

Mestrado Integrado
em Arquitectura
e Urbanismo

escola 
superior
gallaecia

ONTOLOGÍA

BIM

| Antón Iglesias Castro
| Vila Nova de Cerveira, Septiembre 2016

Mestrado Integrado
em Arquitectura
e Urbanismo

escola
superior
gallaecia 

ONTOLOGÍA BIM

Antón Iglesias Castro

Orientador: Prof. Doutor David Leite Viana

Co Orientador: Prof. Jorge Vieira Vaz

Vila Nova de Cerveira, Septiembre 2016

PREAMBULO

Esta disertación describe el ámbito de las ontologías leves en el contexto del BIM. Una perspectiva que se introduce en las ontologías para exponer diferentes vertientes de su aplicación a diversos campos prácticos y teóricos. Exponiendo diversos tipos de tendencias ontológicas como la filosófica o la computacional, hare un encuadramiento para la disertación en el ámbito de BIM en la arquitectura.

Con la introducción de programas informáticos para diseño de arquitectura, se recuperan las ontologías para expresar métodos formales consensuados para su correcta representación. Métodos tradicionales con base CAD no tienen suficiente capacidad para experimentar con la semántica. Se requieren de nuevas tendencias como BIM para gestionar la información y poder establecer un sistema de comunicación formal y común. El uso de herramientas BIM como Revit, Allplant, Archicad permite compartir un lenguaje común para desarrollar un proyecto. Esto se convierte en una interacción dentro de un modelo para compartir y gestionar cualquier tipo de contenido computable.

Las ontologías ayudan a gestionar el flujo de información para que sea mas fácil la comunicación en un ámbito de trabajo modelo. El estudio de estas herramientas proporciona mas flexibilidad y cohesión dando lugar a ontologías leves para la gestión de la información. Uno de los puntos de esta disertación estudia la existencia de un lenguaje computacional común que se genera a partir del uso de programas con base BIM.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por haberme apoyado toda la vida en lo que he emprendido y ser un ejemplo para mí. A mis padres con especial cariño por la paciencia que me ofrecen y entendimiento.

A mis amigos que me acompañan a lo largo del camino y te sacan una sonrisa en momentos difíciles, siempre es un apoyo poder comunicarse con gente que te aprecia y eso da más valor a nuestra amistad.

A los profesores que han contribuido a mi conocimiento arquitectónico a lo largo de mi etapa de estudio de arquitectura, es una suerte tenerlos como ejemplo. En especial al coordinador de la disertación David Leite Viana y al co-orientador Jorge Vieira Vaz, habéis sido la luz momentos oscuros del conocimiento de esta disertación.

A todos lo miembros y alumnos de I a Escuela Superior Gallaecia por haber compartido tantos momentos y conocimiento, siempre aliñado con arquitectura.

RESUMEN

La ontología BIM es un método de análisis de información semi-estructurada e informal que se utiliza para la adquisición de conocimientos y la comunicación entre personas, representando las interacciones entre usuarios BIM mediante conceptos, relaciones y sus atributos. La ontología es generada gracias a la reutilización de ontologías analizadas por otros autores identificados por su claridad, coherencia, adecuación y ser consensuada por todos los usuarios que estudian un conocimiento de dominio BIM.

La tecnología BIM supone un avance para el diseño arquitectónico frente a otras herramientas que se utilizan actualmente como CAD. Muchas de estas herramientas digitales condicionan el diseño arquitectónico limitando el dibujo para usuarios que desconocen su metodología de trabajo y reusan de utilizarlas. La existencia de una normativa Europea que apoya la implantación de BIM como método colaborativo entre usuarios para comunicar información entre ellos y que existan un lenguaje común para el diseño arquitectónico.

Para apoyar la implantación y el conocimiento de la tecnología BIM es necesario reconocer las ontologías leves capaces de asegurar la relación de la información entre usuarios y los niveles de integración semántica de datos para favorecer un ambiente de comunicación dinámico, coordinado, colaborativo y verificado por los usuarios. La implantación del trabajo colaborativo y el diseño paramétrico permiten al usuario representar la información en una base de datos bidireccional entre la aplicación y las personas, creando un ambiente de trabajo común a todos los usuarios de un proyecto arquitectónico.

En base a los objetivos seleccionados mediante entrevistas exploratorias y análisis documental se lleva a cabo un análisis de los cuatro conceptos básicos que condicionan el trabajo arquitectónico en la tecnología BIM mediante sus relaciones y atributos para mostrar mayor claridad sobre este tema. Los conceptos analizados son: el diseño paramétrico, la representación de la información, el modelado comparado y la interoperabilidad de datos entre usuarios necesarios para la comunicación veraz entre usuarios. El análisis de conceptos genera una visión global de la ontología BIM que permite al usuario ser consciente de aspectos que influyen en el diseño arquitectónico si se usa este tipo de tecnología.

Palabras Clave: BIM, Ontología, Paramétrico, Colaborativo, Información.

ABSTRACT

BIM ontology is an analysis method of semi-structured and informal information used for gaining knowledge and improving communication among people, since it represents interactions among BIM users through concepts, relations and attributes. Ontology is generated by reusing ontologies that have been analysed by other authors and that have been chosen for their clarity, coherence, adaptation and for being agreed by all the users that study domain knowledge of BIM.

BIM technology represents progress for architectural design over other tools that are currently used, such as CAD. Many of these digital tools condition architectonic design by restricting drawing to the users who do not know its work methodology and refuse to use it. The European regulation supports BIM implementation as a collaborative method to transfer information among their users and to create a common language for architectonic design.

To support the implementation and the knowledge of BIM technology, recognising new mild ontologies able to ensure the relation of the information among users and the semantic integration of data levels to favour a dynamic, coordinated and collaborative communication environment, verified by their users, is necessary. The implementation of collaborative work and parametric design allow the user to represent information on a bidirectional database, between the application and people, creating a common work environment to all the users of an architectonic project.

Based on the objectives selected through exploratory interviews and documentary analysis, an analysis of four basic concepts that condition the architectural work in BIM technology through their relations and attributes to show greater clarity on the subject is carried out. The analysed concepts are: the parametric design, the representation of the information, the shared modelling and the data interoperability among needed users for the accurate communication among users. The concept analysis creates a global vision of BIM ontology that allows the user to be aware of aspects that affect the architectural design when this kind of technology is used.

Keywords: BIM, Ontology, Parametric, Collaborative, Information.

RESUMO

A ontologia BIM é um método de análise de informação semi-estruturada e informal que se utiliza para a aquisição de conhecimentos e a comunicação entre pessoas, representando as interações entre usuários BIM mediante conceitos, relações e os seus atributos. A ontologia é gerada graças à reutilização de ontologias analisadas por outros autores identificados pela sua clareza, coerência, conformidade e ser consensual por todos os usuários que estudam um conhecimento de domínio BIM.

A tecnologia BIM supõe um avanço para o desenho arquitetónico comparativamente a outras ferramentas que se utilizam atualmente como o CAD. Muitas destas ferramentas digitais condicionam o desenho arquitetónico limitando o desenho para usuários que desconhecem a sua metodologia de trabalho e reusam de utilizá-las. A existência de uma normativa Europeia que apoia a implementação do BIM como método colaborativamente usuários para comunicar informação entre eles e que exista uma linguagem comum para o desenho arquitetónico.

Para apoiar a implementação e o conhecimento da tecnologia BIM é necessário reconhecer as ontologias leves capazes de assegurar a relação da informação entre utilizadores e aos níveis da integração semântica de dados para favorecer um ambiente de comunicação dinâmico, coordenado, colaborativo e verificado pelos utilizadores. A implementação do trabalho colaborativo e o desenho paramétrico permitem ao utilizador representar a informação numa base de dados bidirecional entre a aplicação e as pessoas, criando um ambiente de trabalho comum a todos os utilizadores de um projecto arquitetónico.

Com base nos objetivos seleccionados mediante entrevistas exploratórias e análise documental, é realizada uma análise de quatro conceitos básicos que condicionam o trabalho arquitetónico na tecnologia BIM mediante as suas relações e atributos para mostrar maior clareza sobre este tema. Os conceitos analisados são: o desenho paramétrico, a representação da informação, a modelação partilhada, e a interoperabilidade de dados entre usuários necessários para a comunicação verad entre usuários. A análise dos conceitos gera uma visão global da ontologia BIM que permite ao utilizador ser consciente de aspectos que influenciam o desenho arquitetónico ao usar este tipo de tecnologia.

Palavras Chave: BIM, Ontologia, Paramétrico, Colaborativo, Informação.

1. Introducción.....	13
1.1. Contextualización de la investigación	15
1.2. Justificación de la problemática.....	18
1.3. Estado del arte	20
1.4. Objetivos.....	27
1.5. Metodologías.....	28
1.6. Estructuración de contenidos	35
2. Fundamentación Teórica	37
2.1. BIM vs CAD	39
2.2. BIM en la arquitectura	47
2.3. Ontologías BIM	64
3. Aplicación de la Metodología.....	79
3.1. Modelado paramétrico.....	81
3.1.1. Concepto ontología modelo paramétrico....	83
3.1.2. Relaciones y atributos de la ontología de modelado paramétrico	92
3.1.3. Conjunto de conocimientos de la ontología de modelado paramétrico.....	101

3.2. Representación de la información.....	105
3.2.1. Concepto ontología de representación de la información	107
3.2.2. Relaciones y atributos de la ontología de modelado paramétrico.....	108
3.2.3. Conjunto de conocimientos del la ontología de representación de información.....	125
3.3. Modelo trabajo compartido.....	127
3.3.1. Concepto ontología modelo trabajo compartido.....	129
3.3.2. Relaciones y atributos de la ontología modelo trabajo compartido.....	131
3.3.3. Conjunto de conocimientos de la ontología modelo trabajo compartido.....	141
3.4. Interoperabilidad	145
3.4.1. Concepto ontología interoperabilidad.....	147
3.4.2. Relaciones y atributos de la ontología de interoperabilidad	148
3.4.3. Conjunto ontologías para la Interoperabilidad BIM.....	153
4. Correlación.....	155
5. Conclusiones Finales.....	167
6. Referencias Bibliográficas.....	173
7. Índice de Figuras	183



1. Introduccion

1. Introducción

1.1. Contextualización de la investigación

El avance de las tecnologías digitales en la arquitectura es constante desde la década de los 1970 para tratar de gestionar la información, que cada vez se trata en mayor volumen, y poder comunicar y organizar factores de actuación sobre el objeto de diseño.

Muchos de los proyectos arquitectónicos que se están realizando en diferentes partes del mundo están desarrollados por computador. Con el paso del tiempo y los avances en las tecnologías, el computador se ha convertido en una herramienta indispensable para el diseño y ejecución de arquitectura. Algunas obras que revolucionan la arquitectura actual están ligadas al desarrollo informático, como Museo de Bilbao de Ghery (1997), Museo Judío de Libeskind (1999) o la Ciudad de la Cultura de Galicia de Eisenman (2005).

Los computadores están cambiando el lenguaje y la visualización en la arquitectura, están actuando como base de datos para poder manejar mayor cantidad de información y así poder diseñar rápido y con exactitud. Con un propio lenguaje basado en la matemática cualquier proceso se vuelve cuantificable.

En los últimos años existen propósitos gubernamentales en Europa (Directiva 2014/24/UE), en la contratación de obra pública, para el uso de sistemas electrónicos como medio de comunicación y herramienta para modelar los datos del edificio. Concretamente el artículo 22 hace referencia a la normalización de herramientas de modelado electrónico y de información de las construcciones para la gestión de la arquitectura y el sector. Varios países como Noruega a través de BuildingSMART (2014) o Reino Unido fijaron la implantación de la metodología BIM como contribución a la comunicación, coordinación y entendimiento de la arquitectura.

Las tecnologías asociadas a BIM (Picó, 2011; Eastman, 1999; Eastman et al., 2011), suponen un avance por la mejora de las metodologías de trabajo y la disponibilidad de varias herramientas para la gestión de información coordinada, cooperativa y computable.

BIM consigue que la información este coordinada entre múltiples usuarios en un mismo modelo de trabajo y así poder: cooperar en el diseño de arquitectura, compartir información y computar un modelo; gracias a la continuidad y cohesión de información.

Las aplicaciones BIM emplean “tecnología de objetos” para poder reducir el número de modelos y relacionarlos automáticamente, (Pico, 2011). Al ser computable, cuantifica parámetros formales de un modelo o “casa” sustrayendo información detallada; así, la tecnología BIM, se puede utilizar toda la vida del edificio creando un modelo de información específico. BIM genera la visualización de modelos de trabajo (objetos) de diferentes informaciones: datos, diseños 2D y 3D; vinculadas automáticamente mediante procesos de cohesión de información de la pieza diseñada. Están coordinadas y actualizadas entre si generando un objeto actual y fiable. El objeto se transforma gracias al modelado paramétrico que recopila la información.

El software es el encargado de gestionar las vistas para la visualización del usuario. Cada aplicación cuenta con varios mecanismos para interpretación del modelo de trabajo. La información se puede introducir en bases de datos de modelado del edificio para su cuantificación y recopilación en diversos formatos 2D y 3D. Esto posibilita poder analizar mejor el comportamiento del edificio y la modificación actual de la forma. Las herramientas BIM gestionan la información del edificio de manera que pueda ser computable y establezca una plataforma de trabajo común para el desarrollo de un modelado de información accesible a todos los usuarios.

Para la gestión de información computacional y bases de datos se puedan comunicar, es necesario el uso de ontologías para garantizar el diseño compartido y correcto funcionamiento. Estas, están apoyadas en una selección de conceptos teóricos y prácticos para la expresión de la realidad y aplicación dentro de un contexto. La conceptualización de las ontologías es un modelo abstracto que representa entes de un dominio en términos de: conceptos, relaciones y modelado. El uso más común es para especificar el significado de conceptos con definiciones explícitas.

La ontología está comprometida hacia la representación del vocabulario con diferentes tipos de símbolos (clases, nombres, lenguajes) y un conjunto de definiciones que especifican el significado del vocabulario. Las ontologías orientadas al software proporcionan esquemas de datos conceptuales enfocados en el almacenamiento de datos y su manipulación, utilizándose para desarrollar actividades de software que garanticen la veracidad de los datos. Estas esta normalmente definidas por un lenguaje de modelado conceptual usado en software e ingeniería de bases de datos.

La gestión de información mediante procesos computacionales abre la puerta a la cohesión de diferentes formatos de información que se simplifican en datos computables para su análisis. Las ontologías aceleran el proceso de comunicación entre usuarios facilitando el manejo de información en un modelo de trabajo o base de datos. Este tipo de comunicación contiene unos estándares básicos de lenguaje que el usuario tiene que conocer para poder comunicarse correctamente, un vocabulario específico de acciones para concretizar él y jerarquiza el proceso (Eastman, 2011).

BIM hace referencia a un conjunto de interacciones de dominio, procesos y tecnologías que generan una metodología para gestionar bases de datos esenciales para el diseño de edificios y proyectos en formato digital a lo largo del ciclo de vida del edificio. Es importante identificar las estructuras del conocimiento, dinámica interna y requisitos de implementación de BIM y así mejorar la comunicación entre usuarios, (Succar, 2011). La ontología BIM constituye una base para la adquisición de conocimientos, la representación y el intercambio de extensiones de investigación incluyen la generación de modelos de conocimiento visual de muchas interacciones BIM, internas y externas, facilitando la representación visual y semántica de componentes del conocimiento que se transforman en herramientas personalizadas para las diferentes etapas de BIM en el diseño de la arquitectura digital de forma dinámica.

1.2. Justificación de la problemática

Se comenzara por comprender el motivo en el que se basa la investigación. Se expondrá brevemente el conjunto de factores que conforman la problemática, en la cual, se encuentra la ontología BIM. La necesidad de evolución de la arquitectura lleva la creación de modelos digitales para el diseño gráfico que se complementa con aplicaciones software y métodos para integrar datos en formas geométricas digitales para representar con máxima veracidad en la realidad (Dollens, 2002). Sin embargo:

Las herramientas digitales condicionan el diseño arquitectónico debido a que suponen un avance frente el diseño a mano o literal. Existen aplicaciones informáticas arraigadas fuertemente al diseño arquitectónico que no permite la evolución y cohesión del diseño digital arquitectónico debido a que no contienen el diseño paramétrico de formas conceptuales y no relacionan los cambios en la representación gráfica de la información creando un estancamiento en el diseño, (Coloma Picó, 2011).

Otro problema añadido es el desconocimiento generalizado de la tecnología BIM lo que hace difícil la implantación y uso por parte de la comunidad de usuarios AEC. Aunque los esfuerzos por el conocimiento de la metodología de trabajo son evidentes (BuildingSMART, 2014) existen usuarios que desconocen o no quieren adoptar nuevas formas de expresión digital como BIM y se estancan en sistemas CAD más orientados a otros sectores como la ingeniería o mecanizado.

La tecnología CAD no permite la comunicación y el diseño en un mismo modelo digital de trabajo por parte de todos los usuarios, trabajo colaborativo (Trento, 2008), no contiene una base de datos donde los usuarios pueden gestionar la información para mejorar y modificar el diseño geométrico in situ permitiendo que el resto de especialidades de un mismo modelo pueda visualizar automáticamente los cambios realizados en el modelado de diseño gráfico y de datos.

Con la aparición de la arquitectura digital se han desarrollado muchas aplicaciones para apoyar el diseño arquitectónico pero no se ha tenido en cuenta la relación entre ellas, el intercambio de información. Cada usuario conoce una aplicación para el diseño que en realidad no es compatible en formatos de intercambio con otras aplicaciones lo que dificulta la comunicación de diseños y datos entre diferentes especialidades AEC. No existe un lenguaje común hombre/máquina que favorezca el diseño colaborativo por lo que la pérdida de información en el intercambio se hace evidente dificultando la comunicación y verificación de información (Eastman, 2010).

La evolución hacia esta la revolución digital en la arquitectura se pone en contra de los usuarios que debido a su desconocimiento o prescindir de sus ventajas no ayudan a la comunidad a contribuir a la implantación de la tecnología BIM apoyada por la normativa europea (Directiva 2014/24/UE), OPENBIM y BuildingSMART como organismo oficial encargado de la implantación BIM en la Unión Europea. Según entrevistas directas realizadas, diversos profesionales admiten la necesidad de crear ontologías BIM para la expansión del conocimiento y perduración de este entre los usuarios que no conocen esta tecnología de expresión gráfica y que es necesaria para el proceso arquitectónico.

Con base a esta situación en la que se encuentra la arquitectura digital (Kolarevic, 2008) se formularan los objetivos de esta investigación. Estos trataran de responder al modo de intervenir en esta problemática concreta, perteneciente a la comunicación y el lenguaje común consensuado por los usuarios.

1.3. Estado del arte

La arquitectura ha evolucionado desde Vitrubio ampliando el campo de trabajo en diferentes aspectos: el diseño como la concepción del proyecto arquitectónico, la planificación y la evolución de las ideas dan forma a la arquitectura; la construcción como realización física del proyecto y el levantamiento; el presupuesto de obra como la cantidad de dinero se necesita para hacer realidad la arquitectura ,un aspecto económico; la licitación de obra como el cumplimiento de las normativas legales y el acuerdo con los clientes; la práctica docente como la impartición de clases a estudiantes de arquitectura; la investigación como la experimentación y la extracción de conclusiones sobre la misma y el urbanismo como estudio de la composición de edificaciones y el efecto de la arquitectura sobre la forma urbana.

La habilidad para representar composiciones poliédricas es desarrollada a partir de la década de 1960 para evolucionar representaciones 3D orientadas a la investigación de formas en campos como el cine, arquitectura, ingeniería y videojuegos. La primera película con gráficos por ordenador fue 'Tron. The abism (1987). La habilidad para editar objetos sólidos, volúmenes y superficies es estudiada por tres grupos diferentes: Ian Braid, (Cambridge University), Bruce Baumgart (Stanford), Ari Requicha e Herb Voelcker (The University of Rochester) (Eastman, 1999) – esto produjo la primera generación de herramientas de modelado 3D. Con la intervención del computador para ayudar a configurar un todo con sentido a partir de muchas particularidades se amplía el nivel en el que se puede pensar la arquitectura. Esta evolución, como explica Picón (2006), es debido a que el computador se a convertido en una extensión mental; para la memoria y como herramienta de exploración lógica.

Muchos arquitectos como Eisenman, en la Ciudad de la Cultura de Santiago de Compostela, Hadid, en la Opera de Cardiff y en la London Acuatc Center, Gehry en el Museo Vitra y Museo de Bilbao, Koolhaas en la Biblioteca de la Universidad de Jussieu, Calatrava en Ciudad de las Ciencias de Valencia y Miralles en el Gimnasio Alicante y la Universidad de Vigo, utilizan herramientas digitales para dar forma a su pensamiento arquitectónico y de poder representar su

arquitectura compleja. Este tipo de arquitecturas surgen de antiguos principios, que antes no se podían llevar a cabo por la inexistencia de medios. Dollens escribió:

F. Gehry ha utilizado la tecnología del mismo modo en que uso los materiales baratos y populares (...) sin la tecnología actual, sus nuevos proyectos no podrían haberse construido (...) imposible antes de su introducción y después para usar el software CATIA con el fin de digitalizar sus maquetas mediante cálculos tridimensionales". (Dollens, 2002, p. 23).

Dollens (2002), Picon (2006), Costa Couceiro (2008), Legendre (2011) afirman que la evolución digital está cambiando la forma de pensar la arquitectura. Se está integrando la producción digital dentro del proceso del pensamiento y de las formas para los arquitectos.

El computador se está convirtiendo en una nueva manera de expresión visual y lingüística. Partiendo de un lenguaje matemático, el computador permite el modelado de formas que antes no se podía concebir para la arquitectura.

We have been discussing building information modeling and how to create rich, semantic information in a model that goes beyond form to also include function, performance and cost all of the elements that truly define a real building. To create an environment where design and construction are knitted together, however, a collaboration infrastructure is also needed (...) People tend to work with each other in a high bandwidth way; there is a lot of collegiality; a shared vocabulary, language of drawing (in plan, section and elevation) and methodology, and their styles of interaction are clearly defined (Kolarevic, 2003, p. 258-259).

La metodología de trabajo permite comunicar a los usuarios con el mismo lenguaje, siendo este vital para la colaboración en el espacio de trabajo y el posterior uso durante el ciclo de vida de la edificación. Con la formalización de la metodología, el lenguaje de diseño y de vocabulario compartido se percibe conceptos sobre el funcionamiento de BIM y las etapas que requiere para llevar a la realidad un objeto de diseño interoperable y paramétrico según Kolarevic (2003).

El uso de las ontologías en sistemas de información se ha hecho muy popular en varios campos como: las tecnologías web, integración de bases de datos, sistemas multidisciplinares, inteligencia artificial y procesamiento de lenguaje natural. Existen muchos tipos de ontologías que pueden designar objetos computables dependiendo del contexto: para la recuperación de datos, como modelo representado en OWL - Ontological Web Language - para relacionar datos y como definición de interoperabilidad XML – Extensible Markup Language - para bases de datos.

The BIM Ontology comprises of four high-level knowledge objects: concepts, attributes, relations and knowledge views. This paper briefly discusses these levels in an effort to introduce — without fully exploring — the ontology's role in exposing, representing and further developing the Framework (Succar, 2008, p. 368).

Como propone Succar (2008), las ontologías BIM están formadas por contenido de información que se puede añadir a los objetos creados, analizar el campo del conocimiento, separar campos operacionales de conceptos y visualización de conceptos BIM y sus relaciones mediante la representación abstracta y jerárquica del contenido. La visualización del conocimiento beneficia a las ciencias cognitivas de la experimentación apoyado por un marco expresivo y razonamiento cualitativo.

Una ontologia è dunque (costituita da) un insieme consensuale e formalmente organizzato di informazioni indipendenti che descrivono una parte del mondo (un

modello del campo d'esistenza del problema) con la finalità di permettere la comunicazione su quel dominio problematico tra le macchine e/o le persone (Trento, 2008, p. 81).

Según Trento (2008) una ontología de proceso puede ayudar a la comunicación entre las personas y los ordenadores facilitando la organización aportando claridad a los pasos que se deben formalizar para dar lugar a un proceso de trabajo eficiente conociendo las etapas del proceso de descripción semántica de un objeto. Para representar la información propone un modelo de estructura de formato para representar la semántica de la entidad proyectual en la colaboración multidisciplinar: enriquecimiento, interoperabilidad y razonamiento semántico. La comunidad científica utiliza el Web Semántico para estandarizar la representación y emplea esquemas para formalizar: datos (XML), metadatos (RDF), ontologías (OWL) y normas (SWRL) (Trento, 2008).

Una prestació important dels models BIM és que poden servir de suport per a les anàlisis i simulacions que han d'efectuar qualsevol dels implicats. Algunes de les eines necessàries ja estan incloses en moltes de les eines BIM actuals, especialment les que tenen a veure amb la comprovació d'aspectes visuals (perspectives, ombres, imatges fotorrealístiques) o amb la comptabilitat (metres quadrats, volums, nombre de components d'unes determinades característiques, etc.), però tot el ventall restant, de fet illimitat, es du a terme des d'eines especialitzades que han de llegir part de la informació continguda en models BIM de les tres grans disciplines (arquitectura, estructura i instal·lacions (Coloma Picó, 2011, p. 164).

Con el análisis ontológico de los modelos BIM es que pueden servir como apoyo para el análisis y simulación de figuras geométricas contenidas de información que forman parte del trabajo de cada usuario. Para manejar las aplicaciones BIM es necesario un esquema que sirva de guía a cada usuario, una jerarquía de conceptos ontológicos para avanzar en los aspectos visuales y gestión de información en las diferentes disciplinas AEC. Aparte de las aplicaciones BIM existen aplicaciones satélite que también gestionan la información para representarla en tablas de datos o formatos de compatibilidad que sirven ya ayudan al usuario a completar las piezas diseñadas para el proyecto.

The BIM ontology has been generated by amending and reusing existing ontologies; a process recommended by Noy and McGuinness (2001). The reuse of an existing ontology followed Gruber's criteria for shared ontologies: clarity, coherence, extensibility, minimal encoding bias and minimum ontological commitment (Gruber, 1995). Based on these criteria, the BIM ontology was first derived from the General Technological Ontology (Milton, 2007a) (Milton, 2007b) and the General Process Ontology (Cottam, 1999). (Succar, 2013, p. 252).

Las ontologías generadas para BIM son una reutilización de conceptos compartidos por los usuarios de las aplicaciones que sirven de apoyo para crear o aumentar el conocimiento de más ontologías, contribuyendo al proceso de trabajo colaborativo en BIM y a la representación de la información así como la comunicación y el intercambio de información. Según Gruber (1995) las ontologías compartidas deben dotar el conocimiento de claridad, coherencia y compromiso ontológico mínimo para que sean comprensibles por todos los usuarios formando una base de datos compatible y una comunicación coordinada, Coloma Picó (2011). La comunicación entre usuarios y la adquisición de conocimiento representan las interacciones de datos entre las especialidades que sirven para deliberar sobre las decisiones del proyecto de arquitectura teniendo en cuenta el esquema ontológico para guiarse por el conocimiento o

corregir si alguna etapa del diseño está mal y saber cuál es pudiendo retomar el diseño desde esa fase. La consciencia de las etapas de diseño ayuda reutilizar las ontologías y facilitar el diseño colaborativo entre los usuarios conociendo el proceso mutuo para compartir experiencia y diseño.

Ontology is accepted as a formal, explicit specification of a shared conceptualization, we can naturally link ontologies with object models, which represent a system-oriented map of related objects. To become usable programming entities these objects should be described as Abstract Data Type. (Sharman et al, 2007, p. 23).

Dentro del trabajo colaborativo, las ontologías actúa como una conceptualización compartida que se puede vincular a objetos geométricos creando una mapa representativos de objetos relacionados en un modelo de trabajo virtual. La integración de información es posible gracias a la base de datos que gestiona el diseño virtual para vincular de manera natural ontologías con modelos de objetos pudiendo visualizar un mapa ontológico integrado de información. Los mapas ontológicos permiten contribuir al conocimiento y comunicarlo con otros usuarios permitiendo que la ontología perdure con el tiempo y sea de uso compartido.

En los modelos de trabajo virtual de aplicaciones BIM (Eastman, 2008) la comunicación de la información de la ontología es de manera semi-estructurada y definida como leves debido a su abstracción.

As ontologias podem ser representadas a diversos níveis. Guarino (1997) defende que uma ontologia permite agir, essencialmente, em dois níveis diferenciados e complementares. O primeiro nível diz respeito a ontologias de nível superior, onde são incluídos os conceitos e as relações de macro escala. O segundo nível é representado por ontologias de aplicação, onde são especificados os

conceitos que descrevem a natureza de interações que ocorrem a uma escala menor (...) Existem ainda outros dois tipos diferenciados de ontologia no que diz respeito ao tipo de descrição e detalhe. A comunidade científica que se dedica ao estudo e desenvolvimento de ontologias distingue as ontologias que são meramente taxonomias, das ontologias que modelam um domínio de um modo mais profundo e incorporam mais restrições na semântica do domínio. A comunidade atribuiu-lhes os termos, respetivamente, de leves (*Lightweight*) e pesadas (*Heavyweight*). As ontologias leves consistem em hierarquias de classes ou objetos que não incluem definições detalhadas de conceptualizações. Estas ontologias incluem conceitos, taxonomias dos conceitos e relações entre os conceitos e as propriedades. O sistema usado pelos motores de busca na Web pode ser dado como um exemplo simples de um conjunto de ontologias leves (Montenegro, 2015, p. 53).

Dentro de las ontologías se pueden definir varios niveles de análisis ontológico (Montenegro, 2015) como es el nivel superior, que analiza conceptos y las relaciones a macro escala, y un segundo nivel más específico donde se definen más los conceptos en los que se integra la información. Las ontologías leves representan un buen método para que todo tipo de usuario de la tecnología BIM tenga las ideas claras sobre los factores que intervienen en el proceso apoyándose en jerarquías o clases de objetos que incluyen conceptos y relaciones entre los conceptos y propiedades de estos. El desarrollo de ontologías (Sharman et al, 2007) por parte de la comunidad científica permite la adquisición de conocimientos y la comunicación de ellos entre las personas para facilitar el conocimiento de dominio y el análisis de conceptos, sus relaciones y atributos. Las ontologías se pueden reutilizar para añadir información que falta o contribuir al conocimiento de dominio de la tecnología BIM.

1.4 Objetivos

Identificar ontologías leves capaces de asegurar relaciones de información sobre propiedades, parámetros y atributos en procesos de modelado BIM paramétrico y de representación de la información.

En base a los conceptos de gestión y comunicación de la información de aplicaciones BIM, se extrae una jerarquía de ideas conceptuales y genéricas para el conocimiento de la relación que existe en la metodología BIM para un proceso dinámico y coherente de la información. Gracias a la información paramétrica se pueden relacionar varios objetos en un mismo modelo de trabajo y caracterizarlo con propiedades, parámetros y atributos (Succar & Kassem, 2015). Por lo tanto se identificaron las ontologías (Gruber 1993; Milton, 2008; Montenegro, 2015) para modelar la información en BIM identificando sus propiedades para la cohesión y coherencia de la información entre objetos y especialidades.

Diferenciar niveles en procesos de modelación BIM en la organización e integración semántica de la información en diseño colaborativo y la interoperabilidad de datos.

Mediante este punto se pretende relejar diferentes tipos de tratamiento de la información que coexisten dentro de un modelo de simulación colaborativo para la correcta gestión e integración de la información. Al ser común para todos los usuarios supone un lenguaje común en el que conviven diversas especialidades con el fin del diseño arquitectónico. Con la multidisciplinaridad del programa se consigue generar un ambiente de comunicación, dinámico y verificado por el usuario.

1.5. Metodologías

Este apartado está dedicado a explicar la metodología empleada para realizar la disertación de proyecto. Esto incluye aclarar de donde vienen los indicadores que van a guiar los parámetros de la investigación y sus correspondientes metodologías de recogida de información.

La investigación de la simulación integra reproducciones reales de diseños virtuales para estudiar la realidad conectada de forma dinámica con herramientas digitales y representarla en una base de datos para crear un mundo virtual.

En primer lugar para intentar resolver la problemática, el primer método se ha utilizado como instrumento de búsqueda de recogida de información la entrevista, de tipo exploratorio/ no directivas sin pautas concretas (Ghiglione & Matalon, 1997), escogiendo al profesor auxiliar de la ESAP por ser del grupo de estudios de arquitectura y tecnología el doctor Frankim Morais, al profesor asistente del departamento de arquitectura y responsable de laboratorio de investigación de arquitectura de ESAP Jorge Viera Vaz. En segundo lugar, al director del curso de maestrado integrado en arquitectura y urbanismo da ESG y NTU David Leite Viana y a Nuno Montenegro CIAUD - Centro de Investigação em Arquitectura, Urbanismo e Design, e do (DCG) - Digital and Computation Group para concretizar el vacío del conocimiento que existe en el tema de estudio y como contribuir al conocimiento a partir de su experiencia en la materia y necesidad de aportar más claridad definiendo una problemática existente sobre el tema. El vacío del conocimiento sacado de las entrevistas es la ausencia de ontología BIM en esta materia.

En segundo lugar, para responder las ontologías en base a estas entrevistas, se profundiza en el tema mediante un análisis documental (Bruyne, Herman, Schoutheete, 1991) para verificar la existencia del vacío del conocimiento mediante la exposición de autores en el estado de arte que enuncien la existencia de este tipo de problemáticas generadas por los utilizadores, aclarando los objetivos que van a responder en esta disertación sacados de las entrevistas y del estado del arte los cuales se va a resolver con la metodología.

En tercer lugar, como respuesta al primer objetivo, se procederá con un análisis documental (Bruyne, Herman, Schoutheete, 1991) de estos autores, Coloma Picó (2011), Kolarevic (2003) o Trento (2008), de los cuales se extrae indicador diseño paramétrico y la representación de la información en aplicaciones que utilizan la tecnología BIM deslumbrando los conceptos que son necesarios para interactuar con ellas y representar las ontologías (Succar, 2013), (Shaman et al. , 2007) identificando las ontologías leves (Montenegro, 2015), que son jerarquías de ideas formadas por conceptos y relaciones que tienen como fin: categorizar, agrupar información y codificarla computacionalmente en la metodología de trabajo BIM y el proceso de gestión de la información integrada en el modelo objeto (Guarino y Giaretta, 1995), (Gurber, 1993), (Montenegro, 2015). También se han realizado entrevistas exploratorias a Franklim Morais y Jorge Vieira Vaz para concretizar el contenido de los conceptos y así poder definir mejor en contributo al conocimiento.

