

Diseño de un ciclo de mejora mediante el aprendizaje basado en problemas y el trabajo cooperativo. Aplicación al cálculo de pilotes aislados y grupos de pilotes

Design of an improvement cycle in classroom based on problems and collaborative learning. Application to the calculation of pile foundations

MARÍA VICTORIA REQUENA GARCÍA DE LA CRUZ

<https://orcid.org/0000-0002-2410-706x>

Universidad de Sevilla

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

*Departamento de Estructuras de Edificación e
Ingeniería del Terreno*

Correo mrequena1@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231003.150>

Pp.: 3285-3311



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

Introducción.

Contexto de la asignatura.

El presente Ciclo de Innovación y Mejora en el Aula (CIMA) se aplica a la asignatura “Mecánica del Suelo y Cimentaciones (MSC)”, impartida en el tercer curso del grado en Fundamentos de la Arquitectura (Plan 2012) de la Universidad de Sevilla. Según el Plan de Estudios, a esta asignatura se le asignan 6 créditos y se imparte durante el segundo cuatrimestre. En líneas generales, la asignatura se centra en las siguientes cuestiones:

- Identificación de tipos de suelos, tipologías de cimentaciones, estructuras de contención, sistemas de mejora y recalce y excavaciones.
- Diseño, cálculo, análisis y definición de estructuras de suelo, cimentaciones, estructuras de contención, patología y recalce.
- Seguridad en las cimentaciones según normativa.
- Estudio y análisis del comportamiento del suelo.

El número total de alumnos en la clase es 32. El aula donde se imparte la materia cuenta con sillas y mesas no fijas para permitir y fomentar el trabajo en grupo. El objetivo final de la asignatura consiste en que los alumnos sean capaces de razonar lógicamente, buscar sus propios recursos, tengan autonomía en la toma de decisiones, trabajen en equipo y sean responsables.

Dificultades de aprendizaje.

Se trata de una asignatura muy técnica, con un alto nivel de dificultad y densidad de conceptos. Es la primera vez que los estudiantes se enfrentan a la complejidad del



estudio del suelo. Pese a tener una estrecha relación con las asignaturas de Estructuras del grado, estas no profundizan en el estudio de la cimentación y del comportamiento del suelo. Por ello, el nivel de conocimiento de los estudiantes antes de cursar la materia es relativamente básico. Además, el grado de interés de los alumnos por esta asignatura es muy deficiente.

Consideraciones previas.

Dada la complejidad de la asignatura, la experimentación docente resulta necesaria para mejorar el aprendizaje de los alumnos. Para la elaboración de este CIMA, se parte de la experiencia del curso anterior que consistió en la aplicación de un ciclo en el tema de reconocimiento del terreno (Requena-García-Cruz, 2020). Para ello, se diseñó una secuencia de actividades que finalizó con un problema basado en un caso real. Los alumnos tuvieron que realizar una campaña de reconocimiento del terreno para un edificio real. En líneas generales, los resultados de esta experimentación fueron satisfactorios. Los alumnos valoraron positivamente la actividad, aunque incidieron en que requería un mayor esfuerzo por parte del profesor y de ellos mismos. La actividad fue un primer acercamiento al Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Sin embargo, el método no se aplicó en todo el ciclo dado que se realizaron otras actividades no contempladas en el mismo. El presente CIMA se basará completamente en el método ABP.

Objetivos y principios didácticos.

El objetivo de este CIMA es la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje del diseño, cálculo y comprobación de un tipo de cimentación profunda: los pilotes aislados y los grupos de pilotes. Para ello, se empleará el método ABP. El fin último del CIMA es acercar al alumno



a la problemática real a la que tendrá que hacer frente durante su vida profesional. Los objetivos o principios didácticos de esta experimentación son los propios del método: la necesidad de activación del conocimiento previo, la importancia de la elaboración cognitiva, el aprendizaje en contexto, la promoción del desarrollo de competencias, la apropiación de los objetivos de aprendizaje, el proceso de estructurar la información, el fomento de la motivación intrínseca y participación y la estimulación del aprendizaje cooperativo.

Metodología.

Modelo metodológico tradicional.

El modelo metodológico tradicional se basa en la división de cada sesión semanal en una parte teórica (2 horas) y una práctica (2 horas). La impartición de la teoría se realiza mediante una clase magistral con apoyo de diapositivas; para la parte práctica, el profesor resuelve los problemas en la pizarra, mientras que los alumnos se limitan a copiar. Para superar la asignatura, hay dos tipos de evaluación: por curso, a partir de un mínimo del 80% de asistencia y la realización de pruebas teóricas y prácticas durante las sesiones; y por convocatoria, mediante la realización de un examen que engloba todos los contenidos de la asignatura a realizar a final de curso.

Modelo metodológico diseñado.

El modelo metodológico propuesto para este CIMA emplea el método ABP (Justo Moscardó, Delgado Trujillo, Vázquez Boza, & Branda, 2016). Este método se basa en el uso de problemas para la adquisición e integración de los



nuevos conocimientos. En este proceso, los alumnos trabajan en grupos pequeños sobre problemas para generar hipótesis, revisar y evaluar, consultar, tomar decisiones, identificar los objetivos de aprendizaje, estudiar autodirigidamente y reflexionar. Durante el proceso, el profesor debe actuar como facilitador del aprendizaje, no como profesor transmisor de la información. Además, este debe fomentar la práctica y aprendizaje de las habilidades del trabajo en equipo, la resolución de problemas y el aprendizaje autodirigido y de los contenidos. Estos principios están en línea con lo que exponen García Pérez y Porlán en (García Pérez & Porlán, 2017) y García Pérez en (García Pérez, 2000). La evaluación en este CIMA se realizará mediante rúbricas.



