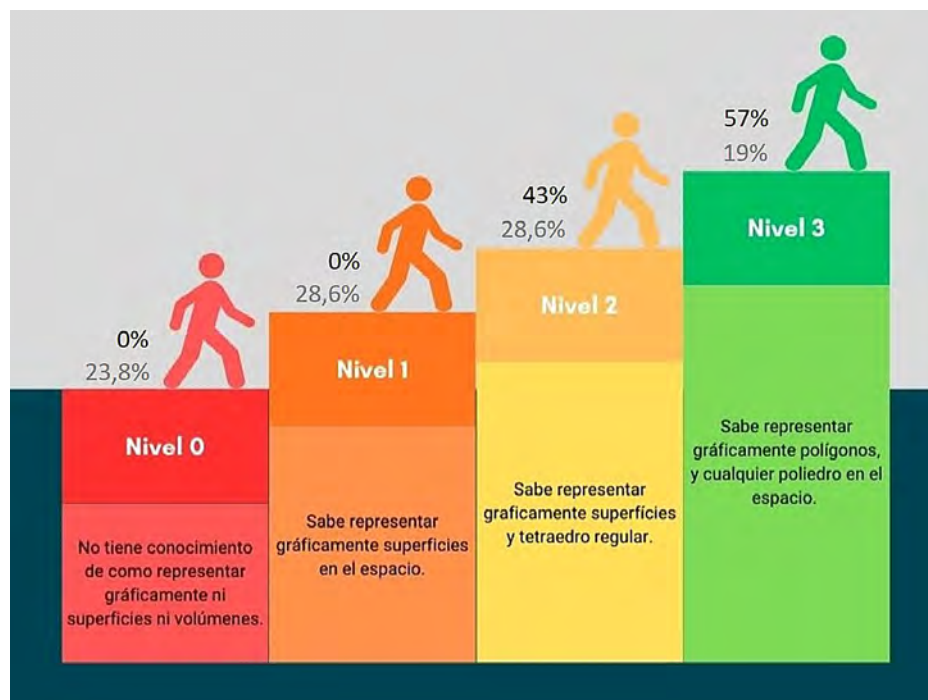


Figura 3. Escalera con los niveles evaluados. En gris están los porcentajes de cada nivel antes de aplicar el CIMA y en negro, los porcentajes después del CIMA

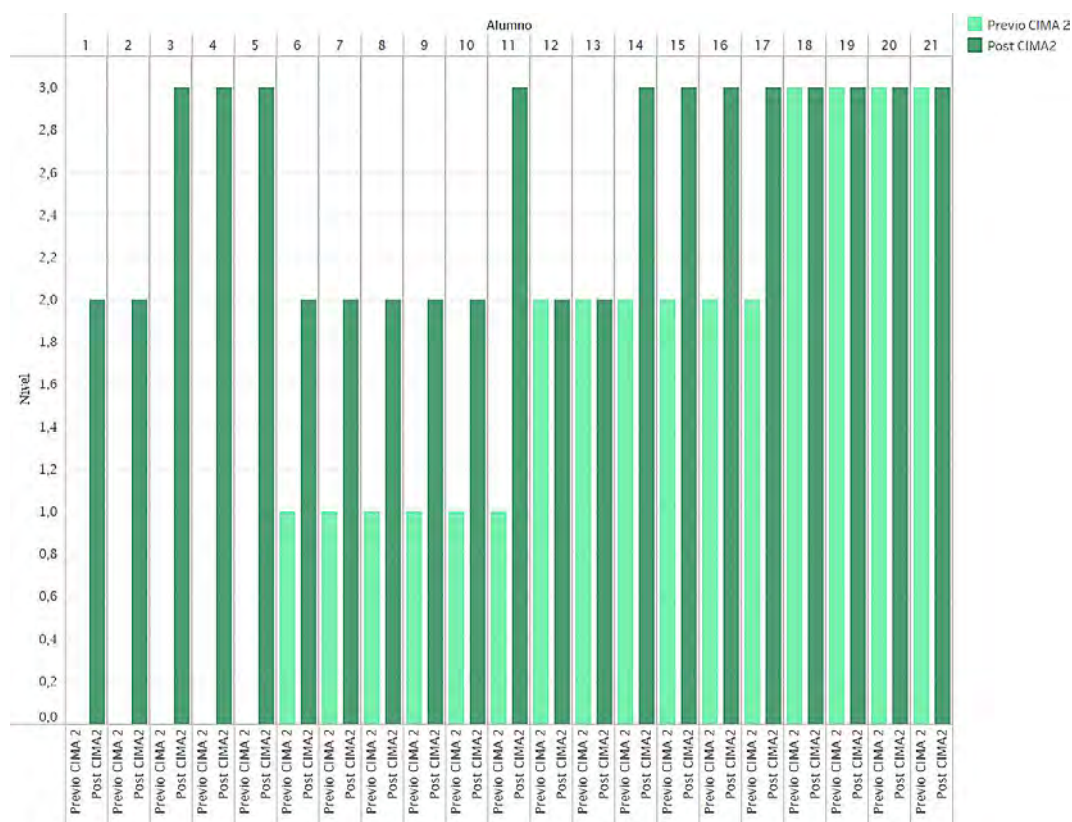


Figura 4. Mejora del conocimiento adquirido por los estudiantes después del CIMA



Evaluación del CIMA

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

La experiencia de la clase fuera del aula motivó mucho a los alumnos. También les gustó el desafío de diseñar un objeto arquitectónico con cierta complejidad. Muchos de ellos nunca habían estado en el CAAC y eso también aportó valor a la actividad.

