



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN EN INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**El Comportamiento Colaborativo en la
implementación de BIM durante el ciclo de vida de
la infraestructura:
Perspectiva de Estudiantes Universitarios**

MODALIDAD INVESTIGACIÓN

Autora:

María José Romero Moruno

Tutor:

Eugenio Pellicer Armiñana

Co-tutora:

María del Carmen Bas Cerdá

Valencia, Septiembre de 2016

“Running Together”

- RIB Software AG -

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
RESUM	2
ABSTRACT	3
RESUMEN EJECUTIVO	4
AGRADECIMIENTOS	8
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.3. ALCANCE.....	16
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5. CONTENIDO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER.....	17
1.6. SISTEMA DE CITAS Y REFERENCIAS.....	18
2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	22
2.1. MARCO TEÓRICO.....	22
2.2. LA SIMULACIÓN DE LA REALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	44
2.3. ESTADO DEL ARTE.....	45
2.4. LAGUNA DEL CONOCIMIENTO.....	70
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS ...74	
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	74
3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....	91
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122
4.1. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	122
4.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	129
4.3. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS.....	130
4.4. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	132
REFERENCIAS	134
BIBLIOGRAFÍA.....	134
ANEXOS	144
ANEXO 1: ENCUESTA.....	144
ANEXO 2: TABLAS.....	147
ANEXO 3: GRÁFICOS.....	166

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actuaciones BIM por parte de la administración pública en España. Fuente: Instituto Tecnológico del Cantábrico - ITC (2015).....	55
Tabla 2. Variables de la investigación junto a las fuentes bibliográficas y la justificación extraída de los artículos seleccionados.....	69
Tabla 3. Resumen de contenido: constructos, variables y preguntas con justificación bibliográfica.....	78
Tabla 4. Resumen: Constructos, tipo de escala, variables y preguntas de la encuesta.....	87
Tabla 5. Agrupación de variables según constructos.....	92
Tabla 6. Características Personales: género y edad.....	93
Tabla 7. Perfil académico: Nivel de estudios, especialización de estudios, número de miembros del equipo y equipos de trabajo.....	93
Tabla 8. Experiencia previa.....	94
Tabla 9. Organización y Planificación.....	95
Tabla 10. Dificultades.....	95
Tabla 11. Colaboración.....	96
Tabla 12. Educación y Formación adquiridas.....	97
Tabla 13. Motivación y Expectativas.....	98
Tabla 14. Satisfacción alcanzada.....	98
Tabla 15. Predisposición futura.....	100
Tabla 16. Cálculo Alfa de Cronbach.....	101
Tabla 17. Constructo “Motivación y Expectativas” eliminando alternativamente una de las variables.....	102
Tabla 18. Constructo “Dificultades” eliminando alternativamente una de las variables.....	103
Tabla 19. Constructo “Colaboración” eliminando alternativamente una de las variables.....	103
Tabla 20. Constructo “Educación y Formación adquiridas” eliminando alternativamente una de las variables.....	104
Tabla 21. Constructo “Satisfacción alcanzada” eliminando alternativamente una de las variables.....	104

Tabla 22. Autovalores de la matriz de correlaciones y % de varianza explicada por cada factor.....	107
Tabla 23. Comunalidades.....	110
Tabla 24. Porcentaje de varianza acumulado.....	112
Tabla 25. Medias y medianas de las para las variables de interés para cada nivel de las variables de caracterización.....	117
Tabla 26. Organización de artículos según palabras clave.....	147
Tabla 27. Comunalidades para cuatro componentes.....	148
Tabla 28. Cargas factoriales para cuatro componentes con rotación Varimax...	149
Tabla 29. Rangos según Género.....	150
Tabla 30. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Género.....	151
Tabla 31. Rangos según el Nivel de Estudios.....	152
Tabla 32. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Nivel de Estudios.....	153
Tabla 33. Rangos según Tipo de Estudios.....	154
Tabla 34. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Tipo de Estudios.....	155
Tabla 35. Rangos según la Organización y Planificación: “Designación de los miembros del equipo”	156
Tabla 36. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: “Designación de los miembros del equipo”	157
Tabla 37. Rangos según la Organización y Planificación: “Reparto de las tareas”	158
Tabla 38. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: “Reparto de las tareas”	159
Tabla 39. Rangos según la Organización y Planificación: “Elección del líder”	160
Tabla 40. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: “Elección del líder”	161
Tabla 41. Rangos según la Organización y Planificación: “Establecimiento de las reuniones grupales”	162
Tabla 42. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: “Establecimiento de las reuniones grupales”	163

Tabla 43. Rangos según Predisposición Futura: “Trabajar con software BIM” ...	164
Tabla 44. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Predisposición Futura: “Trabajar con software BIM”	165



RESUMEN

La metodología BIM (Building Information Modelling) representa la gran innovación en la industria de la construcción con la introducción de las tecnologías de la información y comunicación (ICT) en la metodología de trabajo del tradicional sector de la construcción. BIM se considera un proceso moderno para la gestión de la construcción que permite a los usuarios la creación de modelos paramétricos basados en objetos multidimensionales que son la herramienta para la gestión de los proyectos de construcción durante todo el ciclo de vida del mismo. Las soluciones que aporta BIM a lo largo del proceso de construcción (diseño, ejecución y mantenimiento) son: una mejor coordinación de la documentación, cooperación entre los agentes involucrados en el proyecto, anticipación en la toma de decisiones, calidad y rapidez del proceso constructivo y, como consecuencia de ello, un beneficio económico mayor por proyecto para la empresa. Sin embargo, y a pesar del gran potencial que presenta BIM, se han detectado en los últimos años dificultades en su implementación. Una de las causas encontradas está relacionada con la colaboración generada en el proceso BIM, ya que, con la introducción de esta metodología se estimula el comportamiento colaborativo entre los diferentes agentes involucrados en el ciclo de vida del proyecto, pero, si este sistema colaborativo no es gestionado ni controlado adecuadamente, aparecen obstáculos que complican la implementación exitosa de BIM. Es por ello que el presente estudio tiene como objetivo realizar la identificación de los factores más significativos que están asociados al comportamiento colaborativo y que a su vez están vinculados con la implementación de la metodología BIM durante el desarrollo de un proyecto de construcción. Para ello, primero se han extraído los factores asociados a la colaboración a través del estudio de la bibliografía existente. Seguidamente, se ha diseñado una encuesta donde se han establecido las relaciones entre los factores de colaboración y la implementación de BIM. Dicha encuesta ha contado con la participación de 31 estudiantes universitarios de la Georgia Technology Institute en Atlanta (E.E.U.U.) que han puesto en práctica la metodología BIM en un proyecto real de construcción. Por último, se han analizado los resultados obtenidos de la encuesta y se han valorado los factores de la colaboración más significativos para la implementación de BIM en los proyectos de construcción. El estudio finaliza con algunas recomendaciones y propuestas de futuras líneas de investigación para conseguir establecer el comportamiento colaborativo con el que se logre el éxito de implementación de la metodología BIM.

PALABRAS CLAVE: Construcción, Metodología BIM, Herramientas BIM, Implementación, Comportamiento Colaborativo, Factores, Encuesta, Estudiantes Universitarios



RESUM

La metodologia BIM (Building Information Modelling) representa la gran innovació en la indústria de la construcció amb la introducció de les tecnologies de la informació i comunicació (ICT) en la metodologia de treball del tradicional sector de la construcció. BIM es considera com un procés modern per a la gestió de la construcció que permet als usuaris la creació de models paramètrics basats en objectes multidimensionals que són la eina per a la gestió dels projectes de construcció durant tot el cicle de vida d'este. Les solucions aportades per BIM en el transcurs del procés de construcció (disseny, execució i manteniment) són: una millor coordinació de la documentació, cooperació entre els agents involucrats en el projecte, anticipació en les decisions, qualitat i rapidesa del procés constructiu i, com a conseqüència, un benefici econòmic major per projecte per a l'empresa. No obstant, i malgrat del gran potencial que presenta BIM, s'han detectat dificultats en la seua implementació en els últims anys. Una de les causes trobades està relacionat amb la col·laboració generada en el procés BIM, ja que, amb la introducció d'esta metodologia s'estimula el comportament col·laboracionista entre les diferents agents involucrats en el cicle de vida del projecte, però, si este sistema col·laboracionista no es gestionat ni controlat adequadament, apareixen obstacles que compliquen la implementació exitosa de BIM. És per això que el present estudi té com a objectiu realitzar la identificació del factors més significatius que estan associats al comportament col·laboracionista i que a més estan vinculats amb la implementació de la metodologia BIM durant el desenvolupament d'un projecte de construcció. Per a aconseguir-ho, primer s'han tret els factors associats amb la col·laboració mitjançant de l'estudi de la bibliografia existent. A continuació, s'ha dissenyat una enquesta on s'han establert les relacions entre els factors de col·laboració i la implementació de BIM. En la enquesta s'ha comptat amb la participació de 31 estudiants universitaris de la Georgia Technology Institute en Atlanta als Estats Units, que han fet ús de la metodologia BIM en un projecte real de construcció. Per últim, s'han analitzat els resultats obtinguts de la enquesta i s'han valorat els factors de la col·laboració més significatius per a la implementació de BIM en els projectes de construcció. L'estudi finalitza amb algunes recomanacions i propostes de futures línies d'investigació per a aconseguir establir el comportament col·laboracionista amb el que es llogre l'èxit d'implementació de la metodologia BIM.

PARAULES CLAU: Construcció, Metodologia BIM, Eines BIM, Implementació, Comportament Col·laboracionista, Factors, Enquesta, Estudiants Universitaris



ABSTRACT

BIM (Building Information Modelling) methodology represents the biggest innovation in the construction industry with the introduction of the information and communication technologies (ICT) in the working method of the traditional construction industry. BIM is considered as a modern process for the construction management that enables the users for the creation of parametric models based on multidimensional objects which are the tools for the management of the entire cycle of the construction projects. The solutions offered by BIM in the overall construction process (design, execution and operability) are: better coordination of the documentation, cooperation among the stakeholders, the foresight of the decision making, quality and promptness of the construction project, and, as a consequence, a bigger economic benefit per project for the company. Nevertheless, and in regards of the big potential of BIM, it has been detected difficulties in the implementation during last years. One of the reasons found is related with the collaboration generated in the BIM process, as the introduction of this methodology stimulates the collaborative behavior generated among the stakeholders involved in the life cycle of the project. Nonetheless, if this collaborative system is not appropriately managed and controlled, so obstacles occur that make more complicated the successful implementation of BIM. The current master's thesis has as main focus the identification of the more relevant factors that are associated to the collaborative behavior and, at the same time, are linked with the implementation of BIM methodology during the development of the project. In order to achieve it, first of all, it has been extracted the collaboration factors from the study of the existent bibliography. Afterwards, a survey has been designed so that the relations between the collaboration factors and the BIM implementation have been established. The survey has been answered by 31 graduate and undergraduate students from the Georgia Technology Institute in Atlanta (USA), who have participated in the implementation of BIM methodology in a real construction project. Lastly, the results from the survey have been analyzed and the most relevant collaboration factors for the BIM implementation have been evaluated. The study concludes with some recommendation and proposals for future lines of investigation to establish the collaborative behavior to achieve the successful implementation of BIM methodology.

KEY WORDS: Construction, BIM Methodology, BIM Tools, Implementation, Collaborative Behaviour, Factors, Survey, University Students



RESUMEN EJECUTIVO

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER: <i>El comportamiento colaborativo en la implementación de BIM durante el ciclo de vida de la infraestructura: perspectiva de estudiantes universitarios</i>	
AUTOR: María José Romero Moruno	
RESUMEN EJECUTIVO (máximo 1000 palabras)	
1. Planteamiento del problema a resolver	La introducción de la metodología BIM en el sector de la construcción presenta un gran potencial para la mejora de colaboración entre las partes implicadas. Sin embargo, se han detectado dificultades en la implementación exitosa de BIM. Esto es debido a que con la introducción de la metodología BIM, se estimula el comportamiento colaborativo entre los diferentes agentes involucrados en el proceso del proyecto, pero, si este sistema colaborativo no es gestionado ni controlado adecuadamente, se verá afectada la propia implementación de la metodología BIM.
2. Objetivos	<ol style="list-style-type: none">a. Definir el comportamiento colaborativo en la implementación de la metodología BIM en el proceso de licitación de proyectos de construcción.b. Identificar y obtener los factores asociados al comportamiento colaborativo durante la implementación de la metodología BIM.c. Describir el caso de estudio del proyecto multidisciplinar en el que se basa la investigación.d. Diseñar una encuesta para evaluar la influencia de los factores relacionados con el comportamiento colaborativo en la implementación de BIM en un proyecto de construcción.e. Evaluar los factores más significativos del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM en el proyecto.



TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER:

El comportamiento colaborativo en la implementación de BIM durante el ciclo de vida de la infraestructura: perspectiva de estudiantes universitarios

AUTOR:

María José Romero Moruno

RESUMEN EJECUTIVO (máximo 1000 palabras)

<p>3. Estructura organizativa</p>	<ul style="list-style-type: none">- Resumen, Resum, Abstract, Agradecimientos Presentación sintetizada del alcance de la investigación junto con los objetivos, justificaciones y resultados de la misma. Se incluyen los agradecimientos por las diferentes aportaciones realizadas.- Capítulo I: Introducción Planteamiento del problema, la justificación de la investigación, el alcance, los objetivos de la misma. Se incluye el sistema empleado para las citas y referencias.- Capítulo II: Marco Teórico y Estado del Arte Se describen los conceptos básicos de la metodología y herramientas BIM en la industria de la construcción. Se establecen las bases de la teoría de la colaboración en el desarrollo de proyectos BIM. Se justifica la relación establecida entre colaboración y proyectos desarrollados en un ambiente BIM.- Capítulo III: Diseño de la Investigación y Análisis Estadístico de Datos Se establece el diseño de la investigación, donde se detalla la fase de validación empírica y analítica seguida para la obtención de los datos y el procesamiento de éstos empleando técnicas estadísticas para el análisis descriptivo de la muestra y la medición de la fiabilidad y consistencia interna del cuestionario. Se realiza el análisis factorial exploratorio y se concluye con el análisis no paramétrico de la muestra.- Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones Contiene las conclusiones y la aportación de la investigación del presente trabajo. Se presentan las limitaciones que se han encontrado a lo largo de la investigación, se establecen recomendaciones prácticas y se ofrecen ideas para futuras líneas de investigación.- Referencias, Anexos Se recogen las referencias empleadas de los diversos artículos mencionados a lo largo de la investigación. Se incluyen los anexos de tablas y figuras de los análisis estadísticos realizados, junto con la encuesta de la presente investigación.
--	---



TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER: <i>El comportamiento colaborativo en la implementación de BIM durante el ciclo de vida de la infraestructura: perspectiva de estudiantes universitarios</i>	
AUTOR: María José Romero Moruno	
RESUMEN EJECUTIVO (máximo 1000 palabras)	
4. Método	Se realiza en el siguiente orden: el estudio de la bibliografía, la selección, clasificación y organización de la misma, la redacción del marco teórico y estado del arte, el diseño de la encuesta y el análisis estadístico de datos.
5. Cumplimiento de objetivos	<p>a. Estudio de la bibliografía en el <i>Cap.2. Marco teórico y Estado del Arte; 2.1. Marco teórico; 2.1.3. La colaboración en BIM.</i></p> <p>b. Selección, clasificación y organización de la bibliografía, en el <i>Cap.2. Marco teórico y Estado del Arte; 2.3. Estado del Arte; 2.3.4. El comportamiento colaborativo en la implementación de BIM.</i></p> <p>c. Bibliografía existente de un caso similar como se muestra en el <i>Cap.2. Marco teórico y Estado del Arte; 2.2. La simulación de la realidad en la construcción.</i></p> <p>d. Diseño de la encuesta basado en el estudio del marco teórico y estado del arte. Encontrar detalles en <i>Cap.3. Diseño de la Investigación y Análisis Estadístico de Datos; 3.1. Diseño de la Investigación; 3.1.2. Fase de validación empírica y analítica.</i></p> <p>e. Análisis estadístico de datos, en <i>Cap.3. Diseño de la Investigación y Análisis Estadístico de Datos; 3.2. Análisis Estadístico de Datos.</i></p>
6. Contribuciones	<ul style="list-style-type: none">- Se han obtenido los factores más significativos para una colaboración exitosa en la implementación de BIM en proyectos de construcción.- Se ha diseñado una encuesta para la evaluación del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM en proyectos de construcción.- Se ha evaluado y confirmado la fiabilidad y consistencia interna del cuestionario generado para la encuesta.- Se han extraído un conjunto de conclusiones para estimular el comportamiento colaborativo en la implementación exitosa de BIM en los proyectos de construcción.



TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER: <i>El comportamiento colaborativo en la implementación de BIM durante el ciclo de vida de la infraestructura: perspectiva de estudiantes universitarios</i>	
AUTOR: María José Romero Moruno	
RESUMEN EJECUTIVO (máximo 1000 palabras)	
7. Recomendaciones	<p>A las instituciones de formación en el sector de la construcción:</p> <ul style="list-style-type: none">- Incluir en los programas de estudios la formación en BIM.- Proporcionar una formación dirigida por profesionales tanto en la metodología como en la tecnología BIM.- Organizar congresos y seminarios BIM. <p>A los Organismos de Contratación Pública de Obras y Servicios:</p> <ul style="list-style-type: none">- Incentivar la implementación de BIM en el sector de la construcción con la financiación de obras que se ejecuten con la metodología BIM.- Acordar normativa sobre formatos, redacción de manuales y guías de uso BIM a nivel mundial.- Promover la innovación y desarrollo de BIM con la financiación de líneas de investigación.- Crear comisiones y organismos.- Organizar congresos y seminarios BIM a nivel nacional e internacional. <p>A las empresas del sector de la construcción:</p> <ul style="list-style-type: none">- Proporcionar a los profesionales la formación y el apoyo necesario para la implementación de BIM.- Desarrollar guías o manuales BIM.- Detallar los estándares y formatos de los archivos BIM.- Apoyar la formación de los trabajadores con la asistencia a seminarios BIM.- Establecer un primer proyecto BIM. <p>A los profesionales del sector de la construcción:</p> <ul style="list-style-type: none">- Demandar la formación necesaria en BIM.- Acordar la normativa sobre formatos, redacción de manuales y guías de uso BIM.- Solicitar la creación de proyectos pilotos BIM.- Requerir el apoyo continuado de los líderes de la empresa.- Asistir a seminarios y congresos BIM.
8. Limitaciones	<ul style="list-style-type: none">- El tamaño de la muestra ha sido muy reducido.- La encuesta ha sido difundida únicamente en una institución proveedora de formación superior y en una única localización.- La percepción de los estudiantes no es equivalente a la realidad.- La encuesta sólo ha tenido en cuenta la fase de licitación del proyecto de construcción.



AGRADECIMIENTOS

Mostrar mi agradecimiento en estas líneas a mi tutor D. Eugenio Pellicer Armiñana y mi co-tutora Dña. María del Carmen Bas Cerdá, por haber sido coordinadores y aportarme la ayuda necesaria a lo largo del proceso de creación, redacción y análisis de datos del presente trabajo. Dar las gracias también a D. Daniel Castro-Lacouture por ofrecerme la oportunidad de realizar la estancia durante mi periodo de intercambio en Estados Unidos, donde tuve el privilegio de asistir a las clases que me han permitido conocer en mayor profundidad el innovador mundo del BIM. Extender mi agradecimiento a las profesoras Pardish Pishdad-Bozorgi y Diana Bastos Costa por su apoyo durante la etapa de generación de la encuesta y la obtención de datos para la misma, y al equipo de RIB Software SA, que me han abierto las puertas a las tecnologías en el sector de la construcción.

Dicho trabajo ha sido un gran reto desde el principio hasta el fin. Es por ello que para mí es indispensable agradecer a mis tres pilares fundamentales de apoyo, mi abuelo Vicente y mis padres Vicente y Pepi, por ser incondicionales y siempre creer en mí. A mi hermana Bego, que ha sido desde la distancia fuente de conocimientos. Incluir además a mis tías, tíos, primas y primos que siempre me han animado a seguir adelante. Y no me olvido de dar mil gracias a mis amigas, la familia que no se elige y que siempre han sabido elegir las palabras para sacar lo mejor de mí.

Finalmente, me gustaría extender mi gratitud a mis compañeros del presente máster, que han formado parte de mi vida durante de esta etapa de estudios y con los que he compartido grandes momentos tanto dentro como fuera de las aulas.

De nuevo,

¡Gracias a tod@s!

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.1.1.1. PREGUNTA PRINCIPAL	14
1.1.1.2. PREGUNTAS SECUNDARIAS	14
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.2.1. JUSTIFICACIÓN SOCIO – ECONÓMICA	15
1.2.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	15
1.3. ALCANCE	16
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. OBJETIVOS GENERALES	16
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5. CONTENIDO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER	17
1.6. SISTEMA DE CITAS Y REFERENCIAS	18



1. INTRODUCCIÓN

BIM se corresponde con las siglas en inglés de Building Information Modeling, (Modelado de Información en la Construcción). Este término engloba un significado bastante más complejo, pues de acuerdo con el National Institute of Building Sciences(2007), dichas siglas se asocian a dos conceptos diferentes pero que habitualmente se emplean como uno único. BIM se define según el National Institute of Building Sciences (2007) como “el acto de crear un modelo electrónico de una instalación con la finalidad de visualización, realización de análisis de energía, realización de análisis de conflictos, verificación de criterios clave, ingeniería de costes, obtención de productos según ejecución real ‘as built’, elaboración de presupuestos y muchos otros”. Por otra parte, la segunda definición del concepto BIM es “la representación digital de características físicas y funcionales de una instalación. Y como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación, formando una base fiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida, desde el comienzo en adelante”. Como se observa, ambos conceptos presentan una gran similitud, y el considerado como padre de BIM, Eastman et al. (2010), reconoce dicha confusión pues “estos dos términos se emplean de forma intercambiada habitualmente reflejando el crecimiento del término para cubrir las crecientes necesidades de los interesados”.

En síntesis, BIM se puede identificar como un proceso moderno para la gestión de la construcción que permite a los usuarios la creación de modelos paramétricos basados en objetos multidimensionales que son la herramienta para la gestión de los proyectos de construcción a lo largo de todo el ciclo de vida del mismo. Y, para llevar a cabo el proceso se emplean varias herramientas informáticas y métodos. Es por esto que en los proyectos BIM se pueden distinguir dos grupos principales: herramientas y metodología (Race, 2012). En el grupo de las herramientas se encuentran los diferentes “softwares”, considerados como la herramienta más. El grupo de la metodología es mucho más complejo, ya que en éste se establece cómo las herramientas interactúan, cómo deberían ser usadas por los usuarios y cómo los usuarios interactúan entre ellos. Además, se trata de definir cómo conseguir el éxito de la implementación de BIM en las empresas constructoras en la actualidad, temática que será el foco del presente trabajo.

Hoy en día, BIM representa la gran innovación en la industria de la construcción con la introducción de las tecnologías de la información y la comunicación (ICT) que está suponiendo la gran revolución en el tradicional sector de la construcción (Succar, 2009). La metodología BIM se está extendiendo alrededor del mundo con la promesa de la obtención de proyectos constructivos mucho mejores, más eficientes y de mayor calidad, con un impacto muy positivo para la reducción de los costes del ciclo de vida del proyecto. En informes realizados en estos años, como por ejemplo el informe de McGraw Hill Construction (2013), se ha percibido que dependiendo del país, el nivel de introducción de BIM es muy diverso y la adopción depende en gran medida del nivel tecnológico del país y del apoyo del gobierno para la implementación del mismo (Tomek y Matějka, 2014).

Es por ello que en los últimos años se han llevado a cabo numerosos estudios para la identificación de las barreras en el proceso de la implementación y, es que, a pesar del gran potencial que presenta BIM para la mejora de colaboración entre las partes implicadas, la reducción del tiempo para la generación de documentación del proyecto,

entre otros beneficios (Bryde et al., 2013), se ha detectado dificultades en la implementación exitosa de BIM y que están siendo objeto de múltiples estudios disponibles en la bibliografía existente. En estos estudios se trata de analizar la brecha que existe entre la industria de la construcción y la introducción de las tecnologías de la información y comunicación (ICT), pues esto es un problema que está afectando al rendimiento de todo el proceso y se está tratando de diagnosticar las raíces de estas dificultades (Rezgui et al., 2013). Autores como Erdogan et al. (2008) afirman que “el éxito de la implementación de un sistema colaborativo depende en un 80% en el seguimiento de los empleados y un 20% en resolver los aspectos tecnológicos”. Es por esto que de los estudios que se pueden encontrar, se pueden diferenciar aquellos que se centran en las limitaciones a nivel tecnológico y los que analizan las limitaciones sociales.

Gracias a la evolución tecnológica y el desarrollo de normativa y estándares de los últimos años, que permiten compatibilidad de formatos y un flujo de trabajo más efectivo, las limitaciones a nivel tecnológico han disminuido y es por ello que actualmente los estudios se centran principalmente en las limitaciones sociales debido a la introducción de la tecnología. Algunas de las limitaciones encontradas son como las que establece Mutai (2009), que asocia el éxito de BIM a las aptitudes y capacitaciones BIM que demuestre el equipo de proyecto. Este conjunto de aptitudes BIM queda determinado por la colaboración, entre otras. Además, Azhar (2011) indica que la colaboración que se genera entre las diferentes disciplinas y usuarios es esencial para el éxito de la implementación BIM ya que una característica fundamental del sector de la construcción es la necesidad de colaboración entre las diferentes partes implicadas en el proyecto.

Surge entonces la necesidad de estudiar más detalladamente el comportamiento colaborativo en la implementación de BIM pues se detecta que el estudio del comportamiento colaborativo durante la implementación de la metodología BIM es un análisis todavía no realizado en profundidad. Se identifica de esta manera la laguna de conocimiento, la cual conduce a la necesidad de proceder a la identificación de los factores que están asociados al comportamiento colaborativo y que a su vez están vinculados con la implementación de la metodología BIM durante el desarrollo de un proyecto de construcción.

Con este objetivo, se ha realizado un estudio minucioso de la amplia bibliografía encontrada sobre BIM, su implementación y el comportamiento colaborativo en el contexto BIM, y así obtener los factores más significativos en el comportamiento colaborativo durante la implementación de BIM en proyectos de construcción. Para ello, primero se extraen los factores asociados a la colaboración a través del estudio de la bibliografía existente. Seguidamente, se diseña una encuesta donde se establecen las relaciones entre los factores de colaboración y la implementación de BIM. Por último, se analizan los resultados obtenidos de la encuesta y se extraen los factores de la colaboración más significativos para la implementación de BIM en los proyectos de construcción.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La metodología BIM (Building Information Modelling) es la metodología que está revolucionando el sector de la construcción en estos últimos años (López, 2016). Eastman et al. (2010) define BIM como “la tecnología de modelado y el conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar los modelos de información ‘building models’”. Es por esto que BIM se considera un proceso moderno para la gestión de la construcción que permite a los usuarios la creación de modelos paramétricos basados en objetos multidimensionales que son la herramienta para la gestión de los proyectos de construcción a lo largo de todo el ciclo de vida del mismo. Y, para llevar a cabo el proceso se emplean varias herramientas informáticas y métodos.

Atendiendo la definición previa, en los proyectos BIM se pueden distinguir dos grupos principales: herramientas y metodología (Race, 2012). En el grupo de las herramientas se encuentran los diferentes “softwares”. Sin embargo, el grupo de la metodología es mucho más complejo, ya que en éste se establece cómo las herramientas interactúan, cómo deberían ser usadas por los usuarios y cómo los usuarios interactúan entre ellos. Además, se trata de definir cómo conseguir el éxito de la implementación de BIM en las empresas constructoras en la actualidad, temática que será el foco del presente trabajo.

Es ampliamente reconocido que la implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (ICT) está suponiendo una gran revolución en el tradicional sector de la construcción (Succar, 2009). Y que de esta revolución tecnológica tiene gran culpa BIM, pues es la metodología creada para dar solución a los problemas de gran complejidad de diseño y gestión que presentan los proyectos de construcción actuales (Chan et al., 2004). Las soluciones que aporta BIM a lo largo del proceso de construcción (diseño, ejecución y mantenimiento) son: una mejor coordinación de la documentación, cooperación entre los agentes involucrados en el proyecto, anticipación en la toma de decisiones, calidad y rapidez del proceso constructivo y, como consecuencia de ello, un beneficio económico mayor por proyecto para la empresa (Cerdán, 2015).

Siendo conscientes de las ventajas que aporta la implementación de BIM en los proyectos, numerosos países han decidido apostar fuertemente por la introducción de esta metodología. Países de Norte América (como Estados Unidos o Canadá) y países de regiones escandinavas (como Noruega, Finlandia o Dinamarca), son los que se sitúan a la cabecera tanto por la impulsión del desarrollo como por la implementación de BIM en el sector (Smith, 2014). Estos países están realizando grandes inversiones, siendo las instituciones gubernamentales el factor clave para motivar el uso de BIM, no sólo porque están redactando normativa para la ejecución de proyectos públicos empleando BIM, sino porque además están promoviendo proyectos de investigación, redactando directrices en manuales y guías BIM y estableciendo formatos como el IFC para el intercambio de información (BuildingSmart, 2012).

En el caso del sector de la construcción en España, están viendo el apoyo del gobierno hacia BIM, y cada vez más empresas en el sector privado están comenzando a valorar los beneficios que aporta la metodología, por lo que ha comenzado a notarse la influencia de



la corriente BIM, especialmente en casos de proyectos complejos y de alto valor añadido (Instituto Tecnológico del Cantábrico - ITC, 2015).

Sin embargo, y a pesar del gran potencial que presenta BIM para la mejora de colaboración entre las partes implicadas, la reducción del tiempo para la generación de documentación del proyecto, entre otros beneficios (Bryde et al., 2013), se han detectado dificultades en la implementación exitosa de BIM. Esto es debido a que con la introducción de la metodología BIM, se estimula el comportamiento colaborativo entre los diferentes agentes involucrados en el proceso del proyecto, pero, si este sistema colaborativo no es gestionado ni controlado adecuadamente, se verá afectada la propia implementación de la metodología BIM.

Para conocer la situación actual se ha estudiado y analizado de forma exhaustiva el estado actual de la metodología BIM, y se han identificado las dificultades encontradas en la implementación de la metodología BIM, entre ellas, la anteriormente mencionada carencia de un sistema colaborativo efectivo.

De esta manera se ha detectado la laguna de conocimiento, y que conduce a la necesidad de proceder a la identificación de los factores que están asociados al comportamiento colaborativo y que a su vez están vinculados con la implementación de la metodología BIM durante el desarrollo de un proyecto de construcción.

Con este objetivo, se ha realizado un estudio minucioso de la amplia bibliografía encontrada sobre BIM, su implementación y el comportamiento colaborativo en el contexto BIM, y así obtener los factores más significativos en el comportamiento colaborativo durante la implementación de BIM en proyectos de construcción.

Para ello, primero se han extraído los factores asociados a la colaboración a través del estudio de la bibliografía existente. Seguidamente, se ha diseñado una encuesta donde se han establecido las relaciones entre los factores de colaboración y la implementación de BIM. Dicha encuesta ha contado con la participación de 31 estudiantes universitarios de la universidad de Georgia Technology Institute en Atlanta (E.E.U.U.) que han puesto en práctica la metodología BIM en un proyecto real de construcción. Por último, se han analizado los resultados obtenidos de la encuesta y se han valorado los factores de la colaboración más significativos para la implementación de BIM en los proyectos de construcción.

1.1.1.1. PREGUNTA PRINCIPAL

¿Cuáles son los factores asociados al comportamiento colaborativo que afectan de forma más significativa a la implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción?

1.1.1.2. PREGUNTAS SECUNDARIAS

a. ¿Cuál es la situación actual de las investigaciones sobre la implementación de la metodología BIM y el comportamiento colaborativo?

b. ¿Cuáles son los factores del comportamiento colaborativo que influyen sobre la implementación de la metodología BIM?



c. ¿Cuáles son los aspectos positivos y negativos del comportamiento colaborativo en los proyectos con metodología BIM?

d. ¿Cuáles son las propuestas de actuación para fomentar un comportamiento colaborativo efectivo en los proyectos desarrollados con metodología BIM?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. JUSTIFICACIÓN SOCIO – ECONÓMICA

Con la detección de los factores del comportamiento colaborativo que influyen sobre la implementación de la metodología BIM se logra obtener los parámetros que deben ser controlados y/o estimulados para que se produzca una implementación con éxito de la metodología BIM.

Esto reportaría evidentes beneficios económicos para las empresas consultoras o constructoras pues, durante la introducción de la nueva metodología en la empresa, es necesario un periodo inicial de fuerte inversión de recursos y capitales, y pasa un tiempo hasta que la metodología se implementa correctamente y se puede empezar a comprobar sus beneficios (Smith, 2014b). Por tanto, si se conocen los factores que influyen en el comportamiento colaborativo, se puede lograr una mejor y rápida implementación lo que supondría la obtención de beneficios en menor tiempo y, con ello, la inversión realizada queda totalmente amortizada. Sin olvidar los beneficios que la metodología BIM aporta ya por sí misma en los proyectos con una mejor coordinación de la documentación, anticipación de los errores y resolución de conflictos antes de la fase de ejecución, consiguiendo de esta manera una mayor calidad y rapidez del proceso, lo que conlleva ahorro de tiempo y, por extensión, ahorro de dinero (Cerdán, 2015).

Por otra parte, los beneficios sociales se encuentran en el establecimiento de una cooperación más efectiva entre los agentes involucrados en el proyecto, lo que conlleva una mejor coordinación, interacción y comunicación más fluida entre los diferentes agentes involucrados en el proyecto. Con la integración de la información se consigue que todos los agentes posean la información de las demás áreas del proyecto de forma prácticamente simultánea, facilitando la detección de errores, incongruencias o contradicciones entre diferentes áreas de trabajo y por tanto incrementando la cooperación de todas las áreas e integrando todas las partes del proyecto, y esto de nuevo supone un ahorro de tiempo y de costes (Cerdán, 2015).

1.2.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El conocer los factores que influyen en el establecimiento del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM lograría que esta metodología sea correctamente introducida dentro del proceso de trabajo en el sector de la construcción y permitiría disfrutar de las ventajas que aporta la aplicación de la tecnología más puntera en la ya tradicional industria de la construcción, y de esta manera, llevar a cabo proyectos cada vez mejor diseñados, ejecutados y explotados con mayor calidad, teniendo en cuenta los condicionantes medioambientales, y en menos tiempo y coste..



1.3. ALCANCE

El alcance de la investigación es la identificación, obtención y análisis los factores vinculados al comportamiento colaborativo en la implantación de la metodología BIM (Building Information Modeling) durante la fase de estudio de licitación de un proyecto de construcción.

La localización del estudio se ha establecido en la universidad americana de la Georgia Institute of Technology en Atlanta, Estados Unidos.

La población consiste en una muestra de 31 estudiantes universitarios de grado y posgrado que han participado en el curso de implementación BIM con la herramienta BIM de RIB iTWO en la Escuela de Arquitectura (School of Architecture) a lo largo del semestre de otoño en la universidad anteriormente mencionada. Los estudiantes provienen de diferentes ámbitos y especialidades dentro del sector de la construcción y de las nuevas tecnologías como son los grados de ingeniería civil, edificación, informática o arquitectura. Además, los alumnos son de nacionalidades muy diversas como países asiáticos, por ejemplo, China o India, países americanos, como los Estados Unidos o Colombia. En cuestión de género de los individuos, se presenta un número bastante equilibrado de hombres y mujeres y la edad de la muestra abarca un abanico amplio desde los 20 hasta los 35 años. Entre otros factores, se ha valorado el nivel de experiencia previa en la metodología BIM y en trabajos en equipo para el desarrollo de proyectos de construcción.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVOS GENERALES

Identificar, obtener y analizar los factores vinculados al comportamiento colaborativo en la implantación de la metodología BIM (Building Information Modeling) durante la fase de estudio de licitación de un proyecto de construcción.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Definir el comportamiento colaborativo en la implementación de la metodología BIM en el proceso de licitación de proyectos de construcción.
- b. Identificar y obtener los factores asociados al comportamiento colaborativo durante la implementación de la metodología BIM.
- c. Describir el caso de estudio del proyecto multidisciplinar en el que se basa la investigación.
- d. Diseñar una encuesta para evaluar la influencia de los factores relacionados con el comportamiento colaborativo en la implementación de BIM en un proyecto de construcción.
- e. Evaluar los factores más significativos del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM en el proyecto.



1.5. CONTENIDO DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

El presente trabajo se ha desarrollado según la siguiente estructura:

- Resumen, Resum, Abstract, Agradecimientos
En estos primeros apartados se presenta de manera sintetizada el alcance de la investigación junto con los objetivos, justificaciones y resultados de la misma. En estos apartados introductorios se incluyen los agradecimientos por las diferentes aportaciones realizadas.
- Capítulo I: Introducción
En este capítulo se realiza el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, el alcance, los objetivos de la misma. Además, se incluye el sistema empleado para las citas y referencias.
- Capítulo II: Marco Teórico y Estado del Arte
En este capítulo se describen los conceptos básicos de la metodología y herramientas BIM en la industria de la construcción y se establecen las bases de la teoría de la colaboración en el desarrollo de proyectos BIM. También se justifica la relación establecida entre colaboración y proyectos desarrollados en un ambiente BIM, tratando de cubrir la laguna de conocimiento existente alrededor de esta temática.
- Capítulo III: Diseño de la Investigación y Análisis Estadístico de Datos
A lo largo de este capítulo se establece el diseño de la investigación, donde se detalla la fase de validación empírica y analítica seguida para la obtención de los datos y el procesamiento de éstos empleando técnicas estadísticas como son, el análisis descriptivo de la muestra y la medición de la fiabilidad y consistencia interna del cuestionario. La fiabilidad se estudia mediante el alfa de Cronbach. Para el análisis factorial exploratorio, primero se comprueban los supuestos básicos para la evaluación de multicolinealidad a través de la matriz de correlación, el coeficiente KMO o la prueba de esfericidad de Barlett. Se prosigue con la extracción de las componentes principales empleando el criterio de Kaiser, el criterio de contraste de caída y el criterio del porcentaje de varianza explicada. Con el fin de medir cómo de bien representadas están las variables dentro de cada constructo, se calculan las comunalidades y se realiza la rotación Varimax con la matriz de cargas factoriales. El capítulo concluye con el análisis no paramétrico de la muestra.
- Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones
En el capítulo se incluyen las conclusiones y la aportación producida con la investigación del presente trabajo. También se presentan las limitaciones que se han encontrado a lo largo de la investigación, se establecen algunas recomendaciones prácticas y se ofrecen ideas para futuras líneas de investigación para profundizar en el tema tratado.
- Referencias, Anexos
Para finalizar, se recogen las referencias empleadas de los diversos artículos mencionados a lo largo de la investigación. Además se incluyen como anexos las diferentes tablas y figuras de los análisis estadísticos realizados, junto con la encuesta generada para la presente investigación.



1.6. SISTEMA DE CITAS Y REFERENCIAS

Para el presente trabajo se ha empleado como sistema de citas el de la American Psychological Association (APA). Dicho sistema para citas y referencias del estilo APA presenta el siguiente formato: en la misma línea del texto, el año de publicación de la fuente. El nombre del autor puede estar tanto dentro como fuera del paréntesis, siendo el elegido en el presente trabajo el autor dentro del paréntesis junto con la fecha de publicación de la fuente.

Las citas directas o textuales se realizan empleando las comillas que abarcarán la frase extraída de la fuente. El autor irá entre paréntesis y acompañando a dicha cita directa junto con la página de la que se ha extraído.

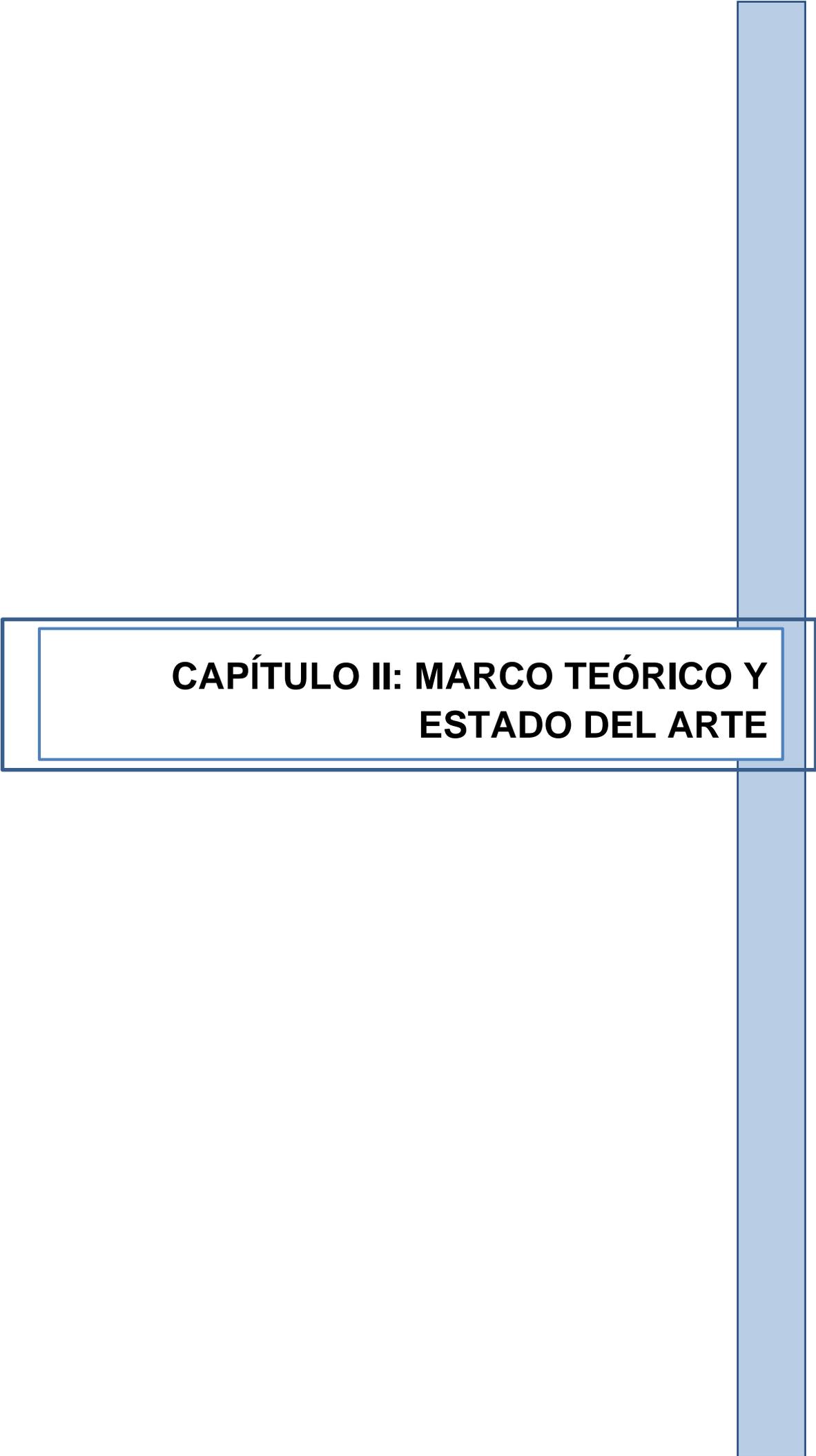
Las citas indirectas no llevan comillas, pero siempre contarán con la abreviatura “*cf*” (confer, “confronter”) junto al autor entre paréntesis con la finalidad de que el lector se remita al texto original.

Respecto a las citas electrónicas se emplea el nombre del autor y el año de la publicación entre paréntesis, además se añade la página web de donde ha sido extraída indicando al inicio [Recuperado de:...] y se incluye cuándo fue consultado [Consultado: *mes, año*].

La lista final de citas y referencias contenida en los capítulos denominados “*Referencias*” y “*Anexos*”, las fuentes se detallan con la siguiente estructura:

El apellido e inicial del nombre del autor o autores principales, año de la publicación entre paréntesis, título completo del artículo o publicación en el idioma original, nombre de la revista o publicación que apoya el artículo, páginas donde se encuentra el artículo o publicación, el doi asociado al artículo. En caso de tratarse de una referencia de un artículo de una web, el formato de la cita es el siguiente: Apellido e inicial del nombre del autor u autores principales, año de la publicación, título completo de la publicación, fecha en la que se descargó la publicación, la dirección URL de la que se obtuvo la publicación.

Para mayor detalle del sistema de citas y referencias empleado, se puede consultar en la página web www.apastyle.org.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	22
2.1. MARCO TEÓRICO	22
2.1.1. BIM: CONCEPTOS BÁSICOS	22
2.1.1.1. QUÉ ES BIM.....	22
Introducción al concepto de BIM	22
Qué no es BIM.....	24
2.1.1.3. LA METODOLOGÍA BIM	26
Principales características de la metodología BIM	26
Los niveles de BIM	28
Beneficios del uso de BIM	29
Problemas que trata de resolver el uso de la metodología BIM	30
2.1.1.4. LA TECNOLOGÍA BIM	34
2.1.2. LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM	34
2.1.3. LA COLABORACIÓN EN BIM.....	35
2.1.3.1. TEORÍAS SOBRE LA COLABORACIÓN.....	36
Teorías Sociales y Organizacionales	36
Teorías Económicas.....	37
2.1.3.2. FACTORES, BARRERAS Y BENEFICIOS DE LA COLABORACIÓN 38	
Factores en la Colaboración	38
Barreras en la Colaboración.....	39
Beneficios de la Colaboración.....	40
2.1.4. LA PERSPECTIVA SOCIOTÉCNICA DE BIM	41
Introducción al Sistema Sociotécnico	41
Los Análisis Sociotécnicos	42
BIM y la Sociotécnica	42
2.2. LA SIMULACIÓN DE LA REALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	44
2.3. ESTADO DEL ARTE	45
2.3.1. LA EVOLUCIÓN DE BIM	47
Evolución de la Metodología BIM.....	47
Evolución de las Tecnologías: las dimensiones de BIM	48
2.3.2. LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	
.....	50
La implementación de BIM a nivel mundial.....	50
Estado actual de implementación de BIM en España.....	54
2.3.3. LA PRÁCTICA DE BIM EN LA ACTUALIDAD EN EL SECTOR DE LA	
CONSTRUCCIÓN	56
Factores clave para el uso de BIM en el sector de la construcción: ventajas y	
barreras	56
2.3.4. EL COMPORTAMIENTO COLABORATIVO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE	
BIM.....	59
Análisis de la bibliografía sobre la colaboración y BIM.....	59
Información para la presente investigación.....	63

2.4. LAGUNA DEL CONOCIMIENTO	70
------------------------------------	----

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. MARCO TEÓRICO

En los siguientes apartados se presentan los conceptos básicos que caracterizan la metodología BIM y el vínculo que existe entre BIM y el comportamiento colaborativo, basándonos en la perspectiva sociotécnica.

2.1.1. BIM: CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1.1. QUÉ ES BIM

Introducción al concepto de BIM

BIM se corresponde con las siglas en inglés de Building Information Modeling, y que traducido al español se corresponde con Modelado de Información en la Construcción. Este término engloba un significado bastante más complejo pues de acuerdo con el National Institute of Building Sciences (2007), dichas siglas se asocian a dos conceptos diferentes pero que habitualmente se emplean como uno único. Es por esto que es fundamental realizar la aclaración entre dichos conceptos para así conocer el significado correcto y poder diferenciar entre ambos.

Por una parte, BIM se define según el National Institute of Building Sciences (2007) como “el acto de crear un modelo electrónico de una instalación con la finalidad de visualización, realización de análisis de energía, realización de análisis de conflictos, verificación de criterios clave, ingeniería de costes, obtención de productos según ejecución real ‘as built’, elaboración de presupuestos y muchos otros”. Por otra parte, la segunda definición asociada al concepto BIM es “la representación digital de características físicas y funcionales de una instalación. Y como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación, formando una base fiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida, desde el comienzo en adelante”.

Además, y coincidiendo con la primera definición, el considerado como padre de la metodología BIM, el profesor Chuck Eastman en su libro BIM Handbook, enuncia el concepto de metodología BIM como “la tecnología de modelado y el conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar los modelos de información ‘building models’”. Y, siendo conocedor de la confusión y mezcla de ambos conceptos debido a su similitud, Eastman et al. (2010) añade que “estos dos términos se emplean de forma intercambiada habitualmente reflejando el crecimiento del término para cubrir las crecientes necesidades de los interesados”.

En definitiva, como se puede apreciar, ambas definiciones son muy similares pero para no crear confusión a lo largo del presente trabajo se empleará el término “BIM” cuando vaya asociado a la metodología BIM, es decir, para la primera definición aportada, y el término de “tecnología BIM” para la segunda acepción donde se recogen las herramientas informáticas asociadas a los modelos desarrollados con metodología BIM.

BIM se puede identificar como un proceso moderno para la gestión de la construcción que permite a los usuarios la creación de modelos paramétricos basados en objetos multidimensionales que son la herramienta para la gestión de los proyectos de



construcción a lo largo de todo el ciclo de vida del mismo. Y, para llevar a cabo el proceso se emplean varias herramientas informáticas y métodos.

Atendiendo esta última definición, en los proyectos BIM se pueden distinguir dos grupos principales: herramientas y metodología (Race, 2012). En el grupo de las herramientas se encuentran los diferentes “softwares”, considerados como la herramienta más importante pero no es la única ya que también se incluyen en este grupo la maquinaria pesada, maquinaria de fabricación, ordenadores, “tablets”, herramientas geodésicas, herramientas de visualización, GPS o los microchips, por ejemplo. El grupo de la metodología es mucho más complejo, ya que en éste se establece cómo las herramientas interactúan, cómo deberían ser usadas por los usuarios y cómo los usuarios interactúan entre ellos. Además, se trata de definir cómo conseguir el éxito de la implementación de BIM en las empresas constructoras en la actualidad, temática que será el foco del presente trabajo.

