



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Programa de Doctorado
INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN, MINERO-
AMBIENTAL Y DE PROYECTOS

TESIS DOCTORAL

**INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA
BIM EN LOS GRADOS DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL. PROPUESTA DE
CURRÍCULO**

Autor
Victor Manuel Meana Díaz

2019





RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LOS GRADOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. PROPUESTA DE CURRÍCULO	Inglés: BIM METHODOLOGY INTEGRATION IN INDUSTRIAL ENGINEERING PROGRAMS. CURRICULUM PROPOSAL
2.- Autor	
Nombre: VÍCTOR MANUEL MEANA DÍAZ	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN, MINERO-AMBIENTAL Y DE PROYECTOS	
Órgano responsable: CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADO	

RESUMEN (en español)

La metodología BIM (Building Information Modeling) aparece como respuesta a la necesidad de modernización y digitalización del sector de la Arquitectura, de la Ingeniería y de la Construcción (AEC). Se trata de una metodología de trabajo colaborativa basada en la existencia de un único modelo digital en los proyectos constructivos, edificios o infraestructuras, y que es compartido por los diferentes agentes participantes, para su gestión, a lo largo de todo el ciclo de vida.

La Directiva Europea 2014/24/UE, en su artículo 22 punto 4, establece que, para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares, a partir del mes de abril de 2016.

En España, como consecuencia de la transposición de esta Directiva, se establece una Estrategia Nacional BIM que se inicia con la constitución de la Comisión BIM, promovida por el Ministerio de Fomento en julio de 2015 y en cuya hoja de ruta se determina el uso obligatorio del BIM en la licitación pública de proyectos de edificación a partir de diciembre de 2018 y en la licitación pública de proyectos de infraestructuras a partir de julio de 2019. De esta forma, se pretende ayudar y fomentar la digitalización y modernización del sector.

Esta notable transformación del sector implica, entre otras consecuencias, que la Educación Superior se alinee con las nuevas demandas profesionales que irán apareciendo en el mercado. Recae, por tanto, en las Universidades, la responsabilidad de formar nuevos perfiles adaptados a los nuevos requerimientos, tanto de conocimientos



como de competencias.

En este sentido, la metodología Building Information Modeling se muestra no sólo como una necesidad para los profesionales del sector sino también como una herramienta docente que puede permitir la adquisición y favorecer el trabajo de refuerzo de determinadas competencias de las guías docentes de asignaturas con contenidos BIM.

En la presente tesis, a partir de la descripción condensada de los principales parámetros que caracterizan la metodología BIM, se analiza la casuística de esta materia en la Ingeniería Industrial en España, centrándose el estudio en las competencias de las guías docentes. Se analizan los roles profesionales del sector en lo referente a esta metodología de trabajo y se profundiza, la investigación, en las estrategias de implantación y las barreras y resistencias académicas que se encuentran a la hora de integrar la metodología en la Educación Superior.

Se ha entendido necesario incorporar el análisis de experiencias reales de implantación de ámbito internacional que ayudaran a inducir una propuesta de actuación para llevar a cabo la implantación de la metodología BIM en la Escuela Politécnica Industrial (EPI) de la Universidad de Oviedo.

Se analizan los Grados de Ingeniería Industrial de la EPI que pudieran ser objetivo de la integración y se desarrolla la propuesta metodológica que, a lo largo de cuatro años, constituye la estrategia inicial de implantación. El enfoque general de implementación del plan de ejecución se realiza desde un planteamiento de docencia extra-académica que complementa los contenidos docentes actuales y refuerza las competencias requeridas en el sector.

Se proponen encuestas que permitan dar seguimiento al proceso de implantación, así como futuras iniciativas que consoliden la integración de la metodología BIM en la docencia de esta Escuela Politécnica Industrial.



RESUMEN (en Inglés)

The BIM (Building Information Modeling) methodology appears as a response to the need for modernization and digitization of the Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector. It is a collaborative work methodology based on a single digital model. This tool allows working in building and civil projects in a more efficient way in a collaborative manner, sharing a large database that allows management throughout the entire life cycle.

The European Directive 2014/24/EU, art. 22 p. 4, establishes that, for public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modelling tools or similar, since April 2016.

A Spanish BIM Strategy is established because of the transposition of this Directive. Promoted by the Ministry of Public Works, the BIM Commission is created in July 2015. The roadmap determines the mandatory use of BIM in public building tenders since December 2018 and the mandatory use of BIM in public infrastructure tenders since July 2019. In this way, the aim is to help and promote the digitalization and modernization of the AEC sector.

This remarkable transformation of the sector implies, among other consequences, that Higher Education must be aligned with the new professional profiles demanded in the market. Therefore, Universities are responsible for developing new profiles adapted to the new requirements, in terms of both knowledge and skills.

Building Information Modeling methodology should not only be a necessity for professionals but also a teaching tool that allows the development of competences of the teaching guides of BIM contents subjects. Reinforce certain competences will be also an advantage.

In this doctoral thesis, the state of BIM methodology in Industrial Engineering in Spain is analyzed. The study is focused on the competences of the teaching guides and a condensed description of the main parameters that characterize the BIM methodology is taken in account. The professional roles of the sector in relation to this work methodology are analyzed. The implementation strategies and the barriers and academic resistances found when this methodology is going to be integrated in Higher Education



are also studied.

It is necessary to incorporate the analysis of international experiences of implantation of BIM. This analysis allows inducing a proposal of an action plan to carry out the implantation of BIM methodology in the Engineering Polytechnic School (EPI) of the University of Oviedo.

The Industrial Engineering Programs of the EPI, that could be the objective of the integration, are analyzed and an initial implementation strategy is developed as a methodological proposal over a period of four years. The general focus to the implementation of the execution plan is based on an extra-academic teaching approach that complements the current teaching contents and reinforces the skills required in the sector.

Surveys are proposed in order to monitor the implementation process, as well as future initiatives that consolidate the integration of the BIM methodology in the teaching of the Engineering Polytechnic School of Gijón.



Todos los días hay que levantarse a celebrar algo





“..... y poniendo en práctica las que conocíamos como las cuatro **H**: **Honradez**, **Humanidad**, **Humildad** y... **Humor**, que durante años había visto practicar a mis Padres y que he procurado sean la guía de mi quehacer diario a lo largo de todos estos años.”

D. José Francisco Cosmen Adelaida





A mis guías, María, Lorenzo y Alonso





INDICE

INDICE	IX
<i>Agradecimientos</i>	<i>XIII</i>
<i>Resumen</i>	<i>XV</i>
<i>Abstract</i>	<i>XVII</i>
<i>Lista de acrónimos.....</i>	<i>XIX</i>
<i>Lista de figuras</i>	<i>XXI</i>
<i>Lista de tablas</i>	<i>XXIII</i>
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Contexto de la Investigación	3
1.3 Motivación de la Tesis. Interés.....	9
1.4 Objetivos de la Tesis.....	10
1.5 Estructura de la Tesis	13
2 ANTECEDENTES.....	19
2.1 Qué es BIM	19
2.1.1 Los Niveles de Madurez BIM	29
2.1.2 Los Niveles de Desarrollo (LOD)	33
2.1.3 Las Dimensiones BIM	37
2.2 BIM en el contexto internacional	40
2.2.1 BIM en los principales países europeos	42
2.3 BIM en España.....	47
2.4 BIM en la Educación	49
2.4.1 Países de referencia	50
3 METODOLOGÍA.....	55
3.1 Planteamiento	55
3.2 Fuentes de datos	58
4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	61
4.1 Las asignaturas BIM en la Ingeniería Industrial.....	61
4.2 Las competencias de las guías docentes	64
4.3 Competencias para qué tipo de responsabilidades	76



4.3.1	Los roles BIM	82
4.4	Cómo implantar BIM en una universidad / escuela	88
4.4.1	Estrategias top-down y bottom-up	88
4.5	Barreras y resistencia académica para la integración del BIM	91
4.6	Tres casos de estudios internacionales de integración del BIM	94
4.6.1	Universidad de Texas A&M	96
4.6.2	Universidad de Coventry	100
4.6.3	Universidades de Ingeniería en Pakistán	103
5	DISEÑO DE UNA PROPUESTA	107
5.1	Introducción	107
5.1.1	Los estudios universitarios en el EEES (Grado, Máster, Doctorado).....	108
5.1.1.1	Grado.....	112
5.1.1.2	Máster	114
5.1.1.3	Doctorado.....	116
5.1.2	La formación centrada en el aprendizaje.....	117
5.1.2.1	El Aprendizaje Permanente. Competencias clave.....	119
5.2	Los Grados de Ingeniería Industrial en la Universidad de Oviedo	124
5.2.1	Grado en Ingeniería Mecánica (GIMECA).....	127
5.2.2	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITECI)	134
5.3	Estrategia Inicial	140
5.3.1	El Plan de Implantación BIM	143
5.3.2	Inclusión de contenidos BIM en asignaturas existentes	147
5.3.2.1	Expresión Gráfica.....	149
5.3.2.2	Procesos de Fabricación	151
5.3.2.3	Expresión Gráfica II.....	154
5.3.2.4	Organización de empresas industriales	155
5.3.2.5	Teoría de Estructuras	156
5.3.2.6	Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales	158
5.3.2.7	Dibujo Industrial	158
5.3.2.8	Dirección de Operaciones	159
5.3.2.9	Aplicaciones Industriales del CAD	160
5.3.2.10	Instalaciones Industriales	162
5.3.2.11	Proyectos y Oficina Técnica.....	162



5.3.3	El laboratorio de resultados	164
5.3.3.1	Las encuestas de seguimiento.....	164
5.3.3.2	La evaluación de los proyectos y de las competencias	167
5.4	Futuras iniciativas.....	173
6	CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	175
6.1	Discusión	175
6.2	Conclusiones.....	180
6.3	Futuras líneas de investigación y trabajo	182
	BIBLIOGRAFÍA.....	185
	ANEXO I. Guía docente asignatura “Metodología BIM”	201
	ANEXO II. Artículo revista Ingeniería de la Construcción	203





AGRADECIMIENTOS

A Rafa, como no, mi Director, sin el cual no estaría escribiendo estas líneas. Fue su constante empeño e insistencia (“*tienes que acabar, Víctor, tienes que acabar*”) lo que me empujó definitivamente a tomar la decisión firme de finalizar esta etapa que había dejado huérfana, allá en el 2007, cuando alcancé la Suficiencia Investigadora.

A los profesores de las diferentes asignaturas que se ven involucradas en esta propuesta, con los que he tenido oportunidad de contrastar contenidos y proponer ideas, por sus aportaciones y ánimos para el desarrollo de este trabajo de investigación. Y a todos los que, a lo largo de estos últimos tres años, he ido conociendo gracias al BIM y han enriquecido mis conocimientos.

A los compañeros del Área de Expresión Gráfica, especialmente a Antonio Bello por su continua disposición y disponibilidad para resolverme dudas y ayudarme en el camino a seguir, sin olvidarme de los compañeros del Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación que, de una forma u otra, me ayudaron, me aconsejaron y alentaron, especialmente a Carlos Rico, mi tutor, y a Gonzalo Valiño.

Y, aunque en el recuerdo tengo a mi padre y a José Carlos, en este punto debo añadir dos especiales menciones:

No recuerdo el año que no me dijese que tenía que acabar el doctorado. Gracias Pepa.

Por los valores que me inculcó y porque siempre tuvo clara la importancia de la formación. Gracias mamá.

Y, por supuesto, a María, mi esposa, por..... POR TODO.





RESUMEN

La metodología BIM (Building Information Modeling) aparece como respuesta a la necesidad de modernización y digitalización del sector de la Arquitectura, de la Ingeniería y de la Construcción (AEC). Se trata de una metodología de trabajo colaborativa basada en la existencia de un único modelo digital en los proyectos constructivos, edificios o infraestructuras, y que es compartido por los diferentes agentes participantes, para su gestión, a lo largo de todo el ciclo de vida.

La Directiva Europea 2014/24/UE, en su artículo 22 punto 4, establece que, para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares, a partir del mes de abril de 2016.

En España, como consecuencia de la transposición de esta Directiva, se establece una Estrategia Nacional BIM que se inicia con la constitución de la Comisión BIM, promovida por el Ministerio de Fomento en julio de 2015 y en cuya hoja de ruta se determina el uso obligatorio del BIM en la licitación pública de proyectos de edificación a partir de diciembre de 2018 y en la licitación pública de proyectos de infraestructuras a partir de julio de 2019. De esta forma, se pretende ayudar y fomentar la digitalización y modernización del sector.

Esta notable transformación del sector implica, entre otras consecuencias, que la Educación Superior se alinee con las nuevas demandas profesionales que irán apareciendo en el mercado. Recae, por tanto, en las Universidades la responsabilidad de formar nuevos perfiles adaptados a los nuevos requerimientos, tanto de conocimientos como de competencias.

En este sentido, la metodología Building Information Modeling se muestra no sólo como una necesidad para los profesionales del sector sino también como una herramienta docente que puede permitir la adquisición y favorecer el trabajo de refuerzo de determinadas competencias de las guías docentes de asignaturas con contenidos BIM.

En la presente tesis, a partir de la descripción condensada de los principales parámetros que caracterizan la metodología BIM, se analiza la casuística de esta materia en la



Ingeniería Industrial en España, centrándose el estudio en las competencias de las guías docentes. Se analizan los roles profesionales del sector en lo referente a esta metodología de trabajo y se profundiza, la investigación, en las estrategias de implantación y las barreras y resistencias académicas que se encuentran a la hora de integrar la metodología en la Educación Superior.

Se ha entendido necesario incorporar el análisis de experiencias reales de implantación de ámbito internacional que ayudaran a inducir una propuesta de actuación para llevar a cabo la implantación de la metodología BIM en la Escuela Politécnica de Ingeniería (EPI) de la Universidad de Oviedo.

Se analizan los Grados de Ingeniería Industrial de la EPI que pudieran ser objetivo de la integración y se desarrolla la propuesta metodológica que, a lo largo de cuatro años, constituye la estrategia inicial de implantación. El enfoque general de implementación del plan de ejecución se realiza desde un planteamiento de docencia extra-académica que complementa los contenidos docentes actuales y refuerza las competencias requeridas en el sector.

Se proponen encuestas que permitan dar seguimiento al proceso de implantación, así como futuras iniciativas que consoliden la integración de la metodología BIM en la docencia de esta Escuela Politécnica de Ingeniería.

Palabras clave: AEC, BIM, competencias, construcción, educación superior, Ingeniería Industrial, innovación, trabajo en equipo



ABSTRACT

The BIM (Building Information Modeling) methodology appears as a response to the need for modernization and digitization of the Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector. It is a collaborative work methodology based on a single digital model. This tool allows working in building and civil projects in a more efficient way in a collaborative manner, sharing a large database that allows management throughout the entire life cycle.

The European Directive 2014/24/EU, art. 22 p. 4, establishes that, for public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modelling tools or similar, since April 2016.

A Spanish BIM Strategy is established as a consequence of the transposition of this Directive. Promoted by the Ministry of Public Works, the BIM Commission is created in July 2015. The roadmap determines the mandatory use of BIM in public building tenders since December 2018 and the mandatory use of BIM in public infrastructure tenders since July 2019. In this way, the aim is to help and promote the digitalization and modernization of the AEC sector.

This remarkable transformation of the sector implies, among other consequences, that Higher Education must be aligned with the new professional profiles demanded in the market. Therefore, Universities are responsible for developing new profiles adapted to the new requirements, in terms of both knowledge and skills.

Building Information Modeling methodology should not only be a necessity for professionals but also a teaching tool that allows the development of competences of the teaching guides of BIM contents subjects. Reinforce certain competences will be also an advantage.

In this doctoral thesis, the state of BIM methodology in Industrial Engineering in Spain is analyzed. The study is focused on the competences of the teaching guides and a condensed description of the main parameters that characterize the BIM methodology is taken in account. The professional roles of the sector in relation to this work methodology



are analyzed. The implementation strategies and the barriers and academic resistances found when this methodology is going to be integrated in Higher Education are also studied.

It is necessary to incorporate the analysis of international experiences of implantation of BIM. This analysis allows inducing a proposal of an action plan to carry out the implantation of BIM methodology in the Escuela Politécnica Industrial (EPI) of the University of Oviedo.

The Industrial Engineering Programs of the EPI, that could be the objective of the integration, are analyzed and an initial implementation strategy is developed as a methodological proposal over a period of four years. The general focus to the implementation of the execution plan is based on an extra-academic teaching approach that complements the current teaching contents and reinforces the skills required in the sector.

Surveys are proposed in order to monitor the implementation process, as well as future initiatives that consolidate the integration of the BIM methodology in the teaching of the Industrial Polytechnics School of Gijón.

Key words: *AEC, BIM, skills, construction, Higher Education, Industrial Engineering, innovation, collaborative work*



LISTA DE ACRÓNIMOS

AEC	Architecture, Engineering and Construction
AGC	Associated General Contractors
AIA	American Institute of Architects
AIA	Australian Institute of Architects
ANECA	Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación
AQU	Agencia para la Calidad del Sistema Universitario
BAF	BIM Academic Forum
BAFI	BIM Academic Forum Ireland
BCG	Boston Consulting Group
BDS	Building Description System
BICP	BIM Innovation Capability Program
BIM	Building Information Modeling
BIM PM	BIM Project Manager
BIS	Business, Innovation and Skills
bSC	buildingSmart Canada
bSN	buildingSmart Noruega
CAB	Civil, Architecture and Building
CAD	Computer Aid Design
CanBIM	Canada BIM Council
CEI	Campus de Excelencia Internacional
CIBT	Construction Industry Training Board
CM-BIM	Certificate of Management – BIM
COBIM	Common BIM requirements
CODEBIM	Collaborative Design Education using BIM
DMS	Disaster Management System
ECTS	European Credit Transfer System
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
EPI	Escuela Politécnica de Ingeniería
ERP	Enterprise Resource Planning
esFAB	Foro Académico BIM España
EUBIM	Encuentro de Usuarios BIM
FC	Flipped Classroom
FM	Facility Management
GACCE	German Association of Computing in Civil Engineering
GIMECA	Grado en Ingeniería Mecánica
GITECI	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
HEI	Higher Education Institution
IAI	International Alliance for Interoperability



IBC	Institute for BIM in Canada
IMAC	Illustration, Manipulation, Application and Collaboration
ISCED	International Standard Classification of Education
ISO	International Organization for Standardization
LOD	Level Of Development
LOE	Ley de Ordenación de la Edificación
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NATSPEC	National Building Specification
OGP	Office of Government Procurement
OGW	Office of PublicWorks
OLT	Office for Learning and Teaching
PIB	Plan de Implantación BIM
PTNB	Plan Transition Numérique dans le Bâtiment
RAENG	Royal Academy of Engineering
RD	Real Decreto
RIBA	Royal Institute of British Architects
RUCT	Registro de Universidades, Centros y Títulos
TFG	Trabajo Fin de Grado
TII	Transport Infrastructure Ireland



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Ivan Sutherland trabajando con Sketchpad utilizando un lápiz óptico en una pantalla CRT. Fuente: Tornincasa and Monaco, (2010)	4
Figura 1.2 Logotipo Comisión esBIM. Fuente: esbim.es	7
Figura 2.1 Acepciones del término BIM según Abuhamra, L. (2015).....	20
Figura 2.2 Diferentes ejemplos de Ciclo de Vida del modelo constructivo. Fuentes: buildingSmart, advenser.ae, Leo Ehrecke e Ibhart studio	22
Figura 2.3. Curva de MacLeamy aplicada a los procesos tradicionales (CAD) e integrados (BIM). Adaptada por el autor	23
Figura 2.4 Lista de documentos que componen la Guía de Usuarios BIM. Fuente: BuildingSmart	27
Figura 2.5. Normas UNE EN ISO 19650 Partes 1 y 2.....	29
Figura 2.6 El BIM Maturity Model. Fuente: Jeanmaire, A. bSI Summit, 2017.....	30
Figura 2.7. Evolución de la información y colaboración a través del BIM. Fuente: Leyca Geosystems AG	32
Figura 2.8 Ejemplo niveles de desarrollo de un modelo BIM. Fuente: www.bimnd.es.....	33
Figura 2.9 La brújula de investigación del BIM. Fuente: Isikdag, U., 2010.....	39
Figura 2.10 Estado de la adopción del BIM en el mundo según Paul Shimonti	41
Figura 2.11 Estrategia implantación BIM en España. Fuente: Comisión esBIM.....	48
Figura 4.1 Número de ponencias totales sobre BIM en la Universidad versus ponencias específicas sobre formación BIM en la Universidad. Elaboración propia	63
Figura 4.2 Componentes de las competencias. Fuente: Miguel, M. 2005.....	65
Figura 4.3 Listado de Competencias. Fuente: Diccionario de Competencias Hay / McBear	77
Figura 4.4. Grados de acuerdo y desacuerdo en que la formación prepara en competencias necesarias para encontrar un trabajo de acuerdo a la cualificación. Fuente: Eurobarometer 2014.....	79
Figura 4.5 Clasificaciones de las barreras para la implementación del BIM según AbuHamra, L. 2015.....	92
Figura 4.6 Barreras para la implementación del BIM en el sector AEC según AbuHamra, L. 2015	93
Figura 4.7 Barreras y obstáculos en la implementación del BIM en la formación y en la práctica arquitectónica (Fuente: Mandhar, M. et al)	93
Figura 4.8 Estrategias que adoptarían las universidades pakistaníes para integrar el BIM en su programas de grado según Abbas, A. 2016	105
Figura 4.9 Tiempo estimado en integrar la metodología BIM en las universidades de Pakistán según Abbas, A. 2016	105



Figura 4.10 Barreras que limitan la integración del BIM en los currículos de grado AEC en Pakistán según Abbas, A. 2016.....	106
Figura 5.1. Procedimiento de verificación de títulos universitarios. Fuente: Tesis Doctoral Inmaculada Oliver. 2015	108
Figura 5.2. Estructura de las enseñanzas universitarias en España. Fuente: http://www.eees.es/es/eees	109
Figura 5.3 Competencias Clave para el Aprendizaje Permanente según recomendación del Consejo Europeo	121
Figura 5.4. Ejes vertebradores de la propuesta de implantación de la metodología BIM.....	143
Figura 5.5 Aula BIM	146
Figura 5.6. Contenidos de la asignatura “A1312 Introducción al BIM I” de la Escuela de Ingeniería de Milwaukee, EEUU.....	151
Figura 5.7. Tarea 2a “Design Modeling with Digital Fabrication” de la asignatura “4.501 Architectural Construction and Computation” del MIT, EEUU.	152
Figura 5.8. Maquetas de envolvente en obra. Fuente: Collado, C. et al., 2019.....	153
Figura 5.9. Imágenes de Realidad Aumentada (izda.) y Realidad Virtual (dcha.). Fuente: EspacioBIM	161
Figura 5.10. Rúbrica del Modelo Central. Fuente: Guía Docente de la asignatura Tecnología BIM de la Escuela de Ingeniería de Guipúzcoa	172
Figura 6.1 Evolución de la clasificación de la Universidad de Coventry desde la inclusión del Aprendizaje Basado en Proyectos. Datos: University League Table Rankings.....	179



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normativa básica BIM. Fuente: buildingSmart.....	25
Tabla 2. Medias y desviaciones estándar del nivel de compromiso de adopción del BIM por continentes. Fuente: Wooyoung, J. et al.	40
Tabla 3. Relación de asignaturas impartidas en Escuelas de Ingeniería Industrial con algún tipo de contenido BIM.....	64
Tabla 4. Componentes y subcomponentes de una competencia. Fuente: Miguel, M. 2005	66
Tabla 5. Clasificación de las diferentes competencias asignadas a cada asignatura en función de la Universidad.....	67
Tabla 6. Listado de competencias a adquirir según la universidad y la correspondiente asignatura con contenido BIM	68
Tabla 7. Nivel de competencias necesario en “Trabajo actual” y diferencia entre el “Nivel necesario” para desempeño y “Nivel adquirido en la titulación”. Fuente: ANECA	76
Tabla 8. Competencias de universitarios recién titulados en la empresa valoradas según AQU 2014.....	80
Tabla 9. Objetivos del aprendizaje BIM en los estudios de Grado en la Universidad Texas A&M	97
Tabla 10. Objetivos del aprendizaje BIM en los estudios de Posgrado en la Universidad Texas A&M	99
Tabla 11. Etapa universitaria en la que se debe estudiar el núcleo de la tecnología	100
Tabla 12. Resultados del aprendizaje según el Marco Europeo de Cualificaciones	111
Tabla 13. Competencias básicas Grado en Ingeniería Mecánica	129
Tabla 14. Competencias generales Grado en Ingeniería Mecánica	129
Tabla 15. Competencias específicas Grado en Ingeniería Mecánica	130
Tabla 16. Plan de Estudios Grado en Ingeniería Mecánica. Universidad de Oviedo.....	132
Tabla 17. Competencias básicas Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.....	135
Tabla 18. Competencias generales Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.....	136
Tabla 19. Competencias específicas Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	137
Tabla 20. Plan de Estudios Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales. Universidad de Oviedo	139
Tabla 21. Cuadro de asignaturas afectadas por el PIB	144
Tabla 22. Competencias específicas en las asignaturas con contenidos BIM.....	148
Tabla 23. Competencias generales en las asignaturas con contenidos BIM.....	149
Tabla 24. Encuesta 1 de seguimiento del Plan de Implantación BIM (PIB).....	165
Tabla 25. Encuesta 2 de seguimiento del Plan de Implantación BIM (PIB).....	166



Tabla 26. Estructura de una rúbrica. Fuente: Cuadernos de docencia universitaria nº 26	169
Tabla 27. Nivel 1 de la rúbrica correspondiente a Trabajo en Equipo. Fuente: Adaptación de “Rúbricas para la evaluación de competencias”	170
Tabla 28. Nivel 2 de la rúbrica correspondiente a Trabajo en Equipo. Fuente: Adaptación de Rúbricas para la evaluación de competencias	171



INTRODUCCIÓN

1

1.1 Introducción

Hace ya siete años que la palabra BIM llegó a mis oídos. El conocimiento de su existencia lo tuve allá por mediados del año 2012, siendo Director Gerente del Colegio Oficial de Arquitectos de Asturias, a través de un convenio de colaboración con Nemetscheck. La intención de la empresa, por aquel entonces, era la de acercarse a la Institución con el objeto de poner en conocimiento de los colegiados asturianos la necesidad de formarse en BIM. Querían poner en valor el convenio, llevando a cabo alguna acción formativa y divulgadora de esta metodología con el fin de capacitar a los arquitectos colegiados en una tecnología y metodología de proyecto en base a procesos BIM. En cierta forma y pasado el tiempo, hace ya siete años, siento un cierto fracaso por no haber sido capaz de convencer a la Junta de Gobierno de las posibilidades presentes y futuras de lo que se nos ofrecía. Se perdió la oportunidad de haber ayudado a los profesionales de la arquitectura a iniciarse en la metodología BIM, pudiendo haber sido pioneros en su sector dentro del ámbito nacional. Los problemas de la Junta, por aquel entonces, estaban centrados en otras variables.

No obstante, mi curiosidad me llevó a querer conocer algo más sobre su significado, su contenido y su proyección, y a descubrir que estábamos hablando



de una idea que parecía muy atractiva para el sector de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AEC) pero que, a priori, no parecía constituir ningún concepto innovador para la Industria. Se hablaba de metodología, de colaboratividad, y de interoperabilidad, términos muy asentados en la cultura industrial.

Con anterioridad, siendo uno de los máximos responsables de la empresa Socinser y en colaboración con el Área de Expresión Gráfica de esta Universidad de Oviedo, ya conocíamos, practicábamos y sufríamos desde el año 2002 esta forma de hacer. Diez años antes de mi primer contacto con el BIM ya había iniciado un camino de colaboración interdisciplinar entre universidades y hospitales, entre ingenieros y médicos, ya me peleaba con la necesidad de intercambiar información, de compartir datos en tiempo real, de diseñar y fabricar, “construir”, productos con la participación de todos los agentes que participábamos en el proyecto y todo con un único modelo digital. En fin, de seguir un método que, en cierta forma, echaba de menos en el sector de la Construcción al que me acaba de incorporar y que el BIM parecía cubrir en todo su ámbito.

Y la verdad es que no lo veía nada fácil. Me llamaba la atención la poca transparencia en el manejo de la información dentro del sector, la falta de recursos destinados a mejorar la digitalización de esa información (aproximadamente la mitad de los proyectos se presentaban en papel) y el carácter independiente de los agentes participantes buscando cada uno su propio beneficio sin focalizar sus esfuerzos en el resultado final. En fin, sentí haberme encontrado con una gran debilidad del sector que, por el contrario, se perfilaba como una importante oportunidad de ayudar a mejorar a los arquitectos y a reposicionarse para abordar la crisis que por entonces les assolaba, pudiendo poner en sus manos una herramienta que mejorase la competitividad de sus estudios.

Profundizar en el conocimiento de esta metodología, de conocer cómo se estaba abordando su implementación en el sector y de estudiar y analizar las



posibilidades de que los colegios profesionales de arquitectura pudieran jugar un papel importante en la divulgación del BIM, fueron mis primeros objetivos. Y aunque pudiera parecer sorprendente, creo que el hecho de tener la formación de Ingeniero Industrial y desempeñar la responsabilidad de ser el Director Gerente del Colegio de Arquitectos de Asturias fue la causa de que me encontrase con reticencias internas en la organización para alcanzar mis objetivos.

Esperé.

Y como siempre digo y proclamo, las cosas suceden cuando tienen que suceder. Mi salida del Colegio de Arquitectos a finales del año 2016, la persistencia de mi Director de Tesis, Rafa, y el empuje de mi entorno familiar, conducen mi interés por el BIM al desarrollo del trabajo que estoy iniciando en estas líneas.

Bienvenido sea.

1.2 Contexto de la Investigación

No cabe duda que el modelo productivo del sector de la construcción ha evolucionado a una velocidad significativamente menor que en la industria (Volk, R. et al., 2014). Las necesidades tecnológicas y las medidas que se están tomando para la adopción de métodos que permitan optimizar el proceso constructivo, todo ello desde la perspectiva de la formación y la docencia, conforman el contexto en el que se enmarca el presente trabajo.

A lo largo del tiempo se ha discutido la naturaleza técnica y artística de la Arquitectura, si bien según la Real Academia Española, en su diccionario de la lengua, se define a la Arquitectura como: “Arte de proyectar y construir edificios.” Y quizás haya sido esta concepción, la del Arte, junto con la ausencia de exigencias en la eficiencia del proceso constructivo, las que la hayan mantenido distanciada de la tecnología más avanzada.



Es sabido que los mayores avances tecnológicos en el diseño vienen alentados por la tecnología militar, la automovilística y la aeroespacial, a través de participaciones conjuntas de instituciones públicas y de universidades. La representación gráfica de los resultados en el sector de la Ingeniería ya se constataba como una preocupación allá por los años 50, cuando en el Lincoln Laboratory del Massachusetts Institute of Technology (MIT) se desarrolló el primer sistema gráfico que recogía datos y los representaba en la pantalla de un ordenador. Años más tarde, la aparición del Sketchpad supuso un salto cualitativo en la comunicación del hombre con los ordenadores (Shuterland, I. 1963). Este nuevo programa utilizaba el dibujo como medio de comunicación siendo capaz de interpretar información dibujada directamente en la pantalla del ordenador.



Figura 1.1 Ivan Sutherland trabajando con Sketchpad utilizando un lápiz óptico en una pantalla CRT. Fuente: Tornincasa and Monaco, (2010)

A mediados de los años 80, Autodesk lanza por primera vez al mercado su producto insignia: el AutoCAD. En pocos años, este sistema revolucionaría la modalidad de trabajo de arquitectos, ingenieros y constructores. El mundo de la construcción vivió entonces su primer salto tecnológico. Se trataba de asimilar de forma masiva una tecnología ya adoptada en otras industrias. Progresivamente el CAD, Computer Aided Design, fue sustituyendo al dibujo técnico manual, en virtud de las indudables ventajas que ofrecía en velocidad y eficiencia. No obstante, con la aparición de una nueva generación de sistemas



que se agrupan bajo la denominación de BIM, Building Information Modeling, el CAD tiende a convertirse en un modelo obsoleto. En el caso del BIM, el profesional diseña directamente frente al sistema, insertando los componentes del proyecto, modelando y refinándolo en forma gradual y creciente.

Sin embargo, el sector de la construcción, tanto el productivo como el académico, ha permanecido, en cierta forma, impermeables a todo el avance tecnológico que ha supuesto la digitalización y la capacidad de representación gráfica, y ello hasta la llegada de la gran crisis de finales de la pasada década. El modelo existente en todo el proceso constructivo se encontraba suficientemente cómodo hasta entonces. El cambio hacia una modernización del proceso quedaba supeditado a las condiciones del mercado inmobiliario en el que las necesidades de sector estaban orientadas a la eficacia y no a la eficiencia.

Entonces, una vez más, la arquitectura y la construcción hacen suya una tecnología previamente adoptada por la industria, en este caso de aviones, de barcos y de casi cualquier producto industrial que incorpora diseño. El desarrollo de los sistemas BIM permite la transformación de esta tecnología en una nueva metodología de trabajo. Se trata de una herramienta colaborativa de elaboración y gestión de proyectos a través de modelos digitales 3D que permite poner en común el trabajo de arquitectos, constructores, fabricantes, ingenieros y clientes, con la consiguiente reducción de costes, acortamiento de los tiempos de diseño y producción y mejora de la calidad de los proyectos.

Es a principios de la presente década cuando los países europeos (Estados Unidos había iniciado su andadura en el BIM unos años antes) ya empiezan a tomar consciencia de las posibilidades de la incorporación de los modelos digitales al proceso constructivo (Volk, R. et al, 2014, Bryde, D. et al, 2013) y se empiezan a generar y desarrollar iniciativas gubernamentales en esa dirección, fundamentalmente en los grandes proyectos de infraestructuras. Por fin, en el año 2014, la Unión Europea recoge en su Directiva 2014/24/UE (Parlamento Europeo, 2014) sobre contratación pública la posibilidad de exigir el uso de herramientas electrónicas específicas como las de diseño electrónico de edificios



o similares, instando, de alguna forma, a los países miembros para que aborden la modernización de las normativas de contratación y licitaciones públicas, solicitando que se considerara la conveniencia de incorporar tecnología, como el BIM, para modernizar y mejorar estos procesos.

28.3.2014 Diario Oficial de la Unión Europea L 94/107

Artículo 22

Normas aplicables a las comunicaciones

4. Para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares. En esos casos, los poderes adjudicadores ofrecerán medios de acceso alternativos según lo dispuesto en el apartado 5 hasta el momento en que dichas herramientas estén generalmente disponibles en el sentido de la segunda frase del párrafo primero del apartado 1.

Se promueven, entonces, diversas iniciativas y mandatos en los estados miembros a fin de llevar a cabo apuestas decididas por desarrollar los proyectos públicos en el entorno BIM. La adopción de diferentes estrategias y la energía puesta a su disposición definen las velocidades que toman los países para la integración de esta metodología. En este contexto europeo, son los países nórdicos, Finlandia, Suecia y Noruega, los que han promulgado su obligatoriedad ya en el periodo 2007-2010. Progresivamente se van incorporando otros diferentes países, de tal modo que, en el Reino Unido, su plan se inicia en el año 2011, en Holanda en el año 2012, en Francia en el 2014 y en Alemania en el 2015.

En España, se pone en marcha una estrategia nacional sobre BIM también en el año 2015. El Ministerio de Fomento, asumiendo el liderazgo del proceso de adopción, constituye la Comisión (Figura 1.2) para la implantación de la Metodología BIM como herramienta tecnológica para la gestión de proyectos de ingeniería, arquitectura y construcción a través de un modelo digital 3D. Se establece una Hoja de Ruta y se define un Plan de Acción a modo de Decálogo que, entre otros objetivos y en lo que respecta a este trabajo, pretende llevar a



cabo actuaciones en la línea de definir el mapa académico de la formación BIM en España y promover su inclusión en los planes de estudio.



Figura 1.2 Logotipo Comisión esBIM. Fuente: esbim.es

Adscrita al Ministerio de Fomento, se crea en España en diciembre de 2018, a través de Real Decreto 1515/2018 de 28 de diciembre ([BOE Num.29](#)), la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública. Su finalidad es la de impulsar y garantizar la coordinación de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes, en la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública, teniendo que realizar acciones de información y formación del personal encargado de la puesta en marcha del plan de incorporación, así como de promoción del uso del BIM en el ámbito profesional y docente de la construcción.

Se trata de un órgano colegiado de carácter temporal que, una vez implantada la metodología BIM en la contratación pública, cesará en su actividad. La Comisión tiene como fin, tal y como se ha reseñado, impulsar y garantizar la coordinación de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes, a la hora de implantar la metodología BIM en la contratación pública.

Entre las funciones de la Comisión caben destacar:

1. La elaboración del Plan de Incorporación de la Metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado y sus organismos



públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes que deberá ser acorde con los avances europeos en esta materia y con la Estrategia Nacional de Contratación Pública. En el Plan se determinarán las actuaciones para la incorporación gradual y progresiva, los umbrales mínimos para la obligatoriedad de su aplicación, las medidas para la incorporación de las pymes y los criterios de valoración en los pliegos de condiciones. Los criterios fijados podrán ser incorporados a los pliegos de contratación como criterios de adjudicación o de selección del contratista, especificaciones técnicas del contrato o condiciones especiales de ejecución. Asimismo, formarán parte del Plan, los estudios necesarios para conocer los avances en los estándares de código abierto, las medidas para garantizar la seguridad de los datos y las condiciones de utilización de los mismos y cuantas otras se consideren necesarias para garantizar la transparencia y, a su vez, el control de la información. El Plan se elevará al Consejo de Ministros para su aprobación, previo informe a la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos, y se revisará cada dos años o cuando así lo acuerde la Comisión.

2. El seguimiento de las medidas contenidas en el Plan. A tal fin, el plan deberá establecer un mecanismo de seguimiento que permita la revisión periódica de sus resultados. Con la periodicidad que se determine en el Plan, la Comisión elevará informes periódicos al Consejo de Ministros sobre las actividades desarrolladas y los resultados obtenidos.

3. La realización de acciones de información y formación del personal encargado de la puesta en marcha del Plan, así como de promoción del uso de BIM en el ámbito profesional y docente de la construcción.

4. La representación del Reino de España en los distintos foros internacionales en el ámbito BIM, con la finalidad de posicionar a España como referencia a nivel mundial en este campo, fomentando el desarrollo y conocimiento de las empresas y entidades españolas dedicadas al desarrollo de soluciones BIM.



5. La recepción e intercambio de información entre los distintos departamentos ministeriales y otros órganos de la Administración General del Estado y, cuando proceda, de las administraciones de las comunidades autónomas y de las Entidades que integran la Administración Local, sobre la metodología BIM.

1.3 Motivación de la Tesis. Interés

Antes de definir el contenido y temática del trabajo a llevar a cabo, y tras realizar unas primeras investigaciones sobre el estado de la formación BIM en el sector de la construcción, tanto a nivel profesional como a nivel docente, se observa una deficiencia importante, como no podía ser de otra manera, en el conocimiento de esta metodología; de su aplicación, implementación y uso; de sus ventajas e inconvenientes; de su divulgación en ferias y congresos, e incluso, de la heterogeneidad de las estrategias adoptadas en aquellos pocos nichos en los que alguien ya había tomado alguna iniciativa docente.

Se acrecienta, por tanto, el interés del autor en aportar algún sustento a la necesidad de que la implantación de la metodología BIM se lleve a cabo de una forma estructurada por parte de todos y cada uno de los actores que participan en el proceso productivo, y con especial énfasis en la etapa formativa universitaria.

No cabe duda de que la mejora de la capacitación de los universitarios y profesionales del sector constituye un pilar importante en el asentamiento de la metodología. De hecho, la Comisión para la implantación del BIM en España establece claramente una clasificación de cinco temas a abordar a través de la generación de otros tantos grupos de trabajo: estrategia, personas, procesos, tecnología e internacional. Y, aunque existe una indudable conexión entre unos y otros, es en el segundo de ellos, el destinado a las personas, el que sustenta una clara relación con el interés que al autor le suscitan los recursos humanos en las organizaciones.



Desde la primera Tesis Doctoral del Profesor Eloi Coloma Picó del año 2012 (Coloma, E., 2012) no han sido muchas las tesis que se han publicado en España en relación con la metodología BIM en su vertiente universitaria, si bien caben destacar la de la Profesora Inmaculada Oliver Faubel del año 2015 en la Universidad Politécnica de Valencia (Oliver, I., 2015), la del arquitecto José Jurado Egea del año 2016 de la Universidad Politécnica de Madrid (Jurado, J., 2016) , o de la de la Dra. Ana Paloma Prieto Muriel de 2017 de la Universidad de Extremadura (Prieto, A. , 2017), orientadas todas ellas a la implantación o integración de la metodología BIM en los Grados Universitarios. Sin embargo, se ha entendido de especial interés, además de por su inexistencia documental, realizar una aproximación a la implantación de la metodología BIM en los Grados de Ingeniería Industrial. El enfoque, además, se plantea desde un punto de vista competencial, enfrentando las perspectivas universitarias con las profesionales y no teniendo tanto en cuenta los conocimientos impartidos como su necesidad de estratificarlos para una mejor preparación de las ventajas competenciales del egresado al tomar contacto con el mundo laboral.

1.4 Objetivos de la Tesis

Esta tesis pretende recoger los frutos de la investigación realizada sobre los niveles de implantación, las fórmulas de implementación seguidas y los objetivos perseguidos por la universidad española para la docencia de la metodología BIM, con especial énfasis en los Grados de Ingeniería Industrial. Y, a partir de ello, construir una propuesta de estrategia de implantación que no sólo tenga en consideración el conocimiento de las aplicaciones, sino que lo haga con la perspectiva de trabajar aquellas competencias que fortalezcan la inteligencia interpersonal de los futuros egresados. Todo ello con la consideración adicional de analizar diversos casos de éxito en la implantación curricular del BIM en otros países.



Es evidente que la integración del BIM en los últimos años está siendo caótica y asimétrica (Mokhtar-Noriega et al., 2018) y donde la vertiente técnica está jugando un papel fundamental sin tener en cuenta la dimensión cultural de esta metodología. Falta, por tanto, evidencia de la importancia que supone la consideración de aspectos culturales y emocionales en la implantación de la metodología BIM en la formación de los profesionales, presentes y futuros.

En este sentido, nos podemos plantear una serie de cuestiones:

¿Por qué sería necesario que los estudiantes de Ingeniería Industrial conozcan la metodología BIM y ésta se enseñe desde la perspectiva de las personas en lugar desde la perspectiva de las aplicaciones?

¿Podría este cambio de paradigma incrementar los beneficios de la implantación de una metodología BIM en las organizaciones?

¿Tiene realmente sentido enseñar a los futuros egresados la metodología BIM y las herramientas BIM sin antes prepararle a trabajar en un entorno colaborativo?

¿Deberían los planes docentes en la Ingeniería Industrial incluir la formación en herramientas que permitan el aprendizaje a cooperar y, por tanto, deberían estudiarse en las carreras técnicas los aspectos humanos de comunicación y/o de relación?

Si las empresas deben prepararse y formarse para la gestión de los cambios organizacionales ¿deberían las Escuelas en general y las de Ingeniería Industrial, en particular, anticiparse e implementar su propia gestión del cambio para adaptar su modelo formativo a las necesidades profesionales de modelos colaborativos?

Los temas contractuales que afectarán al mismo comportamiento de los diferentes agentes participantes en un ciclo constructivo ¿han de ser también objeto de estudio y formar parte del contenido formativo?

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se pueden enunciar y clasificar los siguientes objetivos perseguidos en esta tesis:



Generales:

- Desde un punto de vista científico – técnico:
 - Conocer el estado actual de la implantación de la metodología BIM a nivel universitario, los foros existentes de discusión y presentación de iniciativas docentes en el ámbito estatal y las propuestas y herramientas que el sector público está poniendo a disposición para fomentar y ayudar a la integración de la metodología.
 - Analizar diferentes estrategias de implantación en universidades extranjeras con experiencia en la formación en BIM y los resultados obtenidos.
 - Comparar las competencias definidas en los programas docentes de las asignaturas con contenidos BIM en los Grados de Ingeniería Industrial de las diferentes universidades españolas.
 - Identificar las barreras que afectan a la implantación de la metodología BIM en la enseñanza superior y el nivel de sensibilización que los docentes tienen hacia la integración en los planes docentes.
 - Sensibilizar y concienciar a la comunidad educativa de la Universidad de Oviedo relacionada con el BIM sobre la importancia de las estrategias de implantación de una innovación metodológica dentro del sector de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AEC).
 - Promover una reflexión sobre el nivel de interés y la importancia de impartir conocimientos sobre los aspectos humanos de comunicación y de relación en las carreras técnicas.

- Desde un punto de vista práctico:



- Conocer el estado de implantación de la metodología BIM en la universidad española y más concretamente en la Ingeniería Industrial.
- Servir de compendio de conceptos y conocimientos básicos sobre el Building Information Modeling con el fin de ayudar al acercamiento de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Oviedo a esta metodología.
- Identificar las condiciones necesarias que se deben cumplir y que puedan servir de base para una integración, estructurada a medio plazo, de la metodología BIM en el currículo.

Específicos

- Facilitar una propuesta a modo de estrategia de implantación de la metodología BIM en el currículo de los Grados de Ingeniería Industrial de la Universidad de Oviedo.
- Elaborar las encuestas que podrán servir de base para el seguimiento de la implantación y el establecimiento de líneas futuras de implantación del BIM en la Universidad de Oviedo
- Dar a conocer los resultados de la investigación realizada.

1.5 Estructura de la Tesis

La investigación llevada a cabo se ha estructurado en seis capítulos:

El **Capítulo 1. Introducción** se inicia con la exposición cronológica de los hechos que han ocasionado el acercamiento del autor a la metodología BIM y el contexto en el que ésta se viene desarrollando. Se realiza una breve exposición a la transición que se lleva a cabo en el sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción ocasionada por la modernización que tiene lugar en los procesos



constructivos de la edificación y de las infraestructuras. Se reseña también, en este punto, la posición de las administraciones públicas del estado español como elemento tractor e incentivador de la digitalización del sector, con referencia expresa a la Comisión Interministerial esBim y las funciones encomendadas que debe desarrollar.

Más adelante se exponen las motivaciones del autor para llevar a cabo el trabajo de investigación y el interés que le suscita poder enfocarlo hacia la formación BIM en la Ingeniería Industrial; la inexistencia de trabajos al respecto y necesidad del mercado de recibir egresados con las adecuadas capacitaciones que empieza a demandar el sector.

En la última parte de este capítulo, se plantean las preguntas que permiten reflexionar sobre la necesidad de llevar a cabo este trabajo de investigación y se desgranar los objetivos buscados tanto generales, desde los puntos de vista científico-técnicos y prácticos, como específicos.

En el **Capítulo 2. Antecedentes** se lleva a cabo, en primer lugar, una exposición sobre el concepto Building Information Modeling y qué supone esta metodología de trabajo para el sector, con mención expresa a la situación actual de la normativa que se está desarrollando para la estandarización de los procesos que conlleva. De forma más exhaustiva, se procede a presentar tres conceptos importantes que ayudan a entender el estado y el campo de trabajo que abarca esta metodología; los niveles de madurez de las organizaciones en cuanto a la implantación de la metodología, los niveles de desarrollo de los elementos que conforman el modelo digital y las dimensiones que abraza esta metodología a lo largo de todo el ciclo de vida del modelo constructivo desde la perspectiva de la gestión integral del proyecto.

La segunda parte de este capítulo se centra en la situación de la implantación de la metodología BIM y el grado de implementación en el que se encuentran en los principales países de la Unión Europea. Se presentan los niveles de compromiso que los gobiernos de estos países han acordado, sus posiciones en relación con



la difusión de la tecnología y las estrategias adoptadas para que puedan llevar a cabo el proceso de digitalización. Esta información se desarrolla en un apartado específico para el caso de España en el que juega un papel importante la Comisión esBim.

Con el objetivo de ir centrando la información que se presenta en la tesis y que substancia el desarrollo de la misma, la última parte de este capítulo se dedica al análisis de la situación de la metodología BIM en relación con la formación académica. Se profundiza el análisis en los principales países de referencia a nivel internacional señalando las iniciativas, tanto públicas como privadas, que trabajan la sensibilización y concienciación de la importancia de la formación BIM y las organizaciones que las promueven.

El **Capítulo 3. Metodología** presenta el método seguido en la investigación y que ha permitido llegar al planteamiento de una propuesta de integración de la metodología BIM en el currículo de los grados de Ingeniería Industrial en la Universidad de Oviedo.

El análisis de la situación de la metodología BIM en la Educación Superior, contextualizada tanto a nivel nacional como internacional, así como de las asignaturas con contenidos BIM en la Ingeniería industrial y de las competencias que se perseguía adquirir a la hora de impartir docencia, ha sido esencial para definir una propuesta que emplee la propia metodología BIM como herramienta vehicular de adquisición de competencias.

El análisis de casos particulares de éxito en universidades del extranjero ha ayudado también a la formulación de dicha propuesta.

En la segunda parte de este capítulo se presentan las diferentes fuentes de datos utilizadas en la investigación.

El **Capítulo 4. Análisis de la Información** desarrolla los diferentes temas que se han tenido en cuenta a la hora del planteamiento de la propuesta.



En primer lugar, se profundiza en el conocimiento de las asignaturas BIM que se vienen impartiendo en las Escuelas de Ingeniería Industrial de España, así como en las competencias adquiribles por los alumnos a través de ellas. Se analiza la existencia de analogías y convergencia de criterios y se buscan posibles correlaciones con las competencias profesionales del sector y los roles que pueden desempeñar los egresados en relación con la metodología BIM.

En segundo lugar, se presentan las diferentes estrategias de implantación que se pueden seguir y se desarrollan las barreras y resistencias que las experiencias documentadas señalan como principales problemas a la hora de integrar el BIM en la docencia existente.

Por último, y tras la revisión y análisis de numerosos artículos sobre experiencias internacionales en implantación del BIM en la Educación Superior, se presentan tres casos de éxito de implantación de la metodología BIM en instituciones académicas de América, Europa y Asia. De cada una de ellas, y a partir de su experiencia de integración, se extraen variables que se toman en consideración a la hora de plantear la propuesta; incorporación de habilidades BIM de forma gradual, trabajo por proyectos desde el primer curso de los grados y barreras y tiempo requerido para la implantación de la metodología.

En el **Capítulo 5. Diseño de una propuesta** se desarrolla el planteamiento de integración de la metodología BIM en la Escuela Politécnica Industrial de la Universidad de Oviedo.

En primer lugar, se exploran las limitaciones legislativas y la problemática administrativa de una implantación a través de modificaciones de planes docentes y se revisan los tres niveles existentes en la educación universitaria sobre los cuales trabajará la propuesta. También se revisan, en este punto, las competencias claves del aprendizaje permanente, una de las características esenciales del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

Más adelante, se plantean los Grados de Ingeniería Industrial sobre los que se actuará en la propuesta de implantación y se realiza un estudio de las



asignaturas y las competencias que se trabajarán con el plan. Se desarrolla, como estrategia inicial de integración, el Plan de Implantación BIM (PIB), formulando para cada asignatura las tareas extra-académicas que se llevarán a cabo y las competencias BIM que se pretenden fortalecer a partir de la consideración de los contenidos que existen en las actuales guías docentes.

En este apartado se lleva a cabo también una propuesta de encuestas que se deberán cumplimentar desde el primer momento de la implantación de forma que el seguimiento y análisis de los resultados puedan enriquecer el proceso y definir futuras actuaciones.

