01-043

Relationship between the different Level Of Development LODs in BIM Projects and the process maps and knowledge areas from PMBoK

Jose María Rodrigo Ortega[1]; Jose Luis Fuentes Bargues[2]

[1]BIMTEC Facility Management S.L.; [2]Dpto. Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de Valencia;

The object of this communication is to relate the process maps and knowledge areas from PMBoK v5 with the different Level Of Development (LOD) established by the document G202–2013 “Project Building Information Modeling Protocol Form” from the AIA (American Institute of Architects)

For this objective, the information requirements of the different LOD100, 200, 300, 400 and 500 will be analyzed, and the way the information is being added to the project through the BIM methodology, establishing relationships between this Level Of Developments of the construction project, and the process maps Initiating, Planning, Executing, Controlling and Closing that PMBoK establishes.

Once this info has been analyzed, will proceed to relate the information that has been being added to the BIM project with the areas of knowledge Integration, Scope, Time, Cost, Quality, Human Resources, Communication, Risk, Procurement and Stakeholders.

Given that the LOD levels establish 2 planning processes: one for project planning and the other for detailed planning, and the PMBoK only has one process of planning and 2 differentiated processes of executing and controlling, the existing links will be determined.

Keywords: LOD; BIM; PMBoK; Knowledge Areas; Process

Relación entre los LODs en proyectos BIM con los mapas de procesos y las áreas de conocimiento del PMBoK

El objeto de la comunicación es relacionar los mapas de procesos y las áreas de conocimiento del PMBoK v5 con los diferentes niveles de desarrollo o Level Of Development (LOD) que establece la norma G202-2013 “Project Building Information Modeling Protocol Form” del American Institute of Architects (AIA).

Para ello se analizarán los requisitos de información de los niveles de desarrollo LOD 100, 200, 300, 400 y 500 y la forma en que la información va añadiéndose al proyecto a través de la metodología BIM, estableciendo relaciones entre estos niveles de desarrollo del proyecto constructivo, y los mapas de procesos de Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control y Cierre que establece el PMBoK.

Una vez analizada esta relación, se procederá a relacionar la información que se ha ido añadiendo al proyecto BIM con las áreas de conocimiento de Integración, Alcance, Tiempo, Costos, Calidad, Recursos humanos, Comunicaciones, Riesgos, Adquisiciones y Stakeholders.

Debido a que los niveles LOD establecen dos niveles de desarrollo: uno de planificación del proyecto y otro de ejecución, y el PMBoK sólo tiene un proceso de planificación y dos procesos diferenciados de ejecución y de monitoreo y control, se determinarán cuáles son las relaciones existentes.

Palabras clave: *LOD; BIM; PMBoK; Áreas Conocimiento; Procesos*

Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

1. Introducción

La metodología BIM se encuentra en estos momentos en plena implantación en los proyectos de construcción a nivel mundial, debido a las múltiples ventajas que supone respecto a las metodologías tradicionales para los proyectos de construcción (Bryde, Broquetas y Volm, 2012). Además ya existen diferentes iniciativas gubernamentales para implantar el BIM como obligatorio para poder a acceder a contratos con la administración, en la unión Europea en concreto, existe la Directiva 2014/24/UE que establece la necesidad de emplear sistemas electrónicos (medios de comunicación y herramientas para modelar los datos del edificio) en procesos de contratación de obras, servicios y suministros a partir de septiembre de 2018, por lo que se espera que el valor del mercado del BIM alcance los 8.646,47 Millones de dólares para el 2020 (Marketandmarkets.com, 2015).

No obstante, estas múltiples ventajas no vendrán dadas sólo por los avances tecnológicos que suponen los programas BIM, sino que en realidad, tal y como señalan algunos autores el BIM es 10% tecnología y 90% sociología (Charles Hardy, Director, Office of Project Delivery at US. General Services Administration, GSA). Esto es, la metodología BIM no debe entenderse tan sólo como el uso de un determinado software en lugar de otro, sino como una revisión profunda de la metodología de proyectos tradicional, en pos de una metodología más colaborativa en la que intervengan todos los stakeholders.

Además del cambio hacia un proceso más colaborativo, hay que señalar que la metodología BIM implica una visión holística del ciclo de vida del elemento construido, en vez de una visión del proyecto limitada a las fases de proyecto y ejecución, planteándose también las fases de operación, mantenimiento y, llegado el caso, demolición o renovación del edificio.