Estos indicadores como el diseño paramétrico y la representación de la información se han elegido en base al análisis documental y a las entrevistas que son necesarias en el estudio de los conceptos mediante simulación (Groat y Wang, 2013) de conceptos paramétricos y de representación de información para demostrar la realidad de los conceptos documentados y su correcto funcionamiento en aplicaciones BIM.

Por último, en respuesta al segundo objetivo, con la comparación de datos obtenidos en el análisis de conceptos y relaciones del diseño paramétrico y la representación de información se podrán relacionar con las ontologías del trabajo colaborativo y la interoperabilidad de datos para comprender como se comunican los usuarios que diseñan un objeto geométrico paramétrico entre si y con el resto de las especialidades. Para ello se procederá a realizar una análisis documental (Bruyne, Herman, Schoutheete, 1991) del diseño colaborativo y al interoperabilidad de datos para conocer los conceptos y relaciones ontológicas (Gurber, 1993) entre usuarios que diseñan con aplicaciones BIM Trento (2008), Coloma Picó (2008), Eastman (2011).

En apoyo al análisis documental de estos conceptos ontológicos también se han realizado entrevistas Jorge Vieira Vaz e David Leite Viana para comprender la situación y funcionamiento de la comunicación de la información en aplicaciones digitales de diseño arquitectónico. En base al análisis documental y las entrevistas es necesario el estudio de conceptos mediante simulación (Groat y Wang, 2013).

Esta disertación describe el ámbito de las ontologías leves, Montenegro (2015), Succar (2013) en el contexto del BIM. Una perspectiva que se introduce en las ontologías para componer diagramas de su aplicación en BIM para la conceptualización compartida en campos teóricos de conceptos y relaciones representadas de forma jerárquica, Gurber (1993).

En resumen a los indicadores y las técnicas de búsqueda de información se mostrara la síntesis en función de los indicadores según objetivos:

CATEGORIA / INDICADORES	TECNICAS	FUENTES	CRITERIOS SELECCION
Diseño Paramétrico	-Entrevista exploratoria	Fraknlm Morais Jorge Vieira Vaz David Leite Viana Antonio Larrondo	Encargados del departamento de arquitectura y tecnología de la ESAP, coordinador departamento arquitectura ESG, gabinete de arquitectura BIM
	-Análisis Documental. Escritas documentos oficiales: libros.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015) (Sharman et al., 2007) (Succar, 2013) (Bruyne, Herman, Schoutheete, 1991)	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.
	-Simulación	Sistema operativo BIM: Revit	Simulación de modelo virtual de geometría digital y conceptos teóricos en aplicación BIM aporta información directa sobre la veracidad del software.
	-Análisis documental. Fuentes escritas: Iconografía e imágenes registradas.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015)	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.

Representación información	-Entrevista exploratoria	Frakn lim Jorge Vieira Vaz David Leite Viana Antoino Larrondo	Información directa sobre el estado actual de la tecnología BIM y con tributo ontológico al conocimiento de esta materia.
	-Análisis Documental. Escritas documentos no oficiales: libros.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015) (Sharman et al. , 2007) (Succar, 2013) (Bruyne, Herman, Schoutheete, 1991)	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.
	-Simulación	Sistema operativo BIM: Revit	Simulación de modelo virtual de geometría digital y conceptos teóricos en aplicación BIM aporta información directa sobre la veracidad del software.
	-Análisis documental. Fuentes no escritas: Iconografía e imágenes registradas.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015) (Trento , 2008)	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.

Respecto al segundo objetivo se pueden extraer estos indicadores:

CATEGORIA / INDICADORES	TECNICAS	FUENTES	CRITERIOS SELECCION
Diseño colaborativo	-Entrevista exploratoria	Fraknlm Morais Jorge Vieira Vaz David Leite Viana Antonio Larrondo Nuno Montengro	Encargados del departamento de arquitectura y tecnología de la ESAP, coordinador departamento arquitectura ESG, gabinete de arquitectura BIM.
	-Análisis Documental. Escritas documentos no oficiales: libros.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015) (Sharman et al. , 2007) (Succar, 2013) (Bruyne, Herman, Schoutheete, 1991).	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.
	-Simulación	Sistema operativo BIM: Revit	Simulación de modelo virtual de geometría digital y conceptos teóricos en aplicación BIM aporta información directa sobre la veracidad del software.
	-Análisis documental. Fuentes no escritas: Iconografía e imágenes registradas.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015)	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.

Interoperabilidad	-Entrevista exploratoria	Fraknim Morais Jorge Vieira Vaz David Leite Viana Antonio Larrondo Nuno Montenegro	Información directa sobre el estado actual de la tecnología BIM y con tributo ontológico al conocimiento de esta materia.
	-Análisis Documental. Escritas documentos no oficiales: libros.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015) (Sharman et al. , 2007) (Succar, 2013) (Bruyne, Herman, Schoutheete, 1991)	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.
	-Simulación	Sistema operativo BIM: Revit	Simulación de modelo virtual de geometría digital y conceptos teóricos en aplicación BIM aporta información directa sobre la veracidad del software.
	-Análisis documental. Fuentes no escritas: Iconografía e imágenes registradas.	(Kolarevic, 2003) (Coloma Picó, 2008) (Eastman, 2008) (Montenegro, 2015) (Trento , 2008)	Documentos seleccionados que aportan un estado del arte para seleccionar los conceptos ontológicos porque son autores recomendados por las entrevistas exploratorias.

Los indicadores como el modelado paramétrico, la representación de la información, el diseño colaborativo y la interoperabilidad son extraídos gracias a las entrevistas exploratorias a personas influyentes en la materia y el análisis documental de textos relacionados con el estado de arte necesarios para justificar el vacío del conocimiento apoyados en la simulación de un sistema operativo BIM. El estudio sobre el tema es cualitativo, se busca interpretar la realidad o sentimientos que crean significados para generalizar las medidas o normas representando el contenido mediante gráficos, tablas extraídos de informantes para conocer fenómenos, situaciones y problemas para su comprensión (Bogdan y Biklen, 1994)

1.5. Estructuración de contenidos.

El trabajo se divide en 5 partes. La primera corresponde con la introducción, en ella se contextualiza la investigación, se exponen los objetivos de esta y la metodología que lo estructura.

La segunda parte contiene la fundamentación teórica, en ella se explica que entienden los autores de referencia por tecnología BIM; la evolución histórica que ha seguido la arquitectura en lo relativo a la evolución digital de la tecnología hasta el día de hoy; o cuáles son los autores de referencia en este campo. También se dedica un capítulo al conocimiento de las ontologías computacionales orientadas a BIM donde se pueden encontrar ejemplos que sirven para desarrollar la ontología BIM en esta disertación.

La tercera parte de la disertación se realiza una aplicación de la metodología para desarrollar los indicadores y datos extraídos en las partes anteriores. Esta parte será dividida en cuatro fases: la primera fase corresponde con los conceptos paramétricos en BIM, la segunda con la representación de la información, la tercera corresponde con el modelo de trabajo compartido y la cuarta con la interoperabilidad. Se identifican conceptos para el modelado, se analiza el modelado semántico de la información para ser integrada en el objeto virtual.

Al introducir la información correctamente el resultado es la simulación de la pieza de la que se ha parametrizado los datos semánticos. La capacidad paramétrica del programa permite comprender el diseño dinámico y adaptativo con el que se personaliza el diseño y se crea una base de datos del modelo diseñado.

La cuarta parte del trabajo se centra en la correlación de resultados entre el análisis y la fundamentación teórica donde se van a comparar los datos resultantes del análisis para tener una visión general de los conceptos analizados sacados de libros, entrevistas y revistas. Con la correlación se busca concluir identificando conceptos para el modelado, se analiza el modelado semántico de la información para ser integrada en el objeto virtual.

En la quinta parte de la investigación se exponen conclusiones generales resultantes de la investigación. Las específicas para cada uno de los objetivos, y generales donde se da una opinión personal de los resultados de ambos objetivos.

En los capítulos finales se muestra la bibliografía utilizada, el índice de imágenes y los archivos adjuntos de la simulación de contenidos geométricos.



2. Fundamentación

Teorica

2. Fundamentación teórica

2.1. BIM vs CAD

A medida que evoluciona la tecnología, los computadores son herramientas más potentes de diseño para la arquitectura representando un factor importante en el conocimiento y manejo de estos avances para una correcta expresión. La mejora de las herramientas de diseño ha sido una carrera tecnológica para representar la realidad en su totalidad. Actualmente, los esfuerzos en la gran parte de la arquitectura se están concentrando en mejorar la fluidez de trabajo y diseño arquitectónico potenciando el uso de herramientas software dinámicas con base BIM en vez de las de diseño estático con base CAD (Chen, Lu, Peng, Rowlinson & Huang, 2015).

El computador nos presenta nuevas entidades perceptuales y objetos. Si el arquitecto antes manipulaba formas estáticas, ahora puede trabajar con fluidos geométricos. Las deformaciones de volúmenes o de superficies pueden registrarse de manera muy precisa, cosa imposible para los medios gráficos de representación usados anteriormente (Picon, 2006, p. 12).

El diseño de la materia, luz y forma en la arquitectura se ha convertido en un proceso más interactivo y didáctico, mejorando la capacidad de explorar geometrías complejas formalizadas en la realidad (Grillo, 2005). Con la intervención del computador para ayudar a configurar un todo con sentido a partir de muchas particularidades, se amplía el nivel en el que se puede pensar la arquitectura. Esta evolución, como explica Picon (2006), es debido a que el computador se ha convertido en una extensión mental; para la memoria y como herramienta de exploración lógica. Gracias a las simulaciones digitales el arquitecto es capaz de representar la forma de manera coordinada y coherente mostrando una escala real del diseño simulando experiencias arquitectónicas para su interpretación y aplicación práctica.

Las exigencias de la arquitectura actual demandan mayor calidad en el diseño y gestión de información por lo que están llevando al límite herramientas de diseño CAD en los procesos de modelado de la forma. El inicio de un cambio en la revolución tecnológica en aplicaciones software fomenta el avance en la gestión de bases de datos con información arquitectónica. El diseño arquitectónico tradicional sigue utilizando representaciones literales de modelos independientes, estáticos. El problema de esta tecnología radica en el diseño individual de piezas que no adquieren un sentido común hasta que están todas en conjunto, no se tiene una perspectiva global hasta el final del proceso (Zhang & Sun, 2013).

El arquitecto diseña independientemente cada pieza y no en conjunto por lo que el proyecto no admite modificaciones hasta no tener una idea global. La simulación que se realiza con CAD no contiene información integrada en el diseño, en una planta solo se visualizan los muros, puertas y el mobiliario pero no contiene información referente a la materialidad, etiquetas y escalas integradas. Los estudios de arquitectura que utilizan CAD siguen representando en muchos archivos las plantas, alzados, mediciones sin estar relacionadas en el mismo modelo de trabajo y representadas de formas simple o literal sin contenido, solo líneas (Coloma Picó, 2008).

Actualmente, las herramientas de CAD se han implantado de forma generalizada en todos los despachos y escuelas de arquitectura. No obstante, el nivel tecnológico del uso de estas aplicaciones ha sido, en general, bastante bajo. Las razones son múltiples y van desde la falta de formación hasta los prejuicios que todavía ahora muchos profesionales del sector tienen hacia estas herramientas. Sea como sea, el 90% del software de CAD que se emplea se usa para tareas de delineación que se llevan a término con procedimientos que se asemejan mucho a los de las antiguas técnicas manuales (Coloma Picó, 2008, p.6).

Como enuncia Coloma Picó (2008), el uso de sistemas CAD está arraigado a la arquitectura durante muchos años debido a la sencillez de la representación y que es un formato común para conectar el trabajo entre las personas. Estos factores favorecen la inmovilidad de los usuarios hacia otras herramientas de expresión por el hecho de desconocer otra metodología o no querer adaptarse a la actualidad del sector para favorecer la comunicación de la arquitectura (Eastman, C. 1999). Con la implantación de BIM como metodología de trabajo por parte de la Unión Europea muchos arquitectos están probando las herramientas de modelado para adaptarse a la normativa y mejorar en la gestión del trabajo y la comunicación. La tecnología CAD esta pasando a segundo plano en la arquitectura siendo una extensión del diseño más, ya no tiene tanto protagonismo debido su característica de diseño independiente o estático. Como opción para un modelado mas avanzado de información integrada se tiene la opción de las herramientas BIM para gestionar la fluidez del trabajo dentro del mismo modelo de simulación.

Il BIM è certamente un inizio di soluzione praticabile e offre molti vantaggi per il CAD. Tuttavia, è la capacità di condividere le informazioni intelligenti dell'edificio generati in un qualunque BIM da / per / tra i modelli specialistici, che è estremamente importante (Trento, 2008, p. 55).

El cambio hacia la metodología BIM se debe a una necesidad de desarrollar un proyecto a un nivel elevado de detalle, el hardware cada vez es más fluido, la elaboración de proyectos y costos con rapidez, la necesidad de transmitir datos coordinados y aplicarlos a otras disciplinas, representación gráfica de los proyectos coordinada, la baja producción de CAD en función de las horas de trabajadas y la normativa Europea (Coloma Picó, 2008). La comunicación deficiente de datos entre los usuarios se vuelve más problemática cuanto más complejo es el proyecto de arquitectura en CAD (Corser, 2012).

Las numerosas modificaciones que hay a lo largo del proyecto de arquitectura hacen difícil que los planos se actualicen automáticamente, cosa que si pasa con las herramientas BIM. Dentro de esta metodología, la información se representa dentro de un modelo común con una base de datos bidireccional que guarda el

trabajo y que más tarde se puede extraer para facilitar la comparación y el análisis de datos. La base de datos recoge información de la geometría que diseña el usuario en la que se pueden ajustar cambios a lo largo del ciclo del proyecto (Haliburton, Clayton, Ozener, Farias & Jeong, 2011).

While in traditional 3D CAD every aspect of an element's geometry must be edited manually by users, the shape and assembly geometry in a parametric modeler automatically adjusts to changes in context and to high-level user controls (Eastman, 2011, p. 41).

El modelado paramétrico es utilizado por la tecnología BIM para convertir el diseño arquitectónico en interactivo y actualizable mediante ajustes automáticos gracias a la base de datos bidireccional que relejan las correcciones en todos los elementos relacionados del proyecto: plantas, alzados, secciones y tablas de datos. Mediante las aplicaciones BIM se edita contenido semántico del objeto, como paredes, materiales, cotas, que se adaptan en escala y normalización al integrarlos en el modelo, Eastman (2011).

En la tecnología CAD el contenido editado de la geometría del objeto es manual mediante líneas y bloques siendo más costoso el cambio cuando hay que hacer modificaciones en un proyecto con muchas piezas diseñadas. El problema es que habría que revisar todos los diseños arquitectónicos uno por uno cambiando el error y luego adaptarlo a mediciones y presupuestos. En cambio con la tecnología BIM al tener una base de datos con información paramétrica y sentido bidireccional los datos se actualizan automáticamente en todos los diseños pudiendo visualizar los cambios en el diseño 2D, 3D y tablas de datos siendo más fácil el análisis y cohesión (Coloma Picó, 2011).

Building Information Modeling (BIM) can be considered an epochal transition in design practice. Unlike CADD, which primarily automates aspects of traditional drawing production, BIM is a paradigm change. By partially

automating the detailing of construction-level building models, BIM redistributes the allocation of effort, placing more emphasis on conceptual design (Eastman, 2011, p. 193).

La tecnología BIM se considera como un cambio en la práctica del diseño para la arquitectura. En comparación con CAD, se produce una evolución en la gestión de información y la integración de datos en un objeto 3D que refuerza el diseño conceptual permitiendo un análisis más detallado en las primeras etapas del proyecto mientras que en la tecnología CAD hasta el final del proyecto no alcanza una idea conjunta del proyecto (Jurado Egea, Liébana Carrasco & Gómez Navarro, 2015).

Aparte de la base de datos que caracteriza a BIM el análisis de contenido es más intuitivo y cuantificable que en CAD permitiendo tener una visión general sobre el proyecto de arquitectura en todo momento y la ayuda de los diferentes usuarios dentro de un mismo modelo hace más fluido el trabajo y la cuantificación del objeto diseñado. BIM supone un cambio importante en la elaboración de un proyecto y en las relaciones profesionales entre usuarios AEC fomentando una mayor comunicación, coherencia y adecuación al trabajo que se está desarrollando pudiendo mejorarlo.

En cambio la representación literal de objetos en CAD las vistas bidimensionales tienen que ser realizadas manualmente por cada usuario sin permitir la colaboración de otros dentro del mismo modelo lo que ralentiza el diseño y crea una desconexión con la base de datos inexistente. El diseño paramétrico de BIM facilita la generación de un proyecto cohesionado por todos los usuarios y especialidades que permite adquirir a un proyecto un carácter didáctico y comunicador.

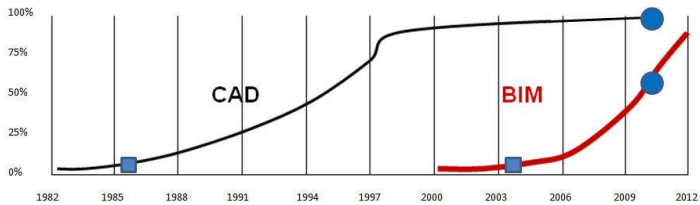
Per a l'arquitecte acostumat al CAD literal, això només passa quan modela representacions tridimensionals, de les quals sol aprofitar directament les seves vistes gràfiques. En canvi, la resta de vistes bidimensionals han de ser elaborades conscienciosament de manera manual pensant sempre en el

grafisme. Aquest és el canvi més important per al qual està habituat a emprar eines basades en la representació literal. Amb elles, l'arquitecte pot expressar el que desitgi, però sempre depèn de la correcta interpretació de la documentació que genera. El projecte viu en ella i per això sol preocupar-se de cuidar-la. En canvi, amb un model paramètric, el projecte viu en la informació emmagatzemada en ell, essent independent de les vistes que se n'extreguin (Coloma Picó, 2011, p. 105).

Con el software BIM es posible gestionar las vistas y generarlas en función del modelo diseñado adecuadas al grafismo que aplicado a diferentes mecanismos del software y diversas funciones para que no limiten las representaciones graficas: alfanuméricas, esquemas, leyendas y otros elementos que se pueden parametrizar en el proyecto. Al pasar de un diseño literal en CAD a un diseño paramétrico en BIM las vistas graficas con datos alfanuméricos que tienen una vinculación dinámica con la base datos que permiten editar operaciones manualmente quedando reflejados los cambios en el objeto de diseño. Las representaciones de vistas son paramétricas para facilitar la edición o modificación de los datos de manera automática en todas (Fujita, Selemat & Haron, 2014).

La visualización directa del modelo paramétrico permite tener una visión general del diseño mediante vistas tridimensionales dinámicas, secciones y datos cargados en la memoria que se pueden extraer de forma sintética para interpretar el proyecto correctamente. Con la computación del proyecto de arquitectura se mejora el rendimiento grafico de diferentes visualizaciones así como los símbolos que las representan y sirven para indicar una información específica sobre un objeto concreto. La información es interpretado por los usuarios BIM ya que tienen una representación común del modelo para proyectar y permite una comunicación y corrección de los datos parametrizada (Eastman, 2002).

BIM Era - Users



Most technological changes (telephone, railroads, airplanes, computers) take multiple generations from introduction to acceptance. CAD took 12 years to replace hand drawing. BIM will less than half that time.

BIM Products: Revit, ArchiCAD, Digital Project (Catia), Bentley, VectorWorks, Tekla

Figura 1. AIA Usuarios CAD/BIM.

Como se puede observar en el grafico, el CAD esta implantado en los usuarios desde hace mas tiempo que la tecnología BIM. Una de las difíciles adaptaciones en el campo de la arquitectura en BIM es fomentar el uso de estas aplicaciones para que los usuarios se introduzcan en su metodología de trabajo.

Los usuarios de CAD tienen arraigada este proceso para diseñar arquitectura lo que hace un poco lento la transición hacia la tecnología BIM. Muchos estudios siguen utilizando CAD porque es el método que conocen para representar la información y estar en contacto con el resto de especialidades AEC (Coloma Picó, 2008).

Al apreciarse el tiempo que tardo CAD en implantarse en la arquitectura para remplazar el diseño a mano, alrededor de 12 años, es normal que la tecnología BIM tarde en ser utilizada por la gran mayoría de los usuarios que tardan en formarse o se abstienen de conocer los procesos de diseño digital. Los esfuerzos por la implantación BIM en estas últimas décadas está consiguiendo lograr una gran aceptación por parte de los usuarios que crecen año tras año apoyados por esfuerzos académicos y gubernamentales en los que cada día evoluciona más hacia el conocimiento del diseño paramétrico con información integrada en un objetos ordenada en una base de datos bidireccional (Kalay, 2004).

El uso del modelado digital contribuye a que los usuarios exploren tendencias novedosas en la forma arquitectónica y tomen estas herramientas para mejorar la expresión gráfica que a veces resulta un impedimento o condicionante debido al desconocimiento o poco uso para expresar correctamente sus ideas sobre un objeto arquitectónico. Los usuarios acostumbrados a la tecnología CAD se quedan limitados por este software y su metodología de actuación sobre el proyecto de arquitectura haciendo más costoso el paso a BIM ya que se adecuan a lo que conocen y les da confianza para desenvolver un proyecto en todas sus fases. El desconocimiento o poco uso de la tecnología BIM crea una inseguridad y desconfianza debido a que es un software en pleno desarrollo con una nueva concepción del diseño de proyecto de arquitectura que hasta ahora no era posible.

Cada vez son más los profesionales de la AEC que se cambian a este proceso de gestión de información para comunicarse con el resto de especialidades debido a las ventajas en la comunicación, coordinación y el trabajo compartido dentro de un mismo modelo, lo cual permite el modelado paramétrico del objetos en la misma plataforma de trabajo para que no se pierda información y esta sea cuantificable (Kolarevic & Klinger, 2008).

2.2. BIM en la arquitectura

BIM se caracteriza por la gestión de datos paramétricos y por la integración de ellos en el modelo. Para ello, la información debe estar coordinada en todo el modelo de trabajo siendo relacionada con los usuarios. Estos son los encargados de introducir datos en el modelo para una representación coherente en consenso con todas las partes que se relaciona el proyecto (Coloma Picó, 2008).

Building Information Modelling (BIM) se define como un proceso, un flujo de generación y gestión de entidades digitales de las características (físicas, funcionales, económicas, temporales, etc.) de un edificio en todo su ciclo de vida. El modelo resultante en cada fase no es un fin en sí mismo, sino un soporte vivo y dinámico que sirve para compartir conocimientos que faciliten la toma de decisiones desde las fases más tempranas de concepto, pasando por su diseño, definición y construcción, uso operativo, hasta su eventual demolición y reciclaje (Jurado, 2016, p. 49).

Una de las características de las aplicaciones BIM (Underwood & Isikdag, 2010), es que permiten computarizar la información almacenándola en una base de datos de la que se pueden extraer para su análisis. Para el usuario es una cuestión importante ya que puede evaluar los resultados de lo que está diseñando y ser crítico en el análisis. Gracias a la gestión de información dinámica, el modelo de trabajo puede cargar los diseños que se formalizan por parte de los usuarios de manera actual y veraz. El conocimiento de estos aspectos de la información ayuda a entender como funciona la gestión de datos para generar un modelo conjunto integrado por muchos diseños cargados por los usuarios que están comunicados por medio de la fluidez del trabajo en una aplicación.

Building Information Modeling (BIM) is one of the most promising developments in the architecture, engineering, and construction (AEC) industries. With BIM technology, one or more accurate virtual models of a building are constructed digitally. They support design through its phases, allowing better analysis and control than manual processes. When completed, these computer generated models contain precise geometry and data needed to support the construction, fabrication, and procurement activities through which the building is realized (Eastman, 2011, p. 1).

El modelo virtual digital de construcción BIM supone uno de los avances en la simulación real en programas software de la arquitectura compartida por las especialidades de arquitectura, ingeniería y construcción. Supone una plataforma de comunicación (Smith, 2006) mediante el diseño de objetos que enlaza todas las especialidades de la construcción y proporciona una base de datos de consulta para todos los profesionales a lo largo del ciclo de vida del edificio. El modelo de construcción digital contiene como información el diseño de las fases de un proyecto para su ejecución y conservación que proporciona un mejor análisis y control de los datos que los procesos digitales con un diseño manual como la tecnología CAD.

Gracias a la introducción de datos en el modelo digital del objeto BIM genera un objeto que contienen la geometría y los datos para gestionar las fases del proyecto. Las diferentes fases como construcción y fabricación son apoyadas por diseños generados en BIM específicos para cada etapa del proyecto siendo mas pormenorizada cuanto más definición requiera la tarea que se va desempeñar (Jurado, 2016).

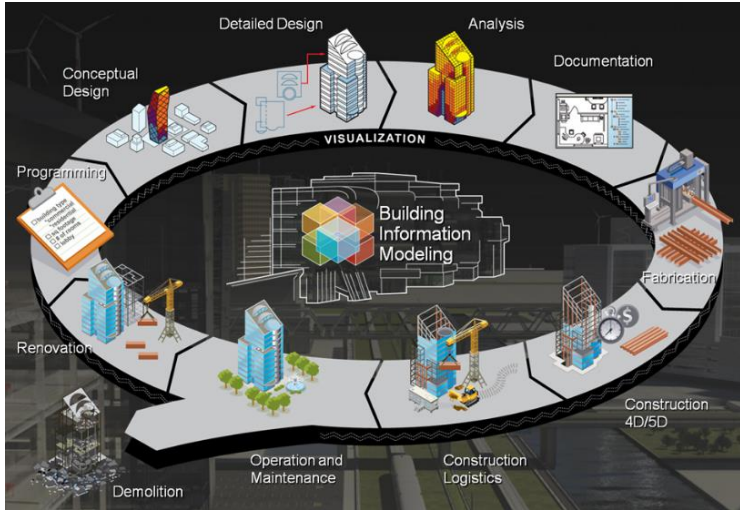


Figura 2. Gráfico de fases del flujo BIM. Autodesk.

A lo largo del ciclo de vida del proyecto de arquitectura, desde sus inicios hasta su demolición, BIM es un proceso compartido y coherente en el que participan todos los usuarios de la construcción colaborativamente para centralizar la información en un modelo tridimensional que genere automáticamente diversas vistas, como secciones y plantas, recogiendo datos cualitativos y cuantitativos que permiten reproducir virtualmente la realidad para una fase determinada o para el ciclo de vida del edificio (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011). Como se puede observar en la figura anterior, las fases a las que apoya gráficamente BIM abarcan desde el primer proceso del proyecto como el programa o diseño conceptual, pasando por las fases de del proyecto base como el diseño detallado hasta la documentación y acompañado el proceso de fabricación, la construcción, fabricación del objeto documentado y el mantenimiento hasta su demolición al final de su ciclo de vida.

BIM es un proceso cíclico de diseño y documentación que acompaña a la edificación como si se tratase de un historial descriptivo desde su creación hasta el final de su vida abarcando el trabajo arquitectónico y las especialidades de construcción en un mismo modelo de diseño donde la información se contrasta para la dar veracidad al modelo

dentro de las fases de desarrollo de la idea arquitectónica. La simulación en la realidad virtual de materiales, plazos y procesos busca aparte de la gestión de la información y datos, la verificación de los comportamientos de los objetos diseñados mediante la simulación y su análisis para testar su comportamiento antes de ejecutarlos en la realidad. A lo largo de cada fase del proyecto la base de datos gana mas información que se puede extraer para su uso correcto y así poder garantizar la correcta ejecución y la calidad con la que se define el proyecto en la simulación virtual (Shen, Brandon & Baldwin, 2009).

La simulació és la prestació clau dels models d'informació i aquesta depèn enormement de la qualitat de la informació incrustada en el model i de la seva usabilitat. L'ús d'objectes d'informació per si mateix no garanteix que un BIM sigui útil als seus beneficiaris, així que cal crear-los amb uns criteris que permetin capturar el coneixement dels implicats en el procés edificador (Coloma Picó, 2011, p. 91).

Mediante la simulación el usuario modelador crea e integra en un objeto la información que le interesas dotada de las reglas y comportamientos adecuados siendo capaz de simular la realidad y gestionar los datos adecuados a su comportamiento y relación con el resto de objetos simulados.

El usuario puede modelar un objeto tridimensional (Kalay, 2004), que simule una pared o cobertura que incorpore entidades bidimensionales que reproducen con veracidad los objetos existentes en la realidad que contiene información sobre el modelo, fabricante, mediciones energéticas específicos para cada objeto diseñado pudiendo llegar el nivel de detalle hasta el punto necesario. Aun así, el modelado es mas complicado de realizar por el usuario y requiere de mucho esfuerzo para incorporar la información ya que depende de la experiencia del usuario que a medida que integra la información en el diseño va ganando mas conocimiento y estructura en la base de datos que determina las relaciones mediante datos comunes de manera que la información resulta importante para el rendimiento del modelado de datos. La base de datos contiene un número de ficheros

generados según determinados criterios divididos en el concepto físico del proyecto, como planos, alzados y secciones, y categóricos como mobiliario, instalaciones y muros (Corser, 2012).

El nivel de asociación de datos que se denominan parámetros está limitado por la integración de su información paramétrica para interactuar con otros objetos que se relacionan mediante propiedades comunes para su cohesión. También es posible establecer relaciones o vínculos con datos exteriores a través de diversos sistemas de hipervínculos, que amplían la información del objeto, creando bases de datos especializadas en la definición del diseño. De aquí parte la importancia de analizar las aplicaciones BIM en el uso de su memoria y como es aplicado al software de diseño que representa un cambio radical respecto a la tecnología CAD. Al intervenir diferentes especialidades de la construcción, las aplicaciones BIM permiten el vínculo con otros archivos de formato diferente como el CAD para complementar la información del modelado de objeto pudiendo centralizar la información de otras aplicaciones dentro del modelo BIM para su comunicación y cohesión, pudiendo centralizar todos los datos dispersos por aplicaciones vinculadas a BIM dentro de una misma base de datos que describa el contenido semántico geométrico del objeto de diseño arquitectónico (Ahmad, Brahim & Syazli, 2014).

Modelar objectes d'informació realment útils requereix d'una sabia combinació de dades literals, paramètriques i d'atributs en objectes que acumuli el màxim de coneixement de la manera més eficient. El modelador que el crea incorpora en ell la informació que l'interessa i el dota de les regles de comportament adequades (Coloma Picó, 2011, p. 91).

La función del usuario en BIM es importante para la fluidez de trabajo y la integración de información a la hora de modelar los objetos combinando diferentes formas de introducir datos en el objeto capaces de capturar el conocimiento de la materia de los usuarios que construyen el modelo. El diseño de objetos literales tienen la función de solventar determinadas situaciones en las que el modelado paramétrico no genera un objeto adecuado, por ejemplo,

en los detalles constructivos si se necesita mas definición el diseño literal complementa al paramétrico para mejorar en todo lo posible la definición del objeto, con todos sus detalles como encuentros entre muros o detalles estructurales. Los objetos paramétricos son elementos descriptivos que se caracterizan por propiedades comunes y la manera que se relacionan entre sí, (Schumacher, 2008).

La integración de información en estos objetos los convierte en objetos descriptivos contenidos de datos que se relacionan entre si dependiendo de las capacidades del software y del usuario para su entendimiento. Sin los objetos paramétricos no seria posible la creación de objetos de revolución o formas libres que parten de las masas conceptuales. Los objetos de información son elementos que se le integra información en forma de atributos para caracterizarlos con medidas, materialidad o forma. Incluyen elementos paramétricos que forman parte del modelado de la información en lo que se pueden realizar análisis complejos que precisan de la recopilación de propiedades relacionadas entre ellas para que la gestión de la información (Salingaros, 2003).

El modelado de objetos en BIM combina el uso de objetos literales, paramétricos y de información para acumular el máximo conocimiento de manera mas eficiente. El usuario integra información en el modelo y dota al objeto con las reglas adecuadas para su correcto comportamiento dentro del modelo y correlación con los demás objetos. Por ejemplo, el diseño de una puerta contiene información tridimensional pero también contiene información bidimensional como los acabados y atributos que caracterizan y relacionan esa puerta con as demás para mediciones o control de costos. Al combinar diferente información para la descripción del objeto este se vuelve único para cada situación establecida aprovechando la descripción de sus propiedades como el modelo, el fabricante, la materialidad el rendimiento energético, Jurado (2016). Dependiendo de los datos que contienen los objetos tendrán más capacidades para capturar el conocimiento sirviendo como aportación de información al desarrollo de la simulación en la arquitectura digital. El tema de diseño de objetos se convierte en un tema importante para BIM ya que el mal uso en la creación puede dar errores en el modelo de trabajo por lo que es necesario.

Objects and their faces can be defined using relations involving distances, angles, and rules like *attached to*, *parallel to*, and *offset from*. These relations allow each instance of an element class to vary according to its own parameter settings and the contextual conditions of related objects (Eastman, 2011, p. 41).

Los objetos en BIM están definidos por sus propiedades, por ejemplo, una pared incluye relaciones y atributos que representan el vínculo con el resto de los objetos como ventanas o puertas que se integran dentro del objeto.

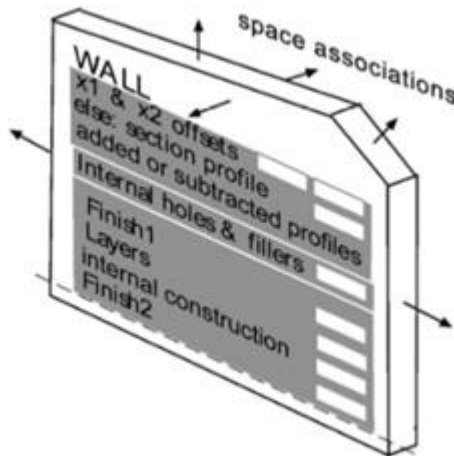


Figura 3. Parámetros integrados en pared.