Sin embargo, cabe aclarar que el concepto de BIM no es nuevo pues el concepto del modelo paramétrico basado en objetos multidimensionales ya ha sido empleado por otros sectores como son la industria química, la ingeniería mecánica o la electrónica (Eastman et al., 2011). La introducción más tardía de BIM y de la tecnología asociada a BIM en el sector de la construcción se debe principalmente al hecho de que los proyectos de construcción son únicos, muy complejos y extensos. También requieren una gran cantidad de recursos. Debido a la naturaleza de los proyectos de construcción el proceso para la adopción de BIM no es nada simple.

BIM puede ser usado a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde la programación, pasando por la fase de diseño, fase de construcción y la fase de explotación, y terminando por la demolición o renovación de la construcción. Durante este ciclo, BIM puede ser empleado en diferentes ámbitos y áreas, como pueden ser el modelado y simulación, presupuesto y estimación de cantidades, planificación temporal, programación de trabajos y análisis de la localización. Otras áreas que abarca BIM son la revisión del proyecto, certificación y estandarización, diseño del proyecto, análisis técnico, elaboración de documentación y planos, coordinación y planificación 3D y diseño de la localización. Finalmente, también puede incluir la planificación operacional, la fabricación digital, la gestión y planificación, el modelado “as-built”, análisis de la construcción, gestión de las instalaciones, planes de mantenimiento y reconstrucción, gestión del espacio y gestión de crisis.

En la actualidad BIM representa la gran innovación en el sector de la construcción y se está extendiendo alrededor del mundo con la promesa de la obtención de proyectos constructivos mucho mejores, más eficientes y de mayor calidad, con un impacto muy positivo para la reducción de los costes del ciclo de vida del proyecto. Sin embargo, desde la perspectiva de los mercados a nivel nacional, la introducción de BIM es muy diversa y la adopción depende en gran medida del nivel tecnológico del país y del apoyo del gobierno para la implementación del mismo (Tomek y Matějka, 2014).

Qué no es BIM

Antes de comenzar a definir más detalladamente la metodología BIM es interesante dedicar este apartado para desmontar falsas creencias, pensamientos erróneos y prejuicios surgidos alrededor de esta metodología.

Esta errónea percepción del concepto BIM es debida en parte al desconocimiento de esta metodología en constante evolución, lo que genera desconfianza y por tanto rechazo a lo desconocido, y también a la reticencia al cambio en la cultura empresarial, ya que se trata de una metodología que obliga al sector a regenerarse prácticamente por completo en su forma de gestionar los proyectos. Por otra parte, las formas de adopción de esta metodología en las empresas se ha producido muchas veces de forma confusa y desordenada, llevando a error el concepto de BIM y llegando a provocar cierta insatisfacción por los rendimientos esperados desproporcionados.

En los siguientes enunciados, recopilados del TFM de Romero (2015), se expone de forma breve y concisa qué no es BIM:

- BIM no es un programa o “software”, es decir, BIM no es Revit® o ArchiCAD® u otro “software” basado en BIM. Estos son “softwares” que emplean BIM como su metodología de trabajo, es decir son “softwares” BIM en los que nos apoyamos para crear la información, pero sin embargo BIM va más allá de estos programas integrando otros procesos.
- BIM no es “simplemente” un “software” de dibujo/diseño en 2D/3D, es más. Como se explica en el punto anterior BIM ni siquiera es un “software”. BIM es la creación y gestión de la información introducida a partir del dibujo 2D/3D.
- BIM no es un único programa o “software”, BIM es un modelo virtual generado a partir de una base de datos y que crea un proceso de trabajo que implica el flujo de información entre los ““softwares”” intervinientes en gestión de proyectos.
- BIM no es una evolución del CAD. BIM es una metodología de trabajo que genera una base de datos de información, mientras que CAD es una plataforma de trabajo para generación de planos a partir de dibujo 2D/3D a los que se le pueden asignar atributos, pero que no cumplen con la característica BIM de estudio de las relaciones entre las partes y del conjunto como algo más que la simple adición de las mismas.
- BIM no es:
 - EXCEL aunque los “softwares” BIM generen tablas.
 - AutoCAD® aunque los “softwares” BIM generen planos con cotas.
 - Sketchup aunque los “softwares” BIM generen dibujos en 3D.
 - 3DStudio aunque los “softwares” BIM generen renders.
 - Presto o Arquimedes aunque los “softwares” BIM generen mediciones y presupuestos.

Todos estos programas son “softwares” específicos para su campo y mantienen su función dentro del proyecto formando parte del proceso de trabajo AEC, siglas que en inglés pertenecen a “Architectural, Engineering and Construction industry” y que traducido al español es entendido como el sector que abarca la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.



La metodología BIM al englobar todo el proyecto pretende mejorar, facilitar y agilizar el proceso de trabajo, esto se realiza gracias a la capacidad del “software” BIM de generar información documental a partir de su base de datos y transformarla en planos, tablas, etc.

- BIM no es sólo una base de datos. BIM es el flujo de información que permite la alimentación y retroalimentación de una base de datos mediante el uso de un modelo único alrededor del que gira todo el proyecto.
- BIM no es una alternativa, BIM es la evolución de la forma de trabajo.
- BIM no es fiable aún porque no está aún desarrollado. Es cierto que es una metodología joven, pero el mercado ha apostado fuerte por ella y prueba de ello son los muy diversos “softwares” especializados. Además, algunas administraciones también apuestan ya firmemente por ella, llegando a ofrecer licitaciones de obras con el empleo de BIM como requisito indispensable.
- BIM no es un “software” difícil de aprender. Generalmente, los “softwares” BIM son intuitivos y manejables ya que están pensados para mejorar y agilizar los procesos del proyecto.
- BIM no es únicamente aplicable en obra nueva. BIM es una metodología aplicable a todo tipo de obras, ya sean de nueva construcción, rehabilitación, restauración, ampliación, reforma o demolición.
- BIM no es una metodología aplicable solo en la fase de diseño y modelado, BIM es una metodología que engloba la totalidad del proyecto e implica a todos los agentes relacionados (desde el proveedor hasta el usuario final).
- BIM no es únicamente rentable en edificaciones de gran entidad. Si bien es cierto que la implementación de un nuevo “software” y una nueva metodología de trabajo implica inversión económica, una vez implementada y consolidada con los agentes, se puede aplicar a todo tipo de construcciones de mayor o menor entidad.
- BIM no es la solución a todos los problemas generados en la construcción. BIM es una metodología de trabajo que afecta a los aspectos de la empresa relacionados con ella, pero no resuelve problemas de otra índole más allá de la metodología de trabajo.
- BIM no es un método de contratación de obras, aunque la documentación generada a partir del modelo de información puede acompañar a documentos contractuales.

Es decir, BIM es una nueva forma de trabajo que genera un flujo de información que abarca la globalidad del proyecto, e implica a todos los agentes.



2.1.1.3. LA METODOLOGÍA BIM

Building Information Modeling está considerado como el siguiente paso en el desarrollo de los diseños por ordenador (Czmoch y Pekala, 2014). En la práctica lo que significa es que en vez de tener múltiples documentos donde se contienen el diseño arquitectónico, el diseño paisajístico, los diseños de elementos constructivos y de instalaciones y el presupuesto detallado, se unifica todo en un único documento en el que se recoge el modelo 3D y donde se incluye toda la información anterior.

Los autores Czmoch y Pekala (2014) afirman que el modelado paramétrico es la esencia de la aplicación práctica de BIM. Esto permite una implementación rápida de los cambios en el modelo 3D cuando éstos cambios son necesarios introducirlos de manera eficiente dentro del proceso de coordinación multidisciplinar, es decir, que cualquier modificación que se introduzca quedará registrada en el modelo 3D de forma instantánea y todos los agentes involucrados en el proyecto serán conocedores de dicha alteración del modelo previo.

Principales características de la metodología BIM

A continuación, se resumen las principales características de la metodología BIM (Cerdán, 2015):

1. BIM es un contenedor único de información

Una de las principales características de la metodología BIM es el empleo de una única base de datos de información, creada a partir de la maqueta única virtual y que contiene toda la información generada sobre el proyecto y actualizada por todos los agentes intervinientes.

Para que esta característica sea realmente útil, los equipos de trabajo deben comprometerse a aplicar correctamente la metodología, realizando un correcto uso del “software” BIM, añadiendo y gestionando toda la información en esa única base de datos y manteniéndola actualizada constantemente y de forma rigurosa durante todos los procesos del proyecto, desde las primeras fases de diseño y especificaciones, hasta las fases de construcción y mantenimiento, para obtener un proyecto as-built que contenga la información de la construcción real del proyecto.

Las herramientas informáticas empleadas ofrecen procesos mecanizados de comprobación para garantizar la coherencia entre las relaciones de todos los cambios o modificaciones introducidos, así como de todas las características nuevas añadidas.

En los casos en los que se usen diferentes contenedores de información la tecnología informática deberá resolver la coordinación de la información entre las diferentes partes de forma automática.

2. La bidireccionalidad de los procesos: retroalimentación automática

Otra de las propiedades de la información BIM y que deben incluir las herramientas informáticas que intervienen en el proceso de trabajo de la metodología BIM es la bidireccionalidad.



Esta capacidad permite la obtención de una base de datos constantemente actualizada gracias a la capacidad de alimentación y retroalimentación automática de las herramientas informáticas. Gracias a esta característica, se puede extraer información del contenedor, gestionarla y devolverla al mismo, comprobando su coherencia y la validez de las relaciones modificadas, creando un flujo de información BIM constante y continuo basado en la información ida-vuelta.

El proceso BIM se basa en la no-ruptura de este flujo de información, por lo que no cualquier plataforma capaz de comunicarse con la herramienta BIM forma parte del proceso de trabajo BIM si no es capaz de realizar el flujo de información ida vuelta. En estos casos, si la herramienta no devuelve la información o no comprueba su coherencia y validez de relaciones, estos datos se deberán introducir o modificar manualmente en la base de datos única del proyecto para conseguir que esta se mantenga actualizada.

Esta ruptura en el flujo de información BIM fuerza la vuelta al flujo de trabajo AEC convencional, suponiendo una inversión extra de tiempo y recursos en el proyecto debido a la necesidad de traslado manual de información de una herramienta a otra, lo que pone en riesgo la base de datos ya que pueden ocurrir errores comunes en gestión de proyectos convencionales como son la pérdida de información, erratas, olvidos, omisiones, etc.

3. La parametrización de los elementos del modelo

La definición de los elementos del modelo, así como las relaciones entre diferentes elementos o entre cada elemento y todo el conjunto, así como las propiedades del conjunto se definen de forma paramétrica, permitiendo la coordinación y la gestión de cambios del “software” dependiendo de una entrada de usuario o de una relación lógica o matemática.

De esta manera los elementos relacionados entre sí se modificarán automáticamente cuando se introduzca una modificación de usuario en uno de ellos, de manera que todo el conjunto mantenga la coherencia.

4. La visualización prevalece frente a la representación

En la forma de trabajo convencional la información se representa mediante texto, graficas o tablas creadas de forma manual e independiente por el técnico y basándose en otras representaciones originales o las demandas del cliente. Puesto que, si una de estas representaciones es modificada en algún momento del proceso del proyecto, deberán modificarse manualmente todas las representaciones del proyecto.

La metodología BIM pasa de esa representación manual e independiente de la información a la creación de una base de datos única en la que la información está relacionada y automatizada gracias a la introducción de las características deseadas por parte del usuario.

En esta forma de trabajo el usuario crea objetos de información mediante la introducción de las características deseadas en la base de datos de la herramienta, y la herramienta asume la información y la gestiona creando una imagen visual de esa información, permitiendo al usuario comprobar el aspecto visual de las características introducidas.



El programa, por tanto, crea una imagen visual de la información introducida, y cada vez que esta información sea modificada el programa gestionará los cambios automáticamente y creará la imagen visual de esa información.

Además, la visualización 2D/3D que ofrecen los “softwares” BIM supone una ayuda para la mejor comprensión del proyecto, ya que permite analizar el diseño y las características de una forma visual prácticamente completa.

5. La efectividad en la simulación de todo el ciclo de vida del proyecto

Otra de las características de esta metodología es que amplía la funcionalidad operativa del proyecto, ya que todos los datos insertados y toda la información contenida se emplea no solo durante las fases de diseño y construcción, en las que el BIM permite nuevas funcionalidades como la simulación del edificio por adelantado, para obtener información sobre eficiencia energética y sostenibilidad.

Si no que, al conseguir la retroalimentación y la actualización continua del edificio virtual, la información contenida podrá emplearse de forma efectiva en la totalidad del ciclo de vida de la edificación, ayudando a reducir costes en la fase de uso y mantenimiento, e incluso en la fase de demolición.

Los niveles de BIM

BIM está basado en un modelo virtual 3D de la construcción a ejecutar como la única fuente que contiene toda la información relativa al proyecto. De acuerdo con el diagrama elaborado por Mark Bew y Mervyn Richards (2008) conocido como “The UK BIM Maturity Model” (ver Imagen1), también denominado como el “iBIM Model” o “La Cuña” (que hace referencia a su forma), existen 4 niveles de maduración de BIM:

- Nivel 0: contiene cualquier tipo de documentación en formato papel, creado a mano o con la ayuda de los programas CAD.
- Nivel 1: se encuentran los documentos 2D y 3D en el formato digital sin el uso de una base de datos definida.
- Nivel 2: es considerado como el nivel donde se inicia el modelado de información de construcción. Este nivel se parece al nivel anterior pero presenta una diferencia fundamental y es la gestión de la documentación y los archivos compartidos que se usan en el proyecto de forma colaborativa.
- Nivel 3: es el conocido como “iBIM” o BIM inteligente, ya que se incluye la gestión de la construcción a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Este nivel es el objetivo marcado por los principales promotores de BIM y donde se espera poder realizar la introducción de los estándares y normas ISO, además de difundir y generalizar los formatos BIM. Ejemplo de ello son el IDM (Information Delivery Manuals), IFC (Industry Foundation Classes) o el IFD (International Framework for Dictionaries Library).

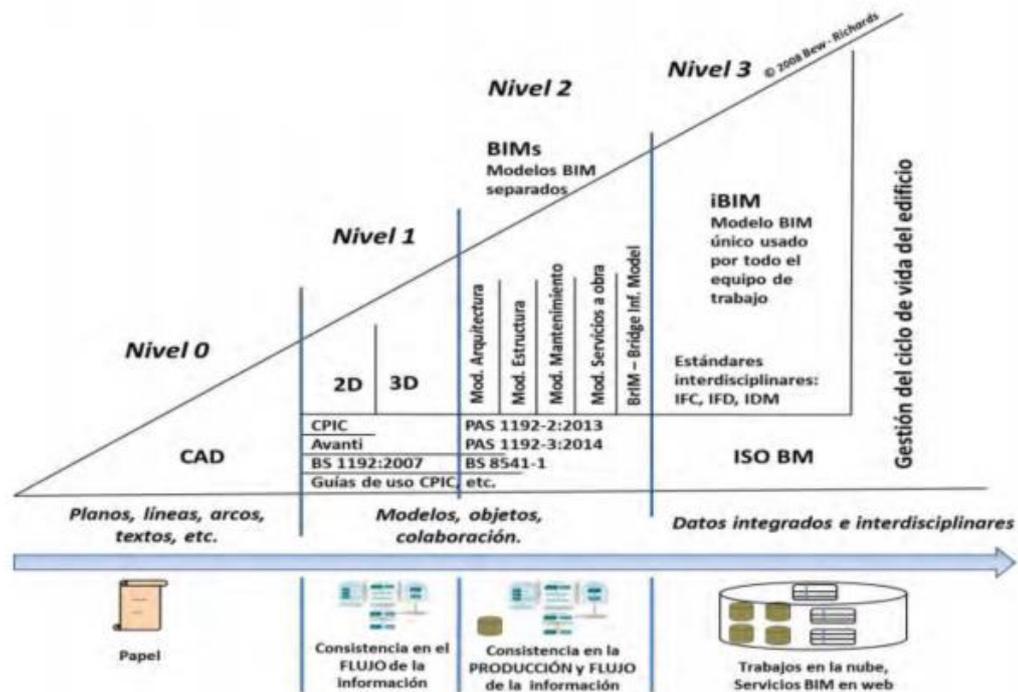


Imagen 1. Niveles de maduración de BIM por Mark Bew y Mervyn Richards (2008). Fuente: Dossier de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento (2015)

Beneficios del uso de BIM

Durante la introducción de una nueva metodología en una empresa es necesario un periodo inicial de inversión de recursos y capitales, hasta que la metodología se implementa correctamente y se puede empezar a comprobar sus beneficios (Smith, 2014b).

Una vez superado este periodo inicial e implementada la metodología en la empresa, se pueden comprobar las principales ventajas que aporta BIM a la empresa AEC, basándonos en las principales características de la metodología BIM.

Tomando como referencia a Cerdán (2015), arquitecto técnico, profesor y consultor BIM y REVIT, se presentan a continuación las 5 ventajas del uso de la metodología BIM.

1. Coordinación de la documentación

Gracias a las características fundamentales de la metodología BIM citadas anteriormente: existencia de la base de datos única, información bidireccional, relación paramétrica de elementos y visualización; la documentación del proyecto está constantemente actualizada y presenta coherencia durante todo el proceso.

Además gracias a la posibilidad de trabajo simultáneo de los “stakeholders” (los agentes involucrados en el proyecto), la información queda actualizada constantemente a las modificaciones de otros agentes, equipos o departamentos, evitando errores de coordinación de documentación por fallos en las comunicaciones. Por tanto, se consigue una documentación coordinada, coherente y fácilmente comprensible, evitando prácticamente las erratas.



2. Cooperación entre los agentes involucrados en el proyecto

Con esta forma de trabajo la cooperación entre los diferentes agentes involucrados en el proyecto, surge de manera natural y sin sobreesfuerzos de comunicación al tratarse de una forma de trabajo simultánea y colaborativa dentro de una única base de datos.

Cada agente o departamento aporta la información del proyecto de la que es responsable y esta información queda disponible dentro de la base de datos para ser gestionada por todos los agentes implicados en el proyecto. Esta integración de la información consigue que todos los agentes posean la información de las demás áreas del proyecto de forma prácticamente simultánea, facilitando la detección de errores, incongruencias o contradicciones entre diferentes áreas de trabajo y por tanto incrementando la cooperación de todas las áreas e integrando todas las partes del proyecto a lo largo de todo el ciclo de vida del mismo (ver Imagen 2).

Por todo esto, la metodología BIM consigue una comunicación más fluida entre los actores del proyecto.

3. Anticipación en la toma de decisiones

El modelo único virtual del edificio es la construcción del edificio real pero de forma virtual que sirve de modelo para su posterior construcción. La industria AEC adopta esta forma de trabajo con el fin de crear la construcción simulando los procesos de construcción real, realizando un modelo inteligente de maqueta única virtual que pasa por procesos de mejora y validación en las fases previas de diseño y especificaciones, antes de comenzar su ejecución y construcción real. Gracias a la posibilidad de realizar análisis previos de conflictos, se detectan problemas por anticipado, se prevén las técnicas de realización y se reduce el número de imprevistos y modificados durante la ejecución material del proyecto.

4. Calidad y rapidez

Una vez implementada la metodología es notable la mejora en la calidad de los documentos de diseño, construcción y mantenimiento, gracias a las características propias de la centralización de la información y a la depuración de errores. Además, la mecanización de los procesos de gestión de información produce también la reducción del tiempo dedicado a estas tareas por lo que se produce ahorro de tiempo, consiguiendo una mayor calidad en menos tiempo.

5. Económicas

Como consecuencia de la mejora en la coordinación de la documentación, la mayor cooperación entre los agentes, la reducción de los imprevistos gracias a la toma de decisiones anticipada y la mayor calidad del producto en menor tiempo, se obtiene como resultado un beneficio económico mayor por proyecto para la empresa.

Problemas que trata de resolver el uso de la metodología BIM

En la actualidad BIM es la denominación más común para la nueva forma de entender el diseño, la construcción y la explotación de una construcción. Según Succar (2009) BIM se define como “el conjunto de políticas, procesos y tecnologías que interactúan obteniendo la metodología para gestionar el diseño esencial de la construcción y la información del



proyecto en formato digital a lo largo de todo el ciclo de vida de la construcción”. Esta definición de Succar es muy genérica, donde no sólo incluye los “softwares” que permiten la modelación geométrica y la introducción de datos e información sobre el modelo digital, sino que también abarca los procesos y herramientas empleadas para la gestión de estos proyectos.

Por tanto, como se puede observar, los beneficios de BIM son muy extensos, pero en este apartado se destacan 3 beneficios del uso de la metodología BIM extraídos del artículo (“Traditional Design versus BIM Based Design”, 2014):

1. Las dimensiones de BIM

Dependiendo del contenido de la base de datos se pueden diferenciar las siguientes dimensiones de BIM y las ventajas asociadas a cada una de ellas:

- BIM 3D. Contiene el modelo paramétrico y virtual 3D, hoy en día aceptado por los diseñadores como una extensión natural de los diseños 2D.
- BIM 4D. Es la planificación temporal, es decir, se añade la dimensión del tiempo al BIM 3D. La planificación tediosa se reemplaza por el modelado paramétrico en el que cada uno de los elementos tiene asignado una secuencia de montaje. BIM 4D crea nuevas oportunidades para el modelado de información: la división del proyecto en fases, la visualización de las fases, la simulación de los trabajos según la planificación, una planificación más precisa para la adquisición y entrega de productos y materiales.
- BIM 5D. Estimación, es decir, que al BIM 4D se le añade otra variable, la del coste del trabajo y de entrega para cada uno de los elementos. BIM 5D permite una estimación rápida de los costes basados en el diseño conceptual y cualquier otra estimación de costes. Con la ayuda del BIM 5D se pueden comparar fácilmente los tiempos de ejecución y el coste total de varias alternativas en términos de materiales y tecnología, lo que fomenta la optimización de los costes totales de la inversión.
- BIM 6D. Sostenibilidad. El “software” compatible con el BIM 6D permite la integración de los datos relacionados con la protección del medio ambiente y el consumo de energía, como por ejemplo son los programas especiales de análisis del consumo de energía de una construcción o edificación. Los modelos preparados para trabajar en el entorno del BIM 6D son empleados a menudo como herramienta principal para conseguir los requerimientos definidos por el LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y el BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology).
- BIM 7D. Aplicación para la gestión de las instalaciones. La base de datos debe ser ampliada con información detallada de cada uno de los elementos que integran la construcción: la estructura, acabados (por ejemplo, la tipología de suelos), y todo el equipamiento (lámparas, calefactores, etc.). La información relevante es el tipo de elementos, sus especificaciones, el periodo de mantenimiento o reemplazo, el periodo de garantía, el tiempo de utilización. Esto permitirá definir el mantenimiento óptimo de la construcción, y cuando ocurra un fallo, este podrá ser localizado y reparado rápidamente.



2. La detección de colisiones

La detección de colisiones es la esencia de la coordinación interdisciplinar en el diseño tradicional, donde las colisiones se identifican con la ayuda de los diseños superpuestos en formato papel con el objetivo de encontrar visualmente todas las interferencias. Los sistemas CAD 2D emplean una perspectiva similar ya que las diferentes capas en distintos colores se comparan visualmente en la pantalla del ordenador. El siguiente paso, los modelos CAD 3D hacen más sencilla la detección de colisiones. Sin embargo, hay una diferencia importante entre CAD 3D y BIM 3D. La detección de colisiones en BIM está basada en algoritmos desarrollados por la industria de los videojuegos y los gráficos por ordenador. Los algoritmos de detección de colisiones en BIM son mucho más exactos que rápidos. Por tanto, los sistemas BIM hacen uso de las técnicas de los gráficos por ordenador tanto para establecer buenos estándares como para la práctica ingenieril.

La detección de colisiones con BIM se divide en 3 categorías:

- Colisiones fuertes: dos elementos que se encuentran en el mismo espacio.
- Colisiones ligeras: espacio libre o vacío necesario para el ensamble de las instalaciones.
- Colisiones tecnológicas: comprobación de que la secuencia de montaje y de entrega va según lo planificado; comprobación de que el número de trabajadores y el tiempo es el necesario para completar la fase de construcción.

En general, la identificación de colisiones se considera como una de las grandes ventajas del modelado de información de la construcción ya que permite el ahorro de costes significativos tanto durante el proceso de diseño como durante la fase de construcción.

3. El análisis de los diseños conceptuales

El modelado BIM es una herramienta que cambia radicalmente la fase conceptual que envuelve la fase del diseño. El análisis del diseño conceptual y los borradores empleados para decidir el diseño estructural más adecuado que combine las ideas de los arquitectos suponen malgasto de tiempo y el incremento de los costes cuando se realiza empleando los métodos tradicionales. Cada concepto debe ser examinado y calculado manualmente utilizando métodos simplificados. Con los programas CAD es más fácil llegar a conclusiones pero, aún así, los ingenieros deben diseñar un modelo estructural por separado para cada uno de los conceptos arquitectónicos del diseño para poder llevar a cabo los cálculos estáticos y un análisis más detallado.

El modelado BIM 3D facilita la colaboración entre arquitectos e ingenieros estructurales. En la actualidad, el modelo 3D elaborado por el arquitecto puede ser convertido de forma fácil y rápida en un modelo analítico que el constructor puede utilizar en su análisis estructural. En unos simples pasos el ingeniero estructural puede obtener las fuerzas y cargas que actúan sobre la construcción y así proceder a la codificación de los elementos de una forma más detallada. Es más, el arquitecto puede comprobar fácilmente el coste de cada uno de los elementos conceptuales del diseño que ya han sido aprobados por el ingeniero.

CICLO DE VIDA DE LA EDIFICACIÓN.

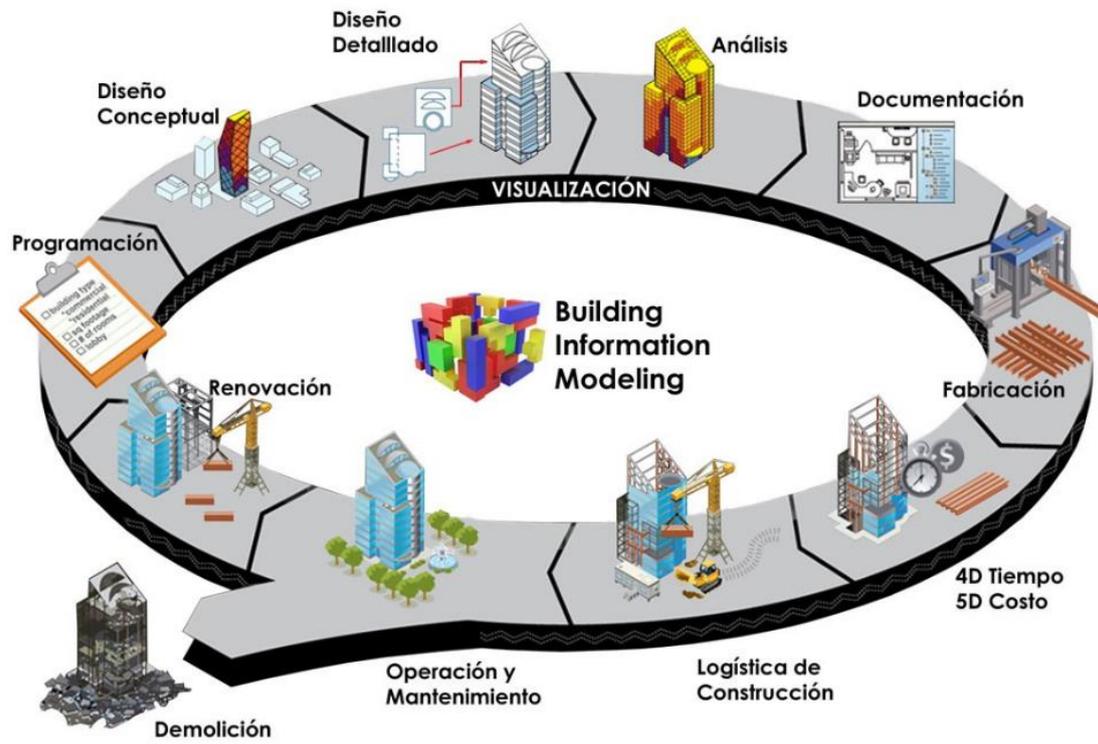


Imagen 2. Ciclo de vida de la edificación con BIM. Fuente: BIM – UPV (2016)

2.1.1.4. LA TECNOLOGÍA BIM

La tecnología BIM está conformada por los diferentes “softwares” empleados para el desarrollo de los proyectos de metodología BIM. Debido al creciente interés en BIM existe una gran variedad de productos desarrollados para satisfacer la demanda de las empresas pertenecientes al mundo de la construcción. A continuación, se enumeran algunas de las herramientas BIM más conocidas y empleadas en la actualidad, y que se encuentran entre los “softwares” BIM certificados por BuildingSmart (2016):

- Revit®, de la empresa Autodesk®
- ArchiCAD®, de la compañía Graphisoft® (perteneciente a Nemetschek®)
- Allplan® de la compañía Nemetschek®
- Digital Project® de Digital Project, Inc
- AECOSim Building Designer® de Bentley®
- Vectorworks® de Nemetschek®
- Tekla Structures® de Tekla®
- RIB iTWO 5D® de RIB®
- ARCHline.XP® de Cadline Ltd.
- 4M IDEA® de 4M®
- Envisioneer Construction Suite® de Cadsoft®
- Constructivity One® de Constructivity™

2.1.2. LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM

La industria de la construcción está aceptando y asimilando progresivamente la introducción de las nuevas tecnologías. En esta nueva etapa tecnológica del sector de la construcción, BIM es la metodología que comienza a popularizarse y a extenderse ya que en ella se integra una nueva forma de entender la construcción, donde se unen las nuevas tecnologías con la metodología que abarca todo el ciclo de vida de un proyecto, desde el diseño, construcción hasta la fase de explotación. En los últimos años, se está produciendo la implementación de BIM en las empresas constructoras, sin embargo, este cambio supone no sólo el cambio de las herramientas empleadas hasta ahora, sino que también supone la adopción de nuevos procesos en el trabajo. Diez años atrás la tecnología y la calidad de las herramientas BIM estaban entre las problemáticas para la implementación de esta metodología. En la actualidad, estos factores ya no suponen una barrera para BIM, sino que ahora la problemática se encuentra en la implementación eficiente y con éxito en la empresa, es decir, la adopción de BIM entre los trabajadores, a nivel individual y a nivel de equipo para llevar a cabo con éxito el proyecto de construcción. Citando a Epstein (2012), “cuando se produce la estandarización, el uso vigente aparece, y se consigue la colaboración”. Por tanto, la pregunta a resolver en la actualidad en relación a la implementación de BIM es “¿Cómo se debería hacer?”, en vez de “¿Es posible hacerlo?”.

En el presente Trabajo de Fin de Máster se trata de encontrar los factores asociados al comportamiento colaborativo y que tienen influencia sobre el éxito de la implementación de BIM en los proyectos de construcción.



2.1.3. LA COLABORACIÓN EN BIM

Los proyectos de construcción necesitan de las asociaciones inter-organizacionales, y para asegurar el éxito inter-organizacional a lo largo del desarrollo de un proyecto, la confianza entre los diferentes agentes del proyecto se ha reconocido como un factor clave para el éxito. Esta afirmación está respaldada por Maurer (2010) en su artículo “Cómo construir relaciones de confianza en los proyectos inter-organizacionales: el impacto que ejerce sobre los empleados y los beneficios en el proyecto el desarrollo de la confianza, la adquisición de conocimientos y la innovación del producto”.

Debido a la naturaleza del trabajo en estos proyectos inter-organizacionales existe la necesidad reconocida de generar una mejor integración, cooperación y coordinación en los equipos de trabajo del proyecto (Cicmil y Marshal, 2005). Con la aparición de BIM, se pasa de las prácticas para la compartición de documentos (planos, presupuestos, etc.) a la compartición de información a nivel objeto o elemento (el modelado de información de la construcción). Es decir, con BIM se asegura la integración de todos los elementos que componen el proyecto y se cambia el paradigma de los documentos separados al paradigma con una base de datos integrada.

El aumento del interés despertado por BIM ayuda a estimular la gestión de los mismos a través de sistemas como el IPD (“Integrated Project Delivery”), con lo que se incrementa la necesidad de una colaboración más cercana y una comunicación más efectiva (Eastman et al., 2011). Por lo tanto, cuando la gente colabora en un proyecto, se hace necesario la comunicación de las características específicas y particulares de un proyecto entre los diferentes agentes involucrados a través de una documentación contenida en una base de datos integrada (Lee, 2008).

Tradicionalmente, se ha producido este intercambio de información empleando el formato papel, pero BIM recoge esta documentación en papel y la coloca en un sistema virtual que permite superar los niveles de eficiencia, comunicación y colaboración existentes con los procesos tradicionales, según explica Lee (2008).

En los últimos años de desarrollo del BIM se han multiplicado las teorías como la defendida por Grilo y Jardim-Goncalves (2010), donde apuntan que la coordinación de los sistemas complejos existentes en un proyecto pueda ser el uso más popular de BIM en este momento. Esto es debido a que BIM es considerado como el sistema ideal para desarrollar las técnicas o comportamientos colaborativos y el compromiso para seguir los protocolos entre los miembros del equipo de trabajo. Lo que es más, Olatunji (2011) añade que BIM también está ligado al desarrollo de la metodología Lean empleada para la gestión de proyectos, donde la unión entre colaboración y la compartición de información puede contribuir a los objetivos marcados por la gestión Lean, que trata de lograr la reducción de los elementos que provocan pérdidas por ser considerados de valor no añadido.

En definitiva, la metodología BIM va íntimamente ligada al comportamiento colaborativo, pues la metodología BIM se entiende como un sistema colaborativo. (Erdogan et al., 2008). Por lo que, para conseguir el éxito de la implementación de BIM es necesario detectar y analizar los diferentes factores asociados al éxito de la colaboración, además de las barreras que perjudican el establecimiento de la misma.



2.1.3.1. TEORÍAS SOBRE LA COLABORACIÓN

En este apartado se agrupan las diferentes teorías sobre los sistemas colaborativos para tratar de entender las ambigüedades y complejidades existentes en la colaboración. Las teorías se agrupan en dos grandes grupos: teorías sociales/ organizacionales, y las teorías económicas (Doherty, 2015).

Teorías Sociales y Organizacionales

1. Teoría de la Administración Pública (Gestión Pública)

La colaboración dentro de este contexto teórico tiene su fundamento en el sistema político americano donde los valores como igualdad y participación son pilares para la democracia, además de que el federalismo americano se establece como un modelo colaborativo a desde tiempos inmemoriales (Thomson y Perry 2006).

2. Teoría de la Red Social/Teoría del Contrato Social

La teoría de la Red Social estudia cómo los individuos o grupos interactúan unos con otros dentro de su red. Desde el punto de vista de la colaboración, las redes sociales son una colección de jugadores autónomos (personas u organizaciones) que cooperan según las bases de un contrato implícito e indefinido (Faulkner y De Rond, 2000).

3. Teoría Institucional

La teoría Institucional examina los procesos estableciendo la estructura, las reglas y normas de una institución o red institucional. Más específicamente, evalúa los procesos que las organizaciones toman para crear, adaptar y denegar las directrices del comportamiento social. En términos de la colaboración, esta teoría observa las interacciones dentro del ambiente institucional y si ciertas alianzas lo influyen. Esta es una teoría que complementa la teoría de la Red Social, donde aquí el foco se encuentra en el proceso y no tanto en las relaciones o interacciones (Guo y Acar, 2005).

4. Teoría del Aprendizaje Organizacional

Esta teoría reconoce que las organizaciones que continuamente están estudiando sus procesos les permite una mejor adaptabilidad, entre todas las mejoras organizacionales y entre otros beneficios. En esta teoría se analiza la habilidad de las organizaciones para mejorar el rendimiento a través del descubrimiento, entendimiento, y utilización de nuevo conocimiento. En relación a la colaboración, dicha teoría distingue entre un aprendizaje cooperativo (aprender con la otra parte colaboradora) y el aprendizaje competitivo (el aprendizaje a través de la otra parte colaboradora) (Child y Faulkner, 1998).

5. Teoría de la Actuación de las Corporaciones Sociales

En esta teoría se estudia las compañías que eligen integrar los impactos sociales y del entorno en sus operaciones diarias. Los fundamentos de la teoría enfatiza las obligaciones de la organización hacia la sociedad además de para sus agentes involucrados. En términos colaborativos, esta teoría entiende las alianzas como los medios para equilibrar los intereses de los órganos participativos de una corporación y aquellos de mayor entorno. Por tanto, requiere de las compañías para evaluar todos los efectos de sus acciones (Castelo y Lima, 2007).



6. Teoría de la Dependencia de Recursos

En esta teoría se examinan los efectos que produce la necesidad de recursos en el comportamiento de las organizaciones. En este contexto, los objetivos de la organización no son únicamente la necesidad de acceso a los recursos, sino también hacerlo de forma que proteja los comunes y asegure la sostenibilidad a largo plazo. En el aspecto colaborativo, el acceso a dichos recursos puede venir con la formación de alianzas estratégicas (Gray y Wood, 1991).

Teorías Económicas

1. Teoría del Poder del Mercado

La visión de la colaboración en esta teoría se conoce como los medios para que las empresas aumenten su poder de mercado o su habilidad para incrementar y mantener el precio por encima del nivel que pueda prevalecer por debajo de sus competidores. Por tanto, el objetivo de las empresas dentro de este contexto teórico es el de mantener o aumentar su poder de mercado, y lo conseguirán a través de un posicionamiento colaborativo estratégico (The Organization for Economic Co-operation and Development, 2002).

2. Teoría del Coste de Transacción

En esta teoría la colaboración se entiende como un medio para reducir costes. Aquí las empresas son entidades organizacionales que supervisan intercambios o transacciones entre partes. Las empresas se centran en la eficiencia e inician la colaboración si hay una estrategia potencial para la reducción de costes. Por ello, la colaboración puede ser de diferentes maneras en este sistema, que puede ir desde un simple intercambio hasta para la formación de una unión de empresas temporal, donde las dos partes colaborativas deben tener beneficio y ser conocedoras de su dependencia mutua para que sea una colaboración exitosa (Faulkner y De Rond, 2000).

3. Teoría de la Perspectiva Basada en el Recurso

Esta teoría se centra en lograr la sostenibilidad a largo plazo, es decir, las empresas tienen como objetivo el conseguir una ventaja competitiva y sostenible sobre el resto de empresas y a largo plazo, por lo que la colaboración se manifiesta como alianzas estratégicas con un comportamiento competitivo intrínseco, para ampliar su base de recursos (Faulkner y De Rond, 2000).

4. Teoría de la Autoridad

La teoría de la Autoridad desde la perspectiva de la colaboración tiene como objetivo el mejorar la relación entre el director y los empleados en una empresa. Aquí el factor necesario para el éxito es el crear unos incentivos comunes a través de los intereses comunes que quedan establecidos en el contrato (Faulkner y De Rond, 2000).



5. Teoría del Juego

Teoría empleada en las ciencias políticas, económicas y en las disciplinas psicológicas, entre otras, analiza las interacciones entre los individuos con intereses interdependientes. Una de las aplicaciones o “juegos” más conocidos es el del “Dilema del Prisionero”, donde a dos partes se les da la opción de cooperar con el otro o no, pero estos no son capaces de comunicarse y no tienen conocimiento de qué hará la otra parte. Este “juego” como otros similares, potencian las ganancias basadas en los objetivos individuales según las circunstancias establecidas. Para obtener una colaboración exitosa en esta teoría, es esencial que las dos partes se den cuenta de los intereses comunes y de la influencia que tiene su decisión sobre la otra parte. En definitiva, en este contexto la interacción repetida construye la confianza y las normas entre las partes (Faulkner y De Rond, 2000).

6. Teoría de las Opciones Reales

Desde una visión colaborativa, esta teoría busca la diversificación del riesgo, es decir, se busca las relaciones complementarias y el desarrollo de nuevas capacidades a través de redes o conexiones con el establecimiento de interdependencias (Faulkner y De Rond, 2000).

Como conclusión, tras el estudio de las diferentes teorías sobre la colaboración presentadas en este apartado, se puede observar que existen numerosas perspectivas desde las que se estudian los factores que intervienen en los múltiples sistemas colaborativos que se pueden llegar a establecer entre diferentes partes, ya sean empresas, organizaciones o individuos. En el apartado 2.1.3.2. *Factores, Barreras y Beneficios de la Colaboración*, se presentan los factores, barreras y beneficios que se han encontrado más destacables de entre todas las teorías sobre sistemas colaborativos.

2.1.3.2. FACTORES, BARRERAS Y BENEFICIOS DE LA COLABORACIÓN

Se resumen a continuación los factores más significativos asociados al éxito y las barreras para la colaboración, incluyendo los beneficios que presenta, obtenidos en el estudio sobre los factores del éxito de la colaboración realizado por Doherty (2015) y que sintetiza en su publicación “Los factores del éxito de la colaboración” basado en el estudio y comparación de las diferentes teorías sobre los sistemas colaborativos existentes y que se han presentado en el apartado 2.1.3.1. *Teorías sobre la Colaboración*.

Factores en la Colaboración

Los factores que están relacionados con el éxito de la colaboración son muy diversos y a continuación se resumen los considerados como más relevantes y que, como ya se ha mencionado, han sido extraídos de la investigación realizada por Doherty (2015):

1. Identificación de los intereses comunes: es de gran importancia para las partes implicadas en la colaboración de que se produzca el reconocimiento de los intereses comunes y el expresar la necesidad existente para el establecimiento de la colaboración. El que todas las partes implicadas entiendan el valor de la colaboración y que se comprometan a seguir el proceso, será decisivo para que la alianza tenga éxito.
2. Percepción de la interdependencia: es otro factor fundamental que permite identificar la complementariedad de recursos, habilidades requeridas o del sistema compartido.



3. Evitar el desequilibrio de poderes: se debe promover en el grupo la igualdad, neutralidad y el sentimiento de pertenencia al grupo para lograr una colaboración efectiva.
4. Disposición a compartir información y recursos: se debe rebajar el nivel de autonomía para poder lograr una visión basada en los recursos, conocer la dependencia de recursos y a la vez, establecer aprendizaje organizacional.
5. Expectativas, acuerdos y roles claros y documentados: son necesarios para establecer un proceso claro en los sistemas colaborativos ya que ayudan a unificar compromisos y responsabilidades.
6. Mecanismos de evaluación y críticas: para que el sistema colaborativo se mantenga fluido y adaptable a una nueva estructura o sistema de trabajo.
7. Resolución efectiva de conflictos: el afrontar los conflictos de forma efectiva, ayuda a construir normas y desarrollar relaciones más positivas a lo largo del tiempo.
8. Comunicación abierta y repetitiva: con ello se consigue que las diferentes partes implicadas ganen confianza.

Estos factores han sido obtenidos tras realizar el estudio de la literatura existente en relación a las diferentes teorías que rigen los sistemas colaborativos desde una perspectiva sociológica.

Barreras en la Colaboración

Las barreras detectadas por Doherty (2015) en su estudio y que perjudican la consecución del éxito de la colaboración se presentan a continuación:

1. Vulnerabilidad a los cambios externos.
2. Comportamientos oportunistas.
3. Complejidad de los intercambios o costes elevados de las transacciones.
4. Diferencias entre el riesgo, percepción del riesgo y la aversión al riesgo.
5. Asimetría entre los costes y beneficios.
6. Amenaza al control por motivos culturales/organizacionales.
7. Pertenencia inconsistente en el grupo.

Todas estas barreras provocan la ruptura de la colaboración, ya que hacen que esta se vuelva inestable y que se pierda la confianza en el sistema de alianzas. Algunas de ellas se relacionan con factores externos, como son la complejidad de los intercambios o costes elevados de las transacciones o la amenaza al control por motivos culturales/organizacionales. Otras de las barreras se deben a las entidades individuales, es decir, a las personas como individuos, como por ejemplo la actitud individualista en comportamientos oportunistas o la pertenencia inconsistente en el grupo.



Beneficios de la Colaboración

Los beneficios encontrados en las diferentes teorías analizadas en el estudio de Doherty (2015) son:

1. Encontrar soluciones que suponen el beneficio común de todos los participantes.
2. Mejora de la toma de decisiones.
3. Mejora de la solución de problemas
4. Aumento de la habilidad para la resolución y prevención de conflictos entre los participantes.
5. Aumento del deseo de colaborar entre los participantes.
6. Aumento de la interacción entre los participantes.
7. Aumento del “capital social” (aumento de la reputación, relaciones, habilidades colaborativas).
8. Aumento de la interdependencia entre los participantes.
9. Aumento de la confianza entre los participantes.
10. Expansión de los recursos base, como son la información, las opciones de resolución de problemas, conocimientos, etc.
11. Ampliación de la información y de la perspectiva sobre sistema.
12. Aumento de las oportunidades para la eficiencia.
13. Disminución del riesgo individual.
14. Aumento del riesgo compartido entre los participantes.
15. Aumento de la habilidad para manejar la incertidumbre.
16. Aumento de la habilidad para la adaptación a los cambios de entorno.

En resumen, todas las teorías colaborativas coinciden en que los beneficios compartidos son el resultado principal y deseado de la colaboración. Dependerá del sistema en el que se realice el análisis de la colaboración, (sistema social/organizacional o sistema económico), para definir de forma más exacta las características y los factores que afectarán positiva o negativamente al comportamiento colaborativo.

2.1.4. LA PERSPECTIVA SOCIOTÉCNICA DE BIM

En este Trabajo de Fin de Máster, la relación entre la metodología BIM y la colaboración o el comportamiento colaborativo se estudia bajo el paradigma de que BIM es considerado un sistema sociotécnico, es decir, es la combinación entre la tecnología desarrollada por el hombre y las consecuencias sociales e institucionales de su implementación en la sociedad. Para realizar un símil, esto es lo mismo que ocurre con las líneas telefónicas, pues éstas no son únicamente un conjunto de cables, sino que lleva asociado comportamientos, normas sociales y relaciones culturales entre instituciones. Dicha perspectiva sociotécnica para analizar la implementación de BIM es la que defiende Enoch Sackey (2014) o Dossick y Neff (2013), entre otros.

Introducción al Sistema Sociotécnico

En su origen, el término de sistema sociotécnico o STS fue creado para describir los sistemas que establecen la compleja interacción entre humanos, máquinas y los aspectos del entorno del sistema de trabajo (Trist y Bamforth, 1951).

Décadas después, Bostrom et al. (2009), resumen las características principales de la teoría de la sociotécnica estableciendo dos suposiciones:

1ª. En cualquier organización en la que sea requerido ejecutar actividades, el resultado deseado es conseguido tanto a través de las acciones de los sistemas sociales como de los sistemas técnicos.

2ª. El sistema sociotécnico (STS) se encuentra embebido en un entorno que está influenciado por sus valores y por las prácticas aceptadas por la mayoría.

Es el entorno el que permite ciertos roles para las organizaciones, gente y los artefactos técnicos. Es el análisis STS el que provee de las bases para determinar los límites adecuados para estos elementos del entorno y para su unión de forma óptima.

Para comprender el sistema de trabajo, se debe comprender las fuerzas que actúan en el entorno. Por una parte, se encuentran los componentes técnicos, que son los que comprenden las herramientas o la tecnología específica que se emplea para llevar a cabo las tareas. Por otra parte, está el componente social, que incluye a las personas (usuarios, usuarios-finales, etc.) y a las organizaciones (grupos, equipos, empresas, sociedades, etc.).

En definitiva, mientras que el análisis convencional se centraba únicamente en la tecnología (por ejemplo, las diferentes funcionalidades de la herramienta), el análisis STS se centra en cómo la tecnología puede ser incorporada en el sistema de trabajo. Este tipo de análisis se basa en la observación ya que la implementación con éxito de una tecnología requiere de la comprensión exhaustiva del contexto organizacional, como es la estructura de la organización, el trabajo y los trabajadores.



Los Análisis Sociotécnicos

Desde la aparición de la primera teoría clásica de STS hasta la visión actual del STS, han surgido un gran número de teorías que han desarrollado y ampliado el concepto de STS. Es por ello que existen múltiples teorías que desarrollan modelos para realizar el diseño y el análisis sociotécnico. Las teorías más conocidas son las siguientes:

- Teoría de la Red de Actor - Actor Network Theory (ANT) (Callon, 1986; Law y Hassard, 1999)
- Construcción Social de Tecnología - Social Construction of Technology (SCOT) (Pinch y Bijker, 1984);
- Marco Cognitivo Distribuida - Distributed Cognitive Framework (DCF) (Zhang y Norman, 1994; Hutchins, 1995);
- Marco de la Teoría de la Actividad - Activity Theory Framework (ATF) (Kuuti, 1996; Engeström, 1999);
- Ingeniería de los Sistemas Cognitivos - Cognitive Systems Engineering (CSE) (Rasmussen et al., 1987);
- Modelo de los Sistemas de Leavitt - Leavitt's Systems Model (LSM) (Leavitt, 1964; Lyytinen y Newman, 2008);
- Modelo de Sistema de Trabajo - Work System Model (WSM) (Alter, 2006);
- Metodología de Sistema Fácil - Soft System Methodology (SSM) (Checkland, 1984; Checkland y Scholes, 1990);
- Electores Sociotécnicos - Sociotechnical Constituency (STC) (Molina, 1998; Molina y Kinder, 1999).