En relación con posibles mejoras, pensamos que para próximos cursos debemos plantear el estudio de un objeto arquitectónico sin restricción de acceso, para que los alumnos puedan visitarlo fuera del horario de clase y así también puedan sacar las medidas ellos mismos, ya que tienen que dedicar 6 horas no-presenciales, aparte de las 4 horas semanales en clase.

Principios Docentes para el futuro

El papel asumido por el estudiante y su relevancia en el proceso de aprendizaje ya estaba presente en la metodología docente antes del CIMA, no obstante, hemos notado una mejora sustancial con la implementación de esta nueva metodología. Anteriormente, en ocasiones, se hacía evidente la falta de interés y atención de los alumnos en las clases teóricas. El cambio metodológico ha aportado mayor motivación para el alumnado y una mayor predisposición a realizar los ejercicios y prácticas del curso.

En cuanto al proceso de implementación del CIMA, el hecho de tener organizadas las sesiones como un diario en el que se estructura el tiempo, los contenidos y los recursos ha ayudado inmensamente a que el docente disfrute más de la clase, sin tanto margen para la improvisación, al seguir un planteamiento reflexionado y pensado con antelación.

La tradición de la clase magistral suponía exponer el contenido de una manera poco interactiva que hacía difícil que el estudiante estuviera concentrado durante todo el proceso, lo que se ha superado gracias a las *actividades de contraste* aplicadas durante el CIMA en lugar de la exposición unidireccional, como se ha descrito en el capítulo.

Se pretende mejorar la metodología en los siguientes cursos y aplicarla a todos los temas de la asignatura. Asimismo, se pretende aplicar en otras asignaturas para promover la mejora continua del aprendizaje.

Se ha introducido al final de la asignatura un cuestionario a los alumnos para recopilar sus opiniones sobre el CIMA, con el fin de aportar mejoras y sugerencias para los docentes. Un 100 % de los alumnos contestaron que las clases de este tema fueron las más interesantes y en las que han visto un salto grande en su conocimiento. Asimismo, manifiestan que fueron las clases que más les han motivado, sobre todo la primera sesión en la que estuvimos fuera del aula.



Por último, el método de la escalera nos ha permitido evaluar aspectos del aprendizaje del estudiante que anteriormente no se valoraban. Asimismo, nos ha permitido ver que es una herramienta muy útil, principalmente en las asignaturas de primero, para averiguar los conocimientos previos de los alumnos, pudiendo incidir durante la docencia en aquellas cuestiones más problemáticas, reforzándolas.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicaciones de la Universitat de València.
- De Alba, N. y Porlán, R. (2017). La metodología de enseñanza. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 37-54). Morata.
- Delord, G.; Hamed, S.; Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 127-162). Morata.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Publicaciones de la Universitat de València.
- Larkin, D. (2012). Misconceptions About «Misconceptions»: Preservice Secondary Science Teachers' Views on the Value and Role of Student Ideas. *Science teacher education*, 96(15), 927-959.
- Porlán, R. (Coord.) (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Morata.
- Rivero, A. y Porlán, R. (2017). La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 73-91). Morata.



Transformar el aula en un laboratorio creativo: Un ciclo de mejora en la asignatura Taller de Arquitectura 3

The Classroom as a Creative Lab: An Improvement Cycle in Architecture Workshop 3

Sara Fernández de Trucios

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5905-6322>

Universidad de Sevilla

Departamento de Proyectos Arquitectónicos

sfernandez8@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447232529.05>

Pp.: 71-84



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Resumen

El presente trabajo describe el diseño y desarrollo de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) implementado en la asignatura *Taller de Arquitectura 3*, materia multidisciplinar del Grado en Arquitectura. Desde el área de Proyectos Arquitectónicos, este experimento docente parte de un análisis de obstáculos actuales del aprendizaje para proponer estrategias orientadas a enseñar a proyectar como un proceso creativo integral, que abarca desde la ideación a la formalización del proyecto. La propuesta transforma el aula en un laboratorio arquitectónico organizado entorno a una gran mesa central, soporte de un taller manual que invita al estudiante a *pensar con las manos*, convirtiéndolo en un practicante reflexivo y en protagonista de su aprendizaje. En paralelo, se suceden diversas actividades de contraste (AC), planteadas como acciones creativas que se intercalan con las exposiciones de los grupos de estudiantes sobre sus proyectos (IA). Estas actividades garantizan la adquisición del contenido conceptual, metodológico y actitudinal programado. Los resultados obtenidos han sido positivos, permitiendo consolidar principios docentes futuros capaces de vincular método y contenido para la enseñanza del proceso proyectual.

Palabras clave: Taller de Arquitectura, proyectos arquitectónicos, innovación docente, laboratorio arquitectónico, acciones creativas.