La familia de muros contiene diferentes características que definen sus propiedades con diferentes parámetros como la composición interna de la estructura y como esta se conecta con el resto de partes del edificio, también ajustando los acabados o las capas que los componen. Los muros son una familia de sistema predeterminada en la que se pueden variar parámetros para ajustar la definición del objeto al resto de objetos existentes en el modelo. Estas condiciones enseñan como el diseño arquitectónico y estructural colaboran con el

modelado de clases de objetos BIM que definen el comportamiento del sistema de los elementos BIM que se generan con reglas y datos para su correcta parametrización, generando una base semántica del objeto modelado (Underwood & Isikdag, 2010).

La relación semántica del objeto muro con el resto de familias como ventanas o puertas se realiza mediante sus propios parámetros acordes con la clase del elemento y los parámetros comunes que hacen posible la integración de otros objetos ligados por atributos que definen las características esenciales del objeto. La coexistencia de diferentes familias y su correcta integración dependen de la capacidad de los usuarios para gestionar el modelado del objeto ya que en un mismo diseño arquitectónico conviven muchas familias de objetos diseñados por cada especialidad de la construcción. Cada usuario dedicado a una concreta especialidad como arquitectura, estructura y construcción; definen los objetos acordes a sus especialidades con parámetros específicos que se integran en un mismo modelo de diseño o base de datos para diseñar un objeto arquitectónico común a las exigencias de cada usuario y la necesidad gráfica de representación dependiendo del detalle que requiera el diseño.

El proceso de integración y gestión de información es un proceso colaborativo para diseñar un modelo arquitectónico cohesionado por las diferentes especialidades del proyecto.

Il paradigma collaborativo li aiuta ad accrescere la propria conoscenza, conduce ad una maggiore consapevolezza nelle scelte progettuali, aumenta la capacità di esplorazione e di controllo delle soluzioni proposte in termini sia di creatività che di qualità e quantità, migliora il prodotto e riduce tempi e/o costi, incrementa nell'insieme l'efficienza del processo istituendo un "circolo virtuoso" tra tutti gli attori coinvolti nel progetto (Trento, 2008, p. 91).

Una de las capacidades destacadas de BIM es el diseño colaborativo, que permite diseñar un objeto entre varios usuarios de diferentes especialidades para dar propiedades únicas al modelo para gestionar la información de un proyecto de manera coordinada y cohesionada para dar veracidad al modelado digital adecuándolo a la realidad para su ejecución y comunicación a lo largo de las fases del proyecto. Como se puede observar en la cita anterior, el diseño colaborativo ayuda a aumentar el conocimiento del diseño del objeto aumentando la capacidad de exploración y control de diferentes opciones del objeto y las propuestas según la calidad y producto que aumenta la eficiencia a lo largo del proceso gracias a la colaboración de todos los usuarios que gestionan el modelo arquitectónico (Shen, Brandon & Baldwin, 2009).

La gestión de la información digital es utilizada para la proyección de la arquitectura para representar computacionalmente y explícitamente una estructura de un concepto de una forma comprensible por la máquina aportando el nivel de representación semántico interrelacionado entre las diferentes especialidades del proyecto en el dominio aplicativo de la colaboración entre usuarios con diferente formación en la construcción, (Trento, 2008; Coloma Picó, 2011). Los requisitos para una colaboración eficiente son: la comunicación y adquisición de la información correcta y eficiente, la consciencia de la representación de la complejidad del objeto de diseño dependiendo del nivel de detalle del diseño, el conocimiento y organización del trabajo en común de las especialidades del proyecto en un mismo modelo virtual para interpretar y representar correctamente el significado del diseño y una cohesión semántica y concreta del diseño colaborativo concretizado por los diferentes autores del proceso para garantizar la veracidad de la información.

Según Trento (2008), la base fundamental de la colaboración reside en el conocimiento de la tecnología BIM y en el modo en que esta se combina con las especialidades o actores del proyecto, independientemente del instrumento adoptado en el proceso proyectual. Debido a la representación de objetos por los usuarios los datos deben de ser asociados con los conceptos a los que se refieren, utilizando el conocimiento para generarlos. Por lo tanto la descripción del objeto tiene que ser implícita a una definición explícita. Esto permite a los diseñadores comunicar e intercambiar

información de diseño producido por el software BIM especializado en el proceso arquitectónico mediante la integración de sus soluciones particulares buscando la comunicación entre los usuarios y fomentando una visión ordenada de los datos organizados por las especialidades que integran la formación.

Como se puede observar a continuación en la figura el trabajo colaborativo la interacción entre la comunicación, el conocimiento y la integración de la información es cíclica; estando siempre en movimiento favoreciendo la formalización del diseño mediante la coordinación del proyectista, el software y la ontología para llevar a la realidad un concepto virtual (Gruber, 1993; Milton, 2008).



Figura 4. Ideograma del conocimiento-comunicación-integración BIM.

La sinergia entre estos conceptos del proceso BIM genera unas directrices para la colaboración entre usuarios y aplicaciones BIM para conseguir un modelado de la información de una geometría específica y poder tener una base conceptual metodológica para que el proceso este coordinado y guiado por los autores del diseño. También ayuda al proceso de conocimiento de la ontología que se caracteriza por la adquisición del conocimiento y comunicación del proyecto diseñado entre los usuarios del modelo de manera coordinada (Succar, 2010).

Aconseguir que la informació estigui coordinada és essencial perquè el desenvolupament del projecte pugui portar-se a terme per part de múltiples usuaris, encara que s'ocupin de disciplines diferents. Així, dos arquitectes podran treballar en el mateix projecte amb la seguretat que la informació que un actualitzi estarà disponible automàticament per al segon (Coloma Picó, 2011, p. 77).

Al conseguir la coordinación de la información varios usuarios pueden diseñar en el mismo modelo actualizando la información automáticamente para que la comunicación sea precisa y acorde con el diseño arquitectónico, dentro de las aplicaciones software BIM (Shen et al, 2009).

Una Aplicació BIM és aquella que està dissenyada per a la creació de models BIM amb la intenció de centralitzar el màxim la informació de l'edifici. Aquests models estan formats per objectes paramètrics contenidors d'informació multidisciplinar dels quals es pot extreure diverses menes de vistes, com ara visualitzacions gràfiques i alfanumèriques però també paquets de dades per al seu processat extern. Podem resumir les característiques de les aplicacions BIM amb tres adjectius: Paramètric, Multidisciplinar i Multivista (Coloma Picó, 2011, p. 79).

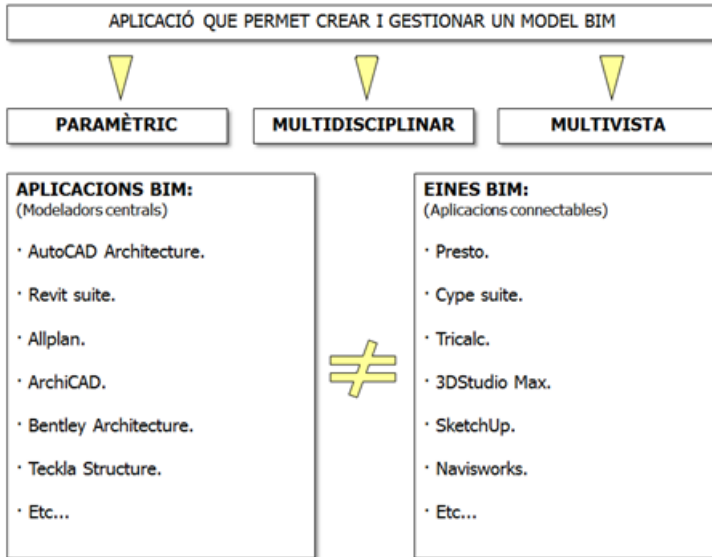


Figura 5. Principales adjetivos que definen una aplicación BIM.

Las aplicaciones BIM son el núcleo, en cuanto a software, se utilizan para generar un único modelo de información arquitectónico digital con el contenido y fases necesarias para el proceso constructivo (Smith, 2006). El modelado de información se emplea para garantizar la extracción de información de BIM a través de conexiones directas entre los usuarios. Son numerosas las aplicaciones con base BIM pero aun así se especializan en campos concretos cumpliendo las normativas y cálculos orientativos para hacer real el modelo de información. Conforme se avanza en la tecnología BIM la capacidad de conexión entre bases de datos de aplicaciones BIM es cada vez mas común entre los usuarios, buscando la interoperabilidad de datos para correlacionar diferentes aplicaciones BIM y así facilitar el trabajo colaborativo.

Las empresas encargadas de desarrollar estas aplicaciones mejoran cada vez mas la capacidad de conexión entre ellas facilitando al usuario utilizarlas según sus necesidades y poder comunicarse con otras aplicaciones. Una aplicación no es BIM cuando contiene objetos tridimensionales pero no la capacidad de introducir atributos, no

soportar el comportamiento paramétrico, basarse en muchos archivos con información bidimensional y que permitan la edición de las representaciones extraídas del modelo sin que estas lo actualicen automáticamente. El modelo de información BIM que gestiona una aplicación está compuesto por una serie de objetos que son diseñados según características o propiedades que los parametrizan (Holzer, 2014).

La información es introducida mediante el trabajo colaborativo o multidisciplinar integrando en el diseño parámetros para la creación de objetos. Gracias al modelado paramétrico del objeto mediante el trabajo colaborativo o multidisciplinar que permiten las aplicaciones BIM generan diversas vistas o visualizaciones gráficas que complementan el proyecto para su comunicación, gestión y ejecución en la realidad.

Los conceptos BIM de Coloma Picó (2011) son esenciales en el conocimiento de la metodología del proceso del proyecto y como los arquitectos precisan de conocer el comportamiento de las aplicaciones BIM para gestionar el trabajo colaborativo y la información para no abandonar el uso de ellas volviendo al uso de tecnología CAD por el desconocimiento de expresión gráfica en aplicaciones BIM de modelado paramétrico y trabajo colaborativo. La necesidad de expresión arquitectónica crea un retroceso en la tecnología BIM que retrasa su evolución debido a que el usuario prefiere diseñar en aplicaciones CAD que ya conoce con un diseño más manual y estático basado en dibujos bidimensionales (Trento, 2008).

Parametric object modeling provides a powerful way to create and edit geometry. Without it, model generation and design would be extremely cumbersome and error-prone, as was found with disappointment by the mechanical engineering community after the initial development of solid modeling (Eastman, 2011, p. 39).

El modelado paramétrico de objetos proporciona directrices para su posterior dimensionamiento en los diseños. Las capacidades del modelado paramétrico no son soportadas por todas las aplicaciones BIM, las capacidades más importantes son: relaciones paramétricas que soportan trigonometría, la creación de reglas asociadas a diferentes contenidos de objetos, la relación entre objetos libremente sin restricciones y la habilidad para organizar los objetos en clases. Las aplicaciones BIM son: Revit Arquitectura y estructura, Bentley arquitectura, Graphisoft ArchiCad, Gehry Technology Digital Project, Nemastschek Vectorworks, estructuras Tekla y Parametric Technology Corporation. Aunque el diseño con BIM de estas aplicaciones es real aun no está desarrollado en su totalidad debido a la complejidad informática de gestión de bases de datos en el modelado paramétrico.

Algunos sectores de la construcción no están de acuerdo con el uso de aplicaciones BIM por los problemas que pueden dar en el diseño sobre todo cuando se estaba intentando implantar esta metodología. Para conseguir una implantación BIM es necesario conocer los conceptos en los que se basa las aplicaciones BIM para tener una idea general de cómo se maneja y gestiona la información en estos software para que sea introducida correctamente en una base de datos facilitando la fluidez del trabajo colaborativo (Trento, 2008).

En el siguiente esquema se reflejan los conceptos del basados en el uso de la información coordinada, coherente, computable y continua que se gestiona en bases de datos compatibles que contienen toda la información del diseño arquitectónico para diseñar, construir y conservar a lo largo del ciclo de vida del edificación (Coloma Picó, 2008).

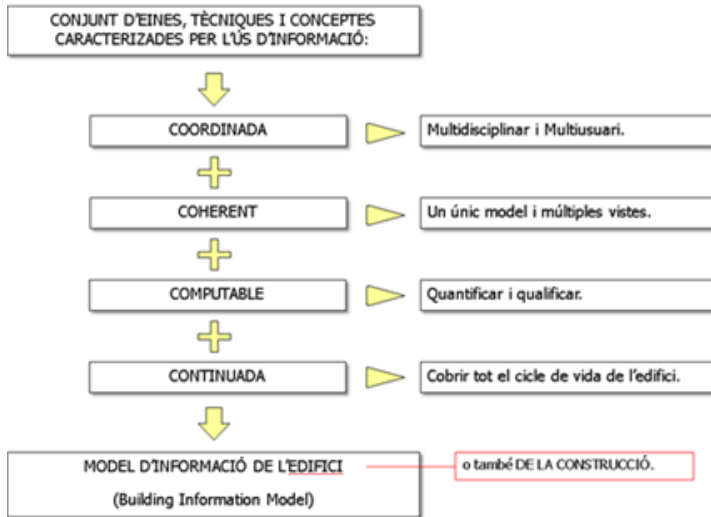


Figura 6. Bases BIM para el uso de la información.

Para garantizar la veracidad de la información es necesario relacionar diferentes características dentro de la base de datos. Las características de la información son las siguientes (Coloma Picó, 2008):

- Coordinada: La información tiene que estar relacionada entre los usuarios para poder ser integrada en el modelo de trabajo BIM. Los datos son integrados en la forma por las diferentes especialidades que modelan el objeto, adquiriendo estas propiedades semánticas.
- Coherente: Los datos integrados en el modelo por las especialidades son cohesionados por todos los usuarios, teniendo así una perspectiva general de la información y el diseño del objeto. Al poder contrastar la información y el seguimiento de procesos ontológicos formalizados por aplicaciones para gestionar datos, el usuario tiene una perspectiva de la información integrada en el modelo representado en el diseño.

- Computable: La información se introduce en una base de datos gracias a la capacidad de las aplicaciones para integrar información en el objeto de diseño. Los datos son introducidos según las propiedades, parámetros y atributos para caracterizar el objeto de diseño para que la aplicación pueda interpretarlos y gestionarlo para su posterior uso.
- Fluida: Gracias a las características anteriores de la información el flujo de comunicación es mas estable y cohesionado por todos los usuarios permitiendo la actualización dinámica de datos y mejorando el flujo de trabajo. La información integrada por los usuarios es definida por las aplicaciones que suponen una plataforma común en su lenguaje para la comunicación de datos.

Las características o propiedades de la información expuestas anteriormente ayudan a comprender la relación ontológica que existe entre la gestión de datos, los usuarios y los conceptos metodológicos de BIM. Los conceptos están definidos según la capacidad del software para la gestión de datos entre usuarios y la integración de ellos en un objeto o modelo de diseño.

En la metodología BIM es necesario cumplir requisitos necesarios para que la aplicación permita la integración de la información de manera correcta y que sea comprensible por todos los usuarios. Los requisitos definen la plataforma de trabajo que tiene que tener una serie de capacidades útiles para la verificación la información y su contenido semántico. BIM se caracteriza por la gestión de datos paramétricos y por la integración de ellos en el modelo. Para ello, la información debe estar coordinada en todo el modelo de trabajo siendo relacionada con los usuarios. Estos son los encargados de introducir datos en el modelo para una representación coherente en consenso con todas las partes que se relaciona el proyecto. Una de las características de las aplicaciones BIM es que permiten computarizar la información almacenándola en una base de datos de la que se pueden extraer para su análisis. Para el usuario es una cuestión importante ya que puede evaluar los resultados de lo que esta diseñando y ser critico en el análisis.

Gracias a la gestión de información dinámica, el modelo de trabajo puede cargar los diseños que se formalizan por parte de los usuarios de manera actual y veraz. El conocimiento de estos aspectos de la información ayuda a entender como funciona la gestión de datos para generar un modelo conjunto integrado por muchos diseños cargados por los usuarios que están comunicados por medio de la fluidez del trabajo en una aplicación informática. Dentro de las acciones de gestión de información existe una relación ontológica con el usuario permitiendo a este seguir un conjunto de conceptos y relaciones para definir un objeto de manera semántica y virtual. Los elementos de objetos se relacionan entre ellos gracias a las propiedades comunes que tiene entre ellos y los atributos que los componen.

Estas características se integran en el diseño mediante parámetros que definen las propiedades, atributos de un objeto y su relación mediante la cohesión semántica entre sus datos, permite establecer relaciones mediante datos comunes entre los objetos diseñados y establecer una relación ontológica entre los conceptos que intervienen. En el trabajo colaborativo de Trento (2008), especifica la necesidad de la existencia de una ontología para contribuir al conocimiento de la tecnología BIM con mapas conceptuales organizados jerárquicamente de las capacidades importantes para el diseño de arquitectura que relacionan a los arquitectos, constructores y propietarios con las aplicaciones BIM de software digital para mejorar el entendimiento entre personas y maquinas virtuales, definiendo los puntos clave para la comprensión de la gestión e integración de información geométrica en un objeto modelo de arquitectura.

En el capítulo siguiente se profundizara en las ontologías para definir el contributo al conocimiento para la tecnología BIM, necesario para la adquisición de conocimientos y la comunicación entre las personas buscando la intención de representar las interacciones y relaciones de conocimientos entre los usuarios BIM con claridad, coherencia y coordinación (Gruber, 1993; Succar, 2013; Trento, 2008; Coloma Picó, 2011; Noy & McGuinness, 2001).

2.3. Ontologías BIM

El tema de este capítulo trata sobre las ontologías orientadas al uso informático para tratar de establecer una jerarquía de conceptos básicos para la integración y gestión de la información dentro de la tecnología BIM. Al principio las ontologías se utilizan para representar con conocimientos la realidad en un modelo virtual basándose en conceptos filosóficos y la reutilización de ontologías usadas por otros autores especialistas en un dominio. El capítulo comienza con una breve aproximación filosófica de las ontologías desarrollada por filósofo y arquitectos para el diseño. Así se ayuda a comprender la aportación de las ontologías al campo del conocimiento, en este caso BIM y concluye con la exposición formas de representar las jerarquías de ideas de la ontología para su uso compartido. El uso de las ontologías permite el usuario entender las relaciones entre diferentes niveles de abstracción de la tecnología BIM y poder así explorar nuevas relaciones usando sus propias capacidades y experiencia en el campo.

The philosophical perspective on ontology provides a description of the essential properties and relations of all beings in the universe, while this notion has been expanded as well as specialized in the fields of computer science and artificial intelligence (Sharman et al. 2007, p 11).

El término Ontología tiene su raíz en la lengua griega con el significado de: (ontos)- “ser” o “ente” y (logia)- “ciencia” o “logos” (palabra). Esta palabra fue utilizada por Aristóteles para hacer referencia a “categoría” tomando, como significado, clasificación. La ontología es una rama de la metafísica que estudia los tipos de entes que existen en el mundo, el estudio del ser y la realidad sufriendo diversas metamorfosis a través de su historia se pueden extraer diferentes significados a partir de la época en que se interprete.

La ontología es la rama de la metafísica que analiza las diferentes entidades fundamentales que forman y componen el Universo. En el siglo I a. C., Marco Vitruvio usó las ontologías para mejorar la estructuración y funcionalidad de la arquitectura, comenzando la Arquitectura Funcional e introduciendo el concepto de habitar.

Éste es uno de los principios en los que el arquitecto tiene que basarse a la hora de diseñar, buscando la función que tiene que desempeñar la arquitectura. El análisis ontológico genera valores, utilidades, soluciones estéticas que responden a lo diseñado por el arquitecto para garantizar un proyecto eficiente. Siguiendo así una perspectiva funcional para integrar aspectos característicos propios del modelo de trabajo integrando diseño y construcción. Con la arquitectura Vitrubio buscaba la armonía basándose en ontologías de utilidad funcional, belleza y resistencia.

The term ontology comes from Philosophy and signifies a systematic account of Existence and defines a common vocabulary for researchers who need to share information in a domain. There are many types of ontologies ranging in their formality, structure and intended use. The two main uses are to generate a language for communication between people or interoperability between systems (Succar, 2009, p. 368).

Como se observa en la cita la ontología proviene de la filosofía para representar una sistematización de la realidad con un mismo vocabulario necesario para compartir información en un dominio común donde se comparte el lenguaje de comunicación entre las personas o las maquinas. Esta ciencia engloba principios y causas del ser (Barnes, 2014) y sus atributos esenciales o específicos. La metafísica aborda problemas centrales de la filosofía como la realidad, sentido y finalidad por eso la ontología estudia la manera en que se relacionan las entidades que existen. La pregunta “¿qué hay?” y la respuesta “todo” es aceptada en el mundo de la filosofía como certeza. Hacen falta clasificaciones para categorizar, agrupar información y codificarla computacionalmente (Gurber, 1993; Guarino & Giaretta, 1995). Las ontologías son esenciales para muchos campos de la ciencia de la información. Estas responden a numerosos datos y hechos con una fórmula lógica de expresión. Cada vez más, para entender ontologías, estas están apoyadas en una selección de conceptos teóricos y prácticos para su expresión en la realidad y aplicación dentro de un contexto.

La conceptualización de las ontologías es un modelo abstracto que representa entes de un dominio en términos de: conceptos, relaciones y modelado. El uso más común es para especificar el significado de conceptos con definiciones explícitas. Las ontologías pueden guiar el desarrollo de sistemas de información con la ayuda de números, conjuntos y conceptos (Raj Sharman, Rajiv Kishore, Ram Ramesh, 2007). El uso de ontologías en la semántica del lenguaje web abrió nuevas vertientes de aplicación para actividades desarrolladas por ordenador como denominador común.

“Ontology is a specification of a representational vocabulary for a shared domain of discourse: definitions of classes, relations, functions, and other objects” (Gruber, 1993). Las ontologías actúan ayudando al desarrollo de un modelo común para crear un conocimiento compartido. Esto crea un sistema funcional; contenedor de objetos, organizador de clases, interface software y gestor de información. Las ontologías funcionan de forma dinámica como un objeto organizador de un catálogo de patrones. Facilitan el uso y desarrollo de aplicaciones BIM para la gestión de conocimiento de un modelo de datos que utiliza recursos avanzados para la implementación de un vocabulario común.

Una ontologia è dunque (costituita da) un insieme consensuale e formalmente organizzato di informazioni indipendenti che descrivono una parte del mondo (un modello del campo d'esistenza del problema) con la finalità di permettere la comunicazione su quel dominio problematico tra le macchine e/o le persone (Trento, 2008, p.81).

En referencia a la cita anterior una ontología esta constituida por un sistema consensuado y formalmente organizado de información independiente que describe una parte del mundo o realidad con el objetivo de permitir la comunicación del dominio entre maquinas y personas. Las ontologías orientadas al software proporcionan esquemas de datos conceptuales enfocados en el almacenamiento de datos y su manipulación, utilizándose para desarrollar actividades de software que garanticen la veracidad de los datos. Estas están

normalmente definidas por un lenguaje de modelado conceptual usado en software e ingeniería de bases de datos. El lenguaje es usado a lo largo del proyecto de diseño y sus procedimientos, por ejemplo: *Entity. Relationship Model language* o *Object Model Language*. UML (Unified Model Language) también es un ejemplo de ontologías software aplicadas a la arquitectura, es un estándar para el modelado software y sistemas de información. Esto no es suficiente para representar todos los detalles complejos de procesos de razonamiento.

UML propone varios diagramas para la ontología software: UML esquema de clases y UML esquema de objetos. Las ontologías de la información son compuestas por diagramas y esquemas usados para clarificar y organizar ideas colaborativas en el desarrollo de un proyecto. Las ontologías de la información se caracterizan por ser fácilmente modificables y escalables, con capacidad sintética y esquemática y por ser usadas a lo largo de todo el proceso de diseño de un proyecto. Estas se centran en conceptos, ejemplos y sus relaciones para proponer una visión general del proyecto.

In the structural dimension, ontologies can provide mechanisms for structuring, storing and accessing generic IS content including database schemas, user interface objects, and application programs that can be customized and integrated into a functioning IS (...) In the temporal dimension, ontologies can guide the development of new information systems by helping analysts and designers choose appropriate processes, algorithms, rules, and software components depending upon their needs (Sharman et al. 2007 p. 11-12).

Como se observa en la cita las ontologías pueden proporcionar mecanismos de almacenamiento, estructuración y acceso genérico contenido incluyendo esquemas y bases de datos facilitando la gestión de la información de objetos y programas de aplicación que pueden ser personalizados e integrados en el funcionamiento de sistemas de información.

A mayores de esto, las ontologías pueden guiar el desarrollo de nuevos sistemas de información, ayudando a los analistas y diseñadores que eligen procesos, algoritmos, reglas y componentes de software apropiadas dependiendo de sus necesidades. El uso de las ontologías en sistemas de información se ha hecho muy popular en varios campos como: las tecnologías web, integración de bases de datos, sistemas multidisciplinares, inteligencia artificial y procesamiento de lenguaje natural. Existen muchos tipos de ontologías que pueden designar objetos computables dependiendo del contexto: para la recuperación de datos, como modelo representado en *OWL (Ontological Web Language)*, para relacionar datos y como definición de interoperabilidad *XML (Extensible Markup Language)* para bases de datos. Las ontologías se pueden clasificar para la expresión y formalidad de lenguajes usados en la comunicación de datos o en el ámbito de objetos que son descritos por la ontología.

Dependiendo de la expresividad de cada ontología se pueden definir diferentes maneras de análisis: conceptos, propiedades, casos, axiomas y jerarquías. Los componentes de la ontología están conectados a través de relaciones. Estas relaciones son conceptos, por ejemplo: la ciudad de Vigo esta dentro de la provincia de Pontevedra. Las relaciones terminológicas expresan términos que pueden tener significado de relación global: persona/humano.

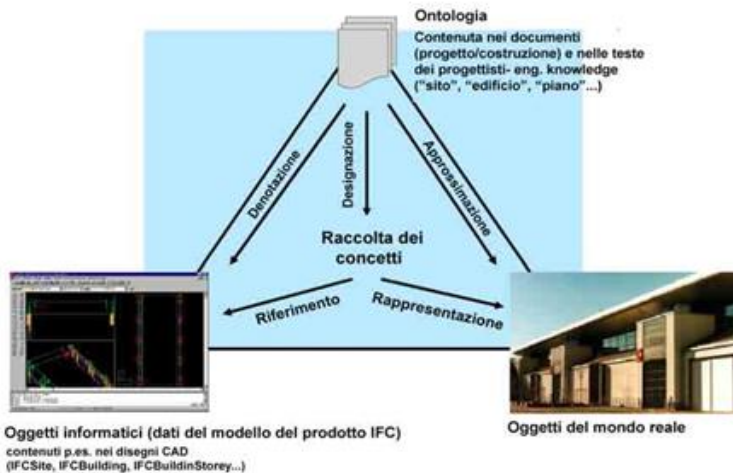


Figura 7. Ontología gestiona la comunicación entre persona/máquina.

Como se observa en la figura anterior la ontología representan la relación entre la informática y el objeto del mundo real. La ontología se encarga de gestionar la información necesaria para un dominio digital y conseguirla integrar en un software de dominio para su posterior representación en base a conceptos en el mundo real aportando un nexos de comunicación propio entre la persona y la máquina, el lenguaje específico para la integración de datos en un modelo geométrico virtual lo más veraz posible. "Ontological language has its own types of symbols and definition expression language" (Trento, 2008) por ejemplo cuando las definiciones de conceptos son expresadas como un axioma básico de estado incluyendo propiedades, formas, atributos. El vocabulario de una ontología esta definido por diagramas de clases UML (Lenguaje unificado de modelado, ISO / IEC 19501:2005) y respaldado por el *OMG (Object Management Group)*. Este es un lenguaje grafico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema, un lenguaje para describir un modelo mediante un diagrama de la realidad. Estos diagramas son expresados gráficamente representando conceptos genéricos o específicos entre clases, como limites entre ellas.

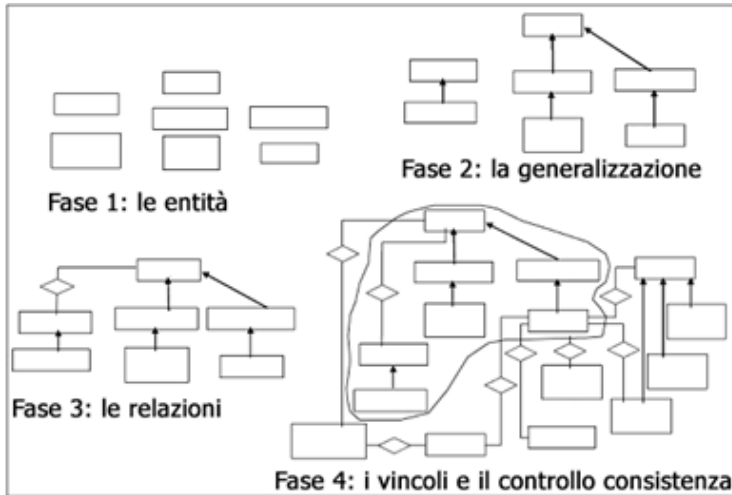


Figura 8. Construcción/representación ontología.

Como se puede observar en la imagen la construcción de una ontología se puede dividir en cuatro fases (Trento, 2008): la identificación de los conceptos, generalización de los conceptos, las relaciones entre ellos y la vinculación y control de la consistencia de la ontología. Los conceptos desarrollados por las ontologías son conceptualizaciones compartidas por los profesionales BIM que supones una explicación explícita de las relaciones entre estos, organizados en categorías y subcategorías para contribuir al conocimiento de la tecnología BIM en el campo de la arquitectura.

Estos conceptos son utilizados por las aplicaciones BIM para gestionar e integrar información geométrica en un modelo digital para su extracción con sentido bidireccional software/usuario. La relación entre conceptos es clave para conocer las partes que lo forman mediante subcategorías de conceptos y las interacciones que los condicionan para generar una ontología que represente una jerarquía de conceptos sobre la tecnología BIM necesarios para la comunicación y coordinación de un proyecto de arquitectura.

The BIM ontology is an informal, semi-structured, domain ontology intended for knowledge acquisition and communication between people. It is intended to represent knowledge interactions (push/pull) between BIM players, (Succar, Sher, & Aranda- Mena, 2007) (Succar, 2009) Succar(2013) (...) The BIM ontology includes BIM-specific concepts, their relations and attributes facilitate analysis of domain knowledge (Noy & McGuinness, 2001), enable the construction of a domain framework (Studer, Benjamins, & Fensel, 1998), and support knowledge acquisition and communication (Milton, 2007a; Milton, 2007b; Cottam, 1999; Studer et al., 1998; Succar, 2013, p.251).

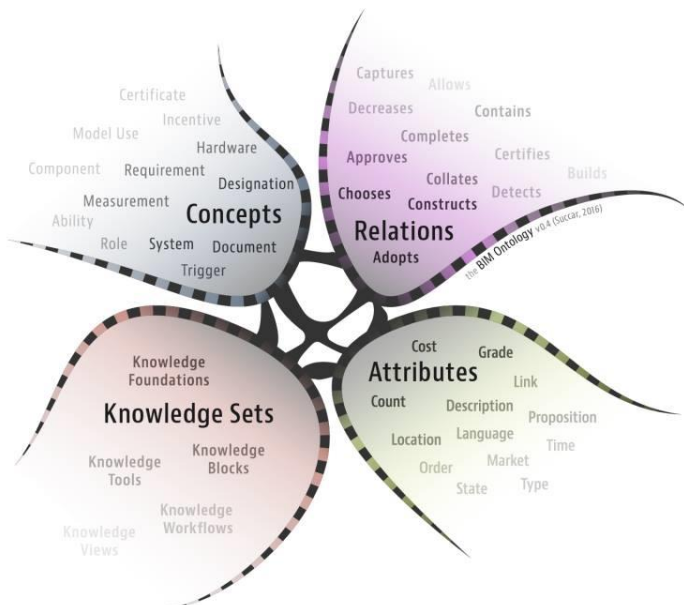


Figura 9. Esquema semi-estructurado Ontología BIM.

Las ontologías aplicadas a BIM forman parte del contributo para la adquisición de conocimientos y la comunicación entre los usuarios de aplicaciones BIM. La aportación al conocimiento se realiza mediante esquemas semi-estructurados e informales que incluyen contenido de conceptos específicos, sus relaciones y atributos representan una base para el conocimiento y lo estructuran para comunicar los conceptos necesarios para los arquitectos para representar las geometrías y trabajar colaborativamente con un lenguaje computacional común a todos los usuarios, Trento (2008), Coloma Picó (2011).

La estructuración de contenidos de la ontología se puede representar de diferentes maneras utilizando esquemas conceptuales con diferentes grafismos de manera que estos perduren y contribuyan al conocimiento para comunicar el uso de la tecnología BIM hacia los usuarios interesados en cambiar de metodología de trabajo (Succar, 2011).

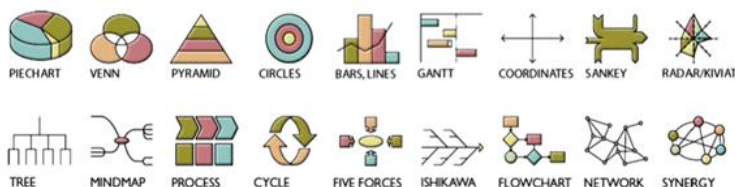


Figura 10. Esquemas para representar las ontologías BIM y visualizar el contenido.

Los ejemplos de estos esquemas son la manera de materializar conceptos en mapas jerárquicos intuitivos para el entendimiento de la tecnología BIM y como mediante en análisis y representación se puede aclarar como se integra la información en un modelo software y como se usa para mejorar el trabajo colaborativo entre especialidades. La representación de contenidos en un campo específico como es BIM ayuda a la comprensión de los conceptos que abarca el conocimiento y sus relaciones según su jerarquía para demostrar la aportación al conocimiento a este campo digital software.