Por último, se finaliza el capítulo con una propuesta de actuación sobre los planes docentes de los Grados una vez cumplimentado el periodo de integración de la metodología BIM según el Plan de Implantación BIM. Se propone la incorporación de una asignatura específica BIM y la puesta en marcha de un Máster BIM.

Finalmente, en el **Capítulo 6. Conclusiones y futuras líneas de investigación**, se aportan las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de la investigación y se plantean futuras líneas de trabajo e investigación que pudieran enriquecer la puesta en práctica de la propuesta que se realiza.

Se concluye el documento con la bibliografía consultada para la elaboración de esta tesis doctoral y con los anexos correspondientes al artículo publicado y la guía docente de la asignatura propuesta.





ANTECEDENTES

2

2.1 Qué es BIM

La metodología BIM, con un importante grado de asentamiento en países centroeuropeos y otros del continente americano, ha empezado a despertar realmente interés en España a partir del año 2015. Existen numerosas definiciones e interpretaciones del BIM ([buildingSmart, 2010](#), [Smith et al., 2004](#), [Dzambazova, T. et al., 2009](#), [Azhar, S., 2011](#)). En todo caso, su traducción podría entenderse como la metodología para la realización del Modelado de la Información de la Construcción, y que consiste en la puesta en práctica de un método de trabajo colaborativo para la creación, implementación y gestión de un proyecto de un edificio o una infraestructura a lo largo de todo su ciclo de vida. La intervención y participación en tiempo real de todos y cada uno de los actores que intervienen en el proceso a través de un modelo digital que integra toda la información útil, y que ha sido creado a tal fin, es la clave del éxito de esta metodología de colaboración multidisciplinar.

Por su parte, BuildingSMART define Building Information Modeling (BIM) como una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción cuyo objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.



Sin embargo, el Real Instituto Británico de Arquitectura ([RIBA, 2012](#)) entiende que BIM debería ser la abreviatura de Building Information Management mientras que el término BIM(M) debería ser el que alude a Building Information Modeling and Management. En este sentido, hablar de BIM no sólo es tener presente la tecnología y los procesos sino tener en cuenta a las personas como eje central del cambio metodológico que supone aceptar una nueva forma proceder, con incidencia y, por tanto, consecuencias en todas las áreas. La gestión de las personas, el management, se hace básico y relevante para abordar el cambio organizacional que supone este nuevo paradigma.

Las diferentes maneras de interpretar lo que es BIM y, por tanto, la no existencia de una definición exacta del término viene, sin duda, condicionada por las diversas maneras de percibir lo que es este concepto. Esto se debe a que las diferentes definiciones existentes se han basado en la forma específica en que trabajan los profesionales expertos y las organizaciones con el BIM y, por tanto, cómo han influido sus percepciones, sus antecedentes y sus experiencias.

En cualquier caso, es importante señalar que se pueden considerar tres acepciones del término BIM (Figura 2.1):

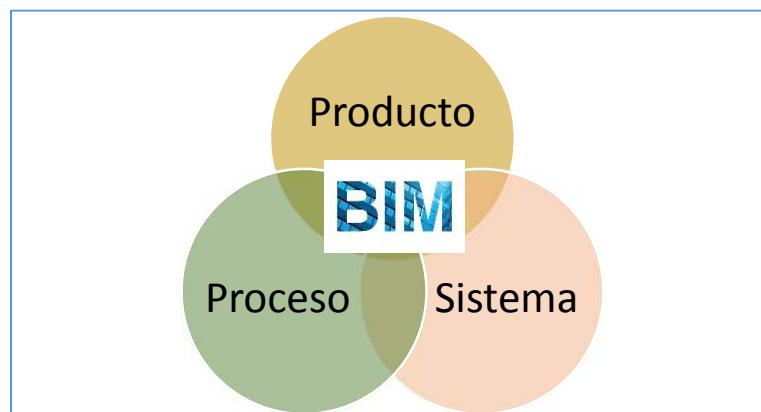


Figura 2.1 Acepciones del término BIM según Abuhamra, L. (2015)



- a) Como un producto, refiriéndose al modelo de información del proyecto constructivo como un conjunto de datos estructurado que describe un edificio, o una infraestructura, para su simulación, automatización y presentación.
- b) Como un proceso o actividad de construcción, refiriéndose al modelado de información del proyecto constructivo como el acto de crear un modelo de información de construcción, es decir, de pensar, crear, programar y organizar.
- c) Como un sistema, refiriéndose a la gestión de la información del proyecto constructivo, es decir, las estructuras de trabajo y comunicación que incrementan la calidad y la eficiencia, tales como el uso compartido, la preservación, la consulta del modelo, la organización y el mantenimiento.

Por otro lado, y para entender correctamente el concepto de BIM, es necesario introducir el concepto de ciclo de vida del modelo (Figura 2.2), la consecución de todas y cada una de las fases a acometer en el proyecto constructivo, desde la generación de los primeros diseños hasta la finalización de la construcción, a las que se incorporan actividades post-proyecto como el mantenimiento, la rehabilitación y la posible demolición de lo construido.

Para una mejor alineación con la Norma ISO 21500, Guía para la Gestión de Proyectos, (ISO 21500:2012) se puede diferenciar, en el Ciclo de Vida del Proyecto BIM, cuatro etapas que englobarían la totalidad de las Fases del Ciclo de Vida del Proyecto y en particular un Proyecto BIM, y que son las siguientes:

- Pre-construcción
- Construcción
- Post-construcción



- De-construcción

La Norma ISO 21500 define el ciclo de vida como un conjunto definido de fases desde el inicio hasta el final del proyecto lo que permite, en el caso de la construcción, poder encontrar diferentes modelos de ciclo de vida del proyecto constructivo.

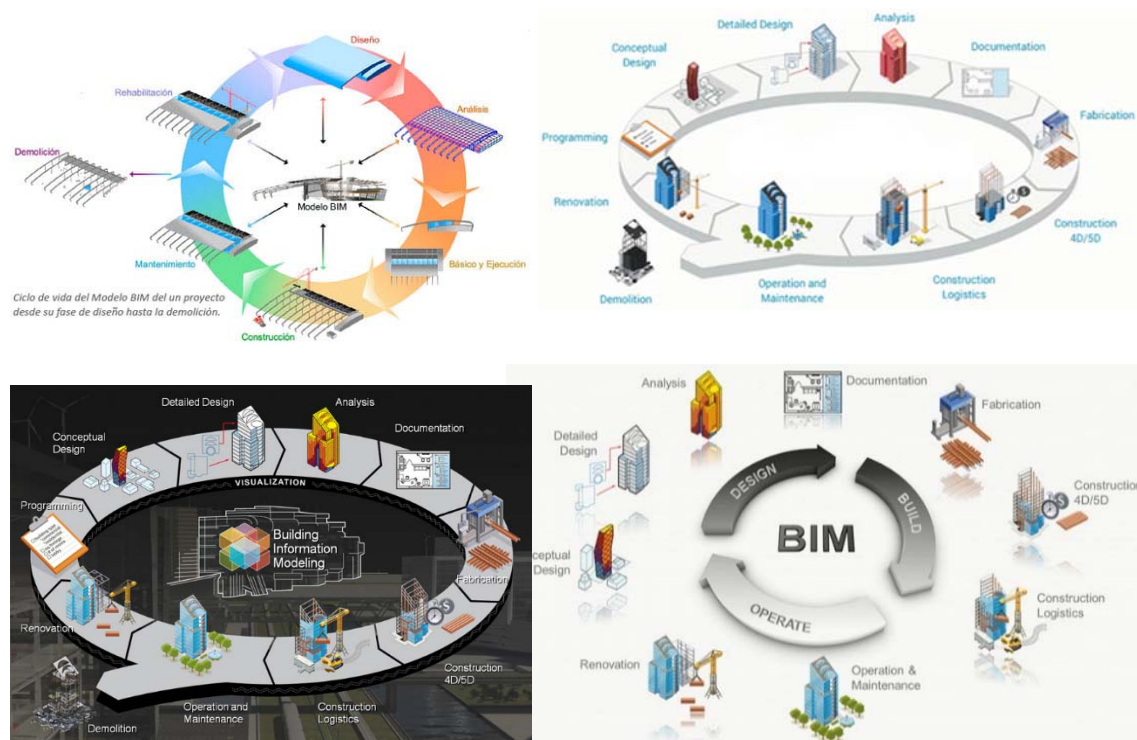


Figura 2.2 Diferentes ejemplos de Ciclo de Vida del modelo constructivo. Fuentes: buildingSmart, advenser.ae, Leo Ehrecke e Ibhart studio

La metodología BIM es considerada como el futuro de la industria de la construcción (Agarwal et al., 2016; Tauriainen et al., 2016; Murillo, A. 2107) a la que aporta enormes beneficios. Uno de los mayores beneficios con los que el BIM contribuye al sector de la construcción es la posibilidad de realizar una mejor gestión de la información (Migilinskas et al. 2013), lo que se traduce en importantes reducciones de costes y en la posibilidad de realizar un mayor



errores y por tanto una mayor eficiencia, precisión, rapidez, productividad, coordinación, coherencia, comunicación y reducción de costes del proyecto. Por el alcance y la variada naturaleza de los beneficios derivados del empleo de la metodología BIM en los proyectos, está reconocido que aporta innumerables beneficios a la industria AEC y al sector de FM (Facilities Management), pero el problema real que aún permanece y que merece una consideración cuidadosa es si la profesión está lista para adoptar totalmente BIM ([Mandhar et al., 2013](#)).

Sin entrar en grandes profundidades sobre la historia del BIM, existe una cierta unanimidad en considerar a Ivan Sutherland como el diseñador del primer sistema CAD allá por el año 1963, el Sketchpad; primer programa informático capaz de crear líneas en la pantalla de un ordenador. Hecho que, sin embargo, contrasta con la falta de acuerdo en establecer los orígenes del BIM. Se ha encontrado que se puede considerar al arquitecto Charles Eastman ([Eastman, C., 1974](#)) como el padre del BIM cuando, trabajando en el Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad Carnegie-Mellon en Pittsburgh, desarrolla en 1974 el sistema BDS (Building Description System) que tenía todos los ingredientes del concepto de modelo de información de edificación.

Aunque, por otro lado, no es hasta el año 2002 cuando, tras la compra de Revit Technology Corporation por parte de Autodesk, Jerry Laiserin ([Laiserin, J., 2002](#)) comienza a popularizar el BIM como un término común para la representación digital de los procesos de construcción con el objetivo de intercambiar e interoperar información en formato digital.

Así mismo, no se puede olvidar que los trabajos en el desarrollo de los primeros sistemas CAD por parte del Dr. Jonathan Ingram se consideran los precursores de los sistemas BIM de hoy en día, tal y como ha sido reconocido, en el verano de 2016, por la Royal Academy of Engineering al haber recibido la *Prince Philip Medal* de esta Institución ([RAENG, 2016](#)).



Desde entonces y hasta ahora se ha estado trabajando, entre otros aspectos importantes, en la necesidad de la estandarización (Figura 2.3) de diversos conceptos relacionados con la metodología BIM.

Tabla 1. Normativa básica BIM. Fuente: buildingSmart

Principios Técnicos: Normativa Básica		
Qué hace	Nombre	Normativa
Describe los Procesos	IDM	ISO 29481-1
	IDM Information Delivery Manual	ISO 29481-2
Intercambia information / Datos	IFC	ISO 16739
	IFC Industry Foundation Class	
Coordination de los cambios	BCF	buildingSmart BCF
	BCF BIM Colaboration Format	
Mapa de Términos	IFD	ISO 12006-3
	International Framework for Dictionaries	buildingSmart Data Dictionary
Traduce los Procesos en Requisitos Técnicos	MVD	buildingSmart MVD
	Model View Definitions	

Así, se han generado normas con el fin de especificar el esquema de información conceptual y del formato de intercambio de los datos para el BIM ([ISO 16739:2013](#)); normas para facilitar la interoperabilidad entre las distintas aplicaciones software empleadas en todas las etapas del ciclo de vida constructivo ([ISO 29481-1:2016 Part 1 y 2](#)); y normas que especifican un modelo de información de lenguaje independiente para el desarrollo de diccionarios utilizados para almacenar o suministrar información sobre los trabajos constructivos ([ISO 12006-3:2017](#)).

Esta corriente normalizadora tiene, a su vez, origen en la aparición, en la década de los 90, de una organización privada cuyo objetivo básico era el desarrollo y estandarización de los sistemas BIM fomentando el uso de estándares abiertos de interoperabilidad, la International Alliance for Interoperability (IAI). En la constitución de esta alianza, el 16 de mayo de 1996 en Londres, asisten



representantes de Norteamérica, Europa y Asia, estableciendo delegaciones, “chapters”, en cada país o región, estando coordinado, el desarrollo de la normativa, por un Consejo Internacional. Con el objetivo de reflejar mejor los objetivos y la naturaleza de la organización, el 11 de enero de 2008 la IAI pasa a denominarse buildingSMART. Se trata de una entidad sin ánimo de lucro que pretende desarrollar y mantener estándares BIM internacionales, abiertos y neutros (openBIM), acelerando la interoperabilidad en el sector de la construcción mediante casos de éxito, proporcionando especificaciones, documentación y guías de referencia e identificando y resolviendo los problemas que impiden el intercambio de información, de tal forma que se pueda extender el uso de esta tecnología y los procesos asociados a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio, englobando a todos los agentes participantes.

En España trabaja bajo la denominación de buildingSMART Spanish Chapter habiendo planteado, en el marco del congreso EUBIM 2013, una iniciativa de estandarización denominada uBIM cuyo objetivo inicial era el desarrollo de una guía en español para usuarios BIM. El objetivo de dicho documento es el de poder disponer de una guía estándar de fácil adaptación y en constante evolución con el fin de aglutinar y coordinar a todas las disciplinas implicadas en la confección de modelados BIM con garantías de precisión adecuadas para su uso efectivo en el sector.

Los primeros 13 documentos que componen la guía son una adaptación del Common BIM Requirements 2012 (COBIM finlandés) elaborado por buildingSMART Finland en el año 2012, los cuales han sido adaptados a la casuística de España, atendiendo a las normativas y estándares vigentes, mediante un equipo redactor multidisciplinar integrado por expertos en cada uno de los capítulos tratados. El desarrollo de dicha guía se ha llevado a cabo de forma colaborativa, contando con la participación desinteresada de alrededor de 80 profesionales independientes. Estos 13 documentos fueron publicados a finales de 2014.



Posteriormente, en el año 2018, en el marco del Grupo de Trabajo LEGEND-BIM, se ha desarrollado un nuevo documento, la Guía de BIM aplicado al Patrimonio Cultural, en el que han participado de forma desinteresada 40 profesionales independientes.

La Guía de usuarios BIM está compuesta por los siguientes documentos (Figura 2.4):



Figura 2.4 Lista de documentos que componen la Guía de Usuarios BIM. Fuente: BuildingSmart

Por otro lado, es necesario tener presente también el concepto de openBIM. De acuerdo a buildingSMART, openBIM es un enfoque universal al diseño colaborativo, a la realización y a la operativa de los edificios basado en flujos de trabajo y estándares abiertos que fundamenta su importancia en que:



1°.- Proporciona un flujo de trabajo transparente y abierto que permite la participación de los miembros del proyecto, independientemente de las herramientas de software que utilicen.

2°.- Crea un lenguaje común para procesos ampliamente utilizados. Con ello, las industrias y los organismos oficiales pueden obtener proyectos comercialmente transparentes, con una mejor evaluación comparativa entre los servicios y con una calidad de los datos asegurada.

3°.- Proporciona datos duraderos para usar durante todo el ciclo de vida del proyecto, evitando entradas múltiples de los mismos datos y los consecuentes errores.

4°.- Los proveedores de software de plataformas pequeñas y grandes pueden participar y competir con sistemas independientes, buscando conjuntamente la mejor solución posible para el cliente.

5°.- Proporciona una mayor oferta online de productos donde los usuarios pueden explorar soluciones más pertinentes para sus necesidades y disponer de un producto orientado directamente para BIM.

En este apartado normativo, señalar que en julio de 2019 se han publicado, en español, las normas que estandarizan los procesos de desarrollo y gestión de la información de los proyectos constructivos a partir de las normas ISO 19650 Partes 1 y 2 ([ISO 19650-1:2018 Part 1 y 2](#)). El Comité Técnico CTN 41 Construcción ha llevado a cabo la trasposición de dichos documentos elaborando las correspondientes normas UNE ([UNE-EN ISO 19650-1: 2019](#)) (Figura 2.5).



Norma Española
UNE-EN ISO 19650-1
Julio 2019

Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (*Building Information Modelling*)
Gestión de la información al utilizar BIM (*Building Information Modelling*)
Parte 1: Conceptos y principios
(ISO 19650-1:2018)

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 41 Construcción, cuya secretaría desempeña UNE.



Norma Española
UNE-EN ISO 19650-2
Julio 2019

Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM (*Building Information Modelling*)
Gestión de la información al utilizar BIM (*Building Information Modelling*)
Parte 2: Fase de desarrollo de los activos
(ISO 19650-2:2018)

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 41 Construcción, cuya secretaría desempeña UNE.



Figura 2.5. Normas UNE EN ISO 19650 Partes 1 y 2

2.1.1 Los Niveles de Madurez BIM

Para entender correctamente la metodología BIM es también necesario introducir el concepto de niveles de madurez BIM, que han sido ampliamente discutidos por distintos autores (Barlish, K. et al., 2012, Succar, B., 2010, Sebastian, R. et al., 2010), si bien el BewRichards BIM Maturity Model (Figura 2.6) es el modelo más utilizado en la industria o en las organizaciones y es el adoptado por el Reino Unido (Martin Dorta, N. et al., 2014).

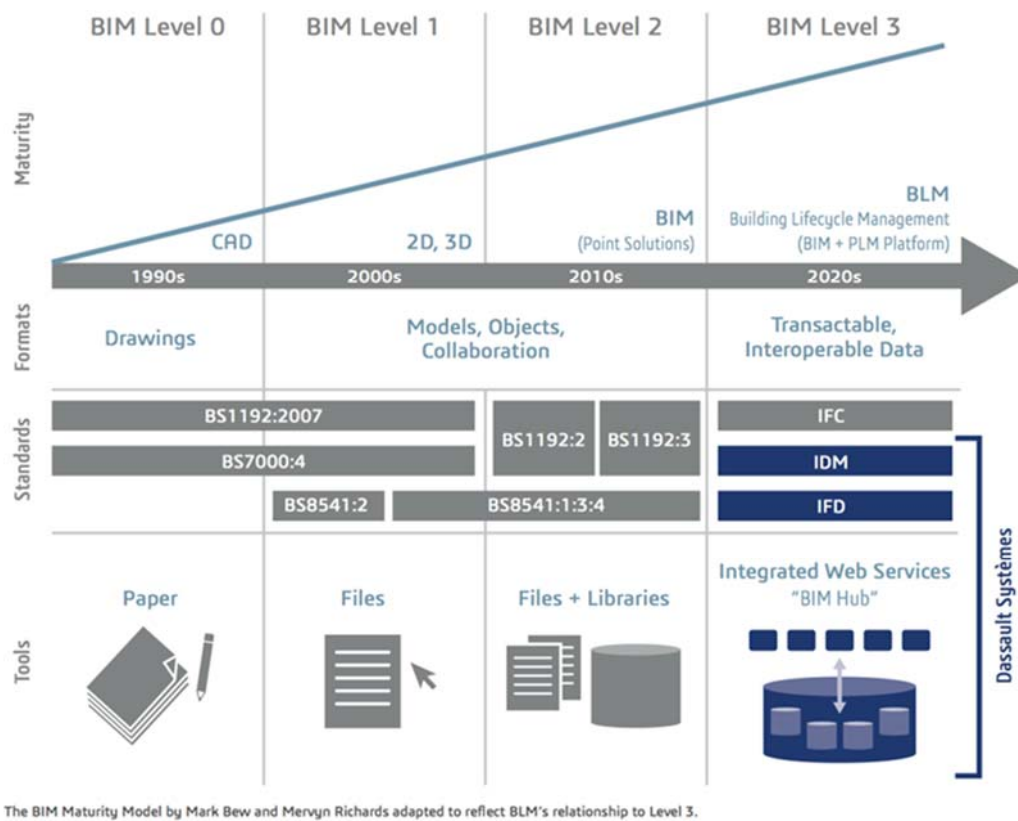


Figura 2.6 El BIM Maturity Model. Fuente: Jeanmaire, A. bSI Summit, 2017

Se acepta el concepto de niveles BIM, que se definen con un rango de 0 a 3, a partir del criterio requerido para el cumplimiento en la adopción de esta metodología en base al estatus que la organización tiene al respecto. Son niveles progresivos y para alcanzar cada uno de ellos es necesario implantar nuevos procesos y mejorar los preexistentes. Nos permiten reconocer rápidamente en qué fase estamos con respecto al uso del BIM en nuestros proyectos.

Este modelo identifica el “Nivel 0” como el nivel más simple donde la representación se realiza en 2D a través del CAD como sustituto de los planos tradicionales en papel y en el que no existe ningún tipo de colaboración.

El “Nivel 1” comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción,



incluyendo la generada por sistemas CAD, comenzando a utilizar un proceso normalizado para la colaboración. Es el nivel en el que ya trabajan muchas empresas y estudios. Implica una mezcla de trabajo en 3D para la concepción del proyecto y 2D para el desarrollo de la documentación técnica. El grado de colaboración se da, sobre todo, en el uso de un sistema de compartición de datos del proyecto, normalmente en la nube, sin embargo, el modelo no es compartido entre los miembros del equipo de forma simultánea.

En el “Nivel 2” ya se entiende un proceso colaborativo que requiere procedimientos de intercambio de información entre los diferentes participantes en el proyecto y que supone, por tanto, la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados. Todavía no existe un modelo único de trabajo. Este nivel marca el inicio de la colaboración. Todas las partes trabajan sobre su propio modelo 3D, pero comparten información en el mismo formato lo cual permite la creación de un flujo de trabajo colaborativo. Todos los softwares implicados en el proceso deben ser capaces de exportar la información a un formato común para que el resto de participantes puedan usarla en sus modelos.

Por último, el “Nivel 3” supone, entre otros, la creación de una cultura de cooperación que permita a los integrantes del proyecto “aprender y compartir”, permitiendo además un marco de referencia que permita la integración de los datos, asegure la consistencia de la información, faculte la colaboración y habilite una completa interoperabilidad. Implica el máximo grado de colaboración. Se basa en el trabajo sobre un único modelo que es compartido por todos los participantes. Todas las partes pueden acceder y modificar el mismo modelo. Esto permite eliminar la última capa de riesgo por conflictos de información que se daba en fases anteriores a la hora de unificar modelos. Es, en este nivel, donde se hace patente la necesidad de llevar a cabo una gestión adecuada del cambio organizacional donde las personas pasan a ser un factor clave para su consecución.

De una forma más intuitiva, se presenta en la Figura 2.7 la evolución de la información y de la colaboración entre las diferentes partes involucradas en los proyectos constructivos.

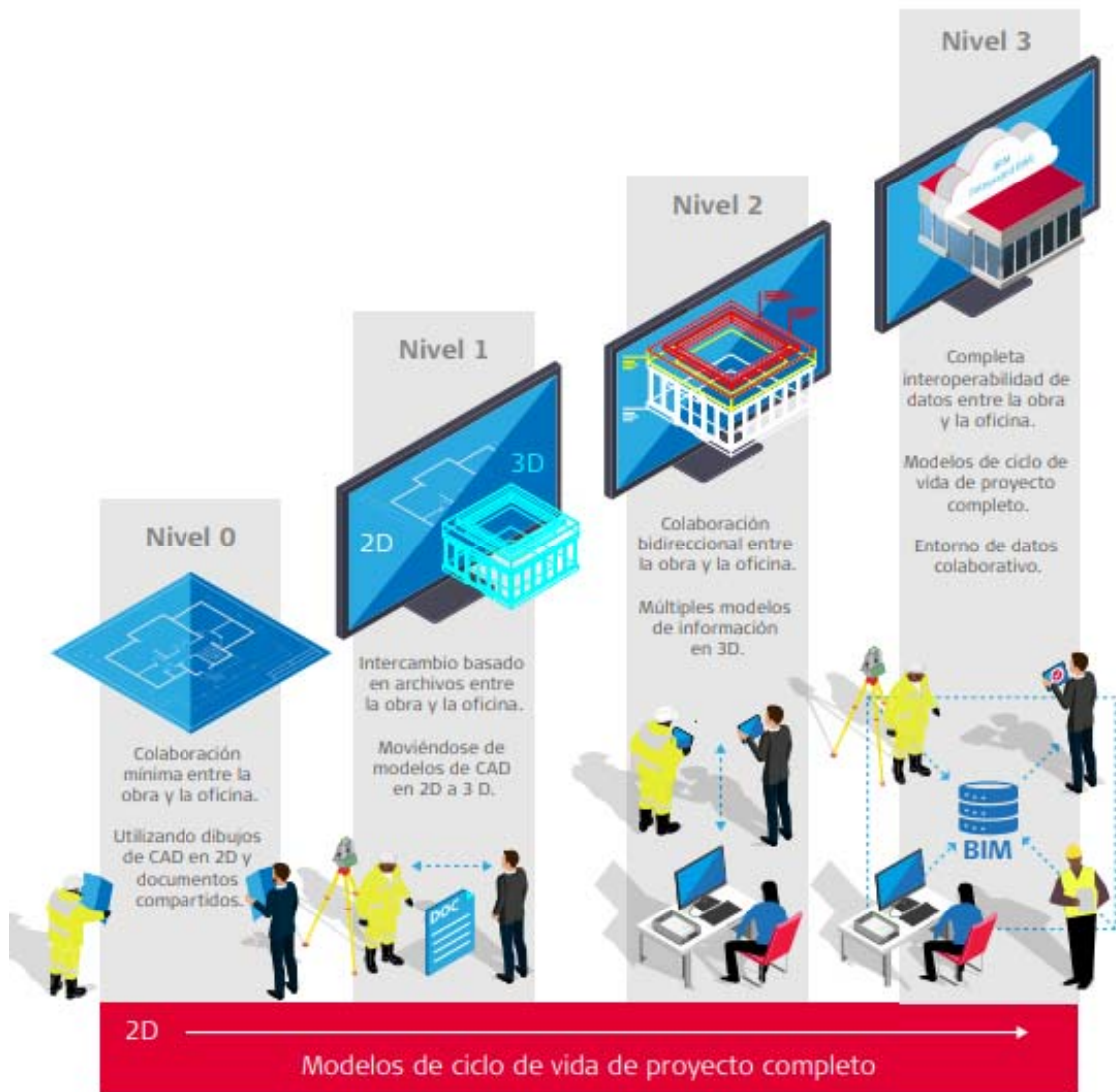


Figura 2.7. Evolución de la información y colaboración a través del BIM. Fuente: Leyca Geosystems AG



2.1.2 Los Niveles de Desarrollo (LOD)

LOD, del inglés “Level Of Development”, es un indicador que informa sobre el nivel de desarrollo o madurez de información de un elemento del modelo BIM de cualquier edificación o infraestructura (Figura 2.8). Se trata de un parámetro que en ningún caso se refiere a la totalidad del proyecto y que tampoco tiene vinculación con la fase de desarrollo o construcción.



Figura 2.8 Ejemplo niveles de desarrollo de un modelo BIM. Fuente: www.bimnd.es

A través del LOD se conoce el nivel de datos, parámetros y geometría de los que está dotado un modelo BIM. Esto, de forma directa, puede hacerse evidente en el aspecto visual del modelo resultante en 3D, pero no todos los parámetros son visibles observando el modelo virtual, pudiendo ser necesario interactuar con el mismo para conocer la profundidad del nivel de desarrollo (ej. datos sobre el proveedor de un elemento o instrucciones de instalación).

La organización BIMForum ha generado la Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary for Building Information Models and Data,



Abril 2019 ([BIMFORUM, 2019](#)) como herramienta de referencia para mejorar la calidad de la comunicación entre los usuarios de modelos BIM en relación con las características de sus elementos. La clasificación numeral de los LOD se desarrolla inicialmente en el documento E-202 del año 2008 por el AIA (American Institute of Architects) que posteriormente amplía su definición en el año 2013 mediante el documento G202 ([AIA, 2013](#)), hasta la última definición elaborada en el BIMForum. La interpretación de las definiciones de los niveles de desarrollo del grupo de trabajo es la siguiente:

LOD 100.

Los elementos LOD 100 no son representaciones geométricas. Pueden ser símbolos u otras representaciones genéricas de información que pueden derivarse de otros elementos del modelo. Cualquier información derivada de los elementos del LOD 100 debe considerarse aproximada.

Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto. El elemento objeto puede estar representado por un símbolo o una representación genérica. No es necesaria su definición geométrica, aunque este puede depender de otros objetos definidos gráfica y geoméricamente. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto. Se podría establecer el uso de este nivel de desarrollo para la redacción del Anteproyecto.

LOD 200

Los elementos LOD 200 se representan gráficamente, pero son marcadores de posición genéricos, por ejemplo, volumen, cantidad, ubicación u orientación. Cualquier información derivada de los elementos del LOD 200 debe considerarse aproximada.



Es el nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica. El elemento objeto está determinado por su posición y ya posee una definición geométrica no completa. Su uso está vinculado a elementos genéricos o cuyas definiciones detalladas vienen dadas por agentes externos al proyecto. Este nivel se correspondería con uno Proyecto Básico de Arquitectura o Ingeniería.

LOD 300.

Los elementos LOD 300 se representan gráficamente como sistemas, objetos o ensamblajes específicos a partir de los cuales se puede medir directamente la cantidad, la forma, el tamaño, la ubicación y la orientación, sin tener que referirse a información no modelada, como notas o llamadas de dimensiones.

Es el nivel en el que se define gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto, pudiendo incluir información no gráfica. El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle. Es el nivel de desarrollo que habría alcanzado un Proyecto de Ejecución.

LOD 350.

Los elementos LOD 350 se mejoran más allá de LOD 300 mediante la adición de información relativa a las interfaces con otros sistemas de construcción. Por ejemplo, un elemento de pared de mampostería LOD 350 incluiría las condiciones de la jamba, las vigas de unión, las celdas de inyección, la ubicación de los pasadores y las juntas, información que permite al usuario del modelo coordinar el elemento de pared con otros sistemas de la estructura.

Es equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos complejos desarrollados



independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específica. Afecta al análisis, a la programación y a la coordinación del proyecto y, ocasionalmente, al coste por elemento y conjunto. Habitualmente, modifica la totalidad del proyecto respecto a LOD 300 según criterios definidos en los que suele ser prioritario el respeto a la estructura frente a instalaciones, y éstas frente a arquitectura. Requieren de una perfecta coordinación entre todos los agentes y las distintas disciplinas y subdisciplinas para una correcta ejecución en obra aportando una drástica reducción de errores y modificaciones en ella.

LOD 400.

Los elementos LOD 400 se modelan con suficiente detalle y precisión para la fabricación del componente representado.

Una vez el objeto está definido geoméricamente en detalle se añade información específica sobre su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detalle completo.

Se podría estar a este nivel de desarrollo durante el proceso de ejecución de la obra donde irán surgiendo modificaciones o necesidades de definición del proyecto, como detalles constructivos.

LOD 500.

Es necesario señalar, en este punto, que la especificación LOD no considera el LOD 500, ya que éste se refiere a la verificación de campo y no es una indicación de progresión a un nivel superior de geometría o información, aunque si está incluido en las definiciones LOD de la AIA.

El elemento objeto está definido geoméricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en



términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. Este nivel de desarrollo se identifica normalmente con el nivel de proceso constructivo finalizado “as built”. Acumula toda la información de los anteriores. El criterio válido será definido por la propiedad y las normativas correspondientes.

2.1.3 Las Dimensiones BIM

Por otra parte, el grado de implementación del BIM en las organizaciones debe considerar el salto de las 3D hacia adelante, ya que a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto constructivo intervienen otras nuevas dimensiones que deberán tenerse en cuenta para la completa gestión de la información intercambiada. Una de los aspectos importantes que debemos cambiar en nuestra mentalidad, cuando damos el salto al procedimiento a través de BIM, es que no trabajamos únicamente en torno a tres dimensiones, sino que, a lo largo del proceso de diseño y construcción y la vida útil del edificio, intervienen más dimensiones (López Aguado, A., 2016).

Así, la dimensión 3D (Modelo tridimensional) se refiere a la representación geométrica detallada del modelo en las tres dimensiones físicas. El proyecto constructivo se concibe a partir de un modelo digital que permite visualizar las diferentes disciplinas que incluye; estructura, instalaciones, envolvente, etc.

La 4D (Programación / Planificación) vincula las diferentes tareas constructivas programadas en la ejecución siendo el tiempo la variable que permite el control sobre la logística del proyecto y sus diferentes fases planificadas, encontrando la mejor secuencia constructiva e identificando los riesgos de colisiones. Se logra, por tanto, un resultado final más predecible. La inserción de esta dimensión en la metodología permitirá llevar a cabo análisis y simulaciones de la operativa de trabajo asegurando la fiabilidad y calidad del resultado.

La 5D (Presupuesto / Estimación de costes) abarca, por su parte, todo lo relacionado con el control de costes y gastos del proyecto, lo que permite llevar a cabo el seguimiento presupuestario y la toma de decisiones sobre posibles



desviaciones de índole económico. Permite, por tanto, tener un mayor control y gestión de los datos económicos y financieros del proyecto constructivo.

La 6D (Sostenibilidad) ofrece la posibilidad de conocer de antemano cual será la repercusión del proyecto desde su vertiente de diseño sostenible y analizar su comportamiento e impacto antes de que, incluso, comience la construcción, a través del análisis de comportamientos térmicos, del análisis energético, del análisis lumínico, del acústico, etc., teniendo en cuenta aspectos como el emplazamiento, la orientación y el propio diseño formal del edificio.

Por último, la 7D (Mantenimiento) se refiere a la etapa post-ejecución y permite llevar a cabo la gestión operacional durante el uso del edificio pudiendo prolongar su vida útil, optimizando procesos importantes como las inspecciones, las diferentes labores de mantenimiento, las reformas y las rehabilitaciones.

En este punto, es importante señalar la incipiente aparición de propuestas de dimensiones superiores; 8D, 9D 10D, lo cual no deja de ser una señal adicional que reafirma la continua evolución del proceso que está teniendo la metodología BIM y que habrá que seguir en el futuro para conocer en qué medida alguna de ellas se consolida y se asume como dimensión real del BIM.

Si bien no tienen aún una suficiente consistencia documental y un consenso bibliográfico, encontramos la octava dimensión relacionada con la seguridad, con el nivel de desarrollo (LOD) y las herramientas que permitan hacer levantamientos “*as built*”, o con la integración DMS (Disaster Management System). La novena dimensión se relaciona de una forma más definida con la eficiencia del proceso BIM a través de la metodología Lean Construction aunque también aparece relacionada con la integración en el proceso de la respuesta a emergencias. Por último, parece existir una mayor coincidencia de propuestas sobre la décima dimensión a la cual se le asocia el concepto de Construcción Industrializada.

Estas nuevas dimensiones del BIM derivan de las diferentes direcciones recogidas en la brújula de investigación del BIM (Isikdag, U., et al., 2010). En ella



se resumen las líneas de investigación en las cuales se está trabajando para un mejor desarrollo e implementación de la metodología y que han servido para posteriores análisis de las tendencias mundiales de la investigación en BIM a partir de las publicaciones de BIM (Amarath, CB. et al., 2016).

En este compás (Figura 2.9) aparecen aspectos relacionados con el modelo de información (límites conceptuales y estandarización), organizacionales (adopción, madurez, educación y formación, casos reales, adopción en la industria) específicos del dominio (Lean Construction y Green BIM, integración de la geo-información, respuesta a emergencias), de gestión de proyectos (monitorización y simulación del proceso) y de integración e interoperabilidad (servicios web).

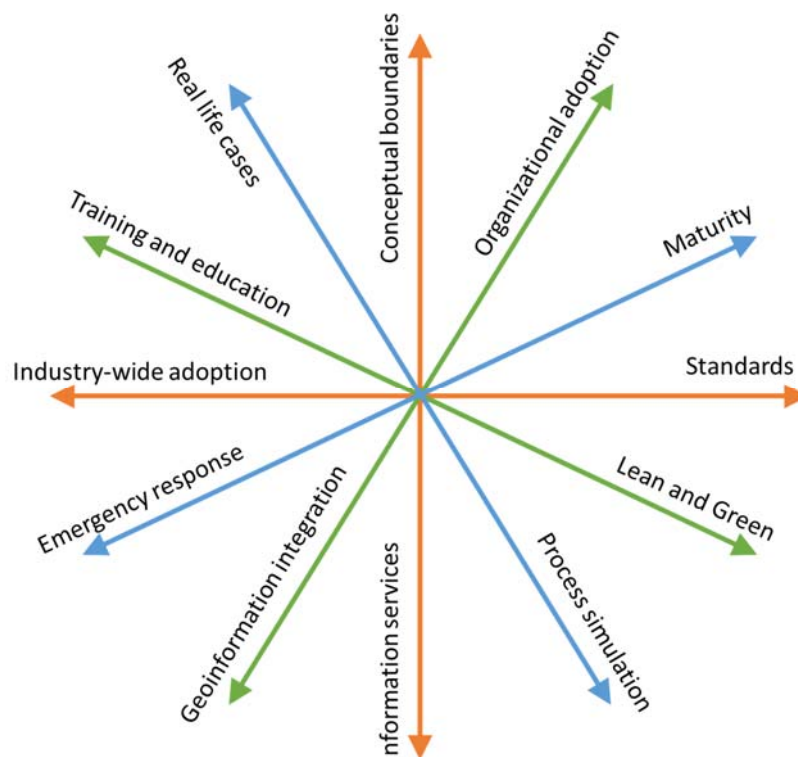


Figura 2.9 La brújula de investigación del BIM. Fuente: Isikdag, U., 2010.



2.2 BIM en el contexto internacional

La adopción del BIM en el mundo viene siendo liderada desde sus inicios por Norte América, y están siendo, Oceanía y Europa, los continentes que la siguen en su nivel de compromiso, en la difusión de su tecnología y en el uso de los servicios que ofrece el uso del BIM. Desde principios del presente siglo el BIM está siendo adoptado en numerosos países y son también numerosos las instituciones e investigadores que se vienen dedicando a la evaluación y medición de sus niveles de adopción tal y como resume Paul Shimonti ([Shimonti, P., 2018](#)) y se muestra en la página siguiente (Figura 2.10).

Sin duda, resultan relevantes los datos recogidos en base a tres índices del nivel de compromiso de adopción; el grado de implementación, el nivel de dominio de la metodología y los años o experiencia en el uso del BIM ([Wooyoung, J. et al., 2015](#)).

Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran que es Norte América quien lidera, sobre el resto de continentes, el compromiso de adopción de acuerdo a los tres índices, siendo en este aspecto, Oceanía y África/Oriente Próximo quienes la siguen por delante de Europa.

Tabla 2. Medias y desviaciones estándar del nivel de compromiso de adopción del BIM por continentes. Fuente: Wooyoung, J. et al.

	Norte América	Europa	Asia	Oceanía	África/ Oriente Próximo	Sudamérica
<i>Años utilizando BIM</i>	8,5 (5,3)	5,3 (3,2)	4,9 (2,9)	7,7 (3,5)	5,9 (3,7)	3,4 (1,0)
<i>Grado o nivel de implementación</i>	73,0% (29,4)	55,9% (35,0)	46,4% (33,2)	65,5% (34,6)	60,0% (36,7)	55,7% (33,1)
<i>Relación de usuarios con nivel avanzado y experto</i>	82,10%	75,00%	46,30%	81,80%	80,00%	71,40%

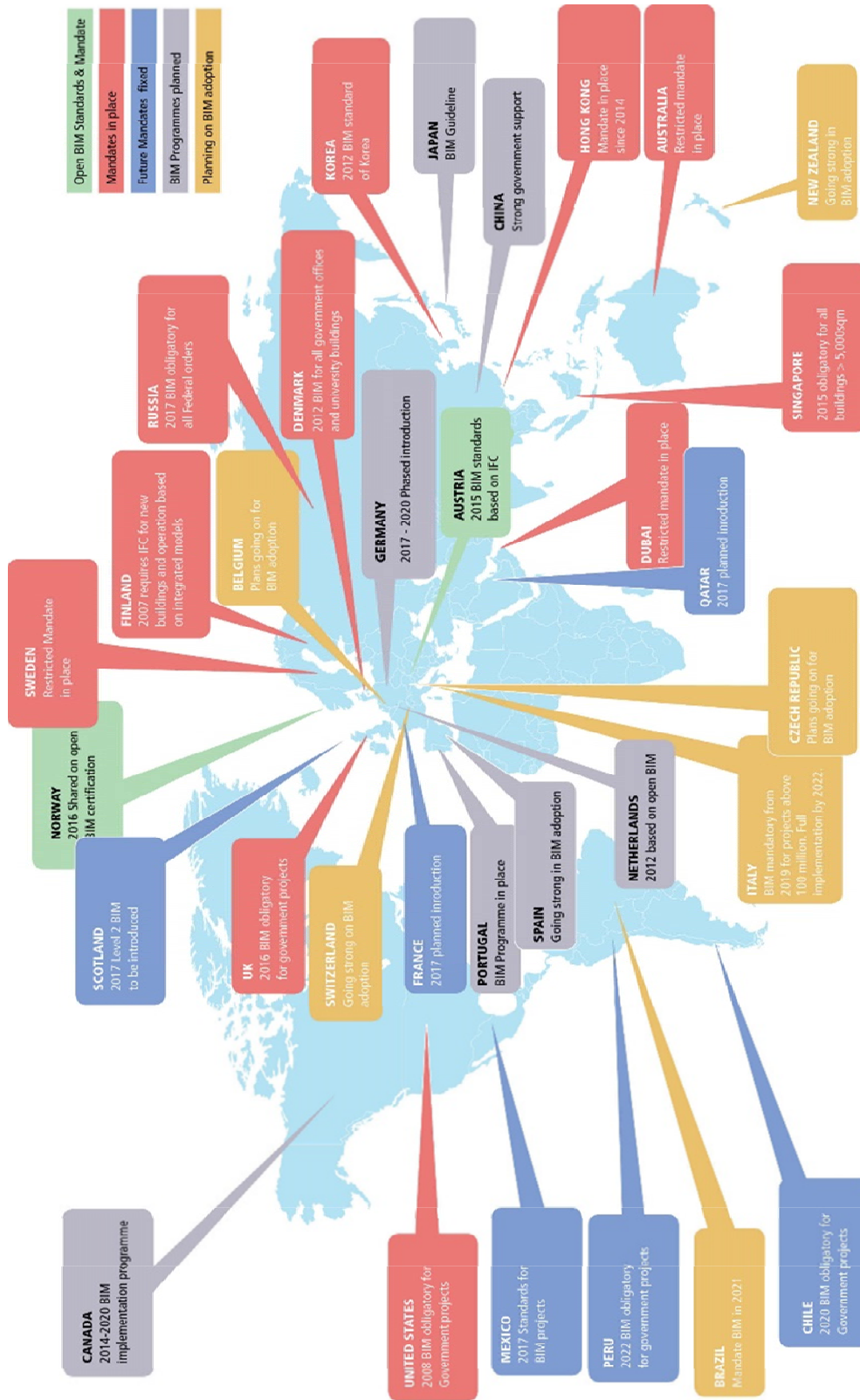


Figura 2.10 Estado de la adopción del BIM en el mundo según Paul Shimonti



2.2.1 BIM en los principales países europeos

A través del EUBIM Observatory EBS18 (BIM-Lab, 2018), se ha podido constatar el estado de la implantación de la metodología BIM en los principales países europeos, sus estrategias y sus estados de compromiso en los últimos años.



En **Francia** se ha lanzado una estrategia de implantación del BIM con el objetivo de conseguir su aplicación directa en proyectos tanto de edificación masiva como de grandes proyectos infraestructurales. Se le conoce como PTNB (Plan de Transición Digital en la Edificación). El objetivo del PTNB es apoyar la transición de todos los agentes que participen en el sector, partiendo inicialmente de un plan de construcción de 500.000 nuevas viviendas de forma que se pueda ayudar al cambio tecnológico y cultural relanzando tanto la administración electrónica como la construcción a la que sirve. Por el contrario, no existe un Mandato BIM ni para la edificación ni para las infraestructuras. Estaba planificado para el año 2017 pero aún no ha sido aprobado. En cuanto a la formación, Francia cuenta con EduBIM, una red de profesores universitarios y formadores de enseñanza en BIM con el objetivo de reunir a diferentes instituciones educativas en el sector de la construcción: escuelas de ingeniería, escuelas de arquitectura, universidades, escuelas secundarias, y también del sector empresarial como ingenierías, empresas de construcción, contratistas empresas de software BIM, etc. EduBIM celebra anualmente un congreso de formadores académicos BIM.



El **Reino Unido**, por su parte, se ha convertido en el país que lidera los procesos BIM en Europa, habiendo puesto en marcha una iniciativa gubernamental en marzo de 2011 a través del BIS (Department for Business, Innovation and Skills). El documento establecía un periodo de cinco años para estructurar una estrategia para la mejora de cuatro objetivos: coste de las construcciones, tiempo de entrega, aumento de exportaciones y disminución de las emisiones de CO₂. En 2013 se publica el informe *Construction 2025 Strategy* que se configura como la herramienta básica y clave para el desarrollo del BIM en el país. El Reino Unido sí dispone de mandato gubernamental que presenta en abril de 2016 como la *Government Construction Strategy: 2016-2020*. A partir de esta fecha el BIM es obligatorio tanto para los proyectos públicos de edificación como los de infraestructuras. El objetivo de este mandato es incrementar la productividad para producir 1.700 millones de libras esterlinas, y dar soporte a 20.000 nuevos proyectos en este periodo. BIM y la Construcción Digital son una parte importante de esta estrategia y para ello establecen el nivel de madurez BIM en tres niveles. BIM Level 2 es el nivel de partida (proyectos colaborativos) y se marca el BIM Level 3 (proyectos integrados) como el objetivo a conseguir en 2020. Sus gráficos sobre estos niveles BIM (BIM Levels de Mark Bew), la vinculación continua de conceptos BIM a métricas e indicadores del sector y del país y la correlación entre vectores públicos identificados y la respuesta del sector privado certifican esta implantación masiva en la mayoría de estamentos. La apuesta decidida por desarrollar los grandes proyectos de infraestructura ferroviaria en entornos BIM están sirviendo como referentes de innovación y rápida evolución tanto de nuevas aplicaciones de softwares, como de programas académicos y profesionales. El Reino Unido ha hecho patente la relación de BIM como herramienta de la digitalización del sector y ésta como propulsora de la industrialización de la construcción (llamada *off-site/modular construction*). En cuanto a la formación, el Reino Unido cuenta con BAF (BIM Academic Forum), creado en 2011 y que agrupa 25 universidades y entidades educativas. BAF se



centra en el desarrollo de un 'marco académico BIM'; su esencia es proponer una hoja de ruta hacia una visión a más largo plazo de incorporar el aprendizaje BIM en los niveles apropiados dentro de la educación de grado y postgrado "específica de cada disciplina" que facilite el desarrollo de profesionales con el conocimiento BIM relevante que se considere necesario.



Italia tiene como objetivo aplicar un mandato BIM entre 2019 y 2022 para la edificación y la infraestructura pública, previendo de esta manera las necesidades que el sector de la construcción requiere a nivel europeo. No obstante, la estrategia nacional se encuentra en este momento a nivel de decretos legislativos. El decreto legislativo de abril de 2016 no menciona directamente a BIM, pero su traducción italiana como "modelización electrónica de la información de la construcción" hace posponer la ley ministerial de sus aplicaciones para las licitaciones públicas. En junio de 2017 después de una consulta pública, se ha iniciado el trámite para su redacción como ley ministerial. Hasta 2019, la obligación de adoptar la metodología BIM estará vinculada a obras particularmente complejas de más de 100 millones de euros. Más adelante, de 2019 a 2021, los criterios se relacionarán más con la cuestión de la complejidad que del presupuesto. BIM se utilizará para el trabajo estratégico con estándares de seguridad especiales y un alto número de personas involucradas en el proyecto. Finalmente, a partir de 2022, el BIM se introducirá a plena capacidad, convirtiéndose en obligatorio para todas las obras, excepto las del sector residencial y que no presenten ningún problema particular relacionado con la seguridad. En 2025, el proceso se digitalizará para todos los proyectos, más o menos complejos, con presupuestos inferiores a un millón de euros. En cuanto a la formación, Italia no dispone de un programa de educación BIM preciso y compartido en las instituciones académicas. No obstante, en las universidades se están promoviendo cursos individualizados sobre el manejo de software y los procesos relacionados con la



metodología BIM. Existe también una cierta oferta de cursos posgrado, masters y programas de doctorado relacionados con el BIM. Básicamente la oferta académica se orienta hacia las necesidades y demandas del mercado.



Alemania ha basado su estrategia en un movimiento bottom-up donde asociaciones y cámaras han empujado para realizar una estrategia nacional llamada Stufenplan Digitale Planen und Bauen en 2015 con el apoyo del Ministerio de Infraestructuras y Construcción Digital. La estrategia se basa en la puesta en marcha de proyectos piloto a partir de los cuales se puedan probar los beneficios de los entornos BIM hasta 2020, momento en el que se aplicará un mandato resultante de las diferentes experiencias. El Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital colabora en los proyectos piloto escogidos con dotaciones económicas de varios millones de euros. La citada estrategia nacional define un concepto común de lo que significa el método BIM, estableciendo en 2017 los requisitos que el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital requiere para los modelos digitales y sus procesos colaborativos. En cuanto a la formación, la Asociación Alemana de Informática en Ingeniería Civil (GACCE- German Association of Computing in Civil Engineering) es quien define los contenidos formativos que deben ofrecer las universidades del sector AEC. Es relevante señalar además que, por las publicaciones científicas, se percibe una alta actividad de investigación académica en BIM.



En **Irlanda**, a pesar de la ausencia de un mandato BIM, el convencimiento y compromiso del Gobierno Irlandés es absoluto. Tanto desde el plano económico, con una financiación de proyectos e instituciones, como por la capacidad transformadora sobre el tejido laboral y técnico, BIM incide a través de todos los niveles académicos y formativos. En 2013 Forfás Ireland's Construction Sector publicó el Outlook and Strategic Plan 2015, mencionando específicamente BIM. En 2014 aparece la Construction 2020 Strategy publicada por Enterprise Ireland y que fija un fondo de estimulación de la construcción de 200 millones de euros incluyendo una dotación de 50 millones de euros para la mejora de proyectos regionales y locales de carreteras y de otros 50 millones de euros para provisionar en vivienda social con el objetivo de crear a su vez 60.000 nuevos puestos de trabajo en el sector. NBC Ireland es el consejo estratégico creado para su gestión. Mientras, CitA-Construction IT Alliance ha desarrollado un estudio sobre BIM en 2017 BICP-BIM Innovation Capability program of Ireland que constituye el programa de capacitación en todos los ámbitos del sector en el país. A pesar de la ausencia de un mandato BIM para la edificación ha habido un alto número de publicaciones de soporte para la adopción de la metodología. La más reciente ha sido la acción Action Plan for Jobs 2017, solicitada por la OGP - Office of Government Procurement. Por otra parte, sin existir un mandato BIM para infraestructuras en Irlanda, distintos estamentos lo han introducido en sus procedimientos operativos, en su forma de trabajar. La OPW - Office of PublicWorks ha participado en el EU BIM Task Group de tal forma que el Transport Infrastructure Ireland (TII) ya ha explorado la posibilidad del uso de BIM para el Metro North, y la Dublin Airport Authority ya está utilizando procesos BIM. En cuanto a la formación, los HEI (Higher Education Institutes) han respondido rápidamente a la demanda de programas de educación y capacitación relacionados con BIM por parte de la industria a pesar, como ya hemos mencionado, de la ausencia de un mandato BIM nacional. BICP ha



establecido la BAFI-BIM Academic Forum Ireland en 2016 con 14 HEIs, universidades irlandesas, institutos de tecnología y colegios privados.