En este contexto de visión holística del proceso edificatorio, la norma G202-2013 *“Project BuildingInformationModelingProtocolForm”* del American Institute of Architects (AIA, 2013) establece los diferentes niveles de desarrollo o Level Of Development (LOD), que determinan cómo debe ir desarrollándose el modelo BIM, qué información de irse añadiendo y es relevante, y en qué niveles de desarrollo esta información puede ser utilizada para determinados usos, tales como la elaboración del presupuesto, o la puesta en obra.

Así pues, esta norma establece cinco niveles básicos de desarrollo LOD: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 y LOD 500, que se desarrollarán posteriormente. Aunque la norma americana que los regula establece los procedimientos para determinar nuevos niveles LOD de referencia según las necesidades del proyecto, la tendencia actual del mercado es a utilizar estos niveles de referencia cada día más a la hora de desarrollar los proyectos, existiendo a la vez una confusión a la hora de determinar los alcances de los entregables, ya que, además de novedosa, la definición de los LOD estándar no está adaptada a los requisitos de documentación para los proyectos que están establecidos en cada país.

Hay que señalar también la importancia de las herramientas de gestión de proyectos, tales como el PMBoK (PMI, 2013), imprescindibles a día de hoy para garantizar el buen funcionamiento del proyecto, siendo cada vez más relevante y habitual la figura del Project Manager al frente de estos.

La metodología BIM conlleva pues un cambio de mentalidad en la construcción, añadiendo unas necesidades de comunicación y unas definiciones del alcance que no son las tradicionales en el proceso de diseño de un edificio, no pudiendo establecer el Project Manager una relación directa entre los conocimientos del PMBoK de los mapas de procesos y las áreas de procesos, y las necesidades de cada nivel de desarrollo LOD.

2. Objetivos

El objetivo de la presente comunicación es establecer, pues, un paralelismo que sirva de referencia entre los mapas de procesos de Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control y Cierre que establece el PMBoK y la forma en se va añadiendo información al proyecto BIM según los niveles de desarrollo LOD, estableciendo relaciones entre los mapas de procesos y los LODs. Para ello se analizarán uno a uno los procesos que componen cada grupo de procesos y se determinará con qué nivel LOD guarda más relación y por tanto es más aplicable.

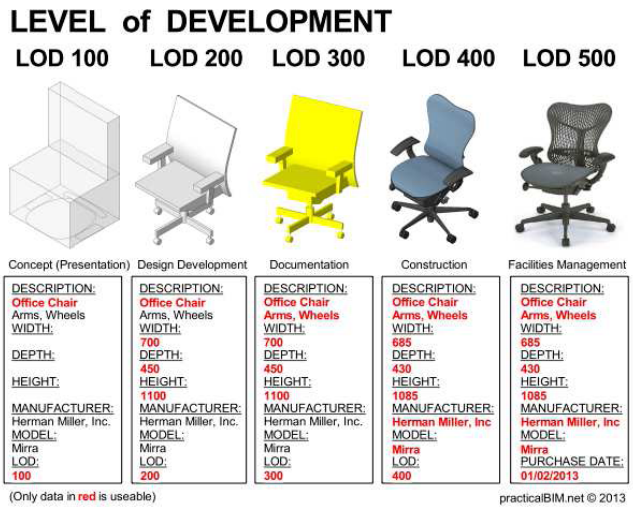
3. Metodología

3.1. Definición de LODs

Una vez establecidos los objetivos, el primer paso es determinar los requisitos de información de cada nivel de desarrollo LOD, según la norma G202-2013 del AIA.

Es importante señalar, tal y como se indica en la Figura 1 (donde sólo la información en rojo puede ser usada), que, debido a métodos de trabajo o limitaciones de software, aunque en determinados LODs previos pueda extraerse información que debería figurar en LODs más avanzados (por ejemplo materiales o peso), esta sólo será confiable y relevante cuando se haya realizado el entregable del LOD para el cual se establece que debe estar definido.