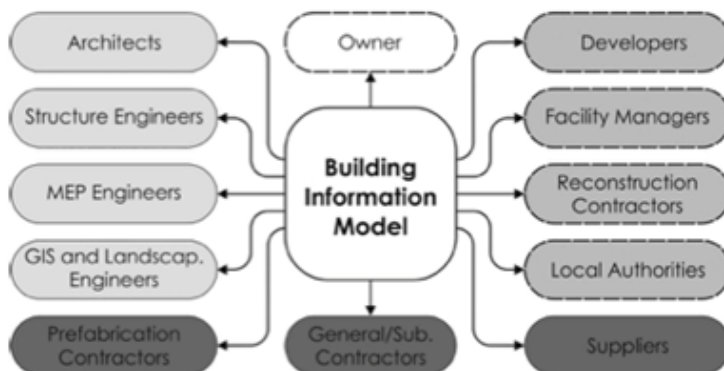


Figura 11. Mapa conceptual ontológico especialidades BIM.

Como se observa en el mapa conceptual de especialidades BIM (Eastman, 2011) se refleja las interacciones que existen entre el modelado de la información de la edificación con las especialidades AEC, la relación con los propietarios y proyectistas y las fases de desarrollo del proyecto de arquitectura. El esquema conceptual organizado jerárquicamente representa un contributo al conocimiento para guiar a los usuarios involucrados en el proyecto por las diferentes etapas de diseño y las relaciones con otras especialidades teniendo en cuenta las capacidades de la tecnología BIM para integrar y gestionar la información en el modelado digital. Según Noy & McGuinness (2001), es necesario el desarrollo de ontologías para:

- Compartir la comprensión común de la estructura de la información entre personas o agentes software.
- Permitir la reutilización de conocimientos de dominio específico como es BIM.
- Hacer suposiciones de dominio explícitas sobre los conceptos tratados por aplicaciones software.
- Separar el conocimiento de dominio BIM del conocimiento operacional del software.
- Analizar el conocimiento de dominio.

BIM Ontology will be utilised to analyse domain knowledge, make domain assumptions explicit, separate domain knowledge from the operational knowledge and enable reuse of domain knowledge. In addition to the specialised ontology, the BIM Framework will utilise 'abstracted representation' to visualise BIM concepts and relations (...) Building Information Modelling includes transactions at the data, information and knowledge semantic levels. Knowledge visualisation benefits from cognitive sciences experimentation within the field of expertise and qualitative reasoning. It builds on the depiction of subject matter experts structuring their knowledge through qualitative mental models (Succar, 2009, p. 368).

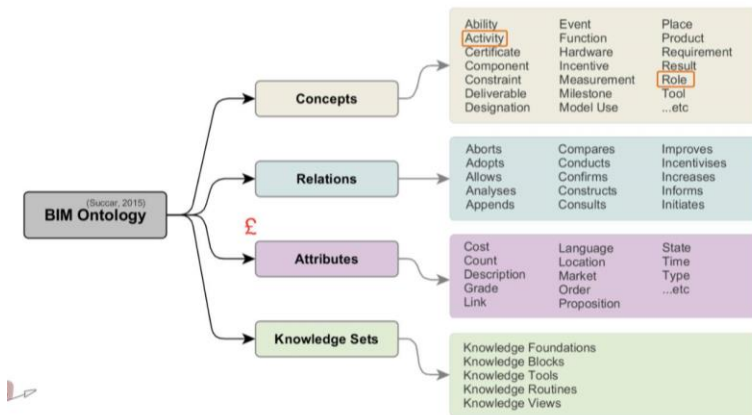


Figura 12. Esquema Ontología BIM.

Las ontologías BIM son utilizadas como una representación abstracta para visualizar los conceptos, relaciones y analizar el conocimiento de dominio. El modelado de la información de la construcción incluye transacciones de datos, información y conocimiento de niveles semánticos. Se basan en la representación de expertos en la materia que estructuran sus conocimientos a través de modelos mentales cualitativos. Este tipo de modelos ayudan a los usuarios a orientarse dentro de la tecnología BIM mediante el razonamiento de los

conceptos necesarios para realizar el diseño arquitectónico e intuir las partes que lo componen dentro de BIM para contribuir al conocimiento y su comunicación. En función de los autores revisados en esta fundamentación teórica (Gruber, 1993; Succar, 2013; Trento, 2008; Coloma Picó, 2011; Noy & McGuinness, 2001) se centraran los conceptos para el análisis. Para desarrollar un proyecto en ontología BIM es necesario tener claras las capacidades de la tecnología que intervienen en el proceso así como sus relaciones ontológicas para gestionar correctamente la información de manera fluida.

Las capacidades que identifican a la tecnología BIM son las siguientes:

- Modelo trabajo compartido: dentro de la tecnología BIM diferentes especialidades como arquitectura, ingeniería y construcción; conviven en un mismo espacio de trabajo virtual para poder comunicarse entre ellas y avanzar hacia un mismo objetivo de diseño. Al utilizar el mismo modelo de trabajo con un lenguaje común, la capacidad de comunicación se vuelve dinámica permitiendo la actualización y cohesión de la información relacionando las diferentes especialidades gracias al diseño compartido.
- Representación de la información: en la tecnología BIM la información se puede gestionar para representarla de diferentes maneras como: diseños 2D, diseños 3D y tablas de datos; ayudando a la cohesión de la información. Al tener diferentes visualizaciones con las que comparar el diseño, este se puede contrastar con mas facilidad mejorando la veracidad de la información que se integra en el objeto. Cada especialidad puede escoger de que manera representar el contenido o visualizarlo para su mejor comprensión y mejora del contenido; debido que al estar en la misma plataforma con un lenguaje común todas las partes del proyecto pueden ser consultadas y verificadas por los usuarios. La representación de la información de manera dinámica y automatizada permite al grupo de trabajo expresarse de manera coordinada y coherente para llegar a un consenso entre todas las partes.

- Modelado paramétrico: para que la información sea computable es necesario que la tecnología BIM integre parámetros dentro del objeto de modelo. Los parámetros son características del objeto que lo relacionan con los demás objetos existentes. Sin la capacidad paramétrica de las aplicaciones BIM el flujo de información no sería ni dinámico ni fluido, se convertiría en estático sin actualización de los datos. La capacidad paramétrica de BIM sirve para integrar contenido para gestionar el conocimiento y poder comunicarlo con la mayor eficiencia, definiendo: propiedades, parámetros y atributos. Todo este contenido de información forma parte de una base de datos gestionada por todos los usuarios que permite la consulta a lo largo del ciclo de vida del edificio.
- Interoperabilidad: para gestionar la base de datos entre diferentes usuarios y aplicaciones es necesario tener formatos de lenguaje comunes para favorecer la coherencia y que no se pierda la información. Los formatos de lenguaje están normalizados mediante la normativa ISO-STEP que se encarga de supervisar la evolución y adaptación del intercambio de datos. Algunos de los formatos de intercambio son: IFC, CIS/2, ISO 15926; usando todos el lenguaje EXPRESS. Con el desarrollo de estos formatos que almacenan información en un archivo con un lenguaje común para que se pueda comunicar entre diferentes aplicaciones BIM, el intercambio de datos facilitan la fluidez del trabajo.

Estas capacidades de la tecnología BIM serían conceptos base para una ontología consensuada por todos los utilizadores de esta metodología relacionada mediante la comunicación y la gestión de información con formatos de intercambio con lenguajes comunes para su análisis.

La gestión de la información es posible gracias al modelado paramétrico del objeto que es el encargado de integrar la información en una base de datos para que estos se conviertan en parámetros computables; poder relacionar semánticamente propiedades y atributos de los objetos para que coexistan en el modelo.

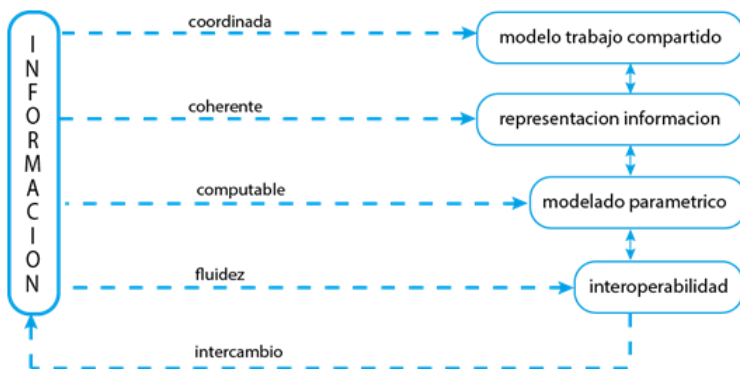


Figura 13. Esquema de Gestión de la Información y Conceptos BIM.

Sin la capacidad paramétrica de las aplicaciones BIM, el proceso de comunicación mediante el modelado no sería posible ya que es el nexo que ayuda a las especialidades de la construcción a integrar datos en un modelo común, con el mismo lenguaje perceptible por todos los usuarios que diseñan un objeto. Con la interpretación de datos por parte de las aplicaciones se generan diferentes representaciones de la información que ayudan a comprender el objeto de diseño y facilitan la comunicación entre usuarios mediante la visualización del contenido del modelo 2D, 3D y datos.

Las aplicaciones BIM suponen un espacio virtual con un lenguaje común para el diseño de objetos de la construcción en el que intervienen especialidades que se comunican con el intercambio de datos sobre un tema concreto como forjados, muros o coberturas. La metodología generada por el trabajo compartido entre especialidades hace necesario el conocimiento de las ontologías BIM para asegurar la fluidez y veracidad de la información en las diferentes etapas del proyecto. La ontología BIM supone una especificación explícita sobre la parametrización de un objeto y el proceso de integración de información en el diseño, apoyándose en conceptos compartidos por todos los usuarios de aplicaciones BIM para su comunicación y diseño. La ontología surge de la necesidad de compartir información de manera coordinada entre todas las especialidades de la construcción y la representación dentro de un modelo BIM compartiendo un mismo lenguaje común a todos los usuarios.

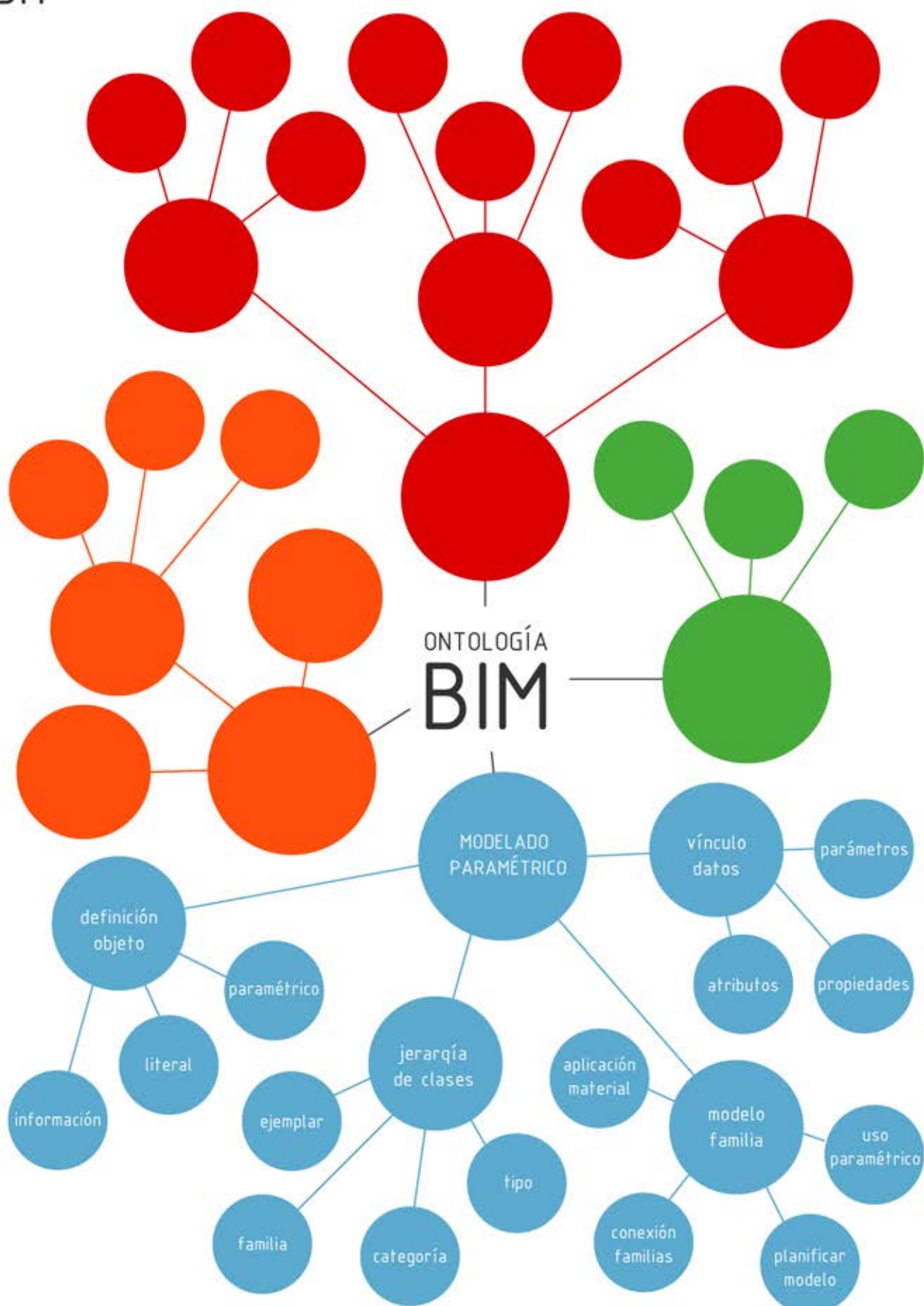
En el siguiente capítulo se analiza los conceptos, relaciones y atributos del modelado paramétrico, necesarios para poder integrar información en el objeto de diseño y representarlo en diferentes vistas para su comprensión, análisis y cohesión por las diferentes especialidades de la construcción por medio de aplicaciones BIM.

El modelado paramétrico supone un apoyo para gestionar la base de datos del objeto de diseño y así conseguir extraer información para justificar el proyecto llevado a la realidad. Una de las capacidades del modelado paramétrico es el carácter dinámico de las aplicaciones para realizar modificaciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Facilita el proceso del proyecto ya que las modificaciones se reflejan en todos las piezas diseñadas, tanto dibujos como tablas de datos, generando una actualización constante de la base de datos gestionada por los usuarios que usan procesos ontológicos para integrar la información de forma correcta.

El conocimiento de la ontología BIM facilita al usuario la comprensión de la metodología de trabajo del resto de los usuarios y la suya propia consiguiendo una mejor adaptación a la fluidez de la integración de la información en el modelo de trabajo.



3. Aplicacion de la Metodologia



3.1. Modelado Paramétrico.

3.1.1. Concepto ontología modelo paramétrico.

El modelado paramétrico tiene como base de formación las relaciones geométricas del modelo haciéndolo compatible por su propiedades comunes de relación entre ellos para su fácil control en el modelado del edificio. La ventaja de las representaciones paramétricas es el control de la información del objeto. Este control lo posibilitan las reglas y los parámetros dando lugar a un modelo de información. El diseñador define una clase de elemento o familia que esta contenido por una geometría paramétrica, un conjunto de relaciones y reglas para controlar parámetros del elemento que se esta generando.

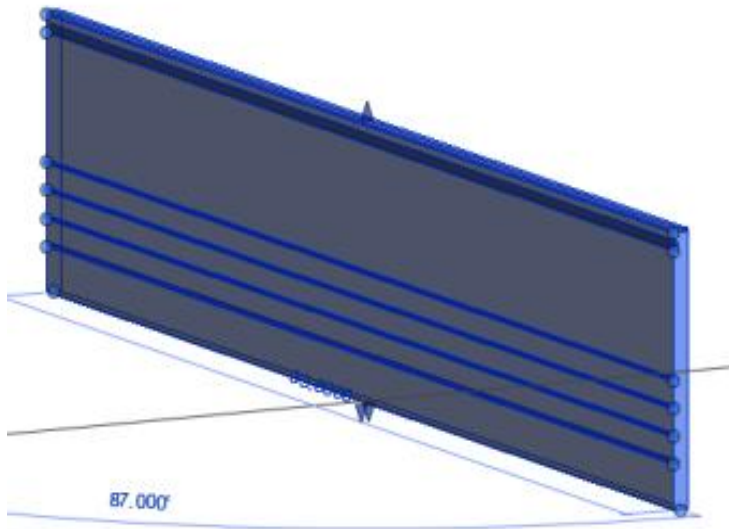


Figura 14. Estructura conceptual familia muro

Los objetos y sus caras son definidos por el uso de relaciones que incluyen distancia, ángulos y reglas; contenido semántico del objeto. El contenido semántico del objeto permite a cada usuario del mismo modelo de trabajo acceder a la información integrada en el objeto para su análisis y cuantificación.

Esto permite que la información contenida por el objeto 3D permanezca almacenada en el mismo diseño pudiendo ser extraída y formalizada para su representación y comunicación.

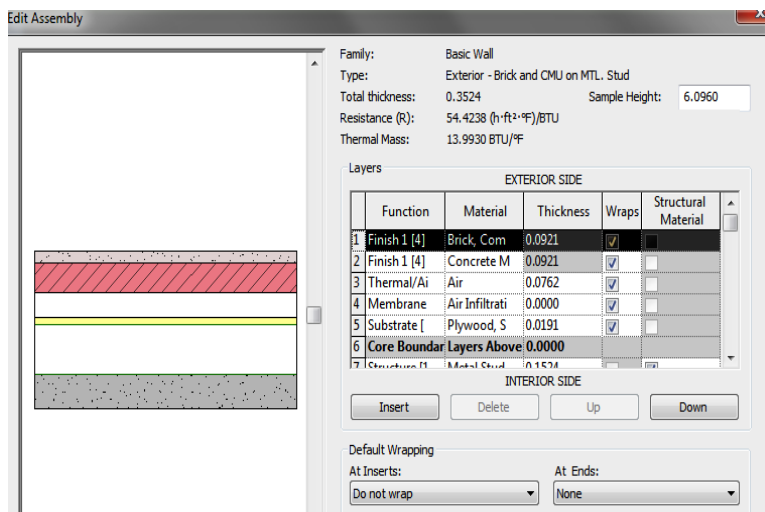


Figura 15. Contenido semántico muro.

El contenido semántico del objeto permite crear una forma y una geometría relacionada paramétricamente para ajustar a cambios automáticamente con el control del usuario, esto hace que para editarlo hay que saber reglas de uso del lenguaje para definirlo.

La estructura interna de objetos se puede diseñar directamente definiendo nodos de relación, clases de objetos con parámetros u operaciones que construyen o modifican objetos; los enlaces en el dibujo permiten la relación entre nodos.

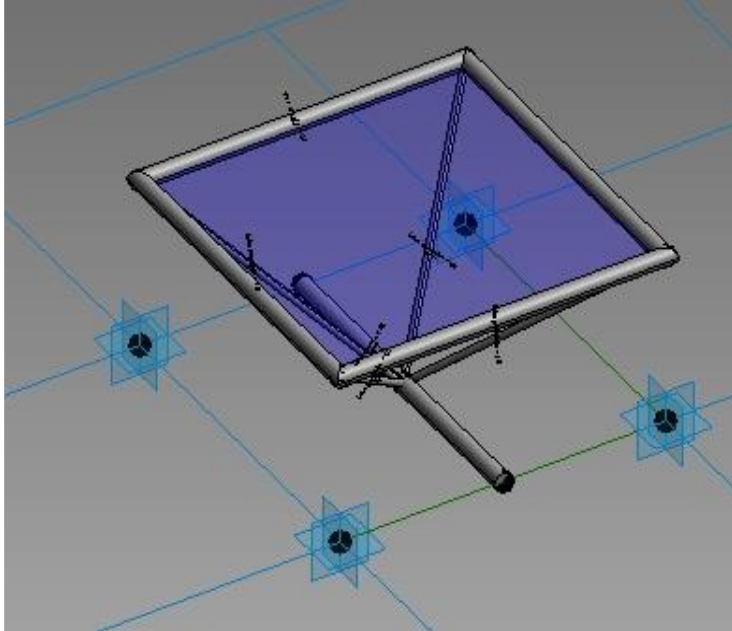


Figura 16. Familia Adaptativa.

Diferentes categorías de reglas pueden ser incrustadas en el diseño paramétrico. El diseño de familias paramétricas usa parámetros para incluir información de atributos de cada pieza.

La definición de estas familias es compleja debido al contenido y relación con los demás objetos. El diseño paramétrico incorpora reglas para describir geometrías o parámetros de un objeto respecto a los demás objetos.

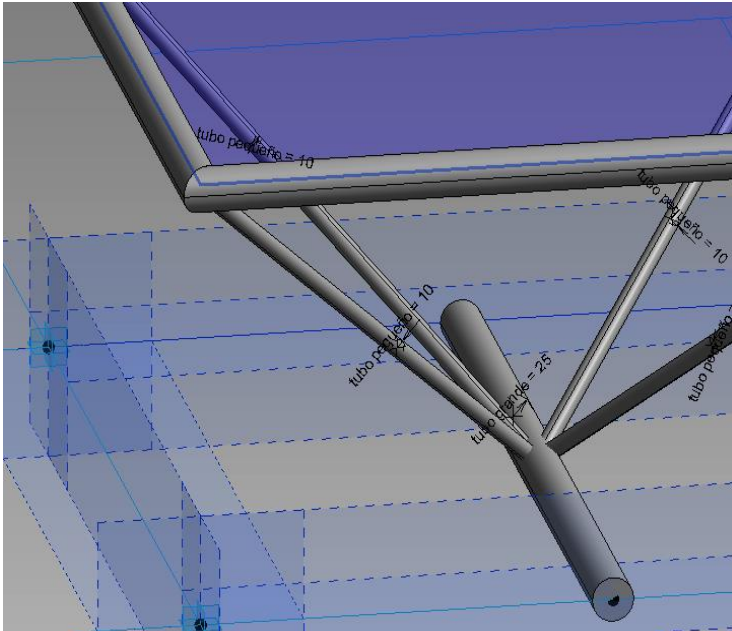


Figura 17. Parámetro atributo radio objeto revolución.

Las relaciones están organizadas jerárquicamente: internamente en objetos paramétricos relacionados, y externamente con el resto de objetos, ajustando la forma del objeto que responda a los cambios en otro objeto y las relaciones jerárquicas entre mallas y superficies que determinan parámetros de forma y el emplazamiento dentro de otros objetos asociados.

La propagación de reglas son demandadas para la generación de un modelo para que no limiten la arquitectura que se crea entra diferentes especialidades de la arquitectura. Conceptualmente, las herramientas información de modelado del edificio tienen diferentes vertientes sobre sistemas de modelado paramétrico. Cada vertiente tiene diferentes formas de predefinir clases de objetos, familias, contornos. Dependiendo del desarrollador de la aplicación los objetos BIM se pueden relacionar dentro de un concepto automáticamente con el propio diseño adecuándose a cambios y diferentes categorías.

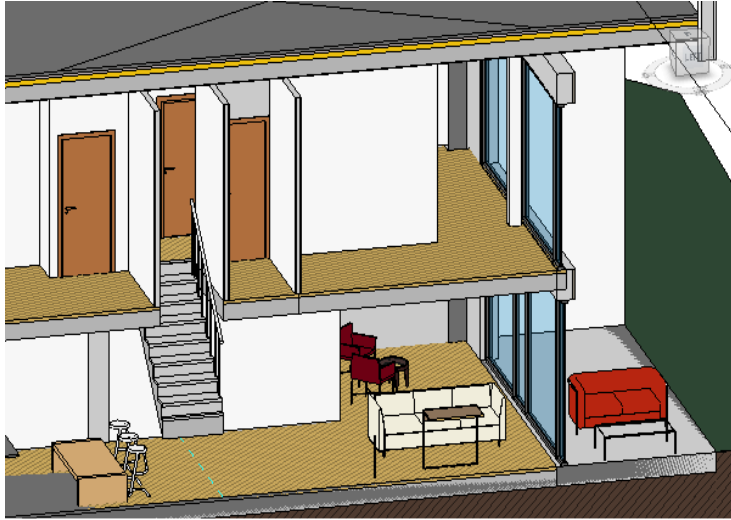


Figura 18. Familias dentro de modelo simulación.

Las clases de objetos ayudan a definir rasgos que están asociados con los objetos de construcción. Nuevas clases de objetos son implantadas a estos sistemas gracias a lenguaje de programación ARX o MDL. *Building Object Model* (BOM) librerías, representan los objetos para la gestión de sus propiedades en el campo de trabajo BIM. El objeto es asociado a un nombre, medidas, propiedades, grosores de línea para su representación dentro de una librería de objetos. Esto permite al sistema paramétrico adaptar un objeto respecto a otro.

El diseño paramétrico incorpora reglas para describir geometrías o parámetros de un objeto respecto a los demás objetos. Estas relaciones están organizadas jerárquicamente: internamente en objetos paramétricos relacionados, y externamente con el resto de objetos, ajustando la forma del objeto que responda a los cambios en otro objeto y las relaciones jerárquicas entre mallas y superficies que determinan parámetros de forma y el emplazamiento dentro de otros objetos asociados.

La propagación de reglas son demandadas para la generación de un modelo para que no limiten la arquitectura que se crea entra diferentes especialidades de la arquitectura. Los modelos generados por BIM son amplios y con gran capacidad de contenidos de todo tipo. Forman en conjunta una base de datos para la gestión y coordinación del proyecto. Tradicionalmente los archivos que son pesados se particionan para el diseño. BIM y la gestión de los modelos suponen reducir este tipo de problema.

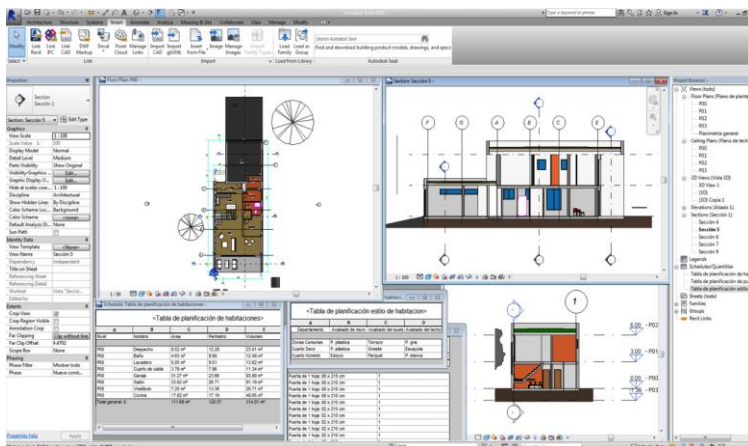


Figura 19. Visualización de representaciones 2D de un proyecto.

Mientras las mejoras paramétricas resuelven cambios locales, también se produce la coordinación de diferentes modelos y su interpretación en datos para programas, análisis, e informe que es importante para el crecimiento del tema.

Para que los proyectos resulten más leves los proyectos son controlados por una distribución geométrica de un diseño basado en parámetros de control generados por datos electrónicos. Para ayudar al programa en el diseño de objetos paramétricos se comparten datos con otros programas informáticos para su gestión mas detallada. Gracias a la interoperabilidad programas como Rhino y Bentley pueden controlar geometrías paramétricas.

El diseño del objeto en 3D el usuario puede editar manualmente formatos de líneas, detalles, y anotaciones. Estos detalles son asociativos, se mantiene a lo largo de todo el proceso de trabajo. Los elementos dibujados al detalle asociados a elementos de proyección (plantas, alzados, secciones) generan automáticamente la dimensión del elemento, asigna la medida de línea y genera anotaciones para definir atributos.

Las operaciones paramétricas pueden ser incluidas en la sustracción y adición de la forma para crear perspectivas, cortes, posiciones para la conexión de las partes que componen el proyecto de arquitectura para su entendimiento y cohesión entre las diferentes especialidades que gestionan datos.

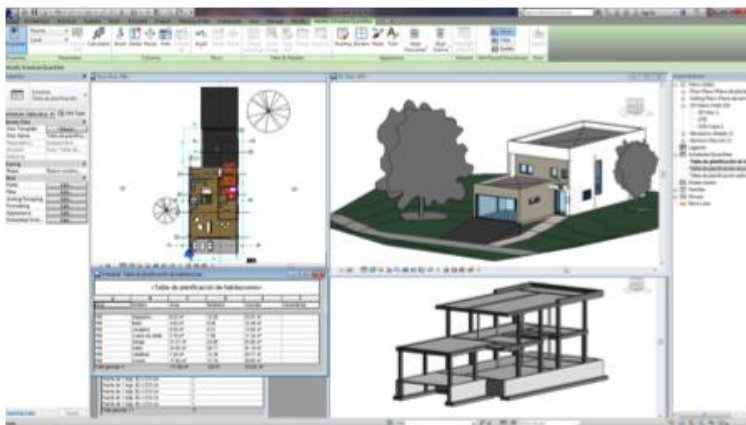


Figura 20. Visualización de vistas de un proyecto.

El más alto nivel de detalle supone un desarrollo del proyecto entre modelos y dibujos. Modificar algo en el modelo de trabajo se relaciona y representa automáticamente con los diseños funcionando bidireccionalmente entre modelos y dibujos. El diseño de detalle parte de un esquema en 3D que es detallado en 2D para su representación en papel. La tecnología BIM permite a los diseñadores elegir el nivel de modelado 3D que quieran usar, con diseños 2D adheridos a los detalles.

Algunos objetos paramétricos causan limitaciones en el diseño. Cuando el modelo de proyecto es grande para su uso práctico existen problemas de escala. Una gran construcción contiene millones de objetos y todos ellos con diferente forma.

La escala es afectada por el tamaño, las dimensiones del piso y todos los niveles de detalle del modelo. Gracias a la visualización de representaciones del modelo se permite interpretar el contenido de datos que es necesario para la comunicación del proyecto de arquitectura, donde los usuarios pueden integrar información cohesionada que sirva de referencia y complete el contenido del modelo de diseño arquitectónico.

Por tanto, con la cohesión de datos paramétricos se puede corregir en el modelo buscando objetos que causen problemas de integración 2D, 3D y así probar la veracidad de la integración de datos modelados. Para el concepto de ontología BIM, el modelado paramétrico esta formado por sub-categorías de conceptos que forman parte en las etapas de diseño de objetos paramétricos, ayudando a entender que factores intervienen en la jerarquía de modelado, comunicación, cohesión y coordinación de datos. Las sub-categorías que se analizan para el modelado paramétrico se clasifican en: definición del objeto, jerarquía de clases, vínculo de datos y modelo familia.

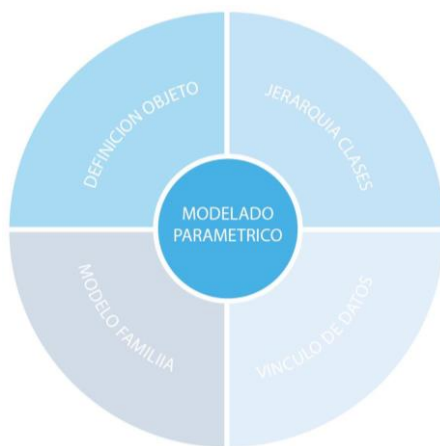


Figura 21. Ontología para modelado paramétrico.

Son importantes porque ayudan a describir en un objeto la función de las relaciones entre los factores que lo definen para mejorar las conexiones geométricas utilizadas para el diseño arquitectónico. Con la definición paramétrica de un objeto, se permite controlar este objeto a través de propiedades clave reflejadas en los parámetros contenidos en el diseño y así poder ser actualizado en todo el modelo automáticamente.

La integración de la información, mediante las sub-categorías paramétricas, permite crear un espacio de trabajo dinámico, fluido y coordinado para todos los usuarios. Por esta cuestión el diseño paramétrico es indispensable para las ontologías BIM ya que el diseño integrado ayuda a la comunicación de información y a la gestión de datos de modelado dentro de un espacio formalizado de trabajo inducido por una metodología.

En los siguientes apartados se analizarán los siguientes conceptos: la definición del objeto, las jerarquías de clases, el vínculo de datos y el diseño del modelo de una familia. Dentro de la ontología BIM y concretamente en el modelado paramétrico es necesario conocer estos conceptos para percibir como se gestiona el diseño paramétrico y marcar una jerarquía de conceptos para la integración en un modelo de arquitectura BIM. Para poder comunicarnos con el diseño de objetos, es necesario aplicar estos conceptos que actúan como lenguaje común para los usuarios de BIM y permiten la cohesión del trabajo diseño en el modelo conceptual.

3.1.2. Relaciones y atributos de la ontología de modelado paramétrico

Los conceptos analizados en la ontología de modelado paramétrico son básicos para el diseño integrado de objetos parametrizados. Están relacionados entre si para garantizar la correcta formalización del diseño, categorizar el contenido del objeto, vincular datos a objetos de los que se pueda extraer información y modelar familias adecuadamente a las necesidades requeridas por el diseño.

3.1.2.1. Definición de objeto.

Según la capacidad de almacenamiento de información contenida en cada objeto, se pueden clasificar en: objetos literales, objetos paramétricos y objetos de información. Para gestionar la información del modelo es necesario introducir datos asociados al diseño según la configuración de la aplicación con la que se diseñe el objeto. Los datos sirven de referencia para representar un objeto en el modelo de trabajo y poder interpretarlo paraméricamente.

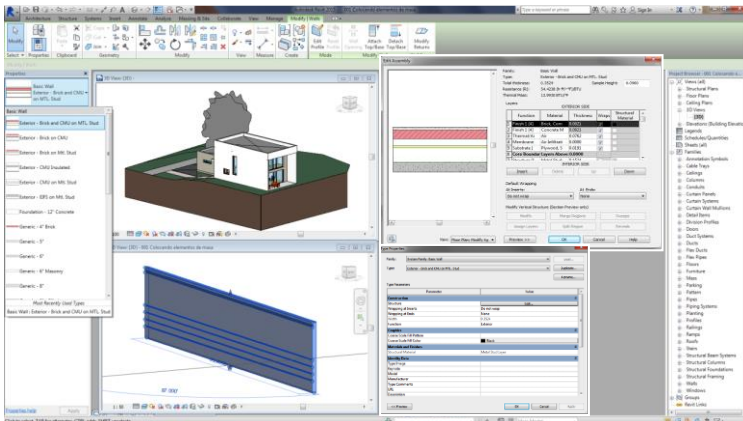


Figura 22. Modelado paramétrico muro.