Abstract

This paper describes the design and implementation of an Improvement Cycles in Classroom (ICIC) experience in the course Architectural Design Studio 3, a multidisciplinary subject within the Architecture degree programme. From the field of Architectural Design, this teaching experiment is based on an analysis of current learning obstacles to propose strategies aimed at teaching architectural design as an integrated creative process, encompassing stages from ideation to project formalisation. The proposal transforms the classroom into an architectural laboratory organised around a large central table, supporting a hands-on workshop that encourages students to think through making and fosters their role as reflective practitioners and active agents in learning. In parallel, brief and diverse contrast activities (CA) are developed as creative actions that emerge and interweave with student group presentations of their design projects (IA). These activities ensure the acquisition of the planned conceptual, methodological, and attitudinal learning outcomes. The results have been positive, allowing the consolidation of future teaching principles that effectively link method and content in teaching the architectural design process.

Keywords: Architecture workshop, architectural design, educational innovation, architectural lab, creative actions.



Introducción

La docencia del área de Proyectos Arquitectónicos en *Taller de Arquitectura 3* –asignatura que integra profesores de cinco áreas de conocimiento– busca guiar al alumno en la ideación y formalización del proyecto de arquitectura. El cronograma docente de la asignatura, que se imparte en el primer cuatrimestre del tercer curso de Grado en Fundamentos de Arquitectura, encuadra el ejercicio bajo el epígrafe *equipamiento*. Con esta premisa, el enunciado propone que los veintisiete estudiantes, en grupos de dos o tres personas, elaboren el proyecto de un mercado de abastos en Sevilla.

La naturaleza multidisciplinar y práctica de la asignatura constituye en sí misma una propuesta de innovación docente. Prescinde de los sistemas de evaluación tradicionales en favor de una metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), situando al estudiante ante desafíos profesionales reales. Por lo tanto, supone un reto identificar áreas de mejora de este modo de hacer y proponer estrategias que ayuden al alumno a alcanzar la madurez y autosuficiencia que requiere la acción de proyectar como proceso creativo.

Generalmente la dinámica de las clases se mantiene constante: durante las cuatro horas de sesión, el docente revisa los avances que cada alumno expone a partir del trabajo realizado en casa. Se suceden así, de forma continuada, conversaciones estudiante-docente que acostumbramos a llamar erróneamente *correcciones*, pues con frecuencia están mal planteadas. De forma habitual los docentes actuamos con torpeza, tendiendo a dar la respuesta a los problemas, en lugar de ofrecer las herramientas para que sea el alumno quien las obtenga por sí mismo.

A partir del análisis de este modelo metodológico habitual, detectamos que existen dos problemas principales. En primer lugar, la abstracción que supone un proceso creativo y la aparente falta de contenido conceptual producen desorientación en el alumno, así como inseguridad en el docente en la transmisión de un aprendizaje sólido. Por otro lado, la enseñanza individualizada provoca que, cuando los alumnos no interactúan con el profesor, tiendan a distraerse con asuntos ajenos a la asignatura o a marcharse del aula tras la *corrección*, con la sensación de haber aprendido lo que les correspondía.

Con la pretensión de ofrecer una mejora a esta praxis, el CIMA que aquí se describe y que tiene lugar durante tres sesiones de noviembre del curso escolar 25-26, sienta sus bases en la experiencia docente que desarrolla el profesor Tomás García García en sus clases de Proyectos Arquitectónicos. Experiencia en la que he tenido la oportunidad de colaborar y que ha obtenido resultados significativos presentados en diversos congresos de innovación docente (Canterla, Fernández y otros, 2025).



Diseño previo del CIMA

A través de este experimento docente haremos del aula un laboratorio arquitectónico que invita a la reflexión desde la acción, a pensar lo que se hace mientras se está haciendo, convirtiendo a alumnos y docentes en practicantes reflexivos (Schön, 1998). La clase, ubicada en el aulario que comparten la Escuela de Arquitectura y Edificación, cuenta con las condiciones idóneas para el desarrollo de esta propuesta de innovación: el mobiliario no está anclado al suelo. De este modo, todos los días, antes de empezar la clase, distribuimos las mesas disponibles generando una gran mesa central de pretecnología, llena de herramientas y objetos manuales creados y traídos por los estudiantes: cartulinas, tijeras, pegamento, maquetas... Como satélites a su alrededor colocaremos mesas más pequeñas, dónde sí tienen cabida los ordenadores, para el trabajo más íntimo, la lectura y la investigación (figura 1).

Es sobre este gran lienzo blanco donde tienen lugar los ejercicios que conforman el diseño del CIMA. El trabajo se lleva a cabo en grupos de dos o tres personas, para propiciar el debate interno y el trabajo colaborativo en la búsqueda de mejores soluciones.



Figura 1. Fotografía y esquema del aula. En amarillo la gran mesa central llena de herramientas y objetos; en gris las mesas satélite con herramientas digitales; los puntos grises, los alumnos y el punto negro, el docente; la circunferencia azul es el grupo de alumnos que expone; en blanco el proyector como herramienta de apoyo

Mapa de contenidos y problemas claves

Siguiendo los principios básicos de la arquitectura de Vitrubio: Utilitas, Firmitas, y Venustas; se ordena el contenido conceptual, actitudinal y procedimental de las tres sesiones del CIMA en tres apartados (figura 2).