Los principios básicos incluidos en estas teorías STS tienen como objetivo el proporcionar una serie de directrices que pueden ser usadas para realizar un análisis STS en contextos específicos para obtener conclusiones sobre aspectos abstractos, como son los aspectos organizacionales y sociales dentro del sistema estudiado.

BIM y la Sociotécnica

La perspectiva sociotécnica del proceso que comprende la implementación de BIM combina los dos paradigmas: el técnico y el social. El término *socio* tiene la raíz del latín *sodus* y su significado original es el de asociar o acompañar, y ahora está unido al mundo social o la sociedad (Random House, 1967). Como se puede deducir, la palabra sociotécnico está conformada por estas dos raíces que provienen de los dos paradigmas social y tecnológico y con ello se trata de analizar cómo la tecnología es implementada en la sociedad.

De hecho, las ideas de sociedad y empresa quedan fuertemente ligadas a la palabra agente o actores en una organización, esto es entendido como los diferentes actores involucrados en un sistema como es el Sistema de Información o en la planificación de un proceso en dicho sistema, y que deben estar acompañados en esa misma sociedad u organización. Dicha perspectiva sociotécnica es la apoyada por el pensamiento denominado interaccionista, compartida por autores como Cornford (2003), Mumford (2006) o Walsham (1993). que defienden que la implementación de innovaciones tecnológicas en la sociedad implica más que combinar herramientas y procedimientos organizacionales. Walsham (1993) expone que la implementación de innovaciones, en esencia, abarca todos los aspectos humanos y sociales de la organización siendo relevantes para completar dicha introducción del producto innovador en la organización.



En los últimos años, el sector de la construcción está experimentando cambios en su sistema de trabajo debido a la introducción de la tecnología con la implementación de la metodología BIM, donde se proponen soluciones tecnológicas al sistema tradicional de trabajo en la construcción. Este fenómeno BIM está suponiendo la revolución de las prácticas en el trabajo de la construcción, lo que significa tanto un reto como una oportunidad para alcanzar los objetivos del proyecto (Elmualim y Gilder, 2014). Sin olvidar todas las ventajas que puede aportar BIM en un proyecto, es importante señalar que existen grandes retos a afrontar en todas las disciplinas que se encuentran en las organizaciones, es decir, las personas que conforman la empresa de construcción y que deberán prepararse para introducir y adoptar el concepto BIM (Sackey, 2014). Y, para que dichas organizaciones puedan disfrutar de todos los beneficios de dicha tecnología, deberán realizar los cambios y ajustes necesarios en sus estructuras, estrategias y procesos, tal y como apunta Weston (2001). Además, autores como Eastman et al. (2011) y Suerman (2009) sostienen que las organizaciones tienen que cambiar sus procesos para adaptarse a este nuevo nivel de desarrollo. En definitiva, se puede afirmar que las organizaciones en el sector de la construcción que deseen implementar y adoptar BIM deben ser capaces de desarrollar estrategias que sean compatibles con las soluciones tecnológicas que están en constante cambio (Sackey, 2014). Por tanto, el problema principal es cómo enmarcar el proceso de implementación de BIM junto con la solución tecnológica que ofrece y los factores contextuales que influyen en la utilización de la tecnología.

Por otra parte, el sector de la construcción o también conocido como AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción, del inglés "Architecture, Engineering and Construction), es una industria altamente colaborativa y que requiere de cooperación entre los distintos grupos de interés, sin embargo, no ha sido capaz de establecer las reglas básicas o pautas con el que guiar la utilización de la herramienta a través de un modelo estándar. Este gran vacío que existe entre la capacidad de madurez de BIM y las realidades de su implementación suponen el gran desafío, y que lleva sin ser conseguido desde sus inicios a finales de los años 90 hasta la actualidad. Además, estudios recientes, como el National BIM Report (2012), donde se hizo un seguimiento de la actitud de las personas sobre el uso de BIM, reveló que alrededor del 90 % de los usuarios que están implementando BIM solicitan un ajuste significativo en las prácticas actuales de la industria. Es por esto que existe la necesidad de examinar los diferentes enfoques conceptuales para el análisis de la implementación de BIM, y que estén basados en un conjunto de suposiciones distinto al actualmente empleado por el análisis convencional realizado en la implementación IT, que se centra en el estudio del sistema de fallos donde se asume que el contexto de trabajo es estable y rutinario (Creanor y Walker, 2011), asunción incorrecta en este nuevo paradigma donde el contexto de uso cobra cada vez mayor importancia (Ewenstein y Whyte, 2009).

En definitiva, se considera el análisis de los sistemas sociotécnicos como el más idóneo para examinar la tecnología BIM, el contexto social en el que se enmarca y otros factores del entorno que están asociados a la implementación de BIM.



2.2. LA SIMULACIÓN DE LA REALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Para el presente Trabajo de Fin de Máster se ha realizado el estudio del comportamiento colaborativo a través de la simulación en aula de la implementación de la metodología BIM en un proyecto de construcción. Para este estudio de simulación en el aula se ha tomado como referencia el artículo “Simulando la colaboración en el mundo real a través de proyectos de estudiantes interdisciplinarios realizados con BIM” de Boeykens et al. (2013). El estudio tuvo lugar en la universidad KU Leuven, en Bélgica, a un grupo de estudiantes universitarios de diferentes disciplinas que participaron en un proyecto desarrollado con metodología BIM y donde se estudió la colaboración generada entre los miembros de cada equipo. La investigación se apoya en proyectos educativos de investigación realizados previamente, donde concluyen que la gestión de la comunicación y la información representa un problema para los estudiantes cuando participan en equipos de trabajo, y siendo esta competencia de trabajo en equipo una característica fundamental y exigida en el futuro profesional en la industria de la construcción. Es por ello que se incluye en la formación de los estudiantes la participación en el denominado COM.BI Project, donde deberán aprender a gestionar la información del proyecto empleando los modelos de información digital, es decir, usando BIM; experimentarán las oportunidades que presenta la gestión de la comunicación y la información; comprenderán la sinergia en los equipos de construcción y sus roles en el mismo con la simulación de las acciones a realizar dependiendo de las disciplinas a las que pertenecen. En definitiva, los estudiantes deberán realizar las tareas asignadas para el desarrollo del proyecto empleando el trabajo en equipo. Para el desarrollo del proyecto, se establecen unas directrices donde: se definen las herramientas y datos BIM, se les proporciona la descripción del proceso IDM sobre el flujo de la información (qué información, con quién y cuándo compartirla), y se les agrupa en los equipos de trabajo según las funciones a realizar en el proyecto. Como resultado, del estudio se han obtenido: por una parte, los datos que han ayudado a elaborar un listado de directrices que ayudan a mejorar el proceso de la colaboración en futuros proyectos con BIM. Por otra parte, ha sido una experiencia vivida por los estudiantes de diferentes disciplinas donde han aprendido los beneficios y las dificultades que existen en el proceso colaborativo que surge del trabajo en equipo y esto les prepara para enfrentarse a la situación real que experimentarán en su futuro laboral.

En el caso de nuestro estudio, se ha realizado la simulación de colaboración durante la implementación de BIM en un proyecto de construcción. Se han establecido ciertos condicionantes similares al estudio de la universidad KU Leuven, como es: desarrollo de un proyecto interdisciplinar, donde se agrupan estudiantes de diferentes especialidades (ingeniería civil, arquitectura, informática, ingeniería de la construcción), se proporciona las herramientas y los datos BIM del proyecto, pero, como diferencia, se les proporciona los conocimientos sobre la metodología BIM, a través de las clases teóricas, y existe apoyo guiado a lo largo del proceso. Es decir, los alumnos no reciben las directrices sobre el comportamiento colaborativo y el flujo de información o trabajo a realizar. En el presente estudio se les otorga la libertad de organizarse y establecer sus roles por lo que será el propio equipo de trabajo quien lo determine. Y, como resultado, del comportamiento colaborativo que sean capaces de establecer dependerá el éxito o el fracaso para el desarrollo del proyecto, y por ende, de la implementación de BIM.

2.3. ESTADO DEL ARTE

La introducción de las tecnologías de la información y la comunicación (ICT) está suponiendo una gran revolución en el tradicional sector de la construcción (Succar, 2009). De esta revolución tecnológica tiene gran culpa BIM, pues es la metodología creada para dar solución a los problemas de gran complejidad de diseño y gestión que presentan los proyectos de construcción actuales (Chan et al., 2004). BIM además se está beneficiando de la rápida evolución y desarrollo de las ICT (Taxén y Lilliesköld, 2008).

Siendo conscientes de las ventajas que aporta la implementación de BIM en los proyectos, numerosos países han decidido apostar fuertemente por la introducción de esta metodología. Países de Norte América (Estados Unidos o Canadá) y países de regiones escandinavas (Noruega, Finlandia o Dinamarca), son los que se sitúan a la cabecera tanto por la impulsión del desarrollo como por la implementación de BIM en el sector (Smith, 2014a). En dichos países se están llevando a cabo grandes inversiones por parte del gobierno para motivar el uso de BIM, no sólo por la generación de normativa gubernamental para la ejecución de proyectos públicos empleando BIM, sino porque además están promoviendo proyectos de investigación, redactando directrices en manuales y guías BIM y estableciendo formatos como el IFC para el intercambio de información (BuildingSmart, 2012).

En el caso del sector de la construcción en España, están viendo el apoyo del gobierno hacia BIM, y cada vez más empresas en el sector privado están comenzando a valorar los beneficios que aporta la metodología, por lo que ha comenzado a notarse la influencia de la corriente BIM, especialmente en casos de proyectos complejos y de alto valor añadido (Instituto Tecnológico del Cantábrico - ITC, 2015).

De hecho, una de las iniciativas por parte del gobierno de España es “Es.BIM”, un grupo abierto a todos los agentes implicados en la implementación de BIM, es decir, administraciones, ingenierías, constructoras, universidades, profesionales, etc., y que tiene la misión de implantar BIM en España. El grupo “Es.BIM” se caracteriza por ser multidisciplinar, organizado por temáticas y en el que un “chairman” es el que ejerce de dinamizador en los trabajos. Se organiza a través de la Comisión BIM que está formada por diferentes agentes y organizaciones pertenecientes al sector tanto público como privado, y que tiene como objetivos: impulsar un mandato que acelere los objetivos de implantación, definir la estrategia de implantación: plan de acción y hoja de ruta, fortalecer la capacidad del sector público en la aplicación BIM, y fomentar la interoperabilidad entre herramientas como garante del libre acceso a la tecnología (Ministerio de Fomento, 2016).

Sin embargo, y a pesar del gran potencial que presenta BIM para la mejora de colaboración entre las partes implicadas, la reducción del tiempo para la generación de documentación del proyecto, entre otros beneficios (Bryde et al., 2013), se ha detectado dificultades en la implementación exitosa de BIM. Es por ello que en los últimos años se han llevado a cabo numerosos estudios para analizar la brecha que existe entre la industria de la construcción y la introducción de las tecnologías de la información y comunicación (ICT), pues esto es un problema que está afectando al rendimiento de todo el proceso y se está tratando de diagnosticar las raíces de estas dificultades (Rezgui et al., 2013). De los estudios que se pueden encontrar, Mutai (2009) asocia el éxito de BIM a las aptitudes y capacitaciones BIM que demuestre el equipo de proyecto. Este conjunto de aptitudes BIM queda



determinado por la colaboración, entre otras. Azhar (2011) indica que la colaboración que se genera entre las diferentes disciplinas y usuarios es esencial para el éxito de la implementación BIM. Es entonces cuando surge la necesidad de estudiar más detalladamente el comportamiento colaborativo en la implementación de BIM.

Se ha realizado a lo largo de este apartado un estudio minucioso de la amplia bibliografía encontrada sobre BIM, su implementación y el comportamiento colaborativo en el contexto BIM, para así obtener los factores más significativos en el comportamiento colaborativo durante la implementación de BIM en proyectos de construcción.



2.3.1. LA EVOLUCIÓN DE BIM

Los proyectos de construcción están convirtiéndose mucho más complicados y complejos de gestionar (Chan et al., 2004). Una de las causas de la complejidad de los proyectos es la interdependencia recíproca existente entre las diferentes partes interesadas, como son los órganos financieros, autoridades, arquitectos, ingenieros, abogados, contratistas, subcontratistas, proveedores y comerciales (Clough et al., 2008). Es entonces, y como respuesta al aumento de la complejidad en los proyectos, que se ha producido una gran y rápida evolución y desarrollo de las tecnologías de la información y de la comunicación (Taxén y Lilliesköld, 2008). De esta evolución y revolución en las tecnologías se ha beneficiado BIM (Succar, 2009).

Evolución de la Metodología BIM

A lo largo de la pasada década se ha percibido un gran cambio en la industria de la construcción gracias a los notorios avances experimentados en las tecnologías de la información y la comunicación (ICT) y que ha favorecido la proliferación de la metodología BIM, conocido en los círculos académicos y de la industria como el paradigma del Diseño Asistido por Ordenador (CAD), tal y como enuncia Succar (2009).

Tradicionalmente, el método principal para contener la información del diseño ha sido a través de dos dimensiones (2D) basado en dibujos en formato papel. A pesar de que estos son capaces de contener gran cantidad de información, requiere de un nivel de experiencia y de conocimiento técnico para interpretar la información. Además, la representación tridimensional (3D) presenta complejidades a la hora del tiempo requerido para asimilar la información, errores entre dibujos y posibles malentendidos entre las posibles interpretaciones (Collier y Fischer, 1995). Es decir, estas complejidades en la interpretación técnica del diseño suponen una gran dificultad para los no-profesionales, que requerirán del apoyo de profesionales (Fischer y Kam, 2002).

Por otra parte, una de las tareas más importantes en el proyecto es la planificación la secuencia de actividades requeridas para completar la construcción dentro del presupuesto, a tiempo y con las limitaciones de recursos. El método tradicional para la secuencia de actividades es el uso de los diagramas de barras Gantt, empleando el método del camino crítico (CPM) o los diagramas de redes (Dawood y Mallasi, 2006; Dawood et al., 2005; Chau et al., 2004; Koo y Fischer, 1998). Debido a la gran importancia de dicha planificación de los trabajos para las etapas de construcción y control, son habitualmente elaborados por los jefes de obra, que emplean únicamente los dibujos, especificaciones, documentos contractuales y la propia experiencia e intuición. De forma similar a los dibujos 2D, la planificación de las actividades es ineficiente debido a la cantidad de información contenida y el nivel profesional que se requiere para poder comprenderlos. Desde una perspectiva académica, Shah et al. (2008) dirigió un estudio para analizar las imprecisiones de las planificaciones, y en el que obtuvo que el 29 % de los proyectos sufrían retrasos debido a una planificación pobre. Además, la ineficiencia de las técnicas planificación tradicionales se deben también por no incluir información espacial o los requerimientos sobre los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades, lo que hace más difícil la detección de errores y colisiones (Dawood y Mallasi, 2006) (Dawood et al., 2005), (Chau et al., 2004) (Koo y Fischer, 1998).



Es aquí que con los avances experimentados en las tecnologías de la información y la comunicación (ICT) se evidencia el cambio drástico de la industria, que ha incrementado el poder y la rapidez permitiendo realizar diseño de proyectos y planificaciones de las actividades mucho más complejos y detallados. El uso de Diseños Asistidos por Ordenador (CAD) ha significado el mayor avance en la industria de la construcción (Long et al., 2009).

Desde hace tiempo, una gran cantidad de investigadores han reconocido las limitaciones que presenta el método tradicional y se han esforzado por probar que la introducción del uso de ICT supone una mejora en la eficiencia de las técnicas y, por tanto, de la industria.

En los últimos años, con el aumento de las tecnologías económicamente asequibles, se han desarrollado nuevos sistemas que mejoran la generación y compartición de información en el sector de la construcción (Kassem et al., 2012), y con éstos, se ha producido el impulso definitivo para la metodología BIM.

BIM es actualmente la denominación más común para la nueva forma de visionar el diseño, construcción y mantenimiento de las edificaciones. A sus múltiples definiciones, se añade la otorgada por Succar (2009): BIM es un “conjunto de políticas, procesos y tecnologías que interactúan generando una metodología para gestionar el diseño esencial de la construcción y la información del proyecto en un formato digital a través del ciclo de vida del mismo”. En esta definición se resalta la naturaleza holística de BIM, ya que incluye no solamente el “software” o herramienta informática que permite el modelado geométrico y la introducción de información, sino que también incluye la gestión del proyecto, con las herramientas y procesos asociados.

Por tanto, se percibe el potencial de uso en el sector de la construcción con la mejora la colaboración entre las partes implicadas, reduciendo así el tiempo necesario para la documentación del proyecto y, con ello, produciendo resultados beneficiosos para el proyecto (Bryde et al., 2013).

Evolución de las Tecnologías: las dimensiones de BIM

La evolución de la metodología BIM va íntimamente ligada a la rápida y continua evolución de las tecnologías de la información y la comunicación (ICT), tal y como se ha descrito en el apartado anterior. La evolución de la tecnología ICT ha permitido desarrollar diferentes subgrupos de BIM, que son comúnmente conocidos como “dimensiones” de BIM. Estas dimensiones dependen del contenido de la base de datos, y que tal y como establecen Eastman et al. (2011) y Karmeedan (2010), esta capacidad multidimensional de BIM como modelado „nD“ ya que tiene la capacidad de añadir casi un infinito número de dimensiones al Modelado de la Construcción.

Se presentan a continuación las definiciones y explicaciones de las diferentes dimensiones conocidas hasta la fecha y que van aumentando gracias a la evolución de la tecnología (Kameedan, 2010):



- BIM 3D. Contiene el modelo paramétrico y virtual 3D, hoy en día aceptado por los diseñadores como una extensión natural de los diseños 2D.
- BIM 4D. Es el proceso de planificación que une las actividades de construcción representadas en programaciones temporales (calendarios) con modelos 3D para desarrollar una simulación gráfica a tiempo real donde se presenta el progreso de la construcción frente al tiempo. Los participantes del proyecto pueden visualizar de forma efectiva, analizar y comunicar los problemas en los aspectos temporales, secuenciales y espaciales del progreso de la construcción. Como consecuencia, pueden ser generados programas mucho más sólidos, además de planos distribución de la obra y de logística para la mejora de la productividad.
- BIM 5D. Se añade la dimensión del coste para obtener la dimensión 5D del modelo, el cual permite la generación instantánea de los presupuestos con los costes y las representaciones financieras del modelo respecto al tiempo. Esto reduce el tiempo empleado para el cálculo de cantidades y estimaciones significativamente, ya que pasa de emplearse semanas a únicamente minutos, mejora la precisión de las estimaciones, minimiza los incidentes por disputas por ambigüedades en los datos CAD, y permite a los asesores de costes dedicar más tiempo en la mejora de precios y estimaciones.
- BIM 6D. La sexta dimensión permite extender BIM hasta la gestión de las instalaciones. El núcleo principal del modelo BIM es una descripción minuciosa de los elementos de la construcción y los servicios de ingeniería lo que provee una descripción integrada para la construcción. Esta función junto con la geometría, relaciones y las propiedades de los elementos sustentan la base para realizar un uso de dicha base de datos para la gestión de las instalaciones.
- BIM 7D. Los modelos 7D se generan cuando se incorpora la sostenibilidad de los componentes al modelo BIM, lo que permite a los diseñadores el conocer los objetivos de emisiones para ciertos elementos del proyecto y así validar las decisiones tomadas sobre el diseño para el cumplimiento de las restricciones de emisiones o para examinar y comparar las diferentes opciones.
- BIM 8D. Esta octava dimensión es la última desarrollada hasta la fecha y que incorpora los aspectos de seguridad tanto en la fase de diseño como en la de construcción.

En resumen, BIM es un concepto revolucionario que ha emergido con fuerza en los últimos años y que ha sido reconocido como el futuro de la industria AEC (Tether, 2011), pues la metodología BIM engloba el proceso para la generación y la gestión de la información de un proyecto a lo largo de todo el ciclo de vida del mismo (Burnes, 1996). Esto permite a los diseñadores predecir con mucha más facilidad el desarrollo de los proyectos antes de que se lleven a la construcción, realizar cambios en el diseño más rápidamente, optimizar los diseños con análisis, simulaciones y visualizaciones, además de producir una documentación de la construcción de mayor calidad. A través de la evolución de la tecnología, se espera alcanzar dimensiones de BIM que faciliten aún más el producir proyectos más exactos, hasta conseguir que la simulación del modelo virtual sea prácticamente equivalente al proyecto real a ejecutar en obra (Smith, 2014b).



2.3.2. LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

BIM es una metodología que se encuentra en pleno auge y expansión dentro del sector de la construcción. Sin embargo, el nivel de implementación varía según el país. Por ejemplo, en el caso de España, hace menos de una década el concepto de BIM sólo era conocido a nivel teórico en centros de conocimiento e investigación muy concretos, y en empresas con importantes proyectos en EE.UU., Reino Unido, Norte de Europa y Australia principalmente, ya que en estos países el uso de BIM estaba ampliamente reconocido y extendido. Sin embargo, en los últimos años se ha producido un cambio drástico y en la actualidad es imprescindible dominar el propio concepto de Building Information Modeling, y otros términos clave como MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), familias 3D, diseño paramétrico, Smart City, ciclo de vida, BIM Manager, Facility Manager, REVIT, ROBOT, Archicad, Allplan, Esto es debido no sólo por la necesidad surgida en las empresas españolas en internacionalizar su cartera de proyectos, y mejorar su competitividad, sino porque además internamente crece la exigencia privada de trabajar en BIM, y todo ello favorecido por las medidas públicas tomadas por la Unión Europea, con las que se impulsa el uso de BIM (Instituto Tecnológico del Cantábrico - ITC, 2015).

La implementación de BIM a nivel mundial

Los países que se sitúan a la cabecera tanto por el desarrollo como por la implementación de BIM en la industria de la construcción son Norte América y países escandinavos (Smith, 2014a). En el informe presentado por McGraw Hill Construction (2013), se encontró que la adopción de BIM por parte de equipos profesionales de proyectos en la industria Norte Americana ha incrementado de un 17 % en 2007 hasta el 71 % en el 2012, lo que prueba que BIM es actualmente la corriente dominante en el sector. Esto indica que esta región está liderando el camino a escala global. Un catalizador fundamental para BIM fue cuando la Administración General de Servicios (GSA) estableció un programa nacional de 3D-4D-BIM, a través de su oficina de Servicios de Edificios Públicos (PBS). Siendo el sector público el mayor cliente con aproximadamente 8700 construcciones en todo Estados Unidos, este programa ha tenido una grandísima influencia sobre la adopción de BIM, demostrando de esta manera la importancia de tener un cliente importante y un gobierno en el liderazgo de la asunción de BIM que marca las pautas de cambio para el sector (BuildingSmart, 2012). Por otra parte, el autor Brown (2008) señaló que el aumento significativo del apoyo hacia BIM por parte del sector en Estados Unidos también se debió a los dos informes presentados por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), que midió el coste a consecuencia de una interoperabilidad inadecuada en el sector principal de las instalaciones en la industria de la construcción en Estados Unidos, donde estimaron que el coste anual suponía US\$15,8 billones.

Las regiones escandinavas también tienen un historial que presenta un fuerte desarrollo e implementación de BIM. Los mandatos del gobierno para el uso de BIM en los proyectos gubernamentales han generado un mayor ímpetu en países como Finlandia, Noruega y Dinamarca.

En Finlandia, por un lado, el gobierno finés ha realizado una fuerte inversión en investigaciones en las tecnologías de la información (IT) en el sector de la construcción desde los años 70 (Granholm, 2011). Además, por otro lado, recientemente han divulgado una Guía Universal de BIM para el sector y que está siendo fuertemente apoyado. El sector público finés es el conductor clave en la adopción de BIM a través del Senado de la



Propiedad, que es la entidad del gobierno con la cartera de activos de propiedades de aproximadamente un valor de 6 billones de euros, siendo el mayor líder solicitando BIM en sus proyectos y llevando a cabo numerosos proyectos pilotos y de investigación. En la industria, BIM se está empleando en el 20 al 30 % de los proyectos del gobierno, con predicciones que apuntan a un aumento futuro de hasta el 50 % (Koppinen y Henttinen, 2012).

En Dinamarca, la Autoridad Danesa de Empresas y Construcción estableció en 2007 un Programa de Construcción Digital que ha sido implementado por las principales entidades gubernamentales. El programa establece que BIM sea empleado en todos los proyectos que tengan un presupuesto superior a los 5,5 millones de euros, con la utilización del formato Industry Foundation Class (IFC) para realizar el intercambio de información. Se han redactado un gran número de informes y directrices para ayudar a las empresas a conseguir los requerimientos BIM (BuildingSmart, 2012).

En Noruega, el Statsbygg es el que representa la entidad noruega del gobierno para la construcción y gestión de proyectos públicos, y que también establece el uso de BIM en todos los proyectos con financiación pública. El gobierno noruego es un fuerte apoyo para el BIM y que ha invertido grandes cantidades en investigación y desarrollo (Granholm, 2011).

En el Reino Unido, el gobierno ha introducido una estrategia para la implementación de BIM para el sector de la construcción del país y que está considerado por muchos como el proyecto para la implementación de BIM dirigido de forma centralizada, más ambicioso y avanzado del mundo (HM Government, 2012). El objetivo de esta estrategia es el transformar la industria de Reino Unido en líder BIM a nivel global en un periodo relativamente escaso de tiempo (Cabinet Office, 2011). La estrategia ha tenido un impacto espectacular en la industria del país, donde las empresas batallan por desarrollar las capacidades tecnológicas necesarias para alcanzar los requerimientos establecidos. Esta estrategia tiene el potencial para influenciar la implementación de BIM a escala mundial, pues ya otros países están tomando nota de los estándares desarrollados.

En Australia, el uso de BIM no está muy extendido en la actualidad en el sector de la construcción y tampoco ha habido ninguna actuación notoria para el empleo de BIM en los proyectos. Sin embargo, en los últimos 5 años se ha incrementado el interés para la adopción de BIM como resultado de numerosas iniciativas lanzadas para ilustrar e informar a los participantes del proyecto sobre las ganancias potenciales en productividad y las ventajas competitivas (CIBER, 2012). Estas iniciativas incluyen el desarrollo de manuales denominados Australasian BIM, como son, "National BIM Guide" (NATSPEC), "National Guidelines for Digital Modelling" redactado por la Corporación de Centro de Investigación para la Innovación de la Construcción (CRC-CI), los estándares "Australian and New Zealand Revisit Standards" (ANZRS) y los manuales y modelos de BIM-MEPAUS. Además, cabe destacar la importancia que ha cobrado la organización "buildingSmart", anteriormente conocida como Alianza Internacional para Interoperabilidad, ya que ha asumido el papel de mayor liderazgo para el desarrollo e implementación de BIM en Australia con el establecimiento de "Open BIM Alliance of Australia", que agrupa a numerosos proveedores de "software" para promover el concepto de "OpenBIM" (CIBER, 2012).

Respecto a otros países donde se está produciendo una notable implementación de BIM, cabe destacar Singapur, que se sitúa como líder emergente como líder mundial para la implementación de BIM. La Autoridad para la Edificación y Construcción de Singapur (BCA) ha desarrollado una estrategia para tener BIM ampliamente implementado en los proyectos públicos para el año 2015 (Granholm, 2011). El gobierno también ha establecido unos Fondos de Productividad y Capacidad de Construcción (CPCF) de S\$250 millones con BIM siendo el objetivo clave. En el año 2000 el programa de Red Propiedad Inmobiliaria y de Construcción (CORENET) fue establecido como una iniciativa estratégica para conducir la transformación de la industria a través del uso de la tecnología de la información. CORENET provee la infraestructura para el intercambio de la información entre todos los participantes del proyecto. Además, CORENET ha desarrollado la aplicación con sistema “e-Plan Check” con el objetivo de motivar a la industria a emplear BIM. El sistema facilita a arquitectos e ingenieros la comprobación de los diseños de construcción, para el cumplimiento de las regulaciones a través de este portal online. Singapur ha adoptado el “Industry Foundation Classes” (IFC) como formato estándar en su implementación BIM, adoptado también por el gobierno danés (BuildingSmart, 2012).

A continuación, en la Imagen3, se presenta un mapa donde se resume el índice de adopción de BIM y las medidas tomadas a nivel mundial, ya explicadas de forma más detallada en los párrafos anteriores.



Imagen 3. Los índices de adopción de BIM en el mundo. Fuente: McGraw Hill Smart Market Report 2012. National BIM Report 2013 NBIS. Traducido: BIM – UPV (2016)

De forma global, observa que el principal incentivo para la implementación de BIM es el de los beneficios económicos potenciales a niveles macro y micro. En la Imagen 4, se muestran los resultados obtenidos por McGraw Hill Construction (2013) sobre la rentabilidad de BIM percibida por contratistas agrupados según el país a nivel mundial. En él se observa una valoración muy positiva en países líderes en implementación BIM como son Japón, Alemania, Canadá, Australia.

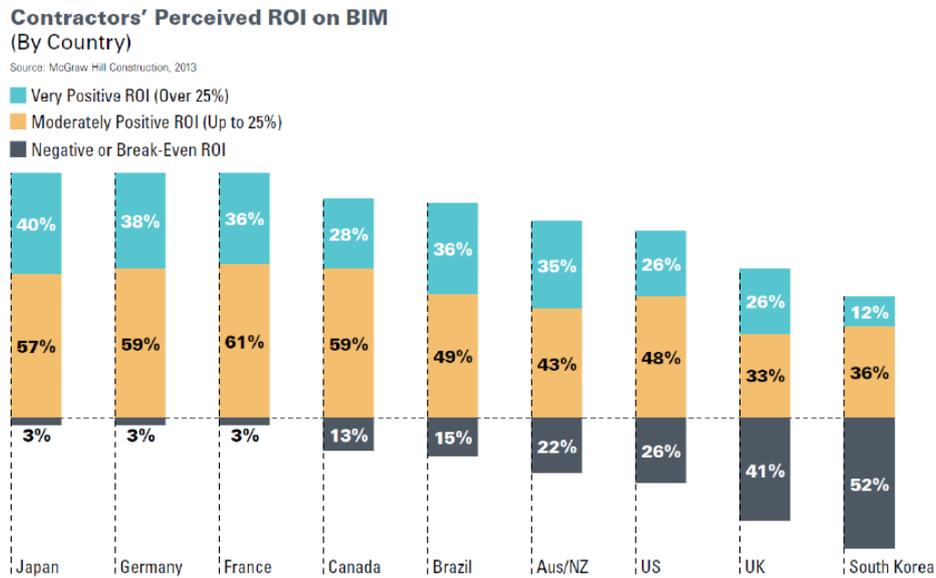


Imagen 4. Rentabilidad de BIM percibida por contratistas alrededor del mundo. Fuente: McGraw Hill Smart Market Report (2013)

En definitiva, dichas ventajas económicas están sirviendo para que las líneas de estrategias de negocio de las empresas constructoras se vayan esclareciendo y, además, se está incrementando el reconocimiento de los beneficios económicos para los gobiernos. En la Imagen 5 se presenta el mapa de implantación de BIM de 2014, donde se muestra la consolidación de BIM a nivel nacional e internacional.

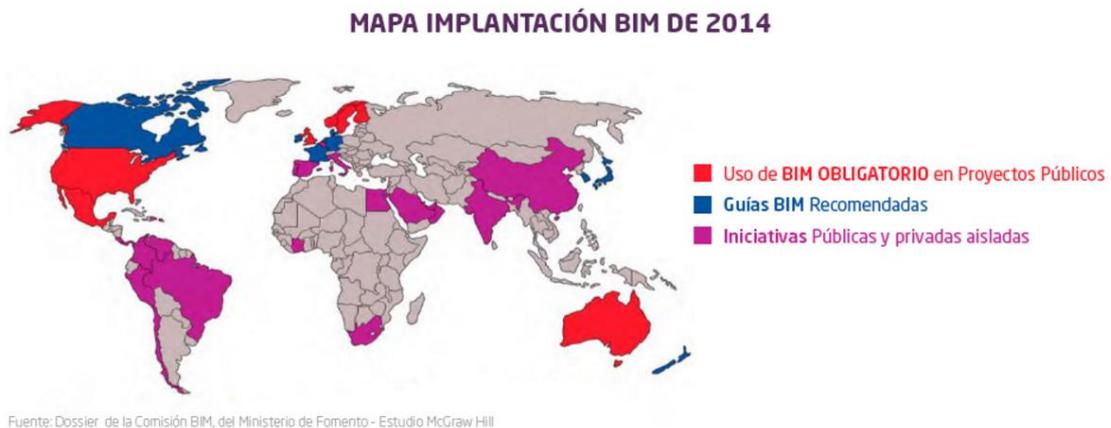


Imagen 5. Mapa Implantación BIM de 2014 a nivel nacional e internacional. Fuente: Estudio de McGraw Hill. Dossier de la Comisión BIM del Ministerio de Fomento (2015)



Estado actual de implementación de BIM en España

Como se ha comentado en la introducción del presente apartado, el nivel de implantación del modelo BIM en España es en general muy bajo, siendo superior el uso de herramientas, debido a dos necesidades: aprender y atender a proyectos que exigen obligatoriamente el BIM. Dicha situación nos sitúa en los países en cola de implementación de BIM, y esto se ha traducido en que el sector de la construcción y la industria española ha perdido una gran oportunidad de situarse como potencia al lado de los principales países europeos aprovechando la gran experiencia y desarrollo del sector. No cabe duda que España se enfrenta a un retraso de alrededor de una década, y esto es un lastre importantísimo, pero gracias a la internacionalización de algunas empresas españolas, tanto grandes como pequeños estudios de ingeniería y profesionales, hay ya una posición real para intentar recuperar terreno.

En la actualidad, y se hace necesario el uso de BIM de una manera imprescindible, pues las empresas y profesionales españoles que quieran participar en proyectos de construcción, reforma, instalación, y explotación en países como EE.UU., Reino Unido, Centro y Norte de Europa, Emiratos Árabes, Sudeste Asiático, China o Australia, tienen que implantar el modelo BIM y sus herramientas correspondientes de manera obligatoria para acceder a licitaciones, contratos y colaboraciones.

Además, viendo los beneficios que aporta el BIM tanto para la administración pública como para el sector privado, ha comenzado a notarse la influencia de la corriente BIM también para el mercado nacional, especialmente en casos de proyectos complejos y de alto valor añadido (Instituto Tecnológico del Cantábrico - ITC, 2015).

Con la misión de implantar BIM en España surge “Es.BIM”, un grupo abierto a todos los agentes implicados en la implementación de BIM, es decir, administraciones, ingenierías, constructoras, universidades, profesionales, etc. “Es.BIM” se caracteriza por ser un grupo multidisciplinar, organizado por temáticas y en el que un “chairman” es el que ejerce de dinamizador en los trabajos. El grupo se organiza a través de la Comisión BIM que está formada por diferentes agentes y organizaciones pertenecientes al sector tanto público como privado, y que tiene como objetivos (Ministerio de Fomento, 2016):

- Impulsar un mandato que acelere los objetivos de implantación.
- Definir la estrategia de implantación: plan de acción y hoja de ruta.
- Fortalecer la capacidad del sector público en la aplicación BIM.
- Fomentar la interoperabilidad entre herramientas como garante del libre acceso a la tecnología.

Para la coordinación de las labores de los Grupos de Trabajo (Estrategia, Personas, Procesos, Tecnología, Internacional) y para la gestión de las relaciones con la Comisión se establece el Comité técnico. La hoja de ruta definida por el Comité para la implantación BIM se presenta en la Imagen 6 a continuación:



Imagen 6. Hoja de ruta para la Comisión BIM. Fuente: Ministerio de Fomento (2016)

Seguidamente, en la Tabla1, se presentan los objetivos marcados en el calendario actual de actuaciones por parte de la administración pública, aunque hay que mencionar que dicho calendario está sujeto a modificaciones debido a posibles novedades que pueda incluir Ministerio de Fomento, Ministerio de Hacienda, y otras administraciones públicas es:

	Objetivos
Año 2017	Adoptar los estándares de formato IFC, guías, clasificaciones y procesos de entrega del modelo digital considerando todo el ciclo de vida del proyecto, desde su diseño, construcción y mantenimiento, además de la integración en la ciudad. Definición de protocolos comunes para la compartición de información entre los diferentes agentes donde se regule la creación y definición de información con el objetivo de lograr la plena interoperabilidad entre las partes
Año 2018	La producción en BIM de las fases de Diseño y Construcción para los proyectos de obra nueva que contemplen equipamientos e infraestructuras públicas con un presupuesto superior a los 2 M€
Año 2020	Todos los proyectos que contemplen obra nueva y rehabilitación de equipamientos e infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todo el ciclo de vida del proyecto (diseño – construcción – mantenimiento)

Tabla 1. Actuaciones BIM por parte de la administración pública en España. Fuente: Instituto Tecnológico del Cantábrico - ITC (2015)

2.3.3. LA PRÁCTICA DE BIM EN LA ACTUALIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

En la bibliografía existente hasta la fecha sobre la adopción de BIM en el sector de la construcción, se ha observado que múltiples artículos y publicaciones se han centrado en el análisis de los factores, barreras, indicadores clave del desempeño y la implementación de estrategias para adoptar la tecnología BIM en la industria de la construcción, en los que se ha contextualizado los resultados obtenidos. Y todos estos estudios han contribuido de forma muy significativa para promover el aumento de implementación de la tecnología BIM en esta industria a lo largo esta última década, es decir, se ha producido la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación (ICT) en el sector de la construcción (Ding, Zuo, Wu, y Wang, 2015).

Factores clave para el uso de BIM en el sector de la construcción: ventajas y barreras

Los factores clave más significativos para la implementación de BIM, se pueden agrupar en las siguientes cinco categorías:

1. Conocimiento estructurado

Para que la implementación de BIM suceda con éxito se requiere de conocimientos sobre BIM, y es que tal y como afirma Succar (2009), “BIM supone un conocimiento que va en expansión en la industria de la construcción y que va evolucionando a lo largo del tiempo. Tiene gran significación lo defendido por Lee (2006) cuando afirma que el diseño del conocimiento y las prácticas deberían ser especificadas y asumidas en BIM, y es que actualmente esto no se contempla en las herramientas BIM. Conocimientos sobre la propiedad de los materiales de construcción, actuaciones ambientales, coste y planificación son también requeridos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto y deben ser compartidos por todos los participantes del mismo (Lee et al., 2014; Lin, 2014). Khosrowshahi y Arayici (2012) añaden que la implementación de BIM supone cambios sustanciales, como puede ser el cambio de la gestión del conocimiento, o la gestión de cambio de las tareas. Dicha capacidad para el cambio es uno de los beneficios más importantes del BIM para la empresa (Barlish y Sullivan, 2012).

Joannides et al. (2012) en su artículo afirma que se requiere de otro tipo de conocimiento para facilitar la implementación BIM, como es la comprensión del valor local social y cultura, lectura de planos, estándar estético, diseños arquitectónicos e ingenieriles, junto con el estar familiarizado con “software” BIM, como son Revit o ArchiCAD.

La multitud y variabilidad de conocimiento requerido conforman el núcleo fundamental para conseguir una aplicación efectiva de BIM, y para los usuarios BIM el conocimiento estructurado supone un efecto positivo sobre su motivación para adoptar BIM.

2. Capacitación BIM

Para lograr una mejor adopción de BIM, Mutai (2009) enuncia que el equipo de proyecto debe demostrar aptitudes ligadas a BIM, como son: colaboración, trayectoria y experiencia previa en la utilización de las tecnologías BIM. La colaboración que se genera entre las diferentes disciplinas y usuarios es esencial para el éxito de la implementación BIM, según Azhar (2011). Y es motivo de preocupación que el conjunto de aptitudes fundamentales requeridas para el manejo de la tecnología BIM no sean dominadas por los miembros del

equipo de proyecto, (Eastman et al., 2011), ya que puede ocurrir que algunos miembros del equipo no hayan recibido siquiera el entrenamiento básico para aprender y aplicar BIM para completar sus tareas. Esto provoca un problema para el flujo de información entre los miembros del equipo. Por tanto, Sacks et al. (2010) proclama que es imperativo el proveer un entrenamiento exhaustivo para evitar el uso incorrecto o la generación de errores durante la implementación BIM.

La importancia que está cobrando la capacitación para el uso de BIM se refleja también en la creciente demanda de los estudiantes graduados, que reclaman programas formativos donde se les ofrezca la posibilidad de experimentar en un entorno BIM durante su formación. Esto va en la línea de lo que afirma Ahn et al. 2013, sobre que la educación y el entrenamiento son uno de los retos más significativos que todavía están pendientes para la adopción de BIM en el sector AEC.

Los programas e investigaciones asociados son la solución para aportar a los estudiantes la capacitación de BIM desde el nivel básico hasta el más avanzado, y que les habilitará para adoptar un flujo de información sin rupturas y serán conocedores de los múltiples beneficios de la aplicación de BIM. Serán éstos usuarios los principales solicitados en el mercado laboral del sector de la construcción (Ding et al., 2015).

3. Apoyo de la directiva

El éxito de la implementación de BIM no es posible sin el apoyo y compromiso de la directiva de la empresa (Nikas et al., 2011; Cheng y Teizer, 2013). Estudios como el de Jensen y Jóhannesson (2013) concluyen que el respaldo de la directiva es crucial para asegurar los recursos necesarios para transformar los métodos de trabajo existentes a los procesos basados en BIM. De ello también se hace eco Eastman et al. (2011) cuando dice que “BIM no es un tipo de “software”, sino que es una actividad humana que básicamente requiere de unos amplios cambios en el proceso de construcción”. Y que la directiva de la empresa muestre su apoyo con un pensamiento progresista puede hasta incluso compensar la posible falta de experiencia en la implementación BIM (Arayici et al., 2011). Estas afirmaciones suponen un gran incentivo para la implementación de BIM en las empresas (Ding et al., 2015).

4. Motivación

La motivación es otro de los factores destacados como críticos para la adopción de BIM. Adriaanse et al. (2010) en su artículo identifica la motivación personal y la externa como factores en el uso de las tecnologías ICT, en las que se incluye BIM. Por una parte, se define la motivación personal como el alcance de interés de una persona hacia el uso de las tecnologías. Esto queda indicado por la percepción de beneficios y desventajas que supongan el uso de la tecnología, la presión del tiempo y la relación temporal en la construcción, según Green et al., 2005). Por otra parte, la motivación externa incluye las disposiciones establecidas en el contrato para la adopción de BIM y la importancia del cliente que lo solicita (Adriaanse et al. 2010). Esto indica la influencia de parte de otros competidores, colaboradores u otros participantes de la industria de la construcción (Liu et al., 2010). Un ejemplo de ello sería la creciente demanda por parte de los clientes para ejecutar proyectos con metodología BIM, debido a la tendencia global existente en la actualidad, tal y como se ha detallado en el apartado 2.2.3. *La implementación de BIM en*

el sector de la construcción. La existencia de motivación es otro punto a favor de la implementación de BIM.

5. Defectos técnicos de BIM

Son numerosos los estudios que dejan constancia de los defectos técnicos que hay que afrontar en el uso de BIM. Investigadores como Grilo y Jardim-Goncalves (2010) o Ren et al. (2012), destacan como uno de los problemas más críticos a nivel técnico la incompatibilidad del “software” BIM con otros “softwares”, pues esto genera grandes problemas de interoperabilidad (Eastman et al., 2010). Un ejemplo de incompatibilidad puede ser debida al uso de diferentes versiones de un mismo “software” por los distintos equipos de trabajo en un proyecto. Para poder eliminar esta barrera, se han propuesto una serie de recomendaciones como es la creación de estándares abiertos (Zhang e Issa, 2013; Mazairac y Beetz, 2013; Gupta et al., 2014). Otro defecto técnico se debe a la dificultad de manejo de la herramienta BIM, pues es un “software” muy complejo y con el que se maneja una gran cantidad de información a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (Ding et al., 2012; Feng et al., 2010). También se ha achacado la pérdida de creatividad de los diseños debido a la gran precisión del “software” BIM (Berwald, 2008; Morton, 2012). Estos serían algunos de los efectos negativos que se han encontrado para la implementación BIM.

Otros factores significativos que también influyen sobre la adopción de BIM son los estudiados por Kassem et al. (2012), y que se resumen a continuación:

- Beneficios tangibles. La falta de entendimiento del valor de negocio que aporta BIM, pues supone una fuerte inversión inicial en tecnología para la empresa y los beneficios se presentan a largo plazo, por lo que pasa un tiempo hasta que se puede observar la rentabilidad real de la inversión.
- Experiencia previa de los trabajadores. La falta de conocimientos se debe a una escasa o nula educación y entrenamiento con la herramienta y esto conlleva miedo por parte de los usuarios para adoptar la nueva tecnología y metodología de trabajo.
- Uso Universal. Los “softwares” BIM presentan ciertas limitaciones de interoperabilidad, como se ha explicado anteriormente, pero en la actualidad cada vez son menos notorias gracias a los avances que se han producido para proporcionar formatos abiertos y la creación de manuales para el uso de BIM.
- Resistencia al cambio. Los usuarios se muestran reticentes a implementar nuevos procesos de trabajo para adoptar la nueva tecnología.
- Tipología de contratos. Según el contrato se produce una pérdida de integración entre cliente, contratista y constructores, con la consecuente falta de colaboración y comunicación, factores fundamentales en BIM.

Como se observa, existen multitud de estudios de los que se podrían extraer más factores, pero aquí se han recogido los que son de mayor interés para el presente trabajo.

2.3.4. EL COMPORTAMIENTO COLABORATIVO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM

En los últimos años se han llevado a cabo numerosos estudios para analizar la brecha que existe entre la industria de la construcción y la introducción de las tecnologías de la información y comunicación (ICT), pues esto es un problema que está afectando al rendimiento de todo el proceso y se está tratando de diagnosticar las raíces de estas dificultades (Rezgui et al., 2013). De los estudios que se pueden encontrar, Mutai (2009) asocia el éxito de BIM a las aptitudes y capacitaciones BIM que demuestre el equipo de proyecto. Este conjunto de aptitudes BIM queda determinado por la colaboración, entre otras (como son, la trayectoria y experiencia previa en la utilización de las tecnologías BIM). Azhar (2011), indica que la colaboración que se genera entre las diferentes disciplinas y usuarios es esencial para el éxito de la implementación BIM. Es entonces cuando surge la necesidad de estudiar más detalladamente el comportamiento colaborativo en la implementación de BIM.

Análisis de la bibliografía sobre la colaboración y BIM

En la bibliografía analizada, se han encontrado estudios sobre los ambientes colaborativos (Erdogan et al., 2008) donde se ha comprobado que el éxito de la colaboración no depende únicamente de la tecnología colaborativa introducida en la organización, sino que está altamente influenciado por cómo esta tecnología es introducida. Es decir, que si esta tecnología no encuentra el apoyo suficiente de gente influyente en la organización (la directiva de la empresa), además del establecimiento del proceso de introducción y desarrollo junto con el cambio en las estrategias de gestión, entonces no se generará un trabajo colaborativo y una de las razones es que no es posible la implantación autónoma de tecnologías de la información y comunicación (ICT). Erdogan et al. (2008) identifica en su artículo los principales factores para la implementación exitosa de la colaboración, destacando como los más significativos:

- Las dificultades para que las partes establezcan confianza entre ellos
- Las dificultades para el compromiso
- La resistencia al cambio del usuario
- La pronta implicación del usuario
- La facilidad de uso del “software”
- La formación y práctica
- El uso normalizado de formatos, creación de estándares y regulaciones, entre otras

Por otra parte, otros estudios sobre la implementación de BIM como el realizado por Kassem et al. (2012), donde analizan los factores que favorecen y dificultan la adopción de BIM, han detectado la existencia de un ciclo status quo que está deteniendo el avance de la adopción y asimilación de BIM. El motivo encontrado es que a pesar de que estas tecnologías BIM son capaces de resolver muchos de los problemas en la construcción, actualmente existe una interrelación crítica en lo referente a los participantes en el proceso, es decir, la tecnología BIM requiere de la integración y la colaboración entre los diferentes participantes (ver Imagen 7), y esto es lo que está faltando en la actualidad.

