

## **Aprendizaje del proceso constructivo, basado en proyectos, mediante el empleo de BIM**

### **Construction process learning, by project-based methodology, using BIM**

**Susana Hormigos-Jiménez<sup>a</sup>, Gabriel Horrach Sastre<sup>b</sup>, Joan Munoz Gomila<sup>c</sup>, Cristian Carmona Gómez<sup>d</sup> y Francesc Masdeu Mayans<sup>e</sup>**

<sup>a</sup>Profesora Contratada Doctora Interina. Departamento de Ingeniería Industrial y Construcción. Construcciones Arquitectónicas. Universitat de les Illes Balears. [susana.hormigos@uib.es](mailto:susana.hormigos@uib.es)

<sup>b</sup>Profesor Contratado Doctor. Departamento de Ingeniería Industrial y Construcción. Construcciones Arquitectónicas. Universitat de les Illes Balears. [gabriel.horrach@uib.es](mailto:gabriel.horrach@uib.es)

<sup>c</sup>Profesor Contratado Doctor. Departamento de Ingeniería Industrial y Construcción. Construcciones Arquitectónicas. Universitat de les Illes Balears. [joan.munoz@uib.es](mailto:joan.munoz@uib.es)

<sup>d</sup>Profesor Asociado. Departamento de Ingeniería Industrial y Construcción. Construcciones Arquitectónicas. Universitat de les Illes Balears. [cristian.carmona@uib.es](mailto:cristian.carmona@uib.es)

<sup>e</sup>Profesor Contratado Doctor Interino. Departamento de Ingeniería Industrial y Construcción. Construcciones Arquitectónicas. Universitat de les Illes Balears. [francesc.masdeu@uib.es](mailto:francesc.masdeu@uib.es)

---

#### **Abstract**

*The use of BIM technology is increasingly widespread. To promote its implementation in the Construction IV course of the Degree in Construction at the University of the Balearic Islands, the project-based learning methodology is used. The main objectives of this research focus on favoring students' critical thinking, improving their spatial vision and graphic skills, and emphasizing their collaborative work. To do this, in the last three academic years, several group exercises have been proposed, having as case study a residential building (different in each course). There is also the option of developing the work individually. The resolution of the exercises must be developed in a written memory and in a 3D modeling carried out with Revit software. After completing the course, the students are very satisfied with learning the software, the constructive resolution of the structural elements of a building and with the work of teachers. It is observed, however, that, in order to obtain good results, it is essential to develop the work in group, with clear objectives per member, and that the students develop a continuous follow-up of the subject.*

**Keywords:** *BIM technology, Revit software, project-based learning, construction, critical thinking, graphic skills, collaborative work.*

---

## **Resumen**

*El uso de la tecnología BIM se encuentra cada vez más extendido. Para fomentar su implantación en la asignatura de Construcción IV del Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears, se emplea la metodología del aprendizaje basado en proyectos. Los objetivos principales de esta investigación se centran en favorecer el pensamiento crítico de los alumnos, mejorar su visión espacial y sus competencias gráficas y enfatizar su trabajo colaborativo. Para ello, en los tres últimos cursos académicos se han propuesto varios ejercicios grupales, teniendo como objeto de estudio un edificio residencial (diferente en cada curso). También se da la opción de desarrollar el trabajo individualmente. La resolución de los ejercicios debe desarrollarse en una memoria escrita y en un modelado 3D realizado con el software Revit. Tras la realización del curso, los alumnos se muestran muy satisfechos con el aprendizaje del software, de la resolución constructiva de los elementos estructurales de un edificio y con la labor del profesorado. Se observa, sin embargo, que para obtener buenos resultados es esencial que el trabajo se desarrolle en grupo, con objetivos claros por integrante, y que el alumnado desarrolle un seguimiento continuo de la asignatura.*

**Palabras clave:** *BIM, Revit, ABP, construcción, crítica, grafismo, colaboración.*

## **1. Introducción**

El uso de la tecnología BIM (Building Information Modeling) en la industria AIC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) se encuentra en auge desde la última década (Clevenger, Glick, & del Puerto, 2012; Forsythe, Jupp, & Sawhney, 2013; Šadauskienė & Pupeikis, 2018; Tsai, Chen, & Chang, 2019). Dicha tecnología permite enfocar un proyecto como un proceso integrado, con un diseño eficiente a un almacenaje completo de información. Se realiza la toma de decisiones según un modelo visual y la comunicación con diferentes perfiles profesionales. Sin embargo, ante esta perspectiva, sigue habiendo carencia en la formación en BIM. Es por ello que resulta relevante fomentar el aprendizaje de dicha tecnología en los estudios del grado (Leite, 2016; Wu & Luo, 2016).

En los últimos años, diversas instituciones académicas han empezado a incorporar BIM en diferentes cursos para dar respuesta a las necesidades de la industria AIC; sin embargo, la pedagogía no está aún consolidada (Ahn, Cho, & Lee, 2013; Wang & Leite, 2014). El almacenaje de datos en BIM permite que el modelo objeto de estudio no se cifia a una representación en 3D de la geometría, sino que facilite la estimación del coste, la simulación energética o la coordinación en el diseño. Es por ello que, además de enseñar el modelado en BIM, es igualmente importante poner en valor el potencial de la metodología a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Forsythe et al., 2013; Leite, 2016).