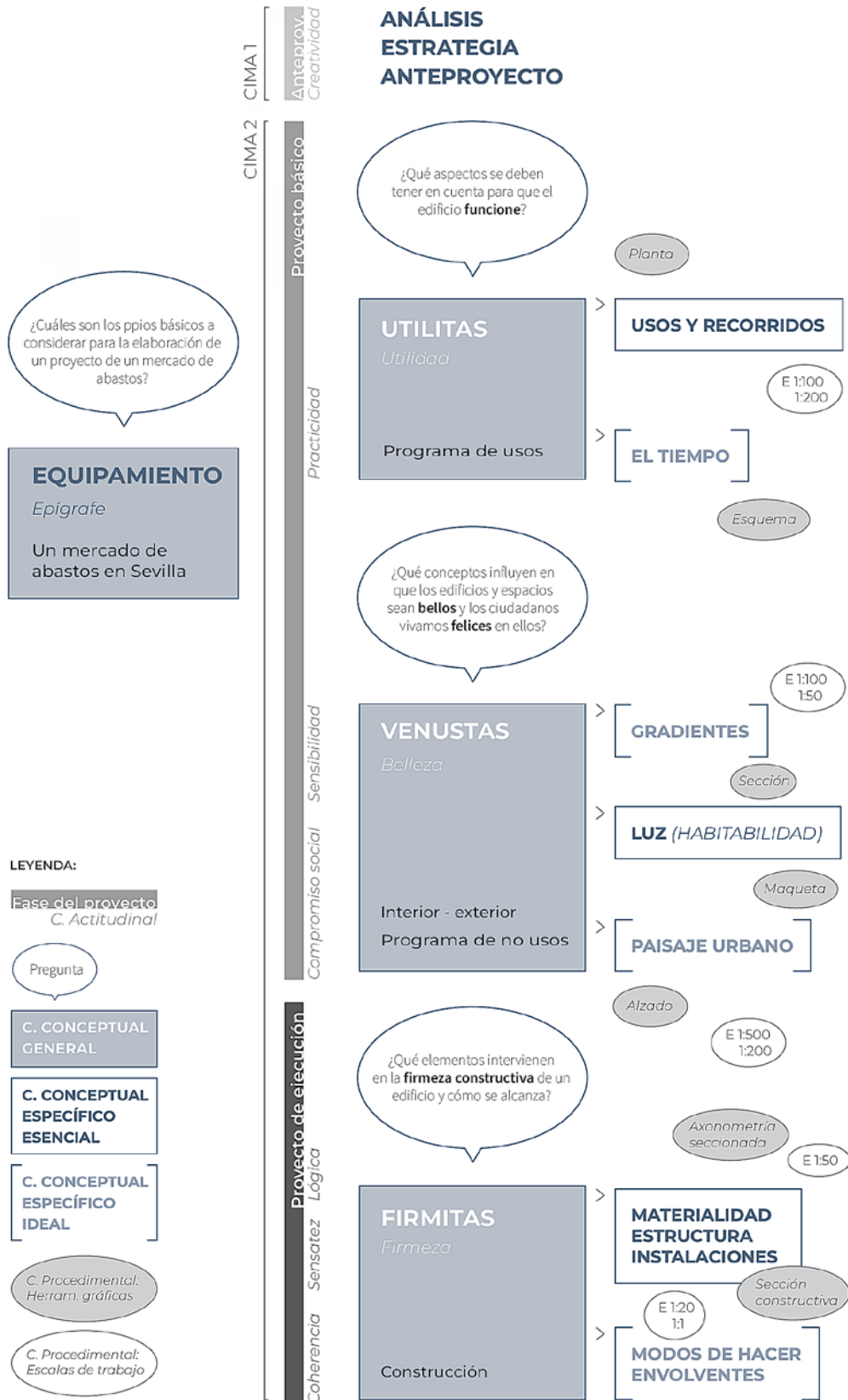


Figura 2. Mapa de contenidos



La abstracción implícita en el ejercicio proyectual ha motivado que el contenido conceptual, a su vez, sea dividido en dos categorías: un contenido conceptual esencial, que todos los estudiantes deben alcanzar e incorporar a sus proyectos –ligado a aspectos funcionales, cuantificables y materiales– y un contenido conceptual ideal, más abstracto y complejo –ligado a la sensibilidad y la creatividad del arquitecto como artista–.

Modelo metodológico y secuencias de actividades

La sesión empieza con el alumno como protagonista. Antes dar comienzo a la clase, cuando todavía sienten que no están interpretando su papel de estudiantes (Bain, 2021), de forma voluntaria, algunos alumnos desarrollan una acción creativa, generando un ambiente relajado y divertido.

La clase se desarrolla con la exposición secuencial de los avances del proyecto por cada grupo de alumnos y consecuente intuición de nuevos avances y mejoras guiadas por el docente.

Cambiamos las nombradas *correcciones*, por diversas y variadas actividades de contraste (AC), guiadas por el profesor para incentivar al alumno en la búsqueda de la solución (figura 3).