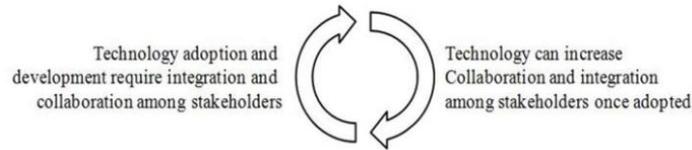


Imagen 7. Status quo que afecta a la adopción y desarrollo de BIM. Interrelación entre adopción y desarrollo de la tecnología BIM y la integración y colaboración entre los participantes. Fuente: Kassem et al. (2012)

En dicho estudio, Kassem et al. (2012) detectó los factores que afectan a la adopción de BIM, tanto de forma positiva (driving forces) como negativa (restraining forces). En la Imagen 8 quedan resumidos:

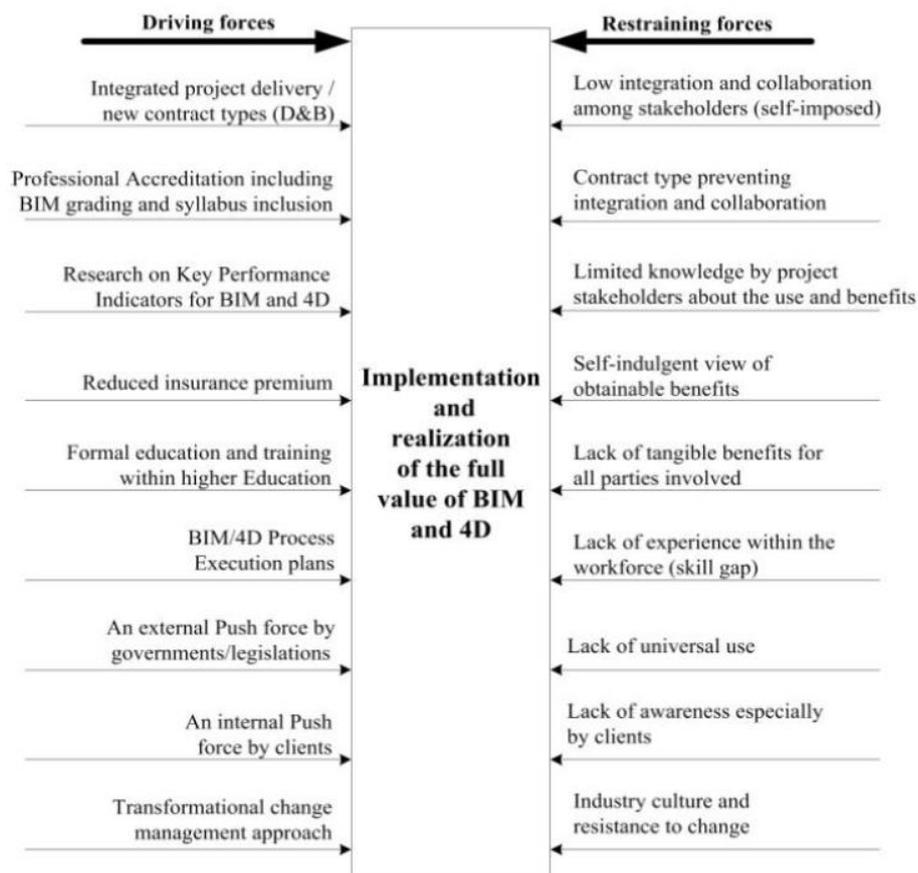


Imagen 8. Factores estimulantes y factores limitantes que afectan la implementación BIM. Fuente: Kassem et al. (2012)

Como se observa, factores como la baja integración y colaboración, el conocimiento limitado sobre BIM, la falta de experiencia de las partes implicadas en el proceso BIM, la falta de un formato común y universal, y la resistencia al cambio, entre otros, son los encontrados como fundamentales para la implementación BIM. Y, estos factores son fundamentalmente los mismos que los destacados en otros estudios, como el anteriormente mencionado de Erdogan et al. (2008).

Debido a la complejidad de las interrelaciones que se establecen en los sistemas de trabajo o, en nuestro caso, en los procesos de implementación para la introducción de un nuevo sistema de trabajo, se emplean diferentes sistemas de análisis con los que obtener un modelo que contenga toda la información del proceso (contexto, agentes participantes, relaciones, factores, etc.).

Como el foco de la presente investigación es la colaboración, y esta se define como una cualidad social, y ésta se estudia dentro del proceso de implementación BIM, que es un proceso que conlleva la introducción de una nueva tecnología en la organización, es decir, es un aspecto tecnológico, se ha considerado adecuado el introducir el paradigma sociotécnico para realizar el análisis del sistema. De los diferentes sistemas de análisis sociotécnicos, se ha encontrado que el modelo sociotécnico de Leavitt empleado por Sackey et al. (2015) es apropiado para enmarcar nuestro estudio, pues provee una forma estructurada y sistemática de analizar los diferentes sistemas de trabajo, además de que es sencillo, bien definido y abarca lo suficiente como para analizar el contexto de la construcción.

El modelo adaptado del sistema de Leavitt (1964) consiste en cuatro componentes que actúan sinérgicamente para conseguir el equilibrio sociotécnico. La suposición clave es la dependencia mutua que describen los cuatro componentes sociotécnicos: tareas, estructuras, agentes, y tecnología. En la Imagen 9 se observan los componentes y las relaciones de dependencia existentes.

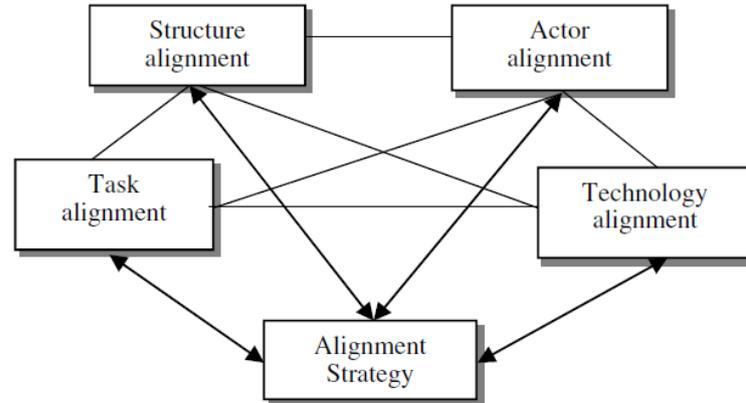


Imagen 9. Modelo de sistema sociotécnico adaptado. Fuente: Sackey et al. (2015)

Según Leavitt (1964), los cuatro elementos tienen fuertes interdependencias y la modificación de uno de esos elementos provoca un cambio compensatorio en el resto de los elementos del sistema para mantener el equilibrio (Lyytinen y Newman, 2008). Mientras que el sistema de trabajo abarca a agentes (con variaciones en las actitudes, exigencias y habilidades), éstos a su vez usan tecnologías y herramientas, y trabajan en un contexto con estructuras y marcos reguladores para lograr las tareas asignadas. Partiendo de que cualquiera de los componentes puede sufrir cambios que afecten y desestabilicen el sistema. Cuando aparecen los desequilibrios o nuevos tipos de relaciones en el sistema, la tendencia del sistema es lograr el equilibrio ajustando los diferentes componentes, a través de acciones o incidentes. Para detectar estos incidentes

en el sistema que están provocando disrupciones en las estructuras profundas, se realiza el seguimiento hasta encontrar el componente que lo origina y así poder tomar las acciones pertinentes para retornar al equilibrio.

En su estudio, Sackey et al. (2015), empleó el modelo adaptado de Leavitt para ilustrar cómo el concepto de BIM es aplicado para apoyar la colaboración entre varios trabajadores del sector de la construcción que pretenden mejorar el proceso de entrega del proyecto. Las conclusiones obtenidas son:

- El conocimiento intraorganizacional está en constante cambio y evolución debido a la constante evolución de la tecnología asociada a la implementación de BIM.
- Es importante entender las relaciones entre los elementos sociotécnicos del sistema de trabajo, para así localizar con más facilidad las disrupciones que se producen en el sistema.
- El vacío de conocimiento se puede solventar con el establecimiento de una estructura de apoyo para el constante proceso de aprendizaje al que se ven sometidos los agentes debido a la rápida evolución de las tecnologías.

Por otra parte, se han analizado diferentes modelos donde se estudian las teorías de aceptación tecnológica por parte de los usuarios. Esto es relevante para nuestra investigación, ya que el comportamiento colaborativo viene influenciado por la actitud presentada por los agentes involucrados en la implementación de BIM (Erdogan et al., 2008; Kassem et al., 2012). Además, una manera clave de medir el éxito de la implementación es a través de la intención de utilización de las tecnologías de la información y la comunicación. Y el uso de las ICT es un reflejo de la aceptación de la tecnología por parte de los usuarios (Venkatesh, 1999). Entre los modelos de aceptación tecnológica, cabe resaltar el modelo TAM (Davis, 1989), presentado en la Imagen 10. Su objetivo es el de proporcionar una explicación de los elementos determinantes de la aceptación tecnológica que es capaz de explicar el comportamiento del usuario entre un amplio rango de usuarios, tanto os usuarios finales como poblacionales, a través de una teoría justificada. En este modelo, la percepción de utilidad (percepción individual de que la herramienta tecnológica va a ayudar y facilitar el trabajo a realizar) y facilidad de uso de la tecnología (percepción individual de que no va a necesitarse esfuerzo para usar la tecnología) son de principal relevancia para el comportamiento de aceptación.

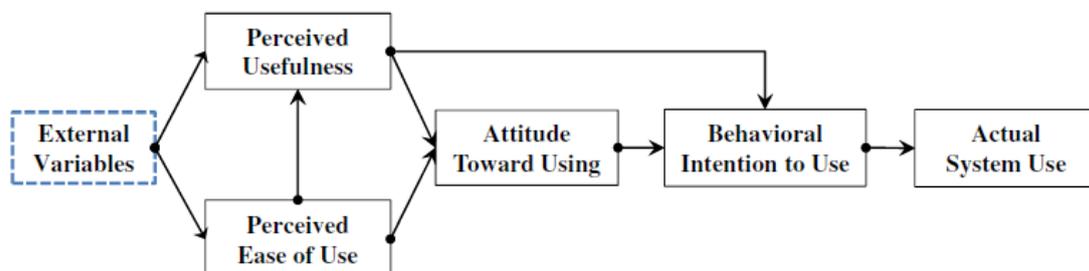


Imagen 10. Modelo TAM para la aceptación de la tecnología. Fuente: Lee et al. (2015)

Y este modelo puede ser más detallado, como se observa en la siguiente Imagen 10:

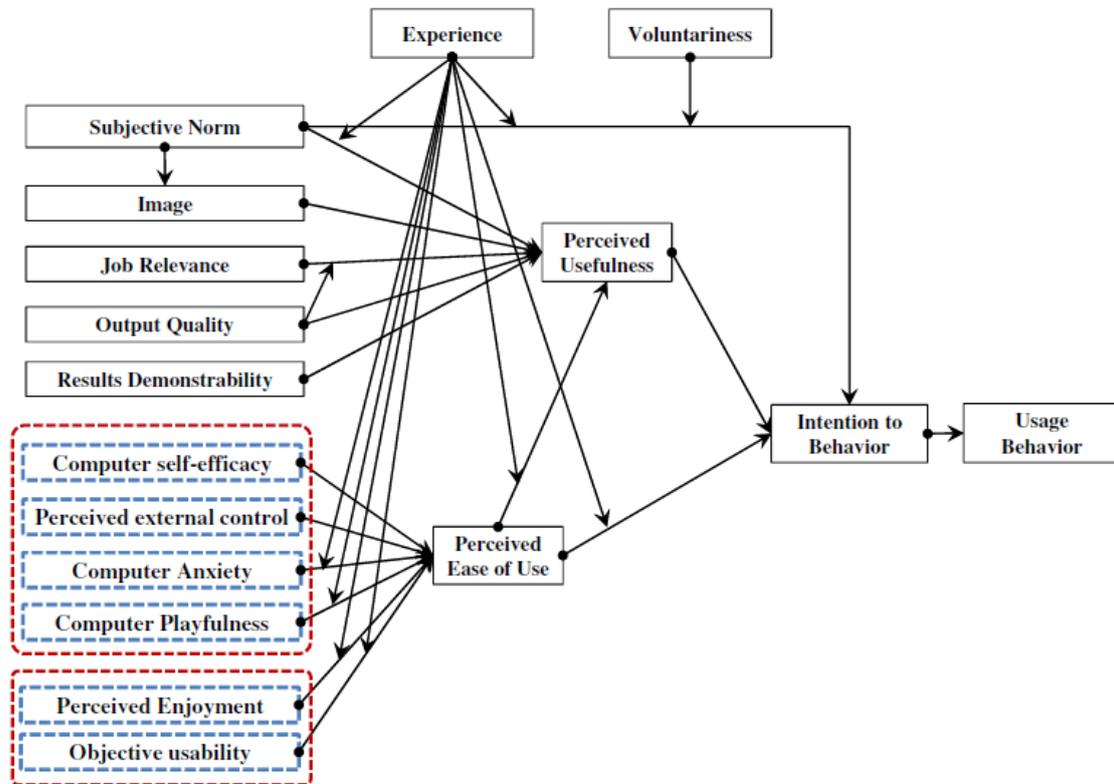


Imagen 11. Modelo adaptado TAM para la aceptación de la tecnología. Fuente: Lee et al. (2015)

Información para la presente investigación

El presente estudio tiene como objetivo encontrar los factores significativos que afectan al comportamiento colaborativo durante la implementación de BIM.

Para ello, se ha llevado a cabo el análisis de la bibliografía sobre temática relacionada con: la metodología BIM, herramientas BIM, implementación y adopción de BIM y, más específicamente, la colaboración en la implementación de BIM o tecnologías ICT.

Del estudio exhaustivo y detallado de los modelos, teorías y artículos de investigación, se han obtenido los diferentes factores, llamados variables de la investigación, y que se presentan en la Tabla 2 a continuación:



Códigos	Variables de la Investigación	Fuentes	Justificación
A	Utilización previa de un software BIM	Czmoch, I. y Pękala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. <i>Procedia Engineering</i> , 91:210–215.	"Grandes pérdidas en la productividad, así como grandes retrasos pueden aparecer debido a la ignorancia de la herramienta por parte de los diseñadores".
		Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Barreras para la adopción de BIM: la falta de experiencia"
B	Participación previa en un proyecto BIM	Lee, S., Yu, J. y Jeong, D. (2015). BIM acceptance model in construction organizations. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 31(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000252.	"Que la tecnología encaje con la experiencia previa, el potencial del que la adopta, la práctica en el trabajo, el sistema empleado y las necesidades, son los factores que se han identificado como esenciales para la adopción de la innovación"
		Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Barreras para la adopción de BIM: la falta de experiencia"
C			
C1	Desarrollo de habilidades colaborativas	Doherty, M. (2015). Factors of Successful Collaboration. Recuperado de http://www.pdx.edu/npcc/sites/www.pdx.edu/npcc/files/Factors%20of%20Successful%20Collaboration.pdf [Consultado: Noviembre, 2015]	"Los beneficios del establecimiento de la colaboración identificados en este estudio son: encontrar soluciones que permiten un beneficio mutuo entre los participantes, mejora de la toma de decisiones, mejora en la resolución de problemas, aumento de la habilidad para la resolución y prevención de conflictos entre los participantes, aumento del deseo de colaboración entre los participantes, aumento de la interacción entre los participantes (...) aumento de la confianza entre los participantes, se amplía las fuentes de información, se aumentan las oportunidades para la eficiencia, se disminuye el riesgo individual, se aumenta la habilidad para manejar la incertidumbre, se aumenta la habilidad de adaptación ante el cambio de entorno"



Códigos	Variables de la Investigación	Fuentes	Justificación
C2	Formación en BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"Existen numerosas fuentes de resistencia al cambio. Éstas incluyen el miedo a lo desconocido, la falta de información, conocimiento o habilidades, (...). Las razones que están detrás de la resistencia del usuario al cambio se deben conocer para tomar la acción correcta al respecto. La práctica (con la herramienta BIM) y la comunicación pueden ser usadas para superar la resistencia por causa de falta información, conocimientos o habilidades."
C3	Práctica con la herramienta BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"La resistencia al cambio del usuario se resolvería con: una implicación del usuario en una etapa más temprana de la implementación, unas interfaces más amigables con el usuario, y la práctica (con la herramienta)"
C4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"El éxito de la implementación de un sistema colaborativo depende en un 80% en el seguimiento de los empleados y un 20% en resolver los aspectos tecnológicos". "El éxito de un ambiente colaborativo no depende únicamente de la tecnología con características colaborativas introducida en la organización, sino que depende en gran medida en cómo la tecnología es introducida"
D	Designación de los roles de los miembros del equipo	Doherty, M. (2015). Factors of Successful Collaboration. Recuperado de http://www.pdx.edu/npsc/sites/www.pdx.edu/npsc/files/Factors%20of%20Successful%20Collaboration.pdf [Consultado: Noviembre, 2015]	"Factores para una colaboración exitosa: la percepción de la interdependencia y unas expectativas, acuerdos y roles claros y bien documentados"
E	Reparto de las tareas		"Factores para una colaboración exitosa: Identificación de los intereses comunes y el establecimiento de la voluntad de compartir información y recursos"
F	Elección del líder		"Factores para una colaboración exitosa: evitar la lucha de poderes y efectividad en la resolución de conflictos"
G	Establecimiento de reuniones grupales		"Factores para una colaboración exitosa: mecanismos de evaluación y retroalimentación, y una comunicación abierta y reiterada, que son fundamentales para la ganancia de confianza"



Códigos	Variables de la Investigación	Fuentes	Justificación
H			
H1	Comunicación entre miembros del equipo	Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Barreras para la adopción de BIM: la falta de colaboración entre los participantes y falta de herramientas para desarrollar una gestión colaborativa, siendo uno de los factores clave para la adopción de la tecnología BIM las dificultades en la comunicación"
H2	Intercambio y compartición de información		"Barreras para la adopción de BIM: Reticencia para compartir abiertamente información"
H3	Comprensión de las tareas a desarrollar		"Barreras para la adopción de BIM: La falta de estándares a la hora de implementar el sistema y problemas en la gestión del modelo BIM"
H4	Utilización del software BIM		"Barreras para la adopción de BIM: interoperabilidad limitada del software BIM y limitación de las aplicaciones actuales para la utilización de BIM"
H5	Confianza en otros miembros del equipo	Bryde, D., Broquetas, M., y Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information Modelling (BIM). <i>International Journal of Project Management</i> , 31(7):971–980.	"Para asegurar el éxito en proyectos de participación conjunta de empresas, se considera como factor clave la confianza generada entre los diferentes miembros del proyecto."
I			
I1	La implicación y compromiso de los miembros del equipo	Xue, X., Shen, Q. y Ren, Z. (2010). Critical review of collaborative working in construction projects: Business environment and human behaviors. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 26(4):196–208.	"Como factores clave y absolutamente necesarios para conseguir los objetivos se definen los factores CSF, que son factores inherentes a un proyecto de construcción y que deben ser mantenidos para que tenga lugar el trabajo en equipo de una forma efectiva y eficiente. Algunos de estos factores críticos son como la implicación de todos los agentes relacionados en el proyecto y el compromiso para generar una actitud de win-win (donde ambas partes ganan)"
I2	La efectividad del trabajo en equipo		"La mejora de la efectividad de las operaciones en la organización y la necesidad de un uso más eficiente de los recursos de la organización son dos de los factores que rigen la colaboración"



Códigos	Variables de la Investigación	Fuentes	Justificación
I3	La generación de colaboración	Xue, X., Shen, Q. y Ren, Z. (2010). Critical review of collaborative working in construction projects: Business environment and human behaviors. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 26(4):196–208.	"El trabajo en equipo implica una cooperación efectiva de un grupo de gente en un conjunto de actividades que están enfocadas a un objetivo común. La razón para el trabajo en equipo es que los resultados obtenidos por el grupo en conjunto es mejor que si se sumaran los esfuerzos individuales de cada uno de los integrantes del grupo"
J			
J1	La organización del equipo	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"Se ha encontrado que la falta de acuerdo entre los diferentes agentes es uno de los problemas principales para una planificación adecuada. Es necesario para una organización colaborativa el establecer los acuerdos sobre formatos y normas para el intercambio de información antes de formar el entorno colaborativo, para así poder aportar consistencia y evitar posibles confusiones"
J2	El flujo de información y habilidades comunicativas	Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Tras la experiencia realizada se ha concluido que la comunicación y la gestión de la información suponen un problema para los estudiantes en los trabajos en equipo, sin embargo, esta es una competencia fundamental y requerida en los futuros profesionales del sector de la construcción"
J3	La facilidad de uso del software e interoperabilidad	Sackey, E., Tuuli, M., y Dainty, A. (2015). Sociotechnical systems approach to BIM implementation in a Multidisciplinary construction context. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 31(1), A4014005. doi:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000303	"Existen retos técnicos y organizacionales en la interoperabilidad entre el software y la información. El modelo de Leavitt's (1964) resalta la importancia de entender las interrelaciones de los elementos que operan en un sistema de trabajo. Dicho modelo representa la relación entre la tecnología, los actores, la estructura y las tareas dentro del sistema de trabajo." "Uno de los incidentes críticos en el mantenimiento del equilibrio del sistema de trabajo es la necesidad de interoperabilidad o la fácil utilización de las diferentes aplicaciones BIM".
K			



Códigos	Variables de la Investigación	Fuentes	Justificación
K1	Metodología BIM	Boeykens, S., Klein, R., De Somer, P., Moenssens, N., y Saelens, D. (2013). Simulating real world collaboration through interdisciplinary student projects using BIM. 41st SEFI Conference, 16-20 September 2013, Leuven, Belgium.	"La introducción del conocimiento BIM en la enseñanza de diferentes disciplinas de la ingeniería con el objetivo de estudiar un caso real donde se produce la implementación de la colaboración en los equipos de trabajo y la introducción de herramientas software innovativas". "En el proyecto educativo empleado, los estudiantes deben aprender a gestionar un proyecto BIM a través del uso de herramientas y un modelo digital BIM, donde experimentan y reflejan las oportunidades de la comunicación y la gestión de la información, además de entender la sinergia generada en un equipo de trabajo y los roles en el mismo entre las diferentes disciplinas implicadas en el mismo". "De esta manera los estudiantes son instruidos para afrontar su futuro laboral en el complejo y constantemente cambiante mundo de la construcción: se les expone a numerosas corrientes innovativas que están emergiendo en la práctica de la construcción (metodología y tecnología BIM) en un ambiente educativo"
K2	Herramienta BIM		
K3	Metodología IPD (otros procesos asociados a BIM)	Kent, D. C. y Becerik-Gerber, B. (2010). Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 136(8):815–825.	"En la adopción del sistema IPD en la industria de la construcción, el sistema educativo debería tener un enfoque más colaborativo. Se ha encontrado que aunque algunos profesionales han trabajado con proyectos IPD o similares, la mayoría no ha tenido experiencia directa con IPD o no se ha familiarizado con los conceptos, lo que sugiere que es necesario un mayor hincapié en la educación en IPD, ya que los beneficios que supone en la entrega de proyectos de construcción con el uso dicho método despierta gran interés en la industria."
L			
L1	Desarrollo de habilidades colaborativas	Doherty, M. (2015). Factors of Successful Collaboration. Recuperado de http://www.pdx.edu/nbcc/sites/www.pdx.edu.nbcc/files/Factors%20of%20Successful%20Collaboration.pdf [Consultado: Noviembre, 2015]	"Los beneficios del establecimiento de la colaboración identificados en este estudio son: encontrar soluciones que permiten un beneficio mutuo entre los participantes, mejora de la toma de decisiones, mejora en la resolución de problemas, aumento de la habilidad para la resolución y prevención de conflictos entre los participantes, aumento del deseo de colaboración entre los participantes, aumento de la interacción entre los participantes (...) aumento de la confianza entre los participantes, se amplía las fuentes de información, se aumentan las oportunidades para la eficiencia, se disminuye el riesgo individual, se aumenta la habilidad para manejar la incertidumbre, se aumenta la habilidad de adaptación ante el cambio de entorno"



Códigos	Variables de la Investigación	Fuentes	Justificación
L2	Formación en BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"Existen numerosas fuentes de resistencia al cambio. Éstas incluyen el miedo a lo desconocido, la falta de información, conocimiento o habilidades, (...). Las razones que están detrás de la resistencia del usuario al cambio se deben conocer para tomar la acción correcta al respecto. La práctica y la educación pueden ser usadas para superar la resistencia por causa de falta de información, conocimientos o habilidades."
L3	Práctica con la herramienta BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"La resistencia al cambio del usuario se resolvería con: una implicación del usuario en una etapa más temprana de la implementación, unas interfaces más amigables con el usuario, y la práctica (con la herramienta)"
L4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"El éxito de la implementación de un sistema colaborativo depende en un 80% en el seguimiento de los empleados y un 20% en resolver los aspectos tecnológicos". "El éxito de un ambiente colaborativo no depende únicamente de la tecnología con características colaborativas introducida en la organización, sino que depende en gran medida en cómo la tecnología es introducida"
M	Trabajar de forma colaborativa	Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"El éxito de la adopción de la tecnología depende de muchos factores, incluyendo la actitud de las personas hacia las tecnologías, cultura corporativa, relaciones entre compañías, las características específicas de los proyectos, los precedentes legales de la industria, la densidad de comunicación, las barreras organizacionales, y la resistencia individual al cambio (O'Brien 2000; Nitithamyong y Skibniewski 2003). La actitud personal hace la adopción de nuevas tecnologías se rigen por los riesgos que supone el uso de medios y métodos no utilizados, por la dificultad en implementar la tecnología aspectos particulares, por el riesgo financiero que supone, y por la percepción de la actitud de otros trabajadores hacia las nuevas tecnologías (Paulson y Fondahl 1980; Tatum 1989). Incluso cuando las empresas se comprometen para aportar los recursos necesarios para el cambio tecnológico, los participantes del proyecto no participan con la misma igualdad (Cuff 1991)."
N	Trabajar con software BIM		
O	Implementar la metodología BIM		

Tabla 2. Variables de la investigación junto a las fuentes bibliográficas y la justificación extraída de los artículos seleccionados.



2.4. LAGUNA DEL CONOCIMIENTO

BIM (Building Information Modelling) es la metodología que está revolucionando el sector de la construcción en estos últimos años (López, 2016). Eastman et al. (2010) define BIM como “la tecnología de modelado y el conjunto asociado de procesos para producir, comunicar y analizar los modelos de información ‘building models’”. Es por esto que BIM se considera un proceso moderno para la gestión de la construcción que permite a los usuarios la creación de modelos paramétricos basados en objetos multidimensionales que son la herramienta para la gestión de los proyectos de construcción a lo largo de todo el ciclo de vida del mismo. Y, para llevar a cabo el proceso se emplean varias herramientas informáticas y métodos.

Atendiendo la definición previa, en los proyectos BIM se pueden distinguir dos grupos principales: herramientas y metodología (Race, 2012). En el grupo de las herramientas se encuentran los diferentes “softwares”. Sin embargo, el grupo de la metodología es mucho más complejo, ya que en éste se establece cómo las herramientas interactúan, cómo deberían ser usadas por los usuarios y cómo los usuarios interactúan entre ellos. Además, se trata de definir cómo conseguir el éxito de la implementación de BIM en las empresas constructoras en la actualidad, temática que será el foco del presente trabajo.

Es ampliamente reconocido que la implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (ICT) está suponiendo una gran revolución en el tradicional sector de la construcción (Succar, 2009). Y que de esta revolución tecnológica tiene gran culpa BIM, pues es la metodología creada para dar solución a los problemas de gran complejidad de diseño y gestión que presentan los proyectos de construcción actuales (Chan et al., 2004). Las soluciones que aporta BIM a lo largo del proceso de construcción (diseño, ejecución y mantenimiento) son: una mejor coordinación de la documentación, cooperación entre los agentes involucrados en el proyecto, anticipación en la toma de decisiones, calidad y rapidez del proceso constructivo y, como consecuencia de ello, un beneficio económico mayor por proyecto para la empresa (Cerdán, 2015).

Siendo conscientes de las ventajas que aporta la implementación de BIM en los proyectos, numerosos países han decidido apostar fuertemente por la introducción de esta metodología. Países de Norte América (como Estados Unidos o Canadá) y países de regiones escandinavas (como Noruega, Finlandia o Dinamarca), son los que se sitúan a la cabecera tanto por la impulsión del desarrollo como por la implementación de BIM en el sector (Smith, 2014a). Estos países están realizando grandes inversiones, siendo las instituciones gubernamentales el factor clave para motivar el uso de BIM, no sólo porque están redactando normativa para la ejecución de proyectos públicos empleando BIM, sino porque además están promoviendo proyectos de investigación, redactando directrices en manuales y guías BIM y estableciendo formatos como el IFC para el intercambio de información (BuildingSmart, 2012). En el caso del sector de la construcción en España, están viendo el apoyo del gobierno hacia BIM, y cada vez más empresas en el sector privado están comenzando a valorar los beneficios que aporta la metodología, por lo que ha comenzado a notarse la influencia de la corriente BIM, especialmente en casos de proyectos complejos y de alto valor añadido (Instituto Tecnológico del Cantábrico - ITC, 2015).

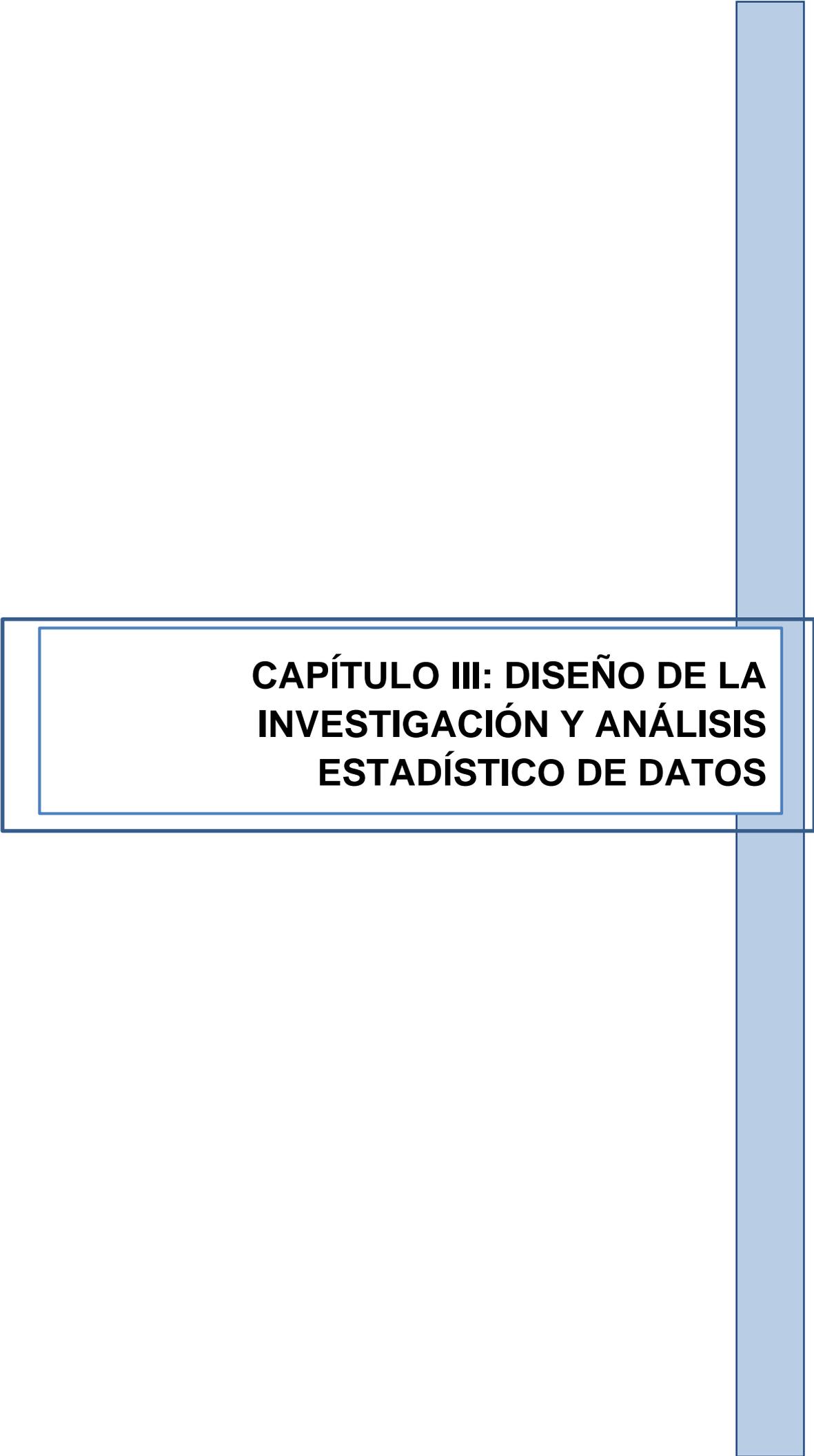


Sin embargo, y a pesar del gran potencial que presenta BIM para la mejora de colaboración entre las partes implicadas, la reducción del tiempo para la generación de documentación del proyecto, entre otros beneficios (Bryde et al., 2013), se han detectado dificultades en la implementación exitosa de BIM.

Tras estudiar el contexto en el que se ha analizado de forma exhaustiva el estado actual de la metodología BIM, se detecta la laguna de conocimiento, la cual conduce a la necesidad de proceder a la identificación de los factores que están asociados al comportamiento colaborativo y que a su vez están vinculados con la implementación de la metodología BIM durante el desarrollo de un proyecto de construcción.

Con este objetivo, se ha realizado un estudio minucioso de la amplia bibliografía encontrada sobre BIM, su implementación y el comportamiento colaborativo en el contexto BIM, y así obtener los factores más significativos en el comportamiento colaborativo durante la implementación de BIM en proyectos de construcción.

Para ello, primero se extraen los factores asociados a la colaboración a través del estudio de la bibliografía existente. Seguidamente, se diseña una encuesta donde se establecen las relaciones entre los factores de colaboración y la implementación de BIM. Por último, se analizan los resultados obtenidos de la encuesta y se extraen los factores de la colaboración más significativos para la implementación de BIM en los proyectos de construcción.



**CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA
INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS
ESTADÍSTICO DE DATOS**

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	74
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	74
3.1.1. FASE TEÓRICA Y METODOLÓGICA	75
3.1.2. FASE DE VALIDACIÓN EMPÍRICA Y ANALÍTICA	76
3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	91
3.2.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA	91
3.2.2. MEDICIÓN DE LA FIABILIDAD Y CONSISTENCIA INTERNA DEL CUESTIONARIO	101
FIABILIDAD MEDIANTE EL COEFICIENTE α DE CRONBACH	101
ANÁLISIS FACTORIAL	105
3.2.3. ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO DE LA MUESTRA	117

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

La investigación desarrollada en el presente trabajo se corresponde a una investigación explicativa donde se ha tratado de describir y acercarse a una de las problemáticas detectada en el campo de la metodología BIM: el comportamiento colaborativo durante la implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción. A su vez se ha intentado encontrar las causas que afectan al comportamiento colaborativo a través de la identificación y comparativa de los diferentes factores relacionados con comportamiento colaborativo.

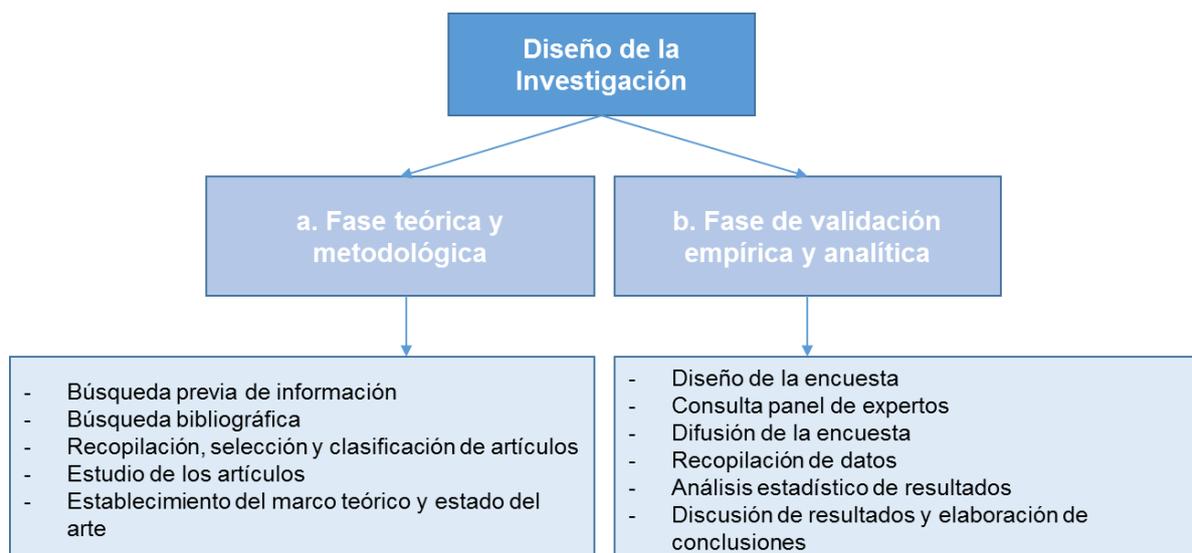
A continuación se describe el diseño de la investigación y se presentan los resultados del análisis estadístico de los datos obtenidos en la investigación.

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se ha realizado en dos fases diferenciadas (ver Esquema 1):

a. Fase teórica y metodológica. En esta fase se efectuó la búsqueda previa de información y búsqueda bibliográfica, para la posterior recopilación, selección y clasificación de los artículos encontrados. Además, se estudiaron los artículos para la obtención de los factores influyentes, y se estableció el marco teórico y el estado del arte.

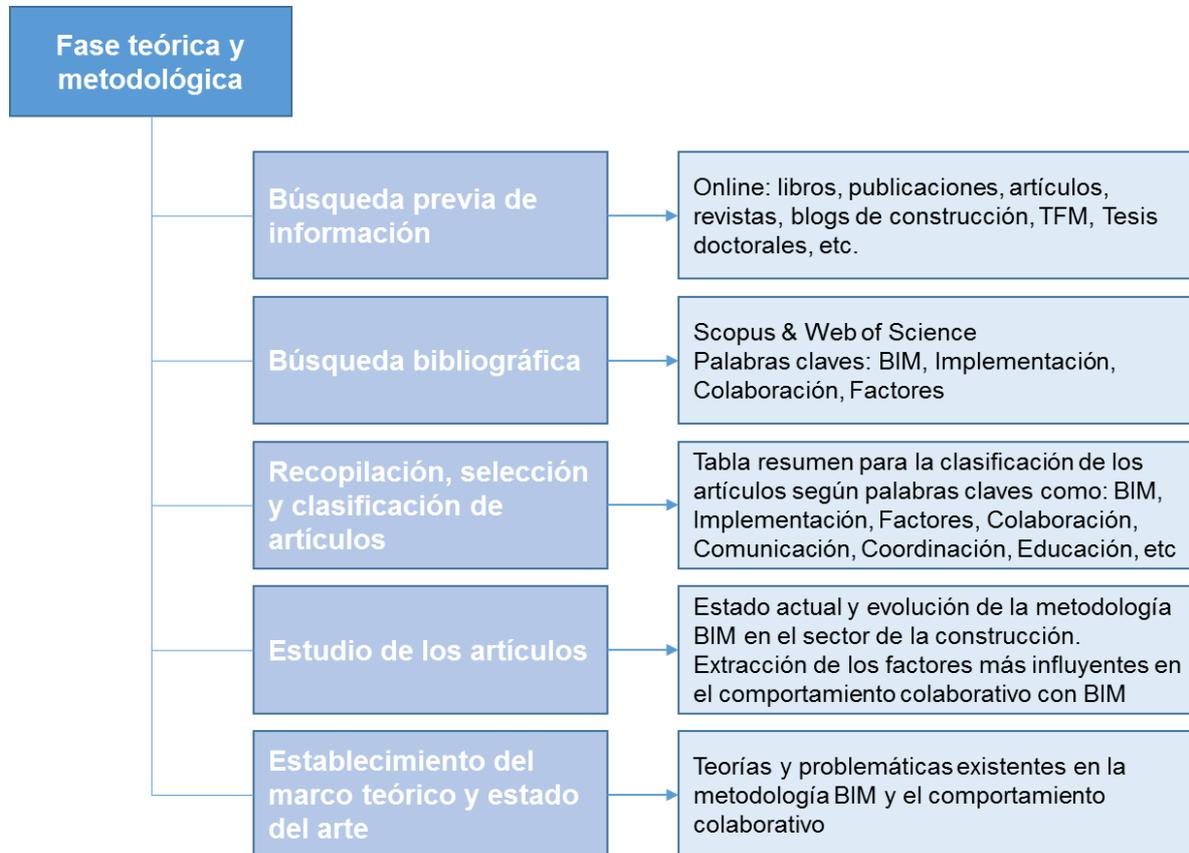
b. Fase de validación empírica y analítica. En esta fase se diseñó la encuesta, se realizó la prueba piloto con la consulta al panel de expertos, se ajustaron las preguntas para obtener la encuesta final, se lanzó la encuesta a la población objeto del estudio, se recopilaron y analizaron los datos empleando métodos estadísticos y, por último, se analizaron los resultados para elaborar las conclusiones al respecto.



Esquema 1. Resumen de las fases del diseño de la investigación

3.1.1. FASE TEÓRICA Y METODOLÓGICA

Con el fin de completar esta fase teórica y metodológica se desarrollaron las tareas correspondientes para delimitar y cubrir la laguna de conocimiento, establecer los conceptos básicos relacionados con la temática objeto de la investigación y presentar el estado del arte actual. Estas tareas quedan sintetizadas en el Esquema 2 presentado continuación:



Esquema 2. Resumen de la fase teórica y metodológica

a. Búsqueda previa de información: en este apartado se realizó una primera búsqueda de información para definir el tema y extraer la problemática que será el objeto de estudio de la investigación. Para ello se realizó una búsqueda online de fuentes primarias de información como son libros, publicaciones, artículos y revistas, consulta de blogs de construcción, además de tesis y trabajos fin de máster relacionados con la metodología BIM.

b. Búsqueda bibliográfica: una vez obtenida la información más general, se realizó una búsqueda más específica y detallada para poder documentar la información teórica anterior y comprobar a su vez la gran influencia que tiene el desarrollo científico y tecnológico en este campo. Con este fin se realizó la búsqueda a través de bases de datos científicas como son Scopus y Web of Science. Para acotar la búsqueda (ya que se trata de una temática muy ampliamente tratada), se emplearon los diferentes filtros que se ofrecen en las bases de datos, como son palabras claves: BIM, Implementación, Colaboración, Factores. Además, dada la evolución constante de esta temática, se trató de filtrar por publicaciones más recientes (de los últimos 5 años). Este filtro es muy importante ya que debido al interés despertado por la metodología BIM, cualquier avance afecta casi de inmediato, suponiendo la generación de multitud de artículos y publicaciones en un periodo de tiempo muy corto.



c. Recopilación, selección y clasificación de artículos: para poder organizar de forma práctica los artículos, en primer lugar se clasificaron según las palabras clave empleadas como filtro. Tras ello, se hizo una selección de los artículos que tenían mayor vinculación con la problemática detectada, es decir, teniendo en cuenta el grado de relación con el tema. Posteriormente, se elaboró una tabla más detallada para clasificar de forma más esquemática los artículos, según el siguiente conjunto de palabras clave: BIM, Implementación, Factores, Colaboración, Comunicación, Coordinación, Educación, Práctica, Integración, Trabajo en Equipo, Flujo de información, Software, Revisión de la literatura, Caso de estudio.

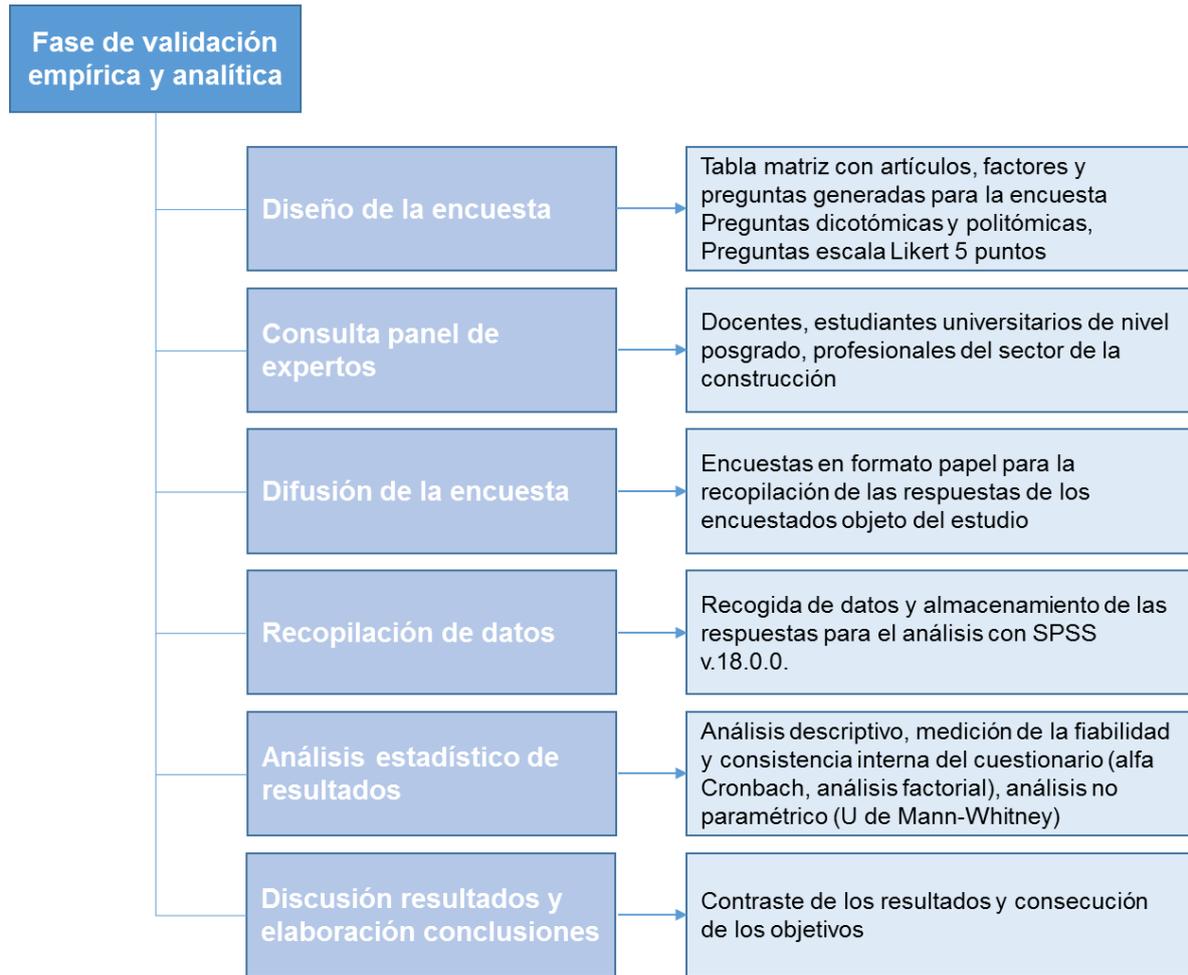
En el Anexo 2 se presenta una tabla con la clasificación de los artículos según las palabras clave relevantes para este estudio.

d. Estudio de los artículos: en este apartado se analiza la información existente y se determina el estado actual y la evolución que experimenta dicha metodología BIM en el sector de la construcción alrededor del mundo. A su vez, se extraen los factores más influyentes en el comportamiento colaborativo durante la implementación de la metodología BIM.

e. Establecimiento del marco teórico y estado del arte: en esta sección se realiza la delimitación del tema a tratar y el estudio del conocimiento acumulado dentro del área de la metodología BIM, es decir, aquí se elabora el marco teórico y establece el estado del arte a través del análisis más detallado de los artículos más relevantes y actuales en la temática BIM vinculada al comportamiento colaborativo. El objetivo de este apartado es relacionar los conceptos de BIM y Colaboración, apoyándose en los artículos analizados en los que se obtienen las diferentes teorías y problemáticas alrededor de la temática objeto de la investigación.

3.1.2. FASE DE VALIDACIÓN EMPÍRICA Y ANALÍTICA

El objetivo de esta fase es realizar el diseño de la encuesta, que es la herramienta base de esta investigación. La encuesta contiene preguntas elaboradas con una escala Likert de cinco puntos y preguntas categóricas sobre las características personales (género, edad) y el perfil académico de los participantes. Además, se añaden preguntas nominales o dicotómicas, es decir, de respuesta "Sí/No". Algunas de estas preguntas van acompañadas de un espacio para añadir una respuesta libre en caso de seleccionar la opción "No". Posteriormente, se consulta con el panel de expertos constituido por un grupo seleccionado de profesionales relacionados con el sector de la construcción y la educación. Tras recibir los comentarios oportunos de los expertos, se ajustan las preguntas para la obtención de la encuesta final que es difundida a través de medios físicos a la población objeto del estudio. Una vez recolectadas las respuestas, se recopilan y analizan los datos empleando métodos estadísticos. Para finalizar, se analizan los resultados y se elaboran las conclusiones. Este proceso queda resumido en el Esquema 3 a continuación:



Esquema 3. Resumen de la fase de validación empírica y analítica

a. Diseño de la encuesta: previamente a la elaboración de la encuesta se realiza el estudio y clasificación de artículos y publicaciones de las que se extraen los factores objeto de estudio. Para determinar los factores más relevantes, se elabora una tabla matriz donde se agrupan los artículos seleccionados y los factores que son más frecuentemente citados en dichos artículos ver Tabla 26 en Anexo 2. Los factores más citados serán considerados como los más relevantes, y de esta manera se determinan los constructos principales y sus variables que serán objeto de análisis en la encuesta. Las preguntas propuestas en el cuestionario se basan en los constructos y variables más relevantes encontrados en la etapa de revisión bibliográfica, de forma que cada pregunta contenida en la encuesta quede fundamentada, contrastada y citada, tal y como se muestra en la Tabla 3 a continuación.