Figura 1: Progresión en la información añadida al modelo según LODs (PracticalBIM, 2013)



3.1.1.LOD 100:

Es el nivel inicial, y por tanto el más bajo de desarrollo, corresponde a los primeros bocetos y estudios de viabilidad económica. El nivel de definición del proyecto corresponde a la volumetría exterior más básica, de donde se pueden obtener unas primeras aproximaciones iniciales de precio basándose tan sólo en precios por área. También pueden realizarse análisis energéticos preliminares basándose en la volumetría y en el entorno, o utilizar dicha volumetría para realizar planificaciones de forma general. Deben incluirse también en este LOD todos los condicionantes externos, ya sean por normativa o por condiciones del entorno, por ejemplo en proyectos de rehabilitación.

3.1.2. LOD 200

Corresponde al siguiente nivel de desarrollo, quedan definidas tanto la volumetría básica exterior del edificio, como la distribución interior y sus usos, por lo que pueden extraerse los parámetros urbanísticos para comprobación de normativa. Algunos elementos básicos del proyecto suelen encontrar su posición en este nivel, aunque sus dimensiones no son las definitivas. No obstante ya puede usarse el modelo generado en este LOD para estimaciones de costes por habitación, o realizar análisis más detallados. En España este LOD correspondería al nivel de anteproyecto.

3.1.3. LOD 300

En este nivel quedan completamente definidos los elementos arquitectónicos y quedan definidos también los sistemas de instalaciones, aunque no a nivel definitivo, pues falta la coordinación necesaria entre ellos. Pueden extraerse mediciones precisas de los modelos de arquitectura, estructura e instalaciones. Los elementos que componen el edificio están definidos tanto en sus dimensiones como en su estructura interna y materiales. Pueden realizarse análisis de costes específicos en bases de datos de fabricación y puesta en obra. También pueden realizarse análisis energéticos basados en las propiedades térmicas de los materiales que componen el edificio.

3.1.4. LOD 400

En este nivel se incorporan al modelo arquitectónico la información definitiva de otras disciplinas como estructura e instalaciones. La información ya está coordinada y no existen colisiones, por lo que el modelo está listo para empezarsu construcción real. Este es el nivel que corresponde al proyecto de ejecución(aunque añade más información de la que tradicionalmente contiene).En la práctica, dado el gran salto de información y la necesidad de coordinación entre diferentes disciplinas, la mayoría de proyectos establecen un entregable intermedio conocido como “LOD 350”, que es en el que se realizan las primeras aproximaciones de coordinación de interferencias entre disciplinas.

Los modelos generados en este nivel pueden utilizarse tanto para análisis de coste y energéticos, como para coordinación, programación de obra y planificación de seguridad y salud.

3.1.5. LOD 500

Finalmente este es el modelo “as built” en el que se recogen todos los cambiosy modificaciones que puedan haber habido en la obra con respecto al LOD 400 utilizado para su construcción y corresponde por tanto a lo que se ha construido realmente. En este modelo se introducen además datos tales como fecha de compra del mobiliario, o nombre delinstalador del aire acondicionado, etc. En España se entregaría como documento complementario al documento final de obra y al “Libro Del Edificio”

3.1.6. Los LODs en España

Al estar demostradas ya las múltiples ventajas del uso del BIM, el Ministerio de Fomento ha creado una comisión encargada de su implantación en España, llamada “es.BIM”, que entre otros retos debe también establecer un paralelismo entre la documentación actual requerida en España para la construcción de un proyecto, y estos conceptos de LOD importados desde Estados Unidos.

Aunque aún no se ha publicado de forma oficial por parte del Ministerio de Fomento un documento con los niveles de definición LOD en España, según la última reunión del 18/01/2017 y el trabajo realizado por Javier Alonso Madrid (2015), ponente en esta comunicación, todo parece indicar que además de los anteriores LODs, se establecerán dos niveles más: el LOD 001 y el LOD 600.

La información que debería estar presente en el LOD 000 es la propia del emplazamiento y los condicionantes urbanísticos definidos legalmente, tales como retranqueos, alturas máximas, servidumbres, etc. En opinión del autor de esta comunicación, esta información es imprescindible para elaborar el proyecto, por lo que es el primer paso al crear la primera aproximación al proyecto en el LOD 100, siendo el LOD 000 la creación de un entregable que recoja las condiciones de contorno únicamente.

Por su parte, el LOD 600 incluiría la información referente al reciclado de los materiales que componen el edificio, así como su vida útil, mantenimiento, etc. El LOD 500 contempla ya cuestiones de uso y mantenimiento, pero no obliga de forma explícita a especificar los datos referentes al reciclado de los materiales, siendo esta una cuestión importante.

