



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES**

**MASTER OFICIAL EN DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS**

TRABAJO FINAL DE MASTER

# PLAN DE EJECUCIÓN BIM DE UN PROYECTO DE RETAIL SIGUIENDO LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO DEL PMBOK

AUTOR:

JOSE MARÍA RODRIGO ORTEGA

TUTORES:

JOSE LUIS FUENTES BARGUES

PABLO SEBASTIÁN FERRER GISBERT



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA





## RESUMEN

El presente trabajo planteará un Plan de Ejecución BIM (BEP) a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de una tienda de ropa para una franquicia. El trabajo mostrará las múltiples ventajas de usar la metodología BIM para integrar todos los procesos y las partes intervinientes del diseño desde la primera fase conceptual (LOD 100) hasta la fase de operación una vez ya construido (LOD 500), integrando en esta visión todas las áreas de conocimiento el PMBOK, como por ejemplo:

**Integración:** análisis de alternativas de proyectos, comenzando desde la propia integración urbanística y localización, hasta el propio diseño de la tienda con una gestión integrada del cambio.

**Alcance:** determinación del alcance mediante el modelo virtual, obteniendo a partir de este la EDT.

**Tiempo:** mayor control del tiempo en planificación, y cálculo semiautomático de recursos, permitiendo aplicar los principios del “Lean Construction”

**Costes:** mejor precisión en mediciones y certificaciones. Elaboración de curvas de valor ganado a partir de la propia maqueta virtual.

**Calidad:** mejor coordinación de disciplinas. Detección temprana de interferencias, posibilidad de inspeccionar en obra con el modelo. Mejora en el rendimiento energético, más eficiente.

**Recursos humanos:** equipos multidisciplinares colaborativos más cohesionados, aparición de nuevos roles.

**Comunicación:** mejor transmisión de información entre los diferentes stakeholders.

**Riesgos:** reducción de incidencias en la obra, mejor gestión de imprevistos que afecten al proyecto, modelización y estudio previo del proceso de ejecución, previendo elementos de protección necesarios.

**Adquisiciones:** determinación exacta de las especificaciones de los productos y mejor trazabilidad.

**Stakeholders:** roles y reglas de participación más claras.

Estos son sólo algunos de los aspectos que se verán en el proceso de integración BIM del proyecto, aportando ejemplos prácticos y concretos del uso e integración de las diferentes plataformas de software utilizadas en el proceso BIM.



## ABSTRACT

This work will present a Bim Execution Plan (BEP) along the lifecycle of a retail store project for a franchise. The work will show the multiple advantages of using the BIM methodology for integrating all of the processes and stockholders intervening in the design from the first conceptual phase (LOD 100) till the operations phase once built (LOD 500), integrating in this vision all the PMBOK knowledge areas, as for instance:

**Integration:** project alternatives analysis, starting from the urban integration and location itself, until the design of the store, with an integrated change management.

**Scope:** scooping of the project from the virtual model itself, obtaining the WBS from it.

**Time:** more control of the time in planning, semi-automatic calculations of resources, allowing the application of “Lean Construction”

**Costs:** better precision in measurements and certifications. Development of earned value curves from the virtual model itself.

**Quality:** better discipline coordination. Early clash detection, possibility of field inspection with the model. Improvement in the energy performance, more efficient.

**Human resources:** collaborative multidisciplinary teams more cohesive, new roles emergence.

**Communication:** better transmission of the information between the different stakeholders

**Risks:** reduction of workplace incidents, better management of project-affecting incidents, modelling and previous study of the building process, foreseeing the safety elements required.

**Acquisitions:** exact determination of product specifications and better traceability.

**Stakeholders:** roles and rules of participation more clear.

These are just some of the aspects that will be shown in the process of integrating BIM in the project, providing practical and concrete examples of the use and integration of the different software platforms used in the BIM process.