Constructos	Códigos	Variables de la Investigación	Preguntas	Fuentes	Justificación
Experiencia previa	A	Utilización previa de un software BIM	1. ¿Es esta la primera experiencia que ha tenido empleando un software BIM?	Czmoch, I. y Pełkala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. <i>Procedia Engineering</i> , 91:210–215.	"Grandes pérdidas en la productividad así como grandes retrasos pueden aparecer debido a la ignorancia de la herramienta por parte de los diseñadores".
				Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Barreras para la adopción de BIM: la falta de experiencia"
	B	Participación previa en un proyecto BIM	2. ¿Es esta la primera vez que ha estado involucrado en un proyecto multidisciplinar con implementación de la metodología BIM?	Lee, S., Yu, J. y Jeong, D. (2015). BIM acceptance model in construction organizations. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 31(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000252.	"Que la tecnología encaje con la experiencia previa, el potencial del que la adopta, la práctica en el trabajo, el sistema empleado y las necesidades, son los factores que se han identificado como esenciales para la adopción de la innovación"
				Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Barreras para la adopción de BIM: la falta de experiencia"
Motivación y Expectativas	C		3. Indique el nivel de expectativas para este curso en relación a:		
	C1	Desarrollo de habilidades colaborativas	a. Establecimiento de colaboración durante el trabajo en equipo	Doherty, M. (2015). Factors of Successful Collaboration. Recuperado de http://www.pdx.edu/npcc/sites/www.pdx.edu/npcc/files/Factors%20of%20Successful%20Collaboration.pdf [Consultado: Noviembre, 2015]	"Los beneficios del establecimiento de la colaboración identificados en este estudio son: encontrar soluciones que permiten un beneficio mutuo entre los participantes, mejora de la toma de decisiones, mejora en la resolución de problemas, aumento de la habilidad para la resolución y prevención de conflictos entre los participantes, aumento del deseo de colaboración entre los participantes, aumento de la interacción entre los participantes (...) aumento de la confianza entre los participantes, se amplía las fuentes de información, se aumentan las oportunidades para la eficiencia, se disminuye el riesgo individual, se aumenta la habilidad para manejar la incertidumbre, se aumenta la habilidad de adaptación ante el cambio de entorno"



Constructos	Códigos	Variables de la Investigación	Preguntas	Fuentes	Justificación
	C2	Formación en BIM	b. Adquisición de conocimientos sobre la metodología BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"Existen numerosas fuentes de resistencia al cambio. Éstas incluyen el miedo a lo desconocido, la falta de información, conocimiento o habilidades, (...). Las razones que están detrás de la resistencia del usuario al cambio se deben conocer para tomar la acción correcta al respecto. La práctica (con la herramienta BIM) y la comunicación pueden ser usadas para superar la resistencia por causa de falta información, conocimientos o habilidades."
	C3	Práctica con la herramienta BIM	c. Formación y práctica con una herramienta BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"La resistencia al cambio del usuario se resolvería con: una implicación del usuario en una etapa más temprana de la implementación, unas interfaces más amigables con el usuario, y el práctica (con la herramienta)"
	C4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	d. Ayuda y apoyo durante las sesiones teóricas y prácticas de laboratorio	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"El éxito de la implementación de un sistema colaborativo depende en un 80% en el seguimiento de los empleados y un 20% en resolver los aspectos tecnológicos". "El éxito de un ambiente colaborativo no depende únicamente de la tecnología con características colaborativas introducida en la organización, sino que depende en gran medida en cómo la tecnología es introducida"
Organización y Planificación	D	Designación de los roles de los miembros del equipo	4. ¿Se definieron los diferentes roles y responsabilidades de cada miembro del grupo?	Doherty, M. (2015). Factors of Successful Collaboration. Recuperado de http://www.pdx.edu/npsc/sites/www.pdx.edu.npsc/files/Factors%20of%20Successful%20Collaboration.pdf [Consultado: Noviembre, 2015]	"Factores para una colaboración exitosa: la percepción de la interdependencia y unas expectativas, acuerdos y roles claros y bien documentados"
	E	Reparto de las tareas	5. ¿Se organizaron las diferentes tareas y decidieron quien estaba a cargo de cada una de ellas?		"Factores para una colaboración exitosa: Identificación de los intereses comunes y el establecimiento de la voluntad de compartir información y recursos"
	F	Elección del líder	6. ¿Fue elegido a un líder para coordinar el grupo?		"Factores para una colaboración exitosa: evitar la lucha de poderes y efectividad en la resolución de conflictos"
	G	Establecimiento de reuniones grupales	7. ¿Se planificaron las reuniones de grupo para el seguimiento del proyecto?		"Factores para una colaboración exitosa: mecanismos de evaluación y retroalimentación, y una comunicación abierta y reiterada, que son fundamentales para la ganancia de confianza"



Constructos	Códigos	Variables de la Investigación	Preguntas	Fuentes	Justificación
Dificultades	H		8. Indique el nivel de dificultad que encontró en relación a:		
	H1	Comunicación entre miembros del equipo	a. Comunicación entre los miembros del grupo durante el desarrollo de las tareas	Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Barreras para la adopción de BIM: la falta de colaboración entre los participantes y falta de herramientas para desarrollar una gestión colaborativa, siendo uno de los factores claves para la adopción de la tecnología BIM las dificultades en la comunicación"
	H2	Intercambio y compartición de información	b. Compartir e intercambiar información con otros miembros del grupo		"Barreras para la adopción de BIM: Reticencia para compartir abiertamente información"
	H3	Comprensión de las tareas a desarrollar	c. Comprensión de las áreas solicitadas para desarrollar el análisis BIM 5D para el proyecto		"Barreras para la adopción de BIM: La falta de estándares a la hora de implementar el sistema y problemas en la gestión del modelo BIM"
	H4	Utilización del software BIM	d. Utilización del software: intuitivo y sencillo de trabajar con las diferentes interfaces		"Barreras para la adopción de BIM: interoperabilidad limitada del software BIM y limitación de las aplicaciones actuales para la utilización de BIM"
	H5	Confianza en otros miembros del equipo	e. Depositar confianza en otros miembros del grupo		Bryde, D., Broquetas, M., y Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information Modelling (BIM). <i>International Journal of Project Management</i> , 31(7):971–980.
Colaboración	I		9. Indique el nivel de:		
	I1	La implicación y compromiso de los miembros del equipo	a. Participación y compromiso de los miembros del grupo	Xue, X., Shen, Q. y Ren, Z. (2010). Critical review of collaborative working in construction projects: Business environment and human behaviors. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 26(4):196–208.	"Como factores claves y absolutamente necesarios para conseguir los objetivos se definen los factores CSF, que son factores inherentes a un proyecto de construcción y que deben ser mantenidos para que tenga lugar el trabajo en equipo de una forma efectiva y eficiente. Algunos de estos factores críticos son como la implicación de todos los agentes relacionados en el proyecto y el compromiso para generar una actitud de win-win (donde ambas partes ganan)"
	I2	La efectividad del trabajo en equipo	b. Efectividad del trabajo conjunto en equipo	Xue, X., Shen, Q. y Ren, Z. (2010). Critical review of collaborative working in construction projects: Business environment and human behaviors. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 26(4):196–208.	"La mejora de la efectividad de las operaciones en la organización y la necesidad de un uso más eficiente de los recursos de la organización son dos de los factores que rigen la colaboración"



Constructos	Códigos	Variables de la Investigación	Preguntas	Fuentes	Justificación
	I3	La generación de colaboración	c. Colaboración generada entre los miembros	Xue, X., Shen, Q. y Ren, Z. (2010). Critical review of collaborative working in construction projects: Business environment and human behaviors. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 26(4):196–208.	"El trabajo en equipo implica una cooperación efectiva de un grupo de gente en un conjunto de actividades que están enfocadas a un objetivo común. La razón para el trabajo en equipo es que los resultados obtenidos por el grupo en conjunto es mejor que si se sumaran los esfuerzos individuales de cada uno de los integrantes del grupo"
	J		10. Indique el nivel de importancia de los siguientes factores de colaboración:		
	J1	La organización del equipo	a. Organización del trabajo en equipo	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"Una organización adecuada es necesaria para que se produzca una organización colaborativa para acordar los formatos comunes, tipos y regulación sobre el intercambio de información para aportar consistencia y evitar posibles confusiones, ya que se produciría una incompatibilidad en el proceso debido a la falta de cláusulas contractuales en relación con el uso de la colaboración, y la falta de una guía clara ."
	J2	El flujo de información y habilidades comunicativas	b. Flujo de trabajo y habilidades comunicativas	Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"Tras la experiencia realizada se ha concluido que la comunicación y la gestión de la información suponen un problema para los estudiantes en los trabajos en equipo, sin embargo, esta es una competencia fundamental y requerida en los futuros profesionales del sector de la construcción"
	J3	La facilidad de uso del software e interoperabilidad	c. Interoperabilidad e intuitividad de uso del software	Sackey, E., Tuuli, M., y Dainty, A. (2015). Sociotechnical systems approach to BIM implementation in a Multidisciplinary construction context. <i>Journal of Management in Engineering</i> , 31(1), A4014005. doi:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000303	"Existen retos técnicos y organizacionales en la interoperabilidad entre el software y la información. El modelo de Leavitt's (1964) resalta la importancia de entender las interrelaciones de los elementos que operan en un sistema de trabajo. Dicho modelo representa la relación entre la tecnología, los actores, la estructura y las tareas dentro del sistema de trabajo." "Uno de los incidentes críticos en el mantenimiento del equilibrio del sistema de trabajo es la necesidad de interoperabilidad o la fácil utilización de las diferentes aplicaciones BIM".

Constructos	Códigos	Variables de la Investigación	Preguntas	Fuentes	Justificación
Educación y Formación adquiridas	K		11. Indique en qué nivel le ha ayudado este curso para la:		
	K1	Metodología BIM	a. Comprensión e implementación de la metodología BIM	Boeykens, S., Klein, R., De Somer, P., Moenssens, N., y Saelens, D. (2013). Simulating real world collaboration through interdisciplinary student projects using BIM. 41st SEFI Conference, 16-20 September 2013, Leuven, Belgium.	"La introducción del conocimiento BIM en la enseñanza de diferentes disciplinas de la ingeniería con el objetivo de estudiar un caso real donde se produce la implementación de la colaboración en los equipos de trabajo y la introducción de herramientas software innovativas". "En el proyecto educativo empleado, los estudiantes deben aprender a gestionar un proyecto BIM a través del uso de herramientas y un modelo digital BIM, donde experimentan y reflejan las oportunidades de la comunicación y la gestión de la información, además de entender la sinergia generada en un equipo de trabajo y los roles en el mismo entre las diferentes disciplinas implicadas en el mismo". "De esta manera los estudiantes son instruidos para afrontar su futuro laboral en el complejo y constantemente cambiante mundo de la construcción: se les expone a numerosas corrientes innovativas que están emergiendo en la práctica de la construcción (metodología y tecnología BIM) en un ambiente educativo"
	K2	Herramienta BIM	b. Comprensión y manejo de una herramienta BIM		
	K3	Metodología IPD (otros procesos asociados a BIM)	c. Comprensión del método IPD (Integrated Project Delivery)	Kent, D. C. y Becerik-Gerber, B. (2010). Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 136(8):815–825.	"En la adopción del sistema IPD en la industria de la construcción, el sistema educativo debería tener un enfoque más colaborativo. Se ha encontrado que aunque algunos profesionales han trabajado con proyectos IPD o similares, la mayoría no ha tenido experiencia directa con IPD o no se ha familiarizado con los conceptos, lo que sugiere que es necesario un mayor hincapié en la educación en IPD, ya que los beneficios que supone en la entrega de proyectos de construcción con el uso dicho método despierta gran interés en la industria."
Satisfacción alcanzada	L		12. Indique el nivel de satisfacción de este curso en relación a:		
	L1	Desarrollo de habilidades colaborativas	a. Establecimiento de colaboración en el trabajo en equipo	Doherty, M. (2015). Factors of Successful Collaboration. Recuperado de http://www.pdx.edu/npsc/sites/www.pdx.edu.npsc/files/Factors%20of%20Successful%20Collaboration.pdf [Consultado: Noviembre, 2015]	"Los beneficios del establecimiento de la colaboración identificados en este estudio son: encontrar soluciones que permiten un beneficio mutuo entre los participantes, mejora de la toma de decisiones, mejora en la resolución de problemas, aumento de la habilidad para la resolución y prevención de conflictos entre los participantes, aumento del deseo de colaboración entre los participantes, aumento de la interacción entre los participantes (...) aumento de la confianza entre los participantes, se amplía las fuentes de información, se aumentan las oportunidades para la eficiencia, se disminuye el riesgo individual, se aumenta la habilidad para manejar la incertidumbre, se aumenta la habilidad de adaptación ante el cambio de entorno"

Constructos	Códigos	Variables de la Investigación	Preguntas	Fuentes	Justificación
	L2	Formación en BIM	b. Adquisición de conocimientos sobre la metodología BIM	Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. <i>Journal of Management in Engineering</i> ,30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.	"Existen numerosas fuentes de resistencia al cambio. Éstas incluyen el miedo a lo desconocido, la falta de información, conocimiento o habilidades, (...). Las razones que están detrás de la resistencia del usuario al cambio se deben conocer para tomar la acción correcta al respecto. La práctica y la educación pueden ser usadas para superar la resistencia por causa de falta de información, conocimientos o habilidades."
	L3	Práctica con la herramienta BIM	c. Formación y práctica con una herramienta BIM		"La resistencia al cambio del usuario se resolvería con: una implicación del usuario en una etapa más temprana de la implementación, unas interfaces más amigables con el usuario, y el práctica (con la herramienta)"
	L4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	d. Ayuda y apoyo recibido durante las sesiones teóricas y prácticas de laboratorio		"El éxito de la implementación de un sistema colaborativo depende en un 80% en el seguimiento de los empleados y un 20% en resolver los aspectos tecnológicos". "El éxito de un ambiente colaborativo no depende únicamente de la tecnología con características colaborativas introducida en la organización, sino que depende en gran medida en cómo la tecnología es introducida"
Predisposición futura	M	Trabajar de forma colaborativa	13. ¿Podría afirmar que tras este curso ha aprendido cómo trabajar de forma colaborativa?	Won, J., Lee, G., Dossick, C., y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , 139(11), 04013014. doi:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731	"El éxito de la adopción de la tecnología depende de muchos factores, incluyendo la actitud de las personas hacia las tecnologías, cultura corporativa, relaciones entre compañías, las características específicas de los proyectos, los precedentes legales de la industria, la densidad de comunicación, las barreras organizacionales, y la resistencia individual al cambio (O'Brien 2000; Nitithamyong and Skibniewski 2003). La actitud personal hace la adopción de nuevas tecnologías se rigen por los riesgos que supone el uso de medios y métodos no utilizados, por la dificultad en implementar la tecnología aspectos particulares, por el riesgo financiero que supone, y por la percepción de la actitud de otros trabajadores hacia las nuevas tecnologías (Paulson y Fondahl 1980; Tatum 1989). Incluso cuando las empresas se comprometen para aportar los recursos necesarios para el cambio tecnológico, los participantes del proyecto no participan con la misma igualdad (Cuff 1991)."
	N	Trabajar con software BIM	14. ¿Podría afirmar que este curso le ha ayudado a superar su temor a trabajar con herramientas BIM en un proyecto?		
	O	Implementar la metodología BIM	15. En un futuro, ¿Estaría dispuesto a realizar la implementación de la metodología BIM en otros proyectos?		

Tabla 3. Resumen de contenido: constructos, variables y preguntas con justificación bibliográfica



Los diferentes ítems de la encuesta se elaboran basándose en los 10 constructos que se enumeran a continuación:

1. Características personales
2. Perfil académico
3. Experiencia previa
4. Motivación y expectativas
5. Organización y planificación
6. Dificultades
7. Colaboración
8. Educación y formación adquiridas
9. Satisfacción alcanzada
10. Predisposición futura

Los constructos agrupan diferentes variables determinadas para el estudio. Existen un total de 37 variables para las que se han redactado un total de 37 preguntas. Brevemente se comentan los constructos y el número de preguntas asignadas al mismo: 6 preguntas dedicadas a la caracterización de los encuestados, donde 2 preguntas definen el constructo de “Características personales” sobre el género y edad, y las otras 4 preguntas restantes pertenecen al constructo del “Perfil académico”. Además, se generan 2 preguntas para el constructo de “Experiencia previa” y 8 para el constructo de “Motivación y nivel de expectativas” antes del proyecto BIM y el de “Satisfacción alcanzada” después del mismo. Se proponen 18 preguntas de variables que abarcan las etapas de antes, durante y después de la participación en el proyecto BIM pertenecientes a los constructos de “Organización y planificación”, “Dificultades”, “Colaboración”, “Educación y formación adquiridas”. Finalmente, para el constructo “Predisposición futura” se proponen 3 preguntas en las que los estudiantes reflejan su inclinación futura respecto al empleo de la metodología y herramientas BIM.

Los constructos más importantes y relevantes para la evaluación del comportamiento colaborativo durante la implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción son los 5 constructos que forman la parte principal de la encuesta que son: “Motivación y expectativas”, “Organización y planificación”, “Dificultades”, “Colaboración”, “Educación y formación adquiridas” y “Satisfacción alcanzada”.

Las preguntas contenidas en la encuesta son Preguntas Cerradas, es decir, el encuestado tiene que elegir entre las opciones proporcionadas. Éstas a su vez se clasifican en:

1. Preguntas de elección única:

Son las preguntas en las que sólo puede ser seleccionada una opción entre las opciones ofrecidas en la pregunta. Son preguntas excluyentes entre sí.

a. Dicotómicas: son las preguntas que solo tienen dos alternativas de respuesta. Por ejemplo, son aquellas preguntas que se contestan con un Sí o con un No. De las preguntas

empleadas, un total de 9 se formulan planteando como respuesta las alternativas SI/NO. Y, en las 2 preguntas que forman el constructo “Experiencia previa”, en caso de contestar “NO” existe un espacio de libre respuesta para mayor profundización en los detalles.

b. Politémicas o categorizadas: presentan varias alternativas para que el encuestado seleccione la más conveniente.

En la presente encuesta se ha empleado esta tipología para contestar 6 preguntas sobre la caracterización de los encuestados, es decir, para determinar las características personales (género o edad) y el perfil académico (nivel de estudios, especialización de los estudios, equipo de trabajo y número de miembros del equipo).

2. Preguntas de escala:

Se utilizan para evaluar el grado de intensidad o sentimiento de una característica o variable que se está midiendo. Para la encuesta del estudio se ha seleccionado la “Escala Likert” de 5 puntos. La Escala Likert es muy empleada en las encuestas y su uso es de gran utilidad para medir actitudes. Las ventajas de la escala Likert es que se considera fácil de elaborar y además permite lograr altos niveles de confiabilidad y requiere pocos ítems, mientras que otras necesitan más para lograr los mismos resultados. Además, en la presente encuesta se ha seleccionado el método de 5 puntos para la escala Likert. Esto es debido a que una buena escala de Likert debe ser simétrica, es decir, debe tener el mismo número de categorías positivas y negativas. Además, es recomendable que la escala incluya un punto medio para que los encuestados puedan seleccionar esa opción en caso de indecisión o neutralidad.

El objetivo de la presente investigación es averiguar el vínculo establecido entre el comportamiento colaborativo y los proyectos de construcción desarrollados con la metodología BIM a través del caso de estudio de los estudiantes de grado y posgrado que han participado en un proyecto de dichas características, y es por ello que se han incluido un total de 22 preguntas que atienden a la formulación de escala Likert de 5 puntos, que se han redactado para ser contestadas según las cinco alternativas de respuestas que se muestran a continuación:

1. Muy bajo
2. Bajo
3. Normal
4. Alto
5. Muy alto

Para facilitar el estudio, las respuestas son numeradas del 1 al 5, siendo 1 “muy bajo” y 5 “muy alto”.

En la Tabla 4 se presentan las preguntas que componen la encuesta, agrupadas por bloques según los constructos a los que pertenecen y el tipo de escala con el que se han medido las diferentes variables de la investigación a las que representan.

Constructos	Códigos	Tipo de escala	Variables de la Investigación	Preguntas
Características personales	Género	Dicotómica	Género	Sexo: Hombre - Mujer
	Edad	Politómica	Edad	Edad: 18 a 20 - 21 a 25 - 26 a 35 - más de 35
Perfil académico	Grupo	Politómica	Equipo de trabajo	Equipo: T1 - T2 - T3 - T4 - T5- T6 - T7 - T8
	Nivel_Estudios	Dicotómica	Nivel de estudios	Nivel de estudios: Grado - Posgrado
	Tipo_Estudio	Politómica	Especialización de los estudios	Grado: Ing. Civil - Arquitectura - Ing. Edificación - Ing. Informática
	N_miembros	Politómica	Número de miembros del equipo	Total de miembros en el grupo: 2 - 3 - 4 - 5 - >5
Experiencia previa	A	Dicotómica	Utilización previa de un software BIM	1. ¿Es esta la primera experiencia que ha tenido empleando un software BIM?
	B	Dicotómica	Participación previa en un proyecto BIM	2. ¿Es esta la primera vez que ha estado involucrado en un proyecto multidisciplinar con implementación de la metodología BIM?
Motivación y Expectativas	C			3. Indique el nivel de expectativas para este curso en relación a:
	C1	Likert 5 puntos	Desarrollo de habilidades colaborativas	a. Establecimiento de colaboración durante el trabajo en equipo
	C2	Likert 5 puntos	Formación en BIM	b. Adquisición de conocimientos sobre la metodología BIM
	C3	Likert 5 puntos	Práctica con la herramienta BIM	c. Formación y práctica con una herramienta BIM
	C4	Likert 5 puntos	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	d. Ayuda y apoyo durante las sesiones teóricas y prácticas de laboratorio
Organización y Planificación	D	Dicotómica	Designación de los roles de los miembros del equipo	4. ¿Se definieron los diferentes roles y responsabilidades de cada miembro del grupo?
	E	Dicotómica	Reparto de las tareas	5. ¿Se organizaron las diferentes tareas y decidieron quien estaba a cargo de cada una de ellas?
	F	Dicotómica	Elección del líder	6. ¿Fue elegido a un líder para coordinar el grupo?
	G	Dicotómica	Establecimiento de reuniones grupales	7. ¿Se planificaron las reuniones de grupo para el seguimiento del proyecto?
Dificultades	H			8. Indique el nivel de dificultad que encontró en relación a:
	H1	Likert 5 puntos	Comunicación entre miembros del equipo	a. Comunicación entre los miembros del grupo durante el desarrollo de las tareas
	H2	Likert 5 puntos	Intercambio y compartición de información	b. Compartir e intercambiar información con otros miembros del grupo
	H3	Likert 5 puntos	Comprensión de las tareas a desarrollar	c. Comprensión de las áreas solicitadas para desarrollar el análisis BIM 5D para el proyecto
	H4	Likert 5 puntos	Utilización del software BIM	d. Utilización del software: intuitivo y sencillo de trabajar con las diferentes interfaces
	H5	Likert 5 puntos	Confianza en otros miembros del equipo	e. Depositar confianza en otros miembros del grupo

Constructos	Códigos	Tipo de escala	Variables de la Investigación	Preguntas
Colaboración	I			9. Indique el nivel de:
	I1	Likert 5 puntos	La implicación y compromiso de los miembros del equipo	a. Participación y compromiso de los miembros del grupo
	I2	Likert 5 puntos	La efectividad del trabajo en equipo	b. Efectividad del trabajo conjunto en equipo
	I3	Likert 5 puntos	La generación de colaboración	c. Colaboración generada entre los miembros
	J			10. Indique el nivel de importancia de los siguientes factores de colaboración:
	J1	Likert 5 puntos	La organización del equipo	a. Organización del trabajo en equipo
	J2	Likert 5 puntos	El flujo de información y habilidades comunicativas	b. Flujo de trabajo y habilidades comunicativas
	J3	Likert 5 puntos	La facilidad de uso del software e interoperabilidad	c. Interoperabilidad e intuición de uso del software
Educación y Formación adquiridas	K			11. Indique en qué nivel le ha ayudado este curso para la:
	K1	Likert 5 puntos	Metodología BIM	a. Comprensión e implementación de la metodología BIM
	K2	Likert 5 puntos	Herramienta BIM	b. Comprensión y manejo de una herramienta BIM
	K3	Likert 5 puntos	Metodología IPD (otros procesos asociados a BIM)	c. Comprensión del método IPD (Integrated Project Delivery)
Satisfacción alcanzada	L			12. Indique el nivel de satisfacción de este curso en relación a:
	L1	Likert 5 puntos	Desarrollo de habilidades colaborativas	a. Establecimiento de colaboración en el trabajo en equipo
	L2	Likert 5 puntos	Formación en BIM	b. Adquisición de conocimientos sobre la metodología BIM
	L3	Likert 5 puntos	Práctica con la herramienta BIM	c. Formación y práctica con una herramienta BIM
	L4	Likert 5 puntos	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	d. Ayuda y apoyo recibido durante las sesiones teóricas y prácticas de laboratorio
Predisposición futura	M	Dicotómica	Trabajar de forma colaborativa	13. ¿Podría afirmar que tras este curso ha aprendido cómo trabajar de forma colaborativa?
	N	Dicotómica	Trabajar con software BIM	14. ¿Podría afirmar que este curso le ha ayudado a superar su temor a trabajar con herramientas BIM en un proyecto?
	O	Dicotómica	Implementar la metodología BIM	15. En un futuro, ¿Estaría dispuesto a realizar la implementación de la metodología BIM en otros proyectos?

Tabla 4. Resumen: Constructos, tipo de escala, variables y preguntas de la encuesta



b. Consulta panel de expertos: el primer borrador de la encuesta es revisado por 5 expertos del sector de la construcción con características diferentes respecto a la edad, área de trabajo (universidad, empresa constructora, empresa consultora) o nivel de educación (estudiante de ingeniería, profesor doctor, ingeniero titulado). El grupo de expertos está formado por 2 docentes de la universidad Georgia Technology Institute de Estados Unidos, 10 compañeros del Máster en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil de la Universitat Politècnica de València, además de 2 profesionales del sector de la construcción. De esta manera se pretende asegurar la consistencia de la encuesta, y tras la revisión de las preguntas de la misma, se obtienen críticas desde diferentes puntos de vista. La consulta a expertos ha ayudado a la mejora en la redacción y formulación de las preguntas y a la eliminación o adición de ítems en la encuesta.

Cabe mencionar que en el caso de la presente encuesta, dos apartados fueron añadidos para valorar la motivación y nivel de expectativas antes del proyecto a desarrollar con BIM, y también para conocer el nivel de satisfacción alcanzado tras el proyecto BIM.

c. Difusión de la encuesta: para la divulgación de las encuestas se seleccionó el medio físico a través de hojas de papel. La entrega de las encuestas se realizó tras la presentación frente al tribunal evaluador del proyecto BIM, pues en ese instante se considera que el trabajo por parte de los estudiantes ha finalizado y tienen el proyecto muy reciente. La difusión de la encuesta tuvo lugar en un aula del edificio de la School of Architecture (Escuela de Arquitectura) de la Universidad de la Georgia Technology Institute, donde los alumnos desarrollaron el proyecto en BIM.

d. Recopilación de datos: las encuestas fueron recopiladas después de un periodo de tiempo comprendido entre 10 y 15 minutos, tras ser entregadas a los 31 alumnos seleccionados para el estudio. Se consiguió el 100% de participación, por lo que las 31 encuestas fueron completadas y las respuestas fueron almacenadas en una hoja de cálculo Excel. Para el análisis estadístico de los datos se empleó el software SPSS v. 18.0.0. En la sección 3.2 se presentan los resultados del análisis estadístico de los datos recopilados.

En Estados Unidos se llevaron a cabo las etapas de revisión de la literatura y redacción y pase del cuestionario, pero debido a la brevedad del periodo en Norte América, el análisis estadístico de los datos se extendió a lo largo de varios meses, una vez de vuelta en Europa, donde se realizó el estudio con la ayuda del programa estadístico recomendado para el análisis.



DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

La encuesta fue lanzada a la primera clase de jóvenes talentos que han completado el primer curso de certificación en la utilización del software BIM 5D denominado iTWO de RIB Software AG en la universidad Georgia Institute of Technology en Atlanta, Estados Unidos.

La universidad “Georgia Institute of Technology”: institución proveedora de la formación BIM

La universidad se sitúa en Atlanta, en la región de Georgia y está considerada una de las universidades a la cabecera de programas de investigación comprometidos con la mejora de las condiciones humanas a través de la ciencia y la tecnología. Se encuentra en la séptima posición del ranking de las mejores universidades públicas, proporcionando una educación que se centra y basa en la tecnología dirigida a más de 21.500 alumnos de grado y posgrado.

La Georgia Tech. tiene una gran cantidad de programas reconocidos a nivel nacional, publicaciones y profesores de gran prestigio, y está situada en el top 10 de las universidades públicas según la US News y World Report. Los grados que se instruyen son los recogidos en los colegios de Arquitectura, Informática, Ingeniería, Ciencias, la Escuela de Negocios de Scheller, y el Colegio Ivan Allen de Bellas Artes. La ética de trabajo duro se equilibra con un ambiente universitario donde se incluyen actividades extra universitarias, deporte, tradiciones de campus y más de 400 organizaciones de estudiantes.

El curso BIM: organización, desarrollo y tecnología

El curso se desarrolló en la Escuela de Arquitectura de la universidad estadounidense Georgia Institute of Technology en Atlanta, que tiene el prestigio de tener entre su profesorado al ilustre doctor Chuck Eastman, considerado el padre de la metodología BIM y que actualmente imparte cursos sobre BIM en dicha universidad.

La tecnología BIM empleada en el curso es el software iTWO de la empresa desarrolladora de software RIB Software AG con sede central en Stuttgart (Alemania), que desde su fundación en 1961 ha sido líder en innovación en la industria de la construcción, en el estudio y suministro de nuevas tecnologías, y de nuevas formas de pensamiento y trabajo para el aumento de la productividad en el sector de la construcción. El software RIB iTWO es uno de los “softwares” con certificado BIM por BuildingSmart (2016) y que proporciona soluciones para la gestión del proyecto, estimaciones y presupuestos a las empresas consultoras y constructoras del sector de la construcción. Dicho software combina la planificación tradicional de la construcción con la planificación pionera del 5D, pues, además de la dimensión 3D del dibujo con información paramétrica de los elementos, aporta información temporal (4D) junto con los costes (5D) a lo largo del ciclo de vida de la construcción, también conocida como la solución empresarial “End-to-End” (RIB Software AG, 2015).

El curso habilitador de iTWO fue organizado por la universidad Georgia Institute of Technology junto con la empresa desarrolladora de la tecnología BIM, el grupo RIB Software AG, considerada uno de los primeros proveedores de iTWO Big Data para la tecnología BIM 5D dentro de la industria de las infraestructuras y la construcción a nivel



mundial. El curso tuvo lugar durante el primer semestre del año lectivo 2015/2016 y se realizó como experiencia piloto por primera vez en el mundo, participando un total de 31 alumnos de estudios de grado y posgrado.

El objetivo principal del curso es introducir el pensamiento BIM y enseñar la nueva metodología de trabajo a través del uso de la tecnología innovadora del software que implementa el BIM 5D. Con esto se ha pretendido formar a los estudiantes de grado y de postgrado con un conocimiento que les permite convertirse en los motores para liderar la industria de la construcción.

El curso se estructuró en sesiones de 3 horas divididas en 1,50 horas de parte teórica y 1,50 horas de parte práctica. Durante la primera parte de sesión teórica se introducían conceptos básicos y procesos de la metodología BIM, y en la segunda parte de sesión práctica (la denominada "Hands-on session") se empleaba el software 5D de iTWO para ejercitar lo aprendido durante la sesión teórica. Las sesiones fueron dirigidas por la profesora de la asignatura, contando con el apoyo de un equipo de profesionales que trabajan para la empresa que ha proporcionado el software BIM 5D, iTWO.

La evaluación del curso se realizó a través de ejercicios prácticos semanales, test de conceptos y un proyecto final que los alumnos desarrollaron en equipos y donde demostraron todas las habilidades aprendidas sobre la metodología BIM 5D.

El proyecto final consistió en el estudio de licitación de un proyecto de construcción real empleando la metodología BIM 5D. Se desarrolló el estudio de licitación y la planificación virtual de un edificio que alberga una cafetería con una capacidad para 2.500 estudiantes. Dicho edificio es un proyecto real y que formará parte de las instalaciones de la propia universidad, Georgia Institute of Technology.

Para ello los 31 estudiantes multidisciplinares de grado y posgrado se repartieron en 8 grupos de trabajo y se les encargó analizar el proyecto para obtener el coste de este, la planificación de los trabajos, la simulación 5D (donde se une la planificación de ejecución de los trabajos y de costes). En dicho estudio se incluyeron también el análisis del coste del ciclo de vida y cómo afectaría a los costes y a la planificación de los trabajos la alteración de alguno de los elementos que componen el proyecto.

A los alumnos se les proporcionó el material necesario para el estudio del proyecto: archivos CAD con planos 3D, base de datos de precios de materiales, base de datos de actividades, etc. Ellos aplicaron la metodología BIM para desarrollar el estudio de licitación del proyecto y la presentación de la oferta que posteriormente defendieron frente al cliente para lograr ser los adjudicatarios de la construcción del proyecto. Estos alumnos han sido los sujetos seleccionados para contestar la encuesta desarrollada para el presente estudio piloto sobre el comportamiento colaborativo durante la implementación de BIM en un proyecto de construcción. La encuesta traducida al español se encuentra en el Anexo 1. El análisis de la encuesta se desarrolla a lo largo de los siguientes apartados del presente capítulo.



3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

En primer lugar se ha realizado un análisis descriptivo de todas las variables de la encuesta para describir las características de estas. Posteriormente se ha estudiado la fiabilidad de la encuesta de forma global y por constructo para comprobar que el instrumento que se está evaluando hace mediciones estables y consistentes, y además se ha realizado un análisis factorial exploratorio para estudiar si los constructos reales obtenidos con los datos de los encuestados corresponden con los inicialmente determinados de forma teórica. Finalmente, se ha estudiado la influencia de las variables dicotómicas/politómicas que caracterizan la muestra sobre las variables de los 5 constructos principales mediante un análisis no paramétrico.

3.2.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

En el presente trabajo se definieron 10 constructos a los que se asignaron las variables objeto del estudio y que se muestran en la Tabla 5. Seguidamente se explican más detalladamente los diferentes constructos y variables de la investigación.

Los constructos de “Características personales” y “Perfil académico” se emplean para la caracterización de los encuestados. Estos constructos incluyen las variables de *Género*, *Edad*, *Equipo de trabajo*, *Nivel de estudios*, *Especialización de los estudios* y *Número de miembros del equipo*. Para los constructos de “Experiencia previa”, “Organización y Planificación” y “Predisposición futura” se emplean preguntas dicotómicas para extraer información sobre las variables de *Utilización previa de un software BIM*, *Participación previa en un proyecto BIM*, *Designación de los roles de los miembros del equipo*, *Reparto de las tareas*, *Elección del líder*, *Establecimiento de reuniones grupales*, *Trabajar de forma colaborativa*, *trabajar con software BIM*, *Implementar la metodología BIM*.

Los 5 constructos restantes son los más importantes para el estudio del comportamiento colaborativo durante la implementación de la metodología BIM en los proyectos de construcción, y se valoran con preguntas de Escala Likert de 5 puntos, donde 1 = *Muy bajo* y 5 = *Muy alto*. Para los 2 constructos de “Motivación y Expectativas” y “Satisfacción alcanzada” se estudian las mismas variables pero contrastadas en distintos momentos temporales, antes de emprender el proyecto BIM y después de este. Las variables medidas son *Desarrollo de habilidades colaborativas*, *Formación en BIM*, *Práctica con la herramienta BIM* y *Apoyo y guía durante la implementación de BIM*. El constructo “Dificultades” incluye las variables de *Comunicación entre miembros del equipo*, *Intercambio y compartición de información*, *Comprensión de las tareas a desarrollar*, *Utilización del software BIM*, *Confianza en otros miembros del equipo*. Para el constructo “Colaboración” se estudian las variables *La implicación y compromiso de los miembros del equipo*, *La efectividad del trabajo en equipo*, *La generación de colaboración*, *La organización del equipo*, *El flujo de información y habilidades comunicativas*, *La facilidad de uso del software e interoperabilidad*. Por último, el constructo de “Educación y Formación adquiridas” contiene las variables *Metodología BIM*, *Herramienta BIM* y *Metodología IPD*.

Para facilitar el análisis estadístico y la introducción de datos en el programa SPSS, se han codificado las preguntas de la manera que se presenta en la Tabla 5.

Características personales	
Género	Género
Edad	Edad
Perfil académico	
Grupo	Equipo de trabajo
Nivel_Estudios	Nivel de estudios
Tipo_Estudio	Especialización de los estudios
N_miembros	Número de miembros del equipo
Experiencia previa	
A	Utilización previa de un software BIM
B	Participación previa en un proyecto BIM
Motivación y Expectativas	
C1	Desarrollo de habilidades colaborativas
C2	Formación en BIM
C3	Práctica con la herramienta BIM
C4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM
Organización y Planificación	
D	Designación de los roles de los miembros del equipo
E	Reparto de las tareas
F	Elección del líder
G	Establecimiento de reuniones grupales
Dificultades	
H1	Comunicación entre miembros del equipo
H2	Intercambio y compartición de información
H3	Comprensión de las tareas a desarrollar
H4	Utilización del software BIM
H5	Confianza en otros miembros del equipo
Colaboración	
I1	La implicación y compromiso de los miembros del equipo
I2	La efectividad del trabajo en equipo
I3	La generación de colaboración
J1	La organización del equipo
J2	El flujo de información y habilidades comunicativas
J3	La facilidad de uso del software e interoperabilidad
Educación y Formación adquiridas	
K1	Metodología BIM
K2	Herramienta BIM
K3	Metodología IPD (otros procesos asociados a BIM)
Satisfacción alcanzada	
L1	Desarrollo de habilidades colaborativas
L2	Formación en BIM
L3	Práctica con la herramienta BIM
L4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM
Predisposición futura	
M	Trabajar de forma colaborativa
N	Trabajar con software BIM
O	Implementar la metodología BIM

Tabla 5. Agrupación de variables según constructos

En la Tabla 6 se presentan las variables pertenecientes al constructo de “*Características personales*”, de la que se extrae que sólo un tercio de los encuestados son mujeres (29,00%), es decir, la mayoría de los encuestados son hombres (71,00%). Además, el rango de edades que prevalece es el del grupo de 21 a 25 años (67,70%), siendo el grupo de más de 35 años el más reducido con sólo una persona.

Categorías de respuesta	N	Porcentaje
Hombre	22	71,00%
Mujer	9	29,00%
21 a 25 años	21	67,70%
26 a 35 años	9	29,00%
Más de 35 años	1	3,20%

Tabla 6. Características Personales: género y edad

Para el constructo “*Perfil académico*” representado en la Tabla 7 se observa que la gran mayoría de los encuestados se encuentran realizando estudios de máster (90,30%), y son muy pocos los que están cursando estudios de grado. En relación a la especialización de los estudiantes, más de la mitad de los encuestados pertenecen a Ingeniería de Edificación (58,10%), seguidos por Ingeniería Civil (25,80%), Arquitectura (12,90%) y por último a Ingeniería Informática (3,20%), siendo ésta la que presenta un número mucho más reducido que el resto. Este resultado es comprensible ya que el curso donde se desarrolló el proyecto BIM está principalmente dirigido a las especialidades relacionadas con el área de la construcción y la edificación. Además, de la Tabla 7 también se extrae que los equipos están formados de forma mayoritaria por 4 miembros (90,30%), es decir, la distribución de miembros es igualitaria en 7 de los 8 grupos que se formaron.

Categorías de respuesta	N	Porcentaje
Grado	3	9,70%
Máster	28	90,30%
Ingeniería Civil	8	25,80%
Arquitectura	4	12,90%
Ingeniería de Edificación	18	58,10%
Ingeniería Informática	1	3,20%
3 miembros	3	9,70%
4 miembros	28	90,30%
G1	4	12,90%
G2	4	12,90%
G3	4	12,90%
G4	4	12,90%
G5	4	12,90%
G6	4	12,90%
G7	4	12,90%
G8	3	9,70%

Tabla 7. Perfil académico: Nivel de estudios, especialización de estudios, número de miembros del equipo y equipos de trabajo

A través del constructo “*Experiencia previa*” (ver Tabla 8), se observa que existe prácticamente el mismo número de encuestados que han utilizado previamente un software BIM (58,10%) frente a los que no tienen ninguna experiencia previa (41,90%). Sin embargo, esto contrasta con la pregunta sobre la participación previa en un proyecto BIM, en la que hay una clara mayoría que contesta afirmativamente (90,30%). Este resultado se puede deber a la confusión que existe para distinguir entre metodología BIM y la tecnología BIM, explicado en el *Capítulo 2* del presente trabajo.

Categorías de respuesta	N	Porcentaje
SI: Utilización previa de un software BIM	18	58,10%
NO: Utilización previa de un software BIM	13	41,90%
SI: Participación previa en un proyecto BIM	28	90,30%
NO: Participación previa en un proyecto BIM	3	9,70%

Tabla 8. *Experiencia previa*

A continuación se facilita la lista donde se recopilan los diferentes softwares BIM que los encuestados afirman han empleado anteriormente.

- Revit
- Revit + iTWO
- Tekla 2010 + Revit 2014 + Primavera + Civil 3D
- Revit + Navisworks

Respecto a la participación previa en un proyecto BIM, algunos han afirmado haber realizado proyectos en empresas donde han trabajado y en otros cursos durante la titulación pero, como se ha comentado previamente, dichas afirmaciones no se pueden tomar como representativas ya que no se entiende la participación en un proyecto BIM sin la utilización de un software BIM, y el número de encuestados que afirman haber empleado previamente un software BIM es bastante inferior a los que afirman que han participado previamente en un proyecto BIM.

Según el análisis descriptivo del constructo “*Organización y Planificación*” (ver Tabla 9) se concluye que de forma mayoritaria los equipos afirman que realizaron la designación de los roles de los miembros antes de comenzar con el proyecto (80,60%), hicieron reparto de las tareas (74,20%) y establecieron reuniones grupales (96,80%). Sin embargo, son muy pocos los encuestados que afirman haber elegido un líder previamente a la ejecución del proyecto (29,00%). Según Doherty (2015) los factores analizados en el cuestionario (designación roles, repartición tareas, establecimiento reuniones y elección líder) son considerados factores relevantes para una colaboración exitosa. De ahí la importancia de que los equipos hayan afirmado el haber realizado las acciones representadas en los factores evaluados. Únicamente la falta de liderazgo en los equipos ha podido repercutir de forma negativa a la hora de establecer una colaboración exitosa en el caso de estudio, ya que la carencia de liderazgo tiene como consecuencias principales la lucha de poderes e ineffectividad en la resolución de conflictos (Doherty, 2015).

Categorías de respuesta	N	Porcentaje
SI: Designación de los roles de los miembros del equipo	25	80,60%
NO: Designación de los roles de los miembros del equipo	6	19,40%
SI: Reparto de las tareas	23	74,20%
NO: Reparto de las tareas	8	25,80%
SI: Elección del líder	9	29,00%
NO: Elección del líder	22	71,00%
SI: Establecimiento de reuniones grupales	30	96,80%
NO: Establecimiento de reuniones grupales	1	3,20%

Tabla 9. Organización y Planificación

Respecto al constructo que mide las “*Dificultades*”, los encuestados han indicado que encontraron mayor dificultad en la *utilización del software BIM*, seguido de cerca por las dificultades en la *comprensión de las tareas a desarrollar* y el establecimiento de *confianza en otros miembros del equipo*. Sin embargo, la *comunicación entre miembros del equipo* y el *intercambio y compartición de información* fueron las que menor dificultad representaron, tal y como se muestra en la Tabla 10. Por tanto, se confirma que una de las principales barreras que encuentran los usuarios para la adopción de BIM es la propia herramienta BIM. Este resultado está en la línea del trabajo de Won et al. (2013). Se concluye, por tanto, que debe existir un mayor apoyo a los usuarios en el uso del software ya que el éxito de un ambiente colaborativo no depende únicamente de la tecnología introducida, sino que depende en gran medida de la forma en que la tecnología es introducida (Erdogan et al., 2008). Además, destacar la barrera que provoca la falta de comprensión de las tareas a desarrollar, que es debido normalmente a la falta de estándares a la hora de implementar el sistema y a los problemas de gestión del modelo (Won et al., 2013), por lo que es necesario establecer los acuerdos antes de formar el entorno colaborativo para una organización colaborativa con el objetivo de aportar consistencia y evitar posibles confusiones (Erdogan et al., 2008). Además, se debe estimular la confianza en otros miembros del equipo ya que, según Bryde et al. (2013), se considera también como un factor clave para asegurar el éxito en proyectos de participación conjunta de empresas, es decir, en los proyectos colaborativos. La comunicación entre miembros del equipo y el intercambio y compartición de información presentan menos dificultades ya que son factores que están directamente relacionados con una buena organización y planificación (Doherty, 2015), tal y como se ha obtenido del constructo “*Organización y Planificación*” presentado en el párrafo anterior.

Código	Descripción	Media	Mediana	Desv. Típica
H4	Utilización del software BIM	3,26	3,00	1,09
H3	Comprensión de las tareas a desarrollar	3,19	3,00	1,38
H5	Confianza en otros miembros del equipo	3,13	4,00	1,67
H1	Comunicación entre miembros del equipo	3,00	3,00	1,55
H2	Intercambio y compartición de información	2,90	2,00	1,68

Tabla 10. Dificultades

En la Tabla 11 se agrupan las variables con las que se ha analizado el constructo de “Colaboración”. En general, la valoración de este constructo ha sido muy elevada, con una media superior a 4,30. En particular, los encuestados han indicado que el nivel de colaboración generado ha sido alto (4,65), además de que ha existido un alto nivel de implicación y compromiso de los miembros del equipo (4,35) y una elevada efectividad del trabajo en equipo (4,52). De nuevo, esta valoración elevada viene respaldada por la alta valoración del constructo “Organización y Planificación”, denotando la importancia de dicho constructo para el éxito de la colaboración (Doherty, 2015).

Por otra parte, la variable que presenta una mayor importancia para la colaboración es el flujo de información y habilidades comunicativas (4,68), siendo esta variable la considerada como competencia fundamental y requerida en los futuros profesionales del sector de la construcción (Won et al., 2013). Le sigue a continuación la organización del equipo (4,48), que es considerada como uno de los principales problemas para una planificación adecuada en el caso de que exista desacuerdo entre los diferentes agentes implicados en el proyecto colaborativo (Erdogan et al., 2008), por lo que se reafirma en este estudio que dicho factor sea valorado como de gran importancia para la colaboración. Y, por último se encuentra la facilidad de uso del software e interoperabilidad (4,32), factor que defiende el modelo de Leavitt’s (1964) que resalta la importancia de “entender las interrelaciones de los elementos que operan en un sistema de trabajo”, y que aplicado al sistema de trabajo en BIM se corresponde a la necesidad de interrelación entre los elementos que contribuyen a la interoperabilidad y la fácil utilización de las diferentes aplicaciones BIM (Sackey et al., 2015).

Los resultados obtenidos para el constructo de “Colaboración” muestran que los encuestados dan un mayor peso a los aspectos relacionados directamente con el factor humano y no tanto al factor tecnológico a la hora de implementar un sistema colaborativo como es considerado el BIM. Dicho resultado va en la misma línea que lo afirmado por Erdogan et al. (2008). Según los autores, el éxito de la implementación de un sistema colaborativo depende en un 80% del seguimiento de los empleados, es decir, del factor humano, y en un 20% de la resolución de los aspectos tecnológicos. Por tanto, el factor humano es el factor más influyente para el éxito de la implementación de un sistema colaborativo.

Código	Descripción	Media	Mediana	Desv. Típica
I3	La generación de colaboración	4,65	5,00	0,55
I2	La efectividad del trabajo en equipo	4,52	5,00	0,72
I1	La implicación y compromiso de los miembros del equipo	4,35	4,00	0,71
J2	El flujo de información y habilidades comunicativas	4,68	5,00	0,54
J1	La organización del equipo	4,48	5,00	0,68
J3	La facilidad de uso del software e interoperabilidad	4,32	5,00	0,83

Tabla 11. Colaboración

En la Tabla 12 se presenta el constructo en el que se han valorado los aspectos de “Educación y Formación”. Nuevamente todas las variables presentan una media superior a 4 puntos. La variable con mayor puntuación ha sido la correspondiente a la *formación en la herramienta BIM*. Muy de cerca le siguen las variables “Educación en metodología BIM” y con menos peso la “Metodología IPD”. En este caso la educación y formación son muy

importantes a la hora de introducir una nueva metodología como es BIM ya que, tal y como explican en su estudio Erdogan et al. (2014), existen numerosas fuentes de resistencia al cambio y éstas incluyen el miedo a lo desconocido, la falta de información, falta de conocimiento o falta de habilidades prácticas, entre otras. Dichas razones que están detrás de la resistencia del usuario al cambio se deben conocer para así tomar la acción correcta al respecto. En este caso, en este constructo se otorga un valor significativo a la práctica con la herramienta BIM y la educación en BIM, indicativo de que pueden ser usadas para superar la resistencia al cambio por causa de falta de información, conocimientos o habilidades, lo que facilitará a los estudiantes el afrontar su futuro laboral en el complejo y constantemente cambiante mundo de la construcción (Boeykens et al., 2015). La variable de metodología IPD se integra en el mismo constructo ya que es un sistema que aporta más valor a los proyectos colaborativos con BIM. Además, en la revisión de la literatura se ha encontrado que, aunque algunos profesionales han trabajado con proyectos IPD, la mayoría no ha tenido experiencia directa con este o no se ha familiarizado con los conceptos, por lo que se considera necesario un mayor hincapié en proporcionar educación y formación sobre este método por ser de gran interés en la industria (Kent y Becerik-Gerber, 2010). En este estudio se ha obtenido una valoración elevada lo que denota la importancia observada por los estudiantes en recibir formación sobre dicho método para el uso y aplicación futura de la metodología BIM.

Código	Descripción	Media	Mediana	Desv. Típica
K2	Herramienta BIM	4,35	5,00	0,75
K1	Metodología BIM	4,26	4,00	0,73
K3	Metodología IPD	4,13	4,00	0,81

Tabla 12. Educación y Formación adquiridas

En las Tabla 13 y Tabla 14 se recogen las variables con las que se ha medido el nivel de “Motivación y Expectativas” antes del proyecto BIM y el nivel de “Satisfacción alcanzada” en aspectos como el desarrollo de habilidades colaborativas, la práctica con la herramienta BIM, la formación BIM y el apoyo y guía durante la implementación de BIM. Se observa que ambos constructos presentan medias por encima de 4, es decir, tanto el nivel de expectativas como el nivel de satisfacción han sido muy elevados, por lo que las expectativas que se habían generado se han cubierto muy satisfactoriamente con la formación proporcionada en el curso. Nótese que la variable “Apoyo y guía durante la implementación de BIM” ha sido la más valorada en los dos constructos. También se observa que la variable “Práctica con la herramienta BIM” ha sido valorada más positivamente en el constructo de “Satisfacción alcanzada” y con una puntuación superior a la variable “Formación en BIM”. Finalmente y con una puntuación inferior al resto se encuentra la variable “Desarrollo de habilidades colaborativas” para ambos constructos.