Cabe destacar que el uso de BIM en una asignatura de pregrado requiere considerar varios aspectos que influyen directamente en la tarea docente (Leite, 2016):

- (1) Resulta relevante que los estudiantes comprendan el funcionamiento y el objetivo último de la metodología BIM: agilizar el proceso colaborativo en un proyecto de construcción. Aunque no se profundice más allá del modelado, el objetivo último de esta metodología debe comprenderse.
- (2) La tecnología de la información es altamente cambiante, por lo que la formación práctica en BIM del alumnado puede quedar obsoleta muy pronto. Por tanto, es esencial centrar el aprendizaje en el conocimiento autónomo.
- (3) Además, dado que BIM aún está emergiendo en la industria AIC, se debe fomentar el pensamiento crítico.

Teniendo en cuenta estos 3 motivos, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) es una metodología óptima a emplear para fomentar pensamiento crítico y aprendizaje autónomo. ABP es una metodología docente en la que el estudiante desarrolla un aprendizaje autodirigido mediante la resolución de uno o varios proyectos, facilitados por el docente. En estudios previos (Maida, 2011; Verma, 2011; Wang & Leite, 2014) ha quedado patente la evaluación positiva de los estudiantes respecto a su aprendizaje con esta metodologías.

Los pasos a seguir para aplicar la metodología ABP pueden resumirse en:

- (1) Se presenta una problemática que ha de ser resuelta, un proyecto a investigar.
- (2) Los estudiantes proponen soluciones que ponen en común entre ellos y el docente, del cual obtienen propuestas de mejora y orientación.

- (3) La solución final se comparte con el resto de estudiantes, para hacer una puesta en común y enriquecer el conocimiento del grupo.

El valor de esta metodología, en el campo AIC, radica en la similitud con el ámbito profesional (Ahn et al., 2013; Clevenger et al., 2012; Šadauskienė & Pupeikis, 2018). Adicionalmente, los proyectos pueden enfocarse desde un enfoque realista y colaborar con empresas que den su propio enfoque ante el problema concreto. En el ámbito concreto AIC, según varias investigaciones desarrolladas en los últimos años (Johnson & Johnson, 1985; Nembhard, Yip, & Shtub, 2009; Slavin, 1989), la aplicación de la metodología ABP engloba las siguientes características:

- (1) Los grupos de trabajo no superan los 6 integrantes. Al realizar un trabajo en equipo, mejora el rendimiento y la actitud de los estudiantes.
- (2) Los objetivos del equipo quedan claramente definidos, teniendo cada integrante una responsabilidad concreta.

La aplicación de la metodología APB, para el docente, supone la inversión de tiempo adicional, acceso a empresas o a logística que, en ocasiones, puede resultar compleja (Ferreira & Canedo, 2020; Leite, 2016; Wang & Leite, 2014; Wu & Luo, 2016). Sin embargo, teniendo en cuenta los beneficios de esta metodología ABP, centrada en el trabajo en equipo y en la resolución de un proyecto (problemática real a resolver), resulta esencial impulsar su uso en las asignaturas de pregrado en estudios del campo AIC, por la similitud con esta industria.

## **2. Objetivos**

El presente artículo pretende describir la experiencia obtenida, durante los últimos tres cursos académicos, de la aplicación de la metodología de aprendizaje basada en proyectos, mediante el uso del software Revit en la asignatura obligatoria de Construcción IV, de tercer curso del Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears.

Al tratarse de una experiencia de implantación inicial, el software se emplea, principalmente, como una herramienta de modelado, dejando el proceso colaborativo como un segundo paso en el desarrollo de la incorporación de este software en la metodología docente. La aplicación del aprendizaje basado en proyectos, empleando el software Revit, en este curso en concreto, se centra en:

- (1) proporcionar a los alumnos experiencias que favorezcan su pensamiento crítico y el aprendizaje del proceso constructivo de un edificio, por medio del dimensionado de los elementos estructurales y de su ubicación dentro del conjunto;
- (2) mejorar la visión espacial y las competencias gráficas del alumnado;
- (3) enfatizar el trabajo colaborativo con los demás integrantes del grupo.

### 3. Desarrollo de la innovación

En la asignatura de Construcción IV del Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears, se aplica la organización docente mostrada en la tabla 1, que consiste en la realización de prácticas individuales, dos pruebas de evaluación y prácticas grupales, en estas últimas se centra el presente estudio.

Tabla 1. Organización docente de la asignatura de Construcción IV

Actividades	Horas
<b>Trabajos individuales</b>	
Se realizan trabajos individuales relacionados con el contenido de la asignatura. Los estudiantes disponen de los recursos necesarios para resolver los ejercicios (vídeos explicativos, apuntes en soporte digital) y las clases de teoría para exponer dudas.	30
<b>Trabajos grupales</b>	
A lo largo del curso se desarrolla un trabajo grupal, con dos entregas que son evaluables. En dicho trabajo se ejercita el aprendizaje de los diferentes contenidos del curso mediante la resolución constructiva de un proyecto concreto. Se trabaja con el software Revit para crear un modelo en 3D donde se integran los elementos estructurales del edificio.	26
<b>Pruebas de evaluación</b>	4
Se realizan dos exámenes a lo largo del semestre.	