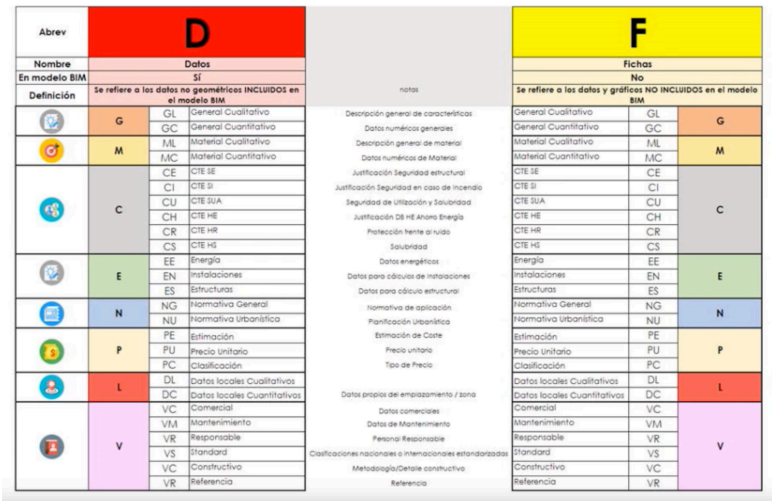
Al igual que en la norma americana, se contempla la posibilidad de que para determinados proyectos se puedan crear nuevos LODs debido a que sus condiciones particulares requieran de algún desarrollo particular no convencional, por lo que se establecen los criterios en el LOD X00 para definir estos LODs específicos del proyecto.

Hay que señalar que Los LODs americanos (como se ha mencionado, los más usados, y en proceso de establecerse en España), establecen pues unos requisitos de información del modelo; no obstante, no definen de qué forma gráfica debe representarse esa información, cosa que sí que establece el Royal Institute of British Architects (RIBA),en los “AEC BIM Protocols” (Architecture, Engineering and Construction) con cuatro niveles de definición: G0 (simbólico), G1 (dimensiones externas), G2 (geometría definida) y G3 (para fabricación) (PAS 1192-2:2013).

Al estar aún pendiente de revisión y no haberse publicado nada aún de manera oficial por parte del Ministerio de Fomento, para la presente comunicación se utilizarán únicamente las definiciones estándar de LOD establecidas por la norma G202-2013 del AIA.

Antes de terminar este apartado, es importante señalar, que no toda la documentación que se genera durante la construcción de un edificio y necesaria para el proyecto estará contenida dentro del modelo BIM, sino que habrán elementos tales como garantías o fichas de mantenimiento que podrán estar vinculados a los datos del modelo aunque no estén contenidos en este, tal y como se muestra en la Figuras 2 y 3 en unas tablas explicativas elaboradas por la comisión es.BIM para determinar qué tipo de datos serán necesarios para la elaboración del proyecto.

Figura 2: Tabla de datos y fichas asociados o no al Modelo BIM. Fuente: Comisión es.BIM 2017



Abrev	D				F		
Nombre	Datos				Fichas		
En modelo BIM	Sí				No		
Definición	Se refiere a los datos no geométricos INCLUIDOS en el modelo BIM			notas	Se refiere a los datos y gráficos NO INCLUIDOS en el modelo BIM		
	G	GL	General Cualitativo	Descripción general de características	General Cualitativo	GL	G
		GC	General Cuantitativo	Datos numéricos generales	General Cuantitativo	GC	
	M	ML	Material Cualitativo	Descripción general de material	Material Cualitativo	ML	M
		MC	Material Cuantitativo	Datos numéricos de Material	Material Cuantitativo	MC	
	C	CE	CTE SE	Justificación Seguridad estructural	CTE SE	CE	C
		CI	CTE SI	Justificación Seguridad en caso de incendio	CTE SI	CI	
		CU	CTE SUA	Seguridad de Utilización y Saiubridad	CTE SUA	CU	
		CH	CTE HE	Justificación DB HE Ahorro Energía	CTE HE	CH	
		CR	CTE HR	Protección frente al ruido	CTE HR	CR	
		CS	CTE HS	Salubridad	CTE HS	CS	
	E	EE	Energía	Datos energéticos	Energía	EE	E
		EN	Instalaciones	Datos para cálculos de instalaciones	Instalaciones	EN	
		ES	Estructuras	Datos para cálculo estructural	Estructuras	ES	
	N	NG	Normativa General	Normativa de aplicación	Normativa General	NG	N
		NU	Normativa Urbanística	Planificación Urbanística	Normativa Urbanística	NU	
	P	PE	Estimación	Estimación de Coste	Estimación	PE	P
		PU	Precio Unitario	Precio unitario	Precio Unitario	PU	
		PC	Clasificación	Tipo de Precio	Clasificación	PC	
	L	DL	Datos locales Cualitativos	Datos propios del emplazamiento / zona	Datos locales Cualitativos	DL	L
		DC	Datos locales Cuantitativos		Datos locales Cuantitativos	DC	
	V	VC	Comercial	Datos comerciales	Comercial	VC	V
		VM	Mantenimiento	Datos de Mantenimiento	Mantenimiento	VM	
		VR	Responsable	Personal Responsable	Responsable	VR	
		VS	Standard	Clasificaciones nacionales o internacionales estandarizadas	Standard	VS	
		VC	Constructivo	Metodología/Detalle constructivo	Constructivo	VC	
		VR	Referencia	Referencia	Referencia	VR	