Al introducir estos datos se realiza una simulación del objeto personalizado por el usuario dando como resultado diseños 2D, 3D e información integrada.

Para gestionar la personalización de un muro se necesitan utilizar varias capacidades del programa, en este caso Revit, para llegar a formalizarlo en el modelo en el modelo 3D dependiendo del nivel de detalle que se precise.

El vínculo de datos permite al usuario personalizar la información y que se actualice en todo el modelo de trabajo dando lugar a un aumento del detalle según esta evolucionando el proyecto y su información contenida en la simulación. Permite al usuario comenzar con un proyecto de detalle conceptual y a medida que avanza en el diseño ir detallando con propiedades, parámetros y atributos. Cuando se crea un modelo como una vivienda, se pueden ir personalizando los objetos que componen el modelo aumentando cada vez más su parecido a la realidad.

Como refleja el esquema, para representar un muro se debe introducir la información dentro del sistema mediante propiedades de Revit para gestionar los datos introducidos y poder parametrizarlos.

Dentro de la simulación se pueden crear o redefinir muros para su uso en el modelo mediante la función muro. Esta función introduce al usuario en una interfaz para definir datos y poder personalizar mejor el muro. En esta interfaz o visualización se puede elegir el tipo de muro, modificar sus propiedades y escalarlo para su correcta representación y materialidad.

Profundizando más en la personalización de los muros y la edición de estos se consigue introducir información en tablas de datos interactivas que detallan los muros en estructura, materialidad, visualización render y la edición del muro por capas pudiendo visualizarlo al momento. En la edición de enlaces de muro se pueden organizar por niveles las capas que forman la estructura interna del muro gracias a una jerarquía de introducción de contenidos como estructural o acabados. Se establece así una relación semántica por medio de atributos que se van a poder utilizar parametrizados en el diseño y en consecuencia se podrá extraer esa información para su cuantificación y poder interpretar los datos que se están diseñando desde el modelo.

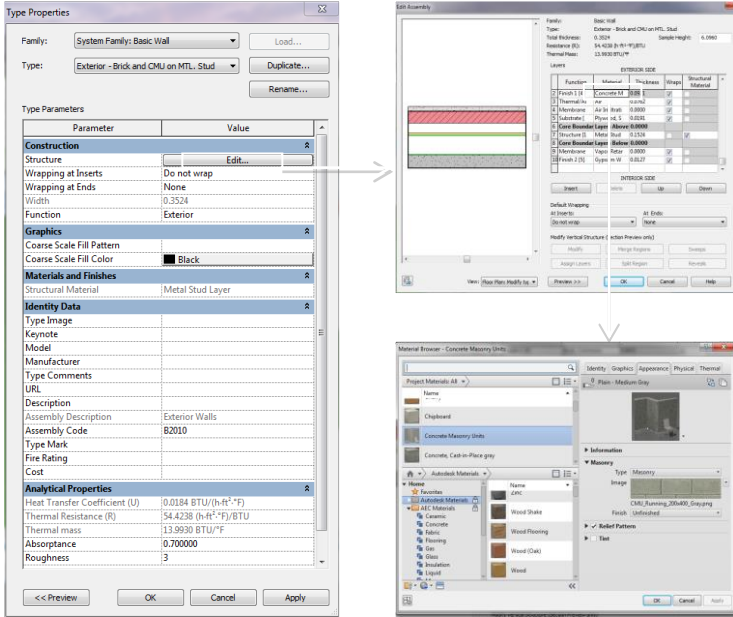


Figura 23. Modelado paramétrico muro.

En las aplicaciones BIM se utilizan visualizaciones de tablas de datos y ejemplos del modelo diseñado para gestionar la información paramétrica y crear un modelo objeto que corresponda con la información introducida al usuario.

Las tablas de integración de contenido están predeterminadas por la aplicación para mostrar un modelado veraz acorde con la información descrita por el usuario y poder ser almacenada en el modelo de trabajo para su uso y comunicación. Como se observa la tabla gestiona propiedades tipo del muro abarcando: construcción, gráficos, materiales, acabados y propiedades analíticas. Dentro de estas capacidades para caracterizar el muro existen subcategorías para una mejora del detalle, acabados y como editar la estructura, materialidad, renderizado del muro para su correcto diseño en función del detalle que se quiera para el proyecto.

La introducción de estos datos mejora la comunicación con el modelo y el fluido de trabajo ya que si todas las piezas están bien definidas encajan relacionándose perfectamente creando un objeto con información integrada en una base de datos.

- Los objetos literales en las aplicaciones BIM se definen como aquellos que se diseñan *in situ* para caracterizar aquellos objetos que nos se puedan representar mediante el diseño paramétrico.

- Los objetos paramétricos son elementos descriptivos con propiedades definidas por la familia, tipo y ejemplar de manera que se relacionan entre si. El diseño de objetos paramétricos depende del nivel del usuario con el software modelo nivel de detalle que se quiera reflejar.

- Los objetos de información sirven para poder analizar con precisión la recopilación de datos y propiedades del objeto. Éstos contienen los datos de cada objeto, las medidas, los materiales y la forma; capaces de ser extraídas del modelo de trabajo para su uso en el análisis de las etapas del proyecto. Modelar estos objetos tiene como resultado la extracción de datos generales, datos paramétricos y atributos de objetos que se combinan de manera efectiva. La simulación de esta información depende de los datos introducidos en el modelo del objeto.

3.1.2.2. Jerarquía de clases.

Los objetos modelados por aplicaciones BIM se organizan por categorías. Cada categoría representa un elemento arquitectónico como pueden ser puertas, ventanas, paredes, cobertura.

Cada aplicación con base BIM utiliza su propia clasificación para denominar a los objetos del diseño. Las categorías de familias forman una parte importante en las aplicaciones BIM debido a que se componen de objetos paramétricos integrados con información que se introduce en el modelo para su gestión en el diseño de la forma y su análisis mediante datos parametrizados.

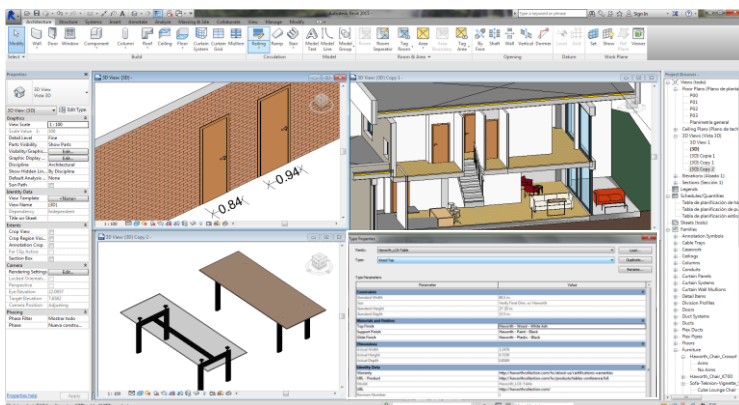


Figura 24. Familias integradas en el diseño

Permite así, realizar cambios dentro de un contexto de visualización que se actualizan constantemente en todo el modelo de trabajo y poder interpretar los cambios. Las categorías, como puerta y mesa, están compuestas por diferentes familias que a su vez están integradas por varios tipos de ejemplos que se caracterizan por sus atributos para relacionarse con el objeto de diseño.

Después de las categorías están las familias de los objetos, pueden tener variaciones según los parámetros, pudiendo cambiar entre diferentes medidas o acabados dentro de la misma familia.

La relación de las familias con el modelo de trabajo tiene que ser fluida para su correcta representación y que se pueda validar en el diseño. Se puede ver un modelo 3D de una vivienda compuesta por diferentes tipos de categorías integradas que coexisten con el resto de diseño dando lugar a una base de datos para el conocimiento de lo diseñado. Las familias son creadas en visualizaciones independientes del modelo y posteriormente insertadas en el para tratar la familia como un componente mas de diseño.

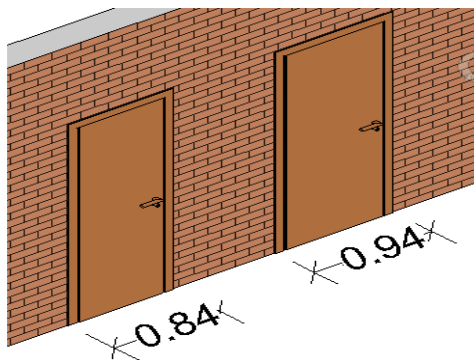


Figura 25. Tipos diferentes de una misma familia, puertas.

Dentro de las familias existe como subcategoría los tipos. Estos tipos sirven para relacionar un nombre con diversas configuraciones de modelado paramétricos.

Integrado en familia, como puertas, existen varios tipos de puertas con diferentes medidas pero misma materialidad como se puede observar. Poder elegir varios tipos de puerta es posible si crea el tipo o eligiendo uno predefinido, dando la posibilidad de interactuar con ellas en el modelo 2D o 3D para elegir la mas adecuada.

En la aplicación BIM, en este caso Revit, existe un menú jerárquico donde se pueden visualizar todos los tipos de familia e incluso se permite editar el tipo para una mayor adecuación.

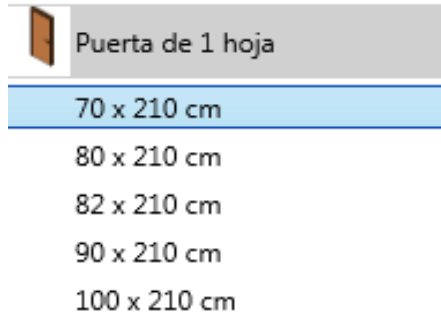


Figura 26. Menú tipos de puertas.

Por último, el objeto de modelo se denomina ejemplar, establecen parámetros en la creación de familias. El ejemplar puede definir parámetros únicos para objetos de una misma familia siendo así, aceptado por el modelo. Estos se denominan parámetros de ejemplar y define cualidades del objeto que no tiene en común con su tipo.

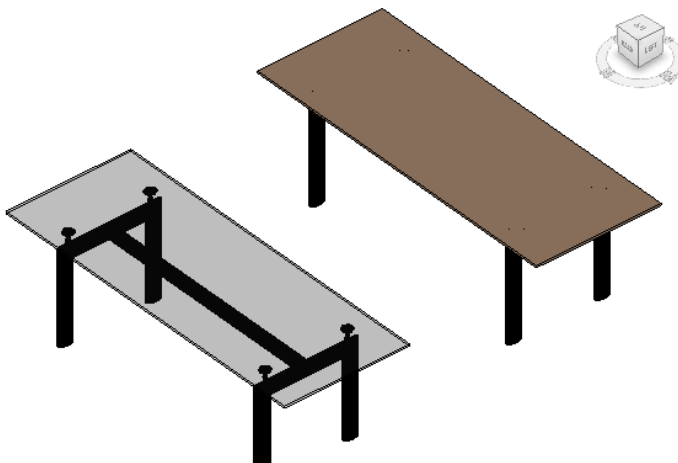


Figura 27. Diferentes ejemplares de una misma mesa.

En cada tipo de familia existen diferentes ejemplares que se caracterizan por sus atributos contenidos en el modelo paramétrico. Por ejemplo, dentro del mismo tipo de mesa pueden existir dos ejemplares, una mesa con la cara de vidrio o de madera dependiendo de la elección del usuario y su personalización. Es posible tratar a todas las familias definiendo el tipo y ejemplar que se quiera o que se este dispuesto a diseñar dependiendo del nivel de detalle que se necesite. La existencia de familias de objetos y categorías paramétricas posibilita la gestión e introducción de datos en el modelo de manera que no se altere lo que existe al introducir un nuevo contenido información.

3.1.2.3. Vínculo de datos.

El modelo de información que gestiona una aplicación BIM esta compuesta por una serie de objetos que se diseñan según las características del usuario que lo parametriza. La relación entre parámetros es clave para la automatización de la información haciendo más fluida su gestión. Los modelos basados en objetos paramétricos tienen muchos comportamientos configurados información contenida en la base de datos creada.

- Las propiedades contienen la información esencial para la forma del objeto. Son las que describen el contenido del modelo como paredes, materiales, mediciones, procesos de trabajo; todo lo necesario para interpretar la realidad del diseño.
- Los parámetros son implantadas gracias al diseño paramétrico y pueden ser extraídos para su análisis y cuantificación de manera que el usuario saque partido a la información introducida.
- Los atributos es información adjunta al objeto y forma la base multidisciplinar de enlace entre ellos. Las diferentes especialidades que participan en el diseño de un modelo de información personalizan los objetos con contenido de sus especialidades.

3.1.3. Conjunto de conocimientos de la ontología de modelado paramétrico.

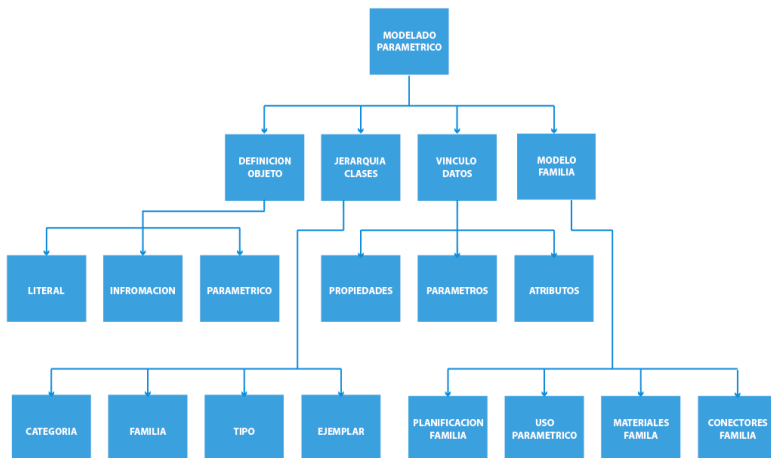


Figura 28. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos.

El esquema jerárquico de conceptos ontológicos que describe el modelado paramétrico de la información en BIM. Los conceptos recogidos en este capítulo nos ayudan a comprender el modelado integrado de la información en un objeto. Paramétrico para su correcta gestión y comunicación.

El diseño paramétrico supone que un objeto puede contener información para el análisis y uso de este, pudiéndose modificar automáticamente en el modelo al ser integrado: literal, paramétrico o de información. Es importante el contenido de la información del objeto ya que se puede detallar la calidad con que es diseñado para su correcta comunicación.

Los objetos paramétricos en BIM se organizan: según su categoría como puerta o ventana, en función de la familia que representen como puerta de una hoja o ventana de bisagras y dentro de las familias en tipo y ejemplares.

Las clases que utiliza BIM para los objetos definen su información desde lo más general hasta lo particular, articulando su contenido y nomenclatura en las fases del proyecto. Las familias se relacionan en el modelado del objeto gracias a sus relaciones en el contenido que las integra. Los vínculos de datos entre clases están definidos por: propiedades, parámetros y atributos; que sirven para crear o modificar las relaciones que existen entre objetos o las características comunes para su interpretación.

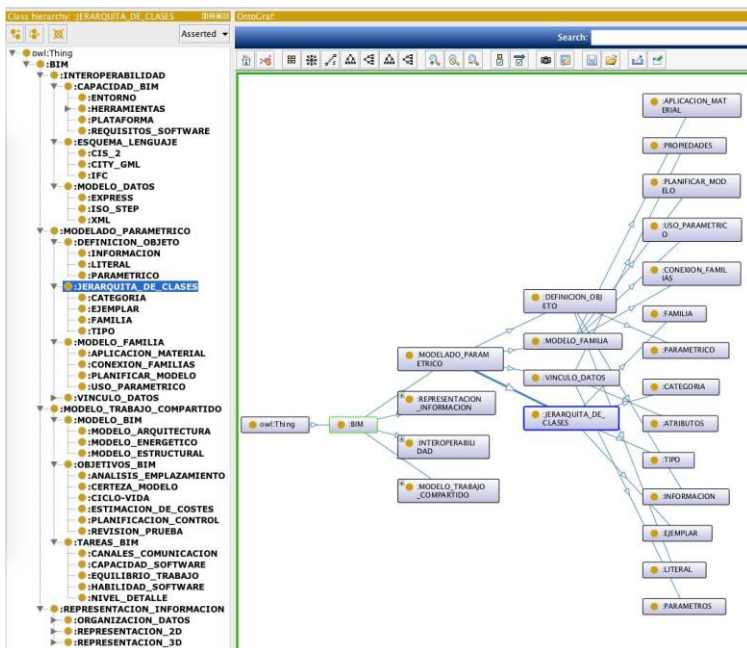


Figura 29. Esquema Ontológico OWL Protégé.

Al recaer en la importancia del contenido de información del objeto para su comunicación o formalizar un vínculo con el resto de objetos, se ha profundizado mas en que cualidades que tiene que tener una familia para su correcta representación.

Para representar correctamente una familia es necesario tener en cuenta: el modelo de la familia que se esta creando, la gestión del diseño para que sea correcto, las unidades con las que se formaliza el diseño y la nomenclatura sencilla y adecuada con la descripción del objeto que se esta modelando. Gracias a la información contenida en los objetos BIM se permite la comunicación veraz y coherente adecuada al diseño que se quiere formalizar.

3.2. Representación de la Información.

3.2.1. Concepto ontología de representación de la información.

BIM genera la visualización de modelos de trabajo (objetos) de diferentes informaciones: datos, diseños 2D y 3D; vinculadas automáticamente mediante procesos de cohesión de información de la pieza diseñada. Están coordinadas y actualizadas entre si generando un objeto actual y fiable. El objeto se transforma gracias al modelado paramétrico que recopila la información. El software es el encargado de gestionar las vistas para la visualización del usuario. Cada aplicación cuenta con varios mecanismos para interpretación del modelo de trabajo.

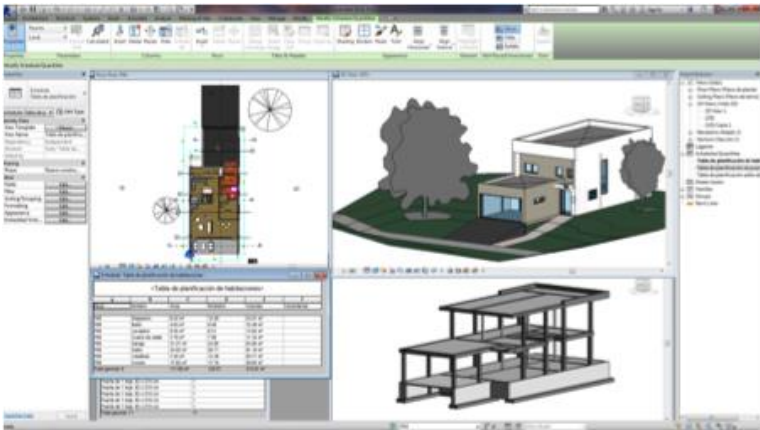


Figura 30. Representación modelo 2D, 3D y datos.

La información se puede introducir en bases de datos de modelado del edificio para su cuantificación y recopilación en diversos formatos 2D y 3D. Esto posibilita poder analizar mejor el comportamiento del edificio y la modificación actual de la forma. Las herramientas BIM gestionan la información del edificio de manera que pueda ser computable y establezca una plataforma de trabajo común para el desarrollo de un modelado de información accesible a todos los usuarios. La interpretación de la información introducida por el usuario tiene como resultado la simulación de representaciones para diseñar, ejecutar y comprender la arquitectura y poder llevarla a la realidad.

Las simulaciones del modelo arquitectónico se generan a partir de la información integrada previamente en el modelo, permitiendo la libre manipulación para la coherencia y cohesión del modelo de trabajo.

La representación de los diseños dentro del modelo de simulación se puede ajustar dependiendo del detalle de los objetos diseñados y la escala de representación. En este caso, la aplicación Revit tiene predefinidas escalas y tres tipos de definición grafica de visualización: baja, media y alta.

Según estos parámetros predefinidos se puede adaptar el diseño al nivel de detalle definido para cada etapa del proyecto de arquitectura. En el ejemplo de la figura 32, se utilizó un nivel alto de detalle para la percepción del contenido del diseño y mejor comunicación de la simulación. La representación del diseño siempre va acompañada de elementos que ayudan a la percepción de la magnitud de objeto y sirven como referencia: niveles, cotas, líneas de corte, leyendas; datos generados por el usuario para comprensión del proyecto.

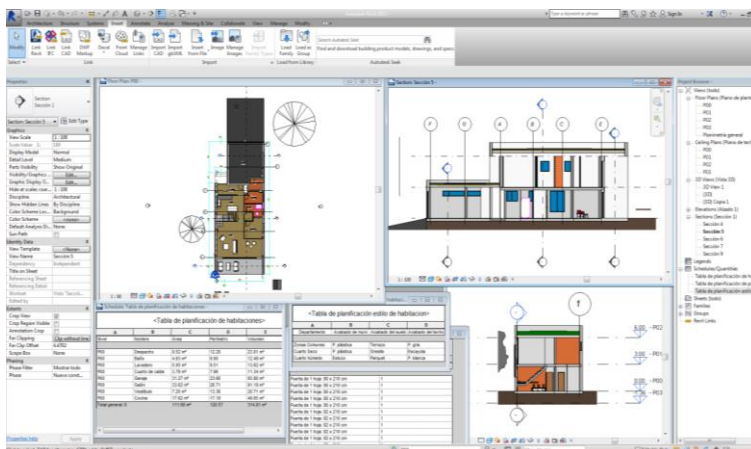


Figura 32. Sección modelo 2D de una vivienda.

Dentro del modelo de simulación, mediante la coordinación de datos para su interpretación, se generan diferentes planos del modelo 2D: planta, planos de techo, alzados, secciones. Los planos se pueden consultar cuando sea necesario abriendo una visualización propia del plano para su diseño. Las piezas diseñadas estas ordenadas por la aplicación de manera jerárquica dependiendo el número de diseños, en el caso de planos de planta: piso 0, piso1, piso 2 y 3.

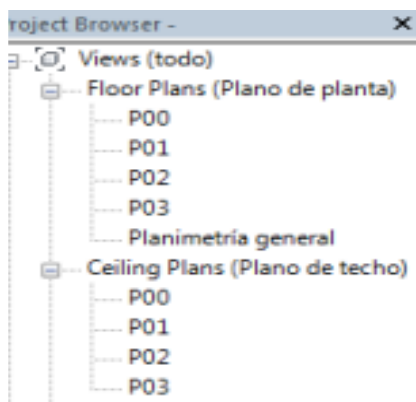


Figura 33. Jerarquía de planos del proyecto.

La jerarquía de piezas diseñadas permite el acceso a su visualización automática en una ventana propia permitiendo al usuario la extracción de información grafica del modelo e interpretación de esta. Es una parte importante, ya que gestiona el acceso a las vistas generadas del objeto arquitectónico facilitando la comprensión y comparación del diseño creado.

<Tabla de planificación de habitaciones>

B	C	D	E
Nombre	Área	Perímetro	Volumen
Despacho	8.52 m ²	12.28	23.01 m ³
Baño	4.63 m ²	9.90	12.49 m ³
Lavadero	5.05 m ²	9.51	13.62 m ³
Cuarto de calde	3.78 m ²	7.96	11.34 m ³
Garaje	31.27 m ²	23.66	93.80 m ³
Salón	33.62 m ²	26.71	91.19 m ³
Vestíbulo	7.20 m ²	13.36	20.71 m ³
Cocina	17.62 m ²	17.19	46.65 m ³
	111.68 m ²	120.57	314.81 m ³

Figura 34. Extracción de datos modelo 2D, tabla de planificación.

Diseñando en planta algunos objetos como paredes y suelos, al estar relacionadas las piezas de diseño, se pueden generar las visualizaciones automáticamente de alzados y modelo 3D. Para crear un corte se debe marcar en la planta donde se realiza y este es representado y añadido a la lista de diseños para su visualización.

3.2.2.2. Representación 3D.

Con la integración de datos en la planta del diseño arquitectónico como paredes, suelo o puertas la aplicación genera una representación 3D del modelo, dando volumetría a los objetos representados en 2D. La actualización de la volumetría es instantánea pudiendo verificar la pieza diseñada. Las aplicaciones BIM, en este caso Revit, facilitan el diseño de objetos de tridimensionales gracias a las relaciones establecidas entre ellos para su representación y cohesión en el modelo. Para la representación tridimensional las aplicaciones incorpora objetos paramétricos: mesa, pilar, forjado; para representar un modelo de edificación.

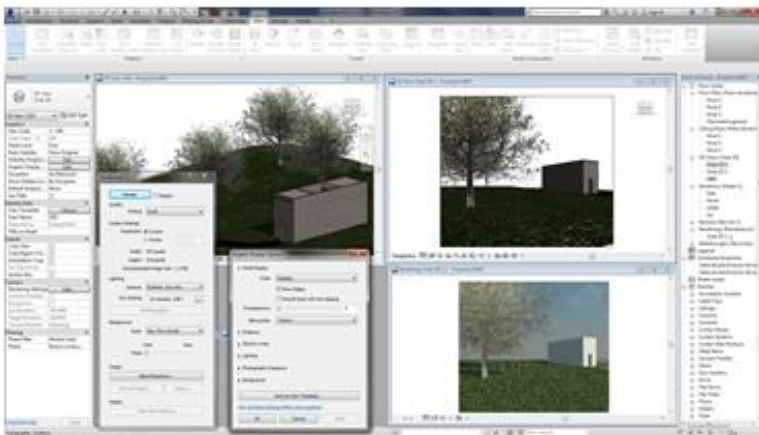


Figura 35. Representación 2D y 3D de un modelo de diseño arquitectónico.

Toda esta información es contenida en un modelo 3D paramétrico del cual se puede extraer la información integrada en el anteriormente para su interpretación y análisis, pudiendo verificar la veracidad de la información creada.

El modelado paramétrico crea una base de datos para la gestión de información que es esencial para que el modelo 3D este siempre actualizado con la ultima información modificada en el proyecto.

La capacidad dinámica de las aplicaciones BIM permite que conceptos ontológicos, como propiedades de un muro o parámetros integrados en el dibujo sean conjugados dentro de un mismo modelo de diseño.



Figura 36. Enfoque cámara para realizar un render.

En una vista 3D, se puede extraer información mediante la captura con la cámara de una imagen o perspectiva concreta que se puede enfocar para su mejor percepción. Con la función cámara se produce una extracción de información para dar lugar a la vista elegida mediante la interpretación de la vista 3D. Esta vista no sería posible si la información para el modelo tridimensional no estuviera integrada premeditadamente dado que la cámara utiliza este tipo de información para visualizar la imagen requerida.

Una vez especificado la perspectiva que se quiere con la cámara, se pueden realizar rendes para mejorar la captura de imagen y equipararla con la representación real introduciendo: texturas, sombras, elementos de escala.

La forma de representar la información requiere de una definición detallada de los materiales y luces que se combinan para dar un aspecto real a las superficies de la simulación.

Con cada objeto como muros o ventanas se puede llegar a una imagen simulada render de cómo podrían ser en la realidad, sirviendo para realizar comparativas para un mejor acabado. Supone un avance para probar diferentes materiales o soluciones constructivas y poder comunicar al cliente o a la especialidad pertinente una simulación real del acabado del proyecto y su encuadramiento dentro de un contexto.



Figura 37. Render de la vista anterior.

A la hora de renderizar una captura con la cámara, al igual que en los planos 2D, se puede elegir la calidad del render para la definición de la imagen pudiendo ajustar la cualidad de píxeles por fotograma y mejorar así la simulación de la realidad. La posibilidad de simular materiales reales es gracias una foto de un material real que sirve como patrón para su simulación ajustando su escala.

Cuanto mayor sea la calidad del render mayor será el tiempo que el ordenador tiene que utilizar para simular la información ralentizando un poco el proceso. Por eso es importante definir a que nivel de calidad o detalle se va a utilizar en cada estaba del proyecto.

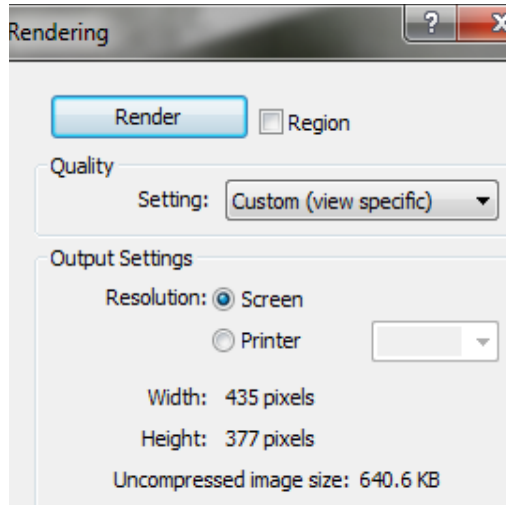


Figura 38. Ajustes de detalle para render.

Aparte de configurar el render también se configura la visualización de gráficos donde intervienes las sombras, luces, visualización de líneas y topografía. También se dispone de una herramienta, en el caso de Revit, llamada paseo con la que se pueden realizar videos interactivos de un paseo virtual por el modelo de simulación arquitectónico consiguiendo una mayor expresión y comprensión del espacio exterior e interior y como estos interactúan.

3.2.2.3. Organización de la información

Todas las vistas generadas para comprender el objeto de trabajo y el modelado son paramétricas, mantienen una vinculación de datos dinámica que es actualizada automáticamente en todas las presentaciones de la simulación. Así, se permite crear vistas gráficas con datos alfanuméricos introducidos manualmente por el usuario que sean coherentes y veraces. En el diagrama 4 se puede observar que al enfocar el triángulo azul de la cámara hacia el modelo se genera una vista acorde con la perspectiva que se modifica automáticamente en el resto de diseños incluyendo ese nuevo diseño extraído del 3D.

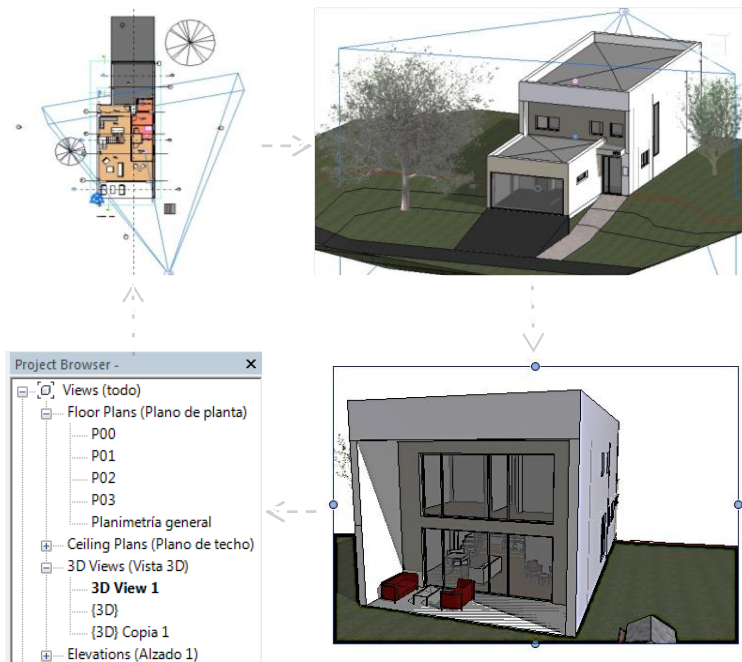


Figura 39. Vinculación de datos en modelado dinámico.

Para el desarrollo de un proyecto es necesaria la comunicación de la información con este tipo de modelos tridimensionales que integra todas las partes diseñadas y da lugar a la comprensión del conjunto

del proyecto. Con aplicaciones que no son BIM la visualización del conjunto no era posible hasta haber avanzado mucho en el proyecto. En cambio, con Revit y otras aplicaciones BIM, se puede hacer un seguimiento de la volumetría desde la primera fase del proyecto y poder estimar mediciones de superficie, niveles y costos. Como se puede ver, la representación del 3D puede modificarse dependiendo de la información que se quiera comunicar. En este caso se ha empleado una caja de sección para realizar un corte longitudinal y poder comprenderlo tridimensionalmente.

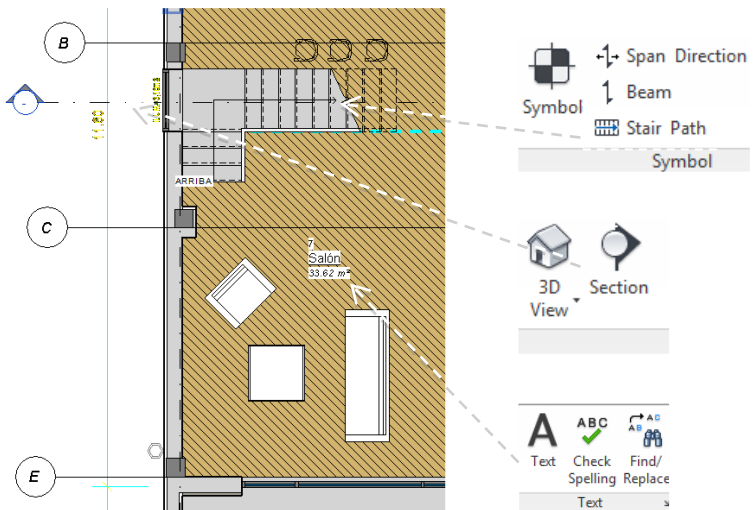


Figura 40. Representación símbolos dinámicos.

En la simulación de los diseños se permite personalizar el nivel de desarrollo gráfico (*Level of Development*) y la escala para cada ventana gráfica dependiendo de la vista seleccionada: planta, alzado, corte y 3D. Se consigue una mejor interpretación de los datos, nivel evolutivo del proyecto, gestión de información del modelo y relación entre las diversas piezas representativas para un proyecto de arquitectura. Como se puede visualizar en el diagrama 14 la representación de los símbolos en BIM es dinámica, actúa en función del ajuste del diseño.

Esta simbología es común a todos los usuarios creando un estándar de representación de símbolos. Muchos de estos símbolos están parametrizados en contenido y diseño, dependiendo del tipo de vista aparecen representados adecuadamente a la información precisa para cada plano. Un ejemplo sería la representación de la escalera que se puede visualizar en la figura 41. En este plano de planta aparecen representados automáticamente el sentido y el grafismo de la escalera, como la parte superior del corte que no se ve esta representado con líneas discontinuas. Con el texto ocurre lo mismo, según la escala del diseño el texto se adapta automáticamente para ser visible y poder ser analizado.



Figura 41. Definición de modelo 3D.