2.3 BIM en España



España ha integrado de forma rápida un alto nivel de adopción BIM por parte de los agentes técnicos y proyectistas. En 2019 se prevé la inclusión total del sector de la construcción alineada con la Agenda Digital de las Administraciones Públicas. La Estrategia Nacional BIM se inicia a partir de la constitución de la Comisión BIM, promovida por el Ministerio de Fomento en julio de 2015 y en cuya hoja de ruta se establece el uso obligatorio del BIM en la licitación pública de proyectos de edificación a partir de diciembre de 2018 y en la licitación pública de proyectos de infraestructuras a partir de julio de 2019. Es esta Comisión la que pretende promover el uso del BIM tanto en el ámbito profesional como en el docente, promocionando la innovación en el sector de la edificación y las infraestructuras.

En la reunión de lanzamiento celebrada en noviembre de 2015, ya se establecen sus funciones:

- Aprobar la estrategia de implantación.
- Proponer las líneas de acción al Comité Técnico de los Grupos de Trabajo.
- Aprobar el establecimiento de los diferentes grupos de trabajo y su metodología de trabajo.
- Seguir las evoluciones de los grupos de trabajo.
- Aprobar los documentos propuestos por el Comité Técnico a partir de las actividades desarrolladas en los Grupos de Trabajo.

De igual forma, se declara que, teniendo como objetivo el aumento de la productividad del sector de la construcción y del ahorro significativo el gasto en



mantenimiento de activos por medio del uso de sistemas BIM, se busca conseguir:

- La adaptación a las nuevas tendencias internacionales
- El aumento de la calidad en proyectos y obras
- La reducción de costes en proyectos y obras
- El aumento de la transparencia en la información
- Un mayor enfoque hacia la sostenibilidad de las infraestructuras
- La dinamización del mercado de las infraestructuras
- La mejora de la industria nacional y de su capacitación en la internacionalización
- La potenciación de la marca España

Y a su vez, se define una estrategia de implantación mixta donde juegan un papel importante tanto las administraciones públicas como el sector privado (Figura 2.11)



Figura 2.11 Estrategia implantación BIM en España. Fuente: Comisión esBIM



En cuanto a la formación, en España se constituye esFAB, el Foro Académico BIM España ([esFAB, 2015](#)), red académica sin ánimo de lucro centrada en fomentar el uso y buenas prácticas de la metodología BIM y las oportunidades de innovación que ésta ofrece en el ámbito académico, formativo y de investigación. Esta red se constituye a partir de la participación de 27 universidades que muestran su interés en adherirse durante el congreso EUBIM 2016.

2.4 BIM en la Educación

El nivel de formación en BIM que se está impartiendo a través de las diferentes instituciones educativas superiores está progresando año a año a nivel mundial, incrementando las universidades la oferta de cursos en la materia ([Rooney, K., 2017](#)). Cada vez son más numerosos los países que informan de que sus instituciones educativas ya están formando de alguna manera en materia de BIM. No obstante, análisis realizados en países como Australia, Canadá y el Reino Unido han indicado que hay muchos retos a los que se enfrentan educadores en lo que respecta a la incorporación del BIM en los planes de estudio. Sirvan como ejemplo los desafíos que supone incorporar material didáctico adicional en planes de estudios ya de por sí abarrotados o convertir la docencia de asignaturas teóricas en asignaturas multidisciplinares con grupos de alumnos menos numerosos y basados en el trabajo en equipo. Sin embargo, muchas instituciones de educación superior están proporcionando formación BIM tanto a nivel de grado como de postgrado. Países como Australia, Suecia, el Reino Unido y los EE.UU. ofrecen un importante volumen de cursos y asignaturas en sus instituciones.

Por otro lado, también se está impartiendo, en instituciones de formación profesional, la formación en BIM dirigida a la mano de obra directa de la industria de la construcción.



Aunque una parte importante de la formación en BIM tiende a centrarse en el uso de determinados softwares BIM, se ha observado que parece estar en aumento la formación en conceptos como OpenBIM y BIM Management, tanto para los universitarios como para los profesionales del sector, si bien este proceso evolutivo tiene un largo camino por recorrer en la mayoría de los países. Cabe citar que, en Australia, Hong Kong, Noruega, Singapur, Suecia, el Reino Unido o los Estados Unidos, existe una creciente oferta de formación en OpenBIM y BIM Management.

La conciencia por la necesidad del BIM y su grado de adopción no muestran una tendencia global consistente en términos estrictos. Mientras en determinados países el BIM está siendo ampliamente adoptado, e incluso exigido por los gobiernos, en otros únicamente están en proceso de consideración. Por otro lado, en países como Australia, Canadá, Nueva Zelanda, el Reino Unido y los Estados Unidos se observa una tendencia hacia la formación y los programas de acreditación y certificación para validar la experiencia/educación en BIM de profesionales de la industria, diferenciándose de otros estados en lo que no parece constituir una prioridad.

Parece claro, por tanto, que la educación en BIM se está moviendo en la dirección correcta, liderada por las instituciones de educación superior de los diferentes países, mejorándose la conexión entre el sistema educativo y la industria. Esta coordinación permitirá una formación más adaptada a las necesidades de la industria proporcionando una mano de obra cualificada con las habilidades colaborativas del BIM requeridas por la industria de la que formará parte.

2.4.1 Países de referencia

AUSTRALIA. Hay 30 Universidades acreditadas para ofrecer programas de grado en, al menos, una de las áreas AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), de las cuales hay 11 que ofrecen programas en las tres



disciplinas. Estas 11 instituciones han demostrado ser las más prolifas en la adopción de BIM en sus planes de estudio. Sin embargo, el nivel de información impartido se encuentra a un nivel básico, cubriendo simplemente conceptos de BIM o conceptos básicos del uso de algún software BIM en particular, sin apenas perspectivas de colaboración educativa sobre BIM entre las tres disciplinas.

Iniciativas y organizaciones. -

CODEBIM (Collaborative Design Education using BIM) es un Proyecto apoyado por the Australian Government Office for Learning and Teaching (OLT) y finalizado en 2017 en el que han participado tres prestigiosas universidades (University of South Australia, University of Newcastle and University of Technology, Sydney). Este proyecto tenía como objetivo conocer si la formación en diseño colaborativo se podría mejorar con el empleo de las tecnologías BIM y cómo adaptar de la mejor forma posible estas tecnologías a la formación existente en el sector AEC.

IMAC Framework se ha desarrollado para ayudar a la comunidad académica a implementar la metodología BIM. Su objetivo era ayudar a identificar los cursos que pudieran ser modificados para incorporar BIM y sistemas de trabajo colaborativo, evitando tener que crear cursos completamente nuevos.

AIA (Australian Institute of Architects) y Consult Australia crearon en 2011 un grupo de trabajo formado por miembros procedentes de la industria y del mundo académico con el fin de recoger su posición sobre BIM y cómo actuar en trabajos futuros. El Grupo AIA BIM de Australia Occidental colabora con la Curtin University, University of Western Australia, Central TAFE y con CITB (Construction Industry Training Board) con el fin de avanzar en la formación en BIM.

CANADA. La estrategia canadiense para la formación en BIM está siendo desarrollada por buildingSMART Canada (bSC) y Canada BIM Council. Esta estrategia fue presentada en dos eventos celebrados en 2016, en Ontario y en



Quebec, donde han participado todos los actores clave, desde la investigación y la educación hasta la propia industria del sector. Los objetivos de ambas reuniones se han centrado en identificar las necesidades en materia de formación en BIM y diseñar un plan de acción. Como resultado se han creado cinco grupos de trabajo compuestos por miembros de bSC y de CanBIM y componentes del mundo académico y de la industria que pretenden desarrollar un marco de resultados de aprendizaje BIM.

Iniciativas y organizaciones. -

En colaboración con bSC, el IBC (Institute for BIM in Canada) ha sido el responsable de la preparación de un manual práctico multidisciplinar orientado a ser una completa guía del uso del BIM en Canadá y a recoger las mejores prácticas internacionales en el uso del BIM. En cuanto a la estrategia de comunicación, bSC ha editado y difundido un video de promoción del OpenBIM y ha creado una matriz informativa de oportunidades educativa en BIM a nivel universitario incluyendo ofertas de cursos BIM y contactos clave con quienes compartir e intercambiar estudios, casos y buenas prácticas.

Por su parte CanBIM ha lanzado un Programa de Certificación con el objetivo de tender un puente entre la educación BIM y la implementación y uso del BIM a través de perseguir la excelencia en la certificación en la industria del sector AEC. En paralelo, CanBIM ha promovido la realización de eventos a nivel regional (Satellite Sessions) participados por la industria y el mundo académico con el fin de acercar visiones y de unificar intereses.

PAISES NÓRDICOS. Finlandia, Noruega y Suecia ofrecen formación en BIM en sus Universidades y Escuelas Politécnicas ya en una cierta extensión. En Finlandia, existen numerosas opciones para posgraduados una vez los estudiantes de arquitectura y construcción han recibido, de alguna u otra manera, formación BIM. Por su parte, Noruega, sin un mandato específico del Gobierno Central para la formación BIM en posgrado, ha visto como buildingSMART



Noruega (bSN) ha iniciado un programa de soporte a los profesores que imparten BIM en sus clases con el fin de, entre otros, concienciar en la necesidad de implantar la digitalización en la industria. En Suecia, la adopción del BIM en las escuelas de Arquitectura es significativamente limitada y en los programas universitarios de construcción se encuentra incluido el BIM con contadas excepciones.

Iniciativas y organizaciones. -

Existe un uso generalizado en Finlandia del COBIM (National Common BIM requirements) de cuyos requisitos ya se ha completado una traducción al español, tal y como se ha comentado anteriormente. En el año 2015 en Noruega, bSN inició la divulgación de la BIM Guideline Database que permite a los clientes especificar sus requisitos BIM sin necesidad de tener una elevada especialización en sus organizaciones. En Suecia ha habido una fuerte inversión nacional para la digitalización del I+D en la Construcción, a través del programa gubernamental, Smart Built Enviroment.

REINO UNIDO. El BAF (BIM Academic Forum) publicó, en el año 2015, un informe sobre la situación actual y los retos asociados a la formación BIM en la Educación Superior. En él se recoge que el BIM se está generalizando a través de diferentes niveles de la educación superior, aunque a través de iniciativas hechas a medida y sin una consistencia demostrada. En general, esto tiende a estar impulsado por iniciativas académicas individuales o por escuelas/departamentos que tienen un cierto interés en el área de BIM. En los últimos años, han emergido también programas específicos BIM a nivel de máster, no detectándose, sin embargo, un excesivo interés en la incorporación de la formación en BIM en disciplinas relacionadas con el urbanismo. En todo caso, se están llevando a cabo un significativo número de proyectos de investigación sobre BIM. De hecho, cada HEI (Higher Education Institution) tiene



su propio programa de investigación sobre BIM llevándose a cabo numerosas colaboraciones para la transferencia del conocimiento.

Iniciativas y organizaciones. -

El Gobierno del Reino Unido ha influido, a través de su “2011 Government Construction Strategy” de manera notable en la industria del sector AEC al exigir el uso de BIM en proyectos del sector público. El objetivo principal de esta estrategia era reducir de forma sostenible los costes de construcción en el sector público. BIM fue identificado como una de las principales iniciativas para lograr este objetivo siendo el soporte de la creación del BIM Task Group. Una de sus cuatro áreas de trabajo ha sido la formación y la educación siendo un indicador clave el marco de resultados de aprendizaje BIM. Como consecuencia de ello, se ha producido un importante aumento de la oferta de cursos, cualificaciones, acreditaciones y proyectos de investigación en esta área. Una posterior iniciativa gubernamental, la “Government Construction Strategy 2016-2020”, ha mantenido el énfasis en el desarrollo digital en el sector de la construcción creándose la UK BIM Alliance, una de cuyas líneas de trabajo es la mejora de las cualificaciones de la industria de la construcción.

ESTADOS UNIDOS. Se encuentran acreditadas 30 universidades para impartir programas de grado en las tres disciplinas AEC. Sin embargo, ninguna de ellas dispone aún de cursos colaborativos transversales a las tres. Por su parte, la AGC (Associated General Contractors), en colaboración con empresas tecnológicas y formadores en BIM, ha desarrollado un programa de formación en BIM diseñado para preparar a los profesionales de la construcción a todos los niveles y para implementar de forma exitosa el BIM en los proyectos constructivos. La realización completa de este programa, altamente interactivo, prepara a los profesionales para la realización de un examen por el que se obtiene la certificación CM-BIM (Certificate of Management – BIM).



METODOLOGÍA

3

3.1 Planteamiento

Ya se ha mencionado en puntos anteriores cuáles han sido las motivaciones e intereses que han generado el inicio de este trabajo y en qué contexto se ha desarrollado la investigación. Con estas premisas se ha establecido una clara definición de los objetivos a alcanzar y, por tanto, ha sido más fácil el planteamiento de una hoja de ruta que sirviera para ir desarrollando la tesis doctoral.

La línea de investigación seguida ha estado basada en cuatro pilares:

1. Conocer el estado de implantación del BIM en la educación superior en España, centrando la información en los programas de ingeniería industrial.
2. Conocer las estrategias de implantación seguidas tanto a nivel nacional como internacional, buscando sustentos en casos de éxito que pudieran dar soporte a la propuesta de implantación de esta tesis.
3. Conocer las barreras que se ha ido encontrando la educación superior para conseguir el éxito en la implantación de la metodología BIM.



4. Conocer las competencias que en materia de BIM se imparten en la educación superior y aquellas que demanda el sector a los nuevos profesionales que desarrollan su labor en el ámbito de esta metodología.

La recopilación de toda la información obtenida en estas cuatro líneas ha permitido la formulación de una propuesta de implantación a modo de experimentación de la investigación llevada a cabo. Dado que al autor se le hace imposible la obtención de datos debido a la duración del planteamiento realizado como propuesta, se fundamenta la hipótesis en el éxito de los casos analizados y se proponen sistemas de evaluación y seguimiento para el caso en que se lleve a cabo la experimentación.

El desarrollo del trabajo de investigación, objeto de la presente tesis, se ha llevado a cabo mediante la recopilación de información, de todo tipo, sobre la metodología BIM; desde artículos, libros, tesis, ponencias, hasta la recogida de datos en jornadas, seminarios, congresos y encuentros de usuarios. La ordenación y filtrado de toda esta información ha sido una ardua tarea por la abundancia y heterogeneidad de las fuentes, pero que, con el paso del tiempo y a medida que se profundizaba en determinados aspectos de la metodología BIM ha ido permitiendo un acercamiento progresivo a los conceptos y objetivos que se iban buscando.

De hecho, las diferentes jornadas de seguimiento del proceso de desarrollo de la tesis y las periódicas sesiones y reuniones mantenidas con el director de la tesis, han servido para ir definiendo de forma más concisa los objetivos del trabajo. El hilo argumental de la tesis se ha ido fortaleciendo a medida que se avanzaba en la investigación.

Se ha buscado asentar los conocimientos básicos sobre la metodología de forma que se pudiera entender en toda su extensión para, posteriormente, ir centrando la búsqueda de información en los aspectos relativos a la educación y a la formación en BIM siguiendo los pilares básicos de la investigación mencionados anteriormente. En este sentido, se ha tratado de contextualizar la situación del



BIM a nivel nacional e internacional buscando puntos de referencia en los países más avanzados en su implementación.

Se han abierto dos frentes paralelos de búsqueda de información.

En una primera vertiente, se ha prestado especial atención a la recopilación de información del estado del BIM en la formación. De esta forma, la investigación se ha llevado a cabo en varios niveles. Se ha indagado ampliamente en la situación de la educación universitaria española en BIM, y se ha prestado especial atención a los casos recogidos en las escuelas de Ingeniería Industrial. Se ha recopilado información sobre la situación de la formación y educación en BIM en los países de referencia a nivel mundial, sobre las barreras y limitaciones de la implantación del BIM y se han estudiado tres casos de éxito en universidades extranjeras.

En otra vertiente, se ha trabajado en la búsqueda de información de los aspectos del conocimiento en BIM, no tanto desde una perspectiva técnica como desde una visión más relacionada con aspectos más humanos y emocionales, teniendo especial énfasis en la recopilación de información sobre las competencias buscadas en los diferentes planes docentes de las asignaturas BIM y sobre las competencias y habilidades demandadas por el mercado laboral del sector AEC.

Por último, y en base a toda la información recogida, se ha procedido a la redacción de una propuesta de currículo para integrar en los estudios de grado de ingeniería industrial la metodología BIM.

El desarrollo de la tesis y los trabajos que se han llevado a cabo para su redacción han permitido, a su vez, la elaboración de un artículo y la preparación de una ponencia, además de ayudar a la definición de futuras líneas de investigación sobre las que trabajar.



3.2 Fuentes de datos

En la literatura, se pueden encontrar diversos artículos y ponencias (Liébana, O. et al., 2013, Piedecausa-García, B. et al., 2015, Maldonado, E., 2016) referidos a la implementación de la metodología BIM en diferentes escuelas y facultades del territorio español. Su inclusión en los diferentes planes de estudio se ha venido realizando desde diferentes plataformas, de tal forma que el abordaje de la cuestión está pasando por la realización de talleres transversales, como en la Universidad de Alicante (Piedecausa-García, B. et al., 2017), talleres integradores en la Universidad de Sevilla (Nieto, E. et al., 2017) programas de inmersión formativa dirigidos a profesores en la escuela Politécnica de Cuenca (Cañizares, J.M. et al., 2017), inclusión de los fundamentos de la metodología BIM en asignaturas de grado (Gallego, T. et al., 2015, Valverde, D. et al., 2016), inclusión de la metodología BIM en másteres de edificación (Cos-Gayon, F., 2016), másteres específicos sobre BIM (Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Internacional de la Rioja, Universidad de Granada,...), desarrollo de títulos propios (Universidad de Oviedo, Universidad de Sevilla,...), etc. Todos ellos teniendo como común denominador el aspecto técnico y tecnológico de la implementación de la metodología.

No obstante, para la recopilación de los datos y la información precisa que ha permitido la realización de la investigación en el apartado de la situación de la educación universitaria española en BIM, se ha partido del estudio realizado por el subgrupo 2.2 del Grupo de Trabajo 2 (Personas) que ha definido el Comité Técnico de la Comisión es.Bim (es.BIM, 2015). El Ministerio de Fomento de España constituye dicha Comisión el 14 de julio de 2015 para la implantación de la metodología BIM en el territorio nacional con el fin de impulsar esta implantación en el sector de la construcción, dando de esta manera continuidad a la Directiva Europea 2014/24/UE (Parlamento Europeo, 2014) sobre contratación pública, en fase de Anteproyecto de Ley para su transposición a la legislación nacional. Concretamente, en el artículo 22, se hace referencia al modelado electrónico y de información de las construcciones o similares



abriendo la posibilidad a que los estados miembros exijan el uso de las herramientas específicas para el modelado electrónico de datos de las construcciones en los procesos constructivos.

El análisis del Mapa de la Formación BIM en la Universidad Española ([es.BIM 2.2, 2017](#)) ha permitido profundizar en la formación que imparten aquellas universidades en las que las escuelas de Ingeniería Industrial están de algún modo impartiendo estudios relacionados con el BIM. De los datos que conforman este mapa nacional que incluye los niveles universitarios de Grado y Máster con disciplinas relacionadas con BIM se han analizado los ámbitos en los que se incluye la formación (asignaturas, talleres, ...) dentro de los Grados o Posgrados de Ingeniería Industrial profundizando en sus guías docentes para analizar las materias incluidas, los objetivos perseguidos y las competencias que se trabajan en el contexto de la metodología BIM.

En el mismo sentido se ha considerado realizar un análisis de las asignaturas impartidas en aquellas universidades españolas en las que existe profesorado perteneciente a INGEGRAF, la asociación sin ánimo de lucro centrada en la promoción del área de conocimiento de la Expresión Gráfica en la Ingeniería y que, o bien tienen contenidos BIM en la docencia oficial o existe un interés manifiesto en tenerlos.

Así mismo, se ha analizado la situación de la implantación a partir de las diferentes ponencias y comunicaciones que desde el año 2012, en la Universidad Politécnica de Valencia, se vienen exponiendo durante el Congreso Internacional BIM - EUBIM, Encuentro de usuarios BIM. Desde su primera celebración, se ha conformado como una de las principales fuentes de información para el conocimiento de la implantación BIM en España. De hecho, han estimado necesaria la creación de un espacio de referencia dentro del congreso para el tratamiento específico del BIM en la Universidad al considerar a ésta como uno de los agentes del cambio en la divulgación, formación e investigación de nuevas metodologías de gestión de proyectos de construcción. En este caso, el análisis se ha centrado en las comunicaciones que, a lo largo de estos años, han



resultado de la experiencia real de programar e implementar en el currículo de asignaturas regladas de grado y posgrado las herramientas BIM. Se ha tratado de ver en qué medida los objetivos, posibilidades, metodología formativa y resultados están orientados hacia una política colaborativa de todos los actores participantes del proceso constructivo o son capaces de crearla, impulsando no sólo los conocimientos sino las competencias y habilidades necesarias para este cambio de cultura.

En otro orden, y para la aproximación al conocimiento de la situación de la formación a nivel internacional se han revisado artículos sobre la materia y se han analizado y considerado como referentes los informes emitidos por NATSPEC (National Building Specification) sobre la situación de la educación BIM a nivel global. Así mismo, se han analizado tres casos de estudios internacionales de implantación de la metodología BIM en la educación y formación universitaria.



ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4

4.1 Las asignaturas BIM en la Ingeniería Industrial

Actualmente se cuenta en España con un total de 84 universidades entre públicas y privadas en las cuales se imparten un total de 2.856 grados, según los últimos datos recabados por el portal de internet universia.es. De éstos, sólo 699 se centran a las áreas de conocimiento en las que teóricamente podría estar incluida la docencia en BIM; la Ingeniería, la Tecnología, la Industria, la Arquitectura y la Construcción, con una relación de 4,7:1 entre los que se imparten en universidades públicas y los que pertenecen a universidades privadas.

Por otra parte, los datos de partida de la encuesta realizada por la Comisión es.BIM para conocer el estado de inclusión de la metodología BIM en los planes de estudio actualmente vigentes están soportados por las respuestas que han enviado 28 de las 119 escuelas con grados de ingeniería y arquitectura a las que se ha solicitado su colaboración. La distribución público-privado ha sido de 23:5. En este punto es importante señalar que únicamente 5 universidades (Cantabria¹, Extremadura², Jaén³, Oviedo⁴ y Valladolid⁵) con grados en



Ingeniería Industrial han participado en la encuesta lo cual supone un 11,63% del total (Arquitectura:11, Ingeniería Civil:11, Edificación/Arquitectura Técnica:16, Ingeniería Industrial:5), lo cual refleja claramente la escasa implantación de la metodología BIM en general y la poca implicación de la Ingeniería Industrial en particular.

A su vez, se han podido encontrar nueve universidades (Almería⁶, Córdoba⁷, Jaén³, Politécnica de Cartagena⁸, Oviedo⁴, Politécnica de Madrid⁹, Politécnica de Cataluña¹⁰, Politécnica de Valencia¹¹ y Rioja¹²) con profesores adscritos a la asociación Española de Ingeniería Gráfica, INGEGRAF, y en las que, si bien todos han mostrado interés en incluir el BIM en la docencia oficial sólo seis de ellas ya disponen de asignaturas con contenidos BIM, estando únicamente enmarcadas en estudios de grados en ingenierías industriales las universidades de Oviedo⁴, de Jaén³ y la Politécnica de Cartagena⁸.

Por último, se han revisado las diferentes comunicaciones y ponencias que, dentro de las diferentes ediciones del Congreso Internacional EUBIM, estaban orientadas al tema del BIM en la Universidad y, dentro de éstas, aquellas que trataban temas relacionados específicamente con formación en la Universidad (Figura 4.1). Del total de las 25 comunicaciones que se pueden encuadrar en este apartado ninguna proviene de experiencias en la Ingeniería Industrial, siendo la mayoría de ellas, un 52 %, comunicaciones remitidas de escuelas de arquitectura, un 20 % son provenientes de escuelas de ingeniería de la edificación, un 8 % desde la ingeniería civil y el restante 20 % se corresponden con comunicaciones que diferentes autores, que sin estar adscritos a ninguna universidad, cuentan o proponen experiencias en formación BIM.

Vuelve, en este caso y como veremos más adelante, a ser significativa la poca implicación de las Ingenierías Industriales en la formación en metodología BIM.

[1] www.unican.es [2] www.unex.es [3] www.ujaen.es [4] www.uniovi.es [5] www.uva.es [6] www.ual.es
[7] www.uco.es [8] www.upct.es [9] www.upm.es [10] www.upc.es [11] www.upv.es [12] www.unirioja.es

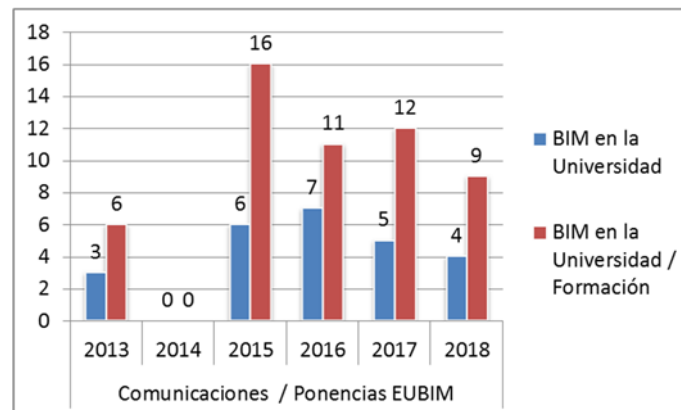


Figura 4.1 Número de ponencias totales sobre BIM en la Universidad versus ponencias específicas sobre formación BIM en la Universidad. Elaboración propia

Con todo ello se ha podido limitar la inclusión de formación en la metodología BIM exclusivamente en cuatro asignaturas (Proyectos, Técnicas de Ingeniería Gráfica aplicadas a Ingeniería Mecánica, Aplicaciones Industriales del CAD y TFG) de los Grados de Ingenierías o Tecnologías Industriales correspondientes a cinco universidades (Tabla nº 3). La carga docente de estas asignaturas se centra mayoritariamente en el último curso del grado, con las excepciones de las Técnicas de Ingeniería Gráfica aplicadas a la Ingeniería Industrial del Grado de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Jaén, que se imparte a lo largo del 6º cuatrimestre y la asignatura de Proyectos / Oficina Técnica que se imparte en el segundo curso de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Valladolid. Por otro lado, la mayor parte de los créditos correspondientes a materia BIM se encuentran en la asignatura de Trabajo Fin de Grado donde la carga de horas presenciales y de actividad docente es sustancialmente menor. La contextualización de esta asignatura se centra en la importancia que conlleva el ejercicio de integración de los conocimientos adquiridos y, por tanto, su aportación en la adquisición en otros nuevos es despreciable, lo que reduce, si cabe aún más, el peso de la formación en BIM dentro del currículo de estos Grados.



Tabla 3. Relación de asignaturas impartidas en Escuelas de Ingeniería Industrial con algún tipo de contenido BIM

UNIVERSIDAD	GRADO-S	ASIGNATURA	CURSO/SEMESTRE/ CUATRIMESTRE	CREDITOS
Universidad de Extremadura	Ingenierías Industriales	Proyectos	7º Cuatrimestre	6
		Proyectos Técnicos Industriales	4º Curso	6
Universidad de Valladolid	Tecnologías Industriales	Trabajo Fin de Grado	4º Curso	12
		Proyectos / Oficina Técnica	2º Curso	4,5
Universidad de Jaén	Ingeniería Mecánica	Técnicas Ing. Gráfica aplicadas a Ing. Mecánica	6º Cuatrimestre	6
		Trabajo Fin de Grado	8º Cuatrimestre	12
Universidad Politécnica de Cartagena	Ingenierías Industriales	Trabajo Fin de Grado	4º Curso	6
Universidad de Oviedo	Tecnologías Industriales /	Aplicaciones Industriales del CAD	4º Curso	6
	Ingenierías Industriales	Proyectos Fin de Grado	4º Curso	12

4.2 Las competencias de las guías docentes

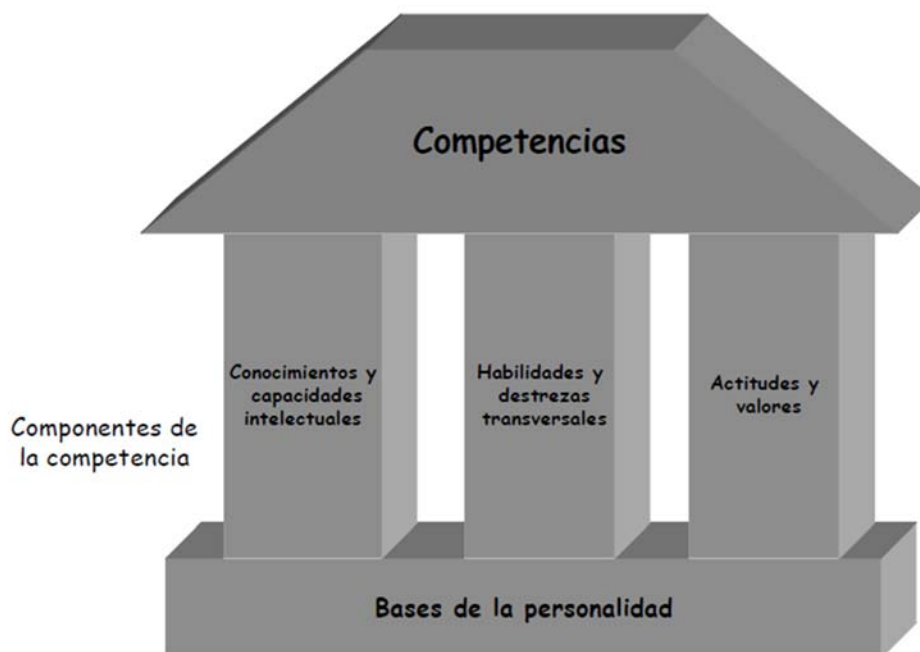
Como parte del trabajo de investigación, se han analizado también los diferentes programas docentes de las asignaturas con formación BIM comparando las diferentes competencias adquiribles en cada una de ellas con el objetivo de ver en qué medida existe una homogeneización de objetivos en relación con la metodología BIM.

El proceso de enseñanza-aprendizaje por competencias, desde un enfoque sistémico, demanda la concatenación de todos sus componentes (objetivo-contenido-método-medios-evaluación) y que comprenda los principios psicopedagógicos, la sistematización, la lógica de la asignatura y del proceso didáctico para permitir a los alumnos la adquisición de los conocimientos y el desarrollo de habilidades (Marrero, O. et al., 2017). Con esta premisa se ha querido también analizar la convergencia con las competencias profesionales y habilidades que se pueden demandar en organizaciones que tengan o quieran tener implantada la metodología de trabajo BIM.

De acuerdo a la nueva estructura del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y siguiendo la estela del Plan Bolonia, la enseñanza se basa en la adquisición de competencias. Si bien no existe una única definición, de acuerdo a la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), se entiende por competencia el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes



(Figura 4.2) que se adquieren o desarrollan mediante experiencias formativas coordinadas, las cuales tienen el propósito de lograr conocimientos funcionales que den respuesta de modo eficiente a una tarea o problema de la vida cotidiana y profesional que requiera un proceso de enseñanza y aprendizaje (ANECA, 2012).



*Figura 4.2 Componentes de las competencias.
Fuente: Miguel, M. 2005*

Establecido el marco general que determina la formación de una competencia, con fines exclusivamente didácticos, se pueden establecer subcomponentes dentro de cada uno de estos tres grandes apartados que pueden ser útiles a la hora de la planificación docente (Miguel, M., 2005). Este es el criterio que justifica la matriz que se presenta a continuación (Tabla nº 4) en la que se realiza una agrupación de los subcomponentes muy genérica que permita la reflexión y discusión entre el profesorado a la hora de establecer la vinculación entre las competencias establecidas para una titulación y los contenidos formativos.



Tabla 4. Componentes y subcomponentes de una competencia. Fuente: Miguel, M. 2005

COMPONENTES	SUBCOMPONENTES
<p>Conocimientos</p> <p>Adquisición sistemática de conocimientos, clasificaciones, teorías, etc. relacionados con materias científicas o área profesional</p>	Generales para el aprendizaje
	Académicos vinculados a una materia
	Vinculados al mundo profesional
<p>Habilidades y destrezas</p> <p>Entrenamiento en procedimientos metodológicos aplicados relacionados con materias científicas o área profesional (organizar, aplicar, manipular, diseñar, planificar, realizar,...)</p>	Intelectuales
	De comunicación
	Interpersonales
	Organización / Gestión personal
<p>Actitudes y valores</p> <p>Necesarios para el ejercicio profesional: Responsabilidad, autonomía, iniciativa ante soluciones complejas, coordinación, etc.</p>	De desarrollo profesional
	De compromiso personal

Las competencias pueden ser, según la clasificación utilizada por el Ministerio de Educación en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT), diferenciadas según su nivel de concreción (ANECA, 2012):

- a) Competencias Básicas o Generales, comunes a la mayoría de los Títulos, pero adaptadas al contexto específico de cada uno de ellos. Se desarrollan con mayor o menor intensidad en función de las características del Título en cuestión.
- b) Competencias Específicas, propias de un ámbito o Título y están orientadas a la consecución de un perfil específico del egresado. Estas competencias se deben circunscribir a aspectos formativos y ámbitos de conocimiento muy próximos al Título.
- c) Competencias Transversales, comunes a todos los estudiantes de una misma Universidad o centro universitario, con independencia del Título que cursen.



Partiendo de esta clasificación, se ha encontrado una cierta disparidad y heterogeneidad en la asignación de competencias, tipos y denominaciones en las diferentes asignaturas, grados y universidades (Tabla nº 5).

Tabla 5. Clasificación de las diferentes competencias asignadas a cada asignatura en función de la Universidad

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	COMPETENCIAS BÁSICAS	COMPETENCIAS GENERALES	COMPETENCIAS TRANSVERSALES	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS
Universidad de Extremadura	Proyectos	5	11	10	1
Universidad de Valladolid	Proyectos Técnicos Industriales		2		7
	Trabajo Fin de Grado		15		1
	Proyectos / Oficina Técnica		2		1
Universidad de Jaén	Técnicas de Ingeniería Gráfica aplicadas a Ing. I	2		4	1
	Trabajo Fin de Grado	1			1
Universidad Politécnica de Cartagena	Trabajo Fin de Grado	5	5	6	1
Universidad de Oviedo	Aplicaciones Industriales del CAD	2	12		1
	Trabajo Fin de Grado		16		1

Así, las universidades de Extremadura, Oviedo y Cartagena distinguen en dos grupos diferenciados las competencias básicas y las generales mientras que Jaén las aplica, todas ellas, como básicas y Valladolid lo hace como generales. A su vez, las universidades de Extremadura, Jaén y Cartagena tienen definidas las mismas competencias básicas y, sin embargo, Valladolid utiliza una clasificación de competencias generales diferente al resto. Oviedo, por su parte, opta por asignar competencias básicas y generales diferentes a las demás. Algo similar ocurre con las competencias específicas y transversales. Las universidades de Extremadura, Jaén y Cartagena diferencian ambas clasificaciones. La Universidad de Valladolid sólo acude a las competencias específicas y la Universidad de Oviedo clasifica como competencias comunes las que en otras universidades aparecen como específicas. Y no sólo existe esta disparidad en las clasificaciones y denominaciones, sino que también se ha podido detectar una clara diferencia cuantitativa entre las competencias asignadas por una u otra universidad.



Y todo ello teniendo presente que, aparte de su diferente clasificación, no son exactamente coincidentes las competencias definidas por unas y otras universidades tal y como se recoge en la tabla siguiente (Tabla nº 6):

Tabla 6. Listado de competencias a adquirir según la universidad y la correspondiente asignatura con contenido BIM

COMPETENCIA: Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería Industrial, que tengan por objeto, la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	SI	Oficina Técnica / TFG / Proy. Técnicos industriales	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos en CG1.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	SI	Proyectos Técnicos Industriales	Específica
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	General
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad y razonamiento crítico.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General / Transversal
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	General
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial, tanto en forma oral como escrita, ya todo tipo de públicos.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General / Transversal
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	SI	Técnicas de Ing. Gráfica	Transversal
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	General
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General



COMPETENCIA: Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	General
Universidad de Oviedo	SI	TFG	General

COMPETENCIA: Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	SI	Oficina Técnica / TFG / Proy. Técnicos industriales	General / Específica
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General / Transversal
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	General
Universidad de Oviedo	SI	TFG	General

COMPETENCIA: Capacidad para aplicar los principios y métodos de la calidad.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG	General

COMPETENCIA: Capacidad de organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	SI	Técnicas de Ing. Gráfica	Transversal
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	General
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	General
Universidad de Valladolid	SI	Proyectos Técnicos Industriales	Específica



Universidad de Jaén	SI	Técnicas de Ing. Gráfica	Transversal
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	General
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad para la prevención de riesgos laborales y protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y usuarios.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	Proyectos Técnicos Industriales	Específica
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG	General

COMPETENCIA: Honradez, responsabilidad, compromiso ético y espíritu solidario.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad de trabajar en equipo

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad de conocer, seleccionar, criticar y utilizar fuentes diversas de información.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Transversal
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Transversal
Universidad de Oviedo	SI	TFG / Aplicac. Ind. del CAD	General

COMPETENCIA: Capacidad de análisis y de síntesis.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Capacidad de aprender y trabajar de forma autónoma.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Transversal
Universidad de Oviedo	NO		



COMPETENCIA: Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Transversal
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Capacidad para la motivación por el logro y la mejora continua.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Transversal
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Capacidad de evaluar.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	TFG	General
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Comunicarse oralmente y por escrito de manera eficaz.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Transversal
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Aplicar criterios éticos y de sostenibilidad en la toma de decisiones.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Transversal
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Diseñar y emprender proyectos innovadores.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Transversal
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	NO		



Universidad de Jaén	SI	Técnicas de Ing. Gráfica	Específica
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	Aplicac. Ind. del CAD	Básica

COMPETENCIA: Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	Aplicac. Ind. del CAD	Básica

COMPETENCIA: Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	Oficina Técnica / Proyectos Técnicos industriales	Específica
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	SI	Aplicac. Ind. del CAD	Específica

COMPETENCIA: Capacidad de integración de todas las competencias generales y específicas en el ámbito de los estudios de Grado cursados.

UNIVERSIDAD	SI/NO	NOMENCLATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	TFG	Específica
Universidad de Jaén	SI	TFG	Específica
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Específica
Universidad de Oviedo	SI	TFG	Específica

COMPETENCIA: Capacidad de proyectar, visualizar y comunicar ideas.

UNIVERSIDAD	SI/NO	NOMENCLATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	Proyectos Técnicos Industriales	Específica
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Capacidad para aplicar los conocimientos de tecnología, componentes y materiales.

UNIVERSIDAD	SI/NO	NOMENCLATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	NO		
Universidad de Valladolid	SI	Proyectos Técnicos Industriales	Específica
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Básica
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	SI	Técnicas de Ing. Gráfica	Básica



Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Básica
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Básica
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	SI	Técnicas de Ing. Gráfica	Básica
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Básica
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Básica
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	SI	TFG	Básica
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Básica
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Básica
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Básica
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Básica
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	SI	TFG	Básica
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Capacidad para aplicar nuevas tecnologías incluidas las tecnologías de la información y la comunicación.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Transversal
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	SI	Técnicas de Ing. Gráfica	Transversal
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Adquirir los conocimientos en las materias básicas y tecnológicas, que capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Transversal
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		



Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Ser capaz de comunicarse de forma efectiva en otros idiomas, fundamentalmente en inglés.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Transversal
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Tener una actitud ética y responsable de respeto a las personas y al medio ambiente.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Transversal
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

COMPETENCIA: Ser capaz de integrarse rápidamente y trabajar eficientemente en equipos multidisciplinares asumiendo distintos roles y responsabilidades con absoluto respeto a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres.			
UNIVERSIDAD	SI/NO	ASIGNATURA	TIPO
Universidad de Extremadura	SI	Proyectos	Transversal
Universidad de Valladolid	NO		
Universidad de Jaén	NO		
Universidad Politécnica de Cartagena	NO		
Universidad de Oviedo	NO		

Con este panorama competencial parece difícil el establecimiento de criterios uniformes y homogéneos en cualquier nuevo proyecto docente máxime cuando desde el punto de vista del mercado laboral las exigencias competenciales están a su vez agrupadas en otros tantos diferentes grandes capítulos.

Pero no es de extrañar tal situación, pues se puede encontrar en la literatura que ya se parte de que aparecen numerosas acepciones de la palabra competencia. En el listado que se adjunta a continuación (Cano, M.E., 2008) se recogen unas cuantas definiciones de las muchas que se pueden encontrar:

- *Aptitud para enfrentar eficazmente una familia de situaciones análogas, movilizand o a conciencia y de manera a la vez rápida, pertinente y creativa, múltiples recursos cognitivos: saberes, capacidades, micro-competencias, informaciones, valores, actitudes, esquemas de percepción, de evaluación y de razonamiento.*
- *Saber hacer complejo resultado de la integración, movilización y adecuación de capacidades y habilidades (pueden ser de orden cognitivo, afectivo, psicomotor o sociales) y de conocimientos (conocimientos declarativos) utilizados eficazmente en situaciones que tengan un carácter común (situaciones similares, no generalizable a cualquier situación).*



- *Saber hacer complejo que exige un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores y virtudes que garantizan la bondad y eficiencia de un ejercicio profesional responsable y excelente.*
- *Capacidad de aplicar conocimientos, destrezas y actitudes al desempeño de la ocupación que se trate, incluyendo la capacidad de respuesta a problemas, imprevistos, la autonomía, la flexibilidad, la colaboración con el entorno profesional y con la organización del trabajo.*
- *Posee competencias profesionales quien dispone de los conocimientos, destrezas y actitudes necesarias para ejercer una profesión, puede revisar los problemas profesionales de forma autónoma y flexible y está capacitado para colaborar en su entorno profesional y en la organización del trabajo.*
- *Ser capaz, estar capacitado o ser diestro en algo. Las competencias tienden a transmitir el significado de lo que la persona es capaz de o es competente para ejecutar, el grado de preparación, suficiencia o responsabilidad para ciertas tareas.*
- *Grado de utilización de los conocimientos, las habilidades y el buen juicio asociados a la profesión, en todas las situaciones que se pueden confrontar en el ejercicio de la práctica profesional.*
- *Capacidad para desarrollar con éxito una acción determinada, que se adquiere a través del aprendizaje.*
- *Habilidad aprendida para llevar a cabo una tarea, deber o rol adecuadamente. Tiene dos elementos distintivos: está relacionada con el trabajo específico en un contexto particular e integra diferentes tipos de conocimientos, habilidades y actitudes. Se adquiere mediante el learning-by-doing. A diferencia de los conocimientos, habilidades y actitudes, no se pueden evaluar independientemente. También hay que distinguir las competencias de rasgos de personalidad, que son características más estables del individuo.*
- *Representan una combinación dinámica de atributos, en relación al conocimiento y su aplicación, a las actitudes y responsabilidades, que describen los resultados de aprendizaje de un determinado programa o cómo los estudiantes serán capaces de desarrollarse al final del proceso educativo.*
- *Integración de conocimientos, habilidades, cualidades personales y comprensión, utilizadas adecuadamente y efectivamente tanto en contextos familiares como en circunstancias nuevas y cambiantes.*
- *Capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz.*
- *Integración de conocimientos, habilidades y actitudes de forma que nos capacita para actuar de manera efectiva y eficiente.*
- *Implica tener una habilidad respecto a un dominio básico, pero, sobre todo, implica regulación, monitorización y capacidad de iniciativa en el uso y desarrollo de dicha habilidad.*
- *Capacidad de usar funcionalmente los conocimientos y habilidades en contextos diferentes. Implica comprensión, reflexión y discernimiento, teniendo en cuenta simultánea e interactivamente la dimensión social de las actuaciones a realizar.*



4.3 Competencias para qué tipo de responsabilidades

Como se citaba anteriormente, desde el punto de vista del mercado laboral, las competencias se agrupan de forma diferente a las encontradas en la docencia. En cualquier caso, si por algo debiera tener razón de ser un estudio competencial es por su conexión entre el ámbito académico-docente y el mundo laboral. La oferta y la demanda de la fuerza de trabajo obligan a un punto de encuentro donde conciliar posiciones (Olaz, JA. et al., 2011). En este sentido, y según el Informe Ejecutivo de Estudios de la ANECA denominado “El profesional flexible en la Sociedad del Conocimiento” (ANECA, 2007), se mencionan cinco grandes familias de competencias requeridas por el puesto de trabajo y, por extensión, en el mercado laboral; el conocimiento, el análisis y la innovación, la gestión del tiempo, la organización y la comunicación, que en su máximo desarrollo dan lugar a diecinueve competencias (Tabla nº 7) desde la exigencia del mercado laboral, y que en el caso de las titulaciones técnicas releja el siguiente cuadro:

Tabla 7. Nivel de competencias necesario en “Trabajo actual” y diferencia entre el “Nivel necesario” para desempeño y “Nivel adquirido en la titulación”. Fuente: ANECA

	Nivel de competencias necesario para desempeño del "Trabajo actual" Escala 1-“Muy bajo” a 7-“Muy alto”	Diferencia 'Nivel necesario' - 'Nivel adquirido en titulación' Escala de -6 a +6
<i>Capacidad para hacerse entender</i>	5.8	2.0
<i>Capacidad para coordinar actividades</i>	5.7	2.0
<i>Capacidad para usar el tiempo de forma efectiva</i>	5.7	1.6
<i>Capacidad para encontrar nuevas ideas y soluciones</i>	5.7	1.4
<i>Capacidad para trabajar en equipo</i>	5.7	1.4
<i>Capacidad para rendir bajo presión</i>	5.7	1.4
<i>Capacidad para utilizar herramientas informáticas</i>	5.6	1.7
<i>Dominio de su área o disciplina</i>	5.5	1.4
<i>Capacidad para adquirir con rapidez nuevos conocimientos</i>	5.5	0.6
<i>Capacidad para redactar informes o documentos</i>	5.4	1.3
<i>Capacidad para hacer valer tu autoridad</i>	5.3	2.3
<i>Predisposición para cuestionar ideas propias o ajenas</i>	5.2	1.3
<i>Capacidad para movilizar las capacidades de otros</i>	5.2	2.0
<i>Pensamiento analítico</i>	5.2	0.6
<i>Capacidad para presentar en público productos, ideas o informes</i>	5.0	1.6
<i>Capacidad para negociar de forma eficaz</i>	4.9	2.3
<i>Capacidad para detectar nuevas oportunidades</i>	4.7	1.6
<i>Conocimientos de otras áreas o disciplinas</i>	4.4	0.9
<i>Capacidad para escribir y hablar en idiomas extranjeros</i>	3.7	1.4



Sin embargo, vuelve a existir aquí una cierta discrepancia con la realidad del mundo laboral. Sin entrar en demasiado análisis, pues supondría un exhaustivo trabajo adicional y complementario a lo que se busca en el presente trabajo, las grandes empresas de selección y reclutamiento de personal en el ámbito nacional presentan a sus candidatos otras listas de competencias que, en la mayoría de los casos de futuros graduados, tienen actualmente una orientación más definida hacia la inteligencia social y emocional. Quizás esta diferencia tenga relación con el hecho de que el énfasis en los conocimientos teóricos es muy elevado en todas las titulaciones, especialmente en las de ciclo largo, posicionándose nuestro país entre aquellos en los que la enseñanza teórica es más enfatizada con niveles bajos comparativamente hablando en lo concerniente a la enseñanza práctica (ANECA, 2007). Ya en el año 1996, Daniel Goleman (Goleman, D., 1996) escribía que “La inteligencia académica no ofrece la menor preparación para la multitud de dificultades –o de oportunidades– a la que deberemos enfrentarnos a lo largo de nuestra vida”. En comparación con el citado listado de competencias de ANECA, se ha encontrado el siguiente cuadro que muestra el listado de competencias basado en el Diccionario de Referencia de Competencias Laborales de Hay / Mc Bear (DuocUC, 2002) desarrollado por Hay Group Internacional (Figura nº 4.3).

CAPACIDADES COGNITIVAS Y HABILIDADES INTELECTUALES	HABILIDADES CONDUCTUALES	RASGOS DE LA PERSONALIDAD	ACTITUDES VALÓRICAS
<ul style="list-style-type: none"> • Juicio Crítico • Pensamiento Analítico • Pensamiento Conceptual • Pensamiento Relacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación Oral y Escrita (Persuasión) • Liderazgo • Trabajo en Equipo y Colaboración • Organización del Trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Auto Control • Autonomía – Autoconfianza • Comprensión Interpersonal y Empatía • Disposición a Aprender • Flexibilidad • Iniciativa - Proactividad • Orientación al Logro 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso (Identificación con la Empresa) • Ética – Integridad • Orden y Calidad • Responsabilidad

Figura 4.3 Listado de Competencias. Fuente: Diccionario de Competencias Hay / McBear



Si bien existen vías de incorporación progresiva al mundo laboral (becas en prácticas, emprendeduría en la universidad (startups), ...), la mayoría de los egresados se encuentran, al acabar el periodo universitario, con un mundo laboral sustancialmente diferente con lo que acaban de finalizar. Estudiar y trabajar son completamente diferentes. La perplejidad que llegan a experimentar es significativamente preocupante en las carreras técnicas que son aquellas que directamente “producen” recursos para la industria que los requiere.

Por otra parte, no debemos obviar que la irrupción de determinadas empresas de servicios ha hecho tambalear los modelos de empresa tradicionales. Estas empresas, las organizaciones ExO (Organizaciones exponenciales), utilizan técnicas organizativas y nuevas metodologías impulsadas por tecnologías aceleradoras que les ha permitido crecer a un ritmo exponencial, y que, en pocos años, han alcanzado cuotas de mercado inimaginables hasta hoy. Estas sociedades, que crecen a ritmos exponenciales, han sido estudiadas con el objetivo de establecer un nuevo modelo de empresa que nos permita competir y adaptarnos a un mercado profundamente acelerado. En el siglo pasado las empresas de mayor prestigio permanecían en el mercado una media de 65 años, cuando a día de hoy se estima que ha pasado a ser 15 años. Por tanto, los futuros egresados deben ser suficientemente flexibles y permeables a las nuevas tecnologías y metodologías.

Este salto cualitativo, entre estudiar y trabajar, deberá ser especialmente soslayado con una adecuada orientación de las competencias que se trabajan en el mundo académico hacia las habilidades que se esperan y se demandan en el mundo laboral. Problema que, en España, se ve acentuado en relación con el resto de los países de la UE ([Eurobarometer, 2014](#)), apareciendo en penúltima posición, delante únicamente de Grecia, cuando se mide el grado de acuerdo o desacuerdo en que la formación recibida prepara a los estudiantes con las competencias necesarias para encontrar un trabajo de acuerdo a su cualificación (Figura 4.4)



QB8. To what extent do you agree or disagree that your education or training has provided (or is providing) you with the necessary skills to find a job in line with your qualifications?