Durante prácticamente toda la sesión, en paralelo a las exposiciones de cada grupo, el resto de estudiantes convertirán el aula en un taller manual en el que pensar con las manos (Pallasmaa, 2012), elaborando maquetas, collages y dibujos sobre sus proyectos; en la gran mesa central.

Esta actividad se verá interrumpida en ocasiones por algunas AC de mayor entidad y duración, en las que todos los alumnos participan y/o atienden. De esta forma nos aseguramos de que todos –compartan o no su proyecto con el docente en esa sesión– puedan alcanzar los contenidos programados para ese día.

Por último, la clase termina con una síntesis de lo aprendido (AC), para que sean conocedores de lo que el resto de grupos han trabajado en clase y así estimular la curiosidad de atender a los conversatorios del resto de grupos en clases venideras (tabla 1).



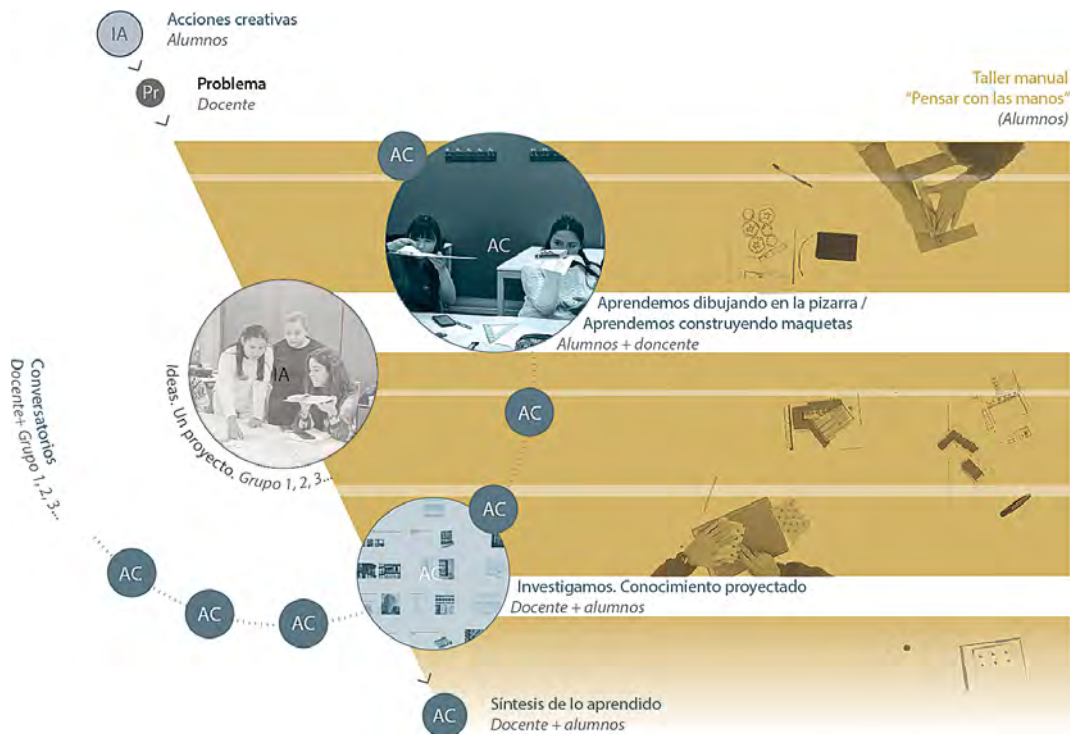


Figura 3. Modelo metodológico posible

Tabla 1. Secuencia de actividades

Actividad tiempo	Descripción
Sesión 1 (4 horas): UTILITAS ¿Qué aspectos han de tenerse en cuenta para que el edificio funcione de forma adecuada?	
Acciones creativas 10 min IA Alumnos/as	Cada día, al inicio de clase, uno o varios estudiantes muestran a sus compañeros lo que deseen: una idea, una experiencia personal, una imagen, una visita, una referencia artística, una exposición, una lectura, etc; algo que active la clase convirtiendo este momento en un estímulo creativo para el desarrollo del ejercicio.
Problema 5 min Pr Docente	Se recuerda a los alumnos en qué estado debe encontrarse el proyecto y cuáles son los objetivos para la próxima clase.
Ideas. Un proyecto 10 min IA Grupo 1	En la gran mesa central, un grupo de alumnos expone los avances de su proyecto, algunos serán aciertos y otros errores. En todo proceso creativo el camino no es único y certero, la prueba y el error también forman parte del aprendizaje. El docente y algunos alumnos interesados escuchan. La secuencia de esta IA (Ideas. Un proyecto) se repetirá tantas veces como grupos de alumnos quieran mostrar sus avances y el tiempo de cada clase lo permita.