## RESUM

El present treball plantejarà un Pla d'Execució BIM (BEP) al llarg del cicle de vida d'un projecte d'una tenda de roba per a una franquícia. El treball mostrarà les múltiples ventalles d'utilitzar la metodologia BIM per a integrar tots els processos y les parts intervinents del disseny des de la primera fase conceptual (LOD 100) fins la fase d'operació una volta ja construït (LOD 500), integrant en esta visió totes las àrees de coneixement el PMBOK, com per exemple:

**Integració:** anàlisi d'alternatives de projectes, començant des de la pròpia integració urbanística i localització, fins al propi disseny de la tenda amb una gestió integrada del canvi.

**Alcans:** determinació del alcans mitjançant el model virtual, obtenint a partir d'aquest la EDT.

**Temps:** major control del temps en planificació, y càlcul semiautomàtic de recursos, permetent aplicar els principis del "Lean Construction"

**Costes:** millor precisió en mesures y certificacions. Elaboració de corbes de valor guanyat a partir de la pròpia maqueta virtual

**Qualitat:** millor coordinació de disciplines. Detecció primerenca d'interferències, possibilitat d'inspeccionar en obra amb el model. Millora en el rendiment energètic, més eficient.

**Recursos humans:** equips multidisciplinaris col·laboratius més cohesionats, aparició de nous rols.

**Comunicació:** millor transmissió d'informació entre els diferents stakeholders.

**Riscos:** reducció d'incidències en l'obra, millor gestió d'imprevistos que afecten al projecte, modelització i estudio previ del procés d'execució, preveient elements de protecció necessaris.

**Adquisicions:** Determinació exacta de les especificacions dels productes i millor traçabilitat.

**Stakeholders:** Rols y regles de participació més clares.

Aquests son només alguns dels aspectes que es veuran en el procés d'integració BIM del projecte, aportant eixamples pràctics y concrets del us e integració de les diferents plataformes de software utilitzades en el procés BIM.



## ÍNDICE

### ÍNDICE DE CONTENIDO

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 1.       | ESTADO DEL ARTE.....                                    | 10 |
| 1.1.     | INTRODUCCIÓN .....                                      | 10 |
| 1.2.     | DEFINICIÓN DE “LOD” .....                               | 14 |
| 1.2.1.   | LOD 100 .....   | 15 |
| 1.2.2.   | LOD 200 .....   | 15 |
| 1.2.3.   | LOD 300 .....   | 15 |
| 1.2.4.   | LOD 400 .....   | 15 |
| 1.2.5.   | LOD 500 .....   | 16 |
| 1.3.     | ESTADO ACTUAL DE LA NORMATIVA.....                      | 17 |
| 1.4.     | ESTADO ACTUAL DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EMPRESAS..... | 18 |
| 2.       | CASO DE ESTUDIO .....                                   | 21 |
| 2.1.     | INTRODUCCIÓN .....                                      | 21 |
| 2.2.     | LOD 000.....  | 22 |
| 2.3.     | LOD 100.....  | 24 |
| 2.3.1.   | INTEGRACIÓN .....                                       | 24 |
| 2.3.2.   | COSTES.....   | 26 |
| 2.3.3.   | ALCANCE .....   | 27 |
| 2.3.4.   | COMUNICACIÓN.....                                       | 32 |
| 2.3.5.   | RECURSOS HUMANOS .....                                  | 33 |
| 2.3.6.   | RIESGOS.....  | 33 |
| 2.3.7.   | TIEMPO .....  | 33 |
| 2.4.     | LOD 200.....  | 35 |
| 2.4.1.   | ALCANCE .....   | 36 |
| 2.4.2.   | INTEGRACIÓN .....                                       | 37 |
| 2.4.3.   | CALIDAD.....  | 40 |
| 2.4.4.   | COMUNICACIÓN.....                                       | 41 |
| 2.4.5.   | RECURSOS HUMANOS .....                                  | 44 |
| 2.4.6.   | RIESGOS.....  | 46 |
| 2.4.7.   | COSTES.....   | 46 |
| 2.5.     | LOD 300.....  | 49 |
| 2.5.1.   | ALCANCE .....   | 49 |
| 2.5.1.1. | ARQUITECTURA.....                                       | 49 |
| 2.5.1.2. | ESTRUCTURA.....   | 54 |