A través de los constructos de “Motivación y expectativas” y “Satisfacción alcanzada” se analiza la interrelación entre la motivación generada, las expectativas, la formación y la satisfacción alcanzada de los individuos encuestados. La satisfacción se entiende como el resultado de una planificación formativa y motivadora. Entonces, mientras que la motivación para trabajar y para formarse en el trabajo suele hacer referencia a disposiciones conductuales, es decir, a la clase, selección, fuerza e intensidad del comportamiento, la satisfacción se analiza como un sentimiento frente al trabajo y las consecuencias derivadas de él (Weinert, 1985) e implica tanto la cobertura de necesidades básicas, como la relación

entre las expectativas o recompensas percibidas como adecuadas frente a la recompensa real obtenida (Lawler, 1973). En definitiva, según exponen Garmendia y Parra (1993, p.117), alguien estará satisfecho con su trabajo cuando “como consecuencia del mismo, experimente sentimientos de bienestar por ver cubiertas adecuadamente las necesidades de cierto nivel sobre la base de los resultados conseguidos, considerados estos resultados como recompensa aceptable a la ejecución de la tarea”. Llevado a nuestro estudio, y considerando los resultados obtenidos en la encuesta, se puede afirmar que la satisfacción ha sido alta por lo que las expectativas han sido cubiertas adecuadamente y, además, la recompensa obtenida por el trabajo realizado en la implementación de BIM en el proyecto de construcción ha sido más que aceptable.

Código	Descripción	Media	Mediana	Desv. Típica
C4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	4,26	5,00	0,86
C2	Formación en BIM	4,13	4,00	0,81
C3	Práctica con la herramienta BIM	4,13	4,00	0,81
C1	Desarrollo de habilidades colaborativas	4,10	4,00	0,65

Tabla 13. Motivación y Expectativas

Código	Descripción	Media	Mediana	Desv. Típica
L4	Apoyo y guía durante la implementación de BIM	4,55	5,00	0,62
L3	Práctica con la herramienta BIM	4,42	5,00	0,67
L2	Formación en BIM	4,39	5,00	0,76
L1	Desarrollo de habilidades colaborativas	4,32	4,00	0,79

Tabla 14. Satisfacción alcanzada

En el Gráfico 1, se observa la tendencia obtenida en el estudio, donde los encuestados valoraron con puntuación alta la “Motivación y expectativas” antes de iniciar el proyecto con metodología BIM y los valores incluso más elevados sobre la “Satisfacción alcanzada” al finalizar el proyecto.

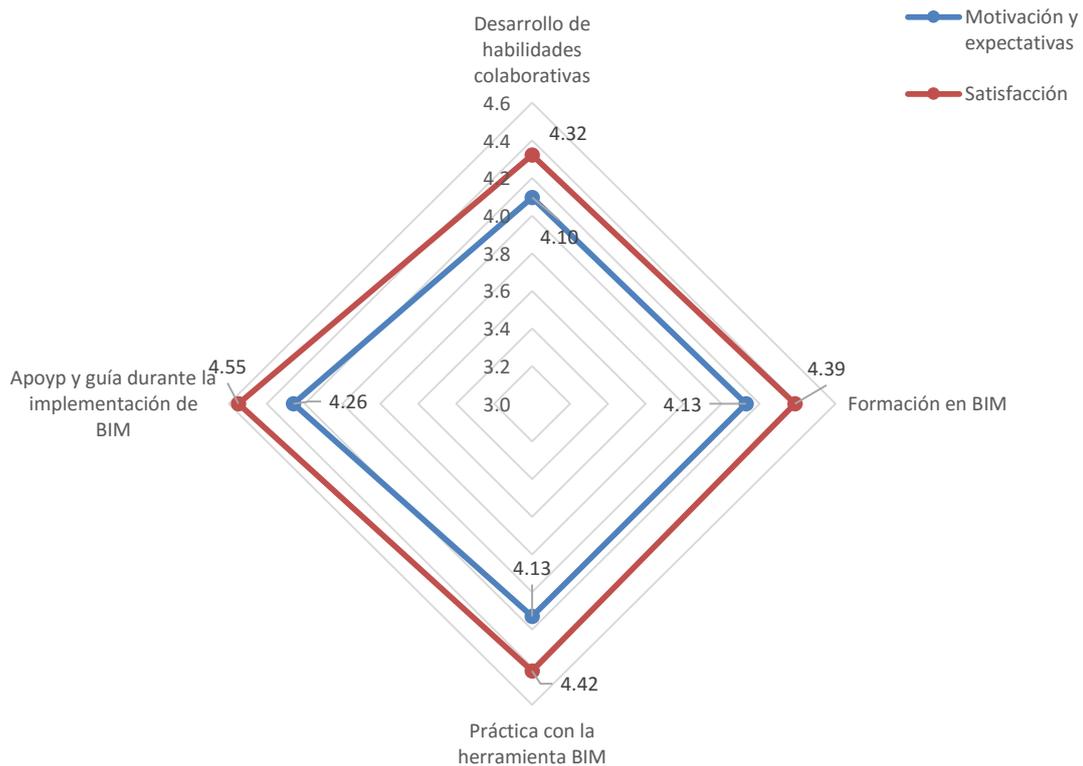


Gráfico 1. Comparación de los valores de la media obtenidos para el constructo “Motivación y expectativas” y “Satisfacción alcanzada”

Como se puede observar, la Motivación y la Satisfacción se han valorado muy positivamente (véase Tabla 13 y Tabla 14), y además se ha obtenido una predisposición casi unánime de los encuestados para volver a trabajar con la metodología colaborativa que se genera con BIM. Este resultado sigue la línea de lo obtenido por Ding et al. (2015) en su estudio sobre la adopción de BIM, que afirman que cuando los usuarios tienen una experiencia satisfactoria y enriquecedora del uso de BIM, éstos presentan una mayor predisposición para emplear BIM en proyectos futuros.

Por último, se ha analizado el constructo que mide la “*Predisposición futura*” (ver Tabla 15). Tal y como se ha mencionado anteriormente, todos los encuestados afirman que tras la experiencia en el proyecto BIM estarían dispuestos a trabajar de forma colaborativa e implementarían la metodología BIM en el futuro. Únicamente a la pregunta planteada “¿Podría afirmar que este curso le ha ayudado a superar su temor a trabajar con herramientas BIM en un proyecto?”, algunos encuestados han contestado negativamente (9,70 %). El análisis de este constructo permite obtener la percepción individual de los encuestados tras la experiencia con BIM. Este resultado va en la línea de la siguiente afirmación: “El éxito de la adopción de la tecnología depende de muchos factores, incluyendo la actitud de las personas hacia las tecnologías, la cultura corporativa, (...), las características específicas de los proyectos, la densidad de comunicación, las barreras organizacionales, y la resistencia individual al cambio” (O'Brien, 2000, p. 35). Otra teoría es la defendida por Paulson y Fondahl (1980) y Tatum (1989) en la que afirman que la actitud personal hace que la adopción de nuevas tecnologías se rijan por los riesgos que supone el uso de medios y métodos novedosos que no se han empleado con anterioridad, por la

dificultad en implementar la tecnología en entornos específicos de trabajo y por la percepción de la actitud de otros trabajadores hacia las nuevas tecnologías. Por tanto, la actitud de las personas es un factor de gran influencia en el éxito de la implementación del sistema colaborativo y la nueva tecnología de BIM, y la existencia o ausencia de temor a enfrentarse a este cambio es un riesgo que viene también determinado por la actitud personal. Por lo que, el éxito de la implementación de BIM depende en gran medida de la ayuda que se reciba para superar dicho temor al cambio en la adopción de una nueva metodología y tecnología. Una de las acciones que se podrían plantear para vencer el temor a lo desconocido es la formación en dicha metodología, entre otras. También es importante tener en cuenta lo que defiende Cuff (1991). Este autor afirma que incluso cuando las empresas se comprometen a aportar los recursos necesarios para el cambio tecnológico, los miembros del proyecto no participan con el mismo grado de implicación, es decir, que no es suficiente que la empresa proporcione la herramienta para conseguir que todos los usuarios acepten trabajar con ellas con el mismo empeño o motivación. Debe existir un apoyo continuado y seguimiento de la implementación de la nueva tecnología por parte de la empresa. Además, según el estudio llevado a cabo por Lee et al. (2013), se demostró que ambos factores, técnicos y no-técnicos son importantes para la adopción de BIM en una empresa. Sin embargo, se consideró más importante y urgente la preparación previa en el aspecto organizacional no-técnico que la preparación tecnológica, especialmente durante el periodo de adopción de la nueva tecnología, lo que indica que las cuestiones no-tecnológicas tienen prioridad frente a la implementación técnica de BIM. Se afirma entonces que el éxito de la adopción de BIM depende más en cómo de bien la empresa gestiona y ajusta la tecnología BIM con el flujo de trabajo de la propia empresa y viceversa que en la preparación únicamente tecnológica (Taylor y Levitt, 2007).

De los resultados de este estudio se observa que las barreras del miedo a la introducción de una nueva tecnología y metodología se podrían superar con la formación, con la puesta en práctica de la herramienta y con el apoyo continuado por parte de la empresa durante el proceso de implementación de la misma, siendo esta última acción la más valorada por los encuestados como necesaria, tal y como se observa en los constructos de “*Motivación y Expectativas*” y “*Satisfacción alcanzada*”.

Categorías de respuesta	N	Porcentaje
SI: Trabajar de forma colaborativa	31	100,00%
NO: Trabajar de forma colaborativa	0	0,00%
SI: Trabajar con software BIM	28	90,30%
NO: Trabajar con software BIM	3	9,70%
SI: Implementar la metodología BIM	31	100,00%
NO: Implementar la metodología BIM	0	0,00%

Tabla 15. Predisposición futura

3.2.2. MEDICIÓN DE LA FIABILIDAD Y CONSISTENCIA INTERNA DEL CUESTIONARIO

Para medir la fiabilidad del cuestionario se ha empleado el coeficiente alfa de Cronbach. En primer lugar, se ha calculado este coeficiente dentro de cada constructo con el objetivo de valorar cuán bien representada está la información de múltiples variables en un solo constructo. Posteriormente se ha calculado el coeficiente alfa tras la eliminación de cada una de las variables del constructo con el fin de detectar las variables más significativas en la formación del constructo.

Por otra parte, se ha realizado el análisis de la consistencia interna del cuestionario mediante la técnica de análisis factorial exploratorio para estudiar si la dimensionalidad obtenida mediante esta técnica según los resultados es coherente con los constructos definidos en la fase teórica de diseño del cuestionario. Para poder aplicar el análisis factorial exploratorio y así poder identificar las dimensiones subyacentes del bloque de variables, se han contrastado previamente algunos supuestos básicos. Los supuestos básicos que se han utilizado son: la matriz de correlación, el coeficiente KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) y la prueba de esfericidad de Barlett.

FIABILIDAD MEDIANTE EL COEFICIENTE α DE CRONBACH

Con el objetivo de analizar la fiabilidad del cuestionario se ha utilizado el coeficiente Alfa de Cronbach (α de Cronbach), siendo dicho coeficiente el más empleado para este fin. Los valores de este coeficiente oscilan entre 0 y 1, siendo mayor la fiabilidad del cuestionario cuanto más cercano es el número a la unidad. La elección del valor umbral varía según autor. Por ejemplo, Nunnally (1978) toma como valor umbral el 0,7 mientras que otros autores elevan el umbral hasta 0,75 o 0,80 dependiendo de las disciplinas en las que se trabaja. Siguiendo a Nunnally (1978), en este trabajo se considera el valor de 0,7 como umbral aceptable del coeficiente α de Cronbach. El coeficiente alpha de Cronbach de los constructos formados por variables valoradas con escala Likert de 5 puntos, es decir, los constructos de “*Motivación y Expectativas*”, “*Dificultades*”, “*Colaboración*”, “*Educación y Formación adquiridas*” y “*Satisfacción y alcanzada*” ha resultado ser superior a 0,70 en la mayoría de estos, por lo que se trata de un valor aceptable según el umbral considerado en este estudio. Únicamente el constructo “*Educación y Formación adquiridas*” presenta un coeficiente α de Cronbach de 0,583, siendo éste un valor inferior al umbral predefinido como se observa en la Tabla 16. Este resultado se puede deber a que las diferentes variables que miden este constructo son muy diferentes y diversas entre sí y puede que la definición de alguna de ellas se aleje del constructo que intenta medir. Los valores obtenidos son relativamente altos en general.

Constructos	α -Cronbach
Motivación y Expectativas	0,792
Dificultades	0,897
Colaboración	0,758
Educación y Formación adquiridas	0,583
Satisfacción alcanzada	0,812

Tabla 16. Cálculo Alfa de Cronbach

Para completar el estudio anterior se ha aplicado otro criterio para la evaluación de la fiabilidad del cuestionario que consiste en la obtención del coeficiente α de Cronbach

eliminando una a una las variables que pertenecen a cada constructo. De esta manera se evalúa la contribución individual de cada variable a la explicación de la variabilidad del constructo. Es decir, se podrá detectar cuál de las variables es más significativa para la consistencia interna del constructo. Dicha variable será la que al eliminarla del análisis haga que disminuya en mayor medida el valor del coeficiente α de Cronbach. Si al eliminar una variable el coeficiente α de Cronbach aumenta significará que esta variable mide algo diferente al resto de variables del constructo.

En el constructo “Motivación y Expectativas”, la variable que al ser eliminada disminuye en mayor medida el valor del coeficiente α de Cronbach es la C4 con un valor de 0,649, como se observa en la Tabla 17. Dicha variable corresponde a “Apoyo y guía durante la implementación BIM” de lo que se deduce que es la variable que más contribuye a medir la motivación y las expectativas. De la misma manera se observa que si se elimina la variable C1: “Desarrollo de habilidades colaborativas” el coeficiente α de Cronbach aumenta a 0,807, por tanto se trata de la variable más diferente al resto. Este resultado se debe a que el apoyo y guía durante la implementación BIM tiene un mayor impacto a nivel personal del individuo, y dicho constructo está basado principalmente en dicha percepción personal.

Constructo	Variable eliminada	α -Cronbach
Motivación y Expectativas α - Cronbach = 0,792	C1	0,807
	C2	0,717
	C3	0,760
	C4	0,649

Tabla 17. Constructo “Motivación y Expectativas” eliminando alternativamente una de las variables

El constructo “Dificultades” tiene como variable más significativa la H2: “Intercambio y compartición de información”, ya que al eliminarla α disminuye a 0,833. Observando más detenidamente los resultados obtenidos en la Tabla 18, los valores al eliminar las otras variables son bastante cercanos, indicando que prácticamente todas las variables contribuyen de igual forma a la medición del constructo. Únicamente la variable H4: “Utilización del software BIM” es la que hace aumentar más el coeficiente de Cronbach al eliminarla. Esto denota que las variables que más contribuyen a la medición del constructo “Dificultades” son las relacionadas con el factor humano y no tanto con el uso de la herramienta. Este resultado va en la línea de lo que defiende Erdogan et al. (2008) de que el factor que más influye en la colaboración es el factor humano y no tanto el tecnológico.

Constructo	Variable eliminada	α -Cronbach
Dificultades α - Cronbach = 0,897	H1	0,859
	H2	0,833
	H3	0,848
	H4	0,933
	H5	0,873

Tabla 18. Constructo “Dificultades” eliminando alternativamente una de las variables

La variable que más contribuye a la medición del constructo “Colaboración” es J1: “La organización del equipo”. Por otro lado, la variable que menos contribuye a la medición de este constructo y por tanto más diferente al resto de variables es J3: “La facilidad de uso del software e interoperabilidad” tal y como se presenta en la Tabla 19. Esto indica que en la colaboración también tiene una gran relevancia el factor humano para establecer la correcta organización del equipo, y la herramienta BIM, es decir, el software empleado, interviene de una manera más secundaria ya que, tal y como se ha establecido con anterioridad, el éxito de la implementación de un sistema colaborativo depende en un 80% del seguimiento de los empleados, es decir, del factor humano, y en un 20% de la resolución de los aspectos tecnológicos (Erdogan et al., 2008).

Constructo	Variable eliminada	α -Cronbach
Colaboración α -Cronbach = 0,758	I1	0,686
	I2	0,679
	I3	0,708
	J1	0,670
	J2	0,718
	J3	0,845

Tabla 19. Constructo “Colaboración” eliminando alternativamente una de las variables

Al eliminar la variable K2: “Herramienta BIM” del constructo “Educación y Formación adquiridas” se obtiene un valor para el coeficiente α de Cronbach de 0,104, siendo este el más bajo, por lo que se trata de una variable que contribuye en gran medida a la medición de dicho constructo. De forma contraria, la eliminación de la variable K3: “Metodología IPD (otros procesos asociados a BIM)” hace aumentar de forma notable el coeficiente α de Cronbach a 0,887. Este resultado evidencia que la variable K3 contribuye muy poco a la medición del constructo “Educación y Formación adquiridas” y por tanto mide un concepto bastante diferente al resto de variables. En el caso de realizar de nuevo la encuesta en futuros estudios para aumentar el número de muestra y por tanto la representatividad de sus resultados, dicha variable se debería de considerar de forma separada al resto de variables ya que mide un concepto diferente a la “Educación y Formación adquiridas” o se debería eliminar del estudio si no aporta información relevante. Se deduce de estos resultados que para medir la educación y formación, las variables “conocimiento y práctica con la herramienta BIM” son muy importantes. Sobre la metodología IPD, es un factor que no ha tenido tanto impacto en los encuestados dentro de este constructo relacionado con la educación y formación (véase Tabla 20).

Constructo	Variable eliminada	α -Cronbach
Educación y Formación adquiridas α - Cronbach = 0,583	K1	0,247
	K2	0,104
	K3	0,887

Tabla 20. Constructo “Educación y Formación adquiridas” eliminando alternativamente una de las variables

Por último, en el constructo “Satisfacción alcanzada” se observa un coeficiente de 0,736 al eliminar la variable L4: “Apoyo y guía durante la implementación de BIM”. Por el contrario, el valor del coeficiente más elevado, 0,814, se obtiene al eliminar la variable L1: “Desarrollo de habilidades colaborativas”. De nuevo ocurre lo mismo que en el constructo de “Motivación y expectativas”, la percepción individual es la que cobra mayor importancia y, por tanto, el apoyo y guía durante la implementación de BIM es una variable muy importante para evaluar la satisfacción alcanzada a nivel personal (véase Tabla 21).

Constructo	Variable eliminada	α -Cronbach
Satisfacción alcanzada α - Cronbach = 0,812	L1	0,814
	L2	0,753
	L3	0,753
	L4	0,736

Tabla 21. Constructo “Satisfacción alcanzada” eliminando alternativamente una de las variables

En conclusión, la disminución del coeficiente α de Cronbach al eliminar una de las variables del constructo no supone una variación excesiva respecto al valor de referencia. Sólo en el caso del constructo “Educación y Formación adquiridas” de la Tabla 20, la variabilidad es muy notable ya que el valor del coeficiente α de Cronbach disminuye de 0,583 hasta un valor de 0,104 al eliminar la variable K2, que hace referencia a la herramienta BIM, por lo que dicha variable es la que contribuye en gran medida a la consistencia interna de dicho constructo evaluado. Además, dentro del mismo constructo se detecta que la variable K3 tiene el valor más elevado y con una gran diferencia respecto a las otras variables del constructo. Esto es indicativo de que esta variable aporta poca información dentro del constructo en el que se ha insertado, lo que significa que no va en la misma línea que el resto de variables agrupadas en el constructo y por tanto mide un concepto diferente. Este resultado indica que en futuras encuestas, esta variable debería ser reformulada en otra pregunta y/o reubicada para ser evaluada dentro de otro constructo para asegurar una mayor fiabilidad y validez de los resultados en futuros estudios.

ANÁLISIS FACTORIAL

El análisis factorial exploratorio se emplea para identificar las dimensiones subyacentes del bloque de variables. Para poder aplicar el análisis factorial exploratorio y así poder identificar las dimensiones subyacentes del bloque de variables, se han contrastado previamente algunos supuestos básicos. Dichos supuestos básicos se emplean para analizar la pertinencia de aplicación del análisis al conjunto de variables objeto de estudio o, lo que es lo mismo, para la medición del grado de multicolinealidad entre las variables. Los supuestos básicos que se han utilizado son: la matriz de correlación, el coeficiente KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) y la prueba de esfericidad de Barlett.

Supuestos básicos para la evaluación de multicolinealidad entre las variables estudiadas

- **Matriz de correlación**

La matriz de correlación se ha calculado para detectar la existencia de multicolinealidad entre las variables. El umbral empleado para considerar la presencia de multicolinealidad y que será el indicativo de la buena aplicación del análisis factorial es una correlación entre las variables superior a 0,3 (Hair et al., 2007).

En la Tabla 22 se representa la matriz de correlaciones, donde se han resaltado los valores entre las variables con correlaciones superiores a 0,3. En general, se observa que existe una alta correlación entre la mayoría de variables.

- **Coficiente KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)**

El coeficiente Kaiser-Meyer-Olkin es una medida de adecuación muestral al análisis factorial basada en los coeficientes de correlación observables y parciales entre variables originales (Uriel, 1995):

$$KMO = \frac{\sum \sum_{h \neq j} r_{jh}^2}{\sum \sum_{h \neq j} r_{jh}^2 + \sum \sum_{h \neq j} a_{jh}^2}$$

Donde r_{jh} son los coeficientes de correlación observados entre las variables originales a_{jh} son los coeficientes de correlación parcial entre variables originales.

Un coeficiente KMO muy próximo a la unidad indica que existe multicolinealidad entre las variables y que, por tanto, es adecuada la aplicación del análisis factorial. Según indica Kaiser (1974), un coeficiente KMO por debajo de 0,5 indica que no es adecuado aplicar un análisis factorial sobre los datos.

En el presente análisis el coeficiente KMO obtenido tiene un valor de 0,504, resultado que indica la presencia de multicolinealidad entre las variables, aunque está muy cercano al límite de 0,5.

- **Prueba de esfericidad de Barlett**

La prueba o contraste de esfericidad de Barlett se realiza para comprobar la pertinencia de aplicación del análisis factorial a un grupo de variables. La prueba de esfericidad de Barlett tiene como hipótesis nula que todos los coeficientes de correlación teóricos entre cada par de variables son nulos (Uriel, 1995):

$$H_0: |R_p| = 1$$

$$H_1: |R_p| \neq 1$$

Donde:

R_p , se define como la matriz de correlación poblacional que recoge la relación existente entre cada par de variables. La diagonal principal de esta matriz está formada por unos, mientras que los elementos de fuera de la diagonal principal r_{jh} son coeficientes de correlación entre cada par de variables. Si todos los coeficientes r_{jh} son nulos, la matriz R_p será igual a la matriz identidad con lo que su determinante será igual a la unidad.

El estadístico para contrastar la hipótesis se basa en la matriz de correlación muestral de los residuos llamada R .

$$X_{0,5(K^2-K)}^2 = - \left[n - 1 - \frac{1}{6} (2K + 5) \right] \ln R$$

Siendo K el número de variables del estudio y n el número de casos analizados.

En caso de que se acepte la hipótesis nula se debería abandonar el enfoque multivariante y aplicar el análisis de la varianza por separado a cada una de las variables dependientes. Al aplicar el contraste de esfericidad de Barlett al conjunto de variables del estudio, se obtiene un p-valor asociado inferior a 0,001 y un valor para la Chi-cuadrado igual a 511,683. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la aplicación del análisis factorial para el conjunto de variables del estudio es adecuada según este contraste de hipótesis.

En definitiva, a pesar de que para los supuestos calculados se han obtenido valores próximos a los límites de los umbrales definidos, se cumplen todos los criterios para proceder al análisis factorial. En el siguiente apartado se procede a aplicar el análisis factorial para conocer si hay resultados relevantes para nuestro estudio.

Resultados de la aplicación del análisis factorial

En la Tabla 22 que aparece a continuación se presentan los autovalores calculados con sus correspondientes porcentajes de varianza explicada.

Componentes	Autovalores Iniciales		
	Total	% Varianza	% Acumulado
1	6,535	29,707	29,707
2	3,625	16,476	46,183
3	2,544	11,564	57,747
4	2,117	9,621	67,368
5	1,444	6,565	73,933
6	0,911	4,143	78,076
7	0,807	3,667	81,743
8	0,721	3,279	85,022
9	0,668	3,035	88,058
10	0,569	2,588	90,646
11	0,525	2,386	93,031
12	0,362	1,647	94,679
13	0,263	1,196	95,875
14	0,242	1,101	96,976
15	0,188	0,855	97,832
16	0,159	0,721	98,553
17	0,092	0,417	98,970
18	0,083	0,376	99,346
19	0,061	0,276	99,622
20	0,045	0,206	99,828
21	0,030	0,136	99,964
22	0,008	0,036	100,000

Tabla 22. Autovalores de la matriz de correlaciones y % de varianza explicada por cada factor

A continuación se muestran los resultados de los tres criterios aplicados que nos han permitido conocer cuántas componentes principales extraer.

- **Criterio de Kaiser o de la raíz latente**

Es el criterio que se utiliza más frecuentemente. Se basa en retener aquellos factores que tienen autovalores que exceden de la media del conjunto de todos los autovalores. Como el autovalor asociado a un factor es su varianza, este criterio selecciona aquellos autovalores que explican un mayor porcentaje de la varianza total. En el caso de variables tipificadas, como es en nuestro caso, se seleccionan aquellas componentes cuyos autovalores exceden de 1. Los factores con autovalores menores que 1 explican menos varianza que la contenida en una variable y, por tanto, no son significativos. Aplicando este criterio a los autovalores obtenidos en la Tabla 22 del apartado anterior, se retienen los cinco primeros factores ya que son aquellos que presentan un autovalor superior a la unidad.

- **Criterio de contraste de caída o test de codo de Castell**

Se basa en identificar el número óptimo de factores que se pueden extraer antes de que la cantidad de la varianza única, aquella asociada con una variable específica, empiece a dominar la estructura de la varianza común, aquella que una variable comparte con el resto de variables. Para ello se trazan los autovalores de manera decreciente en función del número de factores a través del gráfico de sedimentación, escogiéndose aquellas componentes hasta el punto en que la curva decreciente converge hacia una línea horizontal, lo cual indica que a partir de ese punto la varianza explicada no aporta mucho más.

En nuestro caso el gráfico de sedimentación obtenido es el que se presenta más abajo en el Gráfico 2, y se observa una curva pronunciada hasta la sexta componente. A partir de la sexta componente el paso entre componentes queda prácticamente horizontal. Es por ello que basándose en este criterio es recomendable extraer seis factores para explicar la estructura subyacente de los datos.

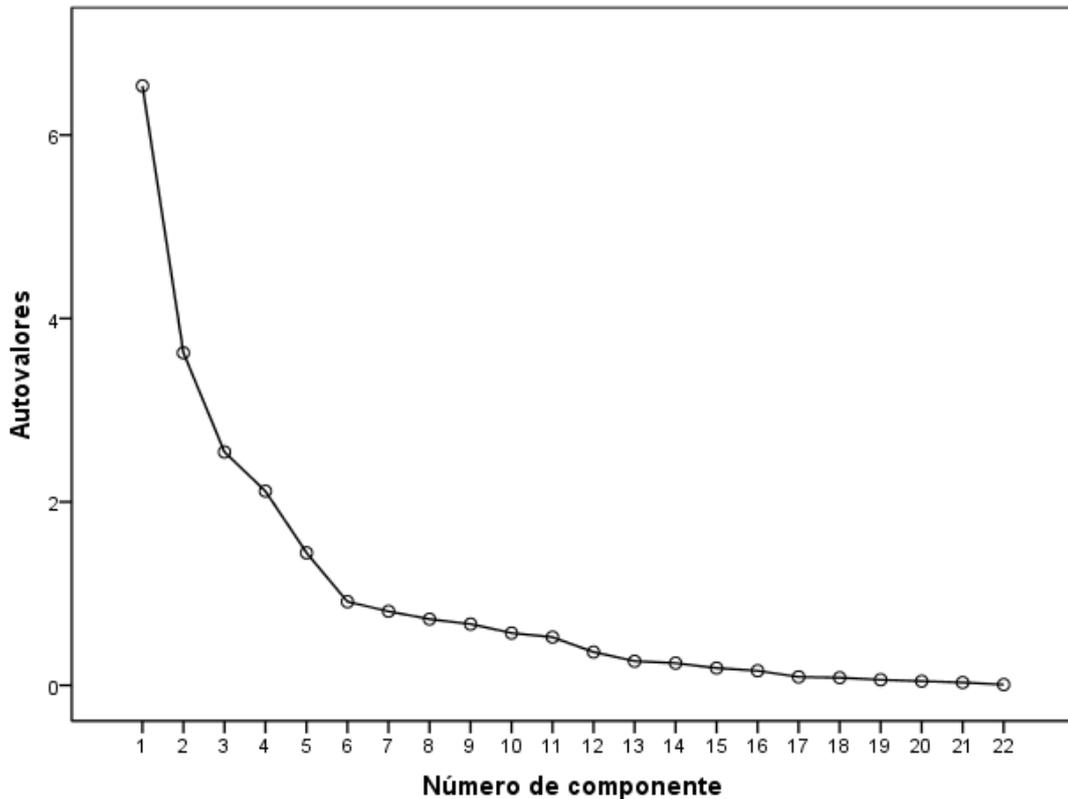


Gráfico 2. Gráfico de sedimentación

- **Criterio del porcentaje de varianza explicada**

El presente criterio se basa en retener aquellos factores hasta obtener un porcentaje acumulado específico de la varianza total extraída. No existe un umbral predefinido para todas las aplicaciones. Mientras que en el campo de las ciencias naturales se seleccionan aquellos factores que expliquen el 95% de la varianza, en ciencias sociales el umbral se reduce al 60% de la varianza.

En el Gráfico 3, donde se representa la varianza acumulada, se observa que las primeras cinco componentes son las que mayor porcentaje de variabilidad explican de los datos. A partir de la quinta componente el incremento del porcentaje de varianza acumulada es muchísimo menos notable, siendo a partir de la 14 componente un incremento menor de un 1 % entre componentes. Es por eso que en este estudio se retienen cinco componentes que explican el 73,93% de la variabilidad de los datos.

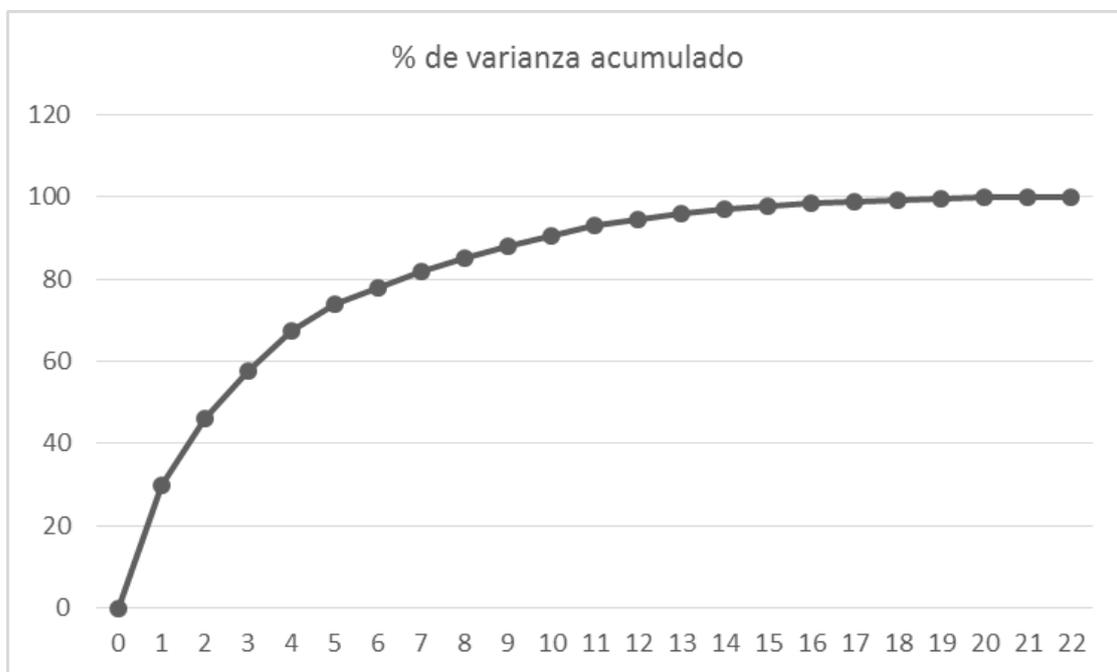


Gráfico 3. Porcentaje de varianza acumulado

Finalmente, y teniendo en cuenta los criterios analizados anteriormente, se ha decidido extraer cinco componentes con un porcentaje de varianza explicado del 73,93%.

La elección de cinco componentes se debe, por una parte, a que la mayoría de los criterios han dado como resultado cinco componentes. Únicamente en el criterio de contraste de caída o test de codo de Castell se ha obtenido como resultado seis componentes. Además, por otra parte, del estudio de la bibliografía del estado del arte realizado en el "Capítulo 2. Marco teórico y Estado del Arte", se ha obtenido la agrupación de las variables en cinco constructos. Se establece de esta manera la correlación entre el análisis estadístico y la literatura estudiada, y que justifica y apoya la elección de cinco componentes para explicar la estructura subyacente de los datos.

Comunalidades

Las comunalidades permiten medir cómo de bien representadas están las variables a través de las cinco componentes seleccionadas. Como se observa en la Tabla 23, las dos variables que presentan una comunalidad más baja son H4 y K3, con comunalidades de 0,558 y 0,538 respectivamente. Según Harman et al. (1976), los ítems con comunalidades inferiores a 0,3 se deberían de eliminar del análisis ya que su definición está alejada del constructo que intentan representar, pero no es el caso de este estudio por lo que se mantienen todas las variables en el análisis factorial.

Esto indica que estas dos variables son las que peor representadas están dentro de los constructos a los que pertenecen por lo que habría que replantearse la pertenencia de dichas preguntas a los constructos en los que han quedado agrupadas en la presente encuesta con el objetivo de mejorar la obtención de resultados en futuras encuestas.

Variables	Comunalidades
C1	0,834
C2	0,813
C3	0,609
C4	0,751
H1	0,841
H2	0,899
H3	0,888
H4	0,558
H5	0,827
I1	0,741
I2	0,678
I3	0,707
J1	0,680
J2	0,584
J3	0,733
K1	0,731
K2	0,774
K3	0,538
L1	0,749
L2	0,788
L3	0,715
L4	0,828

Tabla 23. Comunalidades



Rotación de factores

La rotación de factores se utiliza para mejorar la interpretación de los resultados a partir de la solución inicial. Mediante los factores rotados se trata que cada una de las variables tenga una correlación lo más próxima posible a la unidad con una de las variables y próxima a cero con el resto. Por ello, cada factor tendrá una correlación alta con un grupo de variables y baja con el resto y, de esta manera, se facilita la interpretación de los factores.

Existen dos formas básicas de realizar la rotación de factores: la rotación ortogonal y la rotación oblicua. En la rotación ortogonal los ejes se rotan de forma que quede preservada la incorrelación entre los factores. Entre los diferentes métodos de dicha rotación se encuentra el método Varimax normalizado, siendo éste el más aplicado y conocido. La rotación Varimax se obtiene maximizando la suma de varianzas de las cargas factoriales al cuadrado dentro de cada factor una vez normalizadas con la normalización de Kaiser. Este tipo de rotación es la seleccionada para facilitar la interpretación de los datos del presente estudio. Por otra parte, la rotación oblicua presenta unos ejes no ortogonales con lo que se pierde una propiedad deseable para los factores, sin embargo, es un método interesante si se consigue una asociación más nítida de cada indicador con el factor correspondiente. En este tipo de rotación el método más empleado es el denominado Oblimin con la normalización de Kaiser (Uriel, 1995).

En el presente estudio se ha aplicado la rotación Varimax con el objetivo de mejorar la interpretación de los factores. Los resultados que se han obtenido se presentan en la Tabla 24 donde se muestran las cargas factoriales.

Matriz de cargas factoriales

En la Tabla 24 se presentan las cargas factoriales de cada una de las variables en los componentes retenidos tras la aplicación de la rotación Varimax. Según Hair et al. (2007), las cargas factoriales de las variables se consideran significativas en un factor/componente cuando son superiores a 0,4 en valor absoluto.

Variables	Componentes				
	1	2	3	4	5
C1	-0,035	-0,120	-0,331	0,812	0,221
C2	-0,143	-0,077	0,426	0,745	-0,225
C3	0,330	-0,024	0,088	0,646	-0,271
C4	0,153	-0,177	0,236	0,780	-0,179
H1	-0,170	0,890	-0,004	-0,009	0,140
H2	-0,169	0,905	-0,056	-0,088	0,202
H3	0,039	0,841	-0,253	-0,104	0,324
H4	-0,118	0,298	0,022	-0,149	0,658
H5	0,045	0,853	-0,040	-0,310	0,020
I1	0,803	-0,108	0,014	0,181	-0,227
I2	0,812	0,016	0,094	0,082	-0,052
I3	0,786	0,079	0,171	0,147	0,178
J1	0,779	-0,077	0,207	0,053	0,144
J2	0,593	-0,158	0,278	-0,240	-0,269
J3	0,020	-0,633	0,396	-0,220	0,357
K1	0,241	-0,045	0,784	0,216	-0,101
K2	0,382	-0,097	0,786	-0,030	-0,022
K3	0,141	0,143	0,141	-0,096	0,684
L1	0,666	-0,210	0,192	-0,199	0,429
L2	0,081	-0,035	0,836	0,027	0,285
L3	0,161	-0,284	0,764	0,081	0,134
L4	0,560	-0,465	0,361	0,073	0,403

Tabla 24. Porcentaje de varianza acumulado

A continuación se describen los resultados y la interpretación de cada uno de los factores obtenidos.

- El primer factor está compuesto por las variables I1, I2, I3, J1, J2 que corresponden al constructo inicial de “*Colaboración*”. También se incluyen las variables L1 y L4 pertenecientes al constructo inicial de “*Satisfacción alcanzada*” aunque éstas presentan una carga factorial más baja. Este primer factor mide, por tanto, las variables que están directamente relacionadas con la generación de colaboración dentro del equipo de trabajo, sin incluir herramientas o metodología BIM, por lo que este factor agruparía las variables que son la esencia del desarrollo de la colaboración en el trabajo en equipo: I1 (*la implicación y compromiso de los miembros del equipo*), I2 (*la efectividad del trabajo en equipo*), I3 (*la generación de colaboración*), J1 (*la organización del equipo*) y J2 (*el flujo de información y habilidades comunicativas*), L1 (*satisfacción en el establecimiento de colaboración en el trabajo en equipo*), L4 (*apoyo y ayuda recibido durante las sesiones teóricas y prácticas de laboratorio*) Por tanto, este constructo mide los “**Aspectos colaborativos**”.
- El segundo factor está compuesto por las variables H1, H2, H3 y H5 que pertenecen al constructo inicial de “*Dificultades*” y la variable J3 del constructo inicial de “*Colaboración*”. En la matriz de cargas factoriales de las variables referidas a este segundo factor puede observarse que algunas variables contienen altas saturaciones con signos positivos y negativos. En este caso es posible agrupar las variables en función de su signo ya que existe una relación lógica entre variables del mismo signo y al mismo tiempo contrapuesta a las variables de signo opuesto. El primer grupo de variables (H1, H2, H3 y H5) está formado por variables que miden las dificultades colaborativas encontradas entre los miembros del equipo mientras que la variable J3 mide la importancia del software para una colaboración exitosa. Esta doble interpretación del segundo factor significa que las variables relacionadas con las “**Dificultades colaborativas en el factor humano**” se contraponen a la “**Importancia del software para una colaboración exitosa**”. De esta forma, la bipolaridad de este factor indica que los individuos que han encontrado mayores dificultades en la colaboración entre los miembros del equipo (H1: “*Comunicación entre miembros del equipo*”, H2: “*Intercambio y compartición de información*”, H3: “*Comprensión de las tareas a desarrollar*” y H5: “*Confianza en otros miembros del equipo*”), no consideran importante la interoperabilidad y uso amigable del software para una colaboración exitosa. De forma contraria, los individuos que no encuentran dificultades colaborativas con los miembros del equipo consideran que la interoperabilidad e intuición del software es muy importante para una colaboración exitosa. Una posible interpretación a este resultado puede ser que la tecnología no supone una barrera en sí para aquellos que la dominan, sino los aspectos sociales que la rodea (comunicación entre usuarios, compartición de datos e información, etc.), como se ha mencionado anteriormente en la teoría de Erdogan et al. (2008).
- El tercer factor está compuesto por las variables K1 y K2 del constructo inicial “*Educación y Formación adquiridas*” y las variables L2 y L3 del constructo inicial “*Satisfacción alcanzada*”. En ambos casos las variables están directamente relacionadas con la metodología y la herramienta BIM, es por eso que en los resultados del análisis factorial representan un mismo constructo, desde la perspectiva de la

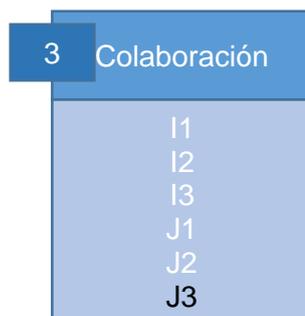
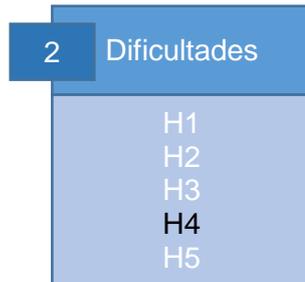
educación y formación y práctica y el nivel de satisfacción alcanzado tras la experiencia en el proyecto desarrollado con BIM. Queda entonces establecida la importancia de formación y educación en BIM para poder lograr la satisfacción del usuario en la implementación de dicho sistema en su metodología de trabajo y desarrollo de proyectos, siguiendo la línea de la teoría defendida por Lee et al. (2013) y Taylor y Levitt (2007). Este factor mide por tanto los **“Aspectos formativos”**.

- El cuarto factor incluye las variables C1, C2, C3 y C4 que conforman el constructo inicial de **“Motivación y Expectativas”**. Se representa de esta forma la independencia de dichas variables respecto al resto de variables en la encuesta, pues este aspecto es una percepción individual de cada encuestado independiente del resto de variables estudiadas y además denota la correcta agrupación de los factores dentro del constructo asignado inicialmente.
- El quinto y último factor viene explicado por las variables **H4: “Utilización del software BIM”** y **K3: “Metodología IPD”**, de los constructos iniciales **“Dificultades”** y **“Educación y Formación adquiridas”** respectivamente. Estas variables son las más diferentes al resto de variables y las que presentan comunalidades más bajas y unos valores de saturación inferiores a 0,70. Estas variables han sido recogidas en este último factor. El hecho de que estas variables queden agrupadas en el último factor significa que son las variables que por su definición están alejadas del constructo al que inicialmente pertenecían de forma teórica y que intentan representar. Por tanto se trata de variables que podrían reformularse en un nuevo constructo en futuras encuestas para obtener una mayor validez de los resultados del cuestionario.

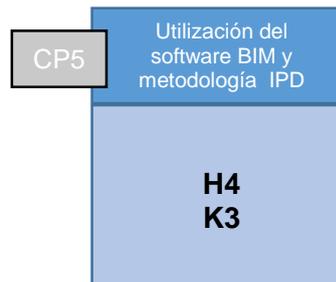
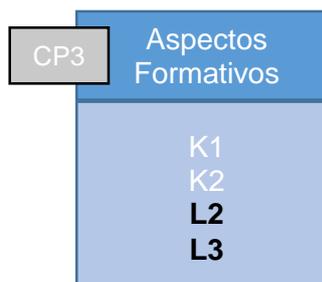
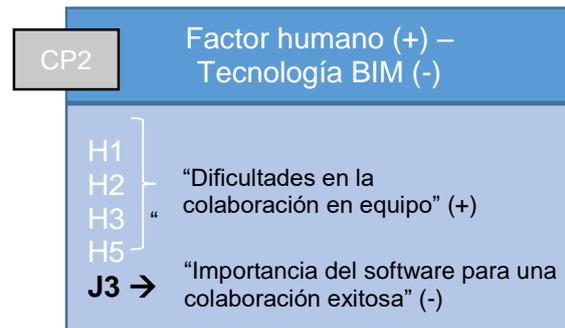
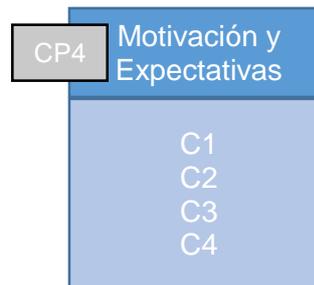
La representación gráfica de las cargas factoriales de los factores obtenidos se puede encontrar en el Anexo 3.

En definitiva, tras la aplicación del análisis factorial, y a la vista de los resultados obtenidos en dos de los tres criterios empleados, se concluye que los cinco constructos en los que se habían distribuido las variables estudiadas en la presente encuesta tras el análisis del estado del arte, se corresponden con los cinco componentes obtenidos tras el análisis factorial aunque algunos de ellos tienen diferente agrupación de las variables que los conforman, tal y como se observan en las tablas resumen de **“Constructos Iniciales”** y **“Constructos Finales”** que se presentan a continuación.

CONSTRUCTOS INICIALES



CONSTRUCTOS FINALES





Análisis Factorial con cuatro componentes

Adicionalmente al análisis anterior, se ha realizado el análisis factorial con rotación Varimax para la obtención de cuatro componentes, en vez de las cinco componentes obtenidas y justificadas previamente. De esta manera tratamos de averiguar si la agrupación en cuatro componentes sería más adecuada que la planteada inicialmente con cinco componentes, y consecuentemente, si se debería tener en cuenta para la mejora del diseño de futuras encuestas del presente estudio y por tanto, para aumentar la validez de los resultados.

Los resultados obtenidos (vease Tabla 28, en el Anexo 2) muestran que las variables H4 y K3 no encajan en ninguno de los constructos pues presentan valores inferiores o muy próximos a 0,4 en los cuatro componentes. También las variables J3 y L4 presentan unas cargas factoriales muy bajas en las cuatro componentes y no se asocian de forma clara a ninguna estas.

Por otra parte, las comunalidades de las variables obtenidas para cuatro componentes tienen valores significativamente inferiores, no sólo para las variables H4 y K3, sino que incluso otras variables que presentan comunalidades elevadas en el análisis para cinco componentes han disminuido notablemente su valor, como son las variables C1 y J2.

En definitiva, los resultados obtenidos al forzar la extracción de cuatro componentes muestran que un mayor número de variables del estudio quedan peor representadas y por tanto, que las cuatro componentes no explican de forma correcta todas las variables del estudio que han sido incluidas en el estudio. Por tanto, las cuatro componentes no agruparían adecuadamente las variables.

3.2.3. ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO DE LA MUESTRA

El objetivo de esta sección es estudiar la influencia de las variables dicotómicas/politómicas (género, nivel de estudios, tipología de estudios, etc.) sobre las variables que se miden en una escala cuantitativa ordinal (escala Likert). En este estudio se calculan y se comparan las medias de las diferentes variables de escala cuantitativa en cada uno de los niveles definidos por las variables dicotómicas/politómicas.

A continuación, la Tabla 25 muestra las medias y medianas descriptivas obtenidas para cada variable de escala y cada nivel de las variables dicotómicas/politómicas. En la tabla se muestran algunas de las variables de escala que se han evaluado, aunque el estudio no paramétrico que se detalla a continuación se ha realizado con todas las variables de escala tal y como se presenta en el Anexo 2.

Variables de caracterización		Variables Likert							
		L2		L3		K1		K2	
		Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana
Género	Hombre	4,27	4	4,36	4	4,23	4	4,27	4
	Mujer	4,67	5	4,56	5	4,33	4	4,56	5
Nivel de Estudios	Grado	3,33	3	-	-	-	-	-	-
	Máster	4,50	5	-	-	-	-	-	-
Tipo de Estudios	Ing. Civil	4	4	4,13	4	3,88	4	-	-
	Arquitectura	4,75	5	4,5	4,5	4,25	4	-	-
	Ing. Edificación	4,44	5	4,5	5	-	-	-	-
	Ing. Informática	-	-	-	-	-	-	-	-
Organización y Planificación-Variable D	SI	4,44	5	4,44	5	4,28	4	4,4	5
	NO	4,17	4	4,33	4,5	4,17	4,5	4,17	4,5
Organización y Planificación-Variable E	SI	4,43	5	4,43	5	4,26	4	4,39	5
	NO	4,25	4	4,38	4,5	4,25	4,5	4,25	4,5
Organización y Planificación-Variable F	SI	4,67	5	4,89	5	4,44	5	4,67	5
	NO	4,27	4	4,23	4	4,18	4	4,23	4
Organización y Planificación-Variable G	SI	4,4	5	4,4	4,5	4,23	4	4,33	4,5
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
Predisposición futura – Variable M	SI	4,39	5	4,42	5	4,26	4	4,35	5
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
Predisposición futura – Variable N	SI	4,46	5	4,54	5	4,36	4	4,46	5
	NO	3,67	3	3,33	3	3,33	3	3,33	3
Predisposición futura – Variable O	SI	4,39	5	4,42	5	4,26	4	4,35	5
	NO	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 25. Medias y medianas de las para las variables de interés para cada nivel de las variables de caracterización

Para verificar si esas diferencias son o no significativas se ha realizado un test no paramétrico. En nuestro estudio se ha considerado adecuado aplicar la prueba U de Mann-Whitney. Esta prueba es la que más se ajusta a las características de la distribución asimétrica de los datos debido al número reducido de muestra y a la gran variabilidad existente. Es por ello que no es pertinente realizar una prueba paramétrica como es el ANOVA, pues tiene como condición principal que los datos sigan una distribución normal.