Diseño propuesto.

Contenidos.

El CIMA se aplica al tema de cimentaciones profundas, concretamente, al de pilotes aislados y grupos de pilotes. Los contenidos se dividen en: conceptuales (hechos, fenómenos y conceptos que los estudiantes pueden aprender), divididos a su vez, de acuerdo a su importancia, en conceptuales de primer y segundo nivel; procedimentales (el alumno desarrollará su capacidad de “saber hacer”), que tienen, en algunos casos, una componente de tipo conceptual; y actitudinales (valores, normas, creencias y actitudes que contribuyen en al equilibrio personal y a la convivencia social). En la Tabla 1, se enumeran los contenidos incluidos en el tema. En la Figura 1, se presenta un mapa conceptual que incluye los mismos.

Tabla 1. Contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

| CONCEPTUALES | PROCEDIMENTALES | ACTITUDINALES |
|---|---|---|
| Tipos de cimentaciones profundas: pilotes aislados y grupos de pilotes. Tipos de pilotes, haciendo hincapié en su proceso constructivo. Diseño de un grupo de pilotes. Funcionamiento de los pilotes: resistencia por punta y por fuste | Cálculo de la carga admisible, comprobación según CTE y asiento de un pilote aislado. Cálculo de la carga admisible, comprobación según CTE y asiento de un grupo de pilotes. | Trabajo en equipo. Responsabilidad activa en su aprendizaje. Iniciativa. Creatividad. Toma de decisiones. Consciencia de la responsabilidad del arquitecto en la determinación de la solución de cimentación. |

MARÍA VICTORIA REQUENA GARCÍA DE LA CRUZ

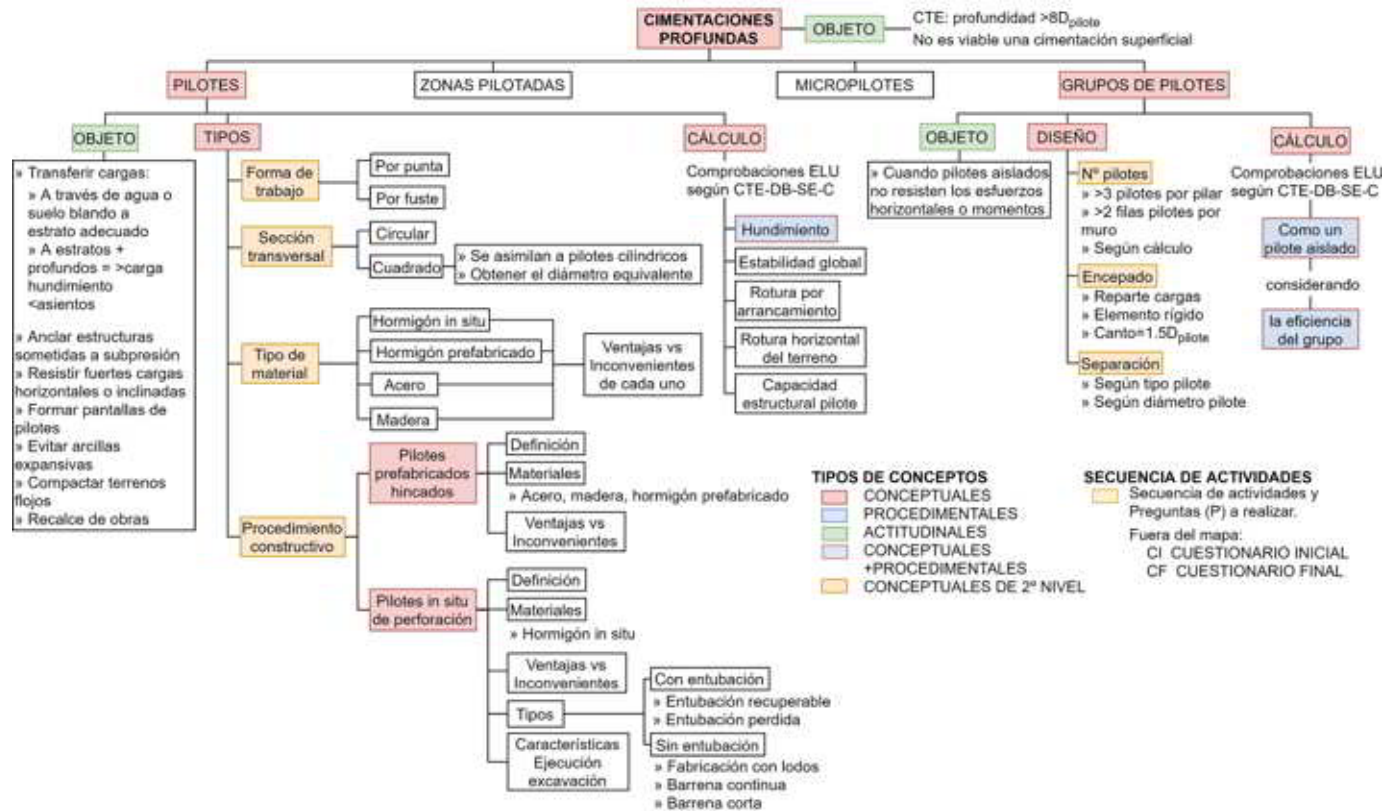


Figura 1. Mapa conceptual indicando los contenidos englobados en el tema.