|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 2.5.1.3. MEP .....            | 57  |
| 2.5.2. INTEGRACIÓN .....      | 76  |
| 2.5.3. CALIDAD .....          | 79  |
| 2.5.4. COMUNICACIÓN .....     | 82  |
| 2.5.5. ADQUISICIONES .....    | 86  |
| 2.5.6. RIESGOS .....          | 88  |
| 2.5.7. COSTES .....           | 90  |
| 2.5.8. RECURSOS HUMANOS ..... | 92  |
| 2.6. LOD 400 .....            | 93  |
| 2.6.1. ALCANCE .....          | 93  |
| 2.6.2. INTEGRACIÓN .....      | 93  |
| 2.6.3. TIEMPO .....           | 95  |
| 2.6.4. RECURSOS HUMANOS ..... | 98  |
| 2.6.5. CALIDAD .....          | 99  |
| 2.6.6. RIESGOS .....          | 101 |
| 2.6.7. COSTES .....           | 102 |
| 2.6.8. ADQUISICIONES .....    | 103 |
| 2.6.9. COMUNICACIÓN .....     | 103 |
| 2.7. LOD 500 .....            | 105 |
| 2.7.1. ALCANCE .....          | 105 |
| 2.7.2. RECURSOS HUMANOS ..... | 106 |
| 2.7.3. STAKEHOLDERS .....     | 106 |
| 3. CONCLUSIÓN .....           | 108 |
| 4. GLOSARIO .....             | 110 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA .....         | 112 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Productividad en la industria de la construcción (US Department Of Commerce, 2014)   | 10 |
| Figura 2: Rentabilidad inversión en SGC (Gonzalo Clemente, 2015)                               | 11 |
| Figura 3: Curva de Macleamy (2004 Patrick MacLeamy)  | 11 |
| Figura 4: Porcentaje de costes en el ciclo de vida del edificio (Joseph J. Romm,, 1994)        | 12 |
| Figura 5: Pérdida de datos durante el ciclo de vida del edificio. (Eastman, 2011)              | 13 |
| Figura 6: Flujo de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. (BIM FORUM, 2014) | 13 |
| Figura 7: Ejemplo de niveles LODs británico. (Evolve Consultancy, 2012)                        | 14 |
| Figura 8: Progresión en la definición de los elementos según LOD. (BIM FORUM, 2013)            | 15 |
| Figura 9: Progresión en la información añadida al modelo según LODs. (PracticalBIM, 2013)      | 16 |
| Figura 10: Niveles de madurez BIM. (PAS 1192-2:2013)   | 17 |
| Figura 11: BIM hype cycle curve. (Arto Kivieniemi, 2012)                                       | 19 |
| Figura 12: Fase de pánico en el proceso BIM. (www.shoegnome.com)                               | 19 |
| Figura 13: Flujo de trabajo BIM con una buena implementación (www.shoegnome.com)               | 21 |
| Figura 14: Esquema organizacional de la empresa. (Elaboración propia)                          | 23 |
| Figura 15: Esquema organizacional del proyecto. (Elaboración propia)                           | 23 |
| Figura 16: Esquema comunicación con el modelo BIM. (www.thebimhub.com)                         | 24 |
| Figura 17: Interfaz de Urban Canvas (www.urbansim.com)   | 25 |
| Figura 18: Modelo CIM con usos de suelo (www.autodesk.com)                                     | 26 |
| Figura 19: Modelo predictivo del incremento del precio del suelo. (www.autodesk.com)           | 27 |
| Figura 20: Dimensiones solar   | 28 |
| Figura 21: Propuesta A (entrada por la derecha)  | 28 |
| Figura 22: Primer boceto volumétrico en Formit   | 29 |
| Figura 23: Primera valoración energética en Formit   | 29 |
| Figura 24: Planteamiento de opciones en Revit  | 30 |
| Figura 25: Configuración energética  | 30 |
| Figura 26: Primer análisis de coste de energía de ciclo de vida en Revit                       | 31 |
| Figura 27: Aportes de carga de refrigeración   | 31 |
| Figura 28: Rosa de los vientos en la zona del proyecto   | 32 |
| Figura 29: Comparación de las opciones de diseño   | 32 |
| Figura 30: Ejemplo de planificación del proyecto BIM. (Guías Ubim, 2012)                       | 35 |
| Figura 31: Planta baja del proyecto LOD 200  | 36 |
| Figura 32: Ejemplo de definición en LOD 200 para un muro                                       | 37 |