El modelo 3D se puede visualizar siempre actualizado con el diseño de las demás vistas pudiendo consultar y realizar modificaciones y elegir la definición del detalle en la imagen. Permanece siempre relacionado con las demás presentaciones, que gracias al diseño paramétrico de objetos, permite que sean introducidos parámetros para que el diseño del modelo adquiera una forma adecuada; el 3D aparece representado con el detalle alto pudiendo diferenciarse la materialidad de los objetos que lo componen.

LOD 100 (diseño conceptual y propuesta arquitectónica) se utiliza para las fases conceptuales del proyecto como puerta, ventana o cubierta sin definir tipología, aperturas, particiones concretas.

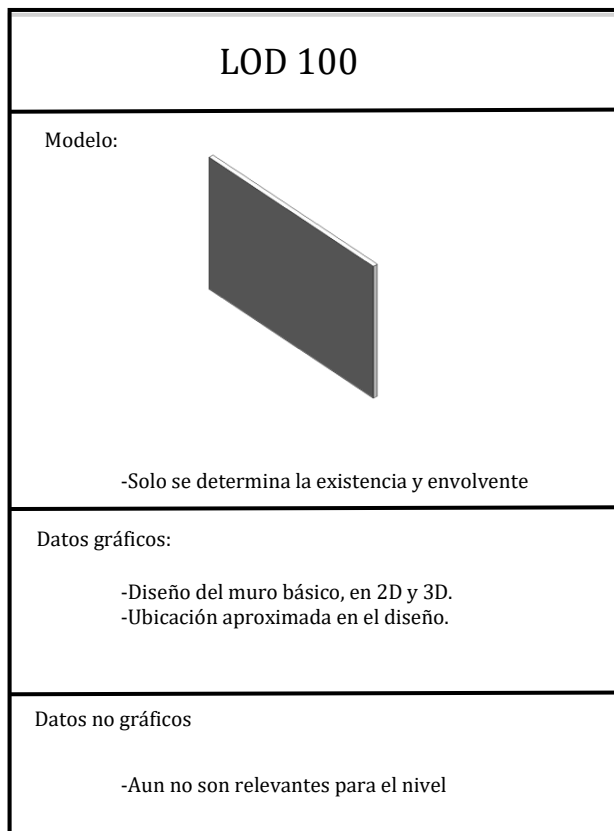


Figura 42. Level of Development LOD 100.

La información grafica del elemento solo indica su propia existencia, no puede determinarse el detalle del mismo. Trata sobre una aproximación al modelo definitivo geométrico, dimensional y su medición económica ya que se puede evaluar en medidas de superficie como metros cuadrados.

LOD 200 (proyecto básico) se usa en la primera fase de aproximación a las dimensiones del elemento y unas propiedades más acertadas pero sin existir detalle gráfico por lo que sus dimensiones y ubicación aproximada tienen cierta tolerancia con un aspecto más genérico.

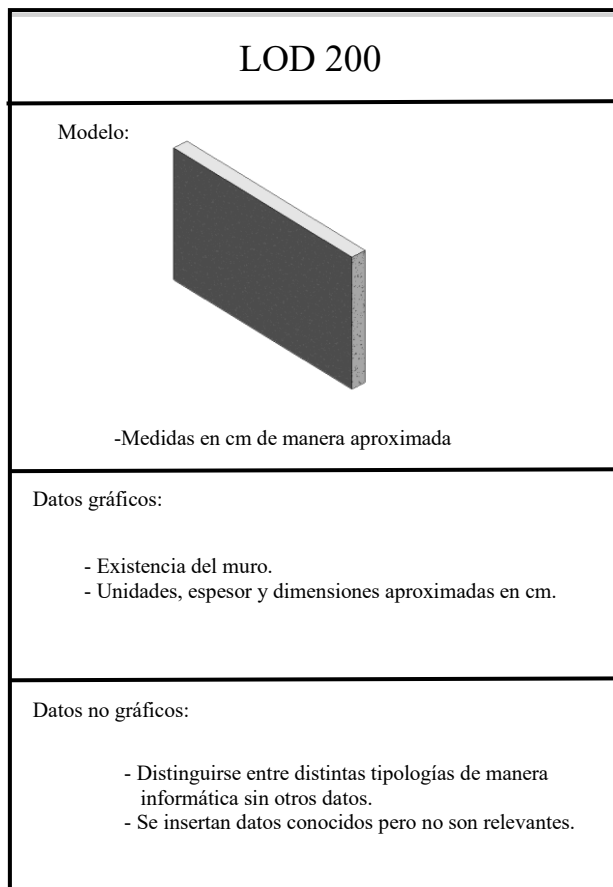


Figura 43. Level of Development LOD 200.

En esta etapa no se representan símbolos pero los datos cuantificativos tienen poco margen. En el caso de un muro se podrá concretizar el espesor pero aun está en desconocimiento las capas que lo componen.

LOD 350 (proyecto ejecución) se concretiza la forma, orientación y conexión de los elementos en el modelo de simulación, definiendo detalles constructivos que solucionen los encuentros de los elementos de diseño entre sí.

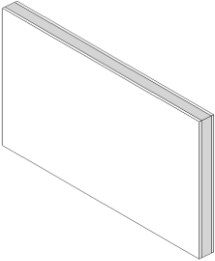
LOD350	
Modelo:	
	-Medidas en cm de manera aproximada
Datos gráficos:	<ul style="list-style-type: none">- Dimensiones.- Unidades, espesor y dimensión en cm.- Materiales- Capas y espesores en cm.- Comportamiento en encuentros.
Datos no gráficos:	<ul style="list-style-type: none">- Marcas y modelos de las capas y materiales.- Datos físicos, químicos y mecánicos definidos con poca normalización.

Figura 44. Level of Development LOD 350.

Muchos parámetros introducidos han de ser modelados pero no diseñados para que el proyecto no tenga mucha carga en el software. Es necesario que este modelo incluya las marcas y modelos necesarios para la definición del proyecto y datos no gráficos.

LOD 400 (Proyecto de contratación o construcción) el modelo se representa gráficamente en el modelo como un sistema específico, objeto o montaje en términos de tamaño, forma, localización, cantidad y orientación con detalles, fabricación, montaje, y la información de la instalación.

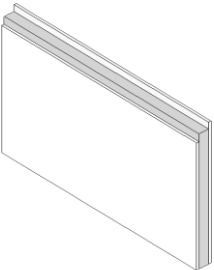
LOD 400	
Modelo:	
Datos gráficos:	<ul style="list-style-type: none">- Dimensiones.- Unidades, espesor y dimensión en cm.- Materiales- Capas y espesores en cm.- Comportamiento en encuentros.- Plano replanteo del ladrillo
Datos no gráficos:	<ul style="list-style-type: none">- Marcas y modelos de las capas y materiales.- Datos físicos, químicos, mecánicos definidos y poca normalización.- Planos de montaje de prefabricados, instrucción de montaje e instalación.

Figura 45. Level of Development LOD 400.

LOD 500 este modelo es una representación cohesionada comprobada sobre la realidad in situ en términos de tamaño, forma, localización, cantidad y orientación. El modelo constituye un modelo virtual de diseño del edificio veraz y real.

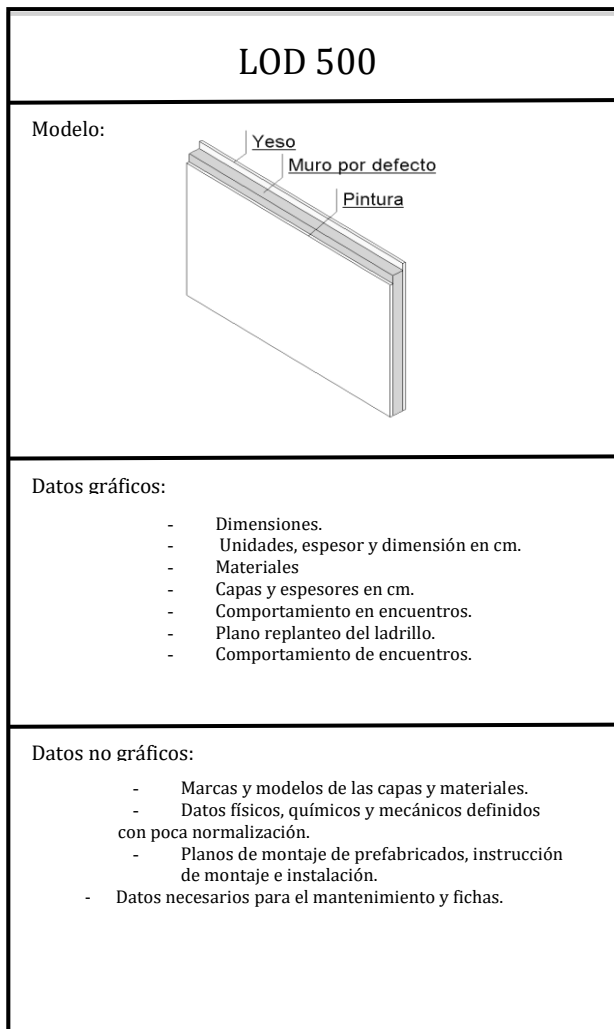


Figura 46. Level of Development LOD 500.

La información reflejada es la real para el proyecto de obra e ira siendo actualizada conforme este evoluciones con documentación complementaria de modificaciones, adaptaciones, fabricantes para complementar el modelo real de información. El tratamiento y adecuación de esta información es esencial para que pueda perdurar y ser tratada a lo largo de la vida de proyecto arquitectónico.

3.2.3. Conjunto de conocimientos de la ontología de representación de información.

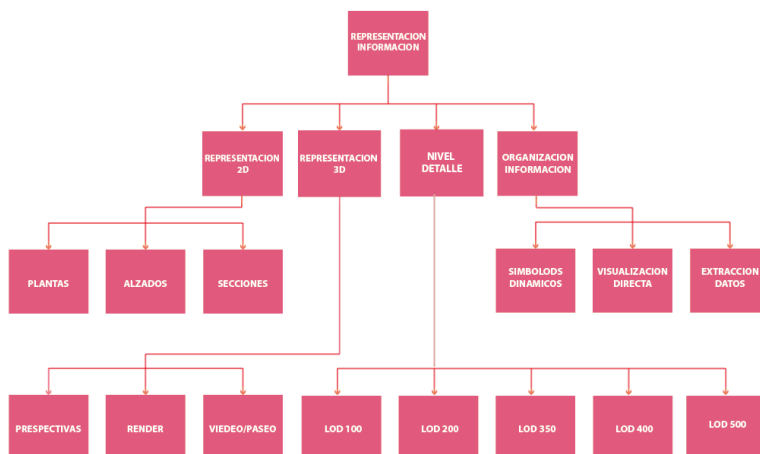


Figura 47. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos.

El esquema jerárquico de conceptos ontológicos que describe la representación de la información en BIM. Los conceptos recogidos en este capítulo son ideas generales sobre la integración de la información en el modelo de trabajo y como se representa las piezas necesarias para la realización de un proyecto. Debido a su capacidad dinámica de gestión de información y actualización, las aplicaciones BIM con base paramétrica establecen relaciones entre: 2D, 3D, la organización de información y los criterios de diseño para que el modelo de trabajo sea veraz y actual.

Con la introducción de datos en una simulación 2D automáticamente se genera la misma representación en 3D, ya que los elementos diseñados también contienen información espacial asociada a su representación tridimensional. También son generados los alzados y las secciones pertinentes permaneciendo cohesionados con el resto de diseños.

La coordinación en el espacio de trabajo y de la información permite al usuario una mejor comunicación y análisis del diseño arquitectónico pudiendo elegir varias representaciones para la correcta comprensión y magnitud del diseño.

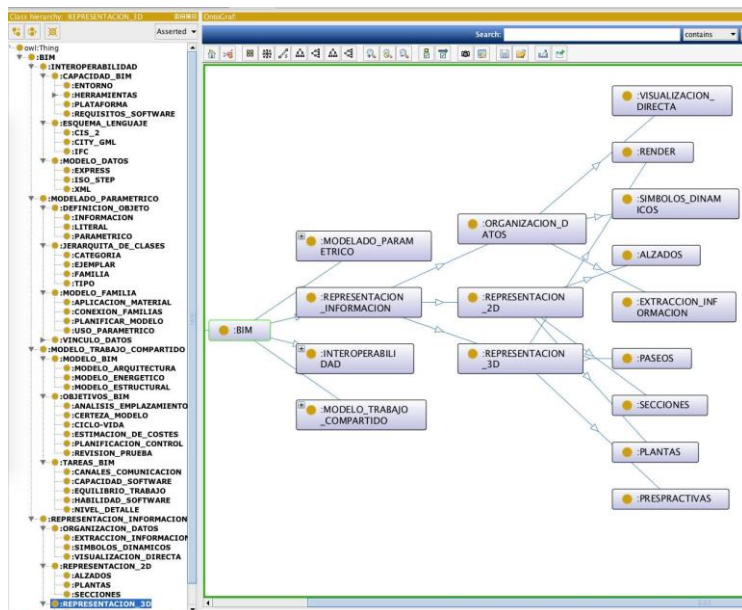
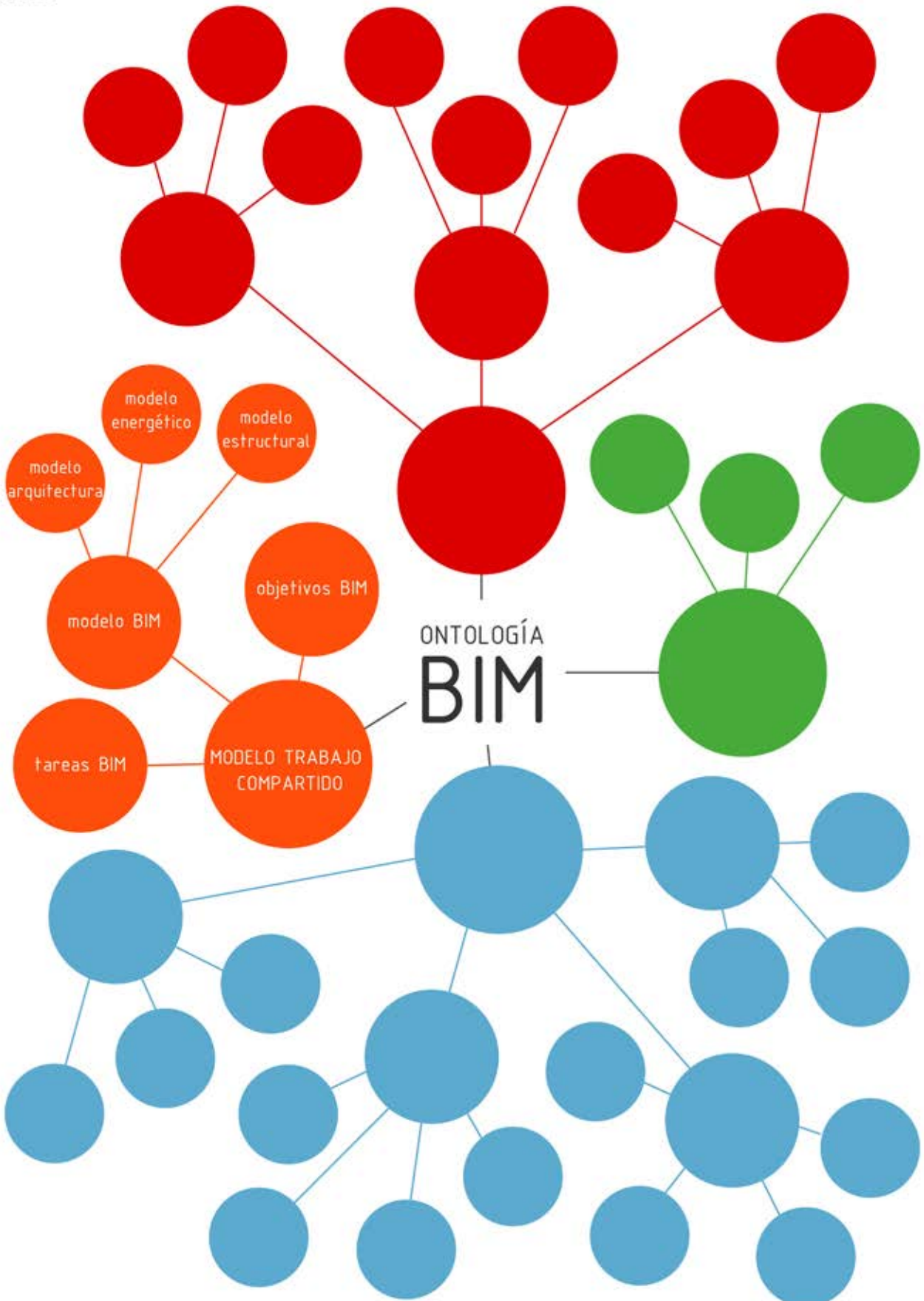


Figura 48. Esquema Ontológico OWL Protégé.

Para que todo el proceso sea coherente y coordinado, los diseños 2D y 3D están sujetos a unos criterios de organización de la información y diseño para su correcta ejecución y representación. Por una parte la formalización de símbolos dinámicos y la ejecución de un nivel de diseño, facilitan el entendimiento y concretización del diseño entre varios usuarios que actúan de manera coordinada al diseñar con el mismo lenguaje de expresión.

La conexión entre diferentes diseños del proyecto crea una comunicación dentro de la aplicación, contextualizada por la interactividad del programa y el seguimiento de procesos para integrar los datos en el modelo.

3.3



3.3. Modelo Trabajo Compartido en BIM.

3.3.1. Concepto ontología modelo trabajo compartido.

Se puede observar en la Figura 49, la metodología BIM se compone de un plan de ejecución compartido entre diferentes especialidades: arquitectura, construcción e ingeniería. En él se definen todas las partes a tratar un proyecto de arquitectura para evaluar los recursos necesarios para llevarlo a la realidad y así poder determinar un proceso de trabajo en el que participaran otras especialidades gestionando la comunicación con la integración de datos en el modelado del objeto.

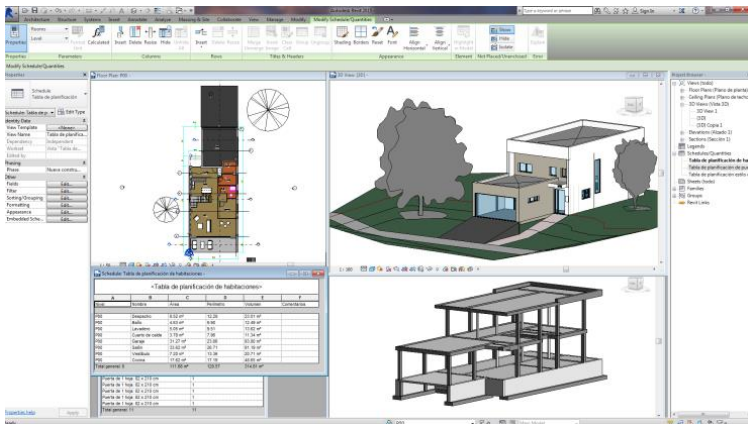


Figura 49. Simulación en Revit representación 2D, 3D, estructura de un modelo de diseño arquitectónico.

El arquitecto es el BIM Manager, es el encargado de gestionar la personalización del ambiente de trabajo para que ingenieros y constructores pueda integrar y extraer la información correcta del modelo de trabajo. Así, se da la opción de que el BIM Manager autorice sub-proyectos como estructura o instalaciones dentro del modelo de diseño para que pueda almacenar toda la información y puede servir para el análisis. La veracidad de la información es una importante parte de la comunicación de la metodología BIM ya que es testada en el modelo de trabajo.

Como gestor del proyecto el arquitecto tendrá que definir: unos objetivos para alcanzar en el modelo BIM, definición de roles y equipos con tareas y responsabilidades de diseño, fases del proyecto, condiciones de coordinación y tiempos de intercambios de información entre especialidades, el proceso, control de la calidad y las normas de BIM referentes a nomenclatura, protocolos y software a utilizar. La estimación de estos procesos debe de ser realista para aprovechar con mayor eficiencia la documentación.

- La programación del mantenimiento del edificio a lo largo del ciclo de su vida las aplicaciones BIM, al contener los datos para su posterior uso, permite prever y evaluar las operaciones de mantenimiento, reducir costes y todo en el mismo archivo.
- Modelo final veraz que describa la geometría de los diferentes elementos del edificio con alta precisión que se puedan realizar cambios y análisis de documentación relativa a fichas técnicas y manuales. El contenido de la información en el mismo archivo facilita el análisis y gestión de datos para interactuar con el modelo.
- Planificación y Control para la coordinación entre los diferentes agentes que participan en la formalización del proyecto y construcción. Esto permite un análisis previo de detección de interferencias y conflictos en la información, la pre-visualización del proceso constructivo para poder realizar una estimación de las fases del proyecto.
- Revisión del modelo BIM sirve como fase de prueba para la edificación 3 D para tomar decisiones sobre orientación, iluminación natural y artificial, consumo energético e imagen arquitectónica. Permite evaluar las capacidades arquitectónicas, estructurales y técnicas de edificio para poder solucionar problemas de comunicación.
- Análisis del emplazamiento mediante un modelado conceptual de la topografía y agentes que intervienen en el entorno de la edificación, para su análisis y búsqueda de la solución más eficiente y optima en cuestiones de radiación solar, viviendas colindantes, vientos.
- Estimación de costes del modelo BIM mediante una base de datos que permitan analizar con precisión las mediciones y presupuestos evitando sobrecostes sin planificar.

Con la aparición de software para el diseño arquitectónico para el modelado de la información del edificio surgen aplicaciones paralelas para ayudar a la cohesión de información estructural y energética, la parte más técnica de la arquitectura. Estas aplicaciones son funciones del mismo software para poder utilizar el mismo lenguaje de trabajo.

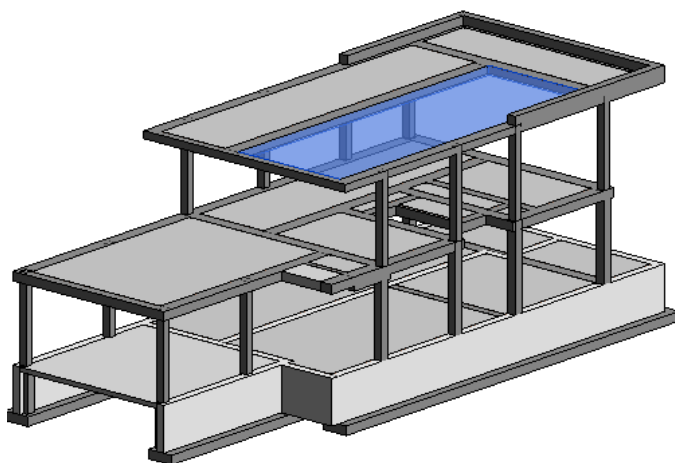


Figura 52. Modelado estructural 3D de una edificación.

Una para importante de BIM es la comunicación de información entre los usuarios de diferentes especialidades: propietarios, arquitectos, ingenieros y constructores. Para agrupar todas estas especialidades tiene que haber una jerarquización de actuación sobre el modelo. Con BIM se puede definir todas estas etapas de análisis de la información para una mejor gestión de la arquitectura, permitiendo que perdure con el paso del tiempo.

Para completar todos los objetivos es necesario planificar las tareas para un mejor rendimiento del trabajo como se explicará en el siguiente apartado. A continuación, se puede observar una simulación del modelo de trabajo en la aplicación Revit donde coexisten diferentes especialidades para garantizar la certeza de la información introducida en el modelado.

Al diseñar una construcción se crea un modelo BIM de la arquitectura, un modelo estructural y un modelo energético. El modelo estructural está vinculado a la parte de ingeniería y arquitectura mientras que el modelo energético está vinculado a las instalaciones y arquitectura. Todas las especialidades juntas generan un objeto que contiene cálculo estructural y cálculo energético introducido por las diferentes especialidades para el desarrollo del modelo BIM.

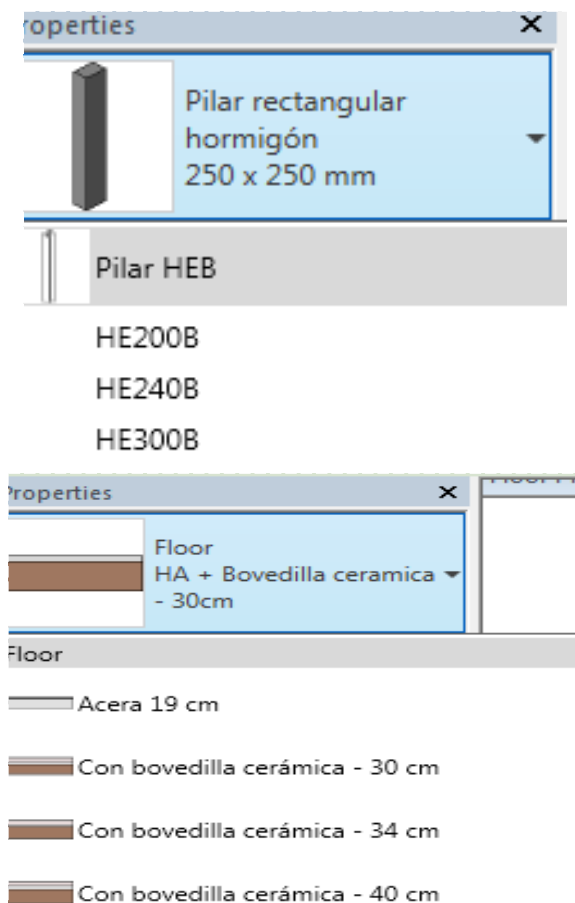


Figura 53. Selección de elementos descriptivos geométricos estructurales por las especialidades.

Actualmente la proyección arquitectónica es un proceso colectivo formado por la intervención e interacción de muchas disciplinas de profesionales que colaboran para definir la arquitectura. El proceso es fragmentado por diversos factores: fases, normativa, actores, cultura y ecosistema. Todos estos aspectos se estudian para hacer más eficientes los procesos de un proyecto arquitectónico en función del análisis de coste y tiempo.

La eficiencia de un sistema de gestión de la información siempre ha sido un aspecto estudiado por la comunidad científica para la introducción de metodologías y técnicas de planificación y control del proyecto en múltiples sectores: arquitectura, ingeniería e industria. La construcción es una de las actividades más difusas del mundo debido a la cantidad de profesiones y factores que intervienen en ella.

El rápido desarrollo de la tecnología, la proliferación de las normas y procedimientos técnicos, el crecimiento en el tamaño de las operaciones, las mutaciones culturales según el lugar de intervención, la atención particular en la eficiencia de la construcción ambiental y energético, hace que la cantidad de información que hay que gestionar pueda llegar a complicar el proceso de diseño, construcción y producto.

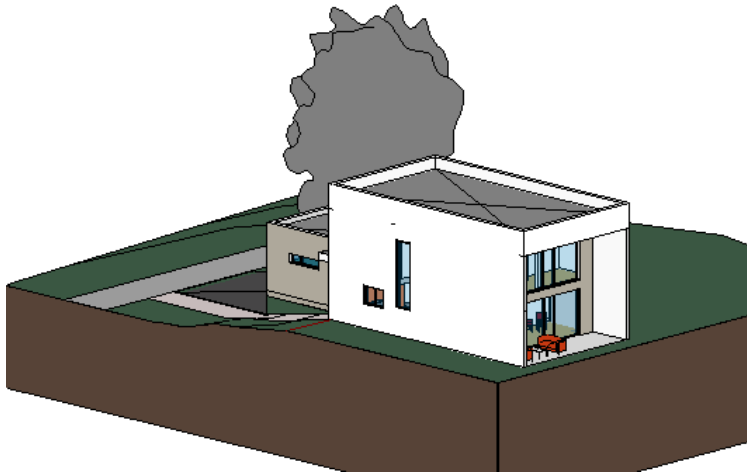


Figura 54. Visualización del modelo de objetos geométricos colaborativo.

La proyección de arquitectura compleja consiste en el proceso colectivo, temporalmente definido, dividido en fases, aplicado por varias especialidades o disciplinas de profesionales, forman parte de un proceso más amplio de construcción, el mantenimiento y la demolición o renovación del edificio del producto (Carrara, 96; Trento, 2011). En general, el concepto “proyectar” se aplica a todas las fases del proceso, desde la pre-configuración del edificio y análisis, la parte constructiva, mantenimiento, logística y uso del espacio. Las actividades de diseño se extienden cada vez más en todos los ámbitos en los que interviene la evolución del objeto arquitectónico para anticiparse o realizar cambios, mejorar las tecnologías aplicadas y trabajar con herramientas y métodos diferentes para la expresión de la arquitectura.

3.3.2.2. Planificación tareas BIM

Las formas de interacción con el proyecto en las que existen diseñadores involucrados en el proceso de diseño definen la temporalidad de las acciones, fases y tiempo de intervención, jerarquía de disciplinas de trabajo, conocimiento del entorno operativo y actividades simultáneas para llevar a cabo el diseño y manufactura del objeto arquitectónico.

El enfoque de un proyecto arquitectónico se basa en cinco elementos: el proceso, un grupo multidisciplinar, un modelo de diseño integrado, un entorno físico e infraestructura hardware/software. Algunos modelos representativos para la intervención en la arquitectura se definen:

- El desarrollo secuencial de datos y diseño que se caracteriza por un proceso dividido en el tiempo en diferentes fases que tienen una continuidad entre ellas.

-En el sistema centralizado, la división de trabajo es generalmente jerárquica y realiza el reparto de responsabilidades.

-La información es jerárquica, acompaña al proyecto arquitectónico durante toda su realización para que el desarrollo sea fluido.

La proyección cooperativa es una forma del proceso de diseño en la que todos los actores se comprometen a lograr un objetivo común de trabajar en una secuencia no lineal pero con intercambio limitado de información dependiendo de la acción realizada.

El diseño colaborativo es la forma más alta de la interacción en el diseño, ya que implica que los actores pueden ayudarse mutuamente para entender mejor como su trabajo interactúa con los demás para alcanzar una forma y objetivos, lo que permite una comprensión mutua de cara a la gestión e intercambio de información. Esto implica que la resolución de problemas adquiere un enfoque creativo y de utilidad. Para representar correctamente el diseño colaborativo es necesario identificar las relaciones que existen entre las diferentes especialidades de BIM en función de los objetivos de trabajo y la planificación de tareas.

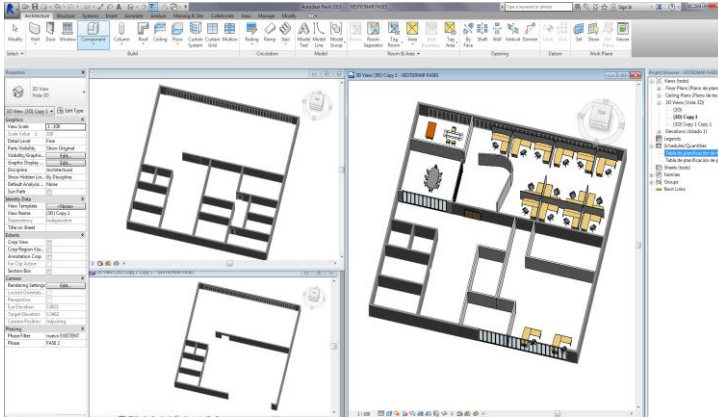


Figura 55. Diferentes visualizaciones de tareas organizadas por fases.

A la hora de llevar a cabo un proyecto arquitectónico, se precisa definir el contenido de información que se va a tratar y cuanto se va a tardar en analizar la información requerida. Para una mayor fluidez en el modelo de simulación es preciso establecer unas tareas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

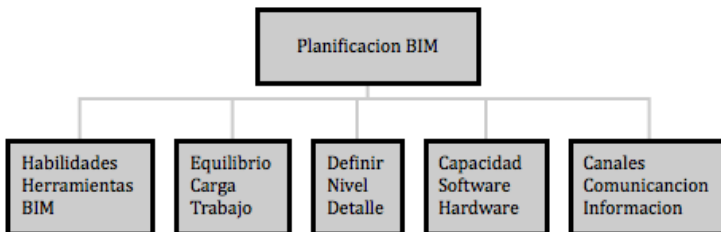


Figura 56. Esquema de atributos de planificación de tareas BIM.

- Cada una de las tareas asignadas precisa de una serie de habilidades y conocimiento de las herramientas BIM. Dependiendo del nivel de competencia de cada especialidad se asignaran tareas a cada miembro del equipo de trabajo dependiendo de sus habilidades o actitudes ya que no todos tienen que dominar las herramientas BIM en su totalidad para modelar en el diseño.

- Equilibrar la carga de trabajo siendo conscientes de que cada tarea o función necesita de recursos informáticos y tiempo para ejecutarlos. Es importante que el arquitecto equilibre la carga de tareas.

- Definir el nivel de detalle de forma clara y concisa en las tareas asignadas evitando lagunas para su concretización dado que el modelo de trabajo puede fallar debido a la falta de detalle o información.

- Revisar el hardware y software a la hora de realizar un proyecto para evaluar las capacidades necesarias del diseño se pueden ejecutar con aplicaciones BIM

- Utilizar canales de comunicación para enviar trabajo realizado y poder compartir conocimiento. Esto permite a los usuarios enviarse información coherente para su interpretación con un formato común como puede ser IFC.

El almacenaje de información para su gestión genera una base de datos en la que se guarda el objeto diseñado. Estos datos se pueden guardar en un archivo único en el que está siempre actualizado. Proyectos más complejos se divide en sub-proyectos el archivo en función de las especialidades de usuario. Estos archivos son guardados individualmente para ser actualizados en el archivo general que contiene todo el proyecto. Los sub-proyectos están vinculados al modelo central de manera que comparten la información de forma automática y flexible.

Con la aparición de software para el diseño arquitectónico para el modelado de la información del edificio surgen aplicaciones paralelas para ayudar a la cohesión de información estructural y energética, la parte más técnica de la arquitectura. Estas aplicaciones son funciones del mismo software para poder utilizar el mismo lenguaje de trabajo.

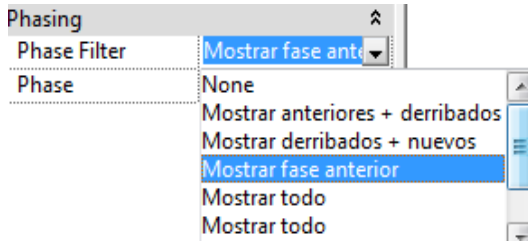


Figura 57. Tipos de fases de organización de información para almacenar en ficheros.