Adaptación del CIMA a la modalidad de docencia no presencial

Ante la situación de crisis sanitaria generada por la pandemia mundial de la COVID-19 (Ministerio de la Presidencia, 2020), es necesario adaptar este CIMA a la modalidad de docencia no presencial. Para ello, se empleará el recurso disponible en la Plataforma Virtual de la Universidad de Sevilla: la herramienta *Blackboard Collaborate Ultra* (Blackboard Inc, 2020). Esta aplicación permite la creación de un aula virtual en la que los alumnos se conectan desde sus aparatos electrónicos y pueden participar habilitando sus micrófonos y cámaras o a través del chat. Tanto alumnos como profesor pueden participar como ponentes: cuando corresponda, el profesor hará sus presentaciones según la temporalización; y durante las sesiones tutoriales y puestas en común, los alumnos compartirán sus trabajos en la pantalla para comentar los avances. Tanto el trabajo final como las rúbricas, una vez rellenas, se subirán a las actividades creadas por el profesor en la plataforma de acuerdo a la temporización.

Temporización

Para el desarrollo de este CIMA, es necesario que los alumnos conozcan varios conceptos importantes, como es el cálculo de presiones efectivas o el de asientos. Por ello, el ciclo se aplica durante las sesiones 13^a, 14^a y 15^a del curso académico 2019-2020. A continuación, en la Tabla 2, se muestra la temporización diseñada para su aplicación.



Tabla 2. Temporización del CIMA.

| Tiempo | | Actividades | | Tiempo | | Actividades | | |
|---------------------------|--|-------------|---|---------------------------|--|---|--|--------------------------|
| Sesión 1 (2 horas) | | | | 30' | Reparto de rúbrica para la evaluación del trabajo final, lectura y resolución de dudas | 30' | [A2] Sesión tutorial ABP: plan de trabajo, elaboración del documento final | |
| | | | | 90' | [A2] Sesión tutorial ABP: plan de trabajo | 90' | [A1] Puesta en común con clase | |
| | | 30' | Descanso | 30' | Descanso | 30' | Descanso | |
| | | 45' | Cuestionario inicial | Sesión 2 (4 horas) | 60' | [A1] Puesta en común con el resto de la clase | 30' | [A2] Sesión tutorial ABP |
| | | 25' | Reparto guía, lectura y presentación | | 60' | [A2] Sesión tutorial ABP: plan de trabajo, trabajo en las conclusiones obtenidas durante la puesta en común | 45' | Cuestionario final |
| | | 5' | Formación de grupos Elección coordinador | | 40' | Reparto y completado de rúbricas de autoevaluación | | |
| | | 15' | Reparto enunciados y documento teoría | | | | | |
| | | 60' | [A2] Sesión tutorial ABP: lluvia de ideas | 5' | Entrega de rúbricas y trabajo final | Sesión 3 (4 horas) | | |

Se han diseñado varios tipos de actividades y documentos para el desarrollo del ciclo. En la Actividad 1 (A1), para la puesta en común con el resto de la clase, los grupos participan en la sesión virtual para escribir sus hechos e hipótesis, tareas, objetivos de aprendizaje y plan de trabajo. Se hace un breve debate con toda la clase. Se aprovecha esta discusión para aclarar dudas, sobre el proceso de ABP y el problema. Durante las Actividades 2 (A2), de sesión tutorial ABP o sesiones de trabajo, se identifica una serie de objetivos de aprendizaje y se planifican las tareas individuales y no presenciales. Se tratan de reuniones online entre los grupos de alumnos a través de plataformas para realizar llamadas mientras que están conectados en



la sesión de la clase. Los estudiantes deben dedicar entre 4 y 6 horas durante la semana al estudio individual. De vuelta, en la siguiente sesión tutorial, cada miembro presenta al grupo los resultados de su aprendizaje y se aplican los nuevos conocimientos a la resolución del problema. Los grupos los forma el profesor con criterios de heterogeneidad. Los grupos serán de máximo 4 alumnos (alrededor de 8 grupos) y por cada uno de ellos, un coordinador, cuyas funciones son: dirigir el funcionamiento del grupo para que el trabajo sea efectivo, controlar la sesión tutorial, anotar las ideas más importantes de la sesión, redactar el informe de la sesión tutorial, planificar y supervisar el trabajo, y, en caso de dudas, contactar con el profesor. El informe de la sesión tutorial es el documento que da constancia del funcionamiento del grupo en cada sesión. El informe contiene los pasos principales realizados durante la misma. En la Tabla 3 se recoge la información que debería contener. Sirve para verificar y evaluar el proceso del trabajo en grupo e individual.

Tabla 3. Informe de la sesión tutorial de cada grupo.

| INFORME DE LA SESIÓN TUTORIAL | | | |
|--|--|--------|------------|
| Datos del grupo | | | |
| Grupo | | Sesión | __/__/2020 |
| Coordinador | | | |
| Asistentes | 1: | 3: | |
| | 2: | 4: | |
| Apartados del informe | | | |
| 1) Hechos e hipótesis ¿Qué sabemos? | | | |
| Hechos: | <i>Síntesis de la información obtenida por el grupo. Señalar fuentes</i> | | |
| Hipótesis: | <i>Conjeturas que se deben probar mediante el estudio y la teoría</i> | | |
| 2) Objetivos del aprendizaje ¿Qué necesitamos saber? | | | |



| | |
|--|---|
| Objetivos: | <i>Cuestiones que se deben aprender o comprender para resolver las tareas</i> |
| 3) Plan de trabajo | |
| <i>Reparto de tareas, indicando quién o quiénes realizarán cada una de ellas</i> | |