Los contenidos temáticos de la asignatura se centran en los siguientes bloques:

1. Pilares, pantallas y vigas
2. Forjados unidireccionales y bidireccionales
3. Estructuras metálicas
4. Estructuras de madera
5. Interacción de las instalaciones con los elementos del edificio
6. Muros de contención
7. Muros de fábrica
8. Cimentaciones superficiales
9. Cimentaciones profundas

#### 3.1. Descripción de la organización de las prácticas grupales

Desde el curso académico 2018-2019, se aplica la metodología docente ABP en la asignatura de Construcción IV del Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears. En cada curso académico se propone un edificio residencial, plurifamiliar o unifamiliar, en el que los alumnos y alumnas deben proponer la disposición de pórticos, forjados unidireccionales y bidireccionales, incluir patinillos para el paso de instalaciones, disponer muros de contención, muros de fábrica y cimentaciones superficiales y profundas; todo ello según indicaciones del profesorado.

Para resolver los proyectos propuestos, se les solicita el uso del software Revit. Los estudiantes deben entregar el modelo de Revit y una memoria, donde se presente el proceso desarrollado, los cálculos necesarios para la resolución del ejercicio y los planos que definan gráficamente la propuesta.

Para aplicar la metodología docente ABP en esta parte de la asignatura, se les indica a los estudiantes que deben formar grupos de 3 integrantes, como máximo.

### **3.2. Objetivos de aprendizaje**

A través de la resolución de la práctica grupal, se pretende desarrollar los siguientes objetivos de aprendizaje:

- Específicos: capacidad para elaborar manuales y planes de mantenimiento y gestionar su implantación en el edificio; aptitud para el predimensionado, diseño, cálculo y comprobación de estructuras, para dirigir su ejecución material y aplicar la normativa específica: acero, madera y hormigón; mejora de la visión espacial y competencias de modelado 3D.
- Genéricos: que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo de forma profesional, que posean las competencias para la elaboración y defensa de argumentos y que demuestren la resolución de problemas en su área de estudio.
- Transversales: resolución de problemas; razonamiento crítico; trabajo en grupo.

Los alumnos y alumnas deben realizar dos entregas del trabajo en grupo, que son evaluables. El profesorado les devuelve el trabajo con la retroacción y evalúa si se están alcanzando los objetivos propuestos. Para la resolución de las prácticas, se dispone de las clases para la resolución de dudas y de un foro en la plataforma digital de la asignatura, al que tienen acceso tanto profesores como alumnos.

Adicionalmente, al final del curso, para comprobar si se alcanzan los objetivos de aprendizaje propuestos, se obtiene la opinión de los alumnos, los cuales, de forma voluntaria, responden a las siguientes cuestiones relacionadas con la aplicación de la metodología ABP:

- ¿Crees que con la resolución de la práctica en grupo has ampliado conocimientos en cuanto a la ejecución de los elementos estructurales de un edificio?
- ¿Crees que con la resolución de la práctica en grupo has ampliado conocimientos en cuanto al manejo del software Revit?
- ¿Consideras que los comentarios del profesorado sobre los trabajos entregados han favorecido tu aprendizaje y te han ayudado en prácticas posteriores?
- ¿Crees que los foros te han ayudado en la resolución de las prácticas?

### **3.3. Prácticas y bloques de aprendizaje.**

En la figura 1 se muestra la planificación del curso, combinando los bloques temáticos con el desarrollo de la práctica en grupo en un diagrama de Gantt. La asignatura se cursa en el

segundo semestre y consiste en 15 semanas de duración. Las clases tienen una duración de 2 horas y, normalmente, se imparten en días alternos (lunes y miércoles o martes y jueves); teniendo un total de 4 horas de clase semanales.

La práctica en grupo se desarrolla en dos partes. En la primera parte (P1) se dedica más tiempo ya que los estudiantes deben comprender el edificio y la problemática propuesta y, además, deben obtener unas sesiones explicativas del software Revit para poder afrontar el ejercicio. En la segunda parte (P2) se dedica un menor número de semanas, en comparación con P1, puesto que ya disponen de la base necesaria para manejar el software y, además, ya comprenden la organización arquitectónica del edificio.