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Actividad tiempo	Descripción
Conversatorios 10 min AC <i>Doc.+alum.</i>	El docente inicia una conversación con el grupo exponiendo posibles puntos de mejora, guías para avances, dudas que hacen cuestionarse al alumno si su respuesta es válida, aciertos detectados, referencias de otras arquitecturas... para que el alumno sea capaz de buscar respuestas y tomar decisiones que lleven al progreso del ejercicio. A esta conversación también pueden unirse otros alumnos interesados.
Aprendemos dibujando 25 min AC <i>Doc.+alum.</i>	Antes de que comience la actividad, el docente reparte una ficha con una referencia arquitectónica por grupo. Cada grupo debe estudiar el proyecto y dibujar en la pizarra un esquema en planta, sobre un concepto que el docente indica (espacios servidores y servidos, recorridos...). Cuando da comienzo la actividad, cada grupo explica al resto de compañeros el proyecto y el esquema que ha dibujado. Se inicia una conversación en la que los alumnos exponen dudas e intereses, y el grupo que ha dibujado junto al docente conversan para resolverlas. Esta actividad requiere la interrupción del taller manual y la atención y participación de todos alumnos, ya que pretende el alcance del contenido metodológico (uso de la planta y los esquemas) y <i>conceptual esencial</i> programado.
Investigamos. Conocimiento proyectado. 15 min AC <i>Doc.+alum.</i>	Cuando la exposición de un grupo genere un debate de interés y el profesor considere que es momento de reflexionar sobre parte del <i>contenido conceptual ideal</i> que ha programado para esa sesión; se genera una pausa en el taller manual. Con ayuda del proyector, el docente muestra el material que ha preparado: un video, esquemas en la pizarra, presentación ppt, etc. Con esta dinámica, donde la teoría surge a partir de la práctica, propuesta o duda expuesta por el alumno; se enseña el contenido conceptual, metodológico y actitudinal que deba adquirirse esa semana y que todos los alumnos, con independencia del proyecto que estén realizando, deben afianzar. Tras la proyección se inicia un diálogo con los alumnos, para profundizar y extraer conclusiones sobre lo aprendido.
Taller. Pensar con las manos. 3 horas IA <i>Alumnos/as</i>	En paralelo a actividades descritas, los alumnos que no estén exponiendo su proyecto, convertirán el aula en un laboratorio arquitectónico e intelectual, en un taller creativo en el que trabajar y pensar con las manos, sobre la gran mesa central despojada de herramientas digitales. El aula se entiende como el espacio activo y experimental de trabajo, dónde acumular aciertos y errores, que toman forma de maquetas, dibujos, collages... Sustancias fabricadas por ellos mismos con las que pensar su proyecto de arquitectura.
Síntesis de lo aprendido. 5 min AC <i>Doc.+alum.</i>	Entre todos repasamos conceptos tratados con cada uno de los grupos. De esta manera todos son conscientes del nivel de avance general de la clase. Así, cada grupo puede hacer un autodiagnóstico sobre el estado de su proyecto y programar objetivos a corto plazo en el trabajo en casa.



Actividad tiempo	Descripción
Sesión 2 (4 horas): VENUSTAS ¿Qué conceptos influyen en que el edificio y sus espacios sean bellos y los ciudadanos vivan felices en ellos?	
<i>La secuencia de actividades de esta sesión es igual que la anterior. Se sustituye la actividad aprendemos dibujando por aprendemos construyendo maquetas.</i>	
Aprendemos construyendo maquetas 25 min AC Doc.+alum.	Antes de que comience la actividad, el docente reparte una ficha con una referencia arquitectónica por grupo. Cada grupo debe estudiar el proyecto y construir una maqueta pequeña (que cabe en una mano) tomando como base la planimetría que se aporta, sobre un concepto que el profesor indica (en este caso, la luz como material de construcción). Cuando da comienzo la actividad, cada grupo explica al resto de compañeros cómo penetra la luz en el proyecto mediante la maqueta que han elaborado. Se inicia una conversación en la que los alumnos exponen dudas e intereses, y el grupo que ha dibujado junto al docente conversan para resolverlas. Esta actividad, que requiere la atención y participación de todos alumnos, convierte el taller manual en soporte de la misma. A través de ella se pretende el alcance del contenido metodológico (la maqueta como herramienta de pensamiento) y <i>conceptual esencial</i> programado.
Sesión 3 (2 horas): FIRMITAS ¿Qué elementos intervienen en la coherencia constructiva de un edificio y cómo se alcanza?	
<i>La secuencia de actividades de esta sesión es igual que las anteriores. Al ser más breve, se omite la actividad aprendemos construyendo/dibujando y el conocimiento programado se imparte en una única AC (Investigamos. Conocimiento proyectado).</i>	

Cuestionario inicial-final

Para evaluar la evolución del aprendizaje se solicita a los estudiantes que realicen un cuestionario antes y después del desarrollo del CIMA. Se les pide que respondan a través de la palabra y/o el dibujo, a tres preguntas que atienden a los 3 principios de Vitrubio en los que se estructurará el contenido conceptual del CIMA: función, belleza y firmeza.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

Dificultades y avances obtenidos en algunas actividades del CIMA:

Taller manual. Pensar con las manos (3 sesiones): La repetición de la actividad ha sido clave para que los estudiantes se acostumbraran a esta forma de trabajar. A partir de la segunda sesión el taller comenzó a



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

dar resultados. Conseguimos evitar el abandono de clase una vez han expuesto su proyecto y distracciones con tareas ajenas a la materia.