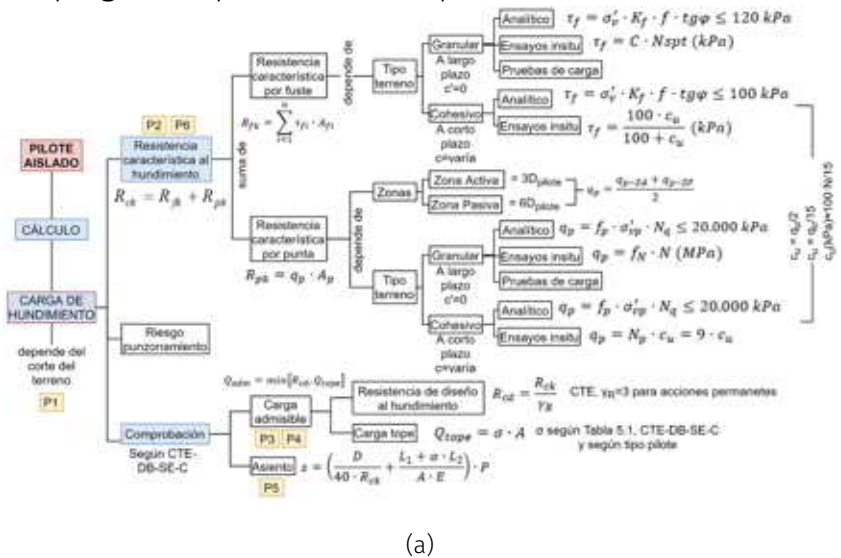
Problema a resolver y documento de teoría

En la construcción de un edificio, se diseña una cimentación profunda mediante pilotes. Estos son de extracción con entubación recuperable, con un diámetro de 1500 mm y se prolongan hasta empotrarse en las margas 9 m. Según el proyecto, cada pilote recibe una carga vertical de 8520 kN. Anexo a este enunciado, se adjunta el corte de un sondeo realizado en el solar del edificio, donde se representan los valores obtenidos de ensayos in situ y de laboratorio de muestras extraídas. A la vista de esta información, las preguntas a resolver son:

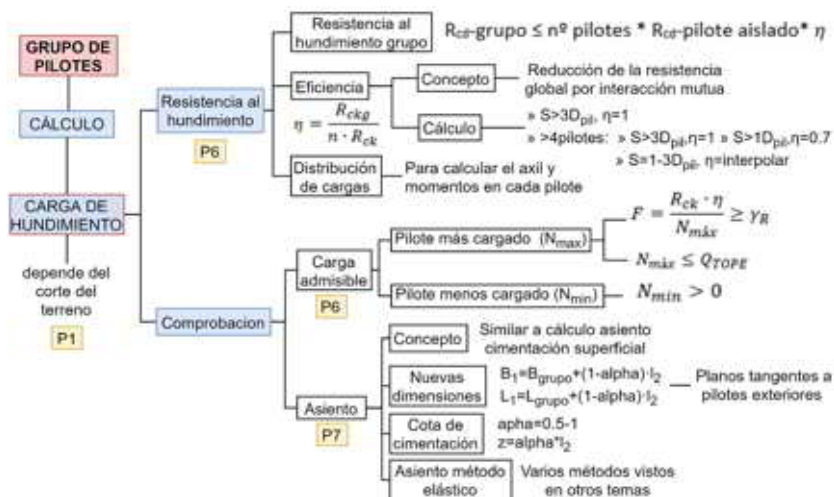
- Pregunta 1 (P1). ¿Cuál es el corte geotécnico del terreno según el estudio? Para ello, se les entrega un estudio geotécnico del que deberán extraer la información. A cada grupo se le asignará un corte distinto para que los datos del problema varíen.
- Pregunta 2 (P2). ¿Cuál es la carga de hundimiento del pilote aislado? Aplicar el CTE.
- Pregunta 3 (P3). ¿Cuáles son los requisitos de seguridad establecidos en el actual CTE para el cálculo de un pilote aislado? ¿Cumple el pilote anterior con los requisitos?
- Pregunta 4 (P4). ¿Qué pasaría si se deja la punta del pilote a una profundidad de 22 metros? ¿Y si se mantiene empotrado en las margas, pero solo 3 metros? ¿Qué solución es mejor? ¿Podrías proponer alguna otra?
- Pregunta 5 (P5). ¿Cuál es el asiento del pilote? Aplicar el CTE.

- Pregunta 6 (P6). ¿Se podría diseñar un grupo de pilotes con este pilote? ¿Este grupo cumpliría los requisitos establecidos en el CTE? Los pilotes se suponen empotrados en las margas 9 m, separados entre ejes 4 m y resisten momentos equivalentes al 15% de la carga vertical en dos direcciones ortogonales.
- Pregunta 7 (P7). ¿Cuál es el asiento del grupo de pilotes?
- Notas: considerar que el relleno no existe y que la que la longitud del pilote en el mismo a efectos de asiento es como si estuviera fuera del terreno. Módulo de elasticidad del pilote: 27 GPa.

Para la realización del problema, se entrega a los alumnos un documento con la teoría necesaria para realizar el problema a través de la Enseñanza Virtual (Universidad de Sevilla, 2020). Además, se les pide que elaboren mapas conceptuales para poder exponer el proceso de cálculo que deberán seguir. En la Figura 2, se muestran los mapas que deberán realizar, indicando los tipos de contenidos y las preguntas que deberán responder los estudiantes.