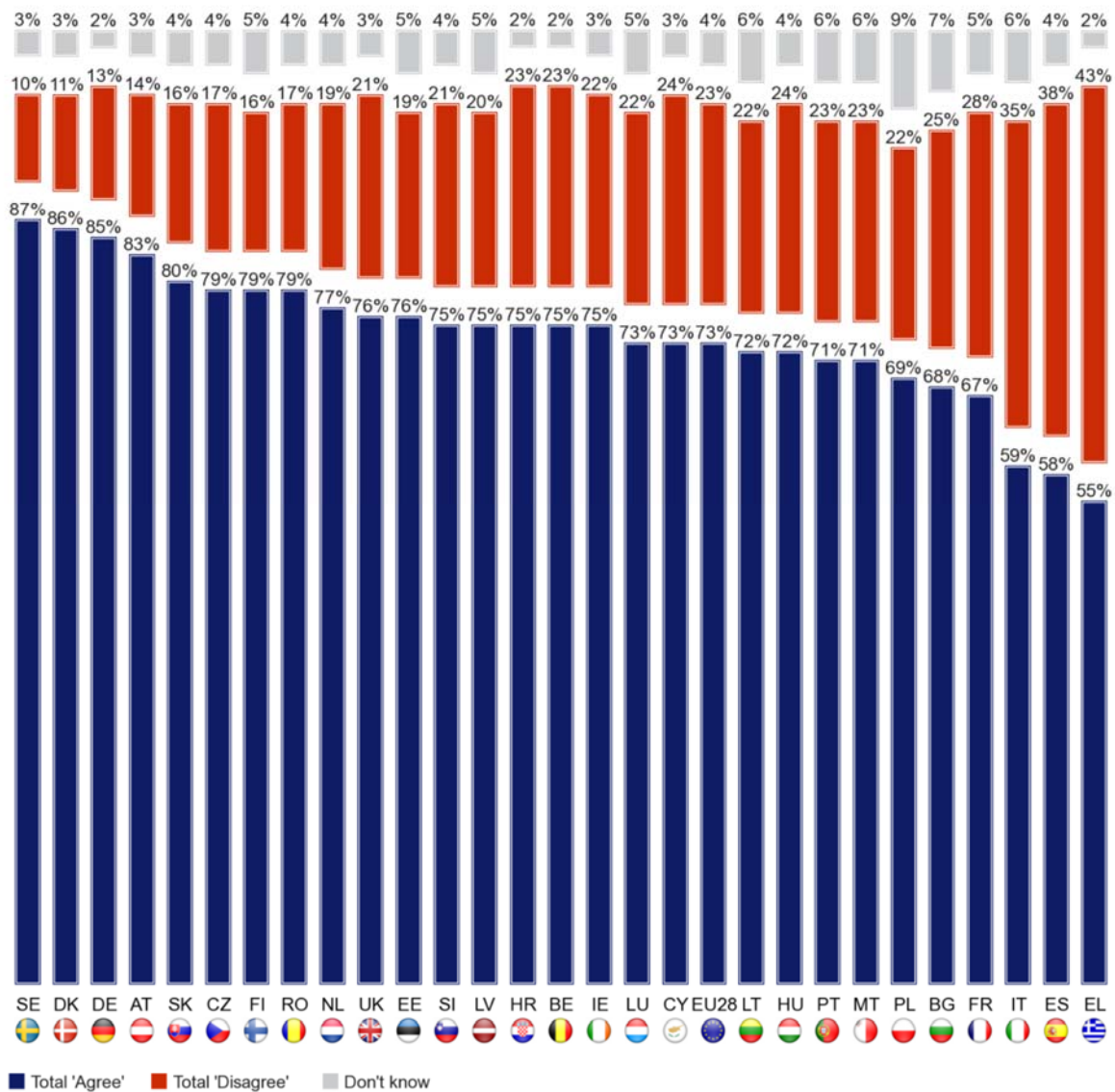


Figura 4.4. Grados de acuerdo y desacuerdo en que la formación prepara en competencias necesarias para encontrar un trabajo de acuerdo a la cualificación.

Fuente: Eurobarometer 2014

Parece obvio, por tanto, que se requiere, en primer lugar, una clara definición de objetivos a alcanzar en cuanto a las competencias que deben llevar en su mochila los egresados cuando acuden al mercado laboral. Y para ello, es importante, sino primordial, la valoración de los empleadores sobre las competencias de los recién graduados.



En el estudio sobre la empleabilidad y las competencias de los recién graduados realizado en el año 2014 por la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña (AQU, 2015) ya se parte de que, para determinar las necesidades de formación, hay que complementar la medida de las competencias con su grado de utilidad. Para ello, la valoración de las competencias debe realizarse desde una doble perspectiva: la importancia o relevancia que tienen para el mundo laboral, y la satisfacción con esas competencias. En el citado informe de AQU las competencias valoradas incluyen competencias teóricas, prácticas, cognitivas, de gestión personal, instrumentales, interpersonales y de actitud y ética profesional (Tabla nº 8).

Tabla 8. Competencias de universitarios recién titulados en la empresa valoradas según AQU 2014

Formación teórica y práctica
(1) Formación teórica
(2) Formación práctica
Competencias cognitivas
(3) Análisis y resolución de problemas
(4) Habilidades numéricas
(5) Capacidad para tomar decisiones
(6) Capacidad para generar nuevas ideas y soluciones
Competencias de gestión personal
(7) Capacidad de aprender y actuar en nuevas situaciones
(8) Trabajo autónomo (determinar las propias tareas, métodos y distribución de tiempo)
Competencias instrumentales
(9) Habilidades comunicativas: expresión oral y escrita, habilidad para presentar y escribir informes y memorias, etc
(10) Idiomas
(11) Uso de las herramientas de informática más habituales
Competencias interpersonales
(12) Trabajo en equipo
(13) Liderazgo
(14) Habilidades de negociación
Actitud y ética profesional
(15) Responsabilidad en el trabajo

Desde el punto de vista de los empleadores de la muestra que han contratado a recién graduados en los últimos cinco años, la competencia más valorada, con diferencia, es la responsabilidad en el trabajo (8,9 sobre 10), seguida de la capacidad de aprender (8,4), el trabajo en equipo (8,3) y las herramientas



informáticas y la resolución de problemas (8,2). Estas competencias coinciden con las más valoradas en otros estudios similares (Figueras M., 2013; Freire M.J., 2007), siendo siempre la responsabilidad en el trabajo la que se considera más importante.

Competencias más valoradas según informe AQU:

- RESPONSABILIDAD EN EL TRABAJO
- CAPACIDAD DE APRENDER
- HERRRAMIENTAS INFORMÁTICAS
- RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Si esto lo comparamos con los principales resultados del estudio del Eurobarómetro (Eurobarometer, 2010) en relación con la valoración de las competencias de los recién titulados, vemos que, en este caso, se señalan la alta valoración del trabajo en equipo, las competencias específicas del sector y las habilidades comunicativas como las más importantes. Competencias, estas tres últimas, que consideramos básicas para un correcto desarrollo profesional en cualquier rol a desempeñar en metodología BIM.

Competencias más valoradas según Eurobarómetro 2010:

- TRABAJO EN EQUIPO
- COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DEL SECTOR
- HABILIDADES COMUNICATIVAS



4.3.1 Los roles BIM

La adopción del BIM en las empresas del sector AEC está generando la aparición de nuevos roles y relaciones entre los miembros participantes de los equipos de desarrollo (Gu, N. et al., 2010). Los roles no definen una nueva disciplina, no se trata de un cargo sino de responsabilidades sobre determinadas acciones que deben ser llevadas a cabo durante todo el ciclo de vida del proyecto. Una persona puede ejercer más de un rol y un rol puede ser ejercido por varias personas. Los roles pueden ser desempeñados por personas existentes en un equipo al capacitarse para ello. Al adoptar BIM es vital que las personas estén suficientemente capacitadas en el uso de la nueva metodología para que puedan contribuir al cambiante entorno laboral. Es importante tener presente que la capacitación forma parte esencial del proceso para que la implementación de BIM tenga éxito. Todos los miembros afectados deben ser expertos en el uso de BIM en relación con su campo específico y su rol asignado.

En el estudio de Yan y Demian (Yan, H. et al., 2008) ya se reveló que la mayoría de las compañías que no usaban BIM creían que la capacitación sería demasiado costosa en cuanto a tiempo y recursos humanos. En él se sostiene, además, que la cuestión de la formación es el mayor obstáculo para la adopción de la BIM en las empresas debido a los costes derivados del cambio, dado que las decisiones se toman principalmente sobre la base de la perspectiva empresarial de obtener un beneficio. La industria del sector AEC generalmente no se ha mostrado muy interesada en invertir debido, entre otras razones, al número insuficiente de estudios sobre el tema que muestren el beneficio financiero potencial de BIM. También se constata una habitual resistencia al cambio. Muchos arquitectos están familiarizados y satisfechos con sus herramientas de diseño y procesos de trabajo actuales y son escépticos ante los beneficios de esta nueva tecnología. Esto hace que algunos actores no estén interesados en aprender a utilizar las herramientas asociadas a BIM. Y es aquí donde juega un papel primordial la formación académica.



Para ello, se hace imprescindible identificar los nuevos roles que aparecen en el sector de la construcción como consecuencia de las oportunidades de trabajo que ofrece la metodología BIM y que se desarrollan en el proceso constructivo. Los hábitos, el comportamiento y la persistencia de la cultura corporativa a menudo se subestiman cuando se introduce BIM en la forma de trabajar de una empresa. Trabajar con BIM requiere que los empleados desarrollen diferentes competencias y un cambio de mentalidad. Las nuevas actividades que se generan pueden añadirse a la descripción del trabajo ya existente, pero sin lugar a dudas dan lugar a nuevos roles de producción y de gestión. De hecho, los propios profesionales, hoy por hoy, no se ponen de acuerdo a la hora de interpretar qué hace exactamente cada rol BIM y las empresas están generando sus propios roles. Esto lo hacen apoyándose en la normativa genérica, aunque no se debe olvidar que ya suele haber una estructura tradicional de roles implementada antes del BIM. Los roles BIM tienen que encajar con la estructura de roles pre-BIM, tarea que no siempre es sencilla de llevar a cabo.

En la propuesta del subgrupo 2.3 del Grupo de Trabajo 2: Personas, de la Comisión esBIM ([es.BIM 2.3, 2017](#)), se consideran, como equipos en un proyecto BIM, todos aquellos que intervienen en él durante la totalidad de su ciclo de vida. Consecuentemente se debe estudiar el proyecto BIM a lo largo de las etapas de su ciclo de vida y en cada una de sus fases analizando los equipos de trabajo que colaboran en su desarrollo.

El que inicia la puesta en marcha del proyecto BIM es el Promotor o Cliente y a partir de este momento se van incorporando los siguientes equipos:

- Equipo del Promotor / Cliente
- Equipo de Gestión del Proyecto
- Equipo de Diseño del Proyecto
- Equipos de Construcción
 - Equipo de Dirección de Construcción



- Equipo de Producción
- Equipo de Post-Construcción:
 - Equipo de Operación y Mantenimiento
- Equipos de De-Construcción:
 - Equipo de Demolición
 - Equipo de Reutilización
 - Equipo de Reciclaje

A pesar de que la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) ([B.O.E. Num.266, 1999](#)) no contempla los equipos anteriormente enumerados como Agentes, con esta propuesta se pretende plantear conceptos que suponen una evolución respecto al modelo actual y mucho más amplio. Se propone también una relación de los distintos roles que intervienen en un proyecto BIM, tanto usuarios BIM como en otras actividades derivadas de la metodología BIM.

- Promotor / Cliente
- Director de Proyecto BIM
- Director de la Gestión de la Información
- Director Técnico BIM
- Director de la Gestión del Diseño
- Director de la Gestión de la Ejecución
- Director del Equipo de Trabajo
- Coordinador BIM
- Modelador BIM
- Otros Profesionales BIM:
 - Analista BIM



- Coordinador CAD
- Director Técnico CAD
- Programador de aplicaciones BIM
- Especialista IFC
- Facilitador BIM
- Consultor BIM
- Investigador BIM

Pero en todo caso, son tres las figuras centrales que dan consistencia a un proyecto BIM:

Director de Proyecto BIM. Persona nombrada por el cliente para liderar al equipo de proyecto BIM, gestionar el proyecto BIM, y alcanzar los objetivos para que se cumplan las expectativas del cliente. El BIM Project Manager (BIM PM) forma parte del Equipo de Gestión del Proyecto ([es.BIM 2.3, 2017](#)). Como gestor de proyectos BIM, el BIM PM tiene un papel de dirección en el cual se es responsable de fijar metas, exigencias y condiciones de los contratos. Además, es el responsable de la preparación de todos los aspectos BIM de dichos contratos y de los acuerdos de trabajo con todas las partes interesadas en el proceso de constructivo, incluyendo la redacción de un Protocolo BIM y/o un plan de implementación de BIM. Por otro lado, es el responsable de guiar y supervisar el progreso del proceso BIM, contribuyendo al proceso de aprendizaje y cambio dentro de la organización y en toda la cadena de producción. Se trata de un perfil que debe operar a nivel estratégico, táctico y operacional para aunar intereses y objetivos entre los diferentes participantes y animarles a que colaboren durante todo el proyecto.

La función de BIM Project Manager se asigna normalmente a un miembro del personal que desarrolla su labor a nivel de gestión de proyectos y que responde



ante la dirección o ante el responsable de los proyectos BIM (BIM Team Manager).

La persona que desarrolla el papel de BIM Project Manager debe poseer cualidades de liderazgo y organización y tener la capacidad de establecer relaciones de cooperación entre las diferentes partes, a nivel estratégico y también táctico. Además, deberá ser analítico y poseer una mentalidad visionaria. Para este perfil, son importantes también las habilidades de comunicación que puedan garantizar una colaboración eficaz entre todas las partes. Deberá mantenerse informado de todos los desarrollos recientes dentro del campo y, por tanto, deberá ser capaz de trasladar estos desarrollos al contexto operativo de los proyectos BIM. De igual forma, deberá mantener un conocimiento actualizado de la gestión de los procesos constructivos, del propio BIM, de las IT, de los estándares abiertos y de la gestión del cambio.

Coordinador BIM. Se trata del miembro del equipo responsable de coordinar los aspectos constructivos específicos de BIM tanto a nivel técnico como de sistemas. Es la figura clave cuando se trata de conectar los modelos constructivos, con los de planificación, los de simulación y renderizado y en general, con el resto de programas que aportan información al proyecto. Su trabajo consiste en diseñar y probar modelos de construcción (comprobación de modelos y control de interferencias) y generar la información necesaria para la producción asegurando la compatibilidad del modelo BIM con el resto de disciplinas. Desde dentro del equipo es, por tanto, quien coordina la colaboración y el trabajo entre las diferentes partes.

El rol de Coordinador BIM se asigna normalmente a un director oficina técnica con experiencia, a un ingeniero de construcción o a un coordinador de proyectos. Debe reportar e informar al BIM PM, quien lo suele designar o, en función de la dimensión de la compañía, al responsable de los proyectos BIM (BIM Team Manager).



El Coordinador BIM debe poseer conocimientos técnicos, habilidades analíticas y organizativas y ser capaz de establecer, a nivel operacional, coherencia y cooperación con y entre las partes internas y externas. Así mismo, deberá mantenerse informado de todos los acontecimientos recientes y novedades en este campo siendo capaz de traducir estos desarrollos en el contexto operativo de los proyectos BIM. Al igual que el BIM PM, deberá mantener un conocimiento actualizado de la gestión de los procesos constructivos, del propio BIM, de las IT, de los estándares abiertos y de la gestión del cambio.

Modelador BIM. Se trata del ingeniero y/o diseñador 3D dentro del proceso BIM especializado en construcción y que proporciona la información fundamental para todas las disciplinas relacionadas con el uso de herramientas de software BIM. Es quien crea las visualizaciones 3D, quien añade elementos de construcción a la biblioteca de objetos y quien enlaza los datos de dichos objetos. Opera durante la fase de diseño, siguiendo protocolos claros y accesibles.

El papel del modelador BIM se asigna normalmente a un diseñador (3D - CAD). Se trata de un rol que puede asignarse interna o externamente y que reporta al Coordinador BIM y/o al Gerente de Proyecto de BIM. Coordina de forma continua y cuidadosa su trabajo con terceros, como arquitectos, asesores, contratistas y proveedores.

El modelador BIM debe poseer habilidades técnicas y analíticas y debe ser capaz de gestionar, organizar y combinar información. Se entiende que debe ser una persona creativa y un verdadero solucionador de problemas y ello al mismo tiempo que mantiene el enfoque en la calidad llevando a cabo las tareas de manera estructurada y disciplinada. Se debe mantener informado de todos los avances en este campo siendo capaz de trasladar estos desarrollos al contexto operativo del proyecto BIM. Se trata de un perfil profesional con experiencia y con capacidades asumibles por un graduado medio, con conocimientos de



modelado en 3D, BIM, TIC y, en particular, en la utilización de tecnologías abiertas y de librerías de objetos.

4.4 Cómo implantar BIM en una universidad / escuela

Ya se ha comentado en puntos anteriores la proliferación de acciones individuales y esporádicas en la implantación de la metodología BIM en las escuelas y universidades de nuestro país, sin que haya habido, quizás hasta la aparición de los encuentros de usuarios BIM en Valencia, una estrategia, o al menos, una preocupación por disponer de planes globales que aúnen intereses y objetivos en la materia. Las iniciativas que afloran no se caracterizan precisamente por disponer de métodos de implantación correctamente diseñados, estando estructurados y guiados más por las particularidades y preocupaciones de los propios promotores que por la realización de un análisis profundo de la situación y necesidades del sector.

Y es, en estos encuentros materializados posteriormente como congresos BIM, cuando se ponen de manifiesto las debilidades de un sector que pretende adoptar una metodología y que no es capaz de adoptar una estrategia común de implantación.

En todo caso, las opciones para incorporar el BIM en la educación universitaria pasan por cuatro vías reconocidas por los investigadores ([Ghosh, A. 2013](#)): a) impartir BIM a través de asignaturas o talleres, b) introducir un nuevo grado centrado en BIM, c) reestructurar un programa de un grado ya existente para incluir la metodología BIM, d) integrar el BIM con el currículo de un grado AEC ya existente.

4.4.1 Estrategias top-down y bottom-up

Por todos es conocido que los términos top-down, de arriba abajo, y bottom-up, de abajo arriba, proceden de clasificar e identificar estrategias de procesamiento



de información características de las ciencias de la información, especialmente en lo relativo al software y que, por extensión, se han aplicado también a otras ciencias sociales y exactas

En el modelo *top-down* se formula un resumen del sistema, sin especificar detalles. Cada parte del sistema se refina diseñando con mayor detalle. Cada parte nueva es entonces redefinida, cada vez con mayor detalle, hasta que la especificación completa es lo suficientemente detallada para validar el modelo. En contraste, en el diseño *bottom-up* las partes individuales se diseñan con detalle y luego se enlazan para formar componentes más grandes, que a su vez se enlazan hasta que se forma el sistema completo. Las estrategias basadas en el flujo de información "bottom-up" se antojan potencialmente necesarias y suficientes porque se basan en el conocimiento de todas las variables que pueden afectar los elementos del sistema.

En su tesis doctoral ([Oliver, I., 2015](#)) Inmaculada Oliver, ya planteaba la necesidad de referirse a las estrategias de implantación top-down y bottom-up para analizar la situación pasada y presente de la incorporación del BIM a la formación universitaria. Estas estrategias responden a modelos diferentes, aunque en algunos casos complementarios, que contemplan la dirección y el sentido de las acciones hasta su implantación. Pero sus diferencias no residen únicamente en su denominación y el sentido que toman a partir de uno u otro origen. Las diferencias fundamentales entre ambas estrategias residen en el porqué de su origen en uno u otro nivel (abajo o arriba), pero, sobre todo, en las motivaciones e implicaciones de los miembros de la organización, que son los causantes de que eso ocurra en un nivel concreto. Los resultados de una u otra elección dependerán, por tanto, del tipo de organización, de su estructura, de la visión y objetivos a alcanzar y de su forma de trabajo.

A la fecha de realización del presente trabajo ya existe una estrategia nacional top-down liderada por el Gobierno de la Nación a través de la Comisión esBIM de la cual ya se han referido partes en apartados anteriores y que, como hemos comentado, fluye a partir de un punto más elevado en la pirámide, la Directiva



Europea 2014/24/UE (Parlamento Europeo, 2014). Sin embargo, y en lo referente a la formación del BIM en la Universidad, debe resaltarse que su aparición es posterior a la existencia de iniciativas individuales y, en principio no coordinadas, que han servido de germen y acicate para la aparición de dicha estrategia. Podríamos decir, por tanto, que, sin haberse constituido como estrategia bottom-up, las diferentes experiencias de implantación de la metodología BIM por parte de los profesionales docentes de otras tantas universidades han promovido la generación de la citada estrategia nacional.

Estamos pues en un momento y una situación en que la complementariedad de ambos enfoques e iniciativas puedan solventar y soslayar los inconvenientes de cada una de ellas produciéndose una sinergia que permita alcanzar el éxito de la implantación con un mayor grado de probabilidad.

Aprendiendo entonces de esta experiencia, si existe el objetivo de implementar la formación en metodología BIM en una universidad concreta o escuela politécnica, y se pretende alcanzar un alto grado de éxito en el objetivo, no se debería pasar por alto la necesidad de establecer fuertes lazos de colaboración entre las estructuras administrativas y gerenciales de cada universidad y los diferentes departamentos o áreas departamentales afectadas. Es cuando aparece en escena una de las competencias básicas a fomentar en los egresados, el trabajo en equipo y la mentalidad ganar-ganar.

“Pensamos en triunfar relacionado al hecho de que otro falle; esto es si yo gano, tu pierdes. O si tú ganas, yo pierdo. El principio ganar-ganar (win-win) ve la vida como un escenario cooperativo, no competitivo; un marco en el que mente y corazón buscan constantemente el beneficio mutuo en las interacciones del ser humano”. Stephen Covey. Los siete hábitos de la gente altamente efectiva (Covey, S., 1997)



Los enfoques *bottom-up* han sido profusamente aplicados a las ciencias de la computación, donde son empleadas para dar soluciones en entornos extremadamente complejos, que no permiten una solución a priori. No podríamos denominarlos de ningún modo como alternativos, pero es cierto que han sido menos empleados que los clásicos enfoques *top-down* (verticales, jerárquicos). La interoperabilidad es un claro ejemplo de enfoque *bottom-up*. El diseño modular y la proactividad serían sus características fundamentales. Las propiedades derivadas de la proactividad son: complementariedad, permanencia y resistencia. Complementariedad interna y externa, como ventaja interna, para consolidar la relación *win-win* entre diferentes organizaciones y permanencia como garantía de sostenibilidad de la iniciativa, ya que no precisa apoyos económicos y/o políticos (Fernández, A.J. et al., 2014).

4.5 Barreras y resistencia académica para la integración del BIM

Son numerosos los problemas que se pueden encontrar al implementar BIM en la industria de la AEC derivados de las diferentes barreras que impiden la adopción efectiva de la metodología BIM (Lindblad, H., 2013; Mandhar, M., 2013). Algunas de estas barreras son bastante sencillas de eliminar, mientras que otras podrían considerarse imposibles de mitigar (Gökstorp, M., 2012). En la literatura se pueden encontrar numerosos estudios que permiten identificar estas barreras de adopción del BIM en la industria de la construcción en diferentes países.

En su tesis sobre la aplicación del BIM en el sector AEC, (AbuHamra, L.A., 2015) lleva a cabo un profundo análisis de las barreras encontradas a la hora de su implementación, exponiendo diferentes clasificaciones que permiten un mejor entendimiento y comprensión de estos obstáculos (Figura 4.5)

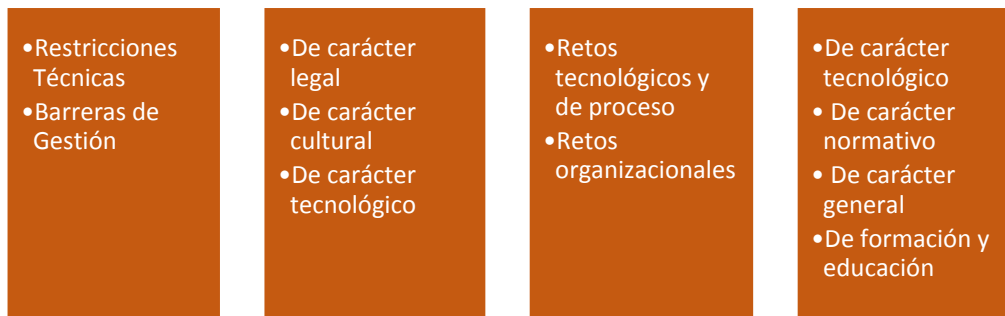


Figura 4.5 Clasificaciones de las barreras para la implementación del BIM según AbuHamra, L. 2015

A partir de esta información, cualesquiera de los obstáculos referenciados por los diferentes autores que estudia en su tesis pueden agruparse en tres categorías relevantes (Figura 4.6); las relacionadas con el producto, las relacionadas con el proceso y las relacionadas con las personas.

PRODUCTO:

- INTEROPERABILIDAD
- DIFERENTES VISIONES DEL BIM
- POCA ADAPTACIÓN A LAS NECESIDADES DEL USUARIO

PROCESO:

- PROCESOS CAMBIANTES
- RIESGOS INHERENTES AL USO DE UN ÚNICO MODELO
- ASPECTOS LEGALES
- INTERESES PARTICULARES DE LOS AGENTES INVOLUCRADOS
- FALTA DE DEMANDA EN EL MERCADO
- COSTES INICIALES

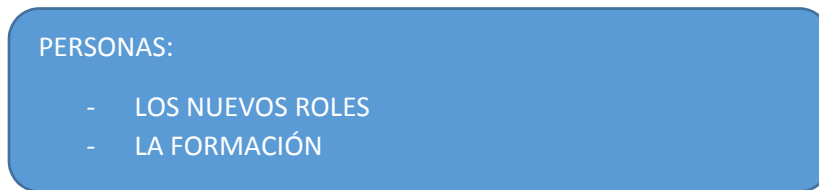


Figura 4.6 Barreras para la implementación del BIM en el sector AEC según AbuHamra, L. 2015

Pero las dificultades en la implantación del BIM no sólo se refieren a la práctica sino también a la educación. Ya Manish y Meenakshi Mandhar, (Mandhar, M., 2015) distinguen entre las barreras y obstáculos en la implementación del BIM en ambos sentidos (Figura 4.7). Según el autor, las escuelas de arquitectura y las prácticas arquitectónicas se enfrentan a conceptos erróneos similares sobre la realidad de BIM detectando que existe una falta general de comprensión de su aplicación. Los problemas en la implementación de BIM en las Escuelas de Arquitectura pueden atribuirse, en primer lugar, a la falta de disponibilidad de personas con los conocimientos necesarios para enseñarlo y, en segundo lugar, al dilema a la hora de decidir entre enseñar la tecnología o el proceso que hay detrás de BIM frente a la formación de los estudiantes en el manejo de un software BIM en particular.

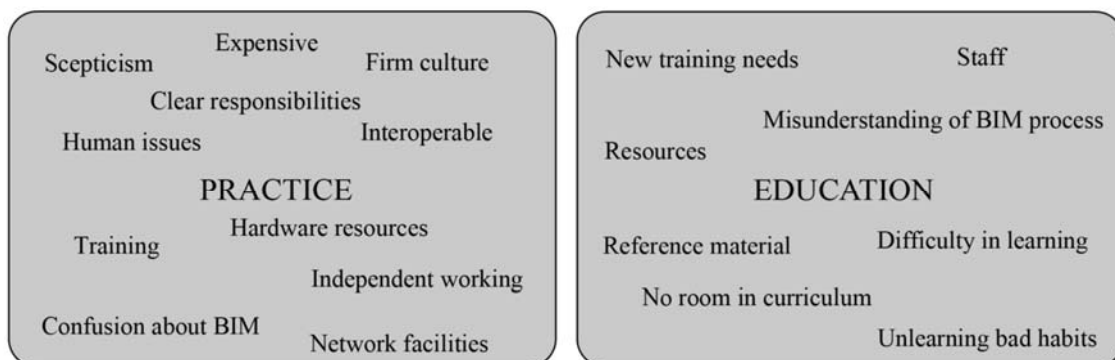


Figura 4.7 Barreras y obstáculos en la implementación del BIM en la formación y en la práctica arquitectónica (Fuente: Mandhar, M. et al)



En todo caso, podemos afirmar que los principales problemas que los docentes se pueden encontrar a la hora de implementar la formación en metodología BIM en sus programas son:

- Cómo encajar los nuevos temas dentro de una programación curricular de por sí ya saturada.
- Resistencia al cambio de los hábitos de enseñanza establecidos a lo largo del tiempo.
- Resistencia a asumir un nuevo tema en el que los docentes no son expertos o a reciclarse en un área con el que no están familiarizados.
- Encontrar una sensación abrumadora al tratar de mantenerse actualizado en unas tecnologías que evolucionan a un ritmo muy elevado.
- Falta de tiempo disponible por parte de los docentes para prepararse en el manejo y capacidad de enseñanza de la multitud de softwares existentes en cada uno de los temas que se abordan con BIM.
- Falta de recursos para convertir clases teóricas en clases / talleres prácticos multidisciplinares que requieren menor número de alumnos.

4.6 Tres casos de estudios internacionales de integración del BIM

En este punto, se ha procedido al análisis de tres casos de integración del BIM en diferentes universidades, revisando cómo se han acercado a esta metodología y cómo han llevado a cabo su implementación. Para la elección de los casos se ha tenido en cuenta la localización geográfica (un caso norteamericano, un caso europeo y un caso asiático) con la intención de poner



en valor diferentes perspectivas, métodos y culturas educativas de tal forma que la diversidad de las situaciones pueda enriquecer el análisis. Con esta selección se tiene en cuenta, además, la diferencia del nivel de adopción del BIM en el sector AEC, lo que redundará en una visión más amplia de cómo se puede abordar su implementación en la educación superior.

De acuerdo a Ali Abbas, (Abbas, A. et al., 2016) en los EE.UU., existen numerosos programas de grado que dan soporte a la industria de la AEC, entre los que se incluyen Ingeniería Civil, Arquitectura, Ingeniería Arquitectónica, Ingeniería de la Construcción y Gestión de la Construcción. No obstante, el estudio realizado por Sacks, R. y Pikas, E. (Sacks, R. et al., 2013) destaca que muy pocos de ellos han incorporado contenido BIM en sus planes de estudio. El desafío que se plantea es que la mayoría de las universidades no entienden qué habilidades se necesitan en la industria de la construcción. Además, se ha investigado poco sobre los métodos de enseñanza de BIM, los contenidos de los cursos y los objetivos y resultados de la formación en BIM.

En todo caso, se ha elegido un artículo del profesor Wei Yan (Yan, W., 2010) de la Texas A&M University¹³ por ser ésta una de las universidades pioneras en la enseñanza de técnicas BIM y uso de software BIM (Barison, M.B. et al., 2010) en los Estados Unidos de América.

Para el caso europeo, la referencia se ha tomado en la Universidad de Coventry¹⁴, del Reino Unido, por disponer de un Departamento transversal a las disciplinas de ingeniería civil, arquitectura y construcción. Como ya se ha comentado en puntos anteriores, en el Reino Unido existe desde el año 2016 un mandato gubernamental para que todos los proyectos públicos de edificación utilicen la metodología BIM. Este requisito ha forzado a numerosas universidades a iniciar la integración de dicha metodología en la educación superior en los grados AEC.

[13] www.tamu.edu [14] www.coventry.ac.uk



Y, por último, el caso asiático se ha analizado teniendo en consideración el estudio de Abbas, A. (Abbas, A. et al., 2016), por haber sido realizado a partir de las experiencias de diferentes universidades de ingeniería en Pakistán mediante la realización de encuestas que han permitido identificar el nivel de implementación del BIM en el país, muy escaso e incipiente, y las barreras más importantes que se encuentran para su integración.

4.6.1 Universidad de Texas A&M

El planteamiento investigador del profesor Wei Yan, sobre la educación en BIM y su propia experiencia en la enseñanza de BIM en los planes de estudios de arquitectura, tanto a nivel de grado como de postgrado, les ha permitido realizar una prospección exhaustiva de las enseñanzas impartidas en su Universidad sobre el BIM y los conceptos asociados a esta metodología.

Su propuesta es la de cubrir la mayoría de los temas gradualmente, desde los niveles de grado hasta los cursos posteriores de posgrado. Sin embargo, son conscientes de que no pueden dar cobertura a todos los temas debido fundamentalmente a los límites de tiempo, entendiendo que algunos de ellos pudieran ser adecuados para la integración de BIM en otros cursos en los que la docencia se pueda impartir en clases que permitan el trabajo en equipo. Como ejemplo, sugiere que el concepto de escalabilidad aplicado al BIM pudiera aprenderse durante el desarrollo de un proyecto de investigación para la elaboración de una tesis doctoral. Por ello, apuntan que el desarrollo de habilidades BIM se lleve a cabo de una forma gradual e incremental, en un plan de estudios estratificado, tomando como modelo que en el primer año de universidad se trate sobre el modelado; en el segundo año y tercer año sobre la simulación y análisis para la construcción y el cuarto año y posteriores se oriente la formación hacia la personalización.

Es importante señalar la consideración realizada en el análisis sobre cómo han llevado a cabo el feedback de la información recogida. La evaluación ha sido



empírica a través de la valoración de los estudiantes de los diferentes cursos observando unas puntuaciones consistentemente altas y, por tanto, alentadoras, incluso en un curso experimental llevado a cabo sobre BIM.

En la etapa de grado, el BIM ha sido uno de los componentes principales de los cursos habiéndose centrado en los siguientes temas:

- Modelado de geometría 3D
- Modelado de objetos de construcción
- Información del modelado
- Conocimiento específico del sector
- Representación

Para cada tema se introdujeron teorías básicas enseñando a los alumnos una selección de funcionalidades del software que permitiera cumplir con los requisitos de modelado de los proyectos. Las aplicaciones BIM básicas requeridas en los cursos incluyen: modelado de edificios, ilustración del comportamiento de los usuarios basada en imágenes generadas por BIM, renderizado fotorrealista, animación de recorridos y vuelos, y análisis solar, siendo los objetivos buscados los que se reflejan en la siguiente tabla (Tabla nº9):

Tabla 9. Objetivos del aprendizaje BIM en los estudios de Grado en la Universidad Texas A&M

OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE EN GRADO		
<i>Dominar los métodos básicos de BIM, incluyendo el modelado geométrico y no geométrico de la información del edificio</i>	<i>Adquirir habilidades de visualización como una forma de comunicación del diseño</i>	<i>Adquirir conocimientos básicos sobre herramientas de creación del modelo BIM</i>



En comparación con los estudiantes que utilizaban herramientas CAD tradicionales para modelar el diseño, los estudiantes de estos cursos modelaban edificios más rápidamente con BIM en la mayoría de los casos propuestos, con la excepción de los edificios de forma libre, que por su configuración requieren una mayor capacidad de modelado y un esfuerzo mayor de conocimiento y experiencia con la herramienta. Sin embargo, la limitación de la capacidad de modelado de formas libres de las herramientas BIM existentes en el momento podía superarse combinando herramientas CAD con la capacidad de modelado de sólidos/superficies más sofisticada de las propias herramientas BIM. De esta forma, un diseño de formas libres modelado en BIM podría satisfacer los requisitos de diseño y fomentar la creatividad de los estudiantes. Además, la visualización del diseño con BIM se consideró de mejor calidad. De hecho, los profesores del estudio se mostraron muy satisfechos sobre la posibilidad de experimentar con la realización de ambos cursos vinculados.

El enfoque ideal del planteamiento educativo debería estar en los métodos BIM, sin obviar que se proporcione a los estudiantes una introducción sobre los conceptos BIM y sus herramientas. El profesorado, por su parte, debe estar dispuesto a actualizar de forma activa sus conocimientos sobre la tecnología BIM dada su constante evolución, con el fin de que se puedan difundir de forma efectiva los nuevos conceptos y aplicaciones que se van incorporando. Al mismo tiempo, los profesores deben crear un nuevo ambiente de aprendizaje que permita compartir las habilidades en el manejo del software a medida que aprenden las destrezas necesarias para uso de la metodología BIM. Desde la experiencia de esta Universidad, una buena comprensión del CAD y del BIM por parte del profesorado juega un papel importante en la enseñanza de BIM tanto si el CAD no es un prerrequisito para la matrícula en cursos BIM como en el caso de que se forme a los alumnos en las funciones básicas de las aplicaciones BIM.

En cuanto a los cursos para estudiantes ya graduados, la experiencia de la Universidad, ya iniciada en 2008 y continuada en 2009 y 2010 mediante cursos experimentales de uso del BIM, muestra un claro enfoque hacia la adquisición de



conocimientos orientados a trabajos de tesis, a la investigación e incluso a la práctica profesional. Los alumnos de estos cursos, dotados con 3 créditos, adquirirían conocimientos de técnicas básicas y avanzadas de tecnologías basadas en BIM orientadas a modelar y a recuperar la información del edificio a lo largo de su ciclo de vida, desde el diseño hasta la gestión de las instalaciones, siendo el modelo paramétrico mediante software BIM uno de los principales conceptos a trasladar a los alumnos.

Desde la perspectiva de la formación, Wei Yan entiende que el modelado paramétrico basado en BIM combina la creatividad del diseño, el conocimiento arquitectónico y la integridad de los datos del proyecto; concepto, este último de relevante importancia para el ciclo completo de vida del edificio. Han observado una elevada motivación en los alumnos que han necesitado el uso del modelado paramétrico para crear y usar sus propios diseños. De hecho, los alumnos han llegado a crear sus propios algoritmos para diseñar y modelar determinados elementos constructivos del modelo global. Para ello, han considerado necesario definir como objetivos prioritarios del aprendizaje los tres que se recogen en la Tabla 10.

Tabla 10. Objetivos del aprendizaje BIM en los estudios de Posgrado en la Universidad Texas A&M

OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE EN POSTGRADO		
<i>Comprender cómo se transmiten los parámetros de las familias a las familias anidadas</i>	<i>Crear algoritmos que definan las relaciones paramétricas entre los elementos del edificio</i>	<i>Llegar a entender que el diseño de algoritmos puede ser el proceso real de diseño</i>

Desde esta perspectiva, la gama de aplicaciones de BIM es tan amplia que ningún profesor puede cubrir todos los temas de todo el ciclo de vida del edificio de forma exhaustiva y con profundidad. Por tanto, el profesorado de cursos de



tecnología BIM deberían introducir lo esencial de esta tecnología, que incluiría el modelado orientado a objetos, el modelado paramétrico y la base de datos. De esta forma, se podría dar satisfacción a los diferentes requisitos de su aplicación y a los diferentes intereses que pudiera haber en los estudios de postgrado; ya sea el diseño, la construcción, la operación o el mantenimiento.

En resumen y bajo su experiencia, la educación de postgrado debe estar orientada a que los estudiantes estudien el núcleo de la tecnología más allá del mero uso de las funcionalidades existentes de BIM, teniendo presente la distribución, por niveles de estudio, de conceptos y capacidades de la metodología BIM de acuerdo a la tabla siguiente (Tabla 11).

Tabla 11. Etapa universitaria en la que se debe estudiar el núcleo de la tecnología

CAPACIDADES BIM	GRADO	POSTGRADO
Interface de usuario	SI	SI
Generación de diseños	SI	SI
Facilidad de desarrollo de objetos paramétricos a medida	NO	SI
Escalabilidad	NO	NO
Interoperabilidad	NO	SI
Extensibilidad	NO	SI
Modelado de superficies curvas complejas	SI	SI
Entorno Multiusuario	NO	NO

4.6.2 Universidad de Coventry

La Universidad de Coventry, a través del Departamento de Ingeniería Civil, Arquitectura y Edificación (CAB) ha propuesto la integración curricular de la metodología BIM, teoría y práctica, en los niveles de grado y postgrado (Ahmed, A. et al., 2013). Se buscaba que los alumnos, una vez graduados, hubieran



adquirido el mayor conocimiento posible del BIM y su uso a partir de la adquisición de habilidades tanto teóricas como prácticas.

Esta Universidad tiene implantado el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para proporcionar a los estudiantes la oportunidad de que trabajen en grupos y, por lo tanto, tengan la posibilidad de practicar aspectos del trabajo colaborativo que se encontrarán en la industria de la construcción. El objetivo, en este caso, es que los graduados estén en la mejor posición para contribuir positivamente al futuro del sector de la construcción, al aumentar su conciencia y sus habilidades en BIM, mientras que, en paralelo se mejora su capacidad para analizar y diseñar edificios de bajo impacto.

La estrategia seguida ha sido la de introducir, en una primera etapa, durante el segundo curso del grado, la asignatura “Plan de Implementación de un Proyecto” (PIP). Se trataba de formar a los alumnos mediante la participación en un proyecto interdisciplinar de trabajo en grupo. La idea es trabajar sobre la información del BIM centrándose en el contenido del propio PIP, sin considerar aspectos de diseño de los proyectos, para planificarlos de forma efectiva, haciendo hincapié en las prácticas de trabajo colaborativo e integrado. El siguiente paso es mejorar el conocimiento sobre BIM a través de clases expositivas de teoría que ayuden a sensibilizar a los estudiantes en el uso de esta metodología.

En una segunda etapa se plantea la incorporación del BIM en todos los cursos de grado. El objetivo es dar a los estudiantes de primer año una idea de las habilidades de colaboración necesarias para el trabajo en grupo desde el inicio de sus estudios en la Universidad y ello sin referencia explícita a BIM. La exposición temprana a los estudiantes de los principios de la metodología alisará la curva de aprendizaje a medida que vayan avanzando en el curso. A los estudiantes de segundo año se les dará también soporte técnico a través de talleres de software BIM. En el tercer año, mediante una reorganización departamental, se modifica el módulo de proyecto final de grado orientándolo al trabajo colaborativo mediante grupos de alumnos multidisciplinares con el



objetivo de conseguir la mejor integración BIM posible. El espíritu del módulo es replicar procesos colaborativos de la industria de la construcción, tan razonablemente cercanos a la realidad como sea posible pero dentro de un entorno académico. El objetivo del módulo es desarrollar conocimientos y habilidades que ayuden a los alumnos a mejorar su capacidad de integración al grupo mediante la realización de un proyecto de gran envergadura donde participen las diferentes profesiones de un proyecto de construcción y se simulen escenarios reales.

Una de las primeras dudas surgidas en el propio Departamento (CAB), que han constituido un tema de discusión y debate en la implantación de la metodología mediante esta estrategia, lo constituye el hecho de definir el nivel de competencia BIM que deben alcanzar los alumnos de grado. No obstante, las expectativas se focalizan en mejorar la concienciación y sensibilización de los alumnos en las prácticas y procedimientos a utilizar en un proyecto BIM integrado y colaborativo. La directriz principal del proyecto será la coordinación y colaboración. Los equipos se orientarán hacia la recopilación de la información del proyecto de forma que sea interoperable. En el marco de esta directriz básica se desarrollan tres ejes principales: el diseño arquitectónico, el diseño estructural y la estrategia de sostenibilidad. En este sentido se busca replicar necesidades reales de la industria de la construcción de forma que los graduados finalicen sus estudios con un alto entendimiento del trabajo bajo metodología BIM. Se trata de asegurar, entre otros, que los alumnos sean conscientes de la necesidad de ser capaces de establecer estrategias de diseño de edificios sostenibles en el futuro a partir de las prácticas realizadas con BIM.

El proceso de implementación a través del Plan de Implementación del Proyecto es gradual de forma que habiendo completado un plan PIP más pequeño en el segundo año, en el tercer año la curva de aprendizaje sea menor y la familiaridad con este plan les permita entender mejor la metodología BIM y adoptar sus procedimientos. La necesidad de coordinación y de compartir información se asumirá como un proceso natural que en el Proyecto Fin de Grado (Integrated



Project) les llevará a designar la figura del Coordinador BIM y las funciones asignadas a este rol. Será labor del Coordinador BIM el asegurar el desarrollo y mantenimiento de un documento cohesionado del proyecto.

Todo el proceso de enseñanza y aprendizaje de la metodología BIM estará soportada por modelos BIM 3D que serán tanto más complicados cuanto más alto sea el curso en el que se encuentren. Así mismo, la práctica deberá ir guiando a los alumnos desde procesos de diseño de forma individual a prácticas de trabajo integradas y colaborativas donde la interoperabilidad forme parte de sus objetivos.

4.6.3 Universidades de Ingeniería en Pakistán

En tercer lugar, se ha considerado de interés especial el artículo de Abbas, A. ([Abbas, A. et al., 2016](#)), referido a la integración del BIM en la formación en gestión de la construcción en las universidades de Ingeniería en Pakistán. Se ofrece una revisión actual del estado curricular del BIM en dichas universidades y una identificación de las barreras para su integración. De esta forma, se pueden registrar las problemáticas a solventar cuando se vaya a definir una propuesta de implementación del BIM en el currículo docente. El artículo pretende formular un marco de trabajo que proporcione las directrices necesarias para aquellas universidades que actualmente no están implementando BIM o que acaban de empezar a desarrollar el plan de estudios de BIM y pretenden formar graduados con el conocimiento y las habilidades necesarias en el manejo de herramientas modernas, como la metodología BIM, antes de incorporarse a la carrera profesional.

El estudio sobre el estado de la implementación de BIM en el ámbito universitario pakistaní realizado sobre 35 universidades del país y de las cuáles han dado respuesta 29, determinan una falta importante de formación en BIM tanto a nivel formal o estructurado como a nivel informal. Las universidades de Pakistán se enfrentan a una grave falta de atención en general a la ingeniería de la



construcción y a las habilidades de gestión. Se cree que el 60-70% de los graduados en ingeniería civil se incorporan a las empresas constructoras mientras que el resto lo hacen en otros campos como el diseño y la consultoría. Y se entiende, por tanto, necesario introducir la formación en BIM a nivel universitario para que, cuando los estudiantes se incorporen al mundo profesional, les sea fácil aplicar esta metodología en los proyectos.

La situación es tal que, casi el 60% de las universidades no tienen ninguna experiencia en el uso de aplicaciones BIM, aunque tienen algún conocimiento de la metodología y, por el contrario, sólo el 9,7% poseen experiencia de más de 5 años en el uso de aplicaciones BIM. Además, aproximadamente el 60% del personal docente de las universidades tampoco investiga en BIM denotando un bajo interés por esta metodología.

La encuesta realizada por Abbas también ha considerado la evaluación de respuestas a posibles estrategias de implantación del BIM en los currículos universitarios (múltiple elección), así como el tiempo estimado que podría llevar su integración. Las respuestas, que se muestran más adelante (Figura 4.8) señalan que, en un alto porcentaje de los encuestados, debería iniciarse la integración del BIM con cursos específicos en la materia (62,9%), incorporando contenidos y temas sobre BIM en las asignaturas actuales (59,67%) y con la realización de talleres sobre BIM dentro del programa académico (69,35%). En menor medida, el 46,77%, los encuestados entienden que la estrategia a seguir debería ser reestructurando el currículo académico del grado y sólo un 12,9 % espera que los alumnos adquieran por si mismos las habilidades y competencias necesarias en la metodología BIM.

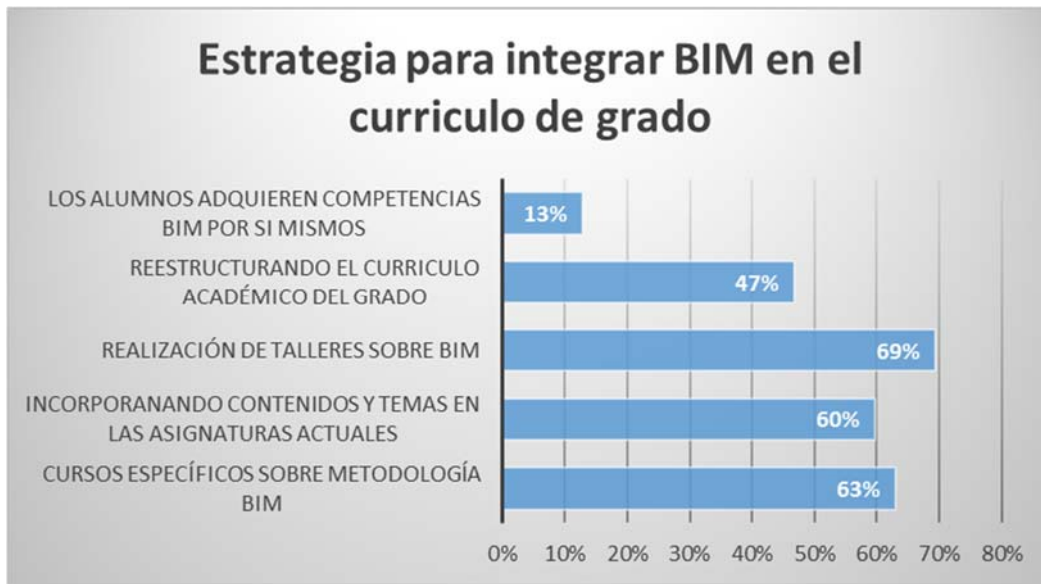


Figura 4.8 Estrategias que adoptarían las universidades pakistaniés para integrar el BIM en su programas de grado según Abbas, A. 2016

Por otro lado, sobre la cuestión de en cuánto tiempo entienden los participantes en la encuesta que tendrán integrado el BIM en los programas AEC de sus universidades, las expectativas son a corto y medio plazo. Sólo un 16,2% señala que ya está usando BIM, un 14,5% estima que lo hará en un año, un 25,8% que lo llevará a cabo dentro de los próximos tres años y un 43,5% que podrían necesitar cinco años para tener integrada la metodología BIM en sus programas.