| Figura 33: Subproyectos en archivo de arquitectura   | 38 |
| Figura 34: Interfaz de la estructura de archivos en Autodesk 360                               | 43 |
| Figura 35: Visor de archivos y versiones en Autodesk 360                                       | 44 |
| Figura 36: Esquema de jerarquización en Revit. (BuildingSmart, 2012)                           | 45 |
| Figura 37: Habitaciones en planta baja   | 46 |
| Figura 38: Habitaciones en el primer piso  | 46 |
| Figura 39: Asignación de acabados a las habitaciones   | 47 |
| Figura 40: Tabla de planificación de habitaciones  | 47 |
| Figura 41: Vinculación de Revit con Arquímedes   | 48 |
| Figura 42: Extracción de mediciones en Arquímedes a partir del modelo de Revit                 | 48 |
| Figura 43: Estructura interna de muro de medianería  | 49 |
| Figura 44: Especificación de propiedades térmicas de materiales                                | 50 |
| Figura 45: Definición gráfica de elementos arquitectónicos en LOD 300                          | 51 |
| Figura 46: Llamada de detalle en esquina   | 52 |
| Figura 47: Exportación de Revit a Lumion   | 53 |
| Figura 48: Inserción de contenido en Lumion  | 53 |
| Figura 49: Diseño de la estructura en Revit Structure  | 54 |
| Figura 50: Estructura en 3D del edificio en Revit  | 55 |
| Figura 51: Modelo analítico y cargas aplicadas al edificio en Revit                            | 55 |
| Figura 52: Comprobación de la deformada en ELS en Autodesk Robot                               | 56 |
| Figura 53: Nota de cálculo de dimensionamiento de armado de pilar en Robot                     | 56 |
| Figura 54: Detalle Armado estructural en Revit importado desde Robot                           | 57 |
| Figura 55: Diseño inicial de sistema de tuberías en Revit                                      | 58 |
| Figura 56: Dimensionado del sistema de tuberías en Revit                                       | 59 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 57: Informe de pérdida de carga en tuberías generado desde Revit   | 59  |
| Figura 58: Parámetros de familia de luminaria   | 60  |
| Figura 59: Colocación de las luminarias en el modelo  | 61  |
| Figura 60: Análisis de iluminación por luz solar según LEED   | 61  |
| Figura 61: Análisis de iluminación artificial según LEED  | 61  |
| Figura 62: Configuración de sistemas de distribución eléctrica en Revit   | 62  |
| Figura 63: Reequilibrado de cargas en tabla de planificación de paneles en Revit  | 63  |
| Figura 64: Especificación del tipo de cable para el circuito  | 64  |
| Figura 65: Definición de los tipos de cableado en Revit   | 64  |
| Figura 66: Emplazamiento de pantallas de televisión publicitarias en planta baja  | 65  |
| Figura 67: Diseño de bandejas de cable para las pantallas de televisión   | 65  |
| Figura 68: Configuración de demanda de espacios en Revit  | 66  |
| Figura 69: Demandas de suministro de aire en los diferentes espacios  | 67  |
| Figura 70: Diseño de conductos de ventilación   | 67  |
| Figura 71: Plano de conductos de ventilación dimensionados con esquema de color por caudal                                      | 68  |
| Figura 72: Informe de pérdida de presión en conductos de ventilación  | 69  |
| Figura 73: Agrupación de espacios en zonas para cálculo de cargas de calefacción y refrigeración                                | 69  |
| Figura 74: Informe de cargas de calefacción y refrigeración   | 70  |
| Figura 75: "Estructura" interna de solera y detalle de puente térmico   | 71  |
| Figura 76: Modelo energético a partir de elementos constructivos en Revit   | 71  |
| Figura 77: Tabla de planificación de espacios con cargas de climatización   | 72  |
| Figura 78: Diseño preliminar de suministro de conductos de climatización  | 72  |
| Figura 79: Dimensionamiento de los conductos de climatización   | 73  |