La prueba U de Mann-Whitney, conocida también como U-test y equivalente a la prueba de los rangos sumados de Wilcoxon, es la prueba no paramétrica alternativa al t-test para muestras independientes. Se utiliza cuando los datos son ordinales, como es el caso de la escala Likert, pero que no se puede asumir normalidad. Esto ocurre cuando tenemos muestras pequeñas, como es el caso de nuestro estudio. En la prueba U de Mann-Whitney se comparan las medianas, y no las medias. Además, es preferible cuando existen valores atípicos dentro de los números de orden o rangos. Se aceptará como significativo el resultado para los p-valores exactos obtenidos menores de 0,05. El p-valor obtenido se ha basado en pruebas exactas ya que permiten obtener un nivel de significación exacto sin confiar en supuestos que los datos podrían no cumplir. Las pruebas asintóticas obtenidas a partir de conjuntos de datos pequeños o dispersos, o de tablas no equilibradas, que es el caso de estudio que nos ocupa, pueden llevar a conclusiones erróneas.

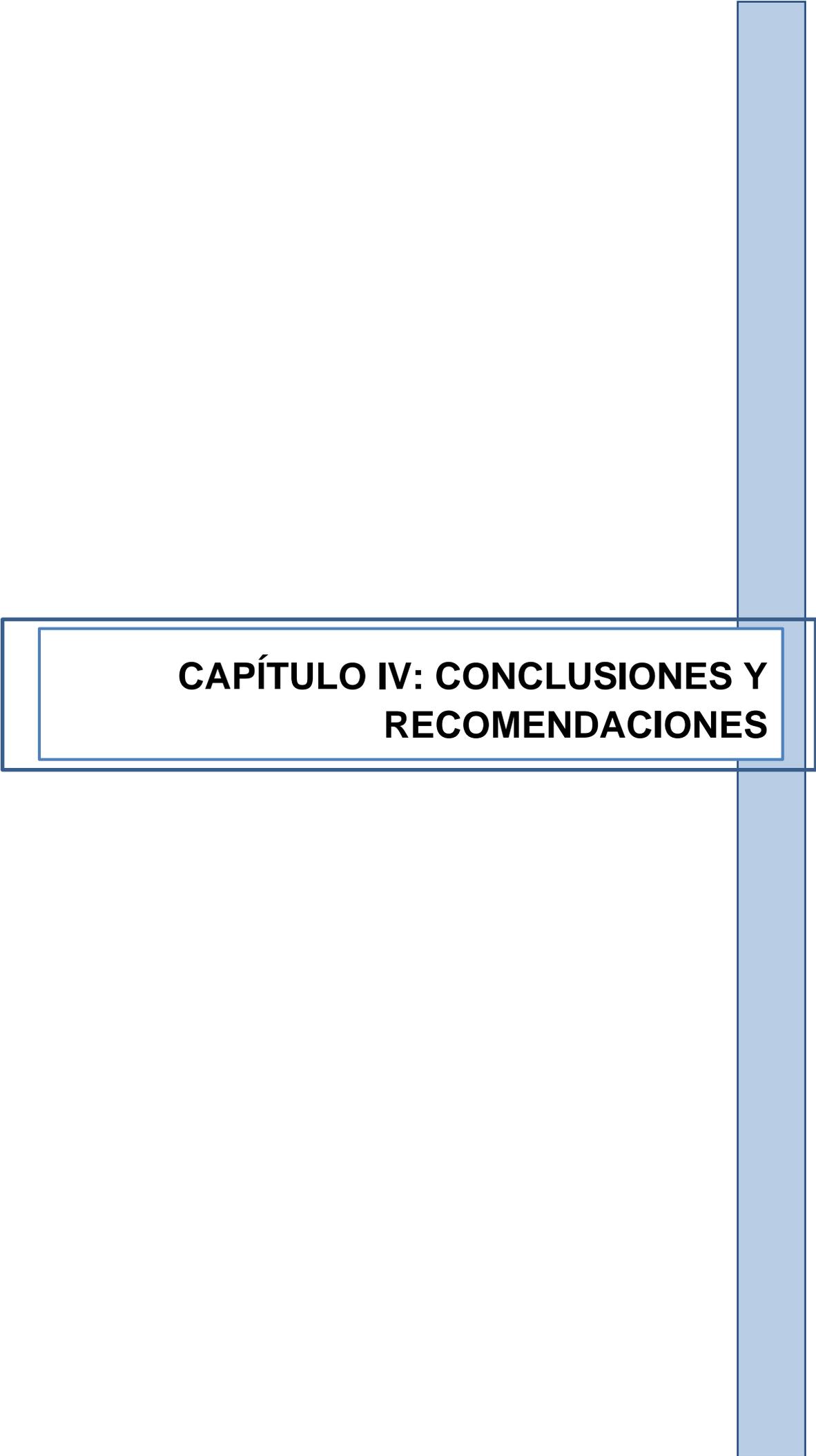
Tras realizar el análisis contrastando las variables categóricas frente a las de escala Likert, se obtiene que:

1. El género no muestra diferencias significativas para el estudio del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM. Por tanto, el hecho de ser mujer u hombre no va a transcender en el comportamiento colaborativo para la implementación de la metodología BIM.
2. El nivel de estudios sí muestra diferencias significativas para el constructo de “Satisfacción alcanzada” en la variable L2 que representa la “Formación en BIM”, con p-valor de 0,022 (véase Tabla 32, Anexo 2). Según la Tabla 31 del Anexo 2, los encuestados pertenecientes al nivel de estudio de máster están más satisfechos en la formación en BIM. Esto puede ser debido a que los alumnos de máster presentan una alta satisfacción ya que reconocen el alto valor otorgado a la educación en BIM para su próximo futuro laboral en el sector de la construcción.
3. La tipología de estudios no muestra diferencias significativas para el estudio del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM. Es decir, que la especialización del profesional que se enfrenta a la implementación de BIM no va a afectar al comportamiento colaborativo que se desarrolle en el proceso. En definitiva, que el profesional de la construcción que esté especializado en softwares informáticos, por el hecho de provenir de la rama de la informática en su formación universitaria, no implica que vaya a tener más facilidad en la adopción de un comportamiento colaborativo en la implementación de BIM que otro profesional con formación en ingeniería civil, ingeniería de la construcción o arquitectura.
4. La organización y planificación a través de la elección de un líder sí muestra diferencias significativas para el constructo “Satisfacción alcanzada”, en la variable L3 de “Práctica con la herramienta BIM” con un p-valor de 0,011 (véase Tabla 44, Anexo 2). Y es que, los



encuestados que han indicado que no se ha elegido un líder de proyecto, han mostrado un grado de satisfacción inferior en la práctica con la herramienta BIM. Esto apoya la teoría encontrada en la literatura estudiada donde la elección de líder se considera como uno de los factores a considerar para el éxito de la implementación (Doherty, 2015).

5. La predisposición futura a trabajar con un software BIM sí muestra diferencias significativas para el constructo *“Educación y Formación adquiridas”*, en las variables K1: *“Metodología BIM”* y K2: *“Herramienta BIM”* con un p-valor de 0,031 y 0,024 respectivamente (véase tabla 44 del Anexo 2). Se obtiene del análisis que todos los encuestados que han afirmado haber superado su temor a trabajar con una herramienta BIM en un proyecto, han otorgado una puntuación elevada a la educación y formación adquiridas en la metodología BIM y la herramienta BIM. Aquí queda demostrado que una buena educación y formación en la metodología y herramienta BIM es fundamental para superar la barrera de enfrentarse a la implantación de una nueva metodología como es la BIM y las herramientas tecnológicas asociadas. Además, la predisposición futura también ha resultado ser significativa para el constructo *“Satisfacción alcanzada”* en la variable L3: *“Práctica con la herramienta BIM”* con un p-valor de 0,008 (véase tabla 44 del Anexo 2). Se ratifica con esto que, una satisfacción elevada en la práctica con la herramienta BIM favorece la superación del temor a enfrentarse a la nueva herramienta BIM, teoría defendida por Lee et al. (2013) y Taylor y Levitt (2007).



CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	122
4.1. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN	122
CONTRIBUCIONES RESPECTO AL MARCO TEÓRICO Y AL ESTADO DEL ARTE	122
Contribuciones respecto al marco teórico	122
Contribuciones respecto al estado del arte	123
CONCLUSIONES DE LA ENCUESTA.....	125
Conclusiones del análisis descriptivo	125
Conclusiones de la medición de la fiabilidad y consistencia interna del cuestionario	126
Conclusiones del análisis factorial	126
Conclusiones del análisis no paramétrico	128
4.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	129
4.3. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS.....	125
4.4. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	132



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan de manera resumida las diferentes conclusiones extraídas tras el estudio de la bibliografía tanto para el marco teórico como para el estado del arte. Seguidamente, se sintetizan las conclusiones obtenidas tras el estudio descriptivo y análisis de datos de la encuesta diseñada para este trabajo. Finalmente, se señalan las limitaciones de la investigación, se proponen una serie de recomendaciones prácticas y se plantean ideas para futuras líneas de investigación que puedan darse tomando como punto de partida la investigación llevada en este trabajo de fin de máster.

4.1. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En los siguientes apartados se presentan las conclusiones obtenidas respecto al marco teórico, estado del arte y análisis estadístico de las respuestas de la encuesta.

CONTRIBUCIONES RESPECTO AL MARCO TEÓRICO Y AL ESTADO DEL ARTE

Las contribuciones que se extraen en referencia al marco teórico y al estado del arte son las siguientes:

Contribuciones respecto al marco teórico

- Se ha realizado la aclaración de los términos “metodología BIM” y “tecnología BIM”, frecuentemente objeto de confusión. Se asocia a metodología BIM el acto de crear un modelo electrónico de una instalación con la finalidad de visualización, realización de análisis de energía, realización de análisis de conflictos, verificación de criterios clave, ingeniería de costes, obtención de productos según ejecución real ‘as built’, elaboración de presupuestos y muchos otros. Por otra parte, la tecnología BIM se define como la representación digital de características físicas y funcionales de una instalación. Y como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre una instalación, formando una base fiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida, desde el comienzo en adelante (National Institute of Building Sciences, 2007).
- Se han explicado detalladamente las características, ventajas y barreras que trata de resolver la metodología BIM, y se han enumerado las diferentes herramientas BIM que componen la parte tecnológica de BIM.
- Se ha observado que en la actualidad el gran reto de la metodología BIM es la implementación en las empresas, es decir, la adopción de BIM entre los trabajadores a nivel individual y a nivel de equipo, y no es tanto problema la utilización de las herramientas informáticas empleadas en el proceso, foco de investigaciones de los años anteriores.
- Se ha encontrado que la metodología BIM va íntimamente ligada al comportamiento colaborativo, pues la metodología BIM se entiende como un sistema colaborativo (Erdogan et al., 2008). Por lo que, para conseguir el éxito de la implementación de BIM es necesario detectar y analizar los diferentes factores asociados al éxito de la colaboración, además de las barreras que perjudican el establecimiento de la misma.
- Del estudio de las diferentes teorías sobre la colaboración se han obtenido los factores, barreras y beneficios de la colaboración.



- Se ha considerado que el análisis de los sistemas sociotécnicos es el más idóneo para examinar la tecnología BIM, el contexto social en el que se enmarca y otros factores del entorno que están asociados a la implementación de BIM.

Contribuciones respecto al estado del arte

- La evolución de la metodología BIM va ligada a la amplia y rápida evolución y desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (Taxén y Lilliesköld, 2008). Además, en los últimos años, gracias al aumento de las tecnologías BIM económicamente asequibles, se ha incentivado el desarrollado de nuevos sistemas que mejoran la generación y compartición de información en el sector de la construcción (Kassem et al., 2012), y con éstos, se ha producido el impulso definitivo para la metodología BIM.

- El nivel de implementación de BIM en el sector de la construcción varía según el país, ya que depende en gran medida del apoyo recibido por parte del gobierno (inversión pública, desarrollo de normativas y guías BIM, fondos destinados a la investigación y desarrollo, etc.). A la cabecera de la implementación se encuentran países como EE.UU., Reino Unido, Norte de Europa y Australia. En España actualmente nos situamos a la cola de los países de implementación BIM, aunque el gobierno español ya ha comenzado a introducir una serie de medidas que pronostican la implementación total de BIM para los proyectos de obra nueva y rehabilitación para el año 2020.

- De la bibliografía sobre la práctica de BIM en la actualidad se han extraído algunos de los factores clave más significativos que influyen en la implementación con éxito de BIM: conocimiento estructurado, capacitación BIM (aptitudes colaborativas), apoyo de la directiva, motivación, defectos técnicos de BIM, beneficios tangibles, experiencia previa de los trabajadores, uso universal, resistencia al cambio, tipología de contratos, entre otros.

- De los estudios sobre el éxito de BIM que se pueden encontrar, se ha concluido que el éxito de BIM va ligado a las aptitudes y capacitaciones BIM que demuestre el equipo de proyecto, siendo la colaboración generada entre las diferentes disciplinas y usuarios una de las características esenciales. (Mutai, 2009; Azhar, 2011).

- De los estudios sobre los ambientes colaborativos se ha concluido que el éxito de la colaboración no depende únicamente de la tecnología colaborativa introducida en la organización, sino que está altamente influenciado por cómo esta tecnología es introducida (Erdogan et al., 2008).

- Se ha empleado la perspectiva sociotécnica para analizar la colaboración en la implementación de BIM, ya que la colaboración se define como una cualidad social, y ésta se estudia dentro del proceso de implementación BIM, que es un proceso que conlleva la introducción de una nueva tecnología en la organización, es decir, es un aspecto tecnológico. Por tanto, se ha considerado adecuado el introducir el paradigma sociotécnico para realizar el análisis del sistema.



- De los diferentes sistemas de análisis sociotécnicos, se ha seleccionado el modelo sociotécnico de Leavitt empleado por Sackey et al. (2015), del que se han obtenido las siguientes conclusiones: 1) el conocimiento intraorganizacional está en constante cambio y evolución debido a la constante evolución de la tecnología asociada a la implementación de BIM, 2) es importante entender las relaciones entre los elementos sociotécnicos del sistema de trabajo, para así localizar con más facilidad las interrupciones que se producen en el sistema, 3) el vacío de conocimiento se puede solventar con el establecimiento de una estructura de apoyo para el constante proceso de aprendizaje al que se ven sometidos los agentes debido a la rápida evolución de las tecnologías.
- De las teorías de aceptación tecnológica por parte de los usuarios, se ha extraído que la percepción de utilidad (percepción individual de que la herramienta tecnológica va a ayudar y facilitar el trabajo a realizar) y facilidad de uso de la tecnología (percepción individual de que no va a necesitarse esfuerzo para usar la tecnología) son factores de especial relevancia para el comportamiento de aceptación.
- Del estudio minucioso de la amplia bibliografía existente y teniendo en cuenta los puntos anteriormente comentados, se han establecido las siguientes variables para la presente investigación: utilización previa de un software BIM, participación previa en un proyecto BIM, desarrollo de habilidades colaborativas, formación en BIM, práctica con la herramienta BIM, apoyo y guía durante la implementación de BIM, designación de los roles de los miembros del equipo, reparto de las tareas, elección del líder, establecimiento de reuniones grupales, comunicación entre miembros del equipo, intercambio y compartición de información, comprensión de las tareas a desarrollar, utilización del software BIM, confianza en otros miembros del equipo, la implicación y compromiso de los miembros del equipo, la efectividad del trabajo en equipo, la generación de colaboración, la organización del equipo, el flujo de información y habilidades comunicativas, la facilidad de uso del software e interoperabilidad, conocimientos sobre metodología BIM, herramientas BIM y metodología IPD, predisposición futura para trabajar de forma colaborativa, trabajar con software BIM e implementar la metodología BIM.

CONCLUSIONES DE LA ENCUESTA

Las conclusiones que se extraen tras realizar el análisis estadístico son:

Conclusiones del análisis descriptivo

- En el constructo “*Organización y Planificación*”, la mayoría de encuestados afirman haber realizado *designación de los roles de los miembros antes de comenzar con el proyecto, reparto de las tareas y establecimiento de reuniones grupales*. Sin embargo, muy pocos afirman haber *elegido líder de proyecto*. Estos factores son considerados como factores relevantes para una colaboración exitosa. Y, según Doherty (2015), la falta de líder en los equipos puede repercutir de forma negativa en el establecimiento de una colaboración exitosa.

- En el constructo “*Dificultades*”, los encuestados han considerado en orden de mayor a menor dificultad: la *utilización del software BIM, comprensión de las tareas a desarrollar, establecimiento de la confianza en otros miembros del equipo, y por último, la comunicación entre miembros del equipo e intercambio y compartición de información*. Este resultado va en la línea del estudio realizado por Won et al. (2013) en el que afirma que la propia herramienta BIM supone una de las principales barreras para los usuarios en la adopción de BIM. La menor dificultad en los factores de *comunicación entre miembros del equipo y el intercambio y compartición de información* está directamente relacionado con que los miembros del equipo de trabajo establezcan una buena organización y planificación (Doherty, 2015).

- Del constructo “*Colaboración*”, se observa que tienen una mayor puntuación los factores relacionados directamente con el factor humano (*el flujo de información y habilidades comunicativas, la generación de colaboración, la efectividad del trabajo en equipo, la organización del equipo o la implicación y compromiso de los miembros del equipo*). En último lugar se encuentra el factor *facilidad de uso del software e interoperabilidad*. Esto reafirma que el éxito de la implementación de un sistema colaborativo, como es la metodología BIM, depende en un 80% del factor humano y un 20% en los factores tecnológicos (Erdogan et al., 2008).

- En el constructo “*Educación y Formación*”, destacan especialmente las variables *Práctica con la herramienta BIM y Educación en BIM*. Los resultados apoyan la teoría de Erdogan et al. (2014), en la que se establece que la educación y formación son muy importantes a la hora de introducir una nueva metodología, pues estas acciones facilitan la desaparición de barreras para la adopción de BIM, como son la resistencia al cambio, el miedo a lo desconocido, la falta de información, la falta de conocimiento o la falta de habilidades prácticas, etc.

- En los constructos “*Motivación y Expectativas*” y “*Satisfacción alcanzada*”, se comparan los factores de *desarrollo de habilidades colaborativas, la práctica con la herramienta BIM y la formación BIM y apoyo y guía durante la implementación de BIM* antes y después de que los encuestados participaran en el proyecto BIM. Considerando los resultados, se puede afirmar que la satisfacción ha sido alta por lo que las expectativas han sido cubiertas adecuadamente. Esto es una experiencia positiva para el usuario en la adopción de BIM que presentará una mayor predisposición futura para su uso (Ding et al., 2015).

- En el constructo “*Predisposición futura*” se observa que todos los encuestados afirman que tras la experiencia en el proyecto BIM estarían dispuestos a trabajar de forma colaborativa e implementarían la metodología BIM en el futuro. Únicamente a la pregunta planteada “*¿Podría afirmar que este curso le ha ayudado a superar su temor a trabajar con herramientas BIM en un proyecto?*”, algunos encuestados han contestado negativamente (9.70 %). En este constructo se obtiene la percepción individual de los encuestados tras la experiencia con BIM, que es considerado como uno de los factores determinantes en el éxito de la adopción de nuevas tecnologías (O'Brien, 2000; Nitithamyong y Skibniewski, 2003). Para dar solución al temor, los autores Lee et al. (2013) y Taylor y Levitt (2007) afirman que dicha barrera del miedo a la introducción de una nueva tecnología y metodología se puede superar con la formación, la puesta en práctica de la herramienta y el apoyo continuado por parte de la empresa durante el proceso de implementación de la misma, siendo esta última la acción más valorada por los encuestados.

Conclusiones de la medición de la fiabilidad y consistencia interna del cuestionario

- Se realiza la validación mediante el coeficiente α de Cronbach de los constructos definidos con escala Likert de 5 puntos, siendo éstos: “*Motivación y Expectativas*”, “*Dificultades*”, “*Colaboración*”, “*Educación y Formación adquiridas*” y “*Satisfacción y alcanzada*”. Del análisis se obtienen valores del coeficiente superior a 0,70 en la mayoría de estos, valor considerado aceptable según el valor umbral marcado en este estudio. Únicamente el constructo “*Educación y Formación adquiridas*” presenta un coeficiente α de Cronbach de 0,583, indicativo de que la fiabilidad del constructo debe ser estudiada con más detalle para identificar las variables que por su definición se alejan al constructo inicial que pretender medir.

- Se calcula el coeficiente α de Cronbach tras la eliminación de una variable en cada constructo y se observa que sólo en el caso del constructo “*Educación y Formación adquiridas*”, la variable K2, que hace referencia a la herramienta BIM, contribuye en gran medida a la consistencia interna del constructo evaluado. Sin embargo, dentro del mismo constructo tras la eliminación de la variable K3 (formación en el método IPD) el coeficiente α de Cronbach aumenta notablemente, por lo que se interpreta que esta variable debería ser evaluada dentro de otro constructo para asegurar una mayor fiabilidad del constructo y obtener una mayor validez de los resultados del cuestionario.

Conclusiones del análisis factorial

De la matriz de cargas factoriales se obtiene que los cinco constructos en los que se habían distribuido las variables planteadas teóricamente en la presente encuesta, se corresponden con los cinco componentes obtenidos tras el análisis factorial, aunque la agrupación de algunas variables difiere en algunos casos:

- El primer factor está compuesto por las variables I1, I2, I3, J1 y J2 del constructo inicial “*Colaboración*” sin incluir herramientas o metodología BIM (J3). Se incluyen las variables L1 y L4, pertenecientes al constructo “*Satisfacción alcanzada*”. Este factor agruparía las variables que son la esencia del desarrollo de la colaboración en el trabajo en equipo por lo que mide los “**Aspectos colaborativos**”.

- El segundo factor recoge las variables H1, H2, H3 y H5 que pertenecen al constructo de “*Dificultades*” y la variable J3 del constructo de “*Colaboración*” con valor negativo. El primer grupo de variables (H1, H2, H3 y H5) está formado por variables que miden las dificultades colaborativas encontradas entre los miembros del equipo mientras que la variable J3 mide la importancia del software para una colaboración exitosa. Esta doble interpretación del segundo factor significa que las variables relacionadas con las “**Dificultades colaborativas en el factor humano**” **se contraponen a la “Importancia del software para una colaboración exitosa”**. Una posible interpretación a este resultado puede ser que la tecnología no supone una barrera en sí para aquellos que la dominan, sino los aspectos sociales que la rodea (comunicación entre usuarios, compartición de datos e información, etc.), como se ha mencionado anteriormente en la teoría de Erdogan et al. (2008).
- El tercer factor mide los “**Aspectos formativos**”, ya que engloba las variables K1 y K2 del constructo “*Educación y Formación adquiridas*” y las variables L2 y L3 del constructo “*Satisfacción alcanzada*”. Queda así establecida la importancia de la formación y educación en BIM para poder lograr la satisfacción del usuario en la implementación de dicho sistema en su metodología de trabajo y desarrollo de proyectos (Lee et al., 2013; Taylor y Levitt, 2007).
- El cuarto factor corresponde al constructo “**Motivación y Expectativas**” y presenta en ambos casos los mismos factores C1, C2, C3 y C4, lo que confirma la correcta agrupación de los factores dentro del constructo asignado inicialmente.
- El quinto y último factor factor agrupa las variables H4: “**Utilización del software BIM**” y K3: “**Metodología IPD**”, de los constructos “*Dificultades*” y “*Educación y Formación adquiridas*” respectivamente. Éstas son las variables que por su definición están alejadas del constructo al que inicialmente pertenecían de forma teórica y que intentan representar. Por tanto, se trata de variables que podrían reformularse en un nuevo constructo en futuras encuestas para obtener una mayor validez de los resultados del cuestionario.



Conclusiones del análisis no paramétrico

- El género no muestra diferencias significativas para el estudio del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM. Por tanto, el hecho de ser mujer u hombre no va a transcender en el comportamiento colaborativo para la implementación de la metodología BIM.
- El nivel de estudios sí muestra diferencias significativas para el constructo de “*Satisfacción alcanzada*” en la variable L2, que representa la “*Formación en BIM*”, donde los estudiantes de máster han valorado con una mayor puntuación la satisfacción alcanzada en la formación en BIM. Esto puede ser debido a que los alumnos de máster presentan una alta satisfacción porque reconocen el alto valor otorgado a la educación en BIM para su próximo futuro laboral en el sector de la construcción.
- La tipología de estudios no muestra diferencias significativas para el estudio del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM. Es decir, que la especialización (ingeniería informática, ingeniería civil, ingeniería de la construcción o arquitectura) del profesional que se enfrenta a la implementación de BIM no va a afectar al comportamiento colaborativo que se desarrolle en el proceso.
- La organización y planificación a través de la elección de un líder sí muestra diferencias significativas para el constructo “*Satisfacción alcanzada*”, en la variable L3 de “*Práctica con la herramienta BIM*”, y es que, los encuestados que han indicado que no se ha elegido un líder de proyecto, han mostrado un grado de satisfacción inferior en la práctica con la herramienta BIM. Esto apoya la teoría encontrada en la literatura estudiada donde la elección de líder se considera como uno de los factores a considerar para el éxito de la implementación (Doherty, 2015).
- La predisposición futura a trabajar con un software BIM sí muestra diferencias significativas para el constructo “*Educación y Formación adquiridas*”, en las variables K1: “*Metodología BIM*” y K2: “*Herramienta BIM*”. Se obtiene del análisis que todos los encuestados que han afirmado haber superado su temor a trabajar con una herramienta BIM en un proyecto, han otorgado una puntuación elevada a la educación y formación adquiridas en la metodología BIM y la herramienta BIM. Aquí queda demostrado que una buena educación y formación en la metodología y herramienta BIM es fundamental para superar la barrera de enfrentarse a la implantación de una nueva metodología como es la BIM y las herramientas tecnológicas asociadas. Además, la predisposición futura también ha resultado ser significativa para el constructo “*Satisfacción alcanzada*” en la variable L3: “*Práctica con la herramienta BIM*”. Se ratifica con esto que, una satisfacción elevada en la práctica con la herramienta BIM favorece la superación del temor a enfrentarse a la nueva herramienta BIM, teoría defendida por Lee et al. (2013) y Taylor y Levitt (2007).



4.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En la investigación se han encontrado las siguientes limitaciones:

- El tamaño de la muestra ha sido muy reducido. Esto se debe a que se trata de un estudio innovador y nunca realizado anteriormente, donde se ha analizado el comportamiento colaborativo en el primer curso desarrollado con un programa y con una metodología de trabajo pionera. Ha sido un proyecto piloto por lo que no existen precedentes y la muestra ha quedado limitada a los 31 alumnos universitarios del curso para la implementación de BIM.

Por tanto, la muestra ha sido intencional y el área de trabajo es exploratorio, por lo que los resultados no se pueden generalizar. Sin embargo, el estudio nos ofrece conclusiones que sí ayudan a conocer la situación actual del comportamiento colaborativo en la implementación de BIM en un proyecto de construcción.

- La encuesta ha sido difundida únicamente en una institución proveedora de formación superior, la universidad de Georgia Institute of Technology, y en una única localización, la ciudad de Atlanta en Estados Unidos. Esto es debido a la intencionalidad del estudio en el que se buscaba unas características específicas y controladas de la población, donde E.E.U.U. se encontró como el único país en el que se ha desarrollado el curso piloto con el programa y metodologías innovadoras para la implementación de BIM.

- La percepción de los estudiantes no es equivalente a la realidad. Por lo que en futuros trabajos se deberá extender el estudio a profesionales del sector de la construcción y así poder analizar los cambios en las respuestas de los diferentes usuarios de BIM.

Para que la encuesta sea adecuada, se deberá adaptar a la terminología empleada en el mundo laboral de la construcción.

- La encuesta sólo ha tenido en cuenta la fase de licitación del proyecto de construcción. El ciclo de vida de la infraestructura se ha estudiado únicamente desde la simulación digital. Se obtendría una encuesta más completa si los usuarios experimentaran también la colaboración en las fases reales de construcción y operatividad del proyecto.



4.3. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

En este apartado se proponen recomendaciones prácticas para incentivar el comportamiento colaborativo en la implementación de BIM.

A las instituciones de formación en el sector de la construcción:

- Incluir en los programas de estudios la formación en BIM, presentando la metodología de forma teórica y desarrollando sesiones prácticas donde los estudiantes sean capaces de experimentar el proceso de trabajo con la herramienta y la metodología BIM, donde entrenarán el comportamiento colaborativo necesario para el éxito de la implementación. Se favorecerá de esta manera que los estudiantes estén más preparados en las habilidades exigidas para el desarrollo de proyectos BIM y sean competitivos para enfrentarse al mercado laboral del sector de la construcción.
- Contar con formación dirigida por profesores que sean además profesionales del sector de la construcción en la implementación de BIM, pues otorgará una perspectiva más realista de la implementación de BIM en el sector de la construcción.
- Contar con el apoyo de consultores de las tecnologías BIM durante las sesiones prácticas. Ello favorecerá que los estudiantes alcancen un entendimiento total del manejo de la herramienta BIM, y con ello, el proceso de la metodología BIM.
- Organizar congresos y seminarios donde se puedan dar a conocer y compartir los últimos avances y desarrollos de la metodología y la tecnología BIM. Esto será la fuente de información sobre las novedades que ocurran en BIM.

A los Organismos de Contratación Pública de Obras y Servicios:

- Incentivar la implementación de BIM en el sector de la construcción a través de la financiación de obras que se ejecuten con la metodología BIM.
- Acordar normativa sobre formatos, redactar manuales y guías de uso para establecer un proceso BIM que sea común a nivel mundial.
- Promover la innovación y desarrollo de BIM con la financiación de líneas de investigación sobre la implementación de BIM en los proyectos de construcción.
- Crear comisiones y organismos que controlen y regulen la buena praxis de la metodología BIM en el sector de la construcción.
- Organizar seminarios y congresos donde se presenten los últimos avances y desarrollos de la metodología y la tecnología BIM, y no solamente a nivel nacional, sino que debe incluir las novedades que se hayan producido a nivel mundial.



A las empresas del sector de la construcción:

- Proporcionar a los profesionales la formación y el apoyo necesario para la implementación de BIM.
- Desarrollar guías o manuales donde queden perfectamente detalladas las tareas, los roles y las responsabilidades de cada uno de los agentes involucrados en el sistema de trabajo con BIM.
- Detallar los estándares y los formatos de los archivos compartidos en la base de datos que se manejará de forma centralizada con la herramienta BIM, y que facilitará el intercambio y compartición de la información, favoreciendo así el comportamiento colaborativo.
- Apoyar la formación de los trabajadores a través de la asistencia a seminarios. De esta manera se logrará que los profesionales de la empresa estén al día de los últimos avances y desarrollos de la metodología y tecnología BIM, y motivará a implementar mejoras en su propio proceso BIM en la empresa.
- Establecer un primer proyecto piloto en el que pueda experimentar el nuevo sistema de trabajo, contando en todo momento con el apoyo de los líderes de proyecto que habrán demostrado la capacitación para dirigir un proyecto BIM basado en la experiencia previa con proyectos desarrollados en BIM.

A los profesionales del sector de la construcción:

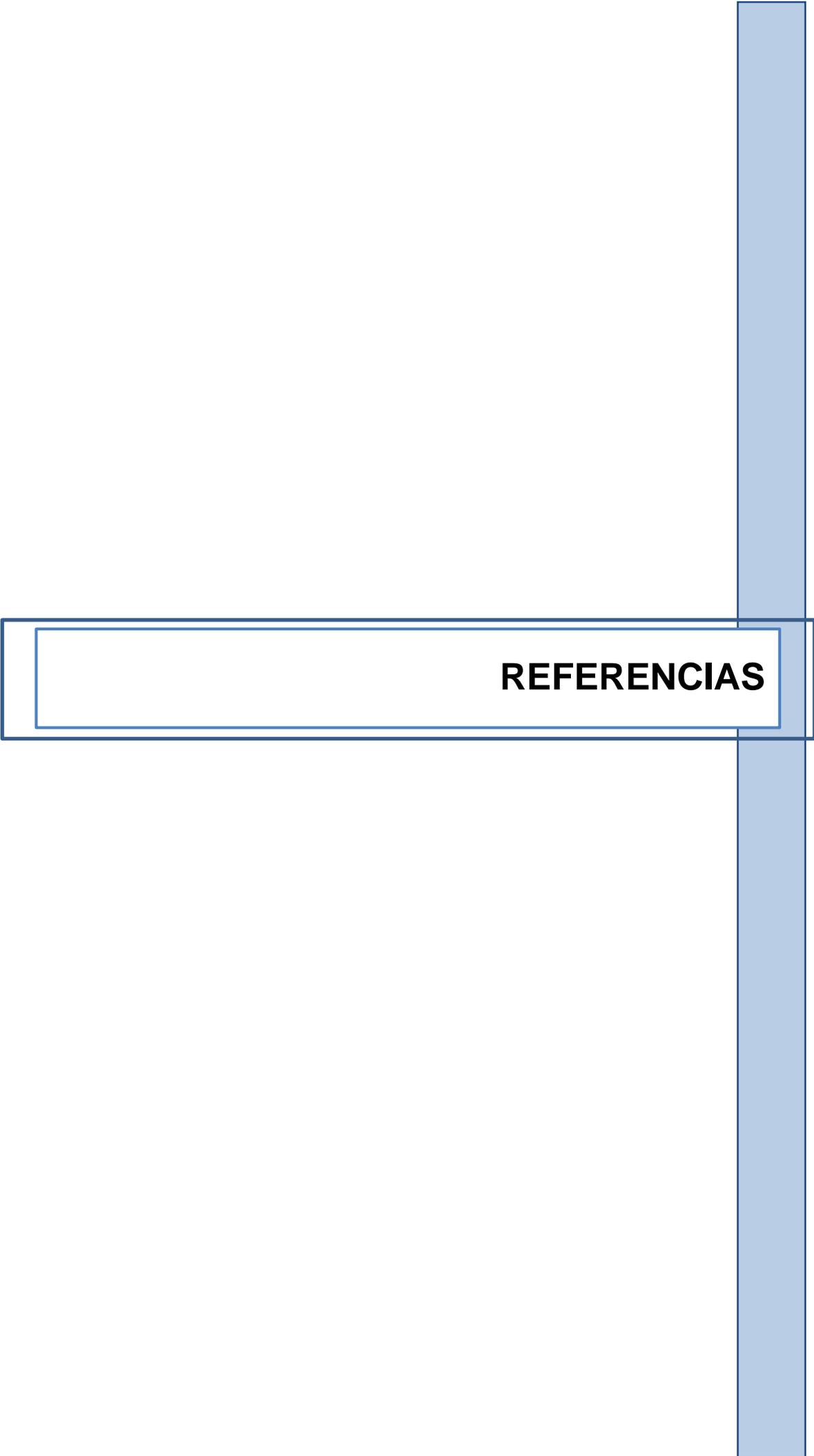
- Demandar la formación necesaria en BIM, tanto a nivel teórico como a nivel práctico con herramientas BIM. Para ello, deberán asegurarse de que la empresa proporciona las herramientas y la asistencia técnica que se requiere para la adopción de BIM.
- Acordar la normativa sobre formatos, además de redactar manuales y guías de uso para establecer un proceso claro y definido para la metodología BIM donde todos los agentes involucrados tengan establecidas las funciones, roles y responsabilidades que deberán desarrollar para favorecer un comportamiento colaborativo que permita una implementación exitosa de la metodología BIM en los proyectos de construcción.
- Solicitar la creación de proyectos pilotos en los que se pueda desarrollar de forma experimental la implementación de BIM. Además, se recomienda contar en todo momento con la supervisión y apoyo de profesionales con experiencia previa en proyectos de construcción desarrollados en BIM.
- Requerir el apoyo continuado de los líderes de la empresa, pues son los primeros motivadores para que se realice la adopción de BIM y que, además, deberán incentivar la implementación de BIM en el proceso de trabajo.
- Asistir a seminarios y congresos donde se presenten los últimos avances y desarrollos de la metodología y la tecnología BIM. Esto permitirá que los profesionales del sector de la construcción estén siempre informados sobre las novedades en BIM.



4.4. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Se proponen a continuación algunas ideas para futuras líneas de investigación, donde se trata de ofrecer ideas para mejorar o adaptar la metodología aplicada en el presente estudio.

- Extender la encuesta al área profesional. Rediseñar y adaptar la terminología empleada en la encuesta actual, que se centra en la perspectiva de estudiantes universitarios, a la terminología empleada en el mercado laboral del sector de la construcción. Se obtendría así la perspectiva de usuarios que se encuentran implementando la metodología BIM en el área laboral.
- Reproducir la presente encuesta en los cursos formativos que se realicen con las mismas características del actual. Con ello se podría realizar el seguimiento de la evolución y los cambios que experimente el comportamiento colaborativo en BIM en los próximos años.
- Ampliar los estudios sobre el comportamiento colaborativo en BIM en la industria de la construcción a otros países que se encuentren en pleno proceso de adopción de la metodología BIM.
- Estudiar el comportamiento colaborativo durante la implementación de BIM, incluyendo las fases reales de construcción y operatividad.
- Actualizar la encuesta atendiendo la evolución de la metodología BIM que se genere en los futuros años en relación al comportamiento colaborativo en la implementación de la metodología BIM.



REFERENCIAS



REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

- Adriaanse, A., Voordijk, H. y Dewulf, G. (2010). The use of interorganisational ICT in United States construction projects. *Automation in Construction*, 19(1): 73-83.
- Ahn, Y.H., Cho, C.S. y Lee, N. (2013). Building information modeling: systematic course development for undergraduate construction students. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 139(4):290-300.
- Alexandria, V.A. (2016). The IFD Library/IDM/IFC/MVD Workshop. National Institute of Building Sciences. Recuperado de https://www.nibs.org/?page=bsa_ifdlibrary. [Consultado: Julio, 2016].
- Antón, L. Á. y Díaz, J. (2014). Integration of life cycle assessment in a BIM environment. *Procedia Engineering*, 85:26–32.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. y O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, 20(2):189-195.
- Arayici, Y., Egbu, C. y Coates, P. (2012). Building information modelling (BIM) implementation and remote construction projects: Issues, challenges, and critiques. Recuperado de <http://usir.salford.ac.uk/22736/> [Consultado: Noviembre, 2015].
- Autodesk. Recuperado de <http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/bim-value/bim-data-management-and-collaboration-sept-2013.pdf> [Consultado: Noviembre, 2015].
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3):241-252.
- Barlish, K. y Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM – a case study approach. *Automation in Construction*, 24:149-159.
- Berwald, S. (2008). From CAD to BIM: The experience of architectural education with building information modelling. AEI 2008 Conference – AEI 2008: Building Integration Solutions. American Society of Civil Engineers, Denver, CO, September 24-26.
- BIM – UPV. (2016). BIM en la UPV. Recuperado de <http://mbim.blogs.upv.es/> [Consultado: Agosto, 2016].
- Boeykens, S., Klein, R., De Somer, P., Moenssens, N., y Saelens, D. (2013). Simulating real world collaboration through interdisciplinary student projects using BIM. 41st SEFI Conference, 16-20 September 2013, Leuven, Belgium.



- Bostrom, R. P., Gupta, S. y Thomas, D. (2009). A meta-theory for understanding information systems within sociotechnical systems. *Journal of Management and Information Systems*, 26(1):17–47.
- Brown, K. (2008). BIM: Implications for Government. CRC Construction Innovation, Commonwealth of Australia. 2004-032-A-CIBE Final Report. Business and Industry Development Program.
- Bryde, D., Broquetas, M. y Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7): 971–980.
- BuildingSmart. (2012). National Building Information Modelling Initiative - Volume 1 - Strategy, Building Smart Australasia, Sydney, June.
- BuildingSmart. (2016). Certified Software. Recuperado de <http://buildingsmart.org/compliance/certified-software/> [Consultado: Julio, 2016].
- Burnes, B. (1996). *Managing Change: A Strategic Approach to Organisational Dynamics*. Harlow: Financial Times Prentice Hall.
- Cabinet Office. (2011), Government Construction Strategy, UK Government Report, Cabinet Office, London, May.
- Castelo Branco, M. y Lima Rodrigues, L. (2007). Positioning Stakeholder Theory within the Debate on Corporate Social Responsibility. *Electronic Journal of Business Ethics and Organization Studies*, 12(1):5-15. Cerdán, A. (2015). Acercas. Recuperado de: <http://www.acercas.com/> [Consultado: Octubre, 2015].
- Chan, A.P.C., Scott, D. y Chan, A.P.L. (2004). Factors affecting the success of a construction project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(1): 153–155.
- Chau, K.W., Anson, M. y Zhang, J.P. (2004). Four-dimensional visualization of construction scheduling and site utilization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(4):598-606.
- Cheng, T. y Teizer, J. (2013). Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications. *Automation in Construction*, 34:3-15.
- Child, J. y Faulkner, D. (1998). *Strategies of Cooperation: Managing Alliances, Networks, and Joint Ventures*. Oxford: Oxford University Press.
- CIBER. (2012). Research Report - Building Information Modelling (BIM): an Introduction and International Perspectives, Centre for Interdisciplinary Built Environment Research, The University of Newcastle.
- Cicmil, S. y Marshall, D. (2005). Insights into collaboration at the project level: complexity, social interaction and procurement mechanisms. *Building Research & Information*, 33 (6):523–535.
- Clough, R.H., Sears, G.A. y Sears, S.K. (2008). *Construction Project Management: A Practical Guide to Field Construction Management*. New Jersey: Wiley.



- Collier, E. y Fischer, M. (1995). Four-dimensional modelling in design and construction. Center for Integrated Facility Engineering Technical Report nº 101. Stanford University.
- Creanor, L. y Walker, S. (2011). Learning technology in context: A case for the sociotechnical interaction framework as an analytical lens for networked learning research. En L. Dirkinck-Holmfeld, V. Hodgson, & D. McConnell, (Eds.) *Exploring the theory, pedagogy and practice of networked learning*, (pp. 173–187). New York: Springer.
- Cuff, D. (1991). *Architecture: The story of practice*, MIT Press Cambridge, MA.
- Czmoch, I. y Pękala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. *Procedia Engineering*, 91:210–215.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technologies. *MIS Quarterly*, 13(3):319–340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. y Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8):982–100.
- Dawood, N. y Mallasi, Z. (2006). Construction workspace planning: assignment and analysis utilizing 4D visualization technology. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 21(7):498-513.
- Dawood, N., Scott, D., Sriprasert, E. y Mallasi, Z. (2005). The virtual construction site (VIRCON) tools: An industrial evaluation. *Journal of Information Technology in Construction*, 10:43-54.
- Dawood, N. y Sikka, S. (2009). Development of 4D based performance indicators in construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 16(5):438-458.
- Ding, L.Y., Zhou, Y., Luo, H.B. y Wu, X.G. (2012). Using nD technology to develop an integrated construction management system for city rail transit construction. *Automation in Construction*, 21:64-73.
- Ding, Z., Zuo, J., Wu, J. y Wang, J. (2015). Key factors for the BIM adoption by architects: A china study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 22(6):732–748.
- Doherty, M. (2015). Factors of Successful Collaboration. Recuperado de <http://www.pdx.edu/npcc/sites/www.pdx.edu/npcc/files/Factors%20of%20Successful%20Collaboration.pdf> [Consultado: Noviembre, 2015].
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. y Liston, K., (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. (2. Ed.) New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Elmualim, A. y Gilder, J. (2014). BIM: Innovation in design management, influence and challenges of implementation. *Architectural Engineering and Design Management*, 10(3–4):183–199.
- Epstein, E. (2012). *Implementing Successful Building Information Modeling*. Norwood: Artech House.



- Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2008). Collaboration environments for construction: Implementation case studies. *Journal of Management in Engineering*, 24(4):234–244.
- Erdogan, B., Anumba, C. J., Bouchlaghem, D. y Nielsen, Y. (2014). Collaboration environments for construction: Management of organizational changes. *Journal of Management in Engineering*, 30(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000231.
- Ewenstein, B. y Whyte, J. (2009). Knowledge practices in design: The role of visual representations as 'epistemic objects'. *Organ. Studies*, 30(1):7–30.
- Faulkner, D. y De Rond, M. (2000). *Cooperative Strategy: Economic, Business, and Organizational Issues*. New York: Oxford University Press, Inc.
- Fazli, A., Fathi, S., Enferadi, M. H., Fazli, M. y Fathi, B. (2014). Appraising effectiveness of building information management (BIM) in project management. *Procedia Technology*, 16:1116–1125.
- Feng, C.W., Chen, Y.J. y Huang, J.R. (2010). Using the MD CAD model to develop the time-cost integrated schedule for construction projects. *Automation in Construction*, 19(3):347-356.
- Fischer, M. y Kam, C. (2002). Product model & 4D final report. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Garmendia, J.A. y Parra, F. (1993): Sociología industrial y de los recursos humanos. Madrid. Taurus. ISBN: 9788430600960.
- Granhölm, L. (2011). Finland, Norway, Singapore, USA Lead Progress in Construction, Industry Presentation. BIMsight. Insight on Building Information Modelling. Recuperado de: [http:// www.bimsightblog.com/finland-norway-singapore-usa-lead-progress-in-construction-industry/](http://www.bimsightblog.com/finland-norway-singapore-usa-lead-progress-in-construction-industry/) [Consultado: Mayo, 2016].
- Gray, B. y Wood D. (1991). Collaborative Alliances: Moving from Practice to Theory. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 27(1):3-22.
- Green, S.D., Fernie, S. y Weller, S. (2005). Making sense of supply chain management: a comparative study of aerospace and construction. *Construction Management and Economics*, 23(6):579-593.
- Grilo, A. y Jardim-Goncalves, R. (2010). Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, 19(5):522–530.
- Guo, C. y Acar M. (2005). Understanding Collaboration Among Nonprofit Organizations: Combining Resource Dependency, Institutional, and Network Perspectives. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 34(3):340-61.
- Gupta, A., Cemesova, A., Hopfe, C.J., Rezgui, Y. y Sweet, T. (2014). A conceptual framework to support solar PV simulation using an open-BIM data exchange standard. *Automation in Construction*, 37:166-181.



- Hair, J.F., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (2007). *Análisis multivariante*. Madrid: Prentice Hall.
- Harman, H. H. (1976). *Modern Factor Analysis*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- HM Government (2012), Building Information Modeling, Industrial Strategy – Government and Industry in Partnership, Govt Report, London.
- Instituto Tecnológico del Cantábrico – ITC. (2015). Qué es el BIM, obligatorio en Europa, implantación en España, y competitividad. Recuperado de <http://itcformacionyconsultoria.com/bim-espana-europa/>. [Consultado: Julio, 2016]
- Jensen, P.A. y Johannesson, E.I. (2013). Building information modelling in Denmark and Iceland. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 20(1):99-110.
- Joannides, M.M., Olbina, S. y Issa, R.R.A. (2012). Implementation of building information modeling into accredited programs in architecture and construction education. *International Journal of Construction Education and Research*, 8(2):83-100.
- Kaiser, H. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1):31 – 36.
- Karlshøj, J. (2011). Information Delivery Manuals. BuildingSmart International. Recuperado de <http://iug.buildingsmart.org/idms/>. [Consultado: Junio, 2016]
- Kassem, M., Brogden, T. y Dawood, N. (2012). BIM and 4D planning: a holistic study of the barriers and drivers to widespread adoption. *Journal of Construction Engineering and Project Management*, 2(4):1–10.
- Kent, D. C. y Becerik-Gerber, B. (2010). Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8):815–825.
- Kerosuo, H. (2015). BIM-based collaboration across organizational and disciplinary boundaries through Knotworking. *Procedia Economics and Finance*, 21:201–208.
- Khosrowshahi, F. y Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(6):610-635.
- Koo, B. y Fischer, M. (1998). Feasibility study of 4D CAD in commercial construction. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Koppinen, T. y Henttinen, T. (2012). buildingSmart Finland, Industry Presentation, February 2012, http://www.buildingsmartnordic.org/resources/buildingsmart-nordic-ja-eesti-avatud-bim-umarlaud/bS_Finland_20120213.pdf.
- Lawler, E.E. (1973): Motivation in work organizations. Monterrey. Brooks. ED091542
- Leavitt, H. J. (1964). Applied organization change in industry: Structural, technical and human approaches. En W. W. Cooper, H. J. Leavitt, y M. W. Shelly (Eds.) *New perspectives in organisational research* (pp. 55–71). New York: Wiley.