Acciones creativas (3 sesiones): En la primera sesión se mostraron perplejos y avergonzados, nadie se animaba a hablar, quizás no entendían muy bien por qué esta vez no debían hablar de arquitectura. La docente mostró un cuadro como ejemplo y adivinaron significados relacionando arte y experiencias vitales. En la siguiente sesión varios alumnos relataron experiencias sociales en mercados de sus ciudades y pueblos; todos reían. En la última sesión, de nuevo nadie intervino. Quizás habría que cuestionarse el carácter ocasional y no sistemático de esta actividad.

Aprendemos dibujando en la pizarra (1ª sesión): La actividad fue muy productiva y se obtuvieron resultados inesperados, motivo por el que se decidió alargar su duración. Los dibujos de los alumnos en la pizarra expresaban con claridad los conceptos. Sin apenas guía por parte del docente, los grupos expusieron su trabajo a los compañeros. La actividad suscitó gran interés en el alumnado, surgieron numerosas dudas que conversaron y resolvieron entre ellos. Un ejercicio que consiguió alcanzar el propósito de *dar clase con la boca cerrada* (Finkel, 2008).

Aprendemos construyendo maquetas (2ª sesión): La mayoría de grupos tomaron los materiales y decisiones adecuadas para la construcción de sus maquetas sin necesidad de que el profesor diese indicaciones. Trabajaron tranquilos, divirtiéndose, comentando dudas entre ellos, planificando el trabajo y el tiempo. Se sorprendieron de los resultados y el poco tiempo empleado. Con las maquetas construidas y una linterna, apenas eran necesarias las palabras. Los objetos elaborados por unos eran manipulados por otros como parte del proceso de aprendizaje.

Investigamos. Conocimiento proyectado (3 sesiones): En la primera sesión la docente mostró un video con trabajos de alumnos de años anteriores. Los estudiantes lo agradecieron. Generalmente acostumbramos a mostrar trabajos de arquitectos, que ellos contemplan como algo fuera de su alcance. En la última sesión, esta actividad tomó forma de lección magistral en la que la docente expuso en el proyector algunas referencias de arquitectura. La mayoría escuchaban atentos y por primera vez tomaban nota y dibujaban en sus cuadernos. Algunos confesaron que había sido la actividad con la que más habían aprendido. Esto lleva a reflexionar sobre si, en una materia que en muchas ocasiones aparece vacía de contenido teórico, nos estamos equivocando al subestimar la eficacia de las lecciones magistrales como método docente.

Conversatorios (3 sesiones): Tras la exposición de los proyectos, docente y estudiantes conversaron intercambiando aprendizajes (figura 4).





Algunas veces en solitario, otras, “miradas indiscretas” se acercan a escuchar e intervenir...



En ocasiones conversamos sonriendo y relajados, en otras lo hacemos más serios y concentrados...



A veces enseñan y hablan ellos, otras lo hago yo.

Figura 4. Conversatorios con estudiantes. Fuente: Qi Wang, compañera de observación por pares del curso CGDU



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Siguiendo el método establecido por Porlán (2017), mediante la elaboración de escaleras de aprendizaje por pregunta (figura 5), se muestra la evolución de los modelos mentales de los estudiantes en cada uno de los epígrafes en los que se estructura el CIMA.