Por otra parte, existirán otro tipo de datos, tales como gestión de contratos o licencias que serán más difíciles de vincular al modelo, siendo necesaria no sólo la perspectiva global del proyecto y de su ciclo de vida que conlleva el BIM, sino una visión más amplia aún que pueda contemplar las limitaciones de este y sepa englobarlo en un plan de proyecto integrado, optimizando los flujos de trabajo e información, y optimizando a su vez la carga de trabajo necesaria para realizar estas conexiones, convirtiéndose así el Project Manager en un BIM Project Manager.

Figura 3: Ejemplo de nivel LOD y documentación necesarios. Fuente: Comisión es.BIM, 2017

3.2. Los LODs y los grupos de procesos.

Un elemento a tener en cuenta antes de iniciar esta relación, es que la realización de un proyecto de construcción desde su idea hasta su construcción, puede entenderse como dos proyectos separados completamente, ya que una empresa de consultoría de estructuras o de arquitectura entendería la planificación del proyecto como el tiempo que van a utilizar en diseñar los modelos y elaborar los cálculos, y la ejecución del proyecto el momento en el que ponen al equipo de ingenieros y arquitectos designados al proyecto a trabajar en él.

Por su parte, una empresa constructora podría entender la fase de planificación como la fase en la que se elabora la Estructura de Descomposición de Tareas y se establece el cronograma de la obra, y la fase de ejecución como la fase en la que empiezan con la construcción.

Con el fin de poder tener una mejor visión holística del ciclo de vida del proyecto, y poder establecer una relación más directa con los niveles de desarrollo LOD, en la presente comunicación, se considerará el proyecto a lo largo de todo el proceso, desde su idea inicial hasta su uso y mantenimiento, estableciendo notas aclaratorias en los puntos que puedan dar lugar a confusión.

3.2.1.Grupo de Procesos de Inicio.

En este grupo de procesos se encuentran aquellos realizados para definir un nuevo proyecto. Es donde se define el alcance inicial y se asignan los primeros recursos al proyecto.

Los procesos que componen esta fase según el PMBoK son dos:

Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto: En este proceso se plantea el enunciado del trabajo del proyecto, y se examina el caso de negocio. Este proceso está relacionado con el LOD 100, ya que además de tratarse del principio del proyecto y no estar definido, es

el momento más oportuno para utilizar análisis urbanísticos elaborados con la tecnología CIM (City Information Modelling) que permitan ver con antelación la viabilidad económica del proyecto

Identificar a los interesados: Como se ha comentado, el BIM es una metodología de trabajo colaborativa, por lo que la gestión de las comunicaciones y de los interesados tiene una especial importancia, es por ello que debe situarse en la fase más temprana de desarrollo LOD, el LOD 100.

3.2.2.Grupo de Procesos de Planificación.

En este grupo de procesos se desarrollan las líneas base para gestionar el alcance del proyecto y la manera en que se van a conseguir los objetivos.