| Figura 80: Análisis de pérdida de presión en conductos de climatización   | 73  |
| Figura 81: Análisis del coste de la energía durante el ciclo de vida  | 74  |
| Figura 82: Extracción de datos del modelo a Excel mediante Dynamo y Python  | 75  |
| Figura 83: Tabla de planificación de mobiliario con número de prendas   | 77  |
| Figura 84: Tabla de direcciones IPs asignadas a elementos de datos del modelo   | 78  |
| Figura 85: Conjunto de reglas de comprobación del modelo de arquitectura en Solibri   | 80  |
| Figura 86: Comprobación de calidad del modelo de arquitectura en Solibri  | 81  |
| Figura 87: Generación de reporte de incidencias en archivo BCF desde Solibri  | 83  |
| Figura 88: Vista del reporte de incidencias por parte de los diseñadores en Revit   | 83  |
| Figura 89: Generación de panorama para realidad virtual. <a href="http://www.lumion.es">www.lumion.es</a>                       | 84  |
| Figura 90: Visualización del proyecto en realidad virtual con Samsung Gear VR. <a href="http://www.lumion.es">www.lumion.es</a> | 85  |
| Figura 91: Búsqueda de objetos de un fabricante en <a href="http://www.bimobject.com">www.bimobject.com</a>                     | 87  |
| Figura 92: Creación de vistas y planos automatizado mediante Dynamo   | 90  |
| Figura 93: Asignación de notas clave a tipos en Revit   | 91  |
| Figura 94: Estructuración del presupuesto a partir de notas clave en Arquímedes   | 91  |
| Figura 95: Unión de archivos IFC de diferentes disciplinas en Solibri   | 93  |
| Figura 96: Comprobación de intersecciones entre modelos en Solibri  | 94  |
| Figura 97: Diagrama de Gantt y diagrama de flujo en Vico Office   | 95  |
| Figura 98: Importación de los modelos IFC en Synchro PRO  | 96  |
| Figura 99: Vinculación de elementos del modelo con tareas en Synchro PRO  | 97  |
| Figura 100: Recursos materiales del modelo y añadido de equipamiento en Synchro PRO   | 98  |
| Figura 101: Asignación y nivelado de recursos humanos a las tareas  | 98  |
| Figura 102: Gestión de riesgos desde Synchro PRO  | 101 |
| Figura 103: Gráfica de valor ganado y comparación visual del avance de las obras  | 102 |
| Figura 104: Visualización del modelo en 3D desde una tablet en la obra. <a href="http://www.autodesk.com">www.autodesk.com</a>  | 104 |
| Figura 105: Informe elaborado desde una tablet en la obra. <a href="http://www.autodesk.com">www.autodesk.com</a>               | 104 |
| Figura 106: Libro Del Edificio, Manual de Uso y Mantenimiento   | 105 |
| Figura 107: Solicitud de reparación elaborada desde un smartphone. <a href="http://www.autodesk.com">www.autodesk.com</a>       | 107 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |            |
|---|------------|
| <i>Tabla 1: Requisitos de diseño para la categoría "muros" según el BEP.....</i>      | <i>34</i>  |
| <i>Tabla 2: Requisitos de diseño para la categoría "tuberías" según el BEP.....</i>   | <i>34</i>  |
| <i>Tabla 3: Requisitos de diseño para la categoría "pilares" según el BEP.....</i>    | <i>34</i>  |
| <i>Tabla 4: Requisitos de diseño para la categoría "mobiliario" según el BEP.....</i> | <i>35</i>  |
| <i>Tabla 5: Lista de filtros usados para tuberías en el archivo de MEP.....</i>       | <i>39</i>  |
| <i>Tabla 6: Matriz RACI responsabilidades del proyecto en LOD 200.....</i>            | <i>45</i>  |
| <i>Tabla 7: Lista de control semanal del modelo.....</i>                              | <i>82</i>  |
| <i>Tabla 8: Matriz de responsabilidades en LOD 300.....</i>                           | <i>92</i>  |
| <i>Tabla 9: Matriz de responsabilidades en LOD 400.....</i>                           | <i>99</i>  |
| <i>Tabla 10: Lista de Control de Calidad del modelo en LOD 350.....</i>               | <i>101</i> |
| <i>Tabla 11: Matriz de responsabilidades en LOD 500.....</i>                          | <i>106</i> |