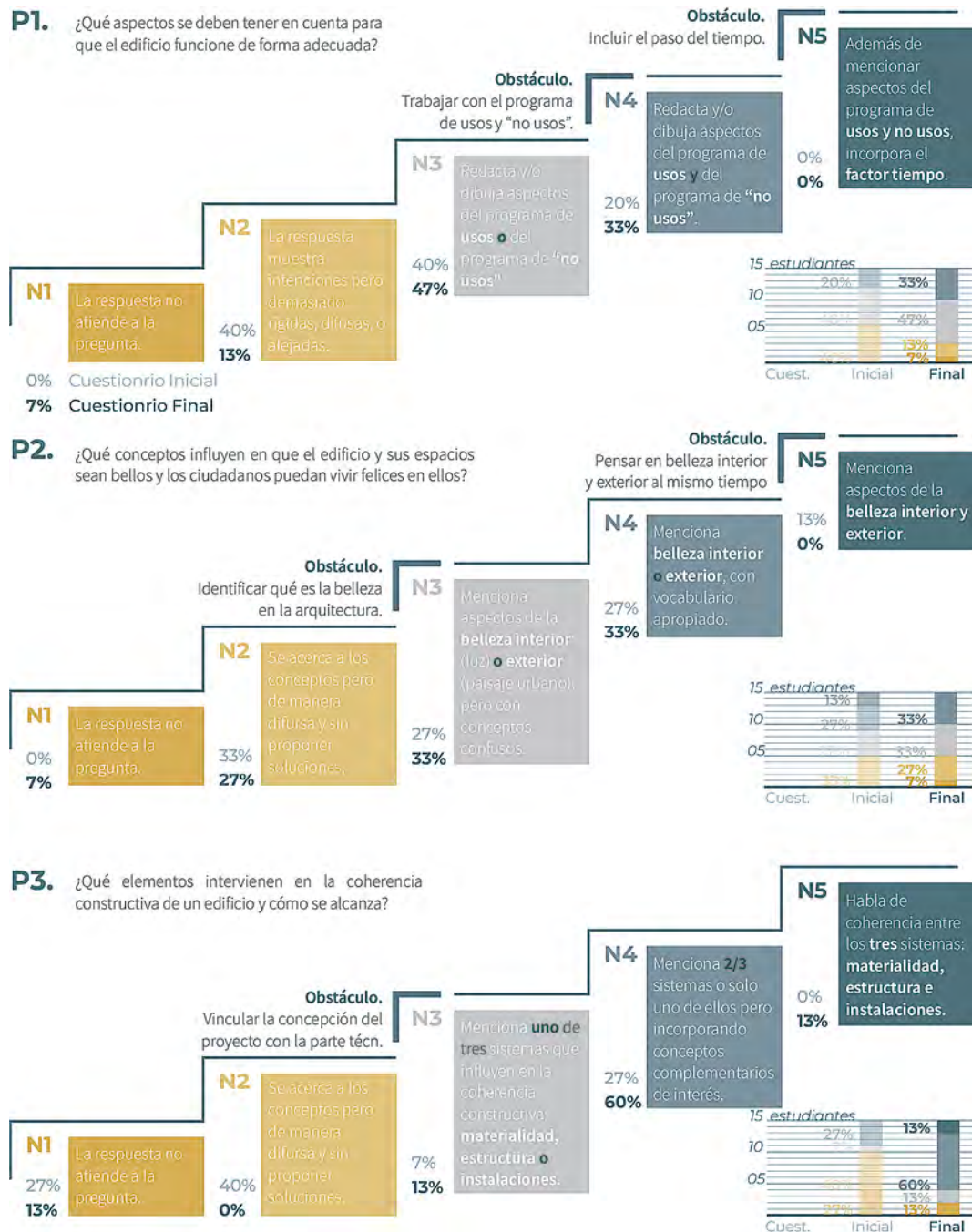


Figura 5. Escaleras de aprendizaje



Evaluación del CIMA

Aspectos a mantener o cambiar en un futuro CIMA

Las escaleras muestran una evolución favorable en el alumnado. Llama la atención una clara mejoría en el último epígrafe, cuyo conocimiento fue impartido a través de lo que podría parecerse a una lección magistral. Seguramente se deba a que progresión del modelo mental de los estudiantes en esta pregunta se aproxima de un modo más claro a lo que el docente impartió en esa clase. Aunque el análisis de los resultados es complejo cuando no hay una respuesta única y certera a las preguntas, fruto del carácter abstracto y abierto de la materia, existiendo tantas respuestas válidas como estudiantes. Sin embargo, la propuesta arquitectónica de mercado de abastos que cada grupo ha elaborado para la asignatura muestra lo contrario, siendo los contenidos del primer y segundo epígrafe los que generalmente han sido aplicados con mayor acierto en la elaboración del proyecto.

Por lo tanto, se deduce que saber describir los conceptos no quiere decir que sean capaces de aplicarlos al proyecto de arquitectura. Esto pone en crisis el método habitual de evaluación utilizado. Se propone para el próximo CIMA una evaluación del aprendizaje a través del análisis de los trabajos entregados, tal y como hace la compañera Cristina Vicente (2022).

Principios Docentes para el futuro

Tras la aplicación del CIMA y el análisis de aciertos y errores, los principios docentes que se pretenden consolidar sientan sus bases en continuar imaginando el aula como un laboratorio de experimentación arquitectónica. Seguiremos trabajando en torno a una gran mesa central para disociar físicamente el trabajo manual del digital. Asimismo, antes de comenzar la sesión, tendrá lugar una breve acción creativa siempre que un alumno tome la iniciativa. Las actividades de contraste alternarán al docente y al estudiante como protagonistas, combinando microlecciones magistrales, videos, o cualquier material elaborado por el profesor; con aprendizajes autónomos a través del dibujo y la construcción de objetos, en los que el docente se hace invisible.



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Referencias bibliográficas

- Bain, K. *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Valencia: Universitat de València, 2021.
- Canterla, M.P., Fernández-Trucios, S. y García, T. (2025). Cartografías y procesos: acciones creativas para la enseñanza de Proyectos Arquitectónicos. En B. Bardí-Milà, D. García-Escudero (Eds.), *JIDA'25. XIII Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura* (pp. 423-437). Universitat Politècnica de Catalunya.
- Finkel, D. y Barberá, Ó. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Universitat de València.
- Pallasmaa, J. (2012). *La mano que piensa: sabiduría existencial y corporal en la arquitectura*. Gustavo Gili.
- Porlán, R. (2017). *Enseñanza universitaria: cómo mejorarla*. San Sebastián de los Reyes (Madrid): Morata. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=865660>
- Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo: Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Paidós.
- Vicente, C. Atrapando el vacío. Aprendizaje significativo en el primer curso de Proyectos Arquitectónicos. En A. F. Villarejo-Ramos, R. Porlán, G. Delord y B. Blandón-González (Coords.), *Ciclos de mejora en el aula. Curso 2022-23: experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 73-86). Universidad de Sevilla.



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)