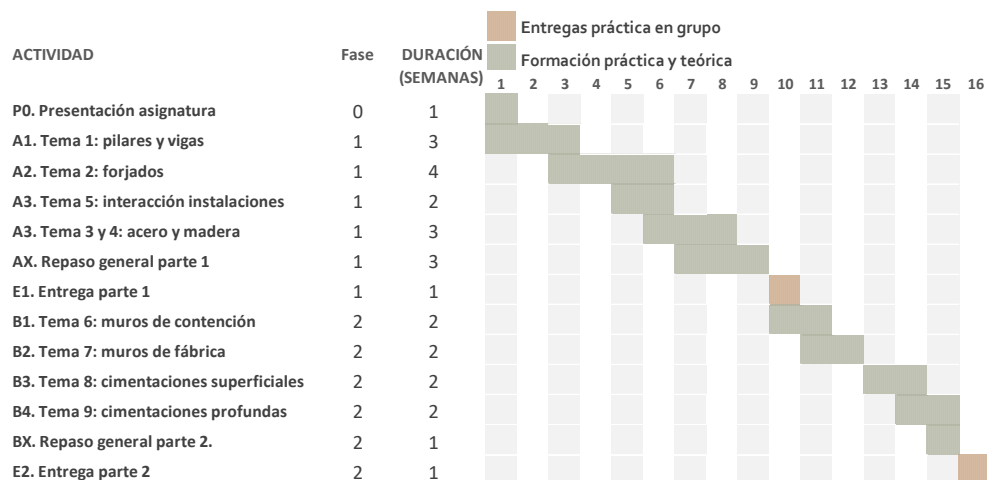


Fig. 1 Diagrama de Gantt. Bloques teóricos y entregas de la práctica grupal

### 3.4. Enunciados, rúbrica y criterios de evaluación.

El esquema principal de cada uno de los enunciados se mantiene en los diferentes cursos académicos, al igual que la rúbrica y los criterios de evaluación empleados, que se exponen a continuación:

#### 3.4.1. Enunciados

La tabla 2 refleja los diferentes enunciados que se facilitan durante el curso, junto con las tareas a desarrollar en cada uno de ellos y las singularidades que varían y que se especifican en cada curso académico.

En todos los enunciados, se pide que su resolución se incorpore a una memoria, que recogerá la propuesta de cada grupo para cada uno de los ejercicios planteados, de la siguiente forma:

*Debe realizarse una memoria que refleje el proceso y las decisiones, según la normativa de aplicación. El trabajo debe constar de dicha memoria y de toda la documentación gráfica necesaria para describir la resolución correctamente. Para el modelado de los elementos y la generación de la documentación gráfica debe emplearse el software REVIT.*

**Tabla 2. Tareas a desarrollar según enunciados**

Enunciado	Tareas	Indicaciones según curso
1 (P1) Tema 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Modelado de los pilares de hormigón armado (forjados unidireccionales).</li> <li>○ Modelado de las vigas de hormigón armado de los diferentes pórticos</li> </ul>	Sección de los pilares (cuadrada, circular, rectangular). Tipo de vigas a emplear. Indicaciones para el cálculo del canto y ancho de las vigas. Singularidades del edificio. Justificaciones: procesos constructivos.
2 (P1) Tema 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cálculo y modelado del armado de un pórtico</li> </ul>	Características geométricas del pórtico. Hormigón, cemento, acero, características de armados de positivos y negativos. Justificaciones: cuantías mínimas y mecánicas, longitudes de solape y anclaje, separación mínima entre barras.
3 (P1) Tema 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Modelado de forjado unidireccional, bidireccional, escalera, losa.</li> </ul>	Singularidades del edificio. Ubicación de cada elemento. Características de los diferentes elementos.
4 (P1) Tema 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cálculo y modelado de los huecos para las instalaciones</li> </ul>	Singularidades del edificio. Dimensionado y ubicación de huecos
5 (P1) Temas 3 y 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Modelado, en una zona concreta del edificio, elementos estructurales de acero y de madera.</li> </ul>	Zona del edificio donde ubicar los diferentes elementos. Tipo de elemento y tipo de material. Justificaciones: uniones y procesos constructivos.
6 (P2) Tema 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Modelado de los elementos de cimentación superficial y armados</li> </ul>	Singularidades del edificio. Geometría y tipos de zapatas y vigas de atado o centrado.
7 (P2) Temas 6 y 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Modelado de muros de fábrica, muros de contención y armado</li> </ul>	Singularidades del edificio. Geometría y tipo de muro.
8 (P2) Tema 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cálculo y modelado de cimentación profunda.</li> </ul>	Geometría y tipo de pilotes. Indicaciones para el cálculo del encepado y armado.

\*P1 y P2 indican si se trata de la primera parte de la asignatura (P1) o la segunda (P2)

### 3.4.2. Criterios de evaluación

Cada uno de los grupos obtiene una calificación numérica, con un decimal, comprendida entre 0 y 10, de forma que, según la nota, se obtienen las siguientes calificaciones: (0 - 4,9) suspenso; (5 – 6,9) aprobado; (7 – 8,9) notable; (9 – 10) sobresaliente.



### 3.4.3. Rúbrica

Para evaluar las competencias alcanzadas por los estudiantes, tanto en la primera entrega correspondiente a P1, como en la segunda entrega relativa a P2, se emplea la rúbrica que se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3. Rúbrica de evaluación**