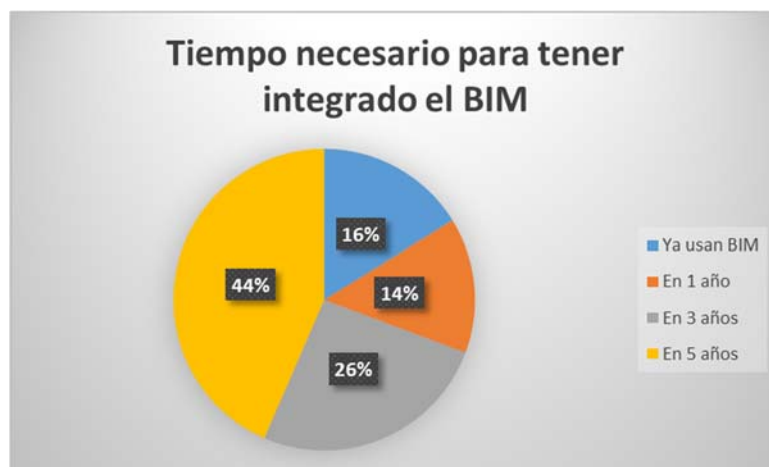


Figura 4.9 Tiempo estimado en integrar la metodología BIM en las universidades de Pakistán según Abbas, A. 2016



Con esta perspectiva de datos y la información adicional recogida de las universidades, el estudio entiende que los factores que mayoritariamente afectan la integración exitosa de BIM en los programas de Gestión de la Construcción en las universidades de ingeniería pakistaníes y, por tanto, constituyen las principales barreras a solventar son: la falta de profesorado BIM capacitado (91,93%), y la estructura convencional de la educación en estos programas de grado (52,90%). La tercera barrera más importante, como indicó el 47,10% de los encuestados, fue la necesidad de una mayor implicación los diseñadores, constructores y propietarios en el proceso industria requiriéndose un mayor desarrollo de entornos colaborativos. El sistema tradicional Diseño-Licitación-Construcción (DBB) asentado en industria de la construcción pakistaní se considera obsoleto y dificulta el uso de BIM. La financiación inadecuada de las universidades de ingeniería, la escasez de profesores formados en BIM y de recursos para desarrollar nuevos cursos, la falta de voluntad para cambiar los planes de estudios existentes y la necesidad de contar con sólidos conocimientos en la materia fueron otras barreras significativas señaladas para la integración del BIM (Figura 4.10)

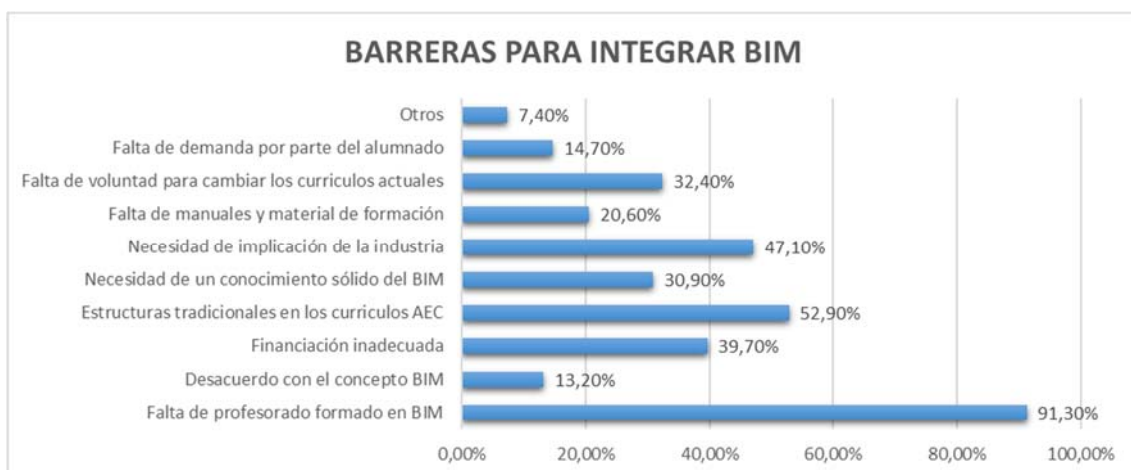


Figura 4.10 Barreras que limitan la integración del BIM en los currículos de grado AEC en Pakistán según Abbas, A. 2016



DISEÑO DE UNA PROPUESTA

5

5.1 Introducción

Ante los diversos caminos que se pudieran tomar para la implementación de una formación en la metodología BIM en la Universidad de Oviedo y, en concreto dentro de los ciclos impartidos en la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón, más allá de las estrategias de integración comentadas en el capítulo 4, es necesario realizar consideraciones de tipo limitativo que tendrían relación con las atribuciones profesionales para las que habilita la titulación, con las competencias genéricas que debe garantizar el grado y/o con las competencias específicas que garantizarán los contenidos.

No es objeto de esta tesis llegar a desarrollar un análisis exhaustivo del encaje normativo que tendrían diferentes propuestas de integración BIM en el currículo en base a la Orden CIN/311/2009 ([B.O.E. Num.42, 2009](#)) o incluso bajo la hipotética modificación de dicha norma o de la propia LOE ([B.O.E. Num.266, 1999](#)). Sin embargo, se quiere dejar constancia de que podría ser necesario llevar a cabo un análisis normativo y legislativo de posibles escenarios para la realización de una propuesta de Plan de Estudios de los Grados de Ingeniería teniendo en cuenta los procesos y los tiempos en las tramitaciones no sólo intramuros a la Universidad sino también extramuros a la Institución, al participar



organismos de índole administrativo y legislativo en el proceso de verificación, regulado en el Real Decreto 1393/2007 (B.O.E. Num.260, 2007), para poder culminar el proceso con la aprobación del título (Figura 5.1).



Figura 5.1. Procedimiento de verificación de títulos universitarios. Fuente: Tesis Doctoral Inmaculada Oliver. 2015

5.1.1 Los estudios universitarios en el EEES (Grado, Máster, Doctorado)

La Ley Orgánica de Universidades conjuntamente con los postulados establecidos en las diferentes declaraciones europeas y las experiencias de los países que ya han iniciado el proceso, ponen de manifiesto que para adaptarse al Espacio Europeo de Educación Superior las enseñanzas universitarias españolas deben estructurarse en dos niveles consecutivos con tres titulaciones oficiales con validez en todo el territorio nacional.



En el RD 1393/2007, de 29 de octubre (B.O.E. Num.260, 2007), se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias. Este RD deroga los reales decretos anteriores sobre la regulación de los estudios universitarios oficiales de Grado y sobre la regulación de los estudios universitarios oficiales de Postgrado. Se refuerza la integración del sistema universitario español en el espacio europeo manteniendo la filosofía de las líneas marcadas por los documentos marco y se permite la integración en el mayor entorno de Educación Superior según los principios de: autonomía, flexibilidad y diversidad, centrado en el estudiante y en sus aprendizajes, transparencia (Rendición de Cuentas), Enseñanza-aprendizaje ligado a la futura práctica profesional, garantía de la calidad de la enseñanza superior.

En el RD 1393/2007 (B.O.E. Num.260, 2007) se define un sistema de titulaciones con tres ciclos diferenciados, denominados Grado, Máster y Doctorado (Figura 5.2). Esta estructura de estudios se conforma gracias al carácter poliédrico del Proceso de Bolonia. Dicho proceso dirige el foco de sus actuaciones a construir un sistema de grados académicos reconocibles y comparables a nivel europeo, con objeto a fomentar la movilidad de los estudiantes, docentes e investigadores, garantizando en todo momento la calidad de la enseñanza a nivel superior.

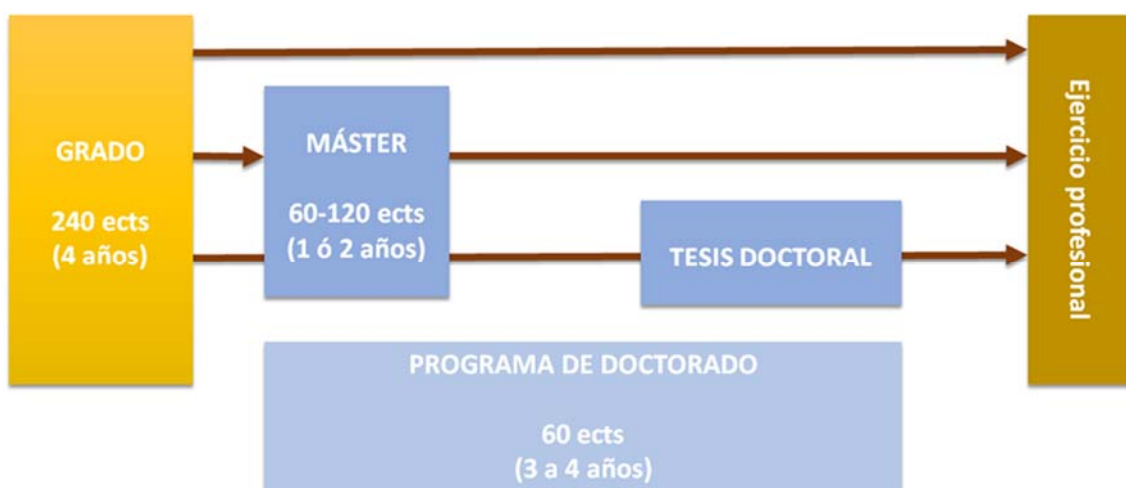


Figura 5.2. Estructura de las enseñanzas universitarias en España. Fuente: <http://www.ees.es/es/ees>



1. Las enseñanzas de Grado, que comprenden las enseñanzas universitarias de primer ciclo, tienen como finalidad la obtención por parte del estudiante de una formación general, en una o varias disciplinas, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional. La estructura de los estudios en el sistema universitario considera el título de grado como eje básico. Éste tiene una duración de 240 créditos ECTS (desarrollados en cuatro cursos académicos). Algunos estudios de grado, que cuentan con regulación específica, como es el caso de medicina, arquitectura o ingeniería, tienen una duración mayor.

2. Las enseñanzas de Máster, que tienen como finalidad la adquisición por el estudiante de una formación avanzada, de carácter especializado o multidisciplinar, están orientadas a la especialización académica o profesional, o bien a promover la iniciación en tareas investigadoras. Los programas de Máster comprenden entre 60 y 120 créditos ECTS (de uno o dos años)

3. Las enseñanzas de Doctorado, cuya finalidad es la formación avanzada del estudiante en las técnicas de investigación, pudiendo incorporar cursos, seminarios u otras actividades orientadas a la formación investigadora, incluirán la elaboración y presentación de la correspondiente tesis doctoral, consistente en un trabajo original de investigación. El doctorado está constituido por un período de formación (de al menos 60 créditos ECTS y que puede ser parte del ciclo de máster) y otro de investigación y suele tener una duración de entre tres y cuatro años entre estudio, investigación y redacción de la tesis.

En cualquier caso, el Marco Europeo de Cualificaciones recoge claramente los resultados del aprendizaje en cada uno de los ciclos (Tabla 12).

Como es conocido, ECTS son las siglas correspondientes a *European Credit Transfer System* (Sistema Europeo de Transferencia de Créditos). Es un sistema que permite medir el trabajo que deben realizar los estudiantes para la adquisición de los conocimientos, capacidades, y destrezas necesarias para



superar las diferentes materias de su plan de estudios. Este modelo persigue facilitar la transparencia y la comprensión de los estudios realizados de manera que sean reconocibles en todos los estados miembros.

La actividad de estudio (entre 25 y 30 horas por crédito), incluye el tiempo dedicado a las horas lectivas, horas de estudio, tutorías, seminarios, trabajos, prácticas o proyectos, así como las exigidas para la preparación y realización de exámenes y evaluaciones.

El objetivo es facilitar la movilidad de los estudiantes, mediante la utilización de un sistema de créditos común en todo el Espacio Europeo de Educación Superior. La ventaja de los ECTS es que, al ser una unidad de medida común a todas las universidades del nuevo espacio europeo, permite comparar la carga lectiva de las titulaciones y facilita la movilidad de los estudiantes y la convalidación de los estudios.

Tabla 12. Resultados del aprendizaje según el Marco Europeo de Cualificaciones

RESULTADOS DEL APRENDIZAJE				
Nivel	Ciclo	Conocimientos	Destrezas	Competencias
6	GRADO	Conocimientos avanzados en un campo de trabajo o estudio que requiera una comprensión crítica de teorías y principios	Destrezas avanzadas que acrediten el dominio y las dotes de innovación necesarias para resolver problemas complejos e imprevisibles en un campo especializado de trabajo o estudio	Gestión de actividades o proyectos técnicos o profesionales complejos, asumiendo responsabilidades por la toma de decisiones en contextos de trabajo o estudio imprevisibles Asunción de responsabilidades en lo que respecta a la gestión del desarrollo profesional de particulares y grupos
7	MÁSTER	Conocimientos altamente especializados, algunos de ellos a la vanguardia en un	Destrezas especializadas para resolver problemas en materia de investigación o	Gestión y transformación de contextos de trabajo o estudio complejos,



		<p>campo de trabajo o estudio concreto, que sienten las bases de un pensamiento o investigación originales</p> <p>Conciencia crítica de cuestiones de conocimiento en un campo concreto y en el punto de articulación entre diversos campos</p>	<p>innovación, con vistas al desarrollo de nuevos conocimientos y procedimientos, y a la integración de los conocimientos en diversos campos</p>	<p>imprevisibles y que requieren nuevos planteamientos estratégicos</p> <p>Asunción de responsabilidades en lo que respecta al desarrollo de conocimientos y/o prácticas profesionales y a la revisión del rendimiento estratégico de equipos</p>
8	DOCTOR	<p>Conocimientos en la frontera más avanzada de un campo de trabajo o estudio concreto y en el punto de articulación entre diversos campos</p>	<p>Destrezas y técnicas más avanzadas y especializadas, en particular en materia de síntesis y evaluación, necesarias para resolver problemas</p> <p>críticos en la investigación y/o la innovación y para ampliar y redefinir conocimientos o prácticas profesionales existentes</p>	<p>Autoridad, innovación, autonomía, integridad académica y profesional y compromiso continuo sustanciales y acreditados respecto al desarrollo de nuevas ideas o procesos en la vanguardia de contextos de trabajo o estudio, incluida la investigación.</p>

5.1.1.1 Grado

Los objetivos formativos de los ciclos de Grado deben ser de propósito general con orientación profesional, es decir, deben proporcionar una formación universitaria en la que se integren armónicamente tanto las competencias genéricas como las competencias transversales relacionadas con la formación integral de las personas y las competencias más específicas que posibiliten una orientación profesional que permita a los titulados una integración en el mercado de trabajo.

En la regulación del ciclo de Grado, el RD 1393/2007 ([B.O.E. Num.260, 2007](#)) se establecen las siguientes directrices:

- Los planes de estudios tendrán 240 créditos, que contendrán toda la formación teórica y práctica que el estudiante deba adquirir: aspectos básicos de la rama de conocimiento, materias obligatorias u optativas, seminarios, prácticas



externas, trabajos dirigidos, trabajo de fin de Grado u otras actividades formativas.

• Estas enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa de un trabajo de fin de Grado. Y la Universidad propondrá la adscripción del correspondiente título de Graduado o Graduada a alguna de las siguientes ramas de conocimiento:

- Artes y Humanidades
- Ciencias
- Ciencias de la Salud
- Ciencias Sociales y Jurídicas
- Ingeniería y Arquitectura

• Además, los títulos de Grado podrán incorporar menciones alusivas a itinerarios o intensificaciones curriculares siempre que éstas hayan sido previstas en la memoria del plan de estudios.

• El plan de estudios deberá contener un mínimo de 60 créditos de formación básica, de los que, al menos, 36 estarán vinculados a algunas de las materias recogidas en el RD. Para el caso de la rama de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura, las materias básicas reflejadas que deben suponer al menos 36 créditos de formación básica son:

- | | | |
|---------------|---------------------|-----------|
| - Empresa | - Expresión Gráfica | - Física |
| - Informática | - Matemáticas | - Química |

• Estas materias deberán concretarse en asignaturas con un mínimo de 6 créditos cada una y serán ofertadas en la primera mitad del plan de estudios. Los créditos restantes hasta 60, en su caso, deberán estar configurados por materias básicas de la misma u otras ramas de conocimiento, o por otras materias siempre que se justifique su carácter básico para la formación inicial del estudiante o su carácter transversal.



- Si se programan practicas externas, estas tendrán una extensión máxima de 60 créditos y deberán ofrecerse preferentemente en la segunda mitad del plan de estudios
- El trabajo de fin de Grado tendrá entre 6 y 30 créditos, deberá realizarse en la fase final del plan de estudios y estar orientado a la evaluación de competencias asociadas al título.
- Con carácter general, también se realizan indicaciones acerca del reconocimiento de créditos y de la adecuación de los planes de estudio que habiliten para el desarrollo de una actividad profesional a los requisitos fijados por el gobierno o la Unión Europea.

Los Grados deben diseñarse en función de unos perfiles profesionales con perspectiva nacional y europea y de unos objetivos que deben hacer mención expresa de las competencias genéricas, transversales y específicas (fundamentos, conocimientos, capacidades, habilidades, aptitudes y actitudes) que pretenden alcanzarse.

5.1.1.2 Máster

De acuerdo con lo establecido en la Declaración de Bolonia, el segundo nivel de las enseñanzas universitarias, para cuyo acceso se requiere haber superado el primero, conduce a la obtención de los títulos de Máster y/o Doctor.

El RD 1393/2007 ([B.O.E. Num.260, 2007](#)) establece claramente la estructura temporal de las enseñanzas y la separación entre las enseñanzas de Máster y las de Doctorado según su nuevo enfoque. Con respecto a las enseñanzas de Máster, el RD establece las siguientes directrices:

- Los planes de estudios conducentes a la obtención de los títulos de Máster Universitario tendrán entre 60 y 120 créditos, que contendrán toda la formación teórica y práctica que el estudiante deba adquirir: materias obligatorias, materias optativas, seminarios, practicas externas, trabajos dirigidos, trabajo de fin de



Máster, actividades de evaluación, y otras que resulten necesarias según las características propias de cada título.

- Los títulos oficiales de Máster Universitario podrán incorporar especialidades en la programación de sus enseñanzas que se correspondan con su ámbito científico, humanístico, tecnológico o profesional, siempre que hayan sido previstas en la memoria del plan de estudios a efectos del procedimiento de verificación.
- Estas enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa pública de un trabajo de fin de Máster, que tendrá entre 6 y 30 créditos.

En cuanto al acceso y admisión a estos estudios, el RD, de acuerdo con las directrices sobre movilidad y reconocimientos dentro del sistema europeo de créditos, establece que:

- Para acceder a las enseñanzas oficiales de Máster será necesario estar en posesión de un título universitario oficial español u otro expedido por una institución de educación superior del Espacio Europeo de Educación Superior que facultan en el país expedidor del título para el acceso a enseñanzas de máster.
- Podrán acceder los titulados conforme a sistemas educativos ajenos al Espacio Europeo de Educación Superior sin necesidad de la homologación de sus títulos, previa comprobación por la Universidad de que aquellos acreditan un nivel de formación equivalente a los correspondientes títulos universitarios oficiales españoles y que facultan en el país expedidor del título para el acceso a enseñanzas de postgrado. El acceso por esta vía no implicara, en ningún caso, la homologación del título previo de que este en posesión el interesado, ni su reconocimiento a otros efectos que el de cursar las enseñanzas de Máster.
- Los estudiantes podrán ser admitidos a un Máster conforme a los requisitos específicos y criterios de valoración de méritos que, en su caso, sean propios del



título de Máster Universitario o establezca la universidad. La Universidad incluirá los procedimientos y requisitos de admisión en el plan de estudios, entre los que podrán figurar complementos formativos en algunas disciplinas, en función de la formación previa acreditada por el estudiante. Dichos complementos formativos podrán formar parte del Máster siempre que el número total de créditos a cursar no supere los 120.

5.1.1.3 Doctorado

Entre los objetivos fundamentales de la reforma propuesta se encuentra la revalorización de los estudios de Doctorado y la mejora de los niveles de excelencia en el grado superior académico. Por ello, esta etapa de la formación consistirá en la elaboración y defensa de una tesis doctoral que deberá contener resultados originales de investigación.

Las bases de los nuevos programas de Doctorado acordes con el EEES se establecieron en el RD 1393/2007 ([B.O.E. Num.260, 2007](#)). Sin embargo, dicho Real Decreto ya ha sido modificado en varias ocasiones: Entre los diversos aspectos regulados más importantes se pueden destacar:

- Requisitos de acceso:

1. Estar en posesión de los títulos oficiales españoles de Grado, o equivalente, y de Máster universitario o equivalente, siempre que se hayan superado, al menos, 300 créditos ECTS en el conjunto de estas dos enseñanzas.
2. Estar en posesión de un título de Graduado cuya duración, conforme a normas de derecho comunitario sea de, al menos, 300 créditos. Dichos titulados deberán cursar con carácter obligatorio una serie de complementos formativos salvo que el plan de estudios cursado incluya créditos de formación de investigación, equivalentes en valor formativa a los créditos de investigación procedentes de estudios de Máster.



3. También se consideran otras situaciones más excepcionales como las derivadas por títulos extranjeros o anteriores al EEES.

- Escuelas de doctorado:

- Las universidades podrán crear Escuelas de Doctorado con el fin de organizar, dentro de su ámbito de gestión, las enseñanzas y actividades propias del doctorado.

- Podrán ser creadas individualmente por una universidad o conjuntamente con otras e incluso con otros organismos, centros, instituciones y entidades con actividades de I+D+i, públicas o privadas, nacionales o extranjeras.

- Planificarán la necesaria oferta de actividades propias a la formación y desarrollo de los doctorandos.

- Acreditación de los Programas de doctorado

- Los programas de doctorado deberán ser verificados por el Consejo de Universidades y autorizados por las Comunidades Autónomas. Y deberán renovar su acreditación cada seis años.

El RD recoge también las bases que deberán regir la normativa de la tutela, elaboración y defensa de tesis doctorales, así como también sobre los requisitos que deben cumplir los profesores que impartan docencia en las enseñanzas de doctorado. Además, también recoge la posibilidad de la Mención Internacional o de la Mención Industrial en el título de doctor, según directrices que están vigentes en la actualidad en la mayoría de las universidades españolas.

5.1.2 La formación centrada en el aprendizaje

Una de las características esenciales del EEES es el cambio de paradigma educativo que supone que la organización de las enseñanzas siga el modelo de formación académica centrado en el aprendizaje del alumno. Este concepto implica la evolución de una educación centrada en la enseñanza a otra basada



en el aprendizaje, donde el papel del docente ya no se reduce a transmitir conocimientos o transmitir contenidos, sino más bien a diseñar, coordinar y dirigir los procesos y las actividades de aprendizaje, y los estudiantes deben participar de forma activa y responsable en su proceso formativo. De igual modo los procesos formativos deberán hacer posible el aprendizaje a lo largo de toda la vida.

Por lo tanto, en este proceso tiene especial importancia la adaptación de los programas por objetivos a programas por competencias. Esto conlleva, además de la aplicación de los conocimientos adquiridos, una serie de aptitudes, habilidades y rasgos de la personalidad que marcarán el desarrollo eficiente de su labor profesional, hecho este que implicará un modo distinto de organización curricular, al mismo tiempo que un cambio sustancial en los métodos de enseñanza-aprendizaje que, pasan de ser generalmente centrados en el profesor a tener que centrarse en los estudiantes.

En lo que se refiere a nuevas técnicas de aprendizaje, este cambio pasa sin duda por el desarrollo de metodologías activas y participativas para la adaptación al sistema de enseñanza-aprendizaje.

Implantar acciones orientadas al aprendizaje basado en el trabajo de los alumnos, diseñar unos programas de actividades y desarrollar una metodología docente que promueva el trabajo en equipo, la capacidad de relacionarse, la exposición oral, la capacidad crítica, la creatividad, la capacidad de innovación, etc., serán puntos importantes. Se tratará de conseguir la participación activa de los estudiantes en su proceso formativo, mediante trabajos, desarrollo de proyectos, exposiciones orales, etc., tanto individualmente como en grupos reducidos.

El desarrollo de actividades orientado a favorecer el aprendizaje de los estudiantes, irá afianzando sus conocimientos en la medida en que descubren sus posibilidades de aplicación.



5.1.2.1 El Aprendizaje Permanente. Competencias clave.

De acuerdo a la última recomendación del consejo relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (D.O.U.E., 2018), en un mundo en rápida evolución y con múltiples interconexiones, será necesario que cada persona posea una amplia gama de capacidades y competencias, y que las desarrolle de forma continua a lo largo de toda la vida. Las competencias clave que se definen en el marco de referencia, aprobado para tal fin, tienen por objeto sentar las bases para la consecución de unas sociedades más equitativas y democráticas. Responden a la necesidad de crecimiento integrador y sostenible, cohesión social y desarrollo adicional de la cultura democrática. Este marco de referencia persigue los siguientes objetivos:

- a) identificar y definir las competencias clave necesarias para la empleabilidad, el desarrollo personal y la salud, la ciudadanía activa y responsable y la inclusión social;
- b) proporcionar una herramienta de referencia europea para los responsables de la formulación de políticas, los proveedores de educación y formación, el personal docente, los orientadores, los empleadores, los servicios públicos de empleo y los propios alumnos;
- c) respaldar las iniciativas en los niveles local, regional, nacional y europeo para promover el desarrollo de competencias con una perspectiva de aprendizaje permanente.

Competencias clave.

A efectos de esta recomendación, se definen las competencias como una combinación de conocimientos, capacidades y actitudes, en las que:

- 1º.- los conocimientos se componen de hechos y cifras, conceptos, ideas y teorías que ya están establecidos y apoyan la comprensión de un área o tema concretos;



2°.- las capacidades se definen como la habilidad para realizar procesos y utilizar los conocimientos existentes para obtener resultados;

3°.- las actitudes describen la mentalidad y la disposición para actuar o reaccionar ante las ideas, las personas o las situaciones.

Las competencias clave son aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personales, su empleabilidad, integración social, estilo de vida sostenible, éxito en la vida en sociedades pacíficas, modo de vida saludable y ciudadanía activa. Estas se desarrollan con una perspectiva de aprendizaje permanente, desde la primera infancia hasta la vida adulta, y mediante el aprendizaje formal, el no formal y el informal en todos los contextos, incluidos la familia, el centro educativo, el lugar de trabajo, el entorno y otras comunidades.

Todas las competencias clave se consideran igualmente importantes; cada una de ellas contribuye a una vida exitosa en la sociedad. Las competencias pueden aplicarse en contextos muy distintos y en diversas combinaciones. Estas se solapan y entrelazan: determinados aspectos esenciales en un ámbito apoyan la competencia en otro. Entre las competencias clave se integran capacidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo en equipo, las capacidades de comunicación y negociación, las capacidades analíticas, la creatividad y las capacidades interculturales.

En este sentido, el marco de referencia establece ocho competencias clave (Figura 5.3):



Figura 5.3 Competencias Clave para el Aprendizaje Permanente según recomendación del Consejo Europeo

Se entiende necesario resaltar aquellas dos que, de forma directa, tienen relación inequívoca con las competencias necesarias para el desarrollo idóneo de un profesional que desempeñe cualesquiera de los roles BIM en el sector AEC; la competencia digital y la competencia personal, social y de aprender a aprender.

Competencia digital:

Según entiende la Recomendación, la competencia digital implica el uso seguro, crítico y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, en el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas.



Incluye la alfabetización en información y datos, la comunicación y la colaboración, la alfabetización mediática, la creación de contenidos digitales (incluida la programación), la seguridad (incluido el bienestar digital y las competencias relacionadas con la ciberseguridad), asuntos relacionados con la propiedad intelectual, la resolución de problemas y el pensamiento crítico.

Las personas deben comprender cómo las tecnologías digitales pueden favorecer la comunicación, la creatividad y la innovación, y estar al corriente de las oportunidades, limitaciones, efectos y riesgos que plantean. Deben comprender los principios generales, los mecanismos y la lógica subyacentes a la evolución de las tecnologías digitales, y conocer la función y el uso básicos de los distintos dispositivos, el software y las redes. Las personas deben tener una visión crítica de la validez, la fiabilidad y el impacto de la información y los datos obtenidos por medios digitales, y ser conscientes de los principios legales y éticos que implican el uso de las tecnologías digitales.

Las personas deben ser capaces de utilizar las tecnologías digitales como apoyo a su ciudadanía activa y su inclusión social, la colaboración con otros y la creatividad para alcanzar objetivos personales, sociales o comerciales. Las capacidades incluyen la habilidad de utilizar, acceder, filtrar, evaluar, crear, programar y compartir contenidos digitales. Las personas deben ser capaces de gestionar y proteger la información, los contenidos, los datos y las identidades digitales, así como reconocer e interactuar de forma efectiva con el software, los dispositivos, la inteligencia artificial o los robots.

La interacción con las tecnologías y los contenidos digitales requiere una actitud reflexiva y crítica, aunque curiosa, abierta y avanzada respecto a su evolución. También necesita adoptar un planteamiento ético, seguro y responsable del uso de estas herramientas.



Competencia personal, social y de aprender a aprender:

Por su parte, la competencia personal, social y de aprender a aprender es la habilidad de reflexionar sobre uno mismo, gestionar el tiempo y la información eficazmente, colaborar con otros de forma constructiva, mantener la resiliencia y gestionar el aprendizaje y la carrera propios. Incluye la habilidad de hacer frente a la incertidumbre y la complejidad, aprender a aprender, contribuir al propio bienestar físico y emocional, conservar la salud física y mental, y ser capaz de llevar una vida saludable y orientada al futuro, expresar empatía y gestionar los conflictos en un contexto integrador y de apoyo.

Para poder participar plenamente en el ámbito social y las relaciones interpersonales, es fundamental comprender los códigos de conducta y las normas de comunicación generalmente aceptados en las distintas sociedades y entornos. Las competencias personales y sociales y la capacidad de aprender a aprender requieren también conocer los componentes de una mente, un cuerpo y un estilo de vida saludables. Implica ser consciente de las estrategias de aprendizaje que uno prefiere, conocer las propias necesidades de desarrollo de competencias y las distintas formas de mejorarlas, y buscar las oportunidades de educación, formación y profesionales, así como las orientaciones o ayudas disponibles.

Las capacidades incluyen la habilidad de identificar las propias capacidades, concentrarse, abordar la complejidad, reflexionar de forma crítica y adoptar decisiones. Incluyen la habilidad de aprender y trabajar de forma tanto colaborativa como autónoma, organizar el propio aprendizaje y continuar con él, evaluarlo y compartirlo, buscar apoyo cuando proceda y gestionar eficazmente la carrera profesional y las interacciones sociales. Las personas deben ser resilientes y poder sobrellevar la incertidumbre y el estrés. Deben ser capaces de comunicarse de forma constructiva en distintos entornos, colaborar en equipo y negociar. Para ello es necesario dar muestra de tolerancia, expresar y comprender puntos de vista diferentes, así como la habilidad de inspirar confianza y sentir empatía.



Esta competencia se basa en una actitud positiva respecto al bienestar personal, social y físico y el aprendizaje a lo largo de la vida. Se basa en una actitud de colaboración, en la seguridad en uno mismo y en la integridad. Ello incluye la capacidad de respetar la diversidad de los demás y sus necesidades, y estar preparados para superar prejuicios y comprometerse. Las personas deben ser capaces de identificar y establecer objetivos, motivarse y mejorar su resiliencia y confianza para iniciar y culminar con éxito el aprendizaje a lo largo de la vida.

El proceso de aprendizaje y la habilidad de las personas para superar los obstáculos y cambiar se sustenta en una actitud orientada a la resolución de problemas. Incluye el deseo de aplicar lo aprendido y lo vivido anteriormente, y la curiosidad que impulsa a buscar oportunidades de aprender y desarrollarse en diversos contextos vitales

5.2 Los Grados de Ingeniería Industrial en la Universidad de Oviedo

La Universidad de Oviedo es la institución pública de educación superior e investigación del Principado de Asturias. Con más de 410 años de historia, dispone de una completa oferta de grados adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en todas las ramas de conocimiento, itinerarios bilingües, dobles titulaciones con universidades internacionales, y másteres Erasmus Mundus e interuniversitarios y en colaboración con más de 250 empresas. Esta oferta se complementa con un completo programa de títulos propios y aulas y cursos de Extensión Universitaria.

Fiel al legado histórico que convirtió a la Universidad de Oviedo en pionera de la Extensión Universitaria en España a finales del siglo XIX, la actividad de difusión del conocimiento se extiende fuera de los campus por toda la geografía del Principado de Asturias. El Edificio Histórico, ubicado en el centro de Oviedo, es el centro cultural de Extensión Universitaria, donde se desarrollan los principales actos académicos y culturales abiertos a la sociedad asturiana. Los programas



de Extensión Universitaria abarcan toda la geografía de la comunidad autónoma del Principado de Asturias.

Con vocación internacional, estrechamente comprometida con su entorno territorial y con una fuerte apuesta por la transferencia de conocimiento hacia el tejido productivo, la Universidad de Oviedo fue una de las primeras nueve universidades españolas en obtener la acreditación como Campus de Excelencia Internacional el 26 de noviembre de 2009. El proyecto CEI Asturias-Ad Futurum agrupa a más de 300 instituciones, empresas y centros tecnológicos, habiendo consolidado su sello de excelencia y sus objetivos a través de su plan estratégico 2018-2022.

La docencia se concentra en siete campus distribuidos en el eje central de Asturias: Oviedo (El Cristo, El Milán, Llamaquique, Catalanes y Oviedo-centro), Gijón y Mieres, además de la oferta de distintos servicios universitarios en Avilés. En 2010 se llevó a cabo un ambicioso plan de reordenación de centros, que ha sido puesto como ejemplo de buenas prácticas para las universidades españolas. Como resultado, la docencia se imparte en 17 facultades y escuelas y tres centros adscritos. Además, el Centro Internacional de Postgrado (CIP) y Escuela de Doctorado coordina las enseñanzas de máster y doctorado. La gestión de enseñanzas de máster y doctorado se han descentralizado a centros y departamentos para una mejor y más cercana atención al estudiantado.

Es en el Campus de Gijón en el que se ubica la Escuela Politécnica de Ingeniería, en cuyas instalaciones se imparten los Grados y el Máster de la Rama Industrial. La Escuela Politécnica de Ingeniería (EPI) de Gijón se creó en 2010 mediante la fusión de las Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica Industrial e Ingeniería Técnica Informática y de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón. En estos tres centros se venían impartiendo los estudios de ingeniería e ingeniería técnica de las ramas industrial, informática y telecomunicación. La fusión de centros fue catalizada por el proyecto de Campus de Excelencia Internacional, cuya comisión encargada de valoración consideró merecedora de la mayor puntuación otorgada la propuesta de reordenación de la Universidad de



Oviedo. Todos los Grados en Ingeniería que se imparten en la EPI, comenzaron su andadura en el curso 2010-11, por lo tanto, bajo el nuevo centro recién creado.

Se trata del mayor Centro de la Universidad de Oviedo, de cuya magnitud da cuenta el hecho de contar con varios edificios para la impartición de la docencia (Edificio Polivalente, Aulario Norte, Aulario Sur, Edificio Departamental Este y Edificio Departamental Oeste), y en los que están ubicados decenas de grupos de investigación de la Universidad de Oviedo del ámbito de la Ingeniería, con más de 700 ordenadores para prácticas de estudiantes y con una Junta de Escuela de cerca de 400 miembros.

Está inmersa en la denominada “Milla del Conocimiento”, un espacio geográfico muy reducido, de aproximadamente una milla de longitud, que aglutina empresas e instituciones públicas basadas en el conocimiento, con la finalidad de aprovechar la potencialidad del entorno, y donde la tecnología y la ciencia conviven con el arte y la cultura. Las peculiaridades de este espacio han sido destacadas en el Informe Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (COTEC, 2012), que lo ha considerado un “modelo local de innovación”. Actualmente son más de cien empresas las que rodean a la Escuela, que aportan el 25% del PIB de la ciudad, exportan el 70% de la producción y que se nutren en buena medida de profesionales de la propia Escuela.

En la EPI se imparten los siguientes Grados de Ingeniería de la Rama Industrial:

- Grado en Ingeniería en Organización Industrial
- Grado en Ingeniería Eléctrica
- Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
- Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales
- Grado en Ingeniería Mecánica
- Grado en Ingeniería Química Industrial



Y es en los Grados de Mecánica (GIMECA) y de Tecnologías Industriales (GITECI) en los que, por las asignaturas contenidas en sus respectivos Planes de Estudio, se entiende que encaja perfectamente la propuesta de currículo. Por su parte, y a medida que se vaya implantando, el Grado en Ingeniería en Organización Industrial también se podrá ir incorporando a la propuesta (se implanta el Grado por primera vez en el curso académico 2019-2020).

No cabe duda que otros Grados también disponen, en sus planes docentes, de asignaturas que de una u otra manera pueden disponer de contenidos BIM y cuyas aportaciones a todo el proceso constructivo pudieran ser valoradas (Grado en Ingeniería Química Industrial, el Grado en Ingeniería Eléctrica o incluso el Grado en Geomática del Campus de Mieres) pues aportan campos importantes en el proyecto global. Sin embargo, se entiende que su inclusión en la propuesta no sería coherente con el planteamiento de hacer partícipe a todas las asignaturas que forman parte transversalmente del desarrollo completo de un proyecto constructivo. De esta forma, se evitará además una posible dispersión de objetivos del proyecto inicial que constituye la propuesta de currículo.

5.2.1 Grado en Ingeniería Mecánica (GIMECA)

El Grado en Ingeniería Mecánica pertenece a la rama de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura y cuya clasificación ISCED 1 (International Standard Classification of Education) se corresponde con Mecánica y Metalurgia. El Grado en Ingeniería Mecánica se propone como título con atribuciones profesionales, recogidas por la Ley 12/1986, de 1 de abril, sobre regulación de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos. Habilita para la profesión regulada de Ingeniero Técnico Industrial y el ejercicio libre de la profesión está supervisado por los Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Industriales. Al tratarse de un ejercicio profesional regulado por ley, el título de Grado en Ingeniería Mecánica que se propone ha sido diseñado conforme a lo especificado en la Orden Ministerial CIN/351/2009, de 9 de Febrero, ([B.O.E.](#)



Num.44, 2009) por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial, conforme a lo indicado en la disposición adicional novena del Real Decreto 1393/2007, de 29 de Octubre, (B.O.E. Num.260, 2007) por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.

La duración del Grado es de 4 años con asignaturas distribuidas en semestres siendo el mínimo de créditos exigidos para la obtención del título de 240 créditos ECTS, distribuidos de la siguiente manera: Formación Básica, 60; Obligatorias, 126; Optativas, 42; Trabajo Fin de Grado, 12.

Los estudios del Grado en Ingeniería Mecánica pretenden proporcionar al estudiante, además de una sólida formación básica, una buena formación específica y también en competencias generales, de manera que pueda incorporarse a cualquier campo de trabajo dentro de la Ingeniería Mecánica, adaptándose a los nuevos retos que aparecen constantemente en cualquier disciplina de la Ingeniería. Entre las actividades que puede desarrollar un Graduado en Ingeniería Mecánica se incluye la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación. Estas amplias atribuciones se desarrollan en tres posibles itinerarios que el Grado ofrece a través de otras tantas intensificaciones:

- Diseño Mecánico y Fabricación
- Construcción
- Instalaciones

Las áreas laborales más comunes del Graduado o Graduada en Ingeniería Mecánica serán el diseño y mantenimiento de máquinas e instalaciones industriales, la dirección de obras industriales, la organización y gestión de la producción, así como la dirección y desarrollo de proyectos que tengan por



objeto la construcción y explotación de estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas y procesos de fabricación. Su formación multidisciplinar le permite además realizar actividades como estudios de viabilidad de proyectos, control de proveedores, gestión de clientes, etc.

Las competencias básicas, generales y específicas que se señalan para esta titulación en la Memoria del Grado son las que se relacionan en las siguientes tablas (Tabla nº13, 14 y 15):

Tabla 13. Competencias básicas Grado en Ingeniería Mecánica

COMPETENCIAS BÁSICAS	
Código	Competencia
CB1	Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio
CB2	Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
CB3	Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
CB4	Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
CB5	Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

Tabla 14. Competencias generales Grado en Ingeniería Mecánica

COMPETENCIAS GENERALES	
Código	Competencia
CG1	Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación,



	instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación
CG2	Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos en el epígrafe anterior
CG3	Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones
CG4	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad y razonamiento crítico
CG5	Capacidad de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Mecánica, tanto en forma oral como escrita, y a todo tipo de públicos
CG6	Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos
CG7	Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento
CG8	Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas
CG9	Capacidad para aplicar los principios y métodos de la calidad
CG10	Capacidad de organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones
CG11	Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar
CG12	Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial
CG13	Capacidad para la prevención de riesgos laborales y protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y usuarios
CG14	Honradez, responsabilidad, compromiso ético y espíritu solidario
CG15	Capacidad de trabajar en equipo
CG16	Capacidad de conocer, seleccionar, criticar y utilizar fuentes diversas de información

Tabla 15. Competencias específicas Grado en Ingeniería Mecánica

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	
Código	Competencia
CB1	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial;



	cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización
CB2	Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería
CB3	Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería
CB4	Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería
CB5	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador
CB6	Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas
CC1	Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería
CC2	Conocimientos de los principios básicos de la mecánica de fluidos y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería. Cálculo de tuberías, canales y sistemas de fluidos
CC3	Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales
CC4	Conocimiento y utilización de los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas
CC5	Conocimientos de los fundamentos de la electrónica
CC6	Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control
CC7	Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos
CC8	Conocimiento y utilización de los principios de la resistencia de materiales
CC9	Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación
CC10	Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad
CC11	Conocimientos aplicados de organización de empresas
CC12	Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos
CM1	Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica
CM2	Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas
CM3	Conocimientos aplicados de ingeniería térmica



CM4	Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales al comportamiento de sólidos reales
CM5	Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones industriales
CM6	Conocimiento aplicado de los fundamentos de los sistemas y máquinas fluidomecánicas
CM7	Conocimientos y capacidades para la aplicación de la ingeniería de materiales
CM8	Conocimiento aplicado de sistemas y procesos de fabricación, metrología y control de calidad
TFG	Capacidad de integración de todas las competencias generales y específicas en el ámbito de la Ingeniería Mecánica

En la resolución de 16 de marzo de 2011, de la Universidad de Oviedo (B.O.E. Num.164, 2011), se publica el plan de estudios conducente a la obtención del título oficial de Graduado en Ingeniería Mecánica, que quedará estructurado según consta en el anexo de dicha resolución de acuerdo a la siguiente tabla (Tabla nº 16):

Tabla 16. Plan de Estudios Grado en Ingeniería Mecánica. Universidad de Oviedo

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA			
PRIMER SEMESTRE		SEGUNDO SEMESTRE	
PRIMER CURSO			
Álgebra Lineal	6	Estadística	6
Cálculo	6	Ondas y Electromagnetismo	6
Empresa	6	Expresión Gráfica	6
Fundamentos de Informática	6	Química	6
Mecánica y Termodinámica	6	Métodos Numéricos	6
SEGUNDO CURSO			
Ingeniería Térmica	6	Ciencia de los Materiales	6
Procesos de Fabricación	6	Teoría de Máquinas y Mecanismos	6
Tecnología Eléctrica	6	Mecánica de Fluidos	6
Resistencia de Materiales	6	Tecnología Electrónica	6
Ampliación de Cálculo	6	Automatización y Control	6
TERCER CURSO			
Dibujo Industrial	6	Ingeniería Ambiental	6
Cálculo y Diseño de Máquinas	6	Dirección de Operaciones	6
Transmisión de Calor Aplicada	6	Tecnología de Materiales	6
Ampliación de Resistencia de Materiales	6	Teoría de Estructuras y Constr. Industriales	6
Máquinas y sistemas Fluidomecánicos	6	Ingeniería de Fabricación	6
CUARTO CURSO			
<i>Diseño Mecánico y Fabricación</i>			
Elementos de Máquinas	6	Proyectos y Oficina Técnica	6



Diseño de Sistemas Mecánicos	6	Optativa de la Titulación	6
Fabricación Automatizada	6	Optativa común a la Rama Industrial	6
Metrología y Calidad	6	Trabajo Fin de Grado	12
Oleohidráulica y Neumática	6		
Construcción			
Proced. y Tecnologías de la Construcción	9	Proyectos y Oficina Técnica	6
Estructuras de Hormigón	6	Optativa de la Titulación	6
Estructuras Metálicas	9	Optativa común a la Rama Industrial	6
Instalaciones Industriales	6	Trabajo Fin de Grado	12
Instalaciones			
Oleohidráulica y Neumática	6	Proyectos y Oficina Técnica	6
Refrigeración y Climatización	6	Optativa de la Titulación	6
Máquinas Térmicas	6	Optativa común a la Rama Industrial	6
Instalaciones Industriales	6	Trabajo Fin de Grado	12
Mantenimiento de Máquinas	6		

Donde, adicionalmente, el alumno elegirá una asignatura de cada grupo de las que se citan a continuación:

Optativas de la Titulación:

Soldadura
Ingeniería de Vehículos

Optativas comunes a la Rama Industrial:

Prácticas Externas
Accesibilidad universal y Diseño para todos
Aplicaciones Industriales del CAD
Cooperación tecnológica para el Desarrollo
Creación de Empresas de Base Tecnológica
Ecodiseño
Ingeniería de Calidad
Técnicas de Expresión Oral y Escrita en inglés

La temporalidad de las asignaturas podrá, por circunstancias excepcionales, sufrir modificaciones, siempre que lo autorice el Vicerrectorado con competencias en Ordenación Académica y con anterioridad al inicio del curso académico. La Universidad establecerá los mecanismos oportunos para garantizar a los estudiantes el reconocimiento académico de un máximo de 6 ECTS optativos por la participación en actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación, según lo dispuesto en el Real Decreto 1393/2007 en su artículo 12.8 ([B.O.E. Num.260, 2007](#)).



5.2.2 Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITECI)

El Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales pertenece a la rama de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura y cuya clasificación ISCED 1 (International Standard Classification of Education) se corresponde con Ingeniería y profesiones afines. Este Título está orientado a proporcionar al egresado un amplio conocimiento de materias básicas y científico-tecnológicas, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, no siendo habilitante para la profesión de Ingeniero Industrial que sí se obtendría a través del Máster Universitario en Ingeniería Industrial de la Universidad de Oviedo conforme a las directrices publicadas en la Orden CIN/311/2009 ([B.O.E. Num.260, 2007](#)).

La duración del Grado es de 4 años con asignaturas distribuidas en semestres siendo el mínimo de créditos exigidos para la obtención del título de 240 créditos ECTS, distribuidos de la siguiente manera: Formación Básica, 60; Obligatorias, 156; Optativas, 12; Trabajo Fin de Grado, 12

En los planes de estudio vigentes hasta la fecha la Ingeniería Industrial está perfectamente establecida en cuanto a estructura académica, con sus atribuciones profesionales determinadas y avaladas por los Colegios Profesionales de Ingenieros Superiores. Las reformas de los planes de estudio ligadas a la puesta en marcha del Espacio Europeo de Educación Superior han supuesto un cambio radical en cuanto a la organización de los estudios de Ingeniería Rama Industrial, ya que las atribuciones profesionales del Ingeniero Industrial se concederán únicamente a través del Máster en Ingeniería Industrial, y las relativas al Ingeniero Técnico tras la superación de estudios de Grado con una orientación tecnológica específica como son la Mecánica, Eléctrica, Química Industrial, Textil o Electrónica Industrial y Automática.

En este contexto de reforma global, se ha diseñado un Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales que confiere a los alumnos una sólida formación



científica, así como una amplia variedad de conocimientos en diversas tecnologías que los forja como profesionales multidisciplinares.

Las capacidades de las que se dota al egresado son especialmente relevantes en un entorno industrial en el que los problemas más complejos son eminentemente multidisciplinares y en el que el egresado será capaz de aportar su capacidad de integración de conocimientos de diferentes áreas para la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial, que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación.

Las competencias básicas, generales y específicas que se señalan para esta titulación en la Memoria del Grado son las que se relacionan en las siguientes tablas (Tabla nº17, 18 y 19):

Tabla 17. Competencias básicas Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

COMPETENCIAS BÁSICAS	
Código	Competencia
CB1	Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio
CB2	Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
CB3	Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
CB4	Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado



CB5	Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
-----	--

Tabla 18. Competencias generales Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

COMPETENCIAS GENERALES	
Código	Competencia
CG1	Capacidad para la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización
CG2	Capacidad para la dirección de las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos en el epígrafe anterior
CG3	Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones
CG4	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad y razonamiento crítico
CG5	Capacidad de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Mecánica, tanto en forma oral como escrita, y a todo tipo de públicos
CG6	Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos
CG7	Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento
CG8	Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas
CG9	Capacidad para aplicar los principios y métodos de la calidad
CG10	Capacidad de organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones
CG11	Capacidad de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar
CG12	Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial
CG13	Capacidad para la prevención de riesgos laborales y protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y usuarios
CG14	Honradez, responsabilidad, compromiso ético y espíritu solidario
CG15	Capacidad de trabajar en equipo



CG16	Capacidad de conocer, seleccionar, criticar y utilizar fuentes diversas de información
------	--

Tabla 19. Competencias específicas Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	
Código	Competencia
CB1	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización
CB2	Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería
CB3	Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería
CB4	Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería
CB5	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador
CB6	Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas
CC1	Conocimientos de termodinámica aplicada y transmisión de calor. Principios básicos y su aplicación a la resolución de problemas de ingeniería
CC2	Conocimientos de los principios básicos de la mecánica de fluidos y su aplicación a la resolución de problemas en el campo de la ingeniería. Cálculo de tuberías, canales y sistemas de fluidos
CC3	Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales
CC4	Conocimiento y utilización de los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas
CC5	Conocimientos de los fundamentos de la electrónica
CC6	Conocimientos sobre los fundamentos de automatismos y métodos de control
CC7	Conocimiento de los principios de teoría de máquinas y mecanismos
CC8	Conocimiento y utilización de los principios de la resistencia de materiales
CC9	Conocimientos básicos de los sistemas de producción y fabricación



CC10	Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad
CC11	Conocimientos aplicados de organización de empresas
CC12	Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos
CM1	Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica
CM2	Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas
CM3	Conocimientos aplicados de ingeniería térmica
CM4	Conocimientos y capacidades para aplicar los fundamentos de la elasticidad y resistencia de materiales al comportamiento de sólidos reales
CM5	Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones industriales
CM6	Conocimiento aplicado de los fundamentos de los sistemas y máquinas fluidomecánicas
CM7	Conocimientos y capacidades para la aplicación de la ingeniería de materiales
CM8	Conocimiento aplicado de sistemas y procesos de fabricación, metrología y control de calidad
CEL1	Capacidad para el cálculo y diseño de máquinas eléctricas
CEL2	Conocimientos sobre control de máquinas y accionamientos eléctricos y sus aplicaciones
CEA3	Conocimiento de los fundamentos y aplicaciones de la electrónica digital y microprocesadores
CEA4	Conocimiento aplicado de electrónica de potencia
CEA6	Capacidad para diseñar sistemas electrónicos analógicos, digitales y de potencia
CEA7	Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas
CEA8	Conocimientos de regulación automática y técnicas de control y su aplicación a la automatización industrial
COP1	Capacidad para conocer, comprender y utilizar los principios básicos de la ingeniería nuclear y la protección radiológica
TFG	Capacidad de integración de todas las competencias generales y específicas en el ámbito de la Ingeniería Industrial

En la planificación del título se incorpora, tal y como se refleja más adelante, una asignatura optativa, “Ingeniería Nuclear y Protección Radiológica” que incluye esta competencia que no está recogida en la Orden Ministerial CIN/351/2009



(B.O.E. Num.44, 2009), pero cuya incorporación está justificada por los contenidos de la asignatura.

En la resolución de 02 de julio de 2012, de la Universidad de Oviedo (B.O.E. Num.202, 2012), se publica el plan de estudios conducente a la obtención del título oficial de Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, que quedará estructurado según consta en el anexo de dicha resolución de acuerdo a la siguiente tabla (Tabla nº 20):

Tabla 20. Plan de Estudios Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales. Universidad de Oviedo

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES			
PRIMER SEMESTRE		SEGUNDO SEMESTRE	
PRIMER CURSO			
Álgebra Lineal	6	Estadística	6
Cálculo	6	Ondas y Electromagnetismo	6
Empresa	6	Expresión Gráfica	6
Fundamentos de Informática	6	Química	6
Mecánica y Termodinámica	6	Métodos Numéricos	6
SEGUNDO CURSO			
Ingeniería Térmica	6	Procesos de Fabricación	6
Ampliación de Mecánica	6	Resistencia de Materiales	6
Organización de Empresas Industriales	9	Teoría de Máquinas y Mecanismos	6
Ampliación de Matemáticas	9	Tecnología Eléctrica	6
		Ampliación de Electromagnetismo	6
TERCER CURSO			
Tecnología Electrónica	6	Máquinas Eléctricas	6
Mecánica de Fluidos	6	Automatización Industrial	9
Materiales para las tecnologías Industriales	6	Equipos y Motores Térmicos	9
Expresión Gráfica II	6	Teoría de Estructuras	6
Ingeniería Ambiental	6		
CUARTO CURSO			
Electrónica Industrial	6	Proyectos y Oficina Técnica	6
Tecnología de Fabricación	6	Optativa I	6
Comportamiento en Servicio de Materiales	6	Optativa II	6
Ingeniería de Fluidos	6	Trabajo Fin de Grado	12
Tecnología de Máquinas	6		

El alumno elegirá, a lo largo de la carrera, dos asignaturas de las que se citan a continuación:



Optativas:

Prácticas Externas	Simulación de Empresas Industriales
Aplicaciones Industriales del CAD	Gestión Ambiental y Sostenibilidad
Cooperación tecnológica para el Desarrollo	Programación y Bases de Datos
Técnicas de Expresión Oral y Escrita en Inglés	Modelización Numérica de Procesos Industriales
Domótica y Edificios Inteligentes	Ingeniería del Transporte
Ingeniería Nuclear y Protección Radiológica	Prevención de Riesgos Laborales
Generación Sostenible de Energía	El Ingeniero Industrial en la Sociedad. Deontología Profesional

La temporalidad de las asignaturas podrá, por circunstancias excepcionales, sufrir modificaciones, siempre que lo autorice el Vicerrectorado con competencias en Ordenación Académica y con anterioridad al inicio del curso académico. La Universidad establecerá los mecanismos oportunos para garantizar a los estudiantes el reconocimiento académico de un máximo de 6 ECTS optativos por la participación en actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación, según lo dispuesto en el Real Decreto 1393/2007 en su artículo 12.8 ([B.O.E. Num.260, 2007](#)).