(a)



(b)

Figura 2. Mapa conceptual para el cálculo de (a) un pilote aislado y (b) un grupo de pilotes.

Gruía ABP para el alumno

La guía ABP servirá para mostrar en qué consiste este proceso y el papel que debe desempeñar cada estudiante y el profesor. Además, se incluirán las plantillas para la elaboración de los informes de sesiones tutoriales. La guía está compuesta de los siguientes apartados:

- El aprendizaje basado en competencias. En este apartado, se indica a los alumnos que, en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior, se produce un cambio en el enfoque de la docencia de los estudiantes: deben adquirir competencias en lugar de aprender contenidos.
- El aprendizaje basado en problemas. Se explica en qué consiste el método de aprendizaje. Se comentan las ventajas del método frente a la docencia tradicional.
- El proceso ABP. Se explica cómo se formarán los grupos y el funcionamiento de la clase. Además, se les indica cómo debe ser el trabajo durante:

Ciclos de Mejora en el Aula (2020). Experiencias de Innovación Docente de la US



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

- La sesión tutorial.
- En casa.
- De vuelta en la sesión tutorial.
- Funcionamiento de los grupos.
- Plantillas para elaborar los informes de las sesiones tutoriales.

Cuestionario inicial y final para evaluar el aprendizaje

Estos cuestionarios sirven para explorar las ideas de los alumnos sobre el tema que se impartirá a continuación y evaluar su posible progreso en el aprendizaje (Tabla 4). Las preguntas en ambos cuestionarios son las mismas para poder hacer una valoración real de los alumnos. Se han elaborado cuatro escalones de conocimiento para hacer esta valoración.

Tabla 4. Cuestionarios inicial y final con escalones de aprendizaje para su valoración.

| Cuestionario | Inicial | Final | Alias | |
|---------------|--|-------|-------|----|
| Instrucciones | Este cuestionario no es evaluable. Sirve explorar las ideas previas que el alumno tiene y así enfocar el proceso de aprendizaje. El cuestionario es anónimo, pero al finalizar el tema, tendrá que volver a responder las mismas preguntas. Por ello, deberá escribir un alias para poder evaluar su progreso de aprendizaje al final del tema. El tiempo y esfuerzo dedicado a completar este cuestionario se valorará positivamente, influyendo en la calificación final de la asignatura. Esta evaluación se realizará mediante la observación. Tiempo: 45 minutos. | | | |
| Pregunta 1 | ¿Sabrías decir qué es un pilote, qué tipos existen y en qué situación se emplean? | | | |
| Escalones | E1 | E2 | E3 | E4 |



| | | | | |
|------------|---|---|---|--|
| | <i>No responde a la pregunta o lo hace erróneamente o al azar.</i> | <i>Define vagamente. No expone tipos ni justifica situaciones</i> | <i>Conoce y describe de forma sencilla.</i> | <i>Responde de forma clara y en profundidad.</i> |
| Pregunta 2 | ¿Sabrías decir qué en qué situación se emplea un grupo de pilotes y qué cuestiones se deben tener en cuenta en su diseño? | | | |
| Escalones | E1 | E2 | E3 | E4 |
| | <i>No responde a la pregunta o lo hace erróneamente o al azar.</i> | <i>Define vagamente. No expone ejemplos ni justifica</i> | <i>Conoce y describe de forma sencilla.</i> | <i>Responde de forma clara y en profundidad.</i> |
| Pregunta 3 | ¿Sabes qué es la carga de hundimiento de un pilote, de qué cuestiones depende y cómo se calcula? | | | |
| Escalones | E1 | E2 | E3 | E4 |
| | <i>No responde a la pregunta o lo hace erróneamente o al azar.</i> | <i>Define de forma imprecisa y no justifica</i> | <i>Define de forma sencilla y justifica vagamente</i> | <i>Responde de forma clara y en profundidad.</i> |
| Pregunta 4 | ¿Sabes qué requisitos debe cumplir un pilote aislado y un grupo de pilotes según el CTE? | | | |
| Escalones | E1 | E2 | E3 | E4 |
| | <i>No responde a la pregunta o lo hace erróneamente o al azar.</i> | <i>Responde de forma imprecisa sin demostrar claridad</i> | <i>Enumera de forma sencilla sin definir</i> | <i>Responde de forma clara y en profundidad.</i> |

Cuestionario para evaluar la calidad de la docencia

La evaluación de la calidad de la docencia se realiza mediante rúbricas. Se trata de un instrumento de evaluación que permite transmitir las expectativas sobre una tarea a los estudiantes y que, de este modo, puedan planificar adecuadamente su trabajo y evaluar su progreso (Fraile, Pardo, & Panadero, 2016). Para este CIMA, se han desarrollado cuatro en total: autoevaluación del alumno



(Tabla 5) y del desempeño del profesor (Tabla 6) y evaluación del CIMA (Tabla 7) y del trabajo final (Tabla 8).