Una para importante de BIM es la comunicación de información entre los usuarios de diferentes especialidades: propietarios, arquitectos, ingenieros y constructores. Para agrupar todas estas especialidades tiene que haber una jerarquización de actuación sobre el modelo. Las fases son aplicables a las etapas de visualización de una construcción para poder entender mejor diferentes procesos de cambio o modificación del modelo.

Como se puede observar a continuación, en un mismo modelo de visualización del objeto, se consigue visualizar a la vez diferentes fases del proyecto pudiendo personalizar la simulación del contenido para que muestre una fase específica.

3.3.3. Conjunto de conocimientos de la ontología.

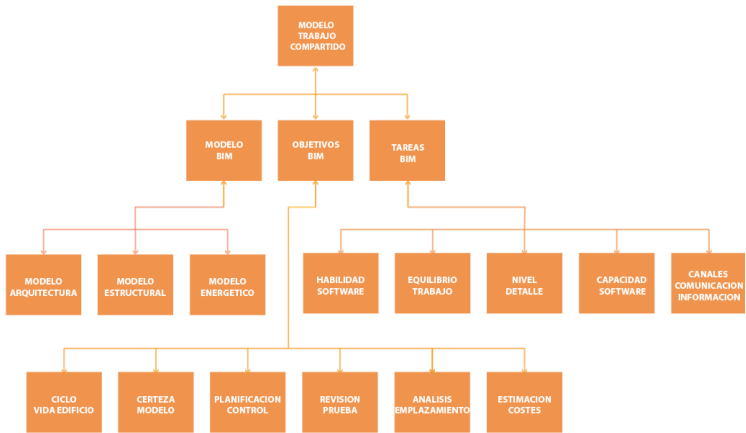


Figura 58. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos.

La Figura 58, es un esquema jerárquico de conceptos ontológicos que relacionan capacidades del modelado de trabajo compartido entre especialidades. Los conceptos recogidos en este capítulo sirven para definir las relaciones de objetivos y tareas que tienen en común los usuarios, que integran información para contribuir a la base de datos del modelo. Al realizarse un estudio sobre los objetivos del proyecto en BIM, se puede especificar las tareas para la realización del modelo desde el diseño hasta después de construido.

Quando se diseña un proyecto arquitectónico en BIM, el arquitecto es el encargado de gestionar la base de datos, colaborando con las especialidades como estructuras o energía para completar y verificar la información que contiene el modelo. La información arquitectónica debe ser enviada a las otras especialidades para que puedan analizarla y diseñar coordinadamente su parte del trabajo.

Al estar coordinada la base de datos por aplicaciones con lenguaje computacional, la integración de la información es actual y cuenta con la garantía que ha sido introducida con el rigor establecido por el diseño en la aplicación.

Todos los usuarios deben llegar a un acuerdo en los criterios de representación y detalle para diseñar correctamente todas las piezas que componen el objeto.

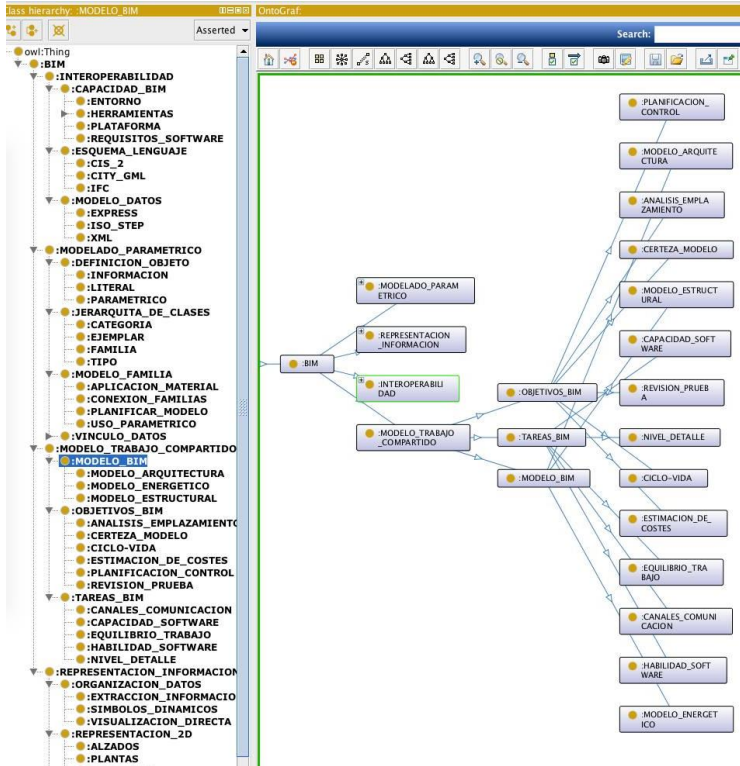
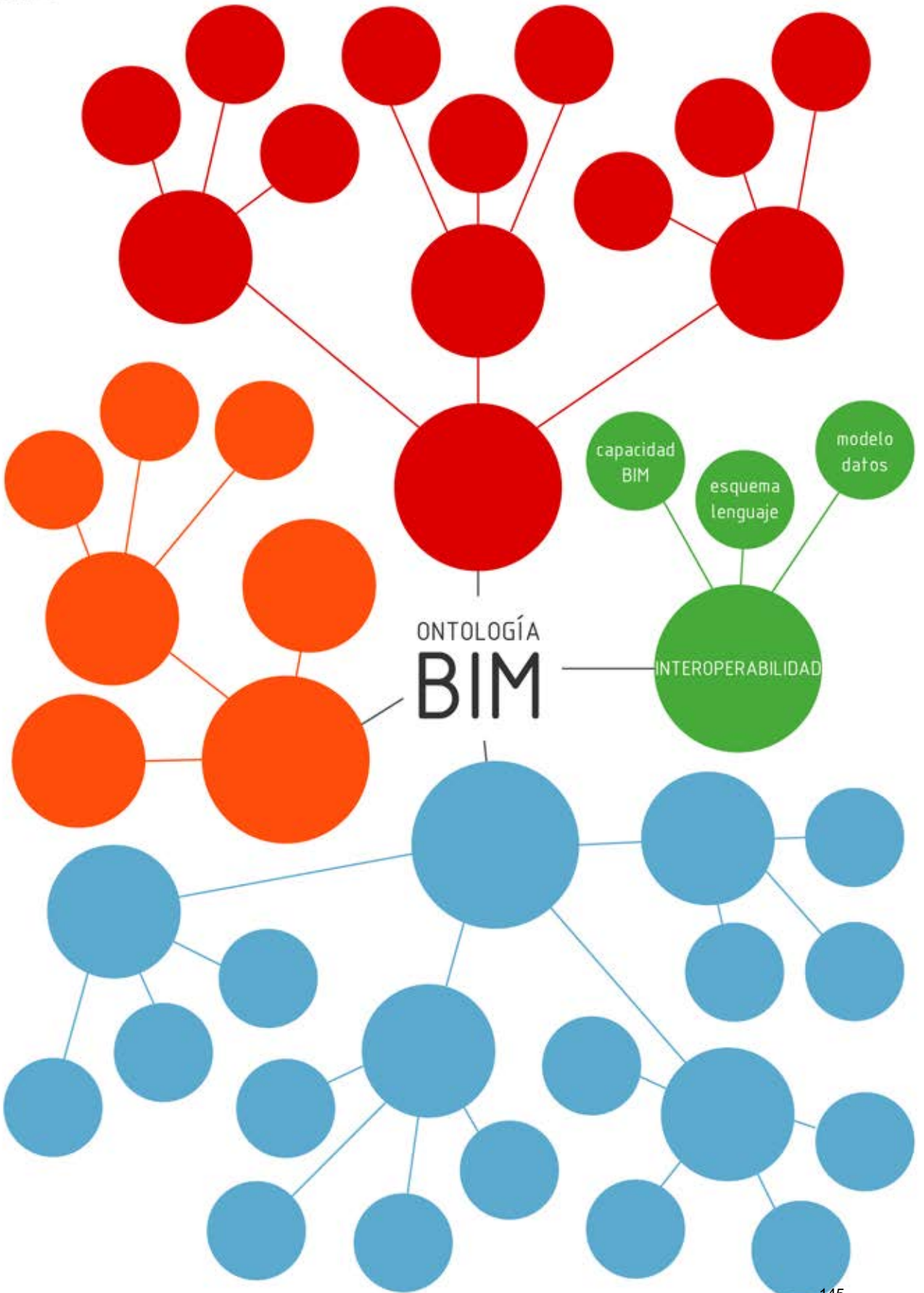


Figura 59. Esquema Ontológico OWL Protégé.

Uno de los factores importantes de BIM es la comunicación de datos para la gestión de la información. Gracias a esta cualidad, desde etapas tempranas el proyecto se puede percibir la envergadura del mismo mediante el modelado conceptual de masa y la comparación de datos como áreas, volúmenes o niveles del objeto. Permite así, un estudio previo mucho más detallado y cuantificable para poder comunicarse mejor entre especialidades.

La extracción de datos se realiza mediante tablas de planificación y diseños que es la manera para comunicarse entre especialidades. Varios usuarios pueden gestionar un mismo modelo de trabajo y colaborar utilizando como lenguaje la expresión arquitectónica en aplicaciones BIM.



3.4. Interoperabilidad

3.4.1. Concepto ontología interoperabilidad.

La interoperabilidad es la habilidad de dos o más sistemas para intercambiar la información y utilizar la información que se intercambia para definir un espacio modelo o un contexto. Los modelos generados por BIM son amplios y con gran capacidad de contenidos de todo tipo. Forman en conjunto una base de datos para la gestión y coordinación del proyecto. Tradicionalmente los archivos que son pesados se particionan para que el diseño. BIM y la gestión de los modelos suponen reducir este tipo de problema. Mientras las mejoras paramétricas resuelven cambios locales, también se produce la coordinación de diferentes modelos y su interpretación en datos para programas, análisis, e informe que es importante para el crecimiento del tema.

Para que los proyectos resulten más leves los proyectos son controlados por una distribución geométrica de un diseño basado en parámetros de control generados por datos electrónicos. Para ayudar al programa en el diseño de objetos paramétricos se comparten datos con otros programas informáticos para su gestión más detallada. Gracias a la interoperabilidad programas como Rhino y Bentley pueden controlar geometrías paramétricas.

A continuación se muestra una visión de las capacidades básicas de las aplicaciones de diseño BIM desde el punto de vista del diseño del objeto paramétricos mediante estas herramientas de diseño. Estas herramientas tienen capacidades para permitir a múltiples usuarios coordinar su trabajo. A continuación se va a analizar las aplicaciones de la siguiente forma jerárquica:

- Herramientas BIM: función en una aplicación concreta que produce unas consecuencias específicas; por ejemplo: generación de modelo, producción de dibujo, lenguaje específico, estimación de costes, análisis energético, foto render y visualización.
- La información que proporciona una computadora después de procesar datos puede ser exportada a otras aplicaciones compatibles con esa información, lo que produce una conexión entre usuarios.

3.4.2. Relaciones y atributos de la ontología de interoperabilidad.

3.4.2.1. Plataforma BIM

La plataforma BIM es una aplicación para diseñar que genera datos para múltiples usos. Esto proporciona una base de datos primaria del modelo que proporciona información a la plataforma. BIM contiene plataformas que corresponden a la interfaz del usuario y al estilo de interacción.

3.4.2.2. Entorno BIM

El entorno BIM es la gestión de datos de uno o más informaciones del proyecto que integran las aplicaciones (herramientas y plataformas) con una organización. La creación de este entorno organizado permite la generación automática y gestión de múltiples herramientas de datos BIM. Además, el entorno BIM incluye objetos y librerías para usar, interfaces para la organización de aplicaciones y links para acompañar la gestión y estimaciones de cálculos del sistema. Las plataformas BIM tienen suficiente información para apoyar operaciones para la creación de objetos, edición y modificación.

Eastman et al (2011), describe el proceso creativo de las capacidades de diseño de las herramientas en función del nivel de importancia, tomando como base de justificación el modelo paramétrico y la edición de datos. Esto se considera un aspecto multifacético en términos de la interfaz de usuario, diseño de objetos y el modelado complejo de superficies.

3.4.2.4. Herramientas de diseño BIM

Las herramientas de diseño BIM son aproximadamente intuitivas y de fácil gestión, con una estructura modular para su funcionalidad mientras que otros sistemas como CAD la funcionalidad no está integrado en el sistema. Las herramientas BIM incluyen: menús de funcionalidad del propio programa, organización modular de diferentes maneras de funcionalidad y ayuda online para explicar operaciones y comandos de software. La interfaz del usuario integra aspectos importantes de la plataforma.

La generación del contenido del dibujo incluye la visualización de los efectos de cambio en el modelo que se modifican directamente sobre el modelo, un efectivo espacio de trabajo (tema) para la generación de distintos tipos de diseño y el carácter asociativo del diseño creado con el resto de visualizaciones gráfica o de datos automáticamente.

El desarrollo de objetos paramétricos definir en tres niveles diferentes según Eastman et al (2011): un rápido diseño en la aplicación para definir objetos paramétricos, determinando las limitaciones de las reglas del sistema; la habilidad de la interfaz para insertar un objeto paramétrico en otro ya existente, ya sea un ejemplar o una familia manteniendo las relaciones y sus propiedades; la habilidad de tener un control global sobre un objeto paramétrico usando mallas 3D u otros parámetros de control que pueden utilizarse para gestionar el lugar, tamaño y propiedades de superficies requeridas en su diseño; el modelado de superficies curvas es creado y editado por modelos de superficie basados en cuadrantes, splines y B-splines (B-rep); otras capacidades del sistema se incluyen la detección de conflictos, acciones cuantificables, especificaciones de construcción y la comunidad web.

3.4.2.5. Esquemas de Lenguaje.

Existen 4 formas de compartir información entre varias aplicaciones.

- Entre aplicaciones el flujo de datos es más fluido reforzando la fiabilidad del de la interactividad entre ellas. Cada desarrollador de software tiene determinadas formas de gestión de información aunque hay formatos comunes entre aplicaciones diferentes. Esto permite trabajar multidisciplinariamente a usuarios en diferentes aplicaciones BIM.

- Los formatos de intercambio de propiedades las aplicaciones desarrollan, con la colaboración del software, filtros para la exportación de datos para que sea compatible. El intercambio es eficiente cuanto más ligero es el trabajo teniendo que recurrir a software y hardware para una tarea más amplia.

- Los formatos de intercambio públicos se utilizan a la hora de hacer un intercambio de información en BIM. IFC (*Industry Foundation Class*), CIS/2 son formatos de intercambio de información.

- Los formatos de intercambio basados en XML se caracteriza por la definición de bases de datos estructurándolo como unos esquemas, utilizado entre otras tareas, para el análisis energético.

Formatos imagen	Formato 2D	Formato superficies y forma 3D
JPG, GIF, TIF, BMP, PNG, RAW, RLE.	DXF, DWG, AI, CGM, EMF, IGS, WMF, DGN, PDF, ODF, SVG, SWF.	3DS, WRL, STL, IGS, SAT, DXF, DWG, OBJ, DGN, U3D PDF(3D), PTS, DWF.

Figura 60. Formatos comunes para la interoperabilidad de datos.

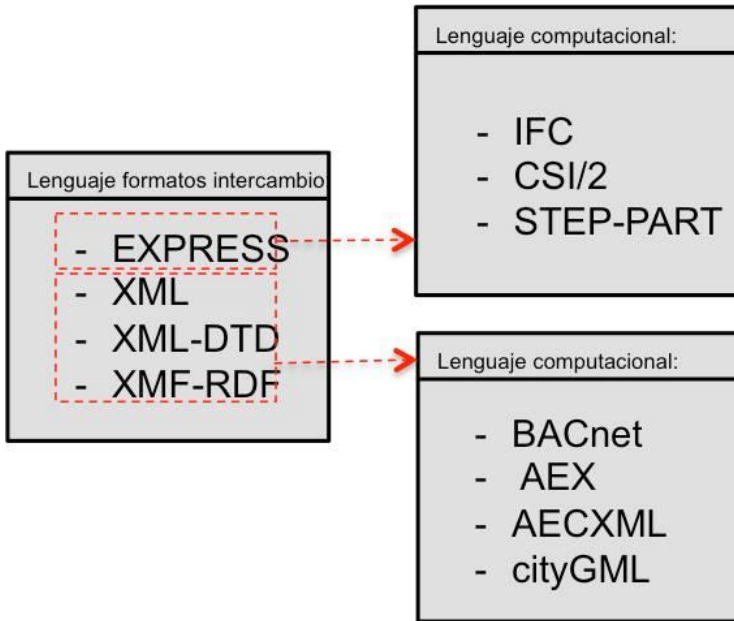


Figura 61. Lenguaje computacional de intercambio de información.

Formatos de intercambio 3D	XML esquema	Surfaces	GIS
STP, EXP, CIS/2, IFC	AecXML, Obix, AEX, bcXML, AGCxml	V3D, X, U, GOF, FACT, COLLADA	SHP, SHX, DBF, TIGER, JSON, GML

Figura 62. Lenguaje computacional de intercambio de información 3D.

El lenguaje de programación se denomina EXPRESS por su gran capacidad para describir formas geométricas y comportamientos orientados al objeto para una mayor fluidez de trabajo. Esta manera de describir los modelos de información basados en determinado lenguaje es universal para todas las aplicaciones compatibles con el formato.

Para adjuntar información al formato de trabajo se emplean diversas estrategias de actuación como: añadirlas de forma manual en la aplicación, predefinir las librerías para compatibilizar el flujo de trabajo entre especialidades y una codificación estándar para los datos más específicos del proyecto adjuntando una leyenda explicativa.

BIM genera la visualización de modelos de trabajo (objetos) de diferentes informaciones: datos, diseños 2D y 3D; vinculadas automáticamente mediante procesos de cohesión de información de la pieza diseñada. Están coordinadas y actualizadas entre si generando un objeto actual y fiable. El objeto se transforma gracias al modelado paramétrico que recopila la información. El software es el encargado de gestionar las vistas para la visualización del usuario. Cada aplicación cuenta con varios mecanismos para interpretación del modelo de trabajo.

Es esencial conocer la aplicación para que su uso no este limitado, así se puede sacar el mayor rendimiento a un modelo mediante visualizaciones alfanuméricas, esquemas, leyendas, tablas de medición. Todas las representaciones y simulaciones conservan el carácter dinámico de BIM, por lo que se actualizan si se modifica el modelo.

3.4.3. Conjunto de conocimientos de la ontología para la Interoperabilidad BIM.

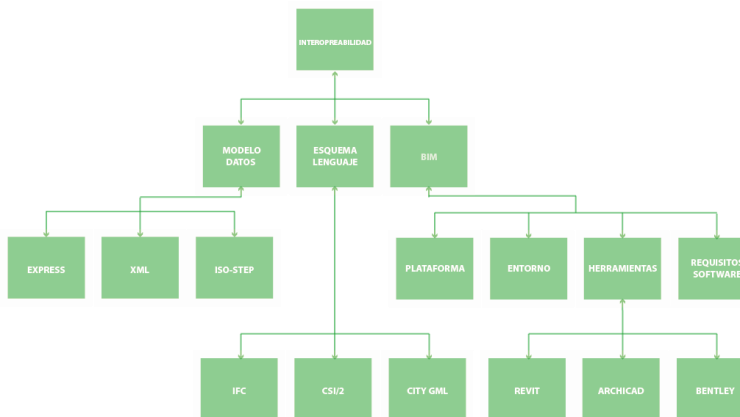


Figura 63. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos.

Como se puede observar en la Figura 63, se representa un esquema jerárquico de conceptos ontológicos que describen el intercambio de información en BIM.

Los conceptos interpretados en este capítulo son ideas generales para la cohesión de los formatos y lenguajes de intercambio de la información que existen en diferentes etapas de BIM.

Para relacionar las especialidades asociadas a la arquitectura y asegurar una compartición veraz de datos semánticos del objeto se recurre al uso del lenguaje computacional EXPRESS utilizado por herramientas BIM, como Revit, para la integración de la información.

La aclaración de las capacidades de BIM tanto en la plataforma, entorno y herramientas nos permiten comprender en los tipos de niveles que se gestiona la información para poder compartirla con total eficiencia.

La competencia de BIM se basa en la comunicación de la información mediante su proceso en herramientas que compartan los mismos niveles de lenguaje. Uno de los lenguajes para compartir datos más utilizado y común a varias aplicaciones es el IFC, que es el más extendido. Dependiendo de la herramienta es mejor elegir el formato adecuado para correcta interoperabilidad ya que el contenido del objeto puede estar comprometido por la pérdida de contenido en su difusión.

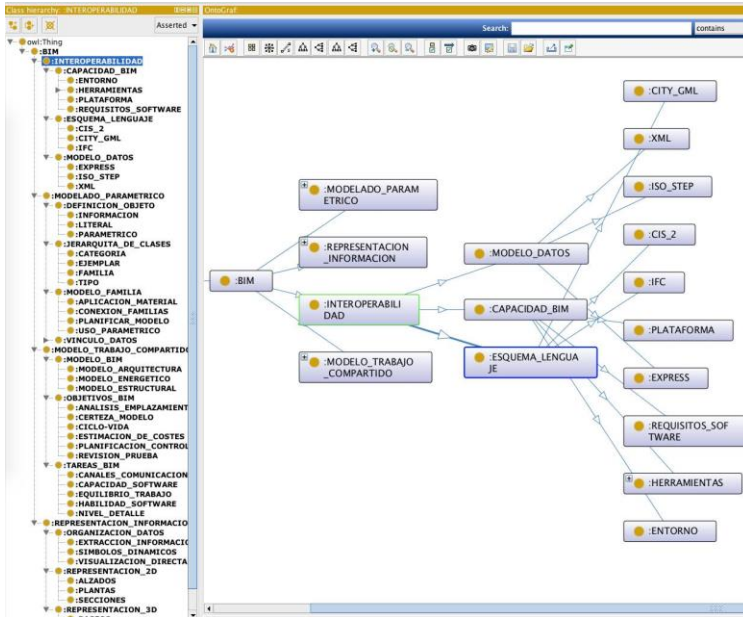


Figura 64. Esquema Ontológico OWL Protégé.

La interoperabilidad es uno de los puntos clave para compartir información paramétrica en BIM. Permite la comunicación entre especialidades del proyecto y el archivo principal, sirviendo de estándar para el contenido de la información común para su intercambio.



4. Correlacion

4. Correlación.

Una vez realizados los respectivos análisis de los diversos conceptos BIM analizados a lo largo del trabajo, el apartado de correlación pretende dar respuesta a las premisas obtenidas de dichos resultados, una síntesis de los mismos y evaluación de los que más influyeron en la elaboración de la ontología BIM.

El marco teórico realizado como base de la investigación partía de problemas fundamentales de la actualidad, la necesidad de evolución de la arquitectura mediante la creación de modelos digitales para el diseño gráfico que se complementa con aplicaciones software, el condicionamiento de las aplicaciones software en del diseño arquitectónico, la comunicación de la información poco fluida por parte de la persona/máquina, la inexistencia de lenguaje común físico y virtual para el diseño y la existencia de normativa oficial europea que implanta la tecnología BIM como herramienta de comunicación y diseño arquitectónico. Los problemas reflejados anteriormente tienen como tema principal el conocimiento de la tecnología BIM y su evolución como herramientas de comunicación, gestión de datos e integración de la información los cuales son llevados a la solución de la disertación.

En la arquitectura, se ha creado la posibilidad de realizar nuevas metas y teorías (Jencks, 1997; Venturi, 1999; Gleick, 1987) definieron, hace tiempo, términos “caos” y la “complejidad” como teorías científicas que resultan ser sistemas dinámicos caóticos. Estas teorías se han ido adaptando con el tiempo por discípulos de este pensamiento como Gehry y Eisenman. Estos arquitectos han dotado de expresión la arquitectura con las teorías de la complejidad y llevando al máximo potencial el poder dinámico del diseño.

Las tecnologías asociadas a BIM (*Bulding Modeling Information*) (Picó, 2011; Eastman, 1999) suponen un avance por la mejora de las metodologías de trabajo y la disponibilidad de varias herramientas para la gestión de información coordinada, cooperativa y computable. BIM consigue que la información está coordinada entre múltiples usuarios en un mismo modelo de trabajo y así poder: cooperar en el diseño de arquitectura, compartir información y computar un modelo, gracias a la continuidad y cohesión de información.

Las ontologías actúan ayudando al desarrollo de un modelo común para crear un conocimiento compartido. Esto crea un sistema funcional; contenedor de objetos, organizador de clases, interface software y gestor de información.

Las ontologías funcionan de forma dinámica como un objeto organizador de un catalogo de patrones. Facilitan el uso y desarrollo de sistemas software para la gestión de conocimiento de un modelo de datos que utiliza recursos avanzados para la implementación de un vocabulario común (Gruber, 1991).

Con la introducción de programas informáticos para diseño de arquitectura, se recuperan las ontologías para expresar métodos formales consensuados para su correcta representación. Métodos tradicionales con base CAD no tienen suficiente capacidad para experimentar con la semántica. Se requieren de nuevas tendencias como BIM para gestionar la información y poder establecer un sistema de comunicación formal y común. El uso de herramientas BIM como Revit, Allplant, Archicad permite compartir un lenguaje común para desarrollar un proyecto. Esto se convierte en una interacción dentro de un modelo para compartir y gestionar cualquier tipo de contenido computable.

Las ontologías ayudan a gestionar el flujo de información para que sea más fácil la comunicación en un ámbito de trabajo modelo. El estudio de estas herramientas proporciona más flexibilidad y cohesión dando lugar a ontologías leves para la gestión de la información. Uno de los puntos de esta disertación estudia la existencia de un lenguaje computacional común que se genera a partir del uso de programas con base BIM.

Las ontologías de la información son compuestas por diagramas y esquemas usados para clarificar y organizar ideas colaborativas en el desarrollo de un proyecto. Las ontologías de la información se caracterizan por ser fácilmente modificables y escalables, con capacidad sintética y esquemática y por ser usadas a lo largo de todo el proceso de diseño de un proyecto. Estas se centran en conceptos, ejemplos y sus relaciones para proponer una visión general del proyecto.

Un ejemplo de ontologías software es IFC, que has sido desarrolladas progresivamente por IAI (*International Alliance for Interoperability*) desde 1995. El primer objetivo de IFC es la interoperabilidad entre aplicaciones software dentro del sector de la construcción.

A lo largo de la simulación, han sido analizados diferente conceptos de tratamiento y comunicación de la información en BIM, centrándose en el área que corresponde al modelado de la información paramétrica con el objetivo de comprender la jerarquía de información necesaria para realizar un proyecto arquitectónico BIM y como varias especialidades de la construcción pueden coexistir en un mismo modelo de trabajo, que actúa de lenguaje computacional común para el intercambio de datos entre los usuarios de la base de datos del modelo objeto.

Para conseguir determinar la meta ontología BIM se han interpretado especificaciones explícitas de las conceptualizaciones compartidas para la identificación de un lenguaje común de la comunicación de datos entre usuarios y el contenido semántico que es necesario integrar en el objeto de diseño en las aplicaciones BIM. La identificación de estos conceptos compartidos por los usuarios de BIM nos permite diferenciar el nivel de integración semántica de un modelo de simulación haciendo visibles las partes que tiene que contener un modelo para que sea veraz, claro y conciso.

En la primera fase del análisis se identifican conceptos aplicados al modelado paramétrico de objetos en BIM. Los objetos se organizan en categorías según la información que contienen permitiendo a usuario utilizarlas a su voluntad para la cohesión del modelo del objeto. Esta es una parte importante del análisis ya que se define el contenido del objeto para su correcta ejecución y completar los datos semánticos integrados en él.

El diseño paramétrico crea información que caracteriza al objeto y puede ser extraída para su análisis, siendo una cualidad muy importante ya que el tratamiento e integración de la información es clave para una correcta formalización del objeto condicionando todo el proceso de trabajo y representación de información si no se hace un uso correcto uso.

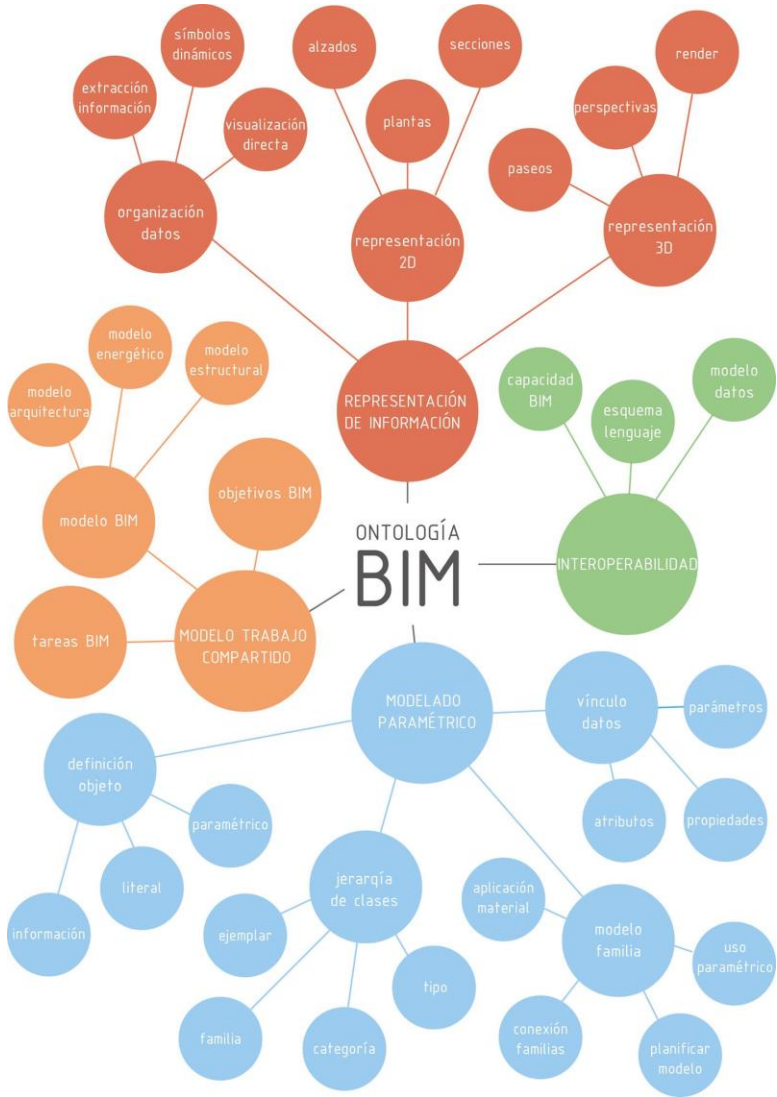


Figura 65. Mapa Conocimiento Conceptos BIM.

La base paramétrica BIM crea relaciones de información entre modelos de trabajo y hace que la información favoreciendo la comunicación. Con el modelo integrado de datos del objeto, BIM funciona dinámicamente a lo largo del proceso de trabajo siempre que la información introducida se coherente, computable y veraz.

En la segunda parte se identifican los conceptos generales de la representación de la información en BIM, comunes a todos los usuarios. Se adquiere una visión sobre como es interpretado el contenido del objeto por la aplicación para su representación: 2D, 3D y sus criterios de detalle. Con al simulación de la vivienda se pretende mostrar como se organiza la información que se interpreta con visualizaciones en herramientas BIM y como estos conceptos de organización se consiguen reflejar en la ontología para la perduración en el conocimiento.

Identificar ontologías leves capaces de asegurar relaciones de información sobre propiedades, parámetros y atributos en procesos de modelado BIM paramétrico y de representación de la información.

En la segunda fase del análisis se identifican conceptos sobre el modelo de trabajo compartido, como coexisten varias especialidades en un mismo modelo. El desarrollo del proyecto arquitectónico en BIM permite interactuar con otros usuarios dedicados al estudio del modelo energético y al modelo estructura. Gracias a la arquitectura que forma el enlace entre estas dos especialidades se crea un flujo de comunicación de datos con un objetivo común que es la definición del objeto modelo.

Teniendo en cuenta que hasta hace poco tiempo no se podía trabajar en un modelo de datos de forma cooperativa, BIM supone un enlace común entre arquitectura, estructuras e instalaciones reforzando la conceptualización compartida de estas ontologías. En la tercera fase del análisis se identifican los conceptos aplicados al interoperabilidad de los datos comunes a las aplicaciones y a las especialidades del trabajo.

Gracias al lenguaje computable de las aplicaciones BIM, el usuario es capaz de formalizar correctamente la información con parámetros y comunicársela a otros usuarios utilizando las capacidades de las aplicaciones para definir un lenguaje de interoperabilidad como IFC que se apoyen en formatos lingüísticos como EXPRESS y OWL. Con esta correlación de conceptos ontológicos BIM y la diferencia semántica de objetos se identifica una meta ontología que contiene una jerarquía general de conceptos en los que se usa el ordenador como herramienta para formalizar el diseño arquitectónico. Con esta meta ontología lo que se pretende es dar a conocer las capacidades de BIM para gestionar la información: representándola correctamente, cooperando con las diferentes especialidades para su contenido, buscando formatos de lenguaje computacional para compartir los datos e integrarlos en el modelo para su correcta ejecución y comunicación.

Diferenciar niveles en procesos de modelación BIM en la organización e integración semántica de la información en diseño colaborativo y la interoperabilidad de datos.

Como se puede observar en el esquema de flujo de la Ontología BIM esta formada por cuatro conceptos de dominio: la interoperabilidad, el modelado paramétrico, modelo de trabajo compartido y la representación de la información. Los conceptos de dominio ayudan a definir el campo sobre el que va a tratar el tema y sus correspondientes relaciones y atributos. También se consigue establecer mapas de conocimiento para tener una idea general sobre ontología BIM y ser aplicados para comunicación de la información y orientar a los usuarios en el trabajo colaborativo o compartido mejorando la interoperabilidad de datos.