5.3 Estrategia Inicial

La estrategia de integración, que en este trabajo se propone, parte de establecer en primera instancia, un modelo de implantación que será, con el paso del tiempo y en función de los resultados obtenidos y recogidos mediante las pertinentes encuestas de seguimiento, complementada con futuras iniciativas. Estas posibles actuaciones estarán, en segunda instancia, basadas en modificaciones en los planes docentes y en la incorporación de asignaturas o de cursos postgrado específicos sobre metodología BIM.

Este modelo pretende poner en marcha un Plan de Implantación BIM (PIB) integrando asignaturas de los cuatro cursos del Grado con el reto de no modificar sus guías docentes, las competencias buscadas y los resultados del aprendizaje



esperados, pero con una carga didáctica que afiance las competencias BIM que cada asignatura contenga en su guía.

El análisis y estudio de los casos referenciados en el apartado 4.6 de esta Tesis ha permitido fundamentar el diseño del modelo de implantación que se va a proponer ayudando a la definición de la estrategia a seguir. La incorporación de información BIM, para ir cubriendo todos los conceptos BIM a lo largo de los diferentes cursos, se hará de forma gradual sugiriendo un desarrollo incremental del alumno en la adquisición de competencias BIM (Yan, W., 2010). Será importante la definición de las habilidades y destrezas que el alumno deberá ir adquiriendo a lo largo del proceso, así como los conocimientos que progresivamente se vayan impartiendo, de tal forma que al final del Plan se pueda evaluar el éxito de la integración de la metodología BIM llevada a cabo. En todo caso, la característica fundamental de trabajo en todo lo relacionado con el entorno BIM, y que se debe alentar en todos y cada uno de los participantes, será el mantenimiento de una actitud inequívoca de colaboración multidisciplinar apoyada en el aprendizaje basado en proyectos (Ahmed, A. et al., 2013). Para ello será necesario recoger, desde un primer momento, información tanto de alumnos como de docentes, analizar dicha información y valorar la efectividad de la implantación.

Este modelo de progresividad en la integración académica podrá soslayar la falta de formación actual del personal docente sobre metodología y tecnología BIM (Abbas, A. et al., 2016), por otro lado, uno de los principales ejes vertebradores de la implantación de la metodología.

Se han considerado seis ejes vertebradores (Figura 5.4) para llevar a cabo la propuesta de implantación de la metodología BIM:

1º.- Es necesario el compromiso académico de las diferentes áreas involucradas en el Plan de Implantación de la metodología BIM, de tal forma que la transversalidad se vea reforzada con la cooperación entre todo el profesorado



que impartirá las asignaturas con contenido BIM. De igual modo se precisa un apoyo explícito de la dirección para la motivación del personal docente.

2º.- De igual forma se requiere una coordinación de recursos, fundamentalmente a nivel de aplicaciones, que permitan desarrollar de forma estructurada los contenidos planteados a lo largo del proceso, debiendo dotar aquellas asignaturas con los recursos materiales precisos.

3º.- Se debe llevar a cabo una formación específica del profesorado de forma que pueda ser suficientemente competente en la docencia metodológica que se plantea. Este apartado no sólo se reduce al conocimiento de materiales y herramientas específicas en tecnología BIM, sino también a los métodos y prácticas que los hagan competentes en la aplicación de la estrategia.

4º.- Es necesario plantear un escenario de incentivos al alumnado que le refuerce su motivación para participar, a lo largo de los diferentes cursos del grado, en un proyecto integrado que replique de la forma más fiel posible un proyecto constructivo real.

5º.- Desde un primer momento, se deben establecer unas encuestas para la valoración y el seguimiento del Proyecto de Implantación BIM que serán contrastadas con datos análogos recogidos de alumnos que están actualmente cursando las asignaturas que se verán afectadas.

6º.- El continuo y veloz desarrollo de la metodología BIM y la tecnología necesaria para su implementación hace necesario el establecimiento de un observatorio de experiencias prácticas de implantación en otras universidades que permitan la actualización y realimentación del propio proyecto de implantación, de forma que puedan servir de referencia para posibles adaptaciones y mejoras de la metodología de integración. La creación de una comisión técnica BIM se entiende oportuna y esencial para coordinar la implantación y para orientar posibles nuevos caminos.



Figura 5.4. Ejes vertebradores de la propuesta de implantación de la metodología BIM

5.3.1 El Plan de Implantación BIM

La implantación de la metodología BIM que se propone en este proyecto de investigación a través de la implementación de lo que se denomina Plan de Implantación BIM (PIB) se circunscribirá, como ya se ha mencionado, al Grado de Ingeniería Mecánica (GIMECA) y al Grado de Tecnologías Industriales (GITECI). Las asignaturas de estos grados, señaladas en las tablas 15 y 19 con diferente color, serán las afectadas por el Plan (Tabla 21). En sus guías docentes se incluyen las materias que tienen interés y relación con el aprendizaje del BIM y las competencias que se pretenden alcanzar que son, en todo caso, necesarias para un óptimo desempeño profesional en el sector AEC.



El trabajo en equipo, las competencias específicas del sector y las habilidades comunicativas son las competencias más valoradas en los recién titulados (Eurobarometer, 2010).

Tabla 21. Cuadro de asignaturas afectadas por el PIB

ASIGNATURA	GRADO	CURSO
Expresión Gráfica	GIMECA / GITECI	1º (2C)
Procesos de Fabricación	GIMECA / GITECI	2º
Organización de empresas industriales	GITECI	2º
Expresión Gráfica II	GITECI	3º
Teoría de Estructuras	GITECI	3º
Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales	GIMECA	3º
Dibujo Industrial	GIMECA	3º
Dirección de Operaciones	GIMECA	3º
Aplicaciones Industriales del CAD	GIMECA / GITECI	4º
Instalaciones Industriales	GIMECA	4º
Proyectos y Oficina Técnica	GIMECA / GITECI	4º

Los departamentos y áreas que, por tanto, precisarán de una coordinación docente serán:

- Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación
 - o Área de la Expresión Gráfica en la Ingeniería
 - o Área de Ingeniería de Fabricación
 - o Área de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras



- Área de Ingeniería de la Construcción
- Departamento de Explotación y Prospección de Minas
 - Área de Proyectos de Ingeniería
- Departamento de Administración de Empresas
 - Área de Organización de Empresas

El Plan de Implantación BIM (PIB) está concebido como una actividad extra-académica, transversal y de participación voluntaria en la que, como objetivo final, los intervinientes podrán ir viviendo, como actores principales, la experiencia del desarrollo de un proyecto constructivo en modo real aplicando la metodología BIM. Al final de todo el proceso, aquellos alumnos que así lo hayan planteado, podrán disponer, además, del conocimiento y material necesario para la elaboración de un Trabajo Fin de Grado (TFG).

Se plantea que, para ayudar a fomentar las competencias de un entorno colaborativo, base del concepto metodológico BIM, se debe crear una “Aula BIM” (Figura 5.5) en el que la participación sea extensible a todos los alumnos, incluidos los de primer curso. De esta forma se facilitará su integración en los trabajos en curso posibilitando la participación activa desde el primer momento, de forma que sus posibles aportaciones puedan servir de motivación individual y de estimulación de todo el equipo. La participación será tanto más activa cuanto más avanzado en los cursos se encuentre el alumno. Con este planteamiento se decide ver el BIM no como un tema o una asignatura específica sino como una habilidad básica de comunicación (Sacks, R. et al., 2009) entre los futuros egresados de esta Universidad.



Figura 5.5 Aula BIM



El Plan de Implantación BIM se concibe, además, como una actividad soportada en técnicas de gamificación. La aplicación de estrategias de gamificación a la educación persigue ayudar al alumno a conseguir la motivación para implicarse en las actividades de una asignatura (Prieto, A. et al., 2014). Se entiende necesaria que la generación de concursos BIM se lleve a cabo a partir de la involucración de profesionales externos en el proceso. Estos nuevos compañeros de equipo podrán participar como cotutores de los proyectos. Esta dinámica podrá activar el estímulo participativo. La posibilidad de contactar o participar en el seno de un equipo que contacte con los profesionales del sector desde las fases más tempranas de la vida académica, debe constituir un aliciente más a la participación de los alumnos en el Plan. Participación que se podrá ver incentivada también por el establecimiento de un programa de convalidación de créditos.

El Plan de Implantación BIM se fundamenta en la creación de una Comisión BIM inter-áreas que coordine desde un principio las materias a impartir y la distribución de las áreas de trabajo (diseños, cálculos, planificación, costes, ...) y de los roles que asumirán cada uno de los participantes. Para ello, será necesario tener en cuenta la progresiva incorporación de conocimientos y competencias de los alumnos que participen en los equipos de trabajo dado que el ciclo completo del Plan de Implantación BIM no se finalizará hasta el cuarto año de implantación.

5.3.2 Inclusión de contenidos BIM en asignaturas existentes

La metodología BIM está considerada como una herramienta altamente efectiva para conseguir que los alumnos adquieran las competencias que se pretenden alcanzar en las asignaturas que conformarán el Plan de Implantación BIM (PIB) (López, O. et al., 2017). La implantación, de forma gradual, en los diferentes cursos de ambos grados garantizará además un desarrollo adecuado de dichas



competencias, siendo esencial que la motivación para estudiar se vea reforzada por nuevos métodos de aprendizaje (Alanne, K., 2016).

El Plan de Implantación BIM (PIB) que se plantea requiere una visión estratégica, a medio y largo plazo, de todo el personal involucrado y una actitud colaborativa desde sus primeros pasos. Será importante la toma de datos iniciales que permitan definir el estado inicial del conocimiento de la metodología, tanto a nivel de alumnado como de profesorado.

Como punto de partida han sido elegidas 11 asignaturas (1 del primer curso, 2 del segundo curso, 5 del tercer curso y 3 del cuarto curso) que junto con el TFG conformarán el itinerario a seguir en la adquisición de conocimientos y fortalecimiento de competencias BIM. En todas ellas han sido identificadas aquellas competencias generales y específicas que se buscan de acuerdo a sus guías docentes y que, o bien se verán reforzadas al implantar la metodología BIM o bien ayudarán a los alumnos a adquirirlas y desarrollarlas a lo largo del tiempo de participación en el Aula BIM (Tablas 22 y 23).

Tabla 22. Competencias específicas en las asignaturas con contenidos BIM

		COMPETENCIAS ESPECÍFICAS																		
		CB1	CB2	CB3	CB5	CB6	CC2	CC8	CC9	CC10	CC11	CC12	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CM7	CM8
1º curso	EXPRESIÓN GRÁFICA																			
2º curso	PROCESOS DE FABRICACIÓN																			
2º curso	ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS INDUSTRIALES																			
3º curso	EXPRESIÓN GRÁFICA II																			
3º curso	TEORÍA DE ESTRUCTURAS																			
3º curso	TEORÍA DE ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES																			
3º curso	DIBUJO INDUSTRIAL																			
3º curso	DIRECCIÓN DE OPERACIONES																			
4º curso	APLICACIONES INDUSTRIALES DEL CAD																			
4º curso	INSTALACIONES INDUSTRIALES																			
4º curso	PROYECTOS Y OFICINA TÉCNICA																			

	Competencias que no se pretenden en la asignatura
	Competencias que se adquieren en la asignatura
	Competencias que se adquieren en la asignatura y que se verán reforzadas con la metodología BIM
	Competencias que se adquirirían en la asignatura con la implantación de la metodología BIM



Tabla 23. Competencias generales en las asignaturas con contenidos BIM

		COMPETENCIAS GENERALES															
		CG1	CG2	CG3	CG4	CG5	CG6	CG7	CG8	CG9	CG10	CG11	CG12	CG13	CG14	CG15	CG16
1º curso	EXPRESIÓN GRÁFICA																
2º curso	PROCESOS DE FABRICACIÓN																
2º curso	ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS INDUSTRIALES																
3º curso	EXPRESIÓN GRÁFICA II																
3º curso	TEORÍA DE ESTRUCTURAS																
3º curso	TEORÍA DE ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES																
3º curso	DIBUJO INDUSTRIAL																
3º curso	DIRECCIÓN DE OPERACIONES																
4º curso	APLICACIONES INDUSTRIALES DEL CAD																
4º curso	INSTALACIONES INDUSTRIALES																
4º curso	PROYECTOS Y OFICINA TÉCNICA																

	Competencias que no se pretenden en la asignatura
	Competencias que se adquieren en la asignatura
	Competencias que se adquieren en la asignatura y que se verán reforzadas con la metodología BIM
	Competencias que se adquirirían en la asignatura con la implantación de la metodología BIM

No se ha incluido en las tablas de competencias el Trabajo Fin de Grado por no disponer, en esta Universidad, de una Guía Docente propia como asignatura y dado que se entiende que, como tal, ya se concibe la capacidad de integración de todas las competencias generales y específicas en el ámbito de la Ingeniería Industrial.

5.3.2.1 Expresión Gráfica

Se trata de una asignatura básica, de carácter teórico-práctico, que pertenece al módulo de “Formación Básica” y a la materia “Expresión Gráfica” que se imparte



en el primer curso de los Grados de Mecánica y de Tecnologías Industriales, con la que se pretende:

1. Proporcionar al alumno los conocimientos básicos sobre las técnicas de diseño asistido por ordenador.
2. Desarrollar la capacidad de ver o imaginar las formas geométricas en el espacio y realizar mentalmente operaciones con ellas.
3. Capacitar al alumno para que comprenda los cometidos, sintetice ideas y se sienta identificado con el lenguaje técnico como medio de comunicación.
4. Adquirir destreza en el manejo del instrumental de dibujar y de la croquización de piezas como medio de plasmar ideas gráficas de un modo rápido y preciso.
5. Que el alumno conozca y valore la normalización como medio universal del lenguaje gráfico.

Y cuyos contenidos están centrados en:

Sistemas de representación: Concepción espacial. Sistema Diédrico. Sistema Acotado. Proyecciones especiales. Normativa: Vistas y cortes. Acotación. Croquización. Planos de Ingeniería. Dibujo asistido por ordenador: Espacio de trabajo. Entidades gráficas. Modelado geométrico. Generación de planos.

Considerar el BIM como una habilidad esencial ([Sacks, R. et al., 2009](#)) implica que debe enseñarse ya al principio de los estudios de grado en ingeniería, como un componente central de la capacidad de un estudiante para comunicar información gráfica. Por lo tanto, en esta asignatura del primer curso, a los contenidos ya definidos no haría más falta que añadir los conceptos básicos de la metodología BIM y una introducción al manejo de herramientas tipo REVIT (Figura 5.5) que ayude a los alumnos a entender y asimilar la necesidad de compartir la información a lo largo de todo el proceso de un proyecto constructivo.



Introduction to Building Information Modeling I **2013-14 Undergraduate Academic Catalog**
[ARCHIVED CATALOG] [Print this Page](#)

AE 1312 - Introduction to Building Information Modeling I
1 lecture hours 2 lab hours 1 credits

This first course in the graphics sequence for AE and CM students teaches the basics of CAD drafting and Building Information Modeling (BIM). The CAD programs used are AutoCAD and REVIT Building. No previous CAD experience is required. General CAD topics include basic drawing and editing of details in AutoCAD, 3D building modeling, and an introduction to the concept of utilizing REVIT Building to produce estimates. (prereq: none)

[Close Window](#) [Print this Page](#)

Figura 5.6. Contenidos de la asignatura "A1312 Introducción al BIM I" de la Escuela de Ingeniería de Milwaukee, EEUU.

Esto representa un cambio de paradigma de la enseñanza de una habilidad, en este caso, la expresión gráfica. El cambio se produce al abordar la enseñanza de la expresión gráfica desde un enfoque conceptual de la comunicación; el proyecto constructivo como único modelo de información.

En el Aula BIM, el alumno de primer curso podrá profundizar en el conocimiento del software, a partir de tutoriales, a través de la experimentación. Su participación desde el primer momento le permitirá afianzar el concepto de colaboratividad con el resto de miembros del equipo y avanzar más rápidamente en la adquisición de conocimientos de la propia metodología colaborativa.

5.3.2.2 Procesos de Fabricación

La asignatura Procesos de Fabricación se enmarca dentro del módulo de "Formación Común" a la rama Industrial y materia "Mecánica y Materiales" que se imparte en el segundo curso de los Grados de Mecánica y de Tecnologías Industriales.

La asignatura proporciona al estudiante los conocimientos sobre los procesos de fabricación industrial que le permitan resolver problemáticas asociadas a la



fabricación, seleccionar el proceso de fabricación adecuado y conceptos relativos a la verificación e inspección de productos.

Sus contenidos están centrados en:

Conceptos básicos y clasificación de los procesos de fabricación. Procesos de conformado por moldeo. Procesos de conformado por deformación plástica. Procesos de conformado por separación. Procesos de unión y ensamblaje. Procesos de verificación e inspección. Gestión de la fabricación.

En esta asignatura se fortalecerá la colaboratividad a partir de la puesta en marcha de micro talleres CAD-CAM (Figura 5.6) dentro del Aula BIM con sencillos casos de fabricación con fresadoras 2'5D y procesos de montaje y ensamblado. El alumno se enfrentará por primera vez a la problemática de la interoperabilidad como concepto fundamental en la metodología BIM.

4.501
Massachusetts Institute of Technology



Assignment 2a

Design Modeling with Digital Fabrication
October 26 2006

Model in Class Due Monday 31

Project Scenario

- Empyrean has purchased a CNC router to improve manufacturing time and to increase production speed and component variety
- Patrick Gilrane (the Owner) was recommended by you that the company purchase a laser cutter to complement the CNC router in the shop
- You have been hired by Empyrean to research (explore) the relationship of the two machines. The first goal is to find ways to integrate design and shop fabrication with these digital machines by example in model form.



Assignment

- Build a design model of one corner or an area of your groups design at 1" = 1'-0"
 - Include a scale figure
 - Include a base of concrete
- Redesign the manufacturing concept for your house
 - If Panel design redesign the panel for cnc cutting
 - Not all parts can be cut which parts do you recommend
- Consider redesigning all parts of the building for manufacture with digital fabrication
 - Is this possible?
- Be prepared to present your new method it should enable the designer to redesigned and manufactured one house in month.
 - What is the system of digital fabrication will be used?
 - Is the process repeatable?
 - Is the method flexible?
 - How are you taking advantage of machine precision?




Figura 5.7. Tarea 2a "Design Modeling with Digital Fabrication" de la asignatura "4.501 Architectural Construction and Computation" del MIT, EEUU.

De igual forma que se plantea en el primer curso, al alumno se le permitirá la experimentación autodidacta, en esta etapa con prototipos de objetos BIM a partir de procesos de fabricación aditiva. Volverá a ser importante el intercambio de información y la comunicación entre los miembros del equipo de trabajo.

Con la aproximación del alumno al conocimiento de los desafíos que lleva consigo la implementación de las tecnologías digitales, máquinas y materiales aplicados a la industria de la construcción, concepto básico del término “Construcción 4.0”, se le estará dotando además de la capacidad de valorar algunos de los beneficios de la implantación de la metodología BIM en la industria constructiva; una mayor productividad y ahorros de tiempo y recursos.

Por otro lado, los modelos de maquetas pueden llegar a convertirse en pequeños proyectos en sí mismos, puesto que pueden incluir, no solo los revestimientos arquitectónicos, sino también todas las instalaciones y la estructura, por lo que el alumno experimentará que la pre-construcción sea esencial para conocer su viabilidad en modelos. Sobre las maquetas, se podrá analizar cualquier problemática constructiva no contemplada en el diseño del modelo en coordinación con el resto de las disciplinas, reduciendo la repercusión económica de modificaciones sobre la maqueta real (Collado. C. et al., 2019).

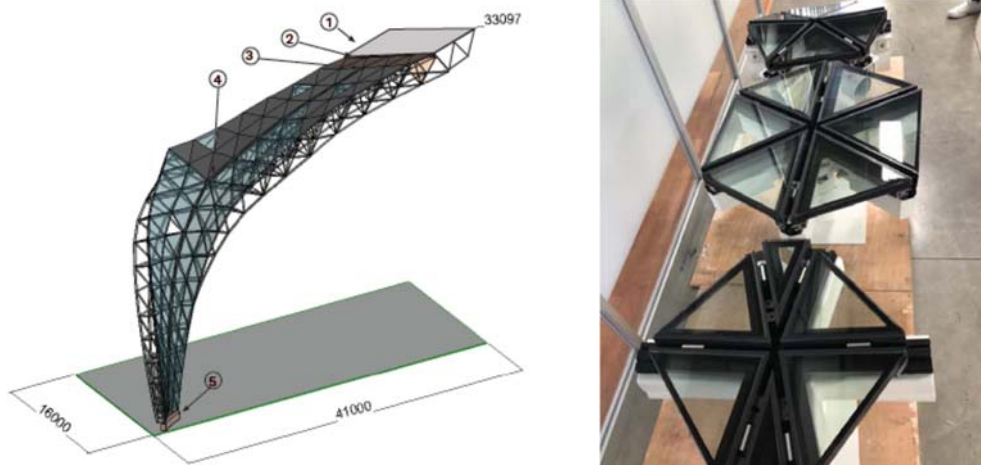


Figura 5.8. Maquetas de envoltura en obra. Fuente: Collado, C. et al., 2019.



Por otra parte, la realidad de BIM es que se concibe como un paso hacia la automatización e industrialización de los edificios producidos en serie cuestión que, a través del Aula BIM, debe servir de aproximación a los alumnos al futuro de la fabricación digital de edificios (Day, M., 2019).

5.3.2.3 Expresión Gráfica II

Se trata de una asignatura obligatoria, de carácter teórico-práctico, que pertenece al módulo de “Ampliación de Formación Básica” y a la materia “Expresión Gráfica”, que se imparte en el tercer curso del Grado de Tecnologías Industriales y con la que se pretende:

1. Conocer, comprender y aplicar los conceptos tecnológicos y gráficos adaptados a las nuevas situaciones para el desarrollo profesional.
2. Desarrollar las estrategias y procedimientos en la resolución de los problemas gráficos como cauce para abordar los proyectos de ingeniería.
3. Utilizar la comunicación gráfica entre técnicos, concretada en realizar e interpretar los planos normalizados de Dibujo Técnico de Ingeniería Industrial, implicando las nuevas tecnologías.
4. Trabajar en equipo, donde desarrollar sus conocimientos con un intercambio técnico/cultural crítico y responsable.
5. Planificar y gestionar proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial de acuerdo a la legislación vigente.

Sus contenidos están centrados en: Dibujo de taller: Introducción a la normativa. Estados superficiales. Tolerancias y ajustes. Uniones. Dibujo de conjunto y despiece. Dibujo de instalaciones de ingeniería. Estos contenidos quedan estructurados en los módulos de Modelado paramétrico de elementos mecánicos y Dibujo de taller.

En esta asignatura el Aula BIM se constituirá como complemento al software de diseño con el que se imparten los contenidos. El planteamiento iniciado en la



asignatura de primer curso, profundización auto experimental de una herramienta de diseño, tipo REVIT, se verá reforzado mediante la puesta a disposición de los alumnos de otras herramientas informáticas (ArchiCAD, AllPlan, Rhinoceros, Bentley, etc.).

A partir de los proyectos que se hayan definido para su desarrollo y mediante experimentación propia, dirigida en cualquier caso por los docentes del equipo, los alumnos deberán ser capaces de contrastar, entre las distintas herramientas informáticas, las bondades y debilidades de los diferentes interfaces de usuario, de las formas y capacidades de generación de planos, de la mayor o menor facilidad para desarrollar objetos paramétricos y de la posibilidad y facilidad de escalabilidad que ofrezca el software.

El refuerzo de los contenidos de la asignatura se podrá llevar a cabo a través del envío previo de la información a los alumnos en forma de vídeos instructivos que les ayuden a implicarse trabajando el aprendizaje a modo de “flipped classroom” (Bergmann, J. et al., 2012). Las competencias, de nuevo, se reforzarán mediante una posición del profesorado como facilitador para la adquisición de conocimientos y no como formador en el uso de herramientas informáticas.

5.3.2.4 Organización de empresas industriales

Se trata de una asignatura incluida en el módulo común a la Rama Industrial y dentro de la materia de Empresa. Se imparte en el primer semestre del segundo curso y se considera importante en la formación de los alumnos de Ingeniería. Los contenidos de la asignatura se encuentran enlazados directamente con los estudiados en el resto de materias, y en particular con materias del área de “Organización de Empresas”.

Esta asignatura pretende acercar al alumno el conocimiento y manejo de actividades de gestión propias de esta área, contribuyendo con ello a la formación de profesionales que tengan en estos campos la base de su actividad profesional futura.



Sus contenidos están centrados en programación matemática y teoría de la decisión, planificación, los ERP, la gestión de inventarios y almacenes, y los aprovisionamientos

Esta asignatura servirá para reforzar los conocimientos sobre los diferentes roles que se demandan en el sector y las relaciones formales entre los agentes participantes. Los miembros de los equipos de trabajo deberán conocer y asumir el papel que tengan asignado dentro del grupo de tal forma que su desempeño les permita experimentar las problemáticas más frecuentes que aparecen en el trabajo en equipo.

Los alumnos que formen parte del Aula BIM estarán, en estos momentos, recibiendo inputs de diferentes asignaturas y, por tanto, de diferentes áreas de conocimiento, por lo que será importante, en esta asignatura, introducirles en los modelos contractuales colaborativos ya que es, en la realidad, donde se perciben los beneficios económicos. Los aspectos contractuales que rodean a un proyecto constructivo afectan al propio comportamiento de los agentes participantes, los alumnos en este caso, a lo largo de todo el ciclo constructivo.

La existencia de un modelo único permitirá a los alumnos participar de la complejidad de la gestión no técnica de los modelos compartidos, de su propiedad, de los derechos de acceso al modelo, de los niveles de información contratados, de la responsabilidad asociada, del cumplimiento de garantías, de la seguridad en la obra y de todos aquellos aspectos formales de relación entre agentes participantes que se definan en los procedimientos y protocolos del proyecto.

5.3.2.5 Teoría de Estructuras

Se trata de una asignatura obligatoria del Módulo de Tecnología Específica del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales que se imparte en el segundo semestre del tercer curso y que engloba el conjunto de conocimientos científicos, técnicos y prácticos necesarios que permitirán al alumno evaluar el



comportamiento de estructuras de barras de acuerdo a criterios de resistencia y estabilidad. Para ello se emplearán diferentes métodos de cálculo de estructuras y se analizará cual es el más adecuado en cada caso. Además, se introducirá al alumno en el manejo de programas actualizados de cálculo de estructuras.

La relación de contenidos objeto de estudio son los siguientes:

Tipos de estructuras en Ingeniería. El principio de los trabajos virtuales y su aplicación en el cálculo estructural. Cálculo de estructuras de nudos articulados. Cálculo de estructuras de nudos rígidos. Cálculo matricial de estructuras. Introducción al Método de los Elementos Finitos en el cálculo estructural.

En esta asignatura, el enfoque que se dará en el Aula BIM estará ligado al fortalecimiento del espíritu solidario y el trabajo en equipo. Será importante incidir en la responsabilidad asociada al manejo de la información estructural que será compartida dentro de un único modelo digital. En este sentido, la formación recibida a lo largo del curso lectivo sobre el manejo de programas de cálculo de estructuras deberá focalizarse, dentro del Aula BIM, en la problemática de la interoperabilidad y la resolución de conflictos que puedan incidir en el diseño arquitectónico. Los alumnos experimentarán los flujos de trabajo que se pueden generar entre calculistas y diseñadores.

Los responsables de equipo serán facilitadores de información para que los alumnos puedan experimentar sobre el modelo de forma autónoma con diferentes herramientas de análisis estructural (CypeCAD, Robot, EdiLus, Tekla, ...), de forma que puedan valorar las bondades de dichas aplicaciones desde la perspectiva de la interoperabilidad.

Las habilidades comunicativas se trabajarán, una vez más, a partir de reuniones de coordinación y seguimiento de los proyectos, así como de la exposición y defensa de los resultados de los análisis realizados.



5.3.2.6 Teoría de Estructuras y Construcciones Industriales

Esta asignatura tiene un carácter teórico/práctico y engloba el conjunto de conocimientos científicos, técnicos y prácticos que permiten predecir tanto el comportamiento estructural como establecer las bases de una planta industrial eficiente y competitiva en el mercado. Se imparte en el tercer curso del Grado de Mecánica.

Sus contenidos están centrados en:

Introducción a la Construcción y Arquitectura Industrial. Elección del emplazamiento. Estudios de implantación. Organización del Layout. Servicios Generales de Fabricación. Servicios Generales de Manutención. Impacto Ambiental de las Construcciones Industriales. Diseño de Naves Industriales. Cálculo de estructuras de nudos articulados. Cálculo de estructuras de nudos rígidos.

Para los alumnos que cursen esta asignatura, el Aula BIM jugará idéntico papel que el apuntado en el apartado 5.3.2.5 Teoría de Estructuras, dado que se trata del itinerario equivalente al Grado de Tecnologías Industriales.

5.3.2.7 Dibujo Industrial

Se trata de una asignatura obligatoria, de carácter teórico-práctico, que pertenece al módulo de “Tecnología específica Mecánica” y a la materia “Expresión Gráfica”, que se imparte en el tercer curso del Grado de Ingeniería Mecánica y con la que se pretende:

6. Conocer, comprender y aplicar los conceptos tecnológicos y gráficos adaptados a las nuevas situaciones para el desarrollo profesional.
7. Desarrollar las estrategias y procedimientos en la resolución de los problemas gráficos como cauce para abordar los proyectos de ingeniería.
8. Utilizar la comunicación gráfica entre técnicos, concretada en realizar e interpretar los planos normalizados de Dibujo Técnico de Ingeniería Industrial, implicando las nuevas tecnologías.



9. Trabajar en equipo, donde desarrollar sus conocimientos con un intercambio técnico/cultural crítico y responsable.
10. Planificar y gestionar proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial de acuerdo a la legislación vigente.

Sus contenidos están centrados en:

Modelado paramétrico de elementos mecánicos. Dibujo de taller: Introducción a la normativa. Estados superficiales. Tolerancias y ajustes. Uniones. Dibujo de conjunto y despiece. Diseño industrial: Introducción. Metodología.

Para los alumnos que cursen esta asignatura, el Aula BIM jugará idéntico papel que el apuntado en el apartado 5.3.2.3 Expresión Gráfica II, dado que se trata del itinerario equivalente al Grado de Tecnologías Industriales.

5.3.2.8 Dirección de Operaciones

Se trata de una asignatura incluida en el Módulo Común a la Rama Industrial y dentro de la materia “Empresa”. Se imparte en el segundo semestre del tercer curso del Grado en Ingeniería Mecánica y pretende acercar al alumno el conocimiento y manejo de actividades de gestión propias del área de Organización de Empresas, contribuyendo con ello a la formación de profesionales que tengan en estos campos la base de su actividad profesional futura.

Los contenidos de la asignatura se encuentran enlazados directamente con los estudiados en el resto de materias, en particular con materias del área de “Organización de Empresas” y están centrados en:

Programación lineal. Localización. Distribución en planta. Planificación de la producción. Los ERP. Gestión de inventarios y almacenes. Aprovisionamiento. Rutificación de vehículos.



Para los alumnos que cursen esta asignatura, el Aula BIM jugará idéntico papel que el apuntado en el apartado 5.3.2.4 Organización de empresas industriales, dado que se trata del itinerario equivalente al Grado de Tecnologías Industriales.

5.3.2.9 Aplicaciones Industriales del CAD

Se trata de una asignatura de carácter teórico-práctico que pertenece al módulo “Optativas comunes a la rama industrial” y está incluida dentro de “Varias materias relacionadas con competencias generales y específicas de la rama industrial” y que se imparte en el cuarto curso de los Grados de Ingeniería Mecánica y de Tecnologías Industriales.

En esta asignatura se abordan aspectos fundamentales en la formación del Ingeniero, como son las diferentes formas de representar instalaciones de Ingeniería, tanto eléctricas como neumáticas y químicas, el dibujo de construcción y los esquemas electrónicos.

Se hará entonces hincapié en aquellas funciones no explicadas en cursos anteriores y que tienen aplicación en la asignatura. Además, es necesario que el alumno sea capaz de resolver los problemas que surgen cuando se tratan de intercambiar archivos de dibujo entre diferentes aplicaciones y a través de Internet.

Sus contenidos están centrados en:

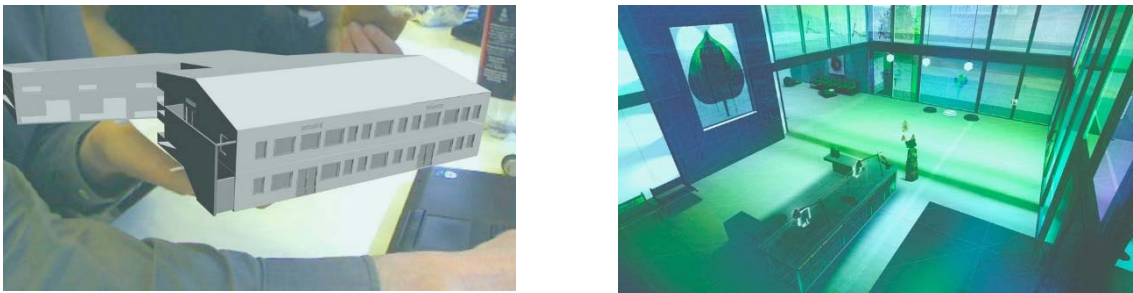
Conceptos de aplicación a instalaciones (capas, bloques, acotación). Bibliotecas de componentes. Creación de esquemas a partir de símbolos. Intercambio de archivos de dibujo entre diferentes aplicaciones informáticas. CAD e Internet. Dibujos de especialidad: Representación de instalaciones (mecánicas, eléctricas, neumáticas, de tuberías, de construcción, procesos químicos) y de esquemas eléctricos y electrónicos. Principios de acotación de aplicación en elementos mecánicos (referentes a cualquier ámbito de la Ingeniería Industrial) y en las instalaciones descritas anteriormente. Aplicación a proyectos de Ingeniería Industrial.



La aportación del Aula BIM a esta asignatura estará focalizada en la comunicación. Teniendo presente los contenidos ya reflejados en la guía docente, será importante que los alumnos, como miembros de un equipo de trabajo, sean capaces de elaborar informes de detección de colisiones, de realizar animaciones del modelo y de llevar a cabo presentaciones profesionales del proyecto constructivo. Para ello se trabajará la coordinación, la visualización y la comunicación comercial (Cory, C. et al., 2012).

La situación de proximidad a la realidad laboral en la que se encuentra el futuro egresado debe ser un aliciente para el fomento de simulaciones de situaciones reales, en las que no sólo será necesario demostrar los conocimientos de las tecnologías que soporta el BIM sino también de haber adquirido habilidades comunicativas tanto a nivel oral como escrito.

A modo de introducción, el Aula BIM servirá también para que los profesores faciliten información sobre las últimas tendencias en Láser Scanner para BIM y realidad virtual y realidad aumentada en entorno BIM (Figura 5.8).



*Figura 5.9. Imágenes de Realidad Aumentada (izda.) y Realidad Virtual (dcha.).
Fuente: EspacioBIM*



5.3.2.10 Instalaciones Industriales

La asignatura, con una marcada orientación práctica y tecnológica, pertenece a la materia "Energía y Medio Ambiente" y se imparte en el cuarto curso del Grado en Ingeniería Mecánica.

El objetivo más importante que se plantea es el de proporcionar al alumno el conocimiento de los principios básicos de funcionamiento de varias instalaciones industriales, con la inherente complejidad en cuanto al trasiego de fluidos y sus repercusiones en el cálculo constructivo global de dichas instalaciones.

Sus contenidos están centrados en:

Instalaciones de distribución y almacenamiento de líquidos. Instalaciones de distribución y almacenamiento de gases. Acciones sobre las tuberías. Tuberías exteriores y tuberías enterradas. Materiales de las tuberías. Instalaciones de abastecimiento de aguas y redes de saneamiento. Instalaciones de protección contra incendios. Gaseoductos. Tuberías industriales: cálculo y dimensionamiento. Impacto ambiental en las obras de redes de tuberías. Flujos transitorios. Ventilación industrial. Transporte neumático. Instalaciones de limpieza y filtrado de fluidos. Ruido y vibraciones en la industria. Absorción y aislamiento sonoros. Acondicionamiento acústico y de vibraciones.

Los alumnos que cursen esta asignatura y participen en el Aula BIM trabajarán la coordinación a partir de sus aportaciones al proyecto mediante el uso de herramientas de modelado de instalaciones que se incorporarán al modelo único del proyecto. El uso de programas específicos de instalaciones mecánicas, eléctricas e hidrosanitarias (MEP) para el desarrollo de la ingeniería del proyecto les enfrentará a situaciones en las que precisarán de colaboración multidisciplinar reforzando y facilitando el trabajo en equipo.

5.3.2.11 Proyectos y Oficina Técnica

La asignatura forma parte del Módulo Común a la rama Industrial inscrita dentro de la Materia Proyectos y se imparte en el cuarto curso de los Grados de



Ingeniería Mecánica y de Tecnologías Industriales. Con ella se pretende dotar al alumno de conocimientos y habilidades que le permitan conocer el entorno de trabajo de la oficina técnica, las restricciones legales y económicas de los proyectos, así como dominar las técnicas de gestión de proyectos realizados en dicho entorno.

Sus contenidos están centrados en:

Organización de las Empresas de Ingeniería. El Proyecto Industrial. Teoría Clásica del Proyecto. Documentación de Proyectos. Evaluación del Impacto Ambiental. Estudio de Seguridad y Salud. Teoría General del Proyecto. Estudios Previos. Ingeniería Básica. Ingeniería de Desarrollo. Planificación y programación de proyectos. Control y seguimiento de proyectos. Control de calidad de los proyectos. Tramitación de proyectos. Elaboración de informes técnicos.

Las dimensiones BIM descritas en el apartado 2.1.3 de esta tesis serán la referencia de los alumnos del Aula BIM en lo relativo a esta asignatura. Los conocimientos adquiridos en gestión de proyectos, planificación, costes, sostenibilidad y mantenimiento se deberán aplicar en modo colaborativo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto constructivo. El profesor será, de nuevo, facilitador de herramientas de trabajo que permitan la experimentación auto didacta del alumno. El conocimiento básico de programas como Presto, Navisworks, Synchro, Primavera o Solibri ayudará al alumno a enfrentarse a problemas de interoperabilidad y coordinación en los flujos de trabajo del proyecto y a situaciones reales que se encontrará en una oficina de proyectos.

La transversalidad de esta asignatura se solapa con la propia esencia del Aula BIM, por lo que los alumnos reforzarán la visión completa de un proyecto constructivo pudiendo valorar la importancia del grado de implementación que se haya conseguido para cada una de las dimensiones BIM (diseños, planificación, presupuestos, análisis energéticos, mantenimiento, ...).



5.3.3 El laboratorio de resultados

5.3.3.1 Las encuestas de seguimiento

Las encuestas a egresados universitarios se han utilizado en EE.UU. durante casi 60 años. En 1979, Pace ([Pace, C.R., 1979](#)) fue capaz de identificar diez estudios clave llevados a cabo entre 1937 y 1976. Tres de estos estudios se centraban en los logros de los egresados universitarios (p. ej. la satisfacción en el trabajo, la relación de la especialidad cursada en la universidad con el campo laboral), mientras que siete trataban de las habilidades adquiridas en la universidad (p. ej. pensamiento crítico, habilidades interpersonales, preparación profesional). Desde que Pace realizó esta revisión de la bibliografía, se ha producido un gran aumento de los estudios sobre egresados universitarios ([Cabrera, A. et al., 2003](#)).

Algunas instituciones se ponen en contacto con los egresados en cuanto se titulan, entre seis meses y un año después de acabar la universidad, tres años después de titularse o incluso 25 años después para pedirles que respondan a preguntas relativas a sus experiencias universitarias y sus resultados laborales o de formación continua ([Borden, V., 2003](#))

Ya mencionamos en apartados anteriores la importancia y necesidad de llevar a cabo encuestas de valoración y seguimiento de la implantación de la metodología BIM en el currículo. Tal y como se refleja en el punto 5.3 se trata de uno de los ejes vertebradores de la implantación del Plan de Implantación BIM (PIB) sin el cual no se entenderá el éxito de la propuesta de esta tesis.

La Comisión encargada de la coordinación del Aula BIM deberá protocolizar y planificar la realización de las encuestas a través de los profesores responsables de las asignaturas afectadas por el Plan de Implantación BIM, pero no sólo a los futuros egresados cuando hayan finalizado su periodo de participación en el Aula BIM, sino a todos los alumnos que se vayan matriculando en dichas asignaturas a lo largo del periodo de implantación. De esta forma, se establecerá una “oficina de investigación” para la evaluación y mejora de la propuesta de implantación de la metodología BIM y del interés que pueda mostrar el nuevo alumnado por la



incorporación a la formación universitaria de los conocimientos, destrezas, habilidades y valores a adquirir para ayudar a la digitalización y modernización del sector AEC.

Durante los 4 años de duración del proyecto de implantación, a través del Aula BIM, se presentarán a los alumnos (excepto a aquellos que empiecen el primer curso del primer año de implantación) las siguientes cuestiones que permitirán valorar el grado de bondad del proyecto durante y al final del periodo cuatrienal (Tablas 24 y 25).

Tabla 24. Encuesta 1 de seguimiento del Plan de Implantación BIM (PIB)

METODOLOGÍA BIM. ENCUESTA DE SEGUIMIENTO (1/2)	
Marca la respuesta que consideres más apropiada según tus conocimientos y situación personal. No existen respuestas correctas o incorrectas. Gracias por tu colaboración	
¿Has participado o estas participando en el Aula BIM?	
<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
¿Conoces en qué consiste la metodología BIM (Building Information Modeling)?	
<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Sé que existe pero no sé qué es
¿Conoces la diferencia entre tecnología BIM y metodología BIM?	
<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
¿Tienes algún tipo de formación en BIM?	
<input type="checkbox"/>	Si, básica
<input type="checkbox"/>	Si, media
<input type="checkbox"/>	Si, avanzada
<input type="checkbox"/>	No
¿Has utilizado algún software BIM en algún trabajo o proyecto?	
<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
Si has contestado Si, marca qué software has utilizado	
<input type="checkbox"/>	Revit
<input type="checkbox"/>	Archicad
<input type="checkbox"/>	AllPlan
<input type="checkbox"/>	Bentley
<input type="checkbox"/>	ACCA Software
<input type="checkbox"/>	Navisworks
<input type="checkbox"/>	Robot
<input type="checkbox"/>	Primavera
<input type="checkbox"/>	Solibri
<input type="checkbox"/>	Dynamics
<input type="checkbox"/>	CypeCAD
<input type="checkbox"/>	EdiLus
<input type="checkbox"/>	Tekla
<input type="checkbox"/>	Lumion
<input type="checkbox"/>	V-Ray
<input type="checkbox"/>	Otros (señalar)
¿Crees necesaria la formación universitaria en herramientas informáticas BIM?	
<input type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	No lo sé / Es indiferente



¿Crees que serás usuario de software BIM o aplicarás metodología BIM en los próximos años?

Si, antes de 1 año

Si, antes de 5 años

No

No lo sé

¿Crees que la metodología BIM debería formar parte de la formación universitaria?

Si

No

No lo sé / Es indiferente

¿Conoces la principales competencias que se adquieren o se refuerzan aplicando la metodología BIM?

Si

No

¿Crees que la formación en BIM te permitirá una mejor adaptación al mundo laboral?

Si

No

No lo sé / Es indiferente

Tabla 25. Encuesta 2 de seguimiento del Plan de Implantación BIM (PIB)

METODOLOGÍA BIM. ENCUESTA DE SEGUIMIENTO (2/2)					
<p>Marca la respuesta que consideres más apropiada según tus conocimientos y situación personal. No existen respuestas correctas o incorrectas. Gracias por tu colaboración</p>					
<p>En el caso de participar o haber participado en el Aula BIM, valora la influencia de las siguientes opciones a la hora de tomar la decisión de participar:</p>					
	Baja/Nula		Media		Alta
<i>Me pareció interesante poder de trabajar un proyecto en equipos desde primeros cursos</i>	1	2	3	4	5
<i>Me gusta involucrarme en proyectos aunque requieran un esfuerzo adicional</i>	1	2	3	4	5
<i>Me convencieron compañeros para hacer algo juntos</i>	1	2	3	4	5
<i>Es una oportunidad de hacer algo que me diferencie de los demás</i>	1	2	3	4	5
<i>Es una opción de complementar la formación que ya se incluye en la guía docente</i>	1	2	3	4	5
<i>Creo que el BIM es una opción de futuro profesional en auge</i>	1	2	3	4	5
<i>Creo que es importante tener incentivos a modo de premios, reconocimientos, etc.</i>	1	2	3	4	5
<i>Es atractivo participar en proyectos con profesionales en ejercicio</i>	1	2	3	4	5



En el caso de participar o haber participado en el Aula BIM, valora su aportación a las siguientes competencias:

	Baja		Media		Alta
<i>Trabajo en equipo</i>	1	2	3	4	5
<i>Comunicación</i>	1	2	3	4	5
<i>Responsabilidad</i>	1	2	3	4	5
<i>Espíritu solidario</i>	1	2	3	4	5
<i>Capacidad de transmitir información e ideas</i>	1	2	3	4	5
<i>Capacidad de análisis y síntesis</i>	1	2	3	4	5
<i>Razonamiento crítico</i>	1	2	3	4	5
<i>Resolución de problemas con iniciativa</i>	1	2	3	4	5
<i>Capacidad de entender e interpretar la organización empresarial</i>	1	2	3	4	5
<i>Capacidad de trabajar dentro en un entorno multidisciplinar</i>	1	2	3	4	5

A partir del análisis de los resultados de las encuestas se podrán tomar decisiones sobre la idoneidad de poner en marcha o establecer nuevas estrategias de implantación que asienten de una manera definitiva la integración de la metodología BIM en la Universidad de Oviedo.

Será el momento de evaluar, así mismo, la conveniencia de hacer extensivo el proyecto de implantación del BIM al resto de Grados y en qué medida está implantación debe tomar presencia en cada uno de ellos.

5.3.3.2 La evaluación de los proyectos y de las competencias

Para que la metodología propuesta de implantación se complete de forma que sea coherente con el establecimiento de incentivos, ya sea a modo de participación en concursos con dotación en premios, de concesión de créditos académicos por actividades extra académicas (similares a las actividades deportivas), de obtención de becas para prácticas en empresas u otros que se



podieran establecer por parte de la Comisión BIM, es imprescindible la elaboración de rúbricas que permitan la evaluación tanto de los proyectos del Aula BIM como de las competencias que se pretenden perseguir en ella.

La rúbrica es un instrumento cuya principal finalidad es compartir los criterios de realización de las tareas de aprendizaje y de evaluación con los estudiantes y entre el profesorado. Como guía u hoja de ruta de las tareas, muestra las expectativas que alumnado y profesorado tienen y comparten sobre una actividad o varias actividades, organizadas en diferentes niveles de cumplimiento: desde el menos aceptable hasta la resolución ejemplar, desde lo considerado como insuficiente hasta lo excelente. La rúbrica se manifiesta como un instrumento idóneo para evaluar competencias, pues permite diseccionar las tareas complejas que conforman una competencia en tareas más simples distribuidas de forma gradual y operativa (Masmitja, JA., 2013)

No se contempla, en esta tesis, la elaboración de todas las rúbricas que permitan la evaluación tanto de los proyectos como de las competencias adquiridas. Será tarea del equipo docente la presentación de aquellas que se vayan a considerar a lo largo de cada uno de los cursos que abarca la implantación de la metodología BIM y que es recomendable elaborar desde un principio de forma colaborativa entre todos los miembros de la Comisión. Sin embargo, sí se entiende oportuno proponer un modelo aplicable al Aula BIM que facilite la elaboración del resto de rúbricas que permitirán la evaluación.

Siguiendo el esquema que se muestra en la Tabla 26 se propone la rúbrica correspondiente a una de las principales competencias que la metodología BIM ayuda a adquirir y a fortalecer, el trabajo en equipo.



Tabla 26. Estructura de una rúbrica. Fuente: Cuadernos de docencia universitaria nº 26

Categorías	Indicadores	Escala de calificación			
		1 (poco)	2 (bueno)	3 (muy bueno)	4 (ejemplar)
A (%)	Aa (%)	Descriptor Aa1	Descriptor Aa2	Descriptor Aa3	Descriptor Aa4
	Ab (%)	Descriptor Ab1	Descriptor Ab2	Descriptor Ab3	Descriptor Ab4
	Ac (%)	Descriptor Ac1	Descriptor Ac2	Descriptor Ac3	Descriptor Ac4
B (%)	Ba (%)	Descriptor Ba1	Descriptor Ba2	Descriptor Ba3	Descriptor Ba4
	Bb (%)	Descriptor Bb1	Descriptor Bb2	Descriptor Bb3	Descriptor Bb4
	Bc (%)	Descriptor Bc1	Descriptor Bc2	Descriptor Bc3	Descriptor Bc4

La competencia de trabajo en equipo incluye el conocimiento, principios y conceptos de las tareas y del funcionamiento de un equipo eficaz, el conjunto de habilidades y comportamientos necesarios para realizar las tareas eficazmente, sin olvidar las actitudes apropiadas o pertinentes por parte de cada miembro del equipo que promueven el funcionamiento del equipo eficaz.

Para la valoración del trabajo en equipo se propone una rúbrica estructurada en dos niveles de dominio a cada uno de los cuales se le han aplicado unos indicadores concretos, que en su gran mayoría pueden ser evaluados por los docentes, por el propio estudiante e incluso, en el caso de esta competencia, por los mismos compañeros de equipo (Tablas 27 y 28).



Tabla 27. Nivel 1 de la rúbrica correspondiente a Trabajo en Equipo. Fuente: Adaptación de “Rúbricas para la evaluación de competencias”

Nivel 1	Indicador	Descriptorios y Valoración			
		0	1	2	3
Participar y colaborar activamente en las tareas del equipo. (50%)	Entrega del trabajo en el plazo fijado	No lo entrega.			Lo entrega en el plazo establecido.
	Intervención en la definición de los objetivos del trabajo	No interviene.	Interviene poco y normalmente cuando se le interpela directamente	Interviene activamente.	Interviene activamente y dinamiza positivamente al grupo.
	Colaboración en la definición y en la distribución de las tareas del trabajo en grupo	Frena el trabajo de los demás.	Se limita a asumir las decisiones que el resto del grupo ha decidido llevar a cabo.	Participa en la planificación.	Fomenta la organización y la distribución de tareas, recogiendo las intervenciones del resto del grupo, e incorpora propuestas.
	Implicación en los objetivos del grupo	No se implica y/o pone trabas.	Prevalecen sus objetivos personales respecto a los del grupo.	Asume los objetivos del grupo.	Promueve y moviliza los objetivos del grupo.