Tabla 5. Rúbrica para la autoevaluación del alumno.

| RÚBRICA PARA LA AUTOEVALUACIÓN DEL ALUMNO | | |
|---|---|------------|
| | Acción (Valoración del 1 al 10, siendo 1, muy poco y 10, muy bueno) | Valoración |
| Datos | Planificación y organización | |
| | Elaboración de mapas conceptuales | |
| | Empleo del documento de teoría | |
| | Obtención y elaboración de información para la resolución del problema | |
| Trabajo en equipo | Presentaciones al grupo, claras y sintéticas, del trabajo realizado individualmente | |
| | Aportaciones razonadas, en grupo, con debate, de modo constructivo | |
| | Ayuda a los demás | |
| | Respeto hacia los compañeros | |
| | Debates constructivos, escuchando y aceptando argumentos razonados | |
| | Iniciativa, motivación, generación de ideas | |
| Problema | Identificación de conceptos, principios, teorías y estrategias | |
| | Aportaciones propias sirven para la resolución del problema | |
| | Revisión de las tareas para evitar errores | |
| | Reconocimiento y solución de los puntos conflictivos | |
| | Aplicación del nuevo aprendizaje al avance del problema, según el plan de trabajo | |

| | | |
|---------------|--|--|
| Trabajo final | Redacción, justificación y ortografía | |
| | Cumplimiento del trabajo asignado, con calidad y sin retrasos | |
| | Empleo de gráficos de elaboración propia para clarificar la información presentada | |
| | Calidad de las aportaciones individuales | |
| | Valoración general | |

Tabla 6. Rúbrica para la autoevaluación del desempeño del profesor.

| RÚBRICA PARA LA AUTOEVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PROFESOR | | |
|---|---|------------|
| | Acción (Valoración del 1 al 10, siendo 1, poco adecuado y 10, muy adecuado) | Valoración |
| Método general | Mostrar empatía con los estudiantes, facilitar su aprendizaje, sin excepciones | |
| | Animar a los estudiantes a ser autosuficientes | |
| | Fomentar el comportamiento activo de todos los estudiantes | |
| | Recordar que deben dedicar 4 a 6h en modo no presencial al estudio autodirigido | |
| | Aclarar el sistema de evaluación y los objetivos | |



| | | |
|---------------------|---|--|
| Sesiones tutoriales | No transmitir información, no contestar a cuestiones que requieren información, no durante la sesión tutorial; fomentar que encuentren la información por sí mismos, mediante las fuentes de información, la reflexión y la consulta a compañeros del grupo y de otros grupos | |
| | Aplicar las dos estrategias generales: fomentar el proceso de ABP y plantear cuestiones | |
| | Realizar cuestiones abiertas que dirijan hacia las metas, incluyendo pistas a seguir | |
| | Repetir, con otras palabras, los comentarios de los estudiantes clave para el avance | |
| | Solicitar explicaciones, para fomentar el debate, clarificar conceptos, detectar errores | |
| | Solicitar resúmenes verbales, para asegurar la visión conjunta del problema, para involucrar a los estudiantes más callados, ayudar a sintetizar datos, revelar hechos importantes | |
| | Hacer una puesta en común en la pizarra, solicitando que un grupo escriba sus hechos e hipótesis, objetivos de aprendizaje y plan de trabajo. Hacer un breve debate con la clase | |
| Aporte | Limitar el número y duración de las exposiciones del profesor y realizarlas en el momento adecuado: tras surgir las dudas y nunca antes o al inicio de un problema | |
| | Tras la puesta en común, solicitar que expongan sus dudas en grupo y resolver las dudas más complejas en la pizarra | |
| Mejora | Tras cada sesión, chequear el desempeño del profesor mediante la autoevaluación, y escribiendo comentarios, posibles puntos débiles y posibles propuestas de mejora | |
| | Realizar una reflexión escrita sobre el diseño y la posibilidad de implantación de este método en la asignatura. Proponer mejoras | |

Tabla 7. Rúbrica para la evaluación del CIMA por parte del alumno.

| RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL CIMA POR PARTE DEL ALUMNO | | |
|--|--|------------|
| | Acción (Valoración del 1 al 10, siendo 1, poco adecuado y 10, muy adecuado) | Valoración |
| Analizar y razonar | Debatir y comprender el enunciado y sus términos | |
| | Generar ideas (lluvia de ideas) y realizar una discusión | |
| | Recopilar hechos, identificando el conocimiento previo aplicable al problema | |
| | Construir hipótesis | |
| | Identificar objetivos de aprendizaje | |
| Plan de trabajo | Sesiones tutoriales | |
| | Establecer tareas para la siguiente sesión tutorial | |
| | Elaboración de informes de las sesiones tutoriales | |
| | Documento de teoría | |
| | Elaboración de mapas conceptuales | |
| Profesor | Funciones del coordinador de grupo | |
| | Actitud del profesor en relación a la guía ABP | |
| | Puestas en común de en la pizarra | |
| | Debates generados | |
| | Aportaciones del profesor, resolución de dudas | |
| Reflexión | Entrega del trabajo final | |
| | Cuestionarios inicial o final | |
| | Sistema de evaluación | |
| | El objetivo final del trabajo | |
| | Guía ABP del estudiante | |
| | El método ABP | |
| Comentarios | | |



Tabla 8. Rúbrica para la evaluación del trabajo final de los alumnos.

| RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO FINAL DE LOS ALUMNOS | | |
|---|--|------------|
| | Acción (Valoración del 1 al 10, siendo 1, poco adecuado y 10, muy adecuado) | Valoración |
| Diseño y texto | Portada con nombres de los integrantes e índice | |
| | Redacción clara, sin faltas de ortografía | |
| | Diseño, orden y claridad del documento | |
| | Empleo de gráficos de elaboración propia para clarificar la información presentada | |
| Desarrollo | Interpretación de la información del documento de teoría | |
| | Elaboración del mapa conceptual | |
| | Justificación de los procesos y las decisiones | |
| | Justificación de los resultados obtenidos | |
| | Justificación de las soluciones alternativas | |
| Contenido | Grado de comprensión de los objetivos de aprendizaje | |
| | El corte del terreno | |
| | Cálculo de la carga de hundimiento de un pilote aislado | |
| | Cumplimiento del pilote anterior según los requisitos del CTE | |
| | Cálculo de las soluciones alternativas | |
| | Cálculo del asiento del pilote aislado | |
| | Comprobación del grupo de pilotes | |
| Cálculo del asiento del grupo de pilotes | | |
| General | Entrega puntual | |
| | Calidad del trabajo | |
| | Funcionamiento del grupo | |
| | Cumplimiento del plan de trabajo | |
| | Participación en las puestas en común | |
| | Valoración general | |