<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Excelente</b>	<b>Satisfactorio</b>	<b>Mejorable</b>	<b>Deficiente</b>
Expresión escrita	Sin faltas ortográficas o con un número bajo de faltas leves. Redacción correcta, con el empleo de los signos de puntuación pertinentes.	Número elevado de faltas ortográficas leves o número bajo de faltas ortográficas graves. Mejoras en cuanto a organización de párrafos y signos de puntuación.	Número alto de faltas ortográficas. Alto margen de mejora en cuanto al empleo de signos de puntuación y desarrollo de la redacción.	Deficiencias graves en cuanto al desarrollo del texto. Número elevado de faltas ortográficas.
Desarrollo de la memoria	Organización correcta de información. Cálculos y justificaciones correctas.	Mejoras mínimas en la organización de la memoria. Errores leves en cálculos. Falta de información en algún punto que deba justificarse.	Mejoras acusadas en la organización de la memoria. Errores graves en cálculos. Información necesaria en varios puntos que quedan sin justificar.	Organización deficiente de la memoria. Cálculos incorrectos, con errores muy graves. Sin justificación.
Definición constructiva	Resolución correcta respecto a la disposición de elementos y explicación del proceso constructivo.	Mínimas mejoras respecto a la disposición de elementos y explicación del proceso constructivo.	Errores en la disposición de elementos y en la explicación del proceso constructivo.	Errores graves en la disposición de elementos y en la explicación del proceso constructivo.
Definición gráfica	Se presenta la información necesaria para definir de forma correcta el edificio. Nivel alto en la definición gráfica de elementos y en la composición de las láminas.	Mejoras en cuanto a la información necesaria para definir de forma correcta el edificio. Nivel medio en la definición gráfica de elementos y en la composición de las láminas.	Mejoras importantes en cuanto a la información necesaria para definir correctamente el edificio. Nivel bajo en la definición gráfica de elementos y en la composición de las láminas.	No se presentan planos y hay errores graves en la definición gráfica del ejercicio.

## 4. Resultados

En los cursos académicos objetos de estudio, 2018-2019; 2019-2020; 2020-2021, se matricula el siguiente número de estudiantes: 37, 36 y 32, respectivamente

A continuación, en la tabla 4, se detalla el número de grupos e integrantes de cada uno de ellos, para cada curso académico.

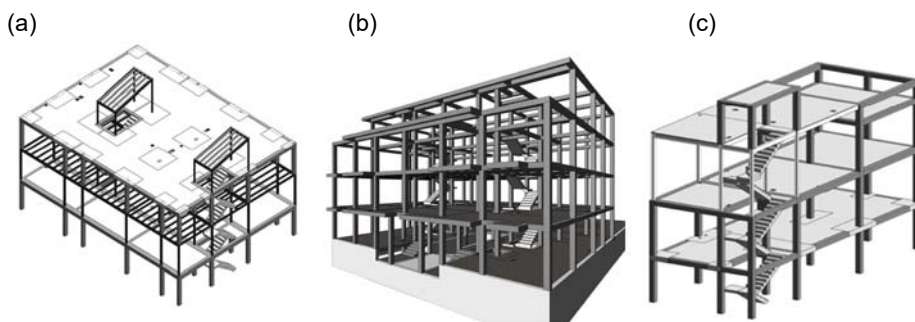
**Tabla 4. Número de grupos e integrantes por cada curso académico**

		2018-2019 (a)														
Grupos (Ga)	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	14a		
Integrantes	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1	2	1		
		2019-2020 (b)														
Grupos (Gb)	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10b	11b	12b	13b	14b	15b	
Integrantes	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	1	1	1	
		2020-2021 (c)														
Grupos (Gc)	1c	2c	3c	4c	5c	6c	7c	8c	9c	10c	11c					
Integrantes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2					

#### 4.1 Ejemplos del modelado en Revit para cada edificio propuesto por año académico

Desde la implantación del software Revit en la asignatura, se observa un alto nivel de implicación de los alumnos en el desarrollo de los ejercicios, por varios motivos: (1) supone un reto para ellos aprender un software nuevo; (2), valoran la utilidad del programa en la visualización de elementos; y (3) comprenden la importancia de conocer el software para un futuro profesional próximo. La asignatura requiere constancia en el trabajo y es de gran importancia que los integrantes tengan objetivos claros y responsabilidades en el equipo.

Al alumnado se le proporciona información en 2D en formato dwg. Con dicha información y, con las indicaciones de los enunciados, deben ser capaces de proponer la resolución constructiva del edificio en 3D. A continuación, se muestran ejemplos del modelado solicitado (figura 2) para cada edificio propuesto en los 3 últimos cursos académicos.



Fuente: propia

**Fig. 2 Ejemplos de modelado solicitado para uno de los enunciados de la parte 1 de la asignatura, (a) curso 2018-2019; (b) curso 2019-2020; y (c) curso 2020-2021**

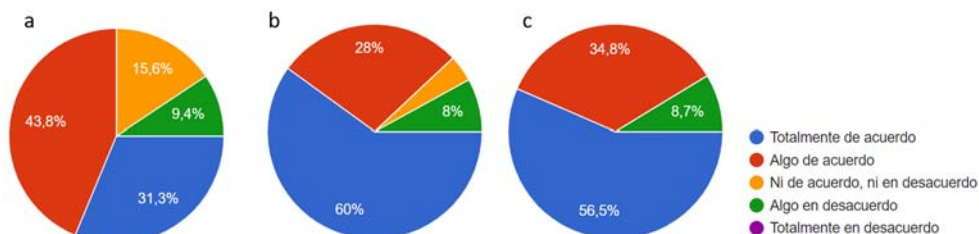
#### 4.2 Satisfacción de los estudiantes

Al finalizar el curso, los alumnos, de forma voluntaria, responden a una serie de preguntas (4.2.1. – 4.2.4) relativas a su aprendizaje tras aplicar la metodología APB. Los porcentajes de participación en el cuestionario, por año académico, son los siguientes: 86,5% (2018-2019); 69,5% (2019-2020); 71,9% (2020-2021).