Tabla 28. Nivel 2 de la rúbrica correspondiente a Trabajo en Equipo. Fuente: Adaptación de Rúbricas para la evaluación de competencias

Nivel 2	Indicador	Descriptorios y Valoración			
		0	1	2	3
Contribuir a la consolidación y al desarrollo del equipo, favoreciendo la comunicación, la distribución equilibrada de tareas, el clima interno y la cohesión (50%)	Aceptación y cumplimiento de las normas del grupo	No acepta ni cumple las normas del grupo.	Intenta modificar las normas del grupo en beneficio propio.	Acepta y cumple las normas del grupo.	Participa en el establecimiento de las normas y fomenta nuevas normas para mejorar el funcionamiento del grupo.
	Contribución al establecimiento y a la aplicación de los procesos del trabajo en equipo	No conoce ni se interesa en conocer los procesos de trabajo.	Aplica los procesos del trabajo en equipo.	Aplica los procesos del trabajo en equipo y ayuda a su cumplimiento	Aplica los procesos del trabajo en equipo, ayuda a su establecimiento y propone mejoras.
	Actuación para afrontar los conflictos del equipo y su cohesión	Provoca conflictos.	Evita afrontar el conflicto y se muestra pasivo.	Actúa positivamente en la resolución de conflictos.	Capta los conflictos y actúa rápidamente para evitarlos. Soluciona los conflictos.

De esta forma, para obtener los resultados de la evaluación sólo restaría definir el peso relativo de cada uno de los indicadores de los dos niveles.

Por otro lado, también deberán desarrollarse las rúbricas que evalúen las tareas que a lo largo de los cuatro años de implantación del Plan se vayan definiendo para cada uno de los grupos de alumnos que participarán en los proyectos. Para ello, se sugiere definir previamente el entregable correspondiente a esa tarea o actividad (una memoria, un modelo digital, un prototipo, un planing, el proyecto, ...) y a partir de él definir las categorías, los indicadores y los descriptorios.



Por otro lado, también será necesario definir las rúbricas que permitan la evaluación de las diferentes tareas que se vayan planteando a lo largo del proceso constructivo desarrollado durante el aula extra-curricular. La valoración del proyecto mediante rúbricas (Figura 5.9) se muestra como un elemento fundamental, tal y como revela la experiencia de los profesores Mora, F., León, I y Sagarna M. de la Escuela de Ingeniería de Guipúzcoa en el éxito de la evaluación de su asignatura Tecnología BIM (Mora, F. et al., 2018) impartida en el cuarto curso del Grado de Arquitectura Técnica.

RÚBRICA MODELO CENTRAL				
NIVEL DE CALIDAD ALCANZADO				
VALORACIÓN	2	1	0	
CRITERIO	NOTABLE	SUFICIENTE	INSUFICIENTE	
1	DESARROLLO	El modelo llega a un grado de desarrollo completo del modelo de análisis	El modelo no completa el desarrollo total del modelo, pero en general faltan muy pocos elementos para su finalización	El modelo está muy incompleto, no se ha alcanzado el objetivo. Hay muy poco trabajo desarrollado
2	ORDEN	El modelo está muy ordenado. Se ha dejado limpio y sin elementos basuras.	El modelo está bastante ordenado y limpio, aunque existe algún elemento que no se ha cerrado debidamente o existen sistemas o basuras que no se han borrado	El modelo está desordenado y mal finalizado, existen múltiples sistemas o elementos que no se han borrado o se han dejado abiertos. Se aprecia un proceso de trabajo muy caótico
3	FIDELIDAD CON EL ENUNCIADO	El modelo representa fielmente el enunciado del trabajo. Los sistemas constructivos, familias, etc. han sido seleccionados de forma correcta y han permitido realizar de forma clara la esencia de la obra analizada	En general el modelo central generado es correcto y bastante fiel a la obra analizada. Existe algún aspecto de importancia que no concuerda con el original, pero es fácilmente resoluble	El modelo central presentado no representa en casi nada a la obra analizada. Mala elección de las familias constructivas, mal planteamiento de la geometría y sobre todo que no representa la esencia de la obra de análisis.
4	RESULTADOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	La labor de investigación es muy satisfactoria. Se ha completado el proceso de forma correcta y completa. Muy buen trabajo	La labor de investigación es satisfactoria. Se ha completado el proceso de forma correcta y completa en general, aunque hay algún aspecto que se podría haber mejorado o intensificado.	La labor de investigación no es nada satisfactoria. No se ha completado el proceso de forma correcta y completa, existen múltiples aspectos que no se han realizado o están incompletos. No se han alcanzado los objetivos del trabajo
5	RESULTADOS ADICIONALES DE LA INVESTIGACIÓN	Se han desarrollado algunos aspectos adicionales de la investigación, que complementan de forma correcta e idónea el desarrollo del modelo, generando un trabajo mas rico y completo	Se han desarrollado algunos aspectos adicionales de la investigación, que podrían haber complementado de forma correcta e idónea el desarrollo del modelo, pero se han quedado un poco a medias	No existe ningún aspecto adicional a la investigación, quedando algunos elementos sin definir ni completar. Es un trabajo muy escaso y con muchas carencias

Figura 5.10. Rúbrica del Modelo Central. Fuente: Guía Docente de la asignatura Tecnología BIM de la Escuela de Ingeniería de Guipúzcoa



5.4 Futuras iniciativas

La estrategia de integración de la metodología BIM en la Escuela Politécnica Industrial de la Universidad de Oviedo pasa, de acuerdo a la presente propuesta, por establecer una segunda etapa que consolide la estrategia inicial. Se tratará de integrar, dentro de los planes docentes de los grados, una asignatura específica BIM y la posibilidad de llegar a ofertar un programa postgrado de especialización, un Máster BIM, orientado a la formación de expertos en la aplicación de la metodología BIM a la gestión de proyectos constructivos.

Actualmente se imparte, en el Campus de Mieres de la Universidad de Oviedo, la asignatura “Modelización de la Información en Ingeniería y Arquitectura (BIM)” dentro del Plan Docente del Grado en Ingeniería Geomática. Se trata de una asignatura optativa del primer semestre de cuarto curso con carácter teórico-práctico a través de la cual los alumnos deberían ser capaces de generar modelos BIM para ingeniería y arquitectura y cuyos resultados están orientados al conocimiento y manejo de herramientas BIM que permitan el modelado y la representación de elementos.

El objetivo de concienciar a los alumnos en el uso de la metodología BIM en el desarrollo de proyectos constructivos debe ser la respuesta a la falta de las competencias requeridas por el sector. La falta de una formación adecuada se encuentra como un impedimento significativo en la adopción del BIM.

La asignatura BIM, que se propone de carácter obligatorio en la intensificación en Construcción del Grado de Ingeniería Mecánica y optativa en el resto de intensificaciones y en el Grado de Tecnologías Industriales, podrá coexistir con el Aula BIM, fortaleciendo de esta manera la posición de la Escuela Politécnica Industrial de Gijón en cuanto a la preparación de los alumnos hacia la modernización y digitalización del sector AEC.

Se trataría de una asignatura teórico – práctica orientada a la realización de un proyecto constructivo sencillo potenciando el trabajo colaborativo desde las primeras clases y donde se planteen metodologías activas de auto-aprendizaje,



bien de modo autónomo o en cooperación, desarrollando actividades guiadas por el profesor que permitan conseguir los objetivos marcados. No debe perderse de vista que no se trata de enseñar el manejo de herramientas informáticas adaptadas al sector sino de transmitir conocimientos y procurar la asimilación de competencias ayudados por esas herramientas.

Como propuesta, en anexo a esta tesis, se presenta la Guía Docente de dicha asignatura que, bajo la denominación de “*Aplicación de la Metodología BIM*”, completaría el proceso de implantación de la metodología BIM en la Universidad de Oviedo.



CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

6

6.1 Discusión

La situación del sector de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción requiere, sin duda, modernizarse y adecuarse a las exigencias legislativas que pretenden digitalizar el sector. Bajo esta premisa, el trabajo de investigación de esta tesis ha permitido llevar a cabo el análisis del nivel de integración de la metodología BIM en los grados de Ingeniería Industrial en España, y cómo esa implantación ha considerado las competencias que se requieren para instrumentar dicha metodología en el ámbito profesional. Además, se ha desarrollado una propuesta de implantación de la Metodología BIM en la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón cumpliendo, de esta manera, el objetivo de dar continuidad al proceso previo de análisis que se ha llevado a cabo. Se pretende, de esta forma, ayudar a su consolidación en los futuros planes docentes mediante una fórmula de implantación colaborativa.

A diferencia de los estudios de Arquitectura, de Ingeniería de la Edificación y de Ingeniería Civil, en los cuales existe una clara focalización hacia el sector de la Construcción, la Ingeniería Industrial aporta una visión más generalista que permite abordar diversos sectores industriales. De hecho, es constatable que la



evolución de la tecnología en determinados campos de la industria siempre ha ido por delante del sector constructivo. Esta circunstancia ha permitido disponer, antes de la aparición e inicio de la difusión del BIM, de procesos industriales ya modernizados y digitalizados. En los foros del sector se empieza a hablar de la industrialización de la construcción. Por esta singularidad, se ha entendido que el análisis de la implantación del BIM en los planes docentes de la Ingeniería Industrial merecía una especial y diferente consideración.

La aparición del BIM, desde su perspectiva metodológica, implica la necesidad de gestionar un cambio en los modelos de enseñanza en las instituciones académicas o, al menos, la necesidad de realizar un análisis de qué competencias son necesarias para su futuro desempeño profesional con el empleo de esta metodología y cómo se facilita a los alumnos la adquisición de estas competencias. Por ello, se ha considerado importante conocer las fórmulas de implantación de la metodología y los obstáculos encontrados para su desarrollo.

También ha sido necesario realizar un análisis de la situación de las asignaturas con contenidos BIM en la Ingeniería Industrial en España desde el punto de vista competencial, estudiando en qué medida la integración del BIM podría requerir la incorporación de nuevas competencias y/o ayudar al refuerzo en la adquisición de las ya previamente definidas en las guías.

Un punto adicional de consideración lo ha constituido el conocer qué egresados espera recibir el sector de la construcción, cuáles son los nuevos perfiles y que conocimientos, habilidades y valores deben aportar a la nueva situación. Esto, sin duda, implica una importante responsabilidad sobre las instituciones académicas universitarias que deberán orientar a los alumnos hacia los nuevos retos del sector.

El análisis de las competencias esperadas por el mercado laboral y los nuevos roles de las organizaciones que implementan la metodología BIM dentro de sus procedimientos de trabajo han sido objetivo de análisis. No cabe duda que



coordinar universidad y mercado laboral se muestra, en el caso del BIM, como un elemento estratégico que debe tenerse presente a la hora de diseñar los nuevos planes docentes.

Se puede resumir, por tanto. que de forma individual se han examinado los siguientes temas:

- El concepto “Metodología BIM” y los principales términos y variables que la caracterizan.
- El estado de implantación de la metodología BIM en la Ingeniería Industrial en España.
- Los principales foros de discusión y las iniciativas que se están llevando a cabo tanto a nivel nacional como internacional.
- Las competencias que se pretenden adquirir en la docencia de asignaturas con contenidos BIM y su relación entre los diferentes grados en Ingeniería Industrial.
- Las demandas profesionales del sector y los nuevos roles que implica la integración de la Metodología BIM en las empresas.
- Las estrategias de implantación de una nueva metodología, sus barreras y resistencias
- Diferentes experiencias en docencia de BIM en universidades extranjeras

Todo el conjunto de análisis formulados e investigaciones llevadas a cabo ha puesto de manifiesto que uno de los principales escollos a superar lo constituye la forma y camino a seguir para la integración de la metodología BIM en la educación superior. En este sentido, se entiende que la propuesta de currículo responde, en contenido y extensión, a las cuestiones planteadas al inicio de los trabajos de investigación. No obstante, debido a la extensión de la formulación de la propuesta, dando respuesta a los objetivos generales y específicos definidos, la experimentación debe ser a medio-largo plazo (cuatro cursos



lectivos) lo que conlleva, sin duda, la necesidad de continuidad en la realización de tareas no resueltas en este trabajo.

La solidez de la propuesta de currículo está, en todo caso, fundamentada en el éxito de las experiencias observadas en universidades con larga tradición en la implantación de la metodología BIM habiendo tomado como hipótesis de trabajo el aprendizaje basado en proyectos a través de la participación en proyectos interdisciplinarios de trabajo en grupo (Universidad de Coventry) y la adquisición de conocimientos y habilidades BIM de forma gradual e incremental (Universidad de Texas A&M).

La universidad de Texas A&M es una institución pública fundada en 1876 y en la que actualmente se encuentran matriculados, en grado, más de 50.000 alumnos. El programa de Ingeniería Civil de la Universidad es, actualmente, el mayor de los Estados Unidos estando considerado entre los diez mejores a nivel nacional. La Escuela de Arquitectura de la Universidad (<http://www.arch.tamu.edu/>) ha estado comprometida desde sus orígenes con el hecho de que sus alumnos percibieran desde un principio las características de la industria de la construcción a la que se iban a incorporar, asumiendo la necesidad de adaptarse a las nuevas tecnologías y metodologías que se iban desarrollando en el sector. La última estrategia puesta en marcha por el Departamento de Ciencias de la Construcción en el año 2011 ([Kang, J.,2015](#)) y actualizada en el año 2015, la BIM CAVE (Computer Aided Virtual Environment for Building Information Modeling), les ha permitido incrementar el número de estudiantes matriculados pasando del 60% al 86% ([Texas A&M, 2015](#)).

La Universidad de Coventry (<https://www.coventry.ac.uk/>) nace en 1843 a partir del Coventry College of Design llegando a constituirse con el estatus de Universidad en el año 1992. La reforma educativa llevada a cabo en la Facultad de Ingeniería e Informática de la Universidad de Coventry representa potencialmente uno de los desarrollos más interesantes en la metodología de enseñanza basada en proyectos dentro del Reino Unido. Desde las primeras experiencias pilotos llevadas a cabo en el año académico 2008-2009 los



primeros resultados ya producían un impacto positivo significativo en los resultados de los exámenes finales de los estudiantes participantes ([Graham, R., 2010](#)). Un factor que ha hecho que los esfuerzos de la Universidad de Coventry sean particularmente inusuales en el contexto del Reino Unido han sido los niveles de apoyo que sus esfuerzos han recibido de la dirección de la institución, incluyendo al Decano de la Escuela y al Vicerrector de la Universidad.

Desde la implantación de sistema de aprendizaje basado en proyectos, la Universidad de Coventry ha mejorado sustancialmente su posición dentro del conjunto de universidades británicas pasando de la posición 75 en el año 2010 a la posición 47 en el año 2019 (Figura 6.1).

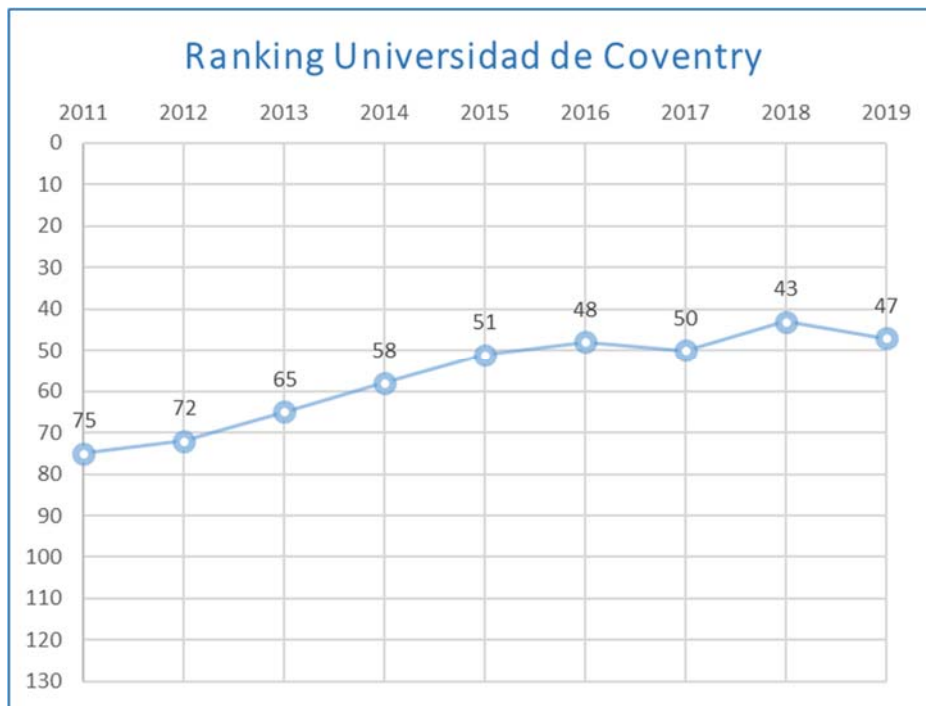


Figura 6.1 Evolución de la clasificación de la Universidad de Coventry desde la inclusión del Aprendizaje Basado en Proyectos. Datos: University League Table Rankings



6.2 Conclusiones

Bajo todas las anteriores premisas, se han podido establecer las siguientes conclusiones finales del trabajo de investigación:

- 1º. La incorporación de la metodología BIM a los proyectos docentes en las universidades españolas es aún poco significativa, máxime si lo ponemos en comparación con los países centroeuropeos, siendo casi irrelevante en las Escuelas de Ingeniería Industrial españolas. Son las Escuelas de Arquitectura, de Ingeniería de la Edificación y de Ingeniería Civil las que están liderando este proceso. Esta baja implantación de la metodología BIM evidencia un elevado desconocimiento por parte de los docentes que deberá resolverse mediante acciones coordinadas que logren su implicación en el proceso como sujetos inexorablemente necesarios para su éxito.
- 2º. Las experiencias exitosas de implantación de la metodología BIM a nivel internacional están fundamentadas en tres factores clave: La concienciación y sensibilización sobre el BIM por parte de todos los participantes del sistema educativo; la puesta en práctica de una enseñanza gradual de los conceptos y un aprendizaje incremental de las competencias BIM mediante métodos de aprendizaje basado en proyectos; y una capacitación de los alumnos en consonancia con las expectativas del mercado que los va a acoger.
- 3º. La heterogeneidad de los planes docentes, en general, y su asignación de competencias en materias relacionadas con el BIM, en particular, demuestra una importante brecha en la focalización de las necesidades y reclamos competenciales dentro del mundo laboral. Las competencias interpersonales deben ser un foco de trabajo esencial en una metodología que, como el BIM, adquiere una elevada notoriedad dentro de los



procesos colaborativos y multidisciplinares. Debe aprovecharse la integración de la metodología BIM como herramienta vehicular que no sólo traslade conocimientos a los alumnos, sino que ayude al desarrollo completo de las competencias esperadas que, por otro lado, en la mayoría de los casos ya forman parte de las guías docentes.

- 4º. Se hace evidente la necesidad de gestionar un cambio. Los planteamientos de implantación de la metodología BIM en las escuelas universitarias deberán ser estratégicos, en primer lugar, y operativos en segundo. Se trata, entre otros objetivos, de minimizar el efecto de que los egresados perciban como enormes las diferencias entre el mundo académico y el mundo laboral tras acabar los estudios e iniciar el camino profesional en el sector de la Construcción. No cabe duda, de que aún existen marcos de oportunidad que puedan paliar el retraso de la incorporación integral del BIM en la Universidad, pero ello no debe ser óbice para que, de una manera efectiva, sólida y con compromiso institucional, se ponga en marcha un plan de implantación como el propuesto en esta tesis.
- 5º. A la vista del contenido de los planes docentes y de las guías docentes de las correspondientes asignaturas, se orienta la propuesta de implantación únicamente a los Grados de Ingeniería Mecánica y de Tecnologías Industriales. Se trata de concentrar los esfuerzos en los grados que en mayor medida abarcan todo el proceso constructivo.
- 6º. Se han identificado seis condiciones necesarias, llamadas “ejes vertebradores”, sin las cuales la implantación de la metodología BIM no podrá alcanzar el éxito esperado a medio plazo: el compromiso académico, la disposición de recursos, la formación específica del profesorado, la incentivación del alumnado, la auto-evaluación del proceso y el seguimiento de otras implantaciones.



6.3 Futuras líneas de investigación y trabajo

Este trabajo de investigación se enmarca en un ámbito de relación con el BIM muy acotado. Se centra en la metodología y no en la tecnología, en la docencia y no en la empresa, en la integración y no en el desarrollo, en la Ingeniería, en la Industrial y en su aplicación específica a la Escuela Politécnica de Gijón. Pero no por ello, a medida que se ha ido desarrollando el trabajo, no han dejado de aparecer posibilidades de expansión de la investigación en otras direcciones, a la vez que se iban generando nuevas vías por explorar y desarrollar.

En todo caso, el autor es consciente de la necesidad de validar las propuestas que se presentan en el documento a través de resultados empíricos. El alcance temporal de la fase de experimentación planteada con el aula-extracurricular, los cuatro cursos lectivos, añadido al tiempo necesario para la gestión y coordinación de todas las asignaturas propuestas son un hándicap insalvable dentro de la duración del programa de doctorado. Por ello, y con el objetivo de enriquecer el trabajo y complementarlo a medida que se desarrolle la propuesta de aula extra-curricular de esta tesis, se proponen las siguientes líneas de investigación y trabajo a llevar a cabo:

1. Actualizar el mapa de implantación del BIM en la Ingeniería Industrial en España. Es previsible que, a corto plazo, la incorporación de otras universidades vaya enriqueciendo el mapa actual. Dado que existe un gran potencial de crecimiento en la participación de las instituciones educativas.
2. Diseñar y realizar una encuesta que permita conocer, dentro de la Ingeniería Industrial en España, la influencia del BIM en la adquisición de competencias, tal y como se encuentra en la actualidad. Estos datos deberían, además, ir recogiendo periódicamente con el fin de evaluar



la influencia y los resultados de las nuevas iniciativas de integración que se están llevando a cabo. Se trataría de unificar y homogeneizar la información recogida, ayudando, por otro lado, a la sensibilización de las Escuelas y Universidades.

3. Llevar a cabo las encuestas de seguimiento de la propuesta de currículo de este trabajo de investigación y analizar los resultados de la marcha de la implantación de la metodología BIM en los Grados de Mecánica y de Tecnologías Industriales.
4. Recoger la información que permita conocer las principales herramientas informáticas BIM que se emplean en la Ingeniería Industrial para cada una de las actividades que conforman el proceso constructivo; diseño, cálculos, visualización, planificación, costes, mantenimiento, etc. y contrastarla con el resto de estudios universitarios con presencia en el sector.
5. Identificar los análisis que se estén llevando a cabo en los grados de Arquitectura e Ingeniería de la Edificación sobre la adquisición de las competencias requeridas en el sector con relación a la metodología BIM, analizar en qué medida se pueden llevar a cabo estudios análogos que permitan comparar resultados y ponerlos en marcha para mejorar el proceso de integración.
6. Analizar la evolución de la formación del profesorado en materia de BIM en la Escuela Politécnica Industrial de Gijón desde el mismo inicio del proceso de implantación propuesto.
7. Introducir el sistema de evaluación por rúbricas en las asignaturas con contenidos BIM señaladas en la propuesta de este trabajo con el fin de valorar de forma homogénea la bondad de la integración de la metodología. Se trataría de aplicarlas a las competencias y conocimientos



específicos de la materia buscando la homogeneización de los sistemas de evaluación.



BIBLIOGRAFÍA

- Abbas, A., Ud Din, Z., Farooqui, R. “Integration of BIM in construction management education: an overview of Pakistani Engineering universities”. 2016. *Procedia Engineering* nº 145 p. 151 – 157. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.034>
- AbuHamra, L.A. “An investigation into Building Information Modeling (BIM) application in Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry in Gaza strip”. MSc Thesis. 2015. The Islamic University of Gaza. <http://library.iugaza.edu.ps/thesis/116796.pdf>
- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar, M. “Imagining construction’s digital future”. June 2016. McKinsey & Company. Capital Projects and Infrastructures. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
- Ahmed, A., McGough, D. & Austin, S. “Integration of BIM in Higher Education: Case Study of the Adoption of BIM into Coventry University's Department of Civil Engineering, Architecture and Building”. Sustainable Building and Construction Conference (SB13). 2013. Coventry University. p. 394-403. <https://doi.org/10.13140/2.1.1240.8642>
- Alanne, K. “An overview of game-based learning in building services engineering education”. *European Journal of Engineering Education*. Vol. 41. 2016. p. 204–219. <http://dx.doi.org/10.1080/03043797.2015.1056097>



- Amarnath, C.B., Yun-Tsui, C. & Shang-Hsien, H. "An Overview of Global Research Trends in BIM from Analysis of BIM Publications". ResearchGate. Confer. Paper. 2016. <https://www.researchgate.net/publication/304888711>
- AIA. Document G202 -2013. "Project Building Information Modeling Protocol Form". The American Institute of Architects. 2013. <https://www.aiacontracts.org/>
- ANECA. "El profesional flexible en la Sociedad del Conocimiento". Junio 2007 http://www.aneca.es/var/media/158162/informeejecutivoaneca_jornadasreflexv20.pdf
- ANECA. "Guía de apoyo para la elaboración de la memoria de verificación de títulos oficiales universitarios (grado y máster)". Enero 2012 <http://www.aneca.es/Programas-de-evaluacion/Evaluacion-de-titulos/VERIFICA/Verificacion-de-Grado-y-Master/Documentacion-y-herramientas>
- AQU. "Empleabilidad y competencias de los recién graduados: La opinión de empresas e instituciones". Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya. 2015. http://www.aqu.cat/doc/doc_25023446_1.pdf
- Azhar, S. "Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry". Leadership and Management in Engineering. Vol. 11. No. 3. p. 241-252. 2011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Barison, M. B., Santos, E.T. "BIM teaching strategies: an overview of the current approaches". Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. 2010. Nottingham University Press. <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbep/ceedings/pdf/pf289.pdf>
- Barlish, K., Sullivan, K. "How to measure the benefits of BIM - A case study approach". Automation in construction. Volume 24, July 2012, p.149-159. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>



- Bergmann, J. and Sams, A. “Flip your Classroom: reach every student in every class every day”. International Society for technology in Education. 2012. ISBN: 978-1-56484-315-9
- BIMFORUM. “Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary for Building Information Models and Data”. April 2019. <https://bimforum.org/lod/>
- BIM-Lab. “EUBIM Observatory EBS18”. European BIM Summit. 2018. https://issuu.com/bim-lab/docs/eu_bim_observatory_edition_ebs18
- B.O.E. Num.29. “Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre, por el que se crea la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública”. 2 de febrero de 2019. Sec.I. p.9463-9468 <https://www.boe.es/eli/es/rd/2018/12/28/1515>
- B.O.E. Num.42. “Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial”. 8 de febrero de 2009. p. 17187-17191. <https://www.boe.es/eli/es/o/2009/02/09/cin311>
- B.O.E. Num.44. “Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial”. 20 de febrero de 2009. p. 18145-18149. <https://www.boe.es/eli/es/o/2009/02/09/cin351>
- B.O.E. Num.164. “Resolución de 16 de marzo de 2011, de la Universidad de Oviedo, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería Mecánica”. 11 de julio de 2011. P. 76765-76769. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-11937
- B.O.E. Num.202. “Resolución de 2 de julio de 2012, de la Universidad de Oviedo, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería de



- tecnologías Industriales”. 23 de agosto de 2012. P. 60377-60380.
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2012-11096
- B.O.E. Num.260. “Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales”. 30 de octubre de 2007. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/29/1393/con>
- B.O.E. Num.266. “LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación”. 6 de noviembre de 1999.
<https://www.boe.es/eli/es/l/1999/11/05/38/con>
- Borden, V. “Las encuestas a egresados universitarios como medio para la mejora de las universidades: Lecciones desde Estados Unidos”. Métodos de análisis de la inserción laboral de los universitarios. 2003. ISBN: 84-9773-087-9.
<http://sid.usal.es/idocs/f8/fdo7238/estudio.pdf>
- Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J.M. “The project benefits of Building Information Modelling (BIM)”. International Journal of Project Management. Vol. 31. 2013. p. 971-980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- buildingSmart. “Constructing the business case building information modelling”. London, 2010. British Standards Institution. ISBN 978 0 580 70935 7.
<http://www.hfms.org.hu/web/images/stories/BIM/FreeReport-BIM.pdf>
- Cabrera, A., Weerts, D. y Zulik, B. “Encuestas a egresados: Tres fundamentos conceptuales en el seguimiento de egresados universitarios”. Métodos de análisis de la inserción laboral de los universitarios. 2003. ISBN: 84-9773-087-9. <http://sid.usal.es/idocs/f8/fdo7238/estudio.pdf>
- Cano, M.E. “La evaluación por competencias en la educación superior”. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado. Vol. 12, núm. 3, Enero 2008, p.1-16 <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev123COL1.pdf>
- Cañizares, J.M., Alfaro J., Valverde D., Martínez J.A., Pérez, P.E. “Experiencia docente de integración de metodología BIM para el concurso BIM Valladolid



- 2016". EUBIM 2017: Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2017. <http://hdl.handle.net/10251/81903>
- Coloma, E. "Tecnología BIM per al Disseny arquitectònic". Tesis Doctoral. 2012. Universidad Politécnica de Cataluña. <http://www.practicaintegrada.com/storage/tecnologiabim/TecnologiaBIM.pdf>
- Collado, C., Liébana, O. "Equipo multidisciplinar BIM como líder de producción en obra: construcción del nuevo aeropuerto internacional de México". EUBIM 2019. BIM International Conference / 8º Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2019.
- Cory, C. and Scmelter-Morrett, S. "Applying BIM in Design Curriculum". Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education. 2012. <https://dx.doi.org/10.4018/978-1-61350-180-1.ch008>
- Cos-Gayon, F. "Experiencia de implantación de metodología BIM en el plan de estudios del Máster Universitario de Edificación de la UPV". EUBIM 2016: Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2016. <http://dx.doi.org/10.4995/EUBIM.2016.4244>
- COTEC. "Tecnología e Innovación en España Informe COTEC 2012". Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. 2012. http://informecotec.es/media/A17_Inf.12.pdf
- Covey, S. "Los siete hábitos de la gente altamente efectiva". Ed. Paidós. 1997. ISBN: 9788449331152.
- Day, M. "Embracing Digital Fabrication". Revista Develop3D.com. July/August 2019. p. 14-20. <https://www.develop3d.com/features/embracing-digital-fabrication-building-design-architecture-CAD-BIM>
- D.O.U.E. "Recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente". 2018 / C 189/01.



<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018H0604%2801%29>

DuocUC. “Diccionario de Referencia Competencias Laborales Blandas”. Versión A/2002. Noviembre 2002. Documento de trabajo interno. http://observatorio.duoc.cl/sites/default/files/diccionario_competencias_blandas_duocuc.pdf

Dzambazova, T., Krygiel, E., & Demchak, G. “Introducing Revit Architecture 2010 “BIM for beginners,” 1st Edition”. 2009. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc. ISBN-13: 978-0470473559.

Eastman, C., and others. “An Outline of the Building Description System. Research Report No. 50”. Sep. 1974. Carnegie-Mellon University. Pittsburgh, PA. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf>

es.BIM. “2ª Reunión de la Comisión BIM”. Comisión es.BIM. Octubre 2015. <https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2016/09/2-Reunion-Comision-BIM.pdf>

es.BIM 2.2. “Mapa de la formación BIM en la Universidad”. Comisión es.BIM, GT-2. Subgrupo 2.2. Mayo 2017. https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/GT2_Personas_SG2_2_MapadeFormacion.pdf

es.BIM 2.3. “Roles en procesos BIM”. Comisión es.BIM, GT-2. Subgrupo 2.3. 2017. https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/GT2_Personas-SG2_3_Roles-ilovepdf-compressed.pdf

esFAB. “Presentación esFAB”. EUBIM. Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2106. <https://www.buildingsmart.es/actividades/grupos-de-trabajo/esfab/>

Eurobarometer. “Employers’ perception of graduate employability. Analytical report”. Flash Eurobarometer 304 - The Gallup Organization. 2010. https://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/flash/fl_304_en.pdf



- Eurobarometer. “European Area of Skills and Qualifications. Report”. Special Eurobarometer 417 / Wave EB81.3 – TNS Opinion & Social. 2014. http://ec.europa.eu/public_opinion/index_en.htm
- Fernández, A. J., Ferreiro, G. “Desarrollo de estrategias bottom-up en la implantación de BIM en la universidad: el modelo BIM CAMPUS”. EUBIM 2º Congreso Nacional BIM / Encuentro usuarios BIM. 2014. <https://riunet.upv.es/handle/10251/37634>
- Figueras, M. “Model de competències personals per a l’empleabilitat internacional dels alumnes de postgrau”. Tesis Doctoral. 2013. Universitat Rovira i Virgili. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/132856/Tesi%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Freire, M. J. “Competencias profesionales de los universitarios”. Consello Social Universidade da Coruña, Universidade da Coruña. 2007. http://www.observatorio.udc.es/documenti/competencias_2007.pdf
- Gallego, T., Huedo, P. “Introducción al concepto Building Information Modelling (BIM) en el grado de arquitectura Técnica de la Universidad Jaime I”. EUBIM 2015: Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2015. <http://dx.doi.org/10.4995/EUBIM.2015.1538>
- Goleman, D. “Inteligencia Emocional”. Barcelona. 1996. Ed. Kairos. ISBN: 9788472453715
- Ghosh, A., Parrish, K., Chasey, A. “From BIM to collaboration: A proposed integrated construction curriculum”. American Society for Engineering Education (ASEE) Annual Conference. 2013. Conference Proceedings.
- Gökstorp, M. “BIM implementation and potential benefits for the facility managers”. MSc Thesis. 2012. Chalmers University of Technology. Sweden. <https://pdfs.semanticscholar.org/a656/6c0dad13d08c21705bc60b2f2f411806a06b.pdf>



- Graham, R. "UK Approaches to Engineering Project-Based Learning". Bernard M. Gordon-MIT Engineering Leadership Program, 2010. https://www.rhgraham.org/RHG/Recent_publications_files/MIT%20White%20Paper%20-%20UK%20PjBL%20April%202010.pdf
- Gu, N., London, K. "Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry". Automation in Construction, Vol 19, Issue 8, December 2010, pp-988-999. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>
- Isikdag, U., Underwood, J. "A Synopsis of the Handbook of Research on Building Information Modelling". ReserachGate. Conference Paper. Jan. 2010. <https://www.researchgate.net/publication/235759628>
- ISO 12006-3:2017 Building construction – Organization of information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information
- ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries
- ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 1: Concepts and principles
- ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 2: Delivery phase of the assets
- ISO 21500: 2012 Guidance on project management
- ISO 29481-1:2016 Building Information Models – Information Delivery Manual (IDM) – Part 1: Methodology and format
- ISO 29481-1:2016 Building Information Models – Information Delivery Manual (IDM) – Part 2: Interaction framework



- Jurado, J. “Aprendizaje integrado en Arquitectura con modelos virtuales. Implementación de metodología BIM en la docencia universitaria”. Tesis Doctoral. 2016. Universidad Politécnica de Madrid. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.40522>
- Kang, J. et al., “Fabrication of BIM CAVE 2: Challenges in Handling 9 Screen Walls”. Proceedings of the 32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2015), Finland, 2015. <https://pdfs.semanticscholar.org/0e11/4b5359c1b4e98de28a6158fb0a59ad2a5614.pdf>
- Laiserin, J. “Comparing Pommés and Naranjas”. Dec. 2002. The Laiserin Letter. <http://laiserin.com>
- Liébana, Ó., Agulló, J. “Integración de metodología S-BIM en Máster Oficial en Estructuras de Edificación”. EUBIM 2013: 1er Congreso Nacional BIM. Mayo 2013. <https://dx.doi.org/10.13140/2.1.3600.4167>
- Lindblad, H. “Study of the implementation process of BIM in construction projects Analysis of the barriers limiting BIM adoption in the AEC-industry”. Tesis Doctoral. 2013. IE School of Architecture & Design. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:633132/FULLTEXT01.pdf>
- López Aguado, A. “Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura: un proyecto con REVIT”. E.T.S. de Arquitectura de Valencia. 2016. <http://hdl.handle.net/10251/98562>
- López, O., Verdú, A., Gil, T. y Lozano, T. “The Implementation of Building Information Modeling Technology in University Teaching: The Case of the Polytechnic University of Madrid”. International Journal of Engineering Education. Vol. 33, No. 2(A), p. 1–11. 2017. <https://www.researchgate.net/publication/312495442>
- Maldonado, E. “Estrategias de implantación de enseñanza BIM en estudios de postgrado. Experiencia en la Universidad Politécnica de Madrid”. Spanish



Journal of BIM, nº 16/1 2016. p.30-39
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5776223>

Mandhar, M., Mandhar M. “Biming the architectural curricula – integrating building information modelling (BIM) in architectural education”. International Journal of Architecture (IJA). Vol 1. 2013. Issue 1: p.1-20 (disponible en www.buildingsmart.es/index.php/sjbim/1401)

Marrero, O., Lasso de la Vega, MC. “El proceso de enseñanza-aprendizaje por competencias. Una visión desde el enfoque sistémico”. Congreso Universidad. Vol.6, n.4. 2017.
www.congresouniversidad.cu/revista/index.php/congresouniversidad/index

Martin-Dorta, N., González de Chaves Assef, P., Roldán-Méndez, M. “Building Information Modelling (BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción”. Spanish Journal of BIM. nº 14/1 p.12-18. 2014. ISSN-e 2386-5784.

Masmitja, JA. “Rúbricas para la evaluación de competencias”. Cuadernos de docencia universitaria 26. 2013. ISBN: 978-84-9921-476-4.
<http://www.ub.edu/ice/sites/default/files/docs/qdu/26cuaderno.pdf>

Migilinskas, D., Popov V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L., “The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation”. Procedia Engineering 57. 2013. p. 767 – 774.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>

Miguel, M. “Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias”. Proyecto EA2005-0118. Programa de estudios y análisis destinado a la mejora de la calidad de la enseñanza superior y de la actividad del profesorado universitario. 2005. ISBN-10: 84-8317-546-0 ISBN-13: 978-84-8317-546-0.
https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/42/42376/modalidades_ensenanza_competencias_mario_miguel2_documento.pdf



- Mokhtar-Noriega, F., Jernigan, F., Martínez-Matute, J. "Las dimensiones humanas del BIM". EUBIM 2018: BIM International Conference / 7^o Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2018. <http://hdl.handle.net/10251/102463>
- Mora, F. León, I. y Sagarna, M. "Guía Docente de la asignatura Tecnología BIM". Grado en Arquitectura Técnica. Curso 2018-2019. Universidad del País Vasco. https://www.ehu.eus/es/grado-arquitectura-tecnica/creditos-y-asignaturas-por-curso?p_redirect=consultaAsignatura&p_cod_proceso=egr&p_anyo_acad=20190&p_ciclo=X&p_curso=4&p_cod_asignatura=28111
- Murillo, A. "Estrategias para la implementación BIM en pequeñas y medianas empresas relativo a trabajo colaborativo. Caso de estudio éBRICKhouse". Trabajo Fin de Máster. 22107. Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12446/MURILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nieto, E., Rico, F., Antón, D., Moyano, J.J. "Metodología BIM en el grado de edificación: modelo de taller en la asignatura Expresión Gráfica de Tecnologías" Building & Management, 2017. Vol. 1, p.37-47. <http://dx.doi.org/10.20868/bma.2017.1.3523>
- Olaz, J.A., Ortiz, P., Sánchez-Mora, M.I "Una aproximación conceptual al término competencia desde un análisis polisémico". Congreso Internacional de Innovación Docente. Julio 2011. P.111-120 <http://hdl.handle.net/10317/2079>
- Oliver, I. " Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica/Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta". Tesis Doctoral. 2015. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/61294>
- Pace, C. R. "Measuring Outcomes of College: fifty years of findings and recommendations for the future". San Francisco: Jossey-Bass. 1979. ISBN:0875894380
- Parlamento Europeo DIRECTIVA 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se



deroga la Directiva 2004/18/CE, Directiva edn. Diario Oficial de la Unión Europea, 28 de marzo de 2014, L94/65 www.boe.es/doue/2014/094/L00065-00242.pdf

Piedecausa-García, B., Mateo, J.M, Pérez, J.C. “Enseñanza de sistemas BIM en el ámbito universitario”. EUBIM 2015: Congreso Internacional BIM / 4º Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2105. p.93-101
<http://dx.doi.org/10.4995/EUBIM.2015.1538>

Piedecausa-García, B., Pérez-Sánchez, V.R., Mora-García, R.T., Pérez, “Empleo de metodologías BIM en asignaturas de construcción en el Grado de Arquitectura Técnica”. EUBIM 2017: Congreso Internacional BIM / 6º Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2017. p.53-63.
<http://hdl.handle.net/10045/71651>

Prieto, A. “Implantación de la tecnología BIM en la asignatura Proyectos de los Grados de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura. Estudio de competencias genéricas”. Tesis Doctoral. 2017. Universidad de Extremadura. <http://hdl.handle.net/10662/6142>

Prieto, A., Díaz, D., Monserrat, J. y Reyes, E. “Experiencias de aplicación de estrategias de gamificación a entornos de aprendizaje universitario”. Revista de Investigación en Docencia Universitaria de la Informática. Vol. 7 No. 2. 2014. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5828058>

RAENG (Royal Academy of Engineering). “Prince Philip Medal for engineer behind revolution in Building Information Modelling”. June 2016. <https://www.raeng.org.uk/news/news-releases/2016/june/prince-philip-medal-for-engineer-behind-revolution>

RIBA. (Royal Institute of British Architects). “BIM overlay to the RIBA outline plan of work”. London: Royal Institute of British Architects. 2012. ISBN: 978 1 85946 467 0. <https://www.architecture.com/-/media/gathercontent/riba-plan-of-work/additional-documents/bimoverlaytotheribaoutlineplanofworkpdf.pdf>



- Rooney, K. "ICIS – International BIM Education Report". NATSPEC. 2017.
<https://bim.natspec.org/bim-rnd/177-natspec-international-bim-education-report>
- Sacks, R. and Barak, R. "Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education". Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. Vol. 136, Issue 1, p. 30-38. 2009. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000003](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000003)
- Sacks, R. and E. Pikas. "Building information modeling education for construction engineering and management. I: Industry requirements, state of the art, and gap analysis". Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 139 Num.11. 2013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000759](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000759)
- Sebastian, R., van Berlo, L., "Tool for benchmarking BIM performance of design, engineering and construction firms in the Netherlands". Architectural Engineering and Design Management, Vol 6. 2010. p.254-263. <https://doi.org/10.3763/aedm.2010.IDDS3>
- Shimonti, P. "BIM adoption around the world: how good are we?" Geospatialworld. 2018. <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/>
- Shuterland, I. "Sketchpad: A man-machine graphical communication system" Tesis doctoral. 1963. Massachusetts Institute of Tecnology. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/404549.pdf>
- Smith, J., O'Keeffe, N., Georgiou, J., & Love, P. E. "Auditing construction costs during building design: a case study of cost planning in action". Managerial Auditing Journal, Vol. 19: No. 2. pp. 259-271. 2004. <https://doi.org/10.1108/02686900410517858>
- Succar, B. "The five components of BIM performance measurement". CIB World Congress. January 2010. DOI: 10.13140/2.1.3357.1521



- Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B. & Koskela, L. “The effects of BIM and lean construction on design management practices”. *Procedia Engineering* 164. 2016. p. 567 – 574. doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.659
- Texas A&M, Case study: “Samsung Displays Help to Construct State-of-the-Science Learning Environment”. Samsung Business USA. SlideShare, Agosto, 2015. https://www.slideshare.net/SamsungBusinessUSA/texas-am-creates-state-ofthescience-bim-cave-with-samsung-displays?from_action=save
- UNE-EN ISO 19650-1:2019 Organización y digitalización de la información en obras de edificación y de ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM. Parte 1: Conceptos y principios (ISO 19650-1:2018)
- UNE-EN ISO 19650-2:2019 Organización y digitalización de la información en obras de edificación y de ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM. Parte 2: Fase de desarrollo de los activos (ISO 19650-2:2018)
- Valverde, D., Cañizares Montón, JM., Márquez, D., Pérez, P., Peso, R. “Implementación BIM en la Escuela Politécnica de Cuenca. Experiencia piloto en Proyectos Técnicos 2015-2016”. EUBIM 2016: Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM. Mayo 2016. <http://dx.doi.org/10.4995/EUBIM.2016.4244>
- Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs”. *Automation in Construction* 38. 2014. p.109-127 <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- Woojong, J., Ghang, L. “The Status of BIM Adoption in Six Continents” *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering*. Vol:9, No:5, 2015. <http://waset.org/publications/10001095/the-status-of-bim-adoption-on-six-continents>



- Yan, H. and Demian, P. “Benefits and barriers of building information modelling”. 12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. 2008. <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/23773>
- Yan, Wei. “Teaching Building Information Modeling at Undergraduate and Graduate Levels”. Proceedings of Conference of Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe. Zurich. 2010. p. 91-99. https://cumincad.architexturez.net/system/files/pdf/ecaade2010_136.content.pdf





ANEXO I. Guía docente asignatura “Metodología BIM”





METODOLOGÍA BIM

Curso académico: 20XX – 20YY

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ASIGNATURA				
CÓDIGO		CRÉDITOS	6 ECTS	
DENOMINACIÓN	METODOLOGÍA BIM			
OFERTA FORMATIVA				
GRADO	INTENSIFICACIÓN	CURSO	SEMESTRE	CARÁCTER
Ingeniería	Construcción	4º	2º	Obligatoria
Mecánica	Resto	4º	2º	Optativa
Tecnologías Industriales	No aplica	4º	2º	Optativa
PROFESORADO				
NOMBRE	DESPACHO	CORREO	TELÉFONO	FUNCIÓN
				Coordinación
				Docencia
				Docencia
AREA DE CONOCIMIENTO				
DEPARTAMENTO				

1º.- CONTEXTUALIZACIÓN

2º.- REQUISITOS

3º.- COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE

4º.- CONTENIDOS. TEMARIO DE LA ASIGNATURA

5º.- METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

6º.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

7º.- RECURSOS, BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN



METODOLOGÍA BIM

1.- CONTEXTUALIZACIÓN

Se trata de una asignatura teórico-práctica donde primará la formación experimental que faculte a alumno a trabajar de manera colaborativa, a través del desarrollo de un proyecto constructivo sencillo, empleando tecnología BIM y aplicando y fortaleciendo competencias colaborativas.

El principal objetivo de esta asignatura será la capacitación en la aplicación de la metodología BIM de los futuros egresados facilitando su acceso al mundo laboral en el sector de la construcción. Se persigue formar a los ingenieros que deseen desarrollar su actividad utilizando la metodología más actual y solicitada en el campo de la ingeniería, arquitectura y construcción.

La asignatura está focalizada en el uso de la metodología BIM más que en la tecnología que la posibilita, dado que se entiende que los alumnos ya conocen y manejan con soltura programas de diseño 3D y modelizado paramétrico. Se trata de incidir en conceptos y desarrollo de habilidades específicas del BIM.

La metodología BIM consiste en la puesta en práctica de un método de trabajo colaborativo para la creación, implementación y gestión de un proyecto de un edificio o una infraestructura a lo largo de todo su ciclo de vida. La intervención y participación en tiempo real de todos y cada uno de los actores que intervienen en el proceso a través de un modelo digital que integra toda la información útil, y que ha sido creado a tal fin, es la base de esta metodología de colaboración multidisciplinar.

Los objetivos que se pretenden alcanzar en esta asignatura se plantean mediante una importante carga de trabajo personal y en grupo de los alumnos, tanto en la parte teórica como en la parte práctica. La labor docente estará en todo momento orientada a la facilitación de conocimientos y al fortalecimiento de habilidades y valores.

La parte teórica de esta asignatura contempla la evaluación continua de los conocimientos mediante el uso de la plataforma Kahoot. La parte práctica se desarrollará a partir del correspondiente software de la marca Autodesk y se basará en el desarrollo de un proyecto de nave industrial.



METODOLOGÍA BIM

2.- REQUISITOS

Dado que se trata de una asignatura a impartir durante el último semestre del Grado, se entiende que los alumnos ya conocen el funcionamiento y manejo tanto de los sistemas CAD como de los sistemas CAM. En cualquier caso, las dos tecnologías deben ser conocidas por los alumnos pues ambas se utilizarán en las prácticas que conforman el desarrollo del proyecto constructivo.

No podrán matricularse de esta asignatura aquellos alumnos que no tengan aprobadas las asignaturas de Expresión Gráfica I, Expresión Gráfica II o Dibujo Industrial y no estén matriculados en Ingeniería de Fabricación o Fabricación Automatizada durante el curso en el que desarrollan la asignatura de *Metodología BIM*.

3.- COMPETENCIAS Y RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

En esta asignatura se trabajarán de forma efectiva las siguientes competencias:

COMPETENCIAS GENERALES

CG5	Capacidad de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Mecánica, tanto en forma oral como escrita, y a todo tipo de públicos
CG14	Honradez, responsabilidad, compromiso ético y espíritu solidario
CG15	Capacidad de trabajar en equipo

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CB3	Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería
CB5	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador
CC12	Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos
CM1	Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica



METODOLOGÍA BIM

Los resultados de aprendizaje de esta asignatura y, por tanto, los objetivos a alcanzar son:

- R1 – Adquirir conocimientos básicos sobre la metodología BIM tanto en su dimensión tecnológica (conocimientos de informática en arquitectura y de informática en ingeniería) como en su dimensión humana (capacidad de organización y planificación y de trabajo en equipo interdisciplinar)
- R2 – Ser capaz de integrar conocimientos multidisciplinares y de enfrentarse al desarrollo de proyectos constructivos
- R3 – Ser capaz de entender e interpretar las consecuencias del uso e implantación de la metodología BIM en estudios y empresas
- R4 – Adquirir y desarrollar habilidades de comunicación oral y escrita que faciliten y potencien las ventajas del trabajo en equipo

4.- CONTENIDOS. TEMARIO DE LA ASIGNATURA

- 1.- Historia del CAD – BIM.
- 2.- Qué es BIM? Situación actual
- 3.- Tecnología y metodología BIM
- 4.- Normativa BIM y aspectos legales
- 5.- Open BIM. Interoperabilidad. Ficheros IFC
- 6.- Niveles de Madurez y Niveles de Desarrollo
- 7.- Las dimensiones BIM
- 8.- Los roles BIM
- 9.- El Plan de Ejecución BIM



METODOLOGÍA BIM

5.- METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

La asignatura se desarrolla en base a una parte teórica mediante clases expositivas con participación activa del alumnado y una parte práctica consistente en el desarrollo de un proyecto constructivo de nave industrial mediante metodología BIM.

Se usarán metodologías activas de auto-aprendizaje buscando la motivación del alumno a través de su participación proactiva de forma que puedan ver con el resultado final del proyecto la recompensa del esfuerzo.

La parte teórica se introducirá en las clases expositivas a modo de flipped classroom. Los contenidos de cada clase se facilitarán a los alumnos previamente dedicando la parte inicial y final de la sesión a una evaluación previa y final de los contenidos. Esta evaluación será gamificada y se realizará mediante la plataforma Kahoot. La parte central de las sesiones de teoría se dedicará a responder a dudas de los alumnos y a desarrollar y debatir tareas propuestas sobre los contenidos facilitados.

La parte práctica de la asignatura se desarrollará en las aulas de informática mediante la conformación de grupos de trabajo de 4-5 alumnos. Cada grupo desarrollará su proyecto constructivo abordando las dimensiones 3D, 4D, 5D y 6D del modelo. El profesor dará seguimiento al aprendizaje y actuará de facilitador de conocimientos tutelando y mentorizando a cada grupo.

Los entregables de la asignatura serán el propio modelo BIM, un prototipo realizado mediante fabricación aditiva de alguna parte significativa del modelo y un póster que servirá de elemento comercial de defensa del proyecto. En dicha defensa deberán participar todos los miembros del grupo de trabajo.