Aplicación del diseño propuesto en el aula

Desarrollo real de las sesiones

Ante el estado de alarma decretado por la pandemia mundial de coronavirus y el consiguiente cierre del Centro educativo, se ha tenido que adaptar este CIMA a la modalidad de docencia no presencial. Para ello, se ha empleado la herramienta *Blackboard Collaborate Ultra* donde se han creado sesiones virtuales según la temporización planteada.

Durante la primera sesión, los alumnos han realizado el cuestionario inicial a través del recurso virtual *Google Forms* (Google Inc., 2020). En el chat del grupo se les dejó el link al formulario creado que tenían que rellenar. En total, se recibieron 23 respuestas. A continuación, se les presentó la guía ABP a partir de una breve exposición del profesor. Posteriormente, se formaron los grupos, que coinciden con los que hicieron los alumnos para la realización de los anteriores trabajos. Formados los grupos, se les indica que deben acceder a la Plataforma de Enseñanza Virtual donde tienen disponible el enunciado y el documento de teoría para realizar el ejercicio. Durante la última hora de clase, se explica el enunciado a los alumnos dando una serie de pautas mediante el empleo de la pizarra virtual de la plataforma.

Al comienzo de la siguiente sesión, se resuelven dudas sobre la rúbrica de evaluación, aunque no son demasiadas y sobra tiempo. Se procede, por tanto, a realizar la sesión tutorial. Los alumnos, trabajan en grupo para elaborar el plan de trabajo y el reparto de tareas. En la siguiente hora, los alumnos exponen lo avanzado del trabajo subiendo sus documentos a la plataforma y participando como ponentes. La puesta en común sirve para el resto

Ciclos de Mejora en el Aula (2020). Experiencias de Innovación Docente de la US



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

de grupos. La última hora de la sesión se emplea para que continúen trabajando, pero hay grupos que siguen teniendo dudas y suben sus documentos para poder concretar las cuestiones.

Durante la última sesión, los alumnos trabajan elaborando el documento final para hacer una puesta en común. Los trabajos están muy avanzados a falta de cuestiones sencillas a retocar. En la segunda parte de la sesión, los alumnos rellenan el cuestionario final de la misma manera que en el caso del cuestionario inicial. Se obtienen, de nuevo, 23 respuestas. A continuación, los alumnos se descargan las rúbricas de evaluación del CIMA y de autoevaluación del alumnado para rellenarlas. Al final de la sesión, los alumnos suben a través de la plataforma de Enseñanza Virtual, en la tarea habilitada para ello, las rúbricas y el trabajo final.

Evaluación del aprendizaje de los alumnos

La evaluación del aprendizaje de los alumnos se ha realizado a partir de la observación de su participación durante las sesiones virtuales, la evolución de su aprendizaje a partir de los cuestionarios inicial y final y la evaluación del trabajo entregado. La Figura 3 muestra el avance que han experimentado los alumnos para cada una de las cuestiones analizadas. Además, se incluye la media de la puntuación obtenida para cada una de las preguntas según el cuestionario inicial y final.

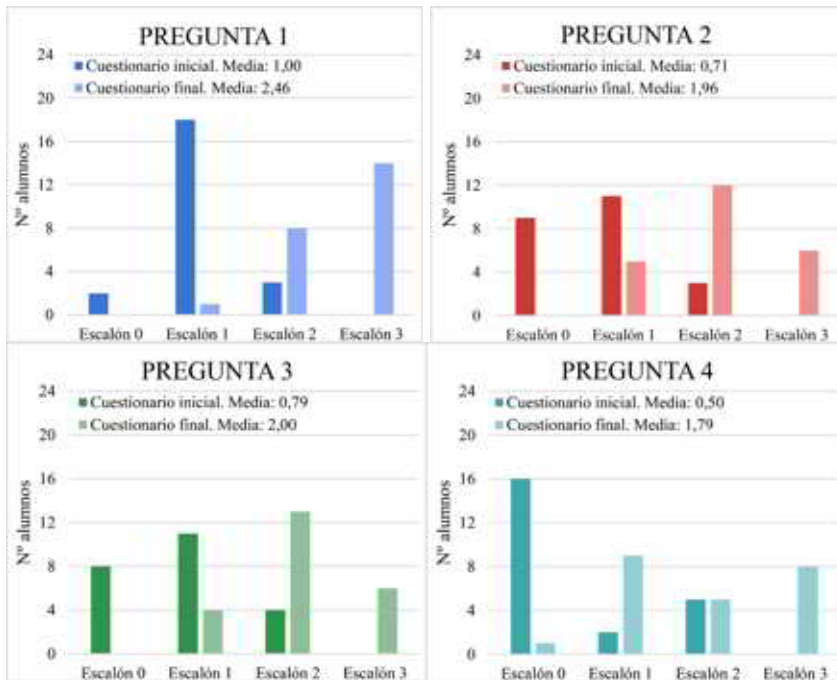


Figura 3. Escaleras de aprendizaje inicial y final en las distintas preguntas del cuestionario.