Los procesos que componen esta fase son:

Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto: este proceso será donde se determine cómo va a implantarse el BIM a lo largo de todo el ciclo del proyecto. Lo ideal sería que se implantase directamente en el LOD 100, al inicio del proyecto, pero es necesario haber identificado antes y planificado la gestión de las partes interesadas, ya que los objetivos del BIM en el proyecto se deberán hacer en función de las capacidades de éstas, por lo que este proceso se situará en el LOD 200, debiéndose redactar en este nivel el BIM Execution Plan (BEP), que definirá la manera en la que se va a trabajar con la metodología BIM y cuáles son los objetivos.

Planificar la Gestión del Alcance: La definición del alcance en un proyecto BIM implica, entre otras cosas, qué elementos se construirán y cuáles no, lo que forma parte del “programa” del edificio y qué elementos que se van a construir deben de ser modelados y definidos a mayor o menor nivel (como se ha comentado anteriormente en este capítulo) esta planificación está directamente ligada a la redacción del BEP, por lo que le corresponderá el LOD 200.

Recopilar Requisitos: esta acción es una de las primeras a realizar antes de empezar cualquier boceto de un proyecto de edificación, por lo que le corresponderá directamente el LOD 100.

Definir el Alcance: Aunque normalmente el cliente suele establecer una serie de requisitos de espacios y funcionalidad al inicio del proyecto, es cierto que estos no suelen ser más o menos fijos hasta después de los primeros bocetos, lo que conlleva el LOD 200.

Crear la EDT: En este punto hay que diferenciar la EDT correspondiente a la parte de diseño del edificio (horas de trabajo de arquitectos e ingenieros) y la EDT para la construcción de este. Para la primera, no se puede establecer una relación directa entre el modelo que se está generando y las horas de técnicos que se necesitan para finalizarlo que esté extraída del propio modelo, por lo que la estimación de horas deberá basarse en el Know-How del Project Manager y de la empresa. No obstante, para la planificación de la obra sí que podrán extraerse todos los elementos del modelo BIM para crear esta EDT, por lo que deberá haberse alcanzado el LOD 300.

Planificar la gestión del cronograma: Este proceso deberá estar recogido en el BEP, ya que es importante que los miembros del equipo conozcan qué datos deben incorporar al modelo para facilitar a posteriori esta labor, por lo que le corresponde el LOD 200.

Definir las Actividades: La mayoría de las actividades necesarias para la construcción del edificio podrán determinarse una vez estén definidos todos los elementos que lo componen en el modelo BIM, lo que será en el LOD 300.

Secuenciar las Actividades: No obstante el punto anterior, aunque el LOD 300 haya definido la geometría y se hayan extraído la mayoría de actividades a realizar, lo modelos aún no están coordinados, por lo que pueden surgir interferencias que pueden alterar el orden lógico de la obra, debiéndose realizar este proceso en el LOD 400.

Estimar los Recursos de las Actividades: Al igual que el anterior, este proceso deberá esperar a que el modelo esté coordinado para su realización, por lo tanto LOD 400.

Estimar la Duración de las Actividades: Por los mismos motivos que en el caso de los recurso, deberá realizarse en el LOD 400.

Desarrollar el Cronograma: No podrá realizarse antes del punto anterior, y por lo tanto le corresponde el LOD 400.

Planificar la Gestión de los Costos: Podrán extraerse costos desde los primeros momentos del modelo BIM, y por tanto este proceso, como su gestión a lo largo del ciclo de vida del proyecto estará incluido en el BEP, habiéndose definido este en el LOD 200.

Estimar los Costos: Aunque tal y como se ha mencionado anteriormente, pueden extraerse aproximaciones a los costos desde el LOD 100, no será hasta el LOD 300 cuando el proyecto esté definido en su mayoría, siendo este el momento de realizar este proceso.

Determinar el Presupuesto: la estimación realizada en el LOD 300 será bastante aproximada, pero debe esperarse al LOD 400 para poderse determinar el presupuesto, al tener el modelo coordinado y determinados los recursos y duración de las actividades.

Planificar la Gestión de la Calidad: Este proceso deberá quedar recogido en el Plan de Ejecución BIM, diferenciando la Gestión de Calidad del modelo BIM y la de la propia construcción en la obra, por lo tanto le corresponde el LOD 200.

Planificar la Gestión de los Recursos Humanos: Al igual que el punto anterior, este proceso deberá estar recogido en el BEP, tanto para los RRHH referentes al diseño del proyecto como para su construcción, por lo que estará presente en el LOD 200.