#### 4.2.1 Conocimientos respecto a los elementos estructurales del edificio

La figura 3 muestra la opinión de los alumnos sobre los conocimientos relativos a los elementos estructurales tras la realización de la práctica en grupo. Refleja las respuestas a la pregunta: *¿crees que con la resolución de la práctica en grupo has ampliado conocimientos en cuanto a la ejecución de los elementos estructurales de un edificio?*

Se observa que, si se considera la suma entre las respuestas “totalmente de acuerdo” y “algo de acuerdo”, la satisfacción va en aumento por cada curso académico (75,1%, 88% y 91,3%, respectivamente). Adicionalmente, las respuestas “totalmente de acuerdo” superan el 50% en los dos últimos cursos.



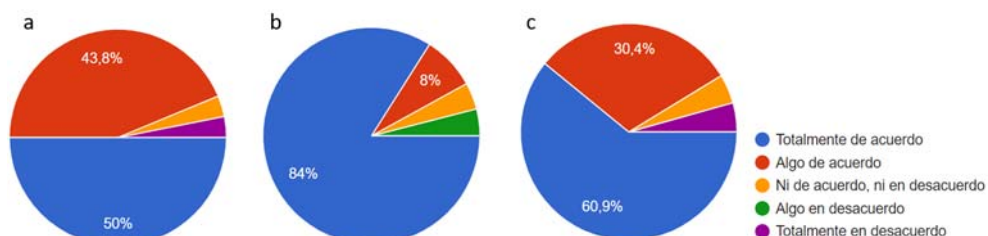
Fuente: propia. Formulario de Google

**Fig. 3** Opinión del alumnado sobre sus conocimientos de los elementos estructurales del edificio tras la realización de la práctica grupal; (a) curso 18-19; (b) 19-20; y (c) 20-21

#### 4.2.2 Conocimientos respecto al manejo del software Revit

La figura 4 muestra la opinión de los alumnos sobre los conocimientos relativos al manejo del software Revit tras la realización de la práctica en grupo. Refleja las respuestas a la pregunta: *¿crees que con la resolución de la práctica en grupo has ampliado conocimientos en cuanto al manejo del software Revit?*

Se observa que, si se considera la suma entre las respuestas “totalmente de acuerdo” y “algo de acuerdo”, la satisfacción supera el 90% en los 3 cursos académicos (93,8%, 92% y 91,3%, respectivamente). Adicionalmente, las respuestas “totalmente de acuerdo” superan el 50% en los tres últimos cursos.

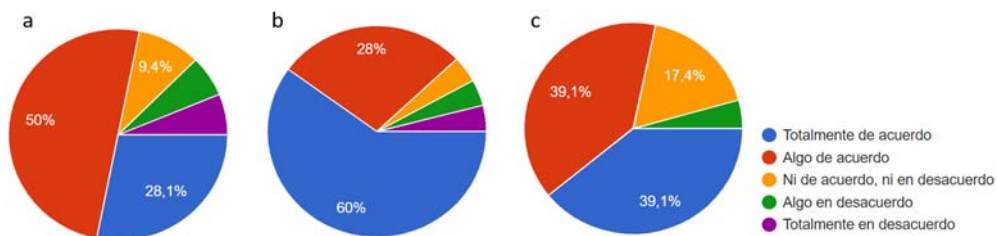


**Fig. 4** Opinión del alumnado sobre sus conocimientos del manejo del software Revit tras la realización de la práctica grupal; (a) curso 18-19; (b) 19-20; y (c) 20-21

#### 4.2.3 Utilidad de los comentarios del profesorado

La figura 5 muestra la opinión de los alumnos sobre la utilidad de los comentarios proporcionados por el profesorado tras las entregas de la práctica grupal. Refleja las respuestas a la pregunta: ¿consideras que los comentarios de los profesores sobre los trabajos entregados han favorecido tu aprendizaje y te han ayudado en prácticas posteriores?

Se observa que, si se considera la suma entre las respuestas “totalmente de acuerdo” y “algo de acuerdo”, la satisfacción supera el 75% en los 3 cursos académicos (78,1%, 88% y 78,2%, respectivamente).