Como puede observarse en los anteriores gráficos, en general, los alumnos han mejorado considerablemente su nivel de conocimiento respecto a las cuestiones preguntadas. En el primer cuestionario, la mayoría de las respuestas se han situado en el escalón 1, puesto que es la pregunta de menor dificultad de entre las cuatro. En el caso de las preguntas 2 y 3, las respuestas se encuentran repartidas más heterogéneamente. Incluso, se encuentran respuestas en el escalón de aprendizaje 2. En la pregunta 4, que es la de mayor complejidad dado que se pregunta sobre los requisitos que establece la normativa, la mayoría de las respuestas se sitúan en el escalón 0 y, solo algunos casos en los escalones 1 y 2.

En cuanto a los resultados del cuestionario final, estos son más que satisfactorios. La primera pregunta ha

resultado ser la que mejor han respondido los alumnos, y por tanto, la que mayor porcentaje de mejoría tiene con respecto al cuestionario inicial. Esto se debe a que los alumnos ya conocían algo sobre la cuestión analizada antes de realizar el CIMA. Para las preguntas 2 y 3, los resultados son muy parecidos, obteniéndose valores de media similares para ambos cuestionarios. En el caso de la pregunta 4, la mejoría no es tan evidente. Muchas de las respuestas de los alumnos se sitúan aun en el escalón de conocimiento 1. Esto está relacionado con que los alumnos desconocían los temas relacionados con la normativa.

En relación a los resultados obtenidos tras la evaluación de los trabajos, se ha conseguido que los alumnos han respondido con éxito a las cuestiones que se les preguntaba. Solo hay dos grupos cuyos trabajos son de una calidad menor que el resto. La mayoría ha realizado el trabajo respondiendo a las cuestiones que se establecían en la rúbrica de evaluación del mismo.

Conclusiones

Este trabajo presenta el diseño y aplicación de un CIMA para la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje del diseño, cálculo y comprobación de un tipo de cimentación profunda: los pilotes aislados y los grupos de pilotes. Para ello, se ha empleado el método ABP. Los objetivos o principios didácticos de esta experimentación son los propios del método: la necesidad de activación del conocimiento previo, la importancia de la elaboración cognitiva, el aprendizaje en contexto, la promoción del desarrollo de competencias, la apropiación de los objetivos de aprendizaje, el proceso de estructurar la información, el fomento de la motivación intrínseca y participación y la estimulación del aprendizaje cooperativo.



Dada la situación de emergencia sanitaria provocada por la COVID-19, el CIMA se ha tenido que adaptar a la modalidad online y se ha desarrollado mediante sesiones virtuales con los alumnos a través de la plataforma virtual habilitada por la Universidad de Sevilla. Este CIMA ha tenido lugar durante las últimas tres sesiones del curso. Esto ha permitido que los alumnos estuvieran familiarizados con el funcionamiento de la plataforma. De lo contrario, el CIMA no se podría haber realizado correctamente y no se habrían cumplido los tiempos para cada actividad.

En líneas generales, el resultado de la aplicación de este CIMA ha sido bastante satisfactorio. Los alumnos han comprendido en gran medida cómo se debe realizar el correcto diseño, cálculo y comprobación de este tipo de cimentación profunda. Al fin y al cabo, esta es una de las cuestiones principales que se pretendían conseguir mediante la realización de este CIMA.

Los alumnos han valorado positivamente esta actividad. Sin embargo, son conscientes de que es necesario mucho más tiempo para su realización. La aplicación de este tipo de metodologías innovadoras, ha demostrado que los estudiantes se sienten más motivados y dispuestos a participar más en las clases.



Palabras clave: Mecánica del Suelo y Cimentaciones, Grado en Fundamentos de la Arquitectura, docencia universitaria, experimentación docente universitaria, aprendizaje basado en problemas.

Keywords: Soil Mechanics and Foundations, Degree in Architecture Fundamentals, university teaching, university teaching experimentation, problem-based learning.

Referencias bibliográficas

- Blackboard Inc. (2020). Blackboard Collaborate. Recuperado 30 de marzo de 2020, de <https://www.blackboard.com/teaching-learning/collaboration-web-conferencing/blackboard-collaborate>
- Fraille, J., Pardo, R., & Panadero, E. (2016). ¿Cómo emplear las rúbricas para implementar una verdadera evaluación formativa? *Revista Complutense de Educación*, 28(4), 1321-1334. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5209/RCED.51915>
- García Pérez, F. F. (2000). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 207.
- García Pérez, F. F., & Porlán, R. (2017). Los principios didácticos y el modelo didáctico personal. En R. Porlán (Ed.), *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 93-101). Madrid.
- Google Inc. (2020). Google Forms. Recuperado de <https://docs.google.com/forms/u/0/>
- Justo Moscardó, E., Delgado Trujillo, A., Vázquez Boza, M., & Branda, L. (2016). Implementation of Problem-Based Learning in Structural Engineering: A Case Study. *International Journal of Engineering Education*, 32(6), 2556-2568.
- Ministerio de la Presidencia, R. con las C. y M. D. Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19 (2020). España.
- Requena-García-Cruz, M. V. (2020). Propuesta de innovación docente en arquitectura mediante el aprendizaje basado en problemas. En *Ciclos de mejora en el aula. Año*



2019. *Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla* (pp. 449-468).

Universidad de Sevilla. (2020). Blackboard Learn. Enseñanza Virtual. Recuperado 29 de mayo de 2020, de https://ev.us.es/webapps/portal/execute/tabs/tabAction?tab_group_id=291

Ciclos de Mejora en el Aula (2020). Experiencias de Innovación Docente de la US



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