Planificar la Gestión de las Comunicaciones: Como ya se ha dicho, BIM es una metodología colaborativa, por lo que este es un proceso de vital importancia que deberá estar recogido en el BEP. LOD 200

Planificar la Gestión de los Riesgos: Al igual que los otros procesos de planificación, este deberá estar recogido en el BEP (LOD 200).

Identificar los Riesgos y Realizar el análisis Cualitativo de los Riesgos: Podrán realizarse una vez el modelo BIM esté lo suficientemente definido, siendo pues el LOD 300.

Realizar el análisis Cuantitativo de los Riesgos: Al necesitarse de más datos para poder realizar el análisis cuantitativo, habrá que esperar a tener el modelo coordinado, siendo pues en el LOD 400.

Planificar la respuesta a los riesgos: Aunque puede realizarse junto con el análisis cualitativo de los riesgos, es mejor esperar a tener el modelo coordinado y realizarla junto con el análisis cuantitativo. LOD 400.

Planificar la Gestión de las Adquisiciones: Este es el único proceso de planificación que no estará definido en el LOD 200, ya que deberá esperarse a que estén definidos los elementos del edificio que se va a construir para poder realizarlo, correspondiéndole por tanto el LOD 300. No obstante, las directrices deberán estar recogidas en el BEP, y deberá actualizarse el BEP a la salida de este proceso.

Planificar la Gestión de los interesados: Al igual que la gestión de las comunicaciones, deberá estar en el BEP, por lo tanto, LOD 200.

3.2.2.Grupo de Procesos de Ejecución.

En este grupo se encuentran los siguientes procesos:

Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto: Este proceso es una excepción, ya que no es aplicable a un nivel de desarrollo en particular, sino que es aplicable a todos los LODs.

Realizar el Aseguramiento de Calidad: Para realizar este proceso de forma vinculada al BIM debería realizarse en el inicio del LOD 400, al poder haber coordinado todos los modelos entre ellos y consigo mismos, y haber comprobado que satisfacen todos los requisitos de inicio.

Adquirir el Equipo del Proyecto: En este proceso hay que diferenciar entre el equipo de arquitectos / ingenieros encargados del diseño del edificio, y los encargados de la construcción. Los primeros se incorporarán en el LOD 100 y los segundos en el LOD 400.

Desarrollar el Equipo del Proyecto: El Project Manager deberá realizar este proceso a lo largo de los LOD 100 a 400, donde la labor grupal es más importante.

Dirigir el Equipo del Proyecto: Al igual que el punto anterior, esta labor deberá realizarse del LOD 100 al 400

Gestionar las Comunicaciones: Aunque la naturaleza y formato de las comunicaciones variarán a lo largo de los LODs, básicamente este proceso deberá realizarse del LOD 100 al 400.

Efectuar las Adquisiciones: Deberá realizarse una vez se esté preparado para iniciar los trabajos de construcción, esto es en el LOD 400.

Gestionar la Participación de los Interesados: al igual que las comunicaciones, será del LOD 100 al 400.

3.2.2.Grupo de Procesos de Monitoreo y Control.

Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto: Aunque es aplicable a todos los LODs, este proceso se llevará a cabo sobre todo una vez empiecen los trabajos de construcción (LOD 400).

Realizar el Control integrado de Cambios: Aunque no se realicen análisis de interferencias de forma explícita hasta haber terminado el LOD 300, sí que es cierto que a lo largo de este se van produciendo diversos cambios, y gracias a la metodología colaborativa estos se producen de forma integrada, por lo que este proceso corresponde tanto al LOD 300 como al LOD 400

Validar el Alcance: Este proceso se llevará a cabo al finalizar el LOD 300, comprobando que se ha diseñado el edificio conforme a los criterios establecidos.

Controlar el Alcance, Controlar el Cronograma, Controlar los Costos y Controlar la Calidad: Todos estos procesos se llevarán a cabo a lo largo de la construcción en el LOD 400, teniendo vinculados los elementos constructivos que componen el modelo BIM con la planificación, los costes y las prescripciones técnicas correspondientes.

Controlar las Comunicaciones: Se llevará a cabo este proceso a lo largo de los LOD 100 a 400.

Controlar los Riesgos: Corresponderá llevarlo a cabo durante la fase de ejecución de la obra en el LOD 400.

Controlar las Adquisiciones: Al igual que el punto anterior, será en el LOD 400.