La distribución de horas de dedicación a la asignatura será la siguiente:

MODALIDAD		Horas	%	Total
Presencial	Clase Expositiva	6	4,00	60
	Práctica de aula/laboratorio	50	33,33	
	Tutoría Grupal	2	1,33	
	Sesión de Evaluación	2	1,33	
No presencial	Trabajo Individual	45	30,00	90
	Trabajo en Grupo	45	30,00	
TOTAL		150		



METODOLOGÍA BIM

6.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

6.1 Método de evaluación ordinaria. Convocatoria ordinaria

La valoración del aprendizaje de los alumnos se realizará de acuerdo a los siguientes sistemas de evaluación (SEV):

SEV1 PARTE TEÓRICA			
TIPO	RESPONSABILIDAD	CONCEPTO	PESO ESPECÍFICO
Evaluación 360º	Alumnos	Encuesta de valoración de competencias CG14 y CG15	15%
Evaluación Continua	Profesor	Resultados de los ejercicios realizados con KAHOOT	5%
		Participación activa durante las clases expositivas	5%
TOTAL			25%

SEV2 PROYECTO			
CONCEPTO	VALORACIÓN	MÉTODO	PESO ESPECÍFICO
Prototipo	Del equipo	Rúbrica	5%
Modelo	Del equipo	Rúbrica	40%
Póster	Del equipo	Rúbrica	15%
Exposición/ defensa	Individual	Rúbrica	10%
Participación activa	Individual	Evaluación continua	5%
TOTAL			75%



METODOLOGÍA BIM

La evaluación de la asignatura mediante el método ordinario se realizará siempre y cuando el alumno haya asistido, al menos, al 80% de las clases, tanto expositivas como prácticas. En caso de no cumplirse esta premisa el alumno se considerará como no presentado a este método de evaluación.

Los alumnos que no superen el proceso de evaluación ordinaria, bien porque no se hayan presentado o bien porque, habiéndose presentado al 80% de las clases o más, no han alcanzado una nota media de 5 sobre 10 entre todos los conceptos evaluables tienen suspendida la asignatura en la convocatoria ordinaria con la nota obtenida en esta evaluación ordinaria.

6.2 Evaluación Extraordinaria. Convocatoria Extraordinaria

Los alumnos que no hayan superado la evaluación ordinaria deberán presentarse a la convocatoria extraordinaria en la que realizarán un examen de los contenidos teóricos cuya nota máxima tendrá un peso específico del 20% de la nota final. Es condición necesaria para poder llegar a superar la convocatoria extraordinaria que alcancen, en este examen, una nota media igual o superior a 5 sobre 10. El 80% restante de la nota final lo podrán alcanzar, bien por presentar el proyecto original debidamente corregido y/o ampliado, o bien porque presenten un proyecto que se adapte a los requisitos de la asignatura y supere el sistema de evaluación SEV2 con una nota media igual o superior a 5 sobre 10. En este caso, la valoración de todos los conceptos será a título individual.

La calificación final de la convocatoria extraordinaria será el resultado de la suma de las valoraciones del examen teórico y del proyecto siempre y cuando se haya obtenido, en ambos casos, una nota igual o superior a 5 sobre 10. En caso contrario, la calificación por suma de ambos resultados estará topada en 4 puntos.

6.3 Evaluación diferenciada

Aquellos alumnos que se acojan a este modelo de evaluación deberán realizar un examen teórico (50% de la nota final) y presentar un proyecto individual (30% de la nota final) cuyo modelo se adapte a los requisitos de la asignatura. El proyecto deberá ser expuesto y defendido (20% de la nota final).



METODOLOGÍA BIM

7.- RECURSOS, BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN

Bibliografía fundamental.

“BIM Handbook. A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors”. Sacks, Eastman, Lee, Teicholz. 3Ed., Wiley 2018

“The BIM Manager’s Handbook. Guidance for Professionals in Architecture, Engineering and Construction”. Holzer. Wiley, 2016

“Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary for Building Information Models and Data”. BIMFORUM. April 2019. <https://bimforum.org/loa/>

“Roles en procesos BIM”. Comisión es.BIM, GT-2. Subgrupo 2.3. 2017. https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/06/GT2_Personas-SG2_3_Roles-ilovepdf-compressed.pdf

DIRECTIVA 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE, www.boe.es/doue/2014/094/L00065-00242.pdf

UNE-EN ISO 19650-1:2019 Organización y digitalización de la información en obras de edificación y de ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM. Parte 1: Conceptos y principios (ISO 19650-1:2018)

UNE-EN ISO 19650-2:2019 Organización y digitalización de la información en obras de edificación y de ingeniería civil que utilizan BIM (Building Information Modeling). Gestión de la información al utilizar BIM. Parte 1: Fase de desarrollo de los activos (ISO 19650-2:2018)

“BIM. Diseño y Gestión de la Construcción”. Reyes, A.M., Cordero, P., Candelario, A. Ed. Anaya. 2016

“Guía práctica para la implantación de entornos BIM en despachos de Arquitectura e Ingeniería”. Zaragoza, J.M., Morea, J.M. Ed. Fe de Erratas. Colección especialización

www.eubim.com

www.esbim.es (registrarse)

www.buildingsmart.es



ANEXO II. Artículo revista Ingeniería de la Construcción



Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias

Analysis of the implementation of the BIM methodology in the Spanish industrial engineering degrees under the competential perspective

V. Meana ^{1*}, A. Bello *, R. García *

* Universidad de Oviedo, Gijón, ESPAÑA

Fecha de Recepción: 27/09/2018
Fecha de Aceptación: 30/12/2018
PAG 169-180

Abstract

Every day, the BIM Methodology (Building Information Modeling) is getting closer to the companies and other members of the AEC sector (Architecture, Engineering and Construction), as well as to educational institutions that are starting to train new professionals on this matter. The roadmap set by the esBIM Commission establishes the mandatory use of BIM for all public construction tenders as of December 17th, 2018 and for infrastructure tenders as of July 26th, 2019. The purpose of this paper is to make public and share the results of the research work concerning the state of implementation of BIM at different universities and Industrial Engineering Schools in Spain. However, are Spanish universities prepared for the challenge? Are teachers prepared for this? And what about the situation in Latin America? The study undertook a bibliographical review and analysis of publications addressing this topic, and talks given in specialized conferences. Different teaching experiences were analyzed and compared among several Spanish universities, and the problems encountered, the results obtained, future improvements and needs detected in relation to their implementation processes and procedures, have been taken into account.

Keywords: BIM, Industrial Engineering, University, Competencies, Training

Resumen

La metodología BIM (Building Information Modelling) está, cada día, acercándose más y más a empresas y otros participantes del sector AEC (Architecture, Engineering and Construction), así como a los centros educativos que empiezan a formar nuevos profesionales en esta materia. La hoja de ruta marcada por la Comisión esBIM establece la obligatoriedad del uso del BIM para toda licitación pública en la Edificación para el 17 de diciembre de 2018 y para el 26 de julio de 2019 en el caso de las Infraestructuras. El objetivo de este artículo es hacer público y compartir los resultados del trabajo de investigación sobre el estado de implantación del BIM en las diferentes universidades y escuelas de Ingeniería Industrial del territorio español. Pero, ¿están las universidades en España preparadas para este reto? ¿Está el profesorado preparado para ello? ¿Y en Latinoamérica? El estudio se realizó a través de la consulta y análisis bibliográfico de publicaciones sobre la materia y comunicaciones en congresos especializados. Se han analizado y comparado diversas experiencias docentes en varias universidades españolas y se han tenido en cuenta las problemáticas encontradas, los resultados obtenidos y las futuras mejoras y necesidades detectadas en sus procesos y procedimientos de implantación.

Palabras clave: BIM, Ingeniería Industrial, Universidad, Competencias, Formación

1. Introducción

La metodología BIM, con un importante grado de asentamiento en países centroeuropeos y otros del continente americano, ha empezado a despertar realmente interés en España en estos últimos cinco años. Existen numerosas definiciones de la metodología BIM cuya traducción podría entenderse como la metodología para la realización del Modelado de la Información de la Construcción y que consiste en la puesta en práctica de un método de trabajo

colaborativo para la creación, implementación y gestión de un proyecto de un edificio o una infraestructura a lo largo de todo su ciclo de vida. La intervención y participación en tiempo real de todos y cada uno de los actores que intervienen en el proceso a través de un modelo digital que integra toda la información útil, y que ha sido creado a tal fin, es la clave del éxito de esta metodología de colaboración multidisciplinar.

¹ Autor de Correspondencia:
Universidad de Oviedo, Gijón, ESPAÑA
E-mail: meanavictor@uniovi.es



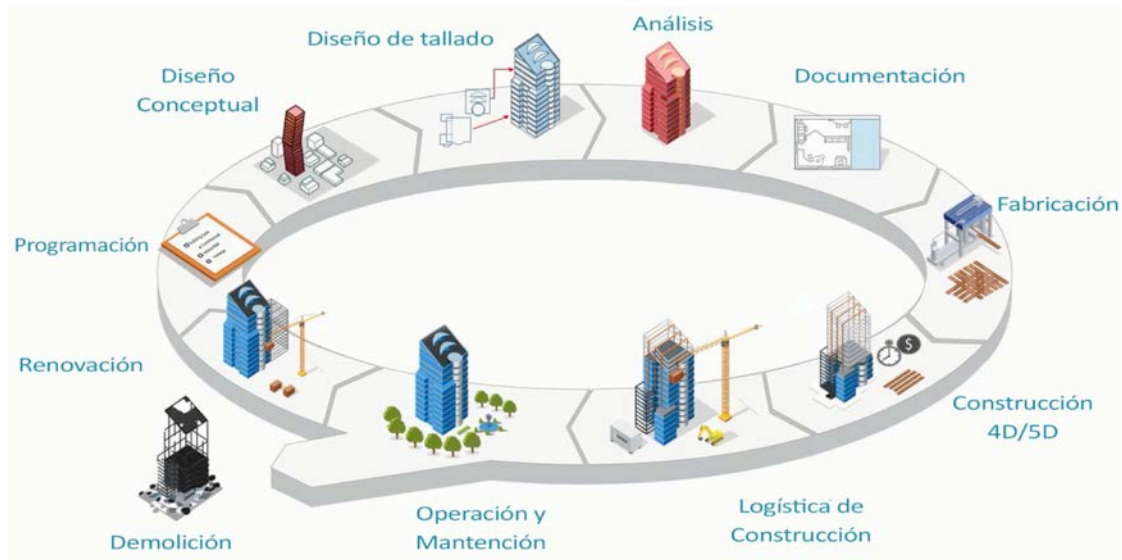


Figura 1. Ciclo de vida del modelo BIM
Fuente: www.advenser.ae

Se entiende por ciclo de vida (Figura 1) la consecución de todas y cada una de las fases a acometer en el proyecto constructivo, desde la generación de los primeros diseños hasta la finalización de la construcción, a las que se incorporan actividades post-proyecto como el mantenimiento, la rehabilitación y la posible demolición de lo construido.

Los beneficios que aporta la metodología BIM y que con mayor frecuencia se encuentran en la literatura científica se refieren a la reducción de los costes y a la posibilidad de realizar un mayor control de la construcción a lo largo del ciclo completo de vida del proyecto, siendo además ciertamente significativos los registros documentados en los ahorros de tiempo. Por otro lado, los aspectos negativos de su implementación se encuentran focalizados en el uso del software BIM (Bryde et al., 2013). El BIM refleja una transformación mayor dentro de la industria de la construcción. Los beneficios que ofrece para los diferentes agentes participantes, se pueden clasificar en función de la fase o etapa en que se encuentra el proceso; pre-construcción, diseño, construcción y post-construcción. Las más características se refieren a la obtención de una reducción de la generación de errores y por tanto una mayor eficiencia, precisión, rapidez, productividad, coordinación, coherencia, comunicación y reducción de costes del proyecto. Por el alcance y la variada naturaleza de los beneficios derivados del empleo de la metodología BIM en

los proyectos se reconoce y acuerda que aporta innumerables beneficios a la industria AEC y al sector de FM (Facilities Management), pero el problema real que aún permanece y que merece una consideración cuidadosa es si la profesión está lista para adoptar totalmente BIM (Mandhar et al., 2013).

Desde entonces y hasta ahora se ha estado trabajando, entre otros aspectos importantes, en la necesidad de la estandarización (Figura 2). Esta corriente normalizadora tiene, a su vez, origen en la aparición en Estados Unidos de América, en la década de los 90, de una organización privada cuyo objetivo básico era el desarrollo y estandarización de los sistemas BIM fomentando el uso de estándares abiertos de interoperabilidad, la Industry Alliance for Interoperability (IAI) que más adelante pasa a denominarse la buildingSMART International Alliance for Interoperability. Se trata de una entidad sin ánimo de lucro que pretende desarrollar y mantener estándares BIM internacionales, abiertos y neutros (Open BIM) acelerando la interoperabilidad en el sector de la construcción mediante casos de éxito, proporcionando especificaciones, documentación y guías de referencia e identificando y resolviendo los problemas que impiden el intercambio de información, de tal forma que se pueda extender el uso de esta tecnología y los procesos asociados a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio englobando a todos los agentes participantes.

Principios Técnicos: Estándar Básico		
Que hace	Nombre	Normativa
Describe procesos	IDM IDM Information Delivery Manual	ISO 29481-1 ISO 29481-2
Transporta información / datos	IFC IFC Industry Foundation Class	ISO 16739
Cambio de coordinación	BCF BCF BIM Colaboration Format	buildingSmart BCF
Mapeo de Términos	IFD International Framework for Dictionaries	ISO 12006-3 buildingSmart Data Dictionary
Traduce procesos en requisitos técnicos	MVD Model View Definitions	buildingSmart MVD

Figura 2. Normativa BIM
 Fuente: buildingSMART

Por otro lado, los niveles de madurez y desarrollo de BIM (Figura 3) han sido ampliamente discutidos por distintos autores (Barlish et al., 2012) (Succar, 2010) (Sebastian et al., 2010), si bien el BewRichards BIM Maturity Model es el modelo más utilizado en la industria o en las organizaciones y es el adoptado por el Reino Unido (Martin Dorta et al., 2014). Se acepta el concepto de niveles BIM, que se definen con un rango de 0 a 3, a partir del criterio requerido para el cumplimiento en la adopción de esta metodología en base al estatus que la organización tiene al respecto. Este modelo identifica el "Nivel 0" como el nivel más simple donde la representación se realiza en 2D a través del CAD como sustituto de los planos tradicionales en papel y en el que no existe ningún tipo de colaboración. El "Nivel 1" comienza con la introducción de prácticas para la gestión de la

producción, la distribución y la calidad de la información de la construcción, incluyendo los generados por sistemas CAD comenzando a utilizar un proceso normalizado para la colaboración. En el "Nivel 2" ya se entiende un proceso colaborativo que requiere procedimientos de intercambio de información entre los diferentes participantes en el proyecto y que supone, por tanto, la gestión con herramientas BIM de entornos 3D de las distintas disciplinas del proyecto y los datos asociados. Todavía no existe un modelo único de trabajo. Por último, el "Nivel 3" supone, entre otros, la creación de una cultura de cooperación que permita a los integrantes del proyecto "aprender y compartir", permitiendo además un marco de referencia que permita la integración de los datos, asegure la consistencia de la información, faculte la colaboración y habilite una completa interoperabilidad.



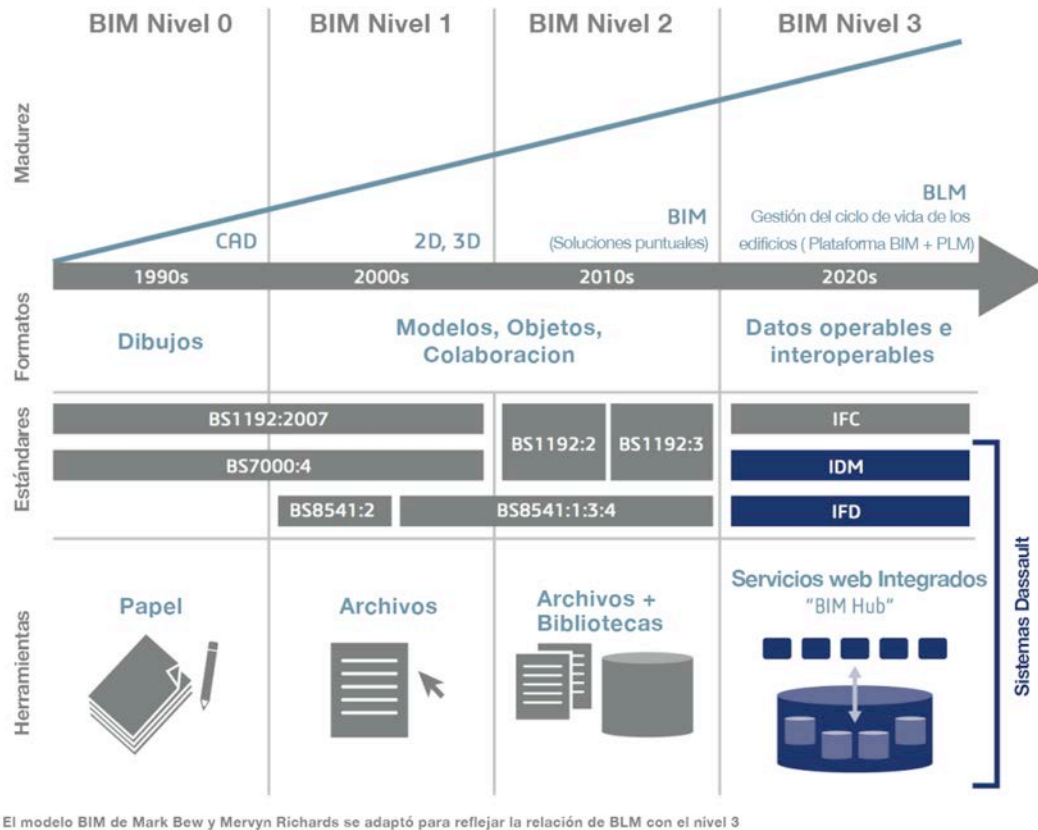


Figura 3. Niveles de madurez BIM definidos por Mark Bew and Mervyn Richards
Fuente: www.medium.com

2. Originalidad

En la literatura, se pueden encontrar diversos artículos y ponencias (Liébana et al., 2013) (Piedecausa et al., 2015) (Maldonado, 2016) referidos a la implementación de la metodología BIM en diferentes escuelas y facultades del territorio español. Su inclusión en los diferentes planes de estudio se ha venido realizando desde diferentes plataformas, de tal forma que el abordaje de la cuestión está pasando por la realización de talleres transversales, como en la Universidad de Alicante (Piedecausa et al., 2017), talleres integradores en la Universidad de Sevilla (Nieto et al., 2017) programas de inmersión formativa dirigidos a profesores en la escuela Politécnica de Cuenca (Cañizares et al., 2017), inclusión de los fundamentos de la metodología BIM en asignaturas de grado (Gallego et al., 2015)(Valverde et al., 2016), inclusión de la metodología BIM en másteres de edificación (Cos-Gayon, 2016), másteres específicos sobre BIM (Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Internacional de la Rioja, Universidad de Granada,...), desarrollo de títulos propios (Universidad de Oviedo, Universidad de Sevilla,...), etc. Todos ellos teniendo como común denominador el aspecto técnico y tecnológico de la implementación de la metodología.

Es evidente que la integración del BIM en los últimos años está siendo caótica y asimétrica (Mokhtar-Noriega et al., 2018) y donde la vertiente técnica está jugando un papel fundamental sin tener en cuenta la dimensión cultural de esta metodología. Falta, por tanto, evidencia de la importancia que supone la consideración de aspectos culturales y emocionales en la implantación de la metodología BIM en la formación de los profesionales, presentes y futuros. ¿Por qué sería necesario que los estudiantes de ingeniería conozcan la metodología BIM y ésta se enseñe desde la perspectiva de las personas en lugar desde la perspectiva de las aplicaciones? ¿Podría este cambio de paradigma incrementar los beneficios de la implantación de una metodología BIM en las organizaciones? ¿Tiene realmente sentido enseñar a los futuros egresados la metodología BIM y las herramientas BIM sin antes prepararles a trabajar en un entorno colaborativo? ¿Deberían los planes docentes en la Ingeniería Industrial incluir la formación en herramientas de aprendizaje como la cooperación? Si las empresas deben prepararse y formarse para la gestión de los cambios organizacionales ¿deberían las Escuelas en general y las de Ingeniería Industrial, en particular, anticiparse e implementar su propia gestión del cambio para adaptar su modelo formativo a las necesidades profesionales de modelos colaborativos?

De acuerdo a nuestro conocimiento no existe un planteamiento claro y definido que realmente de respuesta a las preguntas anteriores, por lo que es objeto de este artículo analizar y proponer caminos a recorrer en la dirección de mejorar las bases culturales y organizativas que sustenten los conocimientos técnicos de la metodología BIM.

3. Metodología

Para la recopilación de los datos y la información precisa que ha permitido la realización de la investigación se ha partido del estudio realizado por el subgrupo 2.2 del Grupo de Trabajo 2 (Personas) que ha definido el Comité Técnico de la Comisión esBim. El Ministerio de Fomento de España constituye dicha Comisión el 14 de julio de 2015 para la implantación de la metodología BIM en el territorio nacional con el fin de impulsar esta implantación en el sector de la construcción, dando de esta manera continuidad a la Directiva Europea 2014/24/UE (Parlamento Europeo 2014) sobre contratación pública, en fase de Anteproyecto de Ley para su transposición a la legislación nacional. Concretamente, en el artículo 22, se hace referencia al modelado electrónico y de información de las construcciones o similares abriendo la posibilidad a que los estados miembros exijan el uso de las herramientas específicas para el modelado electrónico de datos de las construcciones en los procesos constructivos.

El análisis del Mapa de la Formación BIM en la Universidad española (Comisión es.BIM, 2017) ha permitido profundizar en la formación que imparten aquellas universidades en las que las escuelas de Ingeniería Industrial están de algún modo impartiendo estudios relacionados con el BIM. De los datos que conforman este mapa nacional que incluye los niveles universitarios de Grado y Máster con disciplinas relacionadas con BIM se han analizado los ámbitos en los que se incluye la formación (asignaturas, talleres...) dentro de los Grados o Posgrados de Ingeniería Industrial, profundizando en sus guías docentes para analizar las materias incluidas, los objetivos perseguidos y las competencias que se trabajan en el contexto de la metodología BIM.

En el mismo sentido se ha considerado realizar un análisis de las asignaturas impartidas en aquellas universidades españolas en las que existe profesorado perteneciente a INGEGRAF, la asociación sin ánimo de lucro centrada en la promoción del área de conocimiento de la Expresión Gráfica en la Ingeniería y que, o bien tienen contenidos BIM en la docencia oficial, o existe un interés en tenerlos.

Así mismo, se ha analizado la situación de la implantación a partir de las diferentes ponencias y comunicaciones que desde el año 2012 se vienen exponiendo en el Congreso Internacional BIM - EUBIM, Encuentro de usuarios BIM. Desde su primera celebración se ha constatado como una de las principales fuentes de información para el conocimiento de la implantación BIM en España. De hecho, han considerado un espacio de referencia dentro del congreso para el tratamiento específico del BIM en la Universidad, al considerar a ésta como uno de los agentes del cambio en la divulgación, formación e investigación de nuevas metodologías de gestión de proyectos de construcción. En este caso, el análisis se ha centrado en las comunicaciones que a lo largo de estos años han resultado

de la experiencia real de programar e implementar, en el currículo de asignaturas regladas de grado y posgrado, las herramientas BIM. La finalidad era ver en qué medida los objetivos, posibilidades, metodología formativa y resultados están orientados o son capaces de crear una política colaborativa de todos los actores participantes del proceso constructivo, impulsando no sólo los conocimientos sino las competencias y habilidades necesarias para este cambio de cultura.

Por último, como resultado del estudio, se establecen las conclusiones obtenidas que resumen el estado de la implantación de la metodología BIM en las Escuelas de Ingeniería Industrial y se proponen hojas de ruta o vías que puedan soslayar los "gaps" encontrados en la formación competencial de los futuros egresados de dichas escuelas en lo relativo a la metodología BIM.

4. Análisis de la información

Actualmente se cuenta en España con un total de 84 universidades entre públicas y privadas en las cuales se imparten un total de 2.856 grados, según los últimos datos recabados por www.universia.es. De éstos, sólo 699 se centran a las áreas de conocimiento en las que teóricamente podría estar incluida la docencia en BIM; la Ingeniería, la Tecnología, la Industria, la Arquitectura y la Construcción, con una relación de 4,7:1 entre los que se imparten en universidades públicas y los que pertenecen a universidades privadas. Los datos de partida de la encuesta realizada por la Comisión es.BIM para conocer el estado de inclusión de la metodología BIM en los planes de estudio actualmente vigentes están soportados por las respuestas que han enviado 28 de las 119 escuelas con grados de ingeniería y arquitectura a las que se ha solicitado su colaboración y cuya distribución público-privado ha sido de 23:5. En este punto es importante señalar que únicamente 5 universidades (Cantabria, Extremadura, Jaén, Oviedo y Valladolid) con grados en Ingeniería Industrial han participado en la encuesta, lo cual supone un 11,63% del total (Arquitectura:11, Ingeniería Civil:11, Edificación/Arquitectura Técnica:16, Ingeniería Industrial:5), lo cual refleja claramente la escasa implantación de la metodología BIM en general y la poca implicación de la Ingeniería Industrial en particular.

Por otro lado, se han podido encontrar nueve universidades (Almería, Córdoba, Jaén, Politécnica de Cartagena, Oviedo, Politécnica de Madrid, Politécnica de Cataluña, Politécnica de Valencia y Rioja) con profesores adscritos a la asociación Española de Ingeniería Gráfica, INGEGRAF, y en las que, si bien todos han mostrado interés en incluir el BIM en la docencia oficial, sólo seis de ellas ya disponen de asignaturas con contenidos BIM, estando únicamente enmarcadas en estudios de grados en ingenierías industriales las universidades de Oviedo, de Jaén y la Politécnica de Cartagena.

A su vez, se han revisado las diferentes comunicaciones y ponencias que, dentro de las diferentes ediciones del Congreso Internacional EUBIM, estaban orientadas al tema del BIM en la Universidad y, dentro de éstas, aquellas que trataban temas relacionados específicamente con formación en la Universidad (Gráfico 1). Del total de las 25 comunicaciones que se pueden encuadrar en este apartado ninguna proviene de experiencias en la Ingeniería Industrial, siendo la mayoría de ellas, un 52 %, de la experiencia real de programar e implementar, en el currículo de asignaturas regladas de grado y posgrado, las herramientas BIM.



comunicaciones remitidas de escuelas de arquitectura, un 20 % son provenientes de escuelas de ingeniería de la edificación, un 8 % desde la ingeniería civil y el restante 20 % se corresponden con comunicaciones que diferentes

autores, que sin estar adscritos a ninguna universidad, cuentan o proponen experiencias en formación BIM. Vuelve a ser significativa la poca involucración de las Ingenierías Industriales en la formación en metodología BIM

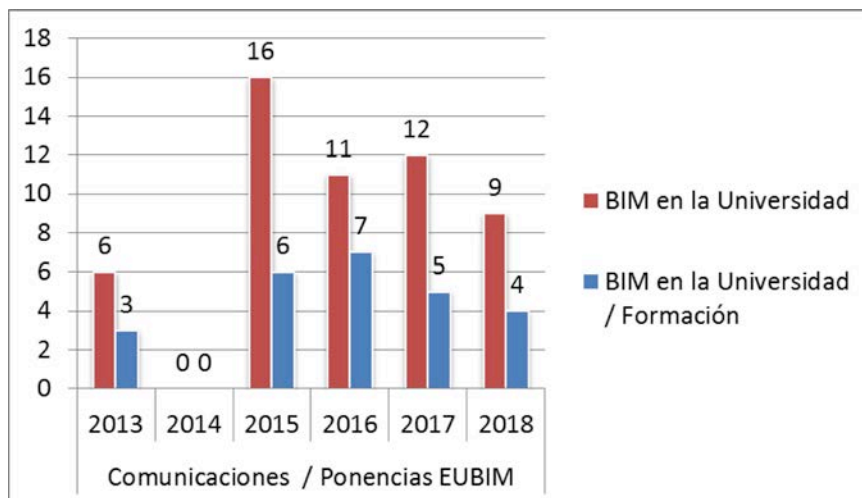


Grafico 1. Numero de ponencias totales sobre BIM en la Universidad versus ponencias específicas sobre formación BIM en la Universidad. Elaboración propia.

Se ha podido limitar, pues, la inclusión de formación en la metodología BIM exclusivamente en cuatro asignaturas (Proyectos, Técnicas de Ingeniería Gráfica aplicadas a Ingeniería Mecánica, Aplicaciones Industriales del CAD y TFG) de los Grados de Ingenierías o Tecnologías Industriales correspondientes a cinco universidades (Tabla 1). La carga docente de estas asignaturas se centra mayoritariamente en el último curso del grado, con las excepciones de las Técnicas de Ingeniería Gráfica aplicadas a la Ingeniería Industrial del Grado de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Jaén, que se imparte a lo largo del 6º cuatrimestre y la asignatura de Proyectos / Oficina Técnica que se imparte en el segundo

curso de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Valladolid. Por otra parte, la mayor parte de los créditos se encuentran en la asignatura de Trabajo Fin de Grado (Proyectos Fin de Grado en la Universidad de Oviedo) donde la carga de horas presenciales y de actividad docente es sustancialmente menor. La contextualización de esta asignatura se centra en la importancia que conlleva el ejercicio de integración de los conocimientos adquiridos y, por tanto, su aportación en la adquisición en otros nuevos es despreciable, lo que reduce, si cabe aún más, el peso de la formación en BIM dentro del currículo de estos Grados.

Tabla 1. Relación de asignaturas en Escuelas de Ingeniería industrial con relación en BIM

UNIVERSIDAD	GRADO-S	ASIGNATURA	CURSO/SEMESTRE/ CUATRIMESTRE	CREDITOS
Universidad de Extremadura	Ingenierías Industriales	Proyectos	7º Cuatrimestre	6
Universidad de Valladolid	Tecnologías Industriales	Proyectos Técnicos Industriales	4º Curso	6
		Trabajo Fin de Grado	4º Curso	12
		Proyectos / Oficina Técnica	2º Curso	12
Universidad de Jaén	Ingeniería Mecánica	Técnicas Ing. Gráfica aplicadas a Ing. Mecánica	6º Cuatrimestre	6
		Trabajo Fin de Grado	8º Cuatrimestre	12
Universidad Politécnica de Cartagena	Ingenierías Industriales	Trabajo Fin de Grado	4º Curso	12
Universidad de Oviedo	Tecnologías Industriales / Ingenierías Industriales	Aplicaciones Industriales del CAD	4º Curso	6
		Proyectos Fin de Grado	4º Curso	12

Por otra parte, se han analizado también los diferentes programas docentes de las asignaturas con formación BIM comparando las diferentes competencias adquiribles en cada una de ellas con el objetivo de ver en qué medida existe una homogeneización de objetivos en relación con la metodología BIM.

El proceso de enseñanza-aprendizaje por competencias desde un enfoque sistémico demanda la concatenación de todos sus componentes (objetivo-contenido-método-medios-evaluación) que comprenda los principios psicopedagógicos, la sistematización, la lógica de la asignatura y del proceso didáctico para permitir a los alumnos la adquisición de los conocimientos y el desarrollo de habilidades (Marrero et al. 2017). Con esta premisa hemos querido también analizar la convergencia con las competencias profesionales y habilidades que se pueden demandar en organizaciones que tengan o quieran tener implantada la metodología de trabajo BIM.

De acuerdo a la nueva estructura del EEES y siguiendo la estela del Plan Bolonia, la enseñanza se basa en la adquisición de competencias. Si bien no existe una única definición, de acuerdo a ANECA, se entiende por competencia como el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes que se adquieren o desarrollan mediante experiencias formativas coordinadas, las cuales tienen el propósito de lograr conocimientos funcionales que den respuesta de modo eficiente a una tarea o problema de la vida cotidiana y profesional que requiera un proceso de enseñanza y aprendizaje (ANECA, 2012). Por otra parte, las competencias pueden ser, según la clasificación utilizada por el Ministerio de Educación en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT), diferenciadas según su nivel de concreción:

a) Competencias Básicas o Generales, comunes a la mayoría de los Títulos, pero adaptadas al contexto específico de cada uno de ellos. Se desarrollan con

mayor o menor intensidad en función de las características del Título en cuestión.

b) Competencias Específicas, propias de un ámbito o Título y están orientadas a la consecución de un perfil específico del egresado. Estas competencias se deben circunscribir a aspectos formativos y ámbitos de conocimiento muy próximos al Título.

c) Competencias Transversales, comunes a todos los estudiantes de una misma Universidad o centro universitario, con independencia del Título que cursen.

Partiendo de esta clasificación es fácil encontrar una cierta disparidad y heterogeneidad en la asignación de competencias, tipos y denominaciones en las diferentes asignaturas, grados y universidades (Tabla 2). Así, las universidades de Extremadura, Oviedo y Cartagena distinguen en dos grupos diferenciados las competencias básicas y las generales mientras que Jaén las aplica, todas ellas, como básicas y Valladolid lo hace como generales. A su vez, las universidades de Extremadura, Jaén y Cartagena tienen definidas las mismas competencias básicas y, sin embargo, Valladolid utiliza una clasificación de competencias generales diferente al resto. Oviedo, por su parte, opta por asignar competencias básicas y generales diferentes a las demás. Algo similar ocurre con las competencias específicas y transversales. Las universidades de Extremadura, Jaén y Cartagena diferencian ambas clasificaciones. La Universidad de Valladolid sólo acude a las competencias específicas y la Universidad de Oviedo clasifica como competencias comunes las que en otras universidades aparecen como específicas. Y no sólo existe esta disparidad en las clasificaciones y denominaciones, sino que también se ha podido detectar una clara diferencia cuantitativa entre las competencias asignadas por una u otra universidad.

Tabla 2. Clasificación de las diferentes competencias asignadas a cada asignatura en función de la Universidad.

UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	COMPETENCIAS BÁSICAS	COMPETENCIAS GENERALES	COMPETENCIAS TRANSVERSALES	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS
Universidad de Extremadura	Proyectos	5	11	10	1
Universidad de Valladolid	Proyectos Técnicos Industriales		2		7
	Trabajo Fin de Grado		15		1
	Proyectos / Oficina Técnica		2		1
Universidad de Jaén	Técnicas de Ingeniería Gráfica aplicadas a Ing. I	2		4	2
	Trabajo Fin de Grado	2			
Universidad Politécnica de Cartagena	Trabajo Fin de Grado	5	5	6	1
Universidad de Oviedo	Aplicaciones Industriales del CAD	2	12		1
	Proyectos Fin de Grado		16		



Y todo ello teniendo presente que, aparte de su diferente clasificación, no son exactamente coincidentes las competencias definidas por unas y otras universidades. Con este panorama competencial parece difícil el establecimiento de criterios uniformes y homogéneos en cualquier nuevo proyecto docente máxime cuando desde el punto de vista del mercado laboral las exigencias

competenciales están a su vez agrupadas en otros tantos diferentes grandes capítulos.

Pero no es de extrañar tal situación, pues se puede encontrar en la literatura que ya se parte de que aparecen numerosas acepciones de la palabra competencia (Figura 4). En el listado que se adjunta a continuación (Cano, 2008) se recogen unas cuantas definiciones de las muchas que se pueden encontrar:

COMPETENCIAS

- *Aptitud para enfrentar eficazmente una familia de situaciones análogas, movilizando a conciencia y de manera a la vez rápida, pertinente y creativa, múltiples recursos cognitivos: saberes, capacidades, micro-competencias, informaciones, valores, actitudes, esquemas de percepción, de evaluación y de razonamiento.*
- *Saber hacer complejo resultado de la integración, movilización y adecuación de capacidades y habilidades (pueden ser de orden cognitivo, afectivo, psicomotor o sociales) y de conocimientos (conocimientos declarativos) utilizados eficazmente en situaciones que tengan un carácter común (situaciones similares, no generalizable a cualquier situación).*
- *Saber hacer complejo que exige un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, valores y virtudes que garantizan la bondad y eficiencia de un ejercicio profesional responsable y excelente.*
- *Capacidad de aplicar conocimientos, destrezas y actitudes al desempeño de la ocupación que se trate, incluyendo la capacidad de respuesta a problemas, imprevistos, la autonomía, la flexibilidad, la colaboración con el entorno profesional y con la organización del trabajo.*
- *Posee competencias profesionales quien dispone de los conocimientos, destrezas y actitudes necesarias para ejercer una profesión, puede revisar los problemas profesionales de forma autónoma y flexible y está capacitado para colaborar en su entorno profesional y en la organización del trabajo.*
- *Ser capaz, estar capacitado o ser diestro en algo. Las competencias tienden a transmitir el significado de lo que la persona es capaz de o es competente para ejecutar, el grado de preparación, suficiencia o responsabilidad para ciertas tareas.*
- *Grado de utilización de los conocimientos, las habilidades y el buen juicio asociados a la profesión, en todas la situaciones que se pueden confrontar en el ejercicio de la práctica profesional.*
- *Capacidad para desarrollar con éxito una acción determinada, que se adquiere a través del aprendizaje.*
- *Habilidad aprendida para llevar a cabo una tarea, deber o rol adecuadamente. Tiene dos elementos distintos: está relacionada con el trabajo específico en un contexto particular e integra diferentes tipos de conocimientos, habilidades y actitudes. Se adquiere mediante el learning-by-doing. A diferencia de los conocimientos, habilidades y actitudes, no se pueden evaluar independientemente. También hay que distinguir las competencias de rasgos de personalidad, que son características más estables del individuo.*
- *Representan una combinación dinámica de atributos, en relación al conocimiento y su aplicación, a las actitudes y responsabilidades, que describen los resultados de aprendizaje de un determinado programa o cómo los estudiantes serán capaces de desarrollarse al final del proceso educativo.*
- *Integración de conocimientos, habilidades, cualidades personales y comprensión, utilizadas adecuadamente y efectivamente tanto en contextos familiares como en circunstancias nuevas y cambiantes.*
- *Capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz.*
- *Integración de conocimientos, habilidades y actitudes de forma que nos capacita para actuar de manera efectiva y eficiente.*
- *Implica tener una habilidad respecto a un dominio básico pero, sobre todo, implica regulación, monitorización y capacidad de iniciativa en el uso y desarrollo de dicha habilidad.*
- *Capacidad de usar funcionalmente los conocimientos y habilidades en contextos diferentes. Implica comprensión, reflexión y discernimiento, teniendo en cuenta simultánea e interactivamente la dimensión social de las actuaciones a realizar*

Figura 4. Diferentes acepciones del término competencia.
Fuente: (Cano, 2008)

Como se citaba anteriormente, desde el punto de vista del mercado laboral, las competencias se agrupan de forma diferente a las encontradas en la docencia. En cualquier caso, si por algo debiera tener razón de ser un estudio competencial es por su conexión entre el ámbito académico-docente y el mundo laboral. Según (Olaz et al., 2011) la oferta y la demanda de la fuerza de trabajo obligan a un punto de encuentro donde conciliar posiciones. En este sentido, y según el Informe Ejecutivo de Estudios de la (ANECA, 2007) denominado “El profesional flexible en la

Sociedad del Conocimiento” , se mencionan cinco grandes familias de competencias requeridas por el puesto de trabajo y, por extensión, en el mercado laboral; a saber, el conocimiento, el análisis y la innovación, la gestión del tiempo, la organización y la comunicación, que en su máximo desarrollo dan lugar a diecinueve competencias (Tabla 3) desde la exigencia del mercado laboral, y que en el caso de las titulaciones técnicas refleja el siguiente cuadro comparativo:

Tabla 3. Nivel de competencias necesario en “Trabajo actual” y diferencia entre el “Nivel necesario” para desempeño y el “Nivel adquirido en la titulación”.
Fuente: ANECA.

	Nivel de competencias necesario para desempeño del "Trabajo actual" Escala 1- "Muy bajo" a 7- "Muy alto"	Dif. 'Nivel necesario' - 'Nivel adquirido en titulación' Escala de -6 a +6
Capacidad para hacerse entender	5.8	2.0
Capacidad para coordinar actividades	5.7	2.0
Capacidad para usar el tiempo de forma efectiva	5.7	1.6
Capacidad para encontrar nuevas ideas y soluciones	5.7	1.4
Capacidad para trabajar en equipo	5.7	1.4
Capacidad para rendir bajo presión	5.7	1.4
Capacidad para utilizar herramientas informáticas	5.6	1.7
Dominio de su área o disciplina	5.5	1.4
Capacidad para adquirir con rapidez nuevos conocimientos	5.5	0.6
Capacidad para redactar informes o documentos	5.4	1.3
Capacidad para hacer valer tu autoridad	5.3	2.3
Predisposición para cuestionar ideas propias o ajenas	5.2	1.3
Capacidad para movilizar las capacidades de otros	5.2	2.0
Pensamiento analítico	5.2	0.6
Capacidad para presentar en público productos, ideas o informes	5.0	1.6
Capacidad para negociar de forma eficaz	4.9	2.3
Capacidad para detectar nuevas oportunidades	4.7	1.6
Conocimientos de otras áreas o disciplinas	4.4	0.9
Capacidad para escribir y hablar en idiomas extranjeros	3.7	1.4

Sin embargo, vuelve a existir aquí una cierta discrepancia con la realidad del mundo laboral. Sin entrar en demasiado análisis, pues supondría un exhaustivo trabajo adicional y complementario a lo que se busca en el presente artículo, las grandes empresas de selección y reclutamiento de personal en el ámbito nacional presentan a sus candidatos otras listas de competencias que, en la mayoría de los casos de futuros graduados, tienen actualmente una orientación más definida hacia la inteligencia social y emocional. Quizás esta diferencia tenga relación con el hecho de que el énfasis en los conocimientos teóricos es muy elevado en todas las titulaciones, especialmente en las de ciclo largo, posicionándose nuestro país entre aquellos en los que la

enseñanza teórica es más enfatizada con niveles bajos comparativamente hablando en lo concerniente a la enseñanza práctica (ANECA 2007). Ya en el año 1996, Daniel Goleman escribía que “La inteligencia académica no ofrece la menor preparación para la multitud de dificultades – o de oportunidades– a la que deberemos enfrentarnos a lo largo de nuestra vida”. En comparación con el citado listado de competencias de ANECA, la institución (DuocUC 2002) ha levantado el Diccionario de Referencia de Competencias Laborales Blandas (Figura 5) cuyo marco teórico se basó en el enfoque de Competencias de Hay / Mc Bear desarrollado por Hay Group Internacional.



CAPACIDADES COGNITIVAS Y HABILIDADES INTELECTUALES	HABILIDADES CONDUCTUALES	RASGOS DE LA PERSONALIDAD	ACTITUDES VALÓRICAS
-Juicio Crítico -Pensamiento Analítico -Pensamiento Conceptual -Pensamiento Relacional	-Comunicación Oral y Escrita (Persuasión) -Liderazgo -Trabajo en Equipo y Colaboración -Organización del Trabajo	-Auto Control -Autonomía – Autoconfianza -Comprensión Interpersonal y Empatía -Disposición a Aprender -Flexibilidad -Iniciativa - Proactividad -Orientación al Logro	-Compromiso (Identificación con la Empresa) -Ética – Integridad -Orden y Calidad -Responsabilidad

Figura 5. Listado de Competencias. (DuocUC 2002)

5. Conclusiones

A la vista de la información que se ha ido exponiendo, parece obvio el estado incipiente de la metodología BIM en el campo universitario pudiéndose, de forma resumida, enumerar las siguientes conclusiones y propuestas de trabajo que ayuden y faciliten la adopción de un adecuado modelo de implantación de esta metodología:

1°.- La incorporación de la metodología BIM a los proyectos docentes en las universidades españolas se antoja poco significativa, máxime si lo ponemos en comparación con los países centroeuropeos, siendo casi irrelevante en las Escuelas de Ingeniería Industrial españolas. Son las escuelas de Arquitectura, de Ingeniería de la Edificación y de Ingeniería Civil las que están liderando este proceso.

2°.- No existen planes definidos de implantación del BIM, o al menos no están al alcance del autor, en las escuelas universitarias españolas, sino que los procesos se inician por inclusiones del BIM en la programación docente desde diferentes vías y siempre a partir de iniciativas aisladas y no coordinadas inter-escuelas.

3°.- Se observa un cierto consenso en la formulación de la integración del BIM en los planes docentes, proyectos pilotos en los que se espera obtener resultados que puedan

consolidar las propuestas de implantación, al considerar que existen marcos de oportunidad que puedan paliar temporalmente el retraso de la incorporación integral del BIM en la Universidad.

4°.- La baja implantación de la metodología BIM evidencia un elevado desconocimiento por parte de los docentes que deberá resolverse mediante acciones coordinadas que logren su implicación en el proceso como sujetos inexorablemente necesarios para el éxito del proceso.

5°.- El congreso EUBIM se perfila como un importante punto de encuentro y debate para una posible homogeneización de las iniciativas docentes en materia de BIM.

6°.- La heterogeneidad de los planes docentes, en general, y su asignación de competencias en materias relacionadas con el BIM, en particular, demuestra una importante b con las necesidades y reclamos competenciales dentro del mundo laboral.

7°.- Las competencias emocionales deben ser un foco de trabajo esencial en una metodología que, como el BIM, adquiere una elevada notoriedad dentro de los procesos colaborativos y multidisciplinares.

8°.- Los planteamientos de implantación de la metodología BIM en las escuelas universitarias deberán ser estratégicos en primer lugar y operativos en segundo, para minimizar el efecto de que el “producto” de nuestras universidades, los egresados, perciban como enormes las diferencias entre el mundo académico y el mundo laboral tras acabar los estudios e iniciar el camino profesional.

9°.- Se manifiesta necesaria la constitución de una comisión interuniversitaria como elemento vertebrador capaz de unificar los objetivos a alcanzar tanto en materia de conocimiento como de habilidades inter e intrapersonales detectando las necesidades competenciales de los futuros graduados especialistas en BIM.

6. Referencias

- ANECA (2012), Guía de apoyo para la elaboración de la memoria de verificación de títulos oficiales universitarios (grado y máster).
- ANECA (2007), El profesional flexible en la Sociedad del Conocimiento.
- Barlish, K., Sullivan, K. (2012), How to measure the benefits of BIM - A case study approach. Automation in construction. Volume 24, July 2012, pages 149-159 (disponible en <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>)
- Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J.M. (2013), The project benefits of Building Information Modelling (BIM). International Journal of Project Management 31: 971-980 (disponible en www.sciencedirect.com).
- Cano, M.E. (2008), La evaluación por competencias en la educación superior. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, vol. 12, núm. 3, 2008, pp. 1-16 (disponible en <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev123COL1.pdf>).
- Cañizares, J.M., Alfaro J., Valverde D., Martínez J.A., Pérez, P.E. (2017), Experiencia docente de integración de metodología BIM para el concurso BIM Valladolid 2016. EUBIM 2017: Congreso Internacional BIM / 6° Encuentro de Usuarios BIM.
- Comisión esBIM. Subgrupo 2.2 (2017), Mapa de la formación BIM en la Universidad
- Cos-Gayon, F. (2016), Experiencia de implantación de metodología BIM en el plan de estudios del Máster Universitario de Edificación de la UPV. EUBIM 2016: Congreso Internacional BIM / 5° Encuentro de Usuarios BIM.
- DuocUC (2002), Diccionario de Referencia Competencias Laborales Blandas, Versión A/2002 Documento de trabajo interno. (disponible en http://observatorio.duoc.cl/sites/default/files/diccionario_competencias_blandas_duocuc.pdf).
- Gallego, T., Huedo, P. (2015), Introducción al concepto Building Information Modelling (BIM) en el grado de arquitectura Técnica de la Universidad Jaume I. EUBIM 2015: Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM.
- Goleman, D. (1996), Inteligencia Emocional. Ed.Kairos
- Liébana, Ó., Agulló, J. (2013), Integración de metodología S-BIM en Máster Oficial en Estructuras de Edificación. EUBIM 2013: 1er Congreso Nacional BIM.
- Maldonado, E. (2016), Metodología BIM en el grado de edificación: modelo de taller en la asignatura Expresión Gráfica de Tecnologías. Spanish Journal of BIM, nº 16/1 30-39 (disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5776223>)
- Mandhar, M., Mandhar M.(2013), Biming the architectural curricula – integrating building information modelling (BIM) in architectural education International Journal of Architecture (IJA), Volume 1, Issue 1: 01-20 (disponible en www.buildingsmart.es/index.php/sjbim/1401).
- Marrero, O., LassodelaVega, MC. (2017), El proceso de enseñanza-aprendizaje por competencias. Una visión desde el enfoque sistémico. Congreso Universidad Vol.6, No.4 (disponible en www.congresouniversidad.cu/revista/index.php/congresouniversidad/index).
- Martín Dorta, N., González de Chaves Assef, P., Roldán Méndez, M. (2014), Building Information Modelling(BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción Spanish Journal of BIM, nº 14/1 12-18 (disponible en www.iaeme.com/IJA.asp). buildingSMART Spanish Chapter
- Mokhtar-Noriega, F., Jernigan, F., Martínez-Matute, J.(2018), Las dimensiones humanas del BIM. EUBIM 2018: BIM International Conference / 7° Encuentro de Usuarios BIM Universidad Politécnica de Valencia.
- Nieto, E., Rico, F., Antón, D., Moyano, J.J. (2017), Metodología BIM en el grado de edificación: modelo de taller en la asignatura Expresión Gráfica de Tecnologías Universidad Politécnica de Madrid. Advances in Building Education / Innovación Educativa en Edificación. Sep-Dic 2017, Vol.1 N°3, 37-52 (disponible en <http://polired.upm.es/index.php/abe/article/view/3668/3746>)
- Olaz, J.A., Ortiz, P., Sánchez-Mora, M.I. (2011), Una aproximación conceptual al término competencia desde un análisis polisémico Congreso Internacional de Innovación Docente (disponible en <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2079/c13.pdf?sequence=1>) Universidad Politécnica de Cartagena. CMN 37/38.
- Parlamento Europeo (2014), DIRECTIVA 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE, Directiva edn. Diario Oficial de la Unión Europea, 28 de marzo de 2014, L94/65 (disponible en www.boe.es/doue/2014/094/L00065-00242.pdf).
- Piedecausa-García, B., Pérez-Sánchez, V.R., Mora-García, R.T., Pérez, J.C. (2017), Empleo de metodologías BIM en asignaturas de construcción en el Grado de Arquitectura Técnica. EUBIM 2017: Congreso Internacional BIM / 6° Encuentro de Usuarios BIM.
- Piedecausa-García, B., Mateo, J.M., Pérez, J.C. (2015), Enseñanza de sistemas BIM en el ámbito universitario. EUBIM 2015: Congreso Internacional BIM / 4° Encuentro de Usuarios BIM (disponible en <http://hdl.handle.net/10045/51654>)
- Sebastian, R., van Berlo, L.(2010), Tool for benchmarking BIM performance of design, engineering and construction firms in the Netherlands. Architectural Engineering and Design Management, Volume 6, 2010, pages 254-263 (disponible en www.earthscan.co.uk/journals/aedm).
- Succar, B. (2010), The five components of BIM performance measurement CIB World Congress (disponible en www.academia.edu).



Valverde, D., Cañizares Montón, JM., Márquez, D., Pérez, P., Peso, R. (2016), Implementación BIM en la Escuela Politécnica de Cuenca. Experiencia piloto en Proyectos Técnicos 2015-2016. EUBIM 2016: Congreso Internacional BIM / 5º Encuentro de Usuarios BIM.