La interoperabilidad se basa en el lenguaje de programación de las aplicaciones BIM que utilizan para compartir y gestionar información. Los términos en que se almacena el conocimiento de este concepto ontológico son: el lenguaje, los formatos de lenguaje y las plataformas BIM que se utilizan para compartir mediante formatos comunes de lenguaje. La selección de estos conceptos que se relacionan con la interoperabilidad de datos, ayudan a los usuarios a fomentar una comunicación coordinada, coherente y veraz respecto al modelado paramétrico de geometrías.

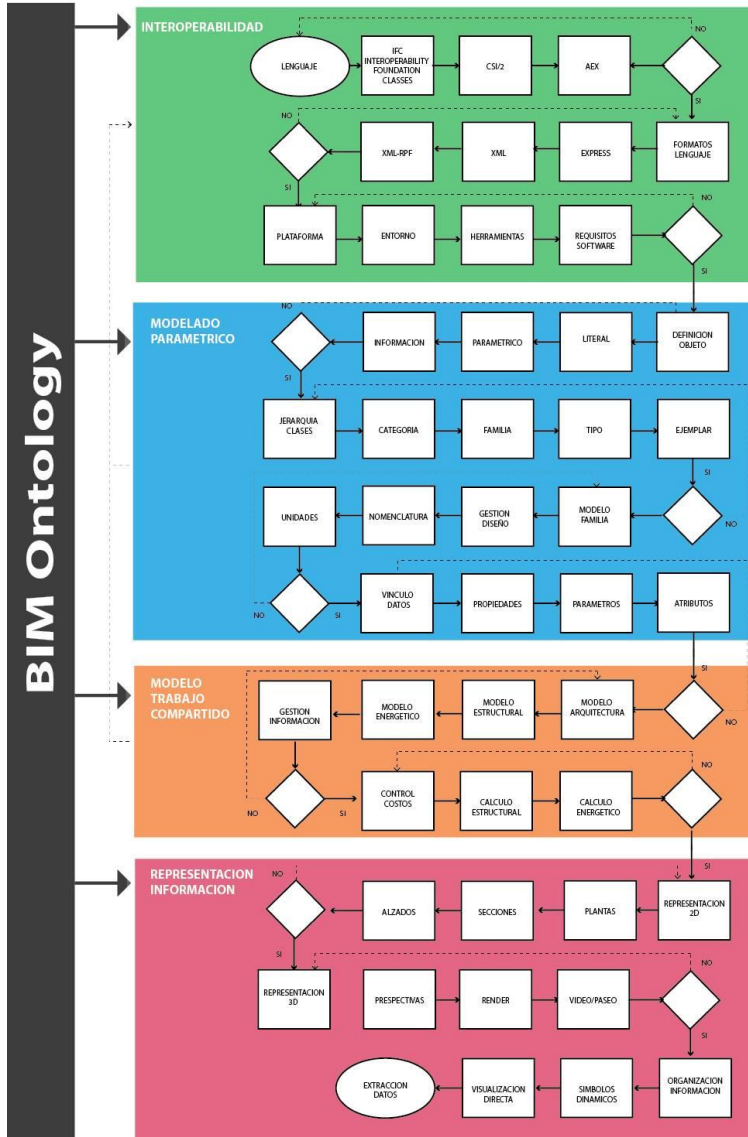


Figura 66. Esquema Síntesis Flujo BIM.

En el lenguaje de programación se pueden seleccionar tipos como: IFC, CSI/2 y AEX. Los tipos de lenguaje forman parte de la comunicación de datos entre las aplicaciones BIM para que sea más fluido compartir información o correcciones realizadas en la base de datos. Los archivos de interoperabilidad son desarrollados por la industria software para dar más compatibilidad ente sistemas BIM y favor así que no se pierda la información en el intercambio.

Los formatos de lenguaje como: EXPRESS, XML y XML-RPF son la base del lenguaje para el intercambio de datos. Es el lenguaje computacional que une a las personas con las maquinas y hace posible la conexión entre plataformas, entornos de trabajo, las herramientas y los requisitos software requeridos por los usuarios para trabajar en común con los programas software.

Después de tener claro los formatos de intercambio y el lenguaje que se va a utilizar se puede comenzar el modelado paramétrico caracterizado por relaciones y atributos como: la definición del objeto, la jerarquía de clases de los objetos, los modelos de familia de los objetos y el vínculo de datos que existen entre ellos.

Según la definición del objeto se pueden organizar en: literal, de información o paramétrico. El contenido de información geométrica se puede utilizar en estas categorías para clasificar los objetos y así poder definirlos mejor según la jerarquía de clases. La información contenida por estos objetos caracteriza la definición y la visualización facilitando la corrección y comparativa de datos.

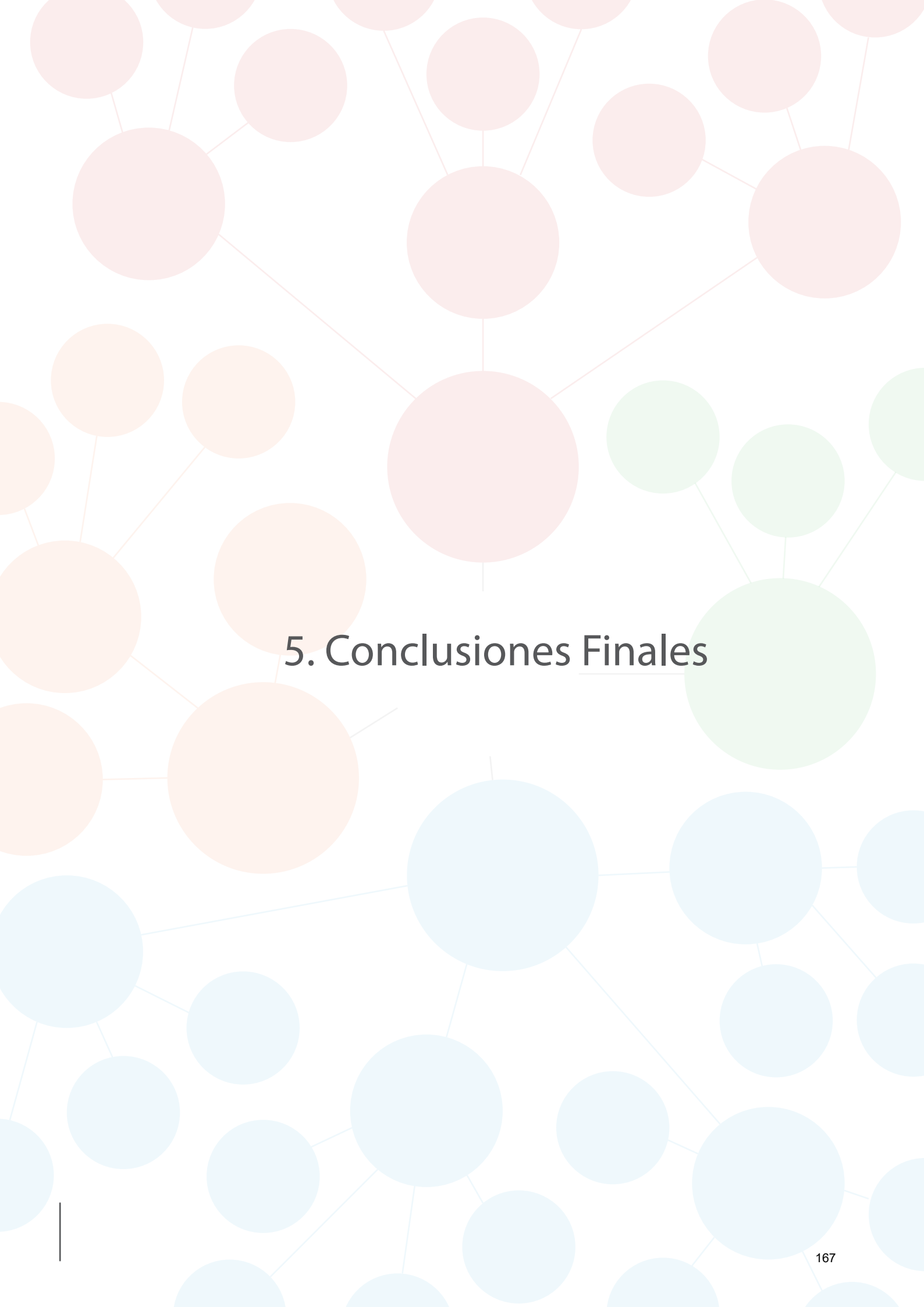
Gracias a la integración de información es mas fácil clasificar los objetos según el modelo de familia teniendo en cuenta la gestión en el diseño, la nomenclatura o las unidades; permitiendo así un mejor comunicación y vinculo de datos definidos por las propiedades, parámetros, atributos que caracterizan estos objetos y facilitan al usuario la comunicación e integración de datos en el modelado paramétrico conociendo sus limitaciones según la herramienta software que se utilice.

Con la decisión del lenguaje de interoperabilidad y el modelado paramétrico es posible modelar un objeto geométrico de manera colaborativa o compartida con el resto de usuarios facilitando la comunicación entre especialidades de la construcción (Eastman, 2011). La innovación del diseño paramétrico permite a los usuarios modelar en un mismo espacio de trabajo objetos geométricos con datos integrados diferenciando modelos: modelo arquitectura, modelo estructural y modelo energético.

El modelo de trabajo compartido permite a los usuarios de aplicaciones BIM organizar tareas, definir unos objetivos del trabajo realizado cálculos y gestionando la información en el diseño. En edades tempranas del proyecto de arquitectura el uso de una base de datos permite al usuario realizar cálculos aproximativos del diseño arquitectónico generando tablas de datos sobre cálculos estructurales, energéticos o mediciones de materiales.

Al gestionar un lenguaje de interoperabilidad para desarrollar el diseño paramétrico de objetos, las diferentes especialidades de la construcción modelan datos que es interpretados por las aplicaciones BIM para su correcto modelado mediante: la representación 2D, contenido por plantas, alzados y secciones; la representación 3D, contenida por perspectivas, renders y videos; y la organización de la información mediante la visualización directa en el modelo de trabajo con el uso de símbolos dinámicos, facilitando así la extracción de información integrada en la geometría del objeto contenida en la base de datos bidireccional entre los ordenadores y las personas.

Todos estos conceptos y relaciones son resultados extraídos del análisis para facilitar un camino guía para los usuarios BIM en el conocimiento de esta tecnología. La ontología forma parte del conocimiento compartido que mejora la comunicación de jerarquías de ideas para el dominio de BIM. Así el apartado de correlación sintetiza los resultados obtenidos por el análisis de conceptos y relaciones determinantes para conocer el campo BIM con mas profundidad por los arquitectos, aunando la interoperabilidad de datos, el diseño paramétrico, el modelado de trabajo compartido y la representación de la información bajo un mismo concepto de dominio que es la ontología BIM.



5. Conclusiones Finales

5. Conclusiones finales

La presente investigación intenta esclarecer los condicionantes que caracterizan las ontologías BIM a través del análisis de conceptos de domino, de las relaciones, de los atributos que dichos conceptos tienen entre ellos y la aportación al conocimiento de esquemas jerárquicos de estos conceptos que representa una contribución al conocimiento y su difusión.

Para establecer una estrategia de análisis se recurre al concepto ontológico filosófico y la metafísica para identificar ontologías existentes en otras especialidades que nos darán un marco teórico de intervención para representar la realidad que nos rodea. El afán por representar la realidad no solo abarca a la filosofía sino que también es común para la arquitectura y el urbanismo. Vitrubio en su libro "De Architectura" recopila las ontologías de la arquitectura greco-latina para su posterior interpretación en la búsqueda de la belleza arquitectónica. Con la recuperación de las ontologías en el campo de la computación (Gruber, 1993) se comienzan a aplicar los conceptos para la gestión de la información con ordenadores para una mayor gestión de bases de datos y capacidad analítica y semántica OWL. El urbanismo utiliza aplicaciones informáticas para gestionar amplias bases de datos y así poder establecer una jerarquía de actuación apoyada en datos recogidos en el análisis. Con la aparición de aplicaciones informáticas que utilizan las ontologías como medio para comunicar y relacionar tanto usuarios como datos (Montenegro e Duarte, 2009), (Guilles Falquet, Claudine Métral, Jacques Teller, and Christopher Tweed, 2011).

Una vez identificados las ontologías que se representan en la arquitectura, filosofía y urbanismo relacionados con la gestión de información y diseño se aplicaran los ejemplos para identificar las ontologías leves en BIM concretando campos de actuación como: representación, modelado compartido, interoperabilidad y parametrización que son compuestos por lenguaje común a todos los usuarios que se utiliza para comunicar la información.

El futuro de la gestión de información recae en las familias paramétricas que forman objetos contenidos de información importantes para la comunicación.

Diferenciar los conceptos aplicados por las aplicaciones BIM para la integración semántica de la información en un modelo de simulación de arquitectura.

Las aplicaciones BIM integran el modelado semántico del objeto por medio de la parameterización de datos para su gestión mediante una aplicación informática que contiene un lenguaje computacional (Eastman, 2011). A la hora de relacionar la información es necesario seguir criterios de formato para que al integrarla en el modelo virtual no de errores de asimilación o no interactúe bien con el resto de objetos diseñados. Es preciso hacer hincapié en la formalización de componentes paramétricos por que suponen un contributo al conocimiento.

Con la diferenciación de los conceptos en la integración semántica de datos en diferentes objetos se comprende como la información es tratada por la aplicación BIM que integra los datos para su posterior análisis. Estos conceptos, como en la creación de familias, tienen que ser lógicos para todos los usuarios para su interpretación correcta y verificar a la forma más eficiente para el modelo.

Actualmente se está profundizando para la mejora de la definición semántica de datos en las familias ya que su mal uso puede dar errores en el sistema de la aplicación. Las familias son objetos con contenido semántico que se usa para analizar y verificar el modelo de trabajo para una correcta integración de los elementos diseñados.

Con la introducción de las aplicaciones BIM se abren nuevos límites para la creación de objetos semánticos relacionados con su entorno y como a la vez que avanzan las tecnologías la cantidad semántica de datos es más pomenorizada haciendo falta diferenciar conceptos claros y generales para su uso y entendimiento.

Las capacidades de la tecnología BIM para describir un edificio desde la geometría paramétrica esta revolucionando la tecnología de la construcción dado que existen aplicaciones que permiten el modelado colaborativo integrando a todas las disciplinas para desarrollar objetos de origen digital.

En estos objetos, se puede ensayar como se refleja la arquitectura en la realidad. Para conseguirlo se esta desarrollando una serie de tecnologías que han conseguido que este tipo de recursos digitales este al alcance de todas las personas y no solo de unos pocos (Coloma,2008).

Las aplicaciones BIM están en continuo desarrollo para mejorar problemas derivados del modelado paramétrico o el trabajo compartido colaborativo. Continuamente la comunidad BIM esta desarrollando implementaciones de esta tecnología para resolver problemas de las diferentes especialidades implicadas en la construcción.

A medida que los usuarios de aplicaciones BIM están creciendo se encuentran nuevas aplicaciones de esta tecnología de las que no se había pensado llevando su desarrollo hasta limites que antes eran imposibles de alcanzar debido al poco uso de estas herramientas o a las escasez de desarrolladores software que desarrollaran sinergias que ayuden a evolucionar a esta tecnología.

Con el creciente uso de esta tecnología, el apoyo gubernamental y social para su implantación es necesario conocer este tipo de software de diseño arquitectónico para no quedarse atrás en la revolución digital de la arquitectura en la que se pueden ver ventajas como el modelado paramétrico y colaborativo; así como desventajas que son el desinterés por la comunicación y coordinación del diseño arquitectónico. Dicho esto, he estudiado la ontología BIM para que sirva de adquisición de conocimiento y de comunicación entre las personas que quieran conocer como se representan las interacciones del conocimiento en BIM.

El ámbito europeo BIM la directiva 2014/24/UE sobre la contratación pública establece la necesidad de emplear sistemas electrónicos en procesos de contratación de obras, servicios y suministros; como medio de comunicación y herramientas para modelar datos de los edificios. En el artículo 22 abre la posibilidad a los estados miembros que exijan el uso de herramientas específicas para el modelado electrónico. Con la exposición de la ontología BIM analizada en esta disertación se reflejan los conceptos necesarios para emplear sistemas electrónicos BIM y así poder tener consciencia del tratamiento de la información y su representación arquitectónica.

Teniendo consciencia de la normativa, con los conceptos definidos se disponen diferentes niveles de información electrónica sobre las características de las obras y servicios públicos que permiten evaluar, bajo múltiples puntos de vista considerando los ciclos de vida completos y sin centrar la atención únicamente en los costes directos.

El modelado de la información de la edificación de manera virtual avanza cada vez más rápido debido a tecnologías como la impresión 3D. Cada vez es más real la impresión de maquetas y la impresión de cualquier tipo de vivienda con las herramientas adecuadas. La impresión 3D se adecua al modelo diseñado por ordenador reproduciendo en la realidad a escala el modelo virtual de la edificación. Hay que ser conscientes que estas tecnologías avanzan en paralelo para garantizar una mejor ejecución de la construcción a escala real. De momento se han conseguido avances con la impresión de materiales plásticos y proyección de hormigo mediante máquinas coordinadas por ordenador.

La utilización del BIM a nivel internacional, aunque este muy avanzada, no se considera totalmente generalizada la implantación aunque diversos países como Reino Unido y Noruega ya existan normativas adecuadas. La definición de ontologías BIM ayuda a los usuarios a conocer los conceptos del conocimiento BIM para facilitar la implantación de estos sistemas y mejorar la comunicación de la tecnología favoreciendo con mapas jerárquicos de conceptos, relaciones y atributos el entendimiento de la forma en que se integra la información de la construcción en un modelo digital.



6. Referencias Bibliográficas

6. Referencias Bibliográficas.

Ahmad, A., Brahim, J. & Syazi, M. (2014). El Desarrollo de Building Information Modeling Definición (BIM). *Applied Mechanics and Materials*, 567, 625-630.

AIA National / AIA California Council (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. The American Institute of Architects .

Alexander, C. (1973). *Notes on the synthesis of form*. Cambridge: Harvard University Press.

Alexander, C., Ishikawa, S. & Silverstein, M. (1980). *Un lenguaje de patrones*. Barcelona: Gustavo Gili.

Alexander, C. (1980). *Tres aspectos de matemática y diseño*. Barcelona: Tusquets.

Alexander, C. (1981). *El modo intemporal de construir*. Barcelona: Gustavo Gili.

Alexander, C. (2008). *La ciudad no es un árbol*. Monterrey: Cuadernos de arquitectura y Nuevo Urbanismo.

Andrade, M. & Ruschel, R. (2009). Interoperabilidade de Aplicativos Bim Usados em Arquitetura por Meio do Formato IFC. *Gestão & Tecnologia de Projetos (4)*, 2, 76-111. Doi: 10.4237/gtp.v4i2.102

Bedrick, J. (2008). Organizing the Development of a Building Information Model. *The American Institute of Architects, AECbytes Feature*, 1-4.

Benítez Burraco, A. (2009). *Genes y lenguaje: Aspectos ontogenéticos, filogenéticos y cognitivos*. Barcelona: Editorial Reverté S.A.

Bogan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução á Teoria e aos Métodos*. Porto: Porto Editora.

Bokmiller, D., Whitbread, S., & Morrison, D. (2014). *Mastering Autodesk Revit MEP 2015: Autodesk Official Press*. Indiana: John Wiley & Sons, Inc.

Broekstra, J., Kampman, A. & Harmelen, F., (2003). Sesame: An architecture for storing and querying RDF data and schema information. *Spinning the Semantic*, 197-222.

Bruyne, P., Herman, J. & Schoutheete, M. (1991). *Dinámica de pesquisa em ciencias sociais*. Rio de Janeiro: Francisco Alves.

BuildingSMART, (2014), Guía de usuarios BIM. BuildingSMART Spanish Chapter.

Chen, K., Lu, W., Peng, Y., Rowlinson, S. & Huang, G. (2015). Bridging BIM and building: From a literature review to an integrated conceptual framework. *International Journal of Project Management* (33), 6, 1405-1416.

Coloma Picó, E. (2008). *Introducción a la Tecnología BIM*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Coloma Picó, E. (2008). *Aplicaciones BIM para el diseño arquitectónico*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Coloma Picó, E. (2010). *Definir BIM, Model, Representació i Vista*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Coloma Picó, E. (2011). *Tecnología BIM per al disseny arquitectònic*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Corser, R. (2012). *Fabricating Architecture: Selected Readings in Digital Design and Manufacturing*. New York: Princeton Architectural Press.

Costa Couceiro, M. (2008). *Analogías Biológicas en la Arquitectura: del acercamiento biónico hacia los paradigmas de lo biodigital*. Tesis de Doctorado, Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona.

- Date, C. (2001). *Introducción a los Sistemas de bases de datos*. México: Pearson Prentice Hall.
- Deutsch, R. (2011). *BIM And Integrated Design: Strategies For Architectural Practice*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Dollens, D. (2002). *De lo digital a lo analógico*. España: Gustavo Gili.
- Eastman, C. (1974). *An outline of the building description system*. Pittsburgh: Canergie-Mellon University.
- Eastman, C. (1975). The Use of Computers Instead of Drawings In Building Design, *AIA Journal* (63), 3, 46-50.
- Eastman, C. (1999). *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*. Atlanta: CRC Press.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011): *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Filler, M. (2007). *La arquitectura moderna y sus creadores: de Frank Lloyd Wright a Frank Gehry*. Barcelona: Alba Editorial.
- Fujita, H., Selemat, A. & Haron, H. (2014). *New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques: Proceedings of the Thirteenth SoMeT*. Amsterdam: IOS Press.
- Ghiglione, R., & Matalon, B. (1997). *O Inquérito: Teoria e prática*. Oeiras: Celta editora.
- Ghiglione, R., & Matalon, B. (1997). *Os diferentes tipos de entrevista*. Oeiras: Celta Editora.
- Ghosh, A., Parrish, K. & Chasey, A. (2013). *From BIM to Collaboration: A Proposed Integrated Construction Curriculum*. Arizona: Arizona State University.

Guarino, N. & Giaretta, P. (1993). *Ontologies and knowledge bases: Towards a Terminological Clarification*. Amsterdam: IOS Press.

Grillo, A. (2005). *La Arquitectura y la Naturaleza Compleja: Arquitectura, Ciencia y Mimesis a finales del siglo XX*. Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Groat, L., & Wang, D. (2002). *Architectural Research Methods*. Canada: John Wiley & Sons.

Gruber, T. R. (1993). Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal Human-Computer Studies*, 43, 907-928.

Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition* (5), 2, 199-220.

Haliburton, J., Clayton, M., Ozener, O., Farias, F., & Jeong, W. (2011). Parametric Modeling and BIM: Innovative Design Education for Integrated Building Practices. *ACADIA Regional 2011: Parametricism (SPC)*, 243-249.

Hannele, K., Reijo, M., Tarja, M., Sami, P., Jenni, K. & Teija, R. (2012). *Expanding uses of building information modeling in life-cycle construction projects*. Finland: University of Helsinki.

Harness, S. (2008). *AIA Documents Advance the Use of BIM and Integrated Project Delivery*. The American Institute of Architects: U.S. Copyright Law and International Treaties.

Hayles, N. (2005). *My mother was a computer: digital subjects and library texts*. Chicago: The University of Chicago Press.

Holzer, D. (2014). *BIM and Parametric Design as Game Changers: Exploring their effects on practice culture and epistemology*. Australia: University of Melbourne.

Jencks, C. (1997). *The Architecture of Jumping Universe: a Polemic: How Complexity Science is Changing Architecture and Culture*. Great Britain: Academy Editions.

Jurado Egea, J., Liébana Carrasco, O. & Gómez Navarro, M. (2015). Uso de BIM como herramienta de Integración en Talleres de Tecnología de la Edificación. *EUBIM 2015 Congreso Internacional BIM*, 13–23.

Jurado Egea, J. (2016). *Aprendizaje Integrado en Arquitectura con Modelos Virtuales: Implementación de metodología BIM en la docencia universitaria*. Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Kalay, Y. (2004). *Architecture's New Media: Principles, Theories and Methods of Computer-Aided Design*. Massachusetts Institute of Technology.

Kalinichuk, S. (2015). Building Information Modeling Comprehensive Overview. *Journal of Systems Integration* (3), 25-34.

Kieran, S. & Timberlake, J. (2004). *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction*. New York: McGraw-Hill.

Kolarevic, B. (1997). *Regulating Lines and Geometric Relations as a Framework for Exploring Shape, Dimension and Geometric Organization in Design*. Hong Kong: University of Hong Kong.

Kolarevic, B. (1999). *Relations-Based Drawing*. Philadelphia: University of Pennsylvania.

Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York: Spon Press.

Kolarevic, B. & Malkawi, A. (2005). *Performative Architecture: Beyond Instrumentality*. New York: Spon Press.

Koetsier, T. & Bergamns, L. (2005). *Mathematics and the Divine: a Historical Study*. Amsterdam: Elsevier B.V.

Kolarevic, B. & Klinger, K. (2008). *Manufacturing Material Effects Rethinking Design and Making in Architecture*. New York: Routledge.

Le Corbusier. (1987). *The City of Tomorrow and its Planning*. New York: Dover publications.

Legendre, G. (2011). Mathematics of Space. *Architectural Design* (81), 4, 1-140.

Liu, R. & Hatipkarasulu, Y. (2014). *Introducing Building Information Modeling Course into a Newly Developed Construction Program with Various Student Backgrounds*. San Antonio: University of Texas.

Mahdavi, A., Martens, B., & Scherer, R. (2015). *eWork y el comercio electrónico en Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. London: Taylor & Francis Group.

Milton, N. R. (2008). *Knowledge Technologies*. Milan: Polimetrica.

Montenegro, N. (2015). *CityPlan: Contributo para o desenvolvimento de uma metodologia e ferramenta computacional para apoio ao desenho urbano*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, Portugal.

Noy, N., McGuinness, D. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford: Stanford University.

OPEN BIM Focus (2012). *BIM and the OPEN BIM Network*. Official Publication of the OPEN BIM Network, Issue 1.

Russell, P. & Elger, D. (2008). The Meaning of BIM: Towards a Bionic Building. *Architecture in Computro*, 26, 531-536.

Salingaros, N. (2003). La estructura de los lenguajes de patrones. *Cuadernos de Arquitectura y Nuevo Urbanismo*, 5, 35-49.

Salingaros, N. (2005). *Principles of Urban Structure*. Amsterdam: Techne Press.

Salingaros, N. (2008). Lenguaje de Patrones y Diseño Interactivo. *Cuadernos de Arquitectura y Nuevo Urbanismo*, 5, 50-55.

Salingaros, N. & Mehaffy, M. (2015). *Design for a Living Planet: Settlement, Science and the Human Future*. USA: Sustasis Press.

Schumacher, P. (2008). Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design. *Architectural Design* (79), 4, 14-23.

Schumacher, P. (2010). *The autopoiesis of Architecture: A New Framework for Architecture*. Londres: John Wiley & Sons Ltd.

Seng, L., Wah, L. & Poh, L. (2012). *Singapore BIM Guide*. Singapore: BCA.

Shaman, R., Kishore, R., & Ramesh, R. (2007). *Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems*. New York: Springer.

Shen, G. Q., Brandon, P., Baldwin, A. (2009). *Collaborative Construction Information Management*. New York: Spon Press.

Smith, I. (2006). *Intelligent Computing in Engineering and Architecture*. Germany: Springer.

Spinellis, D. & Gousios, G. (2009). *Beautiful Architecture: Leading Thinkers Reveal the Hidden Beauty in Software Design*. United States of America: O'Reilly Media.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction* (18), 3, 357–375.

Succar, B. (2010). *Building Information Modelling Maturity Matrix*. New York: IGI Publishing.

Succar, B., Sher, W. & Williams, A. (2012). Measuring Bim performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, 8, 120-142.

Succar, B. (2013). *Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tolos*. Australia: University of Newcastle.

Succar, B. & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction* 57, 64-79.

Trento, A. (2008). *Building Knowledge Modeling: Un modello di progettazione collaborativa per l'edilizia basato sulla rappresentazione della conoscenza*. Dissertazione di Dottorato di Ricerca. Università di Roma, Sapienza.

Underwood, J. & Isikdag, U. (2010). *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*. New York: Information Science Reference.

Vitruvio, M. (2016). *Los Diez Libros de Arquitectura*. Barcelona: Red ediciones S.L.

Zhang, J. & Sun, C. (2013). *Global Designa and Local Materialization: 15th International Conference, CAAD Futures 2013*. Shanghai: Springer.



7. Índice de Figuras

7. Índice de Figuras:

Figura 1. AIA Usuarios CAD/BIM. Recuperado de: http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/document/~export/AIAB090847~4.a~AIA_Article_DC_Template~DC_SNIPPET/123667-2.jpg

Figura 2. Gráfico de fases del flujo BIM. Autodesk. Recuperado de: Jurado Egea, 2016, p.24.

Figura 3. Parámetros integrados en pared. Recuperado de: Eastman, Teicholz, Sacks, Liston, 2011, p.41.

Figura 4. Ideograma del conocimiento-comunicación-integración BIM. Recuperado de: Trento, 2008, p.93.

Figura 5. Principales adjetivos que definen una aplicación BIM. Recuperado de: Coloma Picó, 2008, p.12.

Figura 6. Bases BIM para el uso de la información. Recuperado de: Coloma Picó, 2011, p.77.

Figura 7. Ontología gestiona la comunicación entre persona/máquina. Recuperado de: Trento, 2008, p.147.

Figura 8. Construcción/representación ontología. Recuperado de: Trento, 2008, p.149.

Figura 9. Esquema semi-estructurado Ontología BIM. Recuperado de: <http://changeagents.blogs.com/a/6a00d8343326e253ef01b8d20a4fa1970c-popup>

Figura 10. Esquemas para representar las ontologías BIM y visualizar el contenido. Recuperado de: Succar, 2009, p.373.

Figura 11. Mapa conceptual ontológico especialidades BIM. Recuperado de: Kalinichuk, 2015, p.29.

Figura 12. Esquema Ontología BIM. Recuperado de: <http://www.bimframework.info/>

Figura 13. Esquema de Gestión de la Información y Conceptos BIM. Realizado por el Autor a partir de: Coloma Picó, 2011, p. 55.

Figura 14. Estructura conceptual familia. Realizado por el Autor.

Figura 15. Contenido semántico muro. Realizado por el Autor.

Figura 16. Familia Adaptativa. Realizado por el Autor.

Figura 17. Parámetro atributo radio objeto revolución. Realizado por el Autor.

Figura 18. Familias dentro de modelo simulación. Realizado por el Autor.

Figura 19. Visualización de representaciones 2 D de un proyecto. Realizado por el Autor.

Figura 20. Visualización de vistas de un proyecto. Realizado por el Autor.

Figura 21. Ontología para modelado paramétrico. Realizado por el Autor.

Figura 22. Modelado paramétrico muro. Realizado por el Autor.

Figura 23. Modelado paramétrico muro. Realizado por el Autor.

Figura 24. Familias integradas en el diseño. Realizado por el Autor.

Figura 25. Tipos diferentes de una misma familia, puertas. Realizado por el Autor.

Figura 26. Menú tipos de puertas. Realizado por el Autor.

Figura 27. Diferentes ejemplares de una misma mesa. Realizado por el Autor.

Figura 28. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos. Realizado por el Autor.

Figura 29. Esquema Ontológico OWL Protégé. Realizado por el Autor.

Figura 30. Representación modelo 2 D, 3 D y datos. Realizado por el Autor.

Figura 31. Sección modelo 2D de una vivienda. Realizado por el Autor.

Figura 32. Sección modelo 2D de una vivienda. Realizado por el Autor.

Figura 33. Jerarquía de planos del proyecto. Realizado por el Autor.

Figura 34. Extracción de datos modelo 2D, tabla de planificación. Realizado por el Autor.

Figura 35. Representación 2D y 3D de un modelo de diseño arquitectónico. Realizado por el Autor.

Figura 36. Enfoque cámara para realizar un render. Realizado por el Autor.

Figura 37. Render de la vista anterior. Realizado por el Autor.

Figura 38. Ajustes de detalle para render. Realizado por el Autor.

Figura 39. Vinculación de datos en modelado dinámico. Realizado por el Autor.

Figura 40. Representación símbolos dinámicos. Realizado por el Autor.

Figura 41. Definición de modelo 3D. Realizado por el Autor.

Figura 42. Level of Development LOD 100. Realizado por el Autor.

Figura 43. Level of Development LOD 200. Realizado por el Autor.

Figura 44. Level of Development LOD 350. Realizado por el Autor.

Figura 45. Level of Development LOD 400. Realizado por el Autor.

Figura 46. Level of Development LOD 500. Realizado por el Autor.

Figura 47. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos. Realizado por el Autor.

Figura 48. Esquema Ontológico OWL Protégé. Realizado por el Autor.

Figura 49. Simulación en Revit representación 2D y 3D, estructura de un modelo de diseño arquitectónico. Realizado por el Autor.

Figura 50. Resolución del diseño por diferentes usuarios de distintas especialidades AEC. Realizado por el Autor.

Figura 51. Esquema de atributos de los objetivos BIM. Realizado por el Autor.

Figura 52. Modelado estructural 3D de una edificación. Realizado por el Autor.

Figura 53. Selección de elementos descriptivos geométricos estructurales por las especialidades. Realizado por el Autor.

Figura 54. Visualización del modelo de objetos geométricos colaborativo. Realizado por el Autor.

Figura 55. Diferentes visualizaciones de tareas organizadas por fases. Realizado por el Autor.

Figura 56. Esquema de atributos de planificación de tareas BIM. Realizado por el Autor.

Figura 57. Tipos de fases de organización de información para almacenar en ficheros. Realizado por el Autor.

Figura 58. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos. Realizado por el Autor.

Figura 59. Esquema Ontológico OWL Protégé. Realizado por el Autor.

Figura 60. Formatos comunes para la interoperabilidad de datos. Realizado por el Autor.

Figura 61. Lenguaje computacional de intercambio de información. Realizado por el Autor.

Figura 62. Lenguaje computacional de intercambio de información 3D. Realizado por el Autor.

Figura 63. Esquema jerárquico de conceptos ontológicos. Realizado por el Autor.

Figura 64. Esquema Ontológico OWL Protégé. Realizado por el Autor.

Figura 65. Mapa Conocimiento Conceptos BIM.

Figura 66. Esquema Síntesis Flujo BIM. Realizado por el Autor.