Controlar la Participación de los Interesados: deberá llevarse a cabo del LOD 100 al 400.

3.2.2.Grupo de Procesos de Cierre.

Cerrar proyecto o Fase: Corresponderá al LOD 500, una vez se hayan terminado los trabajos de construcción, y habrá que actualizar el modelo con aquellas variaciones que se hayan producido en la obra respecto del modelo LOD 400 para su construcción.

Cerrar las adquisiciones: Corresponderá también al LOD 500, y se entregará este modelo LOD 500 junto con los datos de mantenimiento y garantía al cliente para que pueda empezar la explotación del edificio.

4.Resultados

Los datos presentados y desarrollados en el apartado anterior se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Relación de grupos de procesos y áreas de conocimiento con los niveles LOD. Fuente: Elaboración propia

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Tiempo del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costes del		7.1 Planificar la Gestión de los		7.4 Controlar los Costos	

Proyecto		Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto			
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

Leyenda:

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500	TODOS	LOD 100 a 400	LOD 100 y 400	LOD 300 y 400	Incluido en el BEP

5.Conclusiones

Como puede apreciarse en la Tabla 1, no es posible establecer una relación simple y directa entre los grupos de procesos y los niveles LOD. Aunque en general la mayoría de procesos son atribuibles a un único LOD realizando concesiones, existen algunos procesos que son

atribuibles a más de un LOD, y por tanto estarán presentes en más de una fase del proyecto.

La mayoría de estos procesos aplicables a más de un LOD pertenecen a las áreas de conocimiento de RRHH, Comunicaciones y Gestión de los Interesados. Este resultado se considera lógico, ya que como se ha mencionado anteriormente el BIM es 10% tecnología y 90% sociología, por lo que los procesos directamente relacionados con las personas tenderán a estar presentes a lo largo del proyecto en mayor medida de lo habitual.

De la Tabla 1, se extrae que al LOD 100 le son aplicables once procesos, al LOD 200 diecisiete, al LOD 300 quince, al LOD 400 veinticinco y al LOD 500 tres.

El LOD 400 es al que se le pueden asociar más procesos. Esto es un resultado lógico, ya que a lo largo de este LOD será cuando se lleven a cabo los trabajos de construcción, por lo que la mayoría de procesos de Gestión de Tiempos (5/7), Costes (2/4), Calidad (2/3) Riesgos (3/6) y Adquisiciones (2/4) le serán atribuibles a este nivel de desarrollo.

El segundo nivel de desarrollo con más procesos es el LOD 200, con diecisiete procesos. Atendiendo al salto en cuanto a la cantidad de información en el proyecto que se produce, sorprende que el tenga dos procesos más que el LOD 300. No obstante no es de extrañar este resultado, ya que es durante el LOD 200 cuando se establece el BEP, el cual tiene 10 procesos de los 24 que componen el grupo de procesos de planificación. Lo que indica que la mayor parte de planificación y previsión del proyecto se realizará durante este LOD.

6.Bibliografía

AEC (UK) BIM Standard for Autodesk Revit. (2010). *A workable implementation of the AEC (UK) BIM Standard for the Architectural, Engineering and Construction industry in the UK*. Version 1.0.

AEC (UK) BIM Protocol. (2012). *Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction Industry*. Version 2.0.

Alonso Madrid, J. (2015). Nivel de Desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Spanish Journal of BIM, 1*, 40-56.

Alonso Madrid, J. (2017, Enero) Niveles de detalle. *Reunión comisión esBIM 18/01/2017*. Instituto de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid.

Bryde, D., Broquetas, M., & Marc Volm, J. (2013). The Project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management, 31*, 971-980.

Markets and Markets. (2017). Building Information Modeling (BIM) Market by Type (Software, Services), Project life cycle (Pre-construction, Construction, Operation), Application (Buildings, Civil Infrastructure, Oil & Gas, Industrial, Utilities), Geography - Global Forecast to 2022. Report Code: SE 2815. En internet: http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/building-information-modeling-market-95037387.html>. Acceso: Marzo 2017.

National Institute of Building Sciences (NIBS). (2007). *United States National Building Information Modeling Standard. Version1-Part 1: Overview, principles and Methodologies.*

Project Management Institute (PMI). (2013). *A Guide to Project Management Body of Knowledge. (PMBOK* Guide), 5th edition. Newton Square, Pennsylvania: PMI.