- Lee, C. (2008). BIM: Changing the AEC Industry. PMI Global Congress 2008. Project Management Institute, Denver, Colorado, USA.
- Lee, G., Sacks, R. y Eastman, C.M. (2006). Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*, 15(6):758-776.
- Lee, S.K., Kim, K.R. y Yu, J.H. (2014). BIM and ontology-based approach for building cost estimation. *Automation in Construction*, 41:96-105.
- Lee, S., Yu, J. y Jeong, D. (2015). BIM acceptance model in construction organizations. *Journal of Management in Engineering*, 31(3). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000252.
- Lin, Y.C., (2014). Construction 3D BIM-based knowledge management system: a case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(2):186-200.
- Liu, R., Issa, R. y Olbina, S., (2010). Factors influencing the adoption of building information modeling in the AEC industry. Tizani, W. (Ed.), Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2010 Nottingham, UK, Nottingham University Press, Nottingham, pp. 139-145.
- Long, K., Oliver, A. y Schünmann, D. (2009). *New Civil Engineer: Three legged race*. London: New Civil Engineer (www.nce.co.uk).
- López, A. (2016). Una (r) evolución llamada BIM. *Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN – N° 974*. ISSN: 0008-8919.
- Lyytinen, K. y Newman, M. (2008). Explaining information systems change: A punctuated socio-technical change model. *European Journal Information Systems*, 17(6):589–613.
- Mahalingam, A., Yadav, A. K. y Varaprasad, J. (2015). Investigating the role of Lean Practices in enabling BIM adoption: Evidence from Two Indian cases. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(7). DOI:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000982.
- Maurer, I. (2010). How to build trust in inter-organizational projects: the impact of project staffing and project rewards on the formation of trust, knowledge acquisition and product innovation. *International Journal of Project Management*, 28 (7):629–637.
- Mazairac, W. y Beetz, J. (2013). BIMQL – an open query language for building information models. *Advanced Engineering Informatics*, 27(4):444-456.
- McGraw Hill Construction. (2013). The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-12), Smart Market Report, McGraw Hill, Recuperado de <http://bit.ly/ViClzO> [Consultado: Mayo, 2016].
- McGraw Hill Construction (2014). The Business Value of BIM for Construction in Major Global markets: How Contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling. Smart Market Report, Mc Graw Hill. Recuperado de http://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf [Consultado: Junio, 2016].
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V. y Ustinovichius, L. (2013). The benefits, obstacles and problems of practical Bim implementation. *Procedia Engineering*, 57:767–774.



- Ministerio de Fomento. (2015). Presentación Comisión BIM. Recuperado de <http://www.buildingsmart.es/2015/07/15/el-ministerio-de-fomento-constituye-la-comisi%C3%B3n-bim/>. [Consultado: Agosto, 2016].
- Ministerio de Fomento. (2016). esBIM: Implantación del BIM en España. Recuperado de <http://www.esbim.es/>. [Consultado: Agosto, 2016].
- Morton, D.E. (2012). BIM: a transformative technology within the architectural curriculum in schools of architecture pedagogic stages of architectural education and the transformative effect of BIM. *International Journal of 3-D Information Modeling*, 1(4):50-68.
- Mutai, A. (2009). Factors influencing the use of building information modelling (BIM) within leading construction firms in the United States of America. No. 3394729, PhD, Indiana State University, Terre Haute, August.
- National Institute of Building Sciences. (2007). National Building Information Modeling Standard. Transforming the Building Supply Chain Through Open and Interoperative Information Exchanges. Version 1-Part1: Overview, Principles, and Methodologies.
- Nikas, A., Poulymenakou, A. y Kriaris, P. (2007). Investigating antecedents and drivers affecting the adoption of collaboration technologies in the construction industry. *Automation in Construction*, 16(5):632-641.
- Nitithamyong, P. y Skibniewski, M. J. (2006). Success/failure factors and performance measures of web-based construction project management systems: Professionals' viewpoint. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(1):80–87.
- Nunnally, J. (1978). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- O'Brien, W. J. (2000). "Implementation issues in project web sites: A practitioner's viewpoint." *Journal of Management in Engineering*, 16(3), 34–39.
- Olatunji, O.A. (2011). Modelling the costs of corporate implementation of building information modelling. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 16(3):211–231.
- Porwal, A. y Hewage, K. N. (2013). Building information modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31:204–214.
- Quartz creative services. (2016). How virtual reality will dramatically redefine architecture. Dassault Systèmes. Recuperado de <http://perspectives.3ds.com/>. [Consultado: Junio, 2016].
- Race, S. (2012). *BIM Demystified* (2.ed.). London: John Wiley & Sons, Inc.
- Ren, Y., Skibniewski, M.J. y Jiang, S. (2012). Building information modelling integrated with electronic commerce material procurement and supplier performance management system. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(5):642-654.
- Rezgui, Y., Beach y T., Rana, O. (2013). A governance approach for BIM management across lifecycle and supply chains using mixed modes of information delivery. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(2):239–258.



- RIB Software AG. (2015). iTWO: End-to-End Enterprise Solution for Construction Planning and Execution. Recuperado de <http://www.rib-software.com/en/landingpage/rib-itwo.html>. [Consultado: Julio, 2016].
- Romero, B. (2015). La metodología BIM y el flujo de información en dirección y gestión de proyectos (Trabajo Final de Máster). Universitat Politècnica de València. España.
- Sackey, E., Tuuli, M. y Dainty, A. (2015). Sociotechnical systems approach to BIM implementation in a Multidisciplinary construction context. *Journal of Management in Engineering*, 31(1). DOI:10.1061/(asce)me.1943-5479.0000303
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. y Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9):968-980.
- Shah, R.K., Dawood, N. y Castro, S. (2008). Automatic Generation of Progress Profiles for Earthwork Operations using 4D Visualisation Model. *Journal of Information Technology in Construction*, 13:491-506.
- Smith, P. (2014a). BIM implementation – global strategies. *Procedia Engineering*, 85:482–492.
- Smith, P. (2014b). BIM & the 5D project cost manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119:475–484.
- Solibri. (2016). About BIM and IFC. Recuperado de <https://www.solibri.com/support/bim-ifc/>. [Consultado: Julio, 2016].
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3):357–375.
- Suerman, P. C. (2009). Evaluating the impact of building information modeling (BIM) on construction. Ph.D. thesis, Univ. of Florida. Gainesville, FL.
- Taxén, L. y Lilliesköld, J. (2008). Images as action instruments in complex projects. *International Journal of Project Management*, 26(5):527–536.
- Tether, B. (2011). Market report – Squeezed in the middle, NCE Consultants File. New Civil Engineer (www.nce.co.uk), London, England.
- The Organization for Economic Co-operation and Development. (2002). Market Power. Glossary. Recuperado de <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=3256>. [Consultado: Junio, 2016].
- Thomson A.M. y James L. P. (2006). Collaboration Processes: Inside the Black Box. *Public Administration Review*, 66:20-32.
- Tomek, A. y Matějka, P. (2014). The impact of BIM on risk management as an argument for its implementation in a construction company. *Procedia Engineering*, 85:501–509.
- Trist, E. L. y Bamforth, K. W. (1951). Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting. *Human relations*, 4(1):3–38.



UK Government Construction Client Group - GCCG (2011). The UK BIM Maturity Model Report. Recuperado de <http://www.bimthinkspace.com/bim-maturity/> [Consultado: Marzo, 2016].

Uriel, E. (1995). *Análisis de datos. Series temporales y Análisis multivariante*. Madrid: Editorial AC.

Venkatesh, V. (1999). Creation of favourable user perceptions: Exploring the role of intrinsic motivation. *MIS Q.*, 23(2):239–260.

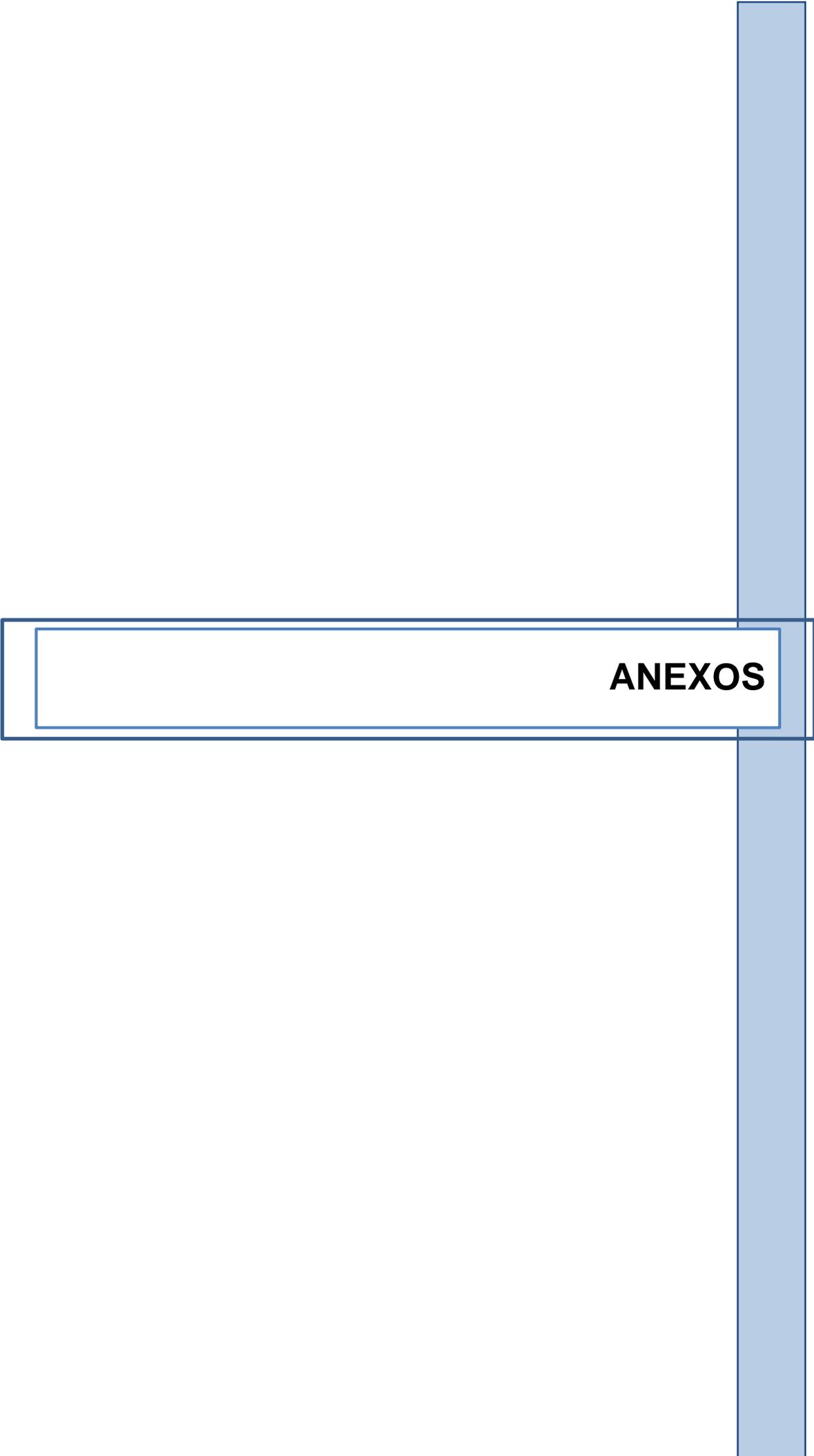
Weinert, A.B. (1985): *Manual de Psicología de la Organización*. Herder. Barcelona. ISBN: 84-254-1448-2.

Weston, F. C. (2001). ERP implementation and project management. *Production and Inventory Management Journal*, 42(3–4):75–80.

Won, J., Lee, G., Dossick, C. y Messner, J. (2013). Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11). DOI:10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731.

Xue, X., Shen, Q. y Ren, Z. (2010). Critical review of collaborative working in construction projects: Business environment and human behaviors. *Journal of Management in Engineering*, 26(4):196–208.

Zhang, L. y Issa, R. (2013). Ontology-based partial building information model extraction. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27(6):576-584.



ANEXOS



ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA

El objetivo de esta encuesta es estudiar la colaboración surgida entre los diferentes miembros del equipo multidisciplinar que han trabajado juntos en la implementación simulada de la metodología BIM en un proyecto de construcción durante el curso de iTWO.

La presente encuesta es totalmente anónima y con finalidad académica, por lo que no afectará en la puntuación obtenida en este curso. Se ruega encarecidamente contestar las siguientes preguntas de la forma más sincera posible para obtener la valoración personal sobre este curso pionero e innovador.

En la encuesta encontrará dos formas diferentes de contestar las preguntas:

1. Las respuestas Sí-No, seleccionando con un círculo la respuesta deseada.
2. Las respuestas con escala de valoración del 1 al 5 siendo: 1 = muy bajo, 2 = bajo, 3 = normal, 4 = alto, 5 = muy alto. En este caso se deberá indicar la respuesta correcta marcando debajo de la casilla elegida con una "X".

Sexo:	H	M	Edad:	a. 18 a 20	b. 21 a 25	c. 25 a 35	e. Más de 35
--------------	---	---	--------------	------------	------------	------------	--------------

Nivel de estudios:	a.Grado	b.Posgrado	Grado:	a. Ingeniería Civil	b. Arquitectura	c. Ingeniería de Edificación	d. Ingeniería Informática
---------------------------	---------	------------	---------------	---------------------	-----------------	------------------------------	---------------------------

Total de miembros en el grupo:	a.2	b.3	c.4	d.5	e. >5
---------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-------

Sobre el Curso iTWO

1. ¿Es esta la primera experiencia que ha tenido empleando un software BIM?	a. Sí	b. No
En caso de responder No, por favor, especifique cuándo y qué software BIM empleó:		
2. ¿Es esta la primera vez que ha estado involucrado en un proyecto multidisciplinar con implementación de la metodología BIM?	a. Sí	b. No
En caso de responder No, por favor, especifique en qué otra ocasión empleó la metodología BIM:		

3. Indique el nivel de expectativas para este curso en relación a:	1 = muy bajo	2 = bajo	3 = normal	4 = alto	5 = muy alto
a. Establecimiento de colaboración durante el trabajo en equipo					
b. Adquisición de conocimientos sobre la metodología BIM					
c. Formación y práctica con una herramienta BIM					
d. Ayuda y apoyo durante las sesiones teóricas y prácticas de laboratorio					



Sobre Colaboración en el proyecto

Antes de empezar a trabajar en el proyecto,		
4. ¿Se definieron los diferentes roles y responsabilidades de cada miembro del grupo?	a. Sí	b. No
5. ¿Se organizaron las diferentes tareas y decidieron quien estaba a cargo de cada una de ellas?	a. Sí	b. No
6. ¿Fue elegido a un líder para coordinar el grupo?	a. Sí	b. No
7. ¿Se planificaron las reuniones de grupo para el seguimiento del proyecto?	a. Sí	b. No

Durante el proyecto,					
8. Indique el nivel de dificultad que encontró en relación a:	1 = muy bajo	2 = bajo	3 = normal	4 = alto	5 = muy alto
a. Comunicación entre los miembros del grupo durante el desarrollo de las tareas					
b. Compartir e intercambiar información con otros miembros del grupo					
c. Comprensión de las áreas solicitadas para desarrollar el análisis BIM 5D para el proyecto					
d. Utilización del software: intuitivo y sencillo de trabajar con las diferentes interfaces					
e. Depositar confianza en otros miembros del grupo					

En general,					
9. Indique el nivel de:	1 = muy bajo	2 = bajo	3 = normal	4 = alto	5 = muy alto
a. Participación y compromiso de los miembros del grupo					
b. Efectividad del trabajo conjunto en equipo					
c. Colaboración generada entre los miembros					

10. Indique el nivel de importancia de los siguientes factores de colaboración:					
	1 = muy bajo	2 = bajo	3 = normal	4 = alto	5 = muy alto
a. Organización del trabajo en equipo					
b. Flujo de trabajo y habilidades comunicativas					
c. Interoperabilidad e intuición de uso del software					



Después del Curso iTWO

11. Indique en qué nivel le ha ayudado este curso para la:	1 = muy bajo	2 = bajo	3 = normal	4 = alto	5 = muy alto
a. Comprensión e implementación de la metodología BIM					
b. Comprensión y manejo de una herramienta BIM					
c. Comprensión del método IPD (Integrated Project Delivery)					

12. Indique el nivel de satisfacción de este curso en relación a:	1 = muy bajo	2 = bajo	3 = normal	4 = alto	5 = muy alto
a. Establecimiento de colaboración en el trabajo en equipo					
b. Adquisición de conocimientos sobre la metodología BIM					
c. Formación y práctica con una herramienta BIM					
d. Ayuda y apoyo recibido durante las sesiones teóricas y prácticas de laboratorio					

13. ¿Podría afirmar que tras este curso ha aprendido cómo trabajar de forma colaborativa?	a. Sí	b. No
14. ¿Podría afirmar que este curso le ha ayudado a superar su temor a trabajar con herramientas BIM en un proyecto?	a. Sí	b. No
15. En un futuro, ¿Estaría dispuesto a realizar la implementación de la metodología BIM en otros proyectos?	a. Sí	b. No

Muchas gracias por su colaboración



ANEXO 2: TABLAS

Organización de artículos según palabras clave

Article	Title	Authors	Palabras clave												
			BIM	Implementation	Collaboration	Factors	Communication	Coordination	Education, Training	Integration	Team Work	Information Flow	Software	Literature review	Case Studio
1	Appraising effectiveness of Building Information Management (BIM) in project management	(Fazli et al., 2014)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
2	BIM implementation – global strategies	(Smith, 2014)	X	X	X	X			X	IPD	X	X	X	X	
3	Building information modeling (BIM) partnering framework for public construction projects	(Porwal y Hewage, 2013)	X		X	X					IPD				X
4	BIM-based collaboration across organizational and disciplinary boundaries through Knotworking	(Kerosuo, 2015)	X	X	X					X	X		X		X
5	Investigating the role of Lean Practices in enabling BIM adoption: Evidence from Two Indian cases	(Mahalingam et al., 2015)	X	X				X		X			X		X
6	Integration of life cycle assessment in a BIM environment	(Antón y Díaz, 2014)	X		X				X	X					
7	Simulating real world collaboration through interdisciplinary student projects using BIM	(Boeykens, 2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation	(Migilinskas et al., 2013)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
9	The impact of BIM on risk management as an argument for its implementation in a construction company	(Tomek y Matějka, 2014)	X	X	X	X	X				X		X	X	X
10	The project benefits of building information Modelling (BIM)	(Bryde et al., 2013)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Building information modelling (BIM) implementation and remote construction projects: Issues, challenges, and critiques	(Arayici et al., 2012)	X	X	X		X		X				X		X
12	Getting More Value from your BIM Process with Autodesk Collaboration and Data Management Products	(‘Autodesk’, n.d.)	X		X		X	X					X		
13	Collaboration environments for construction: Management of organizational changes	(Erdogan et al., 2014)	X	X	X	X	X	X		X			X	X	
14	Critical review of collaborative working in construction projects: Business environment and human behaviors	(Xue et al., 2010)		X	X	X	X				X	X	X	X	
15	Factors of Successful Collaboration	(Doherty, 2015)			X	X	X	X	X	X	X			X	X
16	Sociotechnical systems approach to BIM implementation in a Multidisciplinary construction context	(Sackey et al., 2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	Success/failure factors and performance measures of web-based construction project management systems: Professionals’ viewpoint	(Niithamyong y Skibniewski, 2006)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	BIM acceptance model in construction organizations	(Lee et al., 2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	BIM and 4D planning: a holistic study of the barriers and drivers to widespread adoption	(Kassem et al., 2012)	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
20	BIM & the 5D project cost manager	(Smith, 2014)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	Collaboration environments for construction: Management of organizational changes	(Erdogan et al., 2008)		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
22	Key factors for the BIM adoption by architects: A china study	(Ding et al., 2015)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23	Traditional design versus BIM based design	(Czmocho and Pękala, 2014)	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X
24	Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery	(Kent and Becerik-Gerber, 2010)	X	X	X	X	X	X	X	X	IPD	X			
25	Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization	(Won et al., 2013)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 26. Organización de artículos según palabras clave

Criterios para análisis factorial con 4 componentes

Comunalidades

Variables	Comunalidades
C1	0,390
C2	0,813
C3	0,608
C4	0,732
H1	0,837
H2	0,898
H3	0,867
H4	0,395
H5	0,756
I1	0,732
I2	0,676
I3	0,690
J1	0,674
J2	0,432
J3	0,702
K1	0,665
K2	0,690
K3	0,348
L1	0,695
L2	0,786
L3	0,710
L4	0,727

Tabla 27. Comunalidades para cuatro componentes

Cargas factoriales

Variables	Componentes			
	1	2	3	4
C1	-0,051	-0,052	-0,151	0,601
C2	-0,157	-0,110	0,395	0,788
C3	0,313	-0,065	0,042	0,710
C4	0,139	-0,193	0,239	0,787
H1	-0,184	0,896	-0,028	-0,004
H2	-0,180	0,922	-0,064	-0,104
H3	0,028	0,889	-0,205	-0,185
H4	-0,109	0,433	0,209	-0,390
H5	0,037	0,829	-0,129	-0,224
I1	0,797	-0,141	-0,052	0,274
I2	0,809	0,017	0,063	0,127
I3	0,786	0,132	0,214	0,098
J1	0,784	-0,030	0,241	0,018
J2	0,599	-0,210	0,150	-0,077
J3	0,047	-0,540	0,524	-0,366
K1	0,245	-0,055	0,715	0,301
K2	0,393	-0,092	0,724	0,046
K3	0,154	0,292	0,342	-0,349
L1	0,684	-0,103	0,315	-0,343
L2	0,096	0,034	0,880	-0,032
L3	0,176	-0,240	0,786	0,058
L4	0,577	-0,353	0,510	-0,096

Tabla 28. Cargas factoriales para cuatro componentes con rotación Varimax

Prueba no paramétrica: U de Mann-Whitney

Según Género

Rangos				
	Genero	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	Hombre	22	16.48	362.5
	Mujer	9	14.83	133.5
	Total	31		
C2	Hombre	22	15.5	341
	Mujer	9	17.22	155
	Total	31		
C3	Hombre	22	15.07	331.5
	Mujer	9	18.28	164.5
	Total	31		
C4	Hombre	22	16.05	353
	Mujer	9	15.89	143
	Total	31		
H1	Hombre	22	17.82	392
	Mujer	9	11.56	104
	Total	31		
H2	Hombre	22	17.18	378
	Mujer	9	13.11	118
	Total	31		
H3	Hombre	22	17.68	389
	Mujer	9	11.89	107
	Total	31		
H4	Hombre	22	17.27	380
	Mujer	9	12.89	116
	Total	31		
H5	Hombre	22	16.64	366
	Mujer	9	14.44	130
	Total	31		
I1	Hombre	22	14.57	320.5
	Mujer	9	19.5	175.5
	Total	31		
I2	Hombre	22	14.98	329.5
	Mujer	9	18.5	166.5
	Total	31		
I3	Hombre	22	16	352
	Mujer	9	16	144
	Total	31		

Rangos				
	Genero	N	Rango promedio	Suma de rangos
J1	Hombre	22	16.18	356
	Mujer	9	15.56	140
	Total	31		
J2	Hombre	22	15.52	341.5
	Mujer	9	17.17	154.5
	Total	31		
J3	Hombre	22	15.02	330.5
	Mujer	9	18.39	165.5
	Total	31		
K1	Hombre	22	15.68	345
	Mujer	9	16.78	151
	Total	31		
K2	Hombre	22	15.05	331
	Mujer	9	18.33	165
	Total	31		
K3	Hombre	22	15.32	337
	Mujer	9	17.67	159
	Total	31		
L1	Hombre	22	14.91	328
	Mujer	9	18.67	168
	Total	31		
L2	Hombre	22	14.64	322
	Mujer	9	19.33	174
	Total	31		
L3	Hombre	22	15.18	334
	Mujer	9	18	162
	Total	31		
L4	Hombre	22	15.14	333
	Mujer	9	18.11	163
	Total	31		

Tabla 29. Rangos según Género



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	88.500	88.000	78.500	98.000	59.000	73.000	62.000	71.000	85.000	67.500	76.500	99.000
Sig. exacta (bilateral)	0.740	0.635	0.395	1.000	0.077	0.254	0.103	0.228	0.542	0.164	0.294	1.000

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	95.000	88.500	77.500	92.000	78.000	84.000	75.000	69.000	81.000	80.000
Sig. exacta (bilateral)	0.882	0.621	0.335	0.775	0.353	0.559	0.302	0.162	0.399	0.367

Tabla 30. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Género

Según el Nivel de Estudios

Rangos					Rangos				
	Nivel_Estudios	N	Rango promedio	Suma de rangos		Nivel_Estudios	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	Grado	3	23.17	69.5	J1	Grado	3	13.17	39.5
	Máster	28	15.23	426.5		Máster	28	16.3	456.5
	Total	31				Total	31		
C2	Grado	3	14.67	44	J2	Grado	3	10.5	31.5
	Máster	28	16.14	452		Máster	28	16.59	464.5
	Total	31				Total	31		
C3	Grado	3	14.67	44	J3	Grado	3	23.5	70.5
	Máster	28	16.14	452		Máster	28	15.2	425.5
	Total	31				Total	31		
C4	Grado	3	17.17	51.5	K1	Grado	3	12	36
	Máster	28	15.88	444.5		Máster	28	16.43	460
	Total	31				Total	31		
H1	Grado	3	10	30	K2	Grado	3	10.5	31.5
	Máster	28	16.64	466		Máster	28	16.59	464.5
	Total	31				Total	31		
H2	Grado	3	10.33	31	K3	Grado	3	14.5	43.5
	Máster	28	16.61	465		Máster	28	16.16	452.5
	Total	31				Total	31		
H3	Grado	3	16.67	50	L1	Grado	3	15	45
	Máster	28	15.93	446		Máster	28	16.11	451
	Total	31				Total	31		
H4	Grado	3	25.17	75.5	L2	Grado	3	5.33	16
	Máster	28	15.02	420.5		Máster	28	17.14	480
	Total	31				Total	31		
H5	Grado	3	9.83	29.5	L3	Grado	3	7	21
	Máster	28	16.66	466.5		Máster	28	16.96	475
	Total	31				Total	31		
I1	Grado	3	15	45	L4	Grado	3	17.17	51.5
	Máster	28	16.11	451		Máster	28	15.88	444.5
	Total	31				Total	31		
I2	Grado	3	12.5	37.5					
	Máster	28	16.38	458.5					
	Total	31							
I3	Grado	3	11	33					
	Máster	28	16.54	463					
	Total	31							

Tabla 31. Rangos según el Nivel de Estudios



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	20.500	38.000	38.000	38.500	24.000	25.000	40.000	14.500	23.500	39.000	31.500	27.000
Sig. exacta (bilateral)	0.167	1.000	1.000	0.925	0.245	0.288	0.970	0.080	0.253	0.907	0.535	0.533

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	33.500	25.500	19.500	30.000	25.500	37.500	39.000	10.000	15.000	38.500
Sig. exacta (bilateral)	0.558	0.195	0.199	0.500	0.261	1.000	0.977	0.022	0.052	0.924

Tabla 32. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Nivel de Estudios

Según Tipo de Estudios

Rangos				
	Tipo_Estudio	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	Ingeniería Civil	8	7.13	57
	Arquitectura	4	5.25	21
	Total	12		
C2	Ingeniería Civil	8	5.06	40.5
	Arquitectura	4	9.38	37.5
	Total	12		
C3	Ingeniería Civil	8	6.25	50
	Arquitectura	4	7	28
	Total	12		
C4	Ingeniería Civil	8	5.81	46.5
	Arquitectura	4	7.88	31.5
	Total	12		
H1	Ingeniería Civil	8	7	56
	Arquitectura	4	5.5	22
	Total	12		
H2	Ingeniería Civil	8	6.75	54
	Arquitectura	4	6	24
	Total	12		
H3	Ingeniería Civil	8	7.44	59.5
	Arquitectura	4	4.63	18.5
	Total	12		
H4	Ingeniería Civil	8	7.06	56.5
	Arquitectura	4	5.38	21.5
	Total	12		
H5	Ingeniería Civil	8	6.63	53
	Arquitectura	4	6.25	25
	Total	12		
I1	Ingeniería Civil	8	6.25	50
	Arquitectura	4	7	28
	Total	12		
I2	Ingeniería Civil	8	6.44	51.5
	Arquitectura	4	6.63	26.5
	Total	12		
I3	Ingeniería Civil	8	6.75	54
	Arquitectura	4	6	24
	Total	12		

Rangos				
	Tipo_Estudio	N	Rango promedio	Suma de rangos
J1	Ingeniería Civil	8	7.06	56.5
	Arquitectura	4	5.38	21.5
	Total	12		
J2	Ingeniería Civil	8	6.75	54
	Arquitectura	4	6	24
	Total	12		
J3	Ingeniería Civil	8	6.19	49.5
	Arquitectura	4	7.13	28.5
	Total	12		
K1	Ingeniería Civil	8	5.88	47
	Arquitectura	4	7.75	31
	Total	12		
K2	Ingeniería Civil	8	5.38	43
	Arquitectura	4	8.75	35
	Total	12		
K3	Ingeniería Civil	8	6.56	52.5
	Arquitectura	4	6.38	25.5
	Total	12		
L1	Ingeniería Civil	8	6.56	52.5
	Arquitectura	4	6.38	25.5
	Total	12		
L2	Ingeniería Civil	8	5.56	44.5
	Arquitectura	4	8.38	33.5
	Total	12		
L3	Ingeniería Civil	8	6	48
	Arquitectura	4	7.5	30
	Total	12		
L4	Ingeniería Civil	8	6.63	53
	Arquitectura	4	6.25	25
	Total	12		

Tabla 33. Rangos según Tipo de Estudios



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	11.000	4.500	14.000	10.500	12.000	14.000	8.500	11.500	15.000	14.000	15.500	14.000
Sig. exacta (bilateral)	0.630	0.053	0.717	0.424	0.564	0.758	0.222	0.448	1.000	1.000	1.000	1.000

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	11.500	14.000	13.500	11.000	7.000	15.500	15.500	8.500	12.000	15.000
Sig. exacta (bilateral)	0.505	1.000	0.887	0.630	0.172	1.000	1.000	0.303	0.677	1.000

Tabla 34. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Tipo de Estudios

Según la Organización y Planificación: “Designación de los miembros del equipo”

Rangos				
	D	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	SI	25	16.36	409
	NO	6	14.5	87
	Total	31		
C2	SI	25	15.48	387
	NO	6	18.17	109
	Total	31		
C3	SI	25	15.86	396.5
	NO	6	16.58	99.5
	Total	31		
C4	SI	25	14.96	374
	NO	6	20.33	122
	Total	31		
H1	SI	25	16.06	401.5
	NO	6	15.75	94.5
	Total	31		
H2	SI	25	15.86	396.5
	NO	6	16.58	99.5
	Total	31		
H3	SI	25	16.46	411.5
	NO	6	14.08	84.5
	Total	31		
H4	SI	25	16.7	417.5
	NO	6	13.08	78.5
	Total	31		
H5	SI	25	16.24	406
	NO	6	15	90
	Total	31		
I1	SI	25	16.02	400.5
	NO	6	15.92	95.5
	Total	31		
I2	SI	25	15.98	399.5
	NO	6	16.08	96.5
	Total	31		
I3	SI	25	16	400
	NO	6	16	96
	Total	31		

Rangos				
	D	N	Rango promedio	Suma de rangos
J1	SI	25	15.56	389
	NO	6	17.83	107
	Total	31		
J2	SI	25	16.12	403
	NO	6	15.5	93
	Total	31		
J3	SI	25	16.14	403.5
	NO	6	15.42	92.5
	Total	31		
K1	SI	25	16.12	403
	NO	6	15.5	93
	Total	31		
K2	SI	25	16.36	409
	NO	6	14.5	87
	Total	31		
K3	SI	25	17.36	434
	NO	6	10.33	62
	Total	31		
L1	SI	25	16.62	415.5
	NO	6	13.42	80.5
	Total	31		
L2	SI	25	16.68	417
	NO	6	13.17	79
	Total	31		
L3	SI	25	16.18	404.5
	NO	6	15.25	91.5
	Total	31		
L4	SI	25	16.88	422
	NO	6	12.33	74
	Total	31		

Tabla 35. Rangos según la Organización y Planificación: “Designación de los miembros del equipo”



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	66.000	62.000	71.500	49.000	73.500	71.500	63.500	57.500	69.000	74.500	74.500	75.000
Sig. exacta (bilateral)	0.513	0.554	0.874	0.177	0.933	0.930	0.596	0.392	0.810	1.000	1.000	1.000

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	64.000	72.000	71.500	72.000	66.000	41.000	59.500	58.000	70.500	53.000
Sig. exacta (bilateral)	0.580	1.000	0.853	0.924	0.679	0.103	0.391	0.356	0.825	0.174

Tabla 36. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: "Designación de los miembros del equipo"

Según la Organización y Planificación: “Reparto de las tareas”

Rangos				
	E	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	SI	23	17.02	391.5
	NO	8	13.06	104.5
	Total	31		
C2	SI	23	15.11	347.5
	NO	8	18.56	148.5
	Total	31		
C3	SI	23	16.02	368.5
	NO	8	15.94	127.5
	Total	31		
C4	SI	23	15.22	350
	NO	8	18.25	146
	Total	31		
H1	SI	23	16.59	381.5
	NO	8	14.31	114.5
	Total	31		
H2	SI	23	16.76	385.5
	NO	8	13.81	110.5
	Total	31		
H3	SI	23	17.17	395
	NO	8	12.63	101
	Total	31		
H4	SI	23	17.02	391.5
	NO	8	13.06	104.5
	Total	31		
H5	SI	23	16.22	373
	NO	8	15.38	123
	Total	31		
I1	SI	23	15.91	366
	NO	8	16.25	130
	Total	31		
I2	SI	23	15.5	356.5
	NO	8	17.44	139.5
	Total	31		
I3	SI	23	16.22	373
	NO	8	15.38	123
	Total	31		

Rangos				
	E	N	Rango promedio	Suma de rangos
J1	SI	23	15.57	358
	NO	8	17.25	138
	Total	31		
J2	SI	23	15.74	362
	NO	8	16.75	134
	Total	31		
J3	SI	23	16.07	369.5
	NO	8	15.81	126.5
	Total	31		
K1	SI	23	15.91	366
	NO	8	16.25	130
	Total	31		
K2	SI	23	16.3	375
	NO	8	15.13	121
	Total	31		
K3	SI	23	17.15	394.5
	NO	8	12.69	101.5
	Total	31		
L1	SI	23	16.57	381
	NO	8	14.38	115
	Total	31		
L2	SI	23	16.7	384
	NO	8	14	112
	Total	31		
L3	SI	23	16.15	371.5
	NO	8	15.56	124.5
	Total	31		
L4	SI	23	17.07	392.5
	NO	8	12.94	103.5
	Total	31		

Tabla 37. Rangos según la Organización y Planificación: “Reparto de las tareas”



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	68.500	71.500	91.500	74.000	78.500	74.500	65.000	68.500	87.000	90.000	80.500	87.000
Sig. exacta (bilateral)	0.232	0.414	1.000	0.452	0.531	0.446	0.232	0.279	0.849	0.998	0.633	1.000

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	82.000	86.000	90.500	90.000	85.000	65.500	79.000	76.000	88.500	67.500
Sig. exacta (bilateral)	0.738	0.924	0.887	1.000	0.783	0.237	0.531	0.496	0.980	0.206

Tabla 38. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: "Reparto de las tareas"

Según la Organización y Planificación: “Elección del líder”

Rangos				
	F	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	SI	9	17.56	158
	NO	22	15.36	338
	Total	31		
C2	SI	9	14.44	130
	NO	22	16.64	366
	Total	31		
C3	SI	9	19.33	174
	NO	22	14.64	322
	Total	31		
C4	SI	9	15.89	143
	NO	22	16.05	353
	Total	31		
H1	SI	9	17.39	156.5
	NO	22	15.43	339.5
	Total	31		
H2	SI	9	17.83	160.5
	NO	22	15.25	335.5
	Total	31		
H3	SI	9	17.78	160
	NO	22	15.27	336
	Total	31		
H4	SI	9	16.94	152.5
	NO	22	15.61	343.5
	Total	31		
H5	SI	9	16.39	147.5
	NO	22	15.84	348.5
	Total	31		
I1	SI	9	18.61	167.5
	NO	22	14.93	328.5
	Total	31		
I2	SI	9	15.78	142
	NO	22	16.09	354
	Total	31		
I3	SI	9	19.33	174
	NO	22	14.64	322
	Total	31		

Rangos				
	F	N	Rango promedio	Suma de rangos
J1	SI	9	20.22	182
	NO	22	14.27	314
	Total	31		
J2	SI	9	18.83	169.5
	NO	22	14.84	326.5
	Total	31		
J3	SI	9	16.94	152.5
	NO	22	15.61	343.5
	Total	31		
K1	SI	9	18.22	164
	NO	22	15.09	332
	Total	31		
K2	SI	9	19.17	172.5
	NO	22	14.7	323.5
	Total	31		
K3	SI	9	19.72	177.5
	NO	22	14.48	318.5
	Total	31		
L1	SI	9	18.67	168
	NO	22	14.91	328
	Total	31		
L2	SI	9	19.33	174
	NO	22	14.64	322
	Total	31		
L3	SI	9	21.94	197.5
	NO	22	13.57	298.5
	Total	31		
L4	SI	9	19.72	177.5
	NO	22	14.48	318.5
	Total	31		

Tabla 39. Rangos según la Organización y Planificación: “Elección del líder”



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	85.000	85.000	69.000	98.000	86.500	82.500	83.000	90.500	95.500	75.500	97.000	69.000
Sig. exacta (bilateral)	0.512	0.510	0.210	1.000	0.580	0.473	0.501	0.707	0.893	0.319	1.000	0.195

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	61.000	73.500	90.500	79.000	70.500	65.500	75.000	69.000	45.500	65.500
Sig. exacta (bilateral)	0.075	0.204	0.733	0.382	0.195	0.106	0.302	0.162	0.011	0.091

Tabla 40. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: "Elección del líder"

Según la Organización y Planificación: “Establecimiento de las reuniones grupales”

Rangos					Rangos				
	G	N	Rango promedio	Suma de rangos		G	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	SI	30	16.05	481.5	J1	SI	30	16.25	487.5
	NO	1	14.5	14.5		NO	1	8.5	8.5
	Total	31				Total	31		
C2	SI	30	15.68	470.5	J2	SI	30	15.85	475.5
	NO	1	25.5	25.5		NO	1	20.5	20.5
	Total	31				Total	31		
C3	SI	30	16.38	491.5	J3	SI	30	16.18	485.5
	NO	1	4.5	4.5		NO	1	10.5	10.5
	Total	31				Total	31		
C4	SI	30	15.75	472.5	K1	SI	30	15.7	471
	NO	1	23.5	23.5		NO	1	25	25
	Total	31				Total	31		
H1	SI	30	16.02	480.5	K2	SI	30	15.75	472.5
	NO	1	15.5	15.5		NO	1	23.5	23.5
	Total	31				Total	31		
H2	SI	30	16.08	482.5	K3	SI	30	16.4	492
	NO	1	13.5	13.5		NO	1	4	4
	Total	31				Total	31		
H3	SI	30	16.27	488	L1	SI	30	16.5	495
	NO	1	8	8		NO	1	1	1
	Total	31				Total	31		
H4	SI	30	16.1	483	L2	SI	30	16.2	486
	NO	1	13	13		NO	1	10	10
	Total	31				Total	31		
H5	SI	30	16.35	490.5	L3	SI	30	15.75	472.5
	NO	1	5.5	5.5		NO	1	23.5	23.5
	Total	31				Total	31		
I1	SI	30	16.45	493.5	L4	SI	30	16.28	488.5
	NO	1	2.5	2.5		NO	1	7.5	7.5
	Total	31				Total	31		
I2	SI	30	16.45	493.5					
	NO	1	2.5	2.5					
	Total	31							
I3	SI	30	16.33	490					
	NO	1	6	6					
	Total	31							

Tabla 41. Rangos según la Organización y Planificación: “Establecimiento de las reuniones grupales”



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	13.500	5.500	3.500	7.500	14.500	12.500	7.000	12.000	4.500	1.500	1.500	5.000
Sig. exacta (bilateral)	1.000	0.645	0.258	0.774	1.000	1.000	0.516	1.000	0.581	0.129	0.129	0.323

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	7.500	10.500	9.500	6.000	7.500	3.000	.000	9.000	7.500	6.500
Sig. exacta (bilateral)	0.419	1.000	1.000	0.581	0.677	0.194	0.032	1.000	0.613	0.387

Tabla 42. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Organización y Planificación: “Establecimiento de las reuniones grupales”

Según Predisposición Futura: “Trabajar con software BIM”

Rangos					Rangos				
	N	N	Rango promedio	Suma de rangos		N	N	Rango promedio	Suma de rangos
C1	SI	28	15.7	439.5	J1	SI	28	16.04	449
	NO	3	18.83	56.5		NO	3	15.67	47
	Total	31				Total	31		
C2	SI	28	16.89	473	J2	SI	28	16.05	449.5
	NO	3	7.67	23		NO	3	15.5	46.5
	Total	31				Total	31		
C3	SI	28	16.89	473	J3	SI	28	16	448
	NO	3	7.67	23		NO	3	16	48
	Total	31				Total	31		
C4	SI	28	16.29	456	K1	SI	28	17.07	478
	NO	3	13.33	40		NO	3	6	18
	Total	31				Total	31		
H1	SI	28	16	448	K2	SI	28	17.13	479.5
	NO	3	16	48		NO	3	5.5	16.5
	Total	31				Total	31		
H2	SI	28	15.82	443	K3	SI	28	15.82	443
	NO	3	17.67	53		NO	3	17.67	53
	Total	31				Total	31		
H3	SI	28	15.46	433	L1	SI	28	15.63	437.5
	NO	3	21	63		NO	3	19.5	58.5
	Total	31				Total	31		
H4	SI	28	16.02	448.5	L2	SI	28	16.68	467
	NO	3	15.83	47.5		NO	3	9.67	29
	Total	31				Total	31		
H5	SI	28	15.88	444.5	L3	SI	28	17.23	482.5
	NO	3	17.17	51.5		NO	3	4.5	13.5
	Total	31				Total	31		
I1	SI	28	15.91	445.5	L4	SI	28	16.39	459
	NO	3	16.83	50.5		NO	3	12.33	37
	Total	31				Total	31		
I2	SI	28	16.09	450.5					
	NO	3	15.17	45.5					
	Total	31							
I3	SI	28	16	448					
	NO	3	16	48					
	Total	31							

Tabla 43. Rangos según Predisposición Futura: “Trabajar con software BIM”



Pruebas no paramétricas	C1	C2	C3	C4	H1	H2	H3	H4	H5	I1	I2	I3
U de Mann-Whitney	33.500	17.000	17.000	34.000	42.000	37.000	27.000	41.500	38.500	39.500	39.500	42.000
Sig. exacta (bilateral)	0.658	0.130	0.130	0.712	1.000	0.823	0.384	1.000	0.950	1.000	1.000	1.000

Pruebas no paramétricas	J1	J2	J3	K1	K2	K3	L1	L2	L3	L4
U de Mann-Whitney	41.000	40.500	42.000	12.000	10.500	37.000	31.500	23.000	7.500	31.000
Sig. exacta (bilateral)	1.000	1.000	1.000	0.031	0.024	0.829	0.686	0.251	0.008	0.543

Tabla 44. Resultados de las pruebas no paramétricas para el constructo Predisposición Futura: "Trabajar con software BIM"

ANEXO 3: GRÁFICOS

Gráficos de cargas factoriales

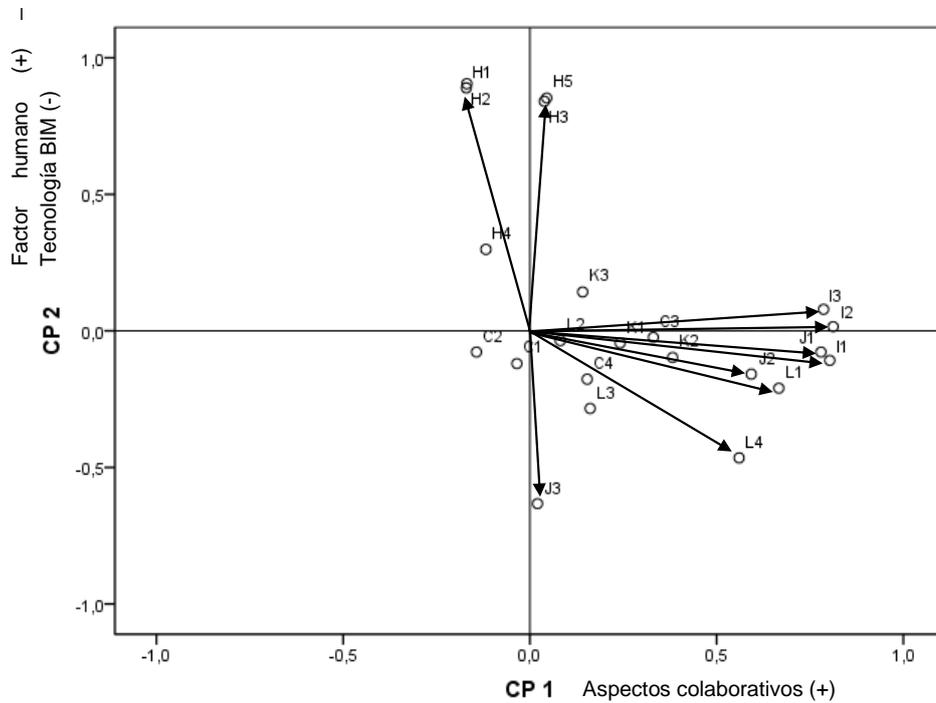


Gráfico 4. Cargas factoriales: CP1 y CP2

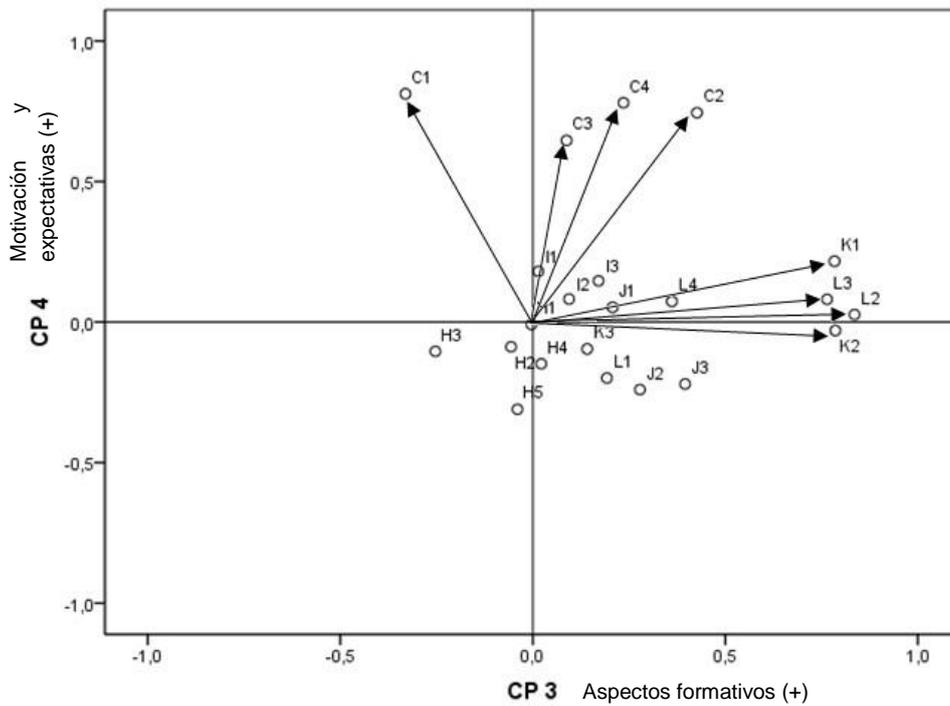


Gráfico 5. Cargas factoriales: CP3 y CP4

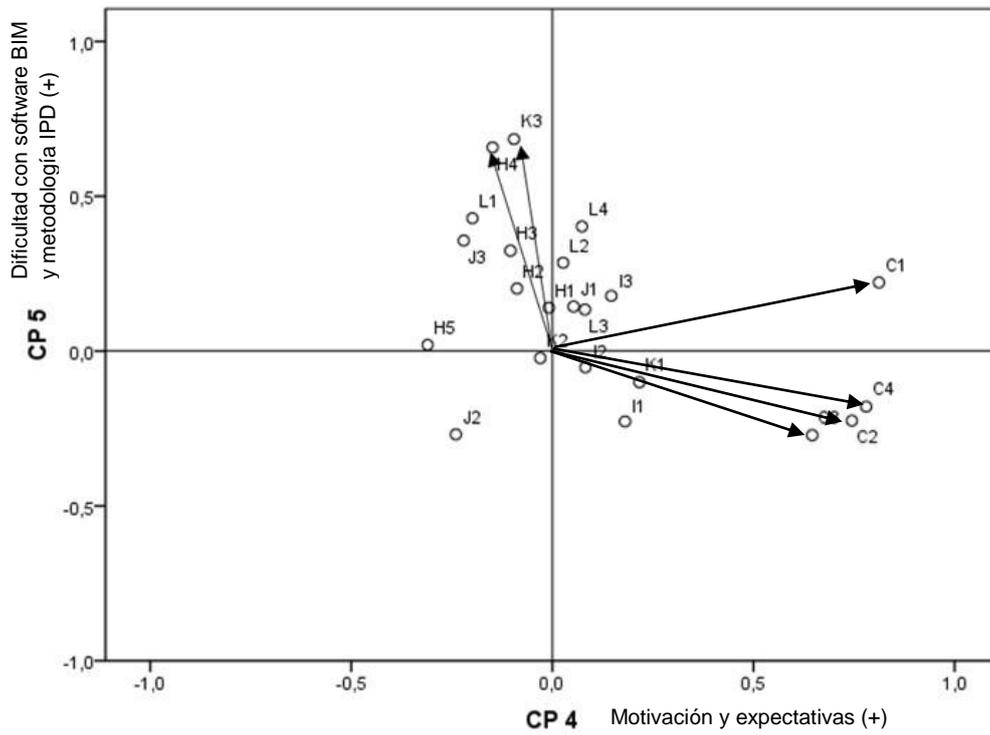


Gráfico 6. Cargas factoriales: CP4 y CP5