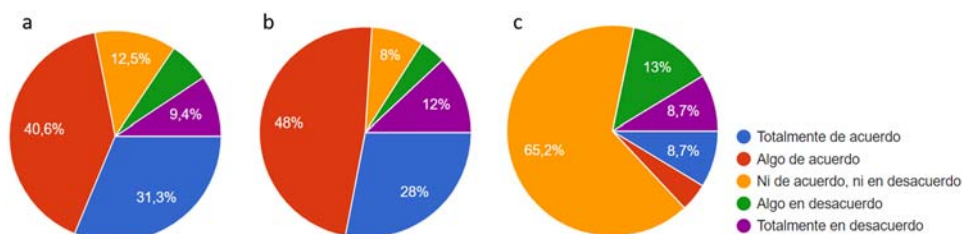


**Fig. 5** Opini3n del alumnado sobre la utilidad de los comentarios proporcionados por el profesorado tras las entregas de la pr3ctica grupal; (a) curso 18-19; (b) 19-20; y (c) 20-21

#### 4.2.4 Utilidad de los foros en la resoluci3n de la pr3ctica grupal

La figura 6 muestra la opini3n de los alumnos sobre la utilidad de los foros para la soluci3n de las dudas. Refleja las respuestas a la pregunta: ¿crees que los foros te han ayudado en la resoluci3n de las pr3cticas?

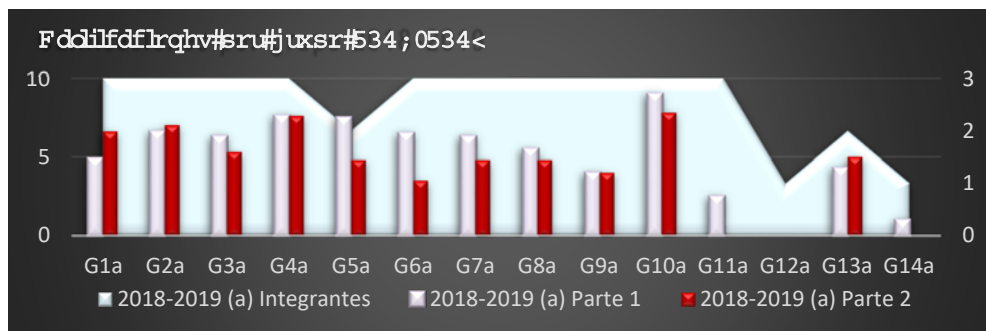
Se observa que, si se considera la suma entre las respuestas “totalmente de acuerdo” y “algo de acuerdo”, la satisfacci3n supera el 70% en los 2 primeros cursos acad3micos (71,9% en 2018-2019 y 76% en 2019-2020). Sin embargo, en el curso acad3mico 2020-2021 3nicamente el 8,7% est3 totalmente de acuerdo (el mismo porcentaje que totalmente en desacuerdo) y el 4,3% est3 algo de acuerdo; adicionalmente, hay un alto porcentaje (65,2%) que no est3 de acuerdo ni en desacuerdo. Se deduce de estos datos que es importante seguir fomentando el uso de los foros, a3o tras a3o, puesto que deja de ser 3til en el momento en el que el alumnado no hace uso de ellos.



**Fig. 6** Opini3n del alumnado sobre la utilidad de los foros para la resoluci3n de dudas; (a) curso 2018-2019; (b) curso 2019-2020; y (c) curso 2020-2021

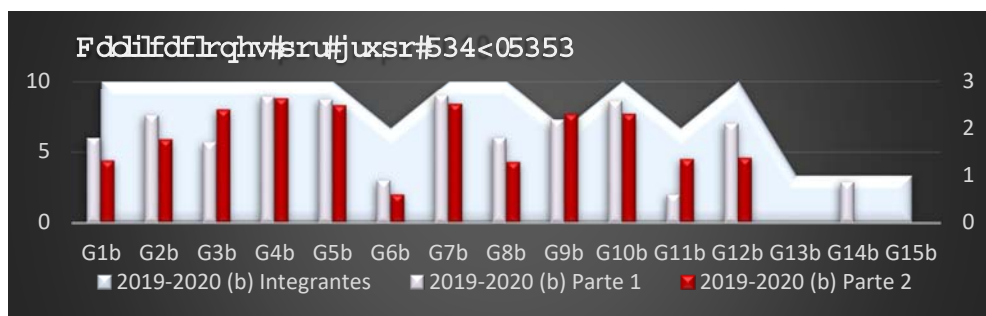
### 4.3 Calificación de las prácticas grupales

En las siguientes figuras (7-9) se reflejan las calificaciones obtenidas por grupo, por cada año académico. Adicionalmente, en los gráficos se muestran, como área tras las barras, los integrantes del grupo indicados en el eje secundario. En el curso 2020-2021 no se disponen de datos de calificaciones de la segunda parte de la práctica grupal.



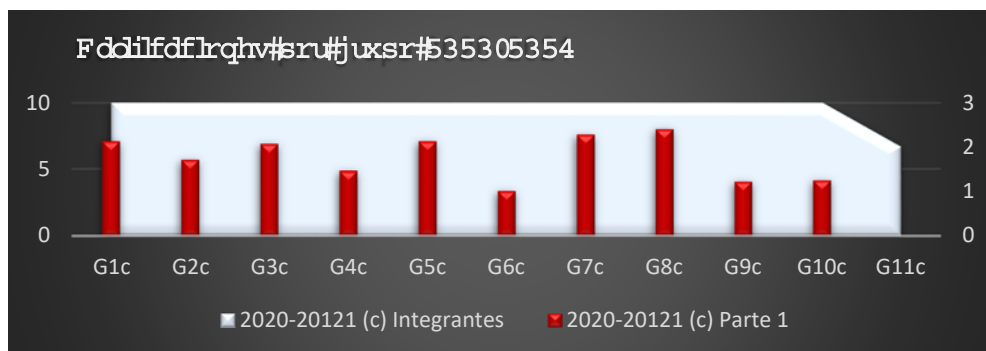
Fuente: propia

Fig. 7 Calificaciones de las 2 partes de la práctica grupal e integrantes del grupo, curso 18-19



Fuente: propia

Fig. 8 Calificaciones de las 2 partes de la práctica grupal e integrantes del grupo, curso 19-20



Fuente: propia

Fig. 9 Calificaciones de las 2 partes de la práctica grupal e integrantes del grupo, curso 20-21

De los resultados obtenidos, se observa que la metodología ABP no resulta satisfactoria en aquellos grupos con un único integrante. Puesto que la calificación es, o bien inferior a 4, o bien no se ha presentado el trabajo. Por otro lado, pueden llegar a obtener buenas calificaciones los grupos formados por 2 integrantes. Sin embargo, las calificaciones más altas siempre las han obtenido los equipos de 3 integrantes.

El porcentaje de no presentados por curso académico es de 7%, 13,3% y 9,1% en 2018-2019, 2019-2020 y 2020-2021, respectivamente. Por último, respecto a la tasa de éxito (aprobados/presentados) de la primera parte de la práctica es de 5,5 (2018-2019); 6,4 (2019-2020) y 5,9 (2020-2021). Por otro lado, la tasa de éxito de la segunda parte de la práctica es de 5,6 (2018-2019) y 5,7 (2019-2020).

## 5. Conclusiones

El presente trabajo pretende mostrar y evaluar las lecciones aprendidas tras la incorporación de la metodología ABP en la asignatura de Construcción IV del Grado en Edificación de la Universitat de les Illes Balears. Para la resolución de proyectos, se solicita el empleo del software Revit. Tras 3 cursos académicos de aplicación de esta metodología, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Tras la realización de las prácticas, los alumnos consideran (en más de un 90% de las respuestas obtenidas) que han ampliado sus conocimientos sobre el software Revit; y que mejoran sus conocimientos sobre los elementos estructurales (en más de un 75% de las respuestas obtenidas).
- Aquellos grupos con 2 o 3 integrantes obtienen mejores resultados que quienes realizan el trabajo de manera individual, siendo grupos de 3 los que han obtenido las mejores calificaciones.
- El empleo del software Revit despierta el interés del alumnado y la gran mayoría considera que, tras el curso, mejoran ampliamente sus conocimientos respecto al software.

## Referencias

- AHN, Y. H., CHO, C. S., & LEE, N. (2013). "Building information modeling: Systematic course development for undergraduate construction students" en *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 139, issue 4, p. 290–300.
- CLEVENGER, C., GLICK, S., & DEL PUERTO, C. L. (2012). "Interoperable Learning Leveraging Building Information Modeling (BIM) in Construction Education" en *International Journal of Construction Education and Research*, vol. 8, issue 2, p. 101-118.
- FERREIRA, V. G., & CANEDO, E. D. (2020). "Design sprint in classroom : exploring new active learning tools for project - based learning approach" en *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, (August 2019), vol. 11, issue 3, p. 1191-1212.
- FORSYTHE, P., JUPP, J., & SAWHNEY, A. (2013). "Building Information Modelling in Tertiary Construction Project Management Education: A Programme-wide Implementation Strategy" en *Journal for Education in the Built Environment*, vol. 8, no 1, p. 16-34.

- JOHNSON, D. W., & JOHNSON, R. T. (1985). "The Internal Dynamics of Cooperative Learning Groups" en *Learning to Cooperate, Cooperating to Learn*. Springer, Boston, MA, 1985. p. 103-124.
- LEITE, F. (2016). "Project-based learning in a building information modeling for construction management course" en *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 21, p. 164-176.
- MAIDA, C. A. (2011). "Project-based learning: A critical pedagogy for the twenty-first century" en *Policy Futures in Education*, vol. 9, no 6, p. 759-768.
- NEMBHARD, D., YIP, K., & SHTUB, A. (2009). "Comparing competitive and cooperative strategies for learning project management" en *Journal of Engineering Education*, vol. 98, no 2, p. 181-192.
- ŠADAUSKIENĖ, J., & PUPEIKIS, D. (2018). "Review of BIM Implementation in Higher Education" en *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, vol. 22, no 1.
- SLAVIN, R. E. (1989). "Research on Cooperative Learning: An international perspective" en *Scandinavian Journal of Educational Research*, vol. 33, no 4, p. 231-243.
- TSAI, M., CHEN, K., & CHANG, Y. (2019). "Development of a Project-Based Online Course for BIM Learning" en *Sustainability*, vol. 11, no 20, p. 5772.
- VERMA, A. K. (2011). "Impact of project based learning in Introduction to Engineering /Technology class" en *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- WANG, L., & Leite, F. (2014). "Process-oriented approach of teaching building information modeling in construction management" en *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 140, no 4, p. 04014004.
- WU, W., & LUO, Y. (2016). "Pedagogy and assessment of student learning in BIM and sustainable design and construction" en *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 21, no 15, p. 218-232.