## 1. ESTADO DEL ARTE

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Aunque el concepto del Building Information Modelling (BIM) y el primer software comercial nacieron en 1984, no ha sido hasta la fecha cuando realmente está empezando a revolucionar la industria de la construcción hacia un camino sin retorno hacia la eficiencia en el manejo de datos de la construcción.

Si se comparan los datos de productividad del sector de la construcción frente a los de otras industrias puede verse que, mientras que estas han aumentado su productividad por trabajador hasta casi doblar la productividad desde 1994, el sector de la construcción se ha quedado estancado, o incluso ha llegado a perder productividad, debido al aumento de requerimientos técnicos en la construcción y a la no-mejora de los procedimientos técnicos para satisfacer el proceso.

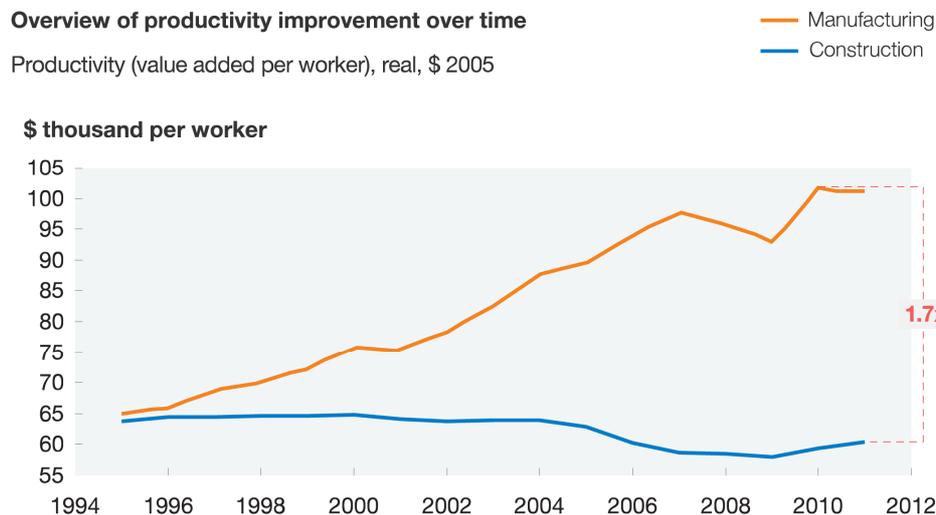


Figura 1: Productividad en la industria de la construcción (US Department Of Commerce, 2014)

Por otra parte, desde mi experiencia profesional, he podido observar que debido a la crisis del sector, la tendencia del mercado ha sido a ir invirtiendo cada vez un menor porcentaje en los honorarios de los profesionales que realizan el diseño (ingenieros, arquitectos, arquitectos técnicos, etc.), ya que al haber poca demanda de técnicos cualificados, y mucha oferta de despachos profesionales, estos se han visto obligados en parte a reducir sus tarifas. No obstante, esta reducción de tarifas se ha visto repercutida a su vez en la atención que estos técnicos pueden dedicar a un proyecto en concreto, fomentando esto que aparezcan errores en fases del proyecto posteriores, tales como la puesta en obra.

Una vez más, esta tendencia contrasta plenamente con lo que ocurre en otros sectores diferentes de la construcción, donde la búsqueda de la mejora continua es un factor clave no sólo para la mejora de los productos, sino para el mejor rendimiento económico de la empresa, y donde se invierte por tanto en sistemas de gestión de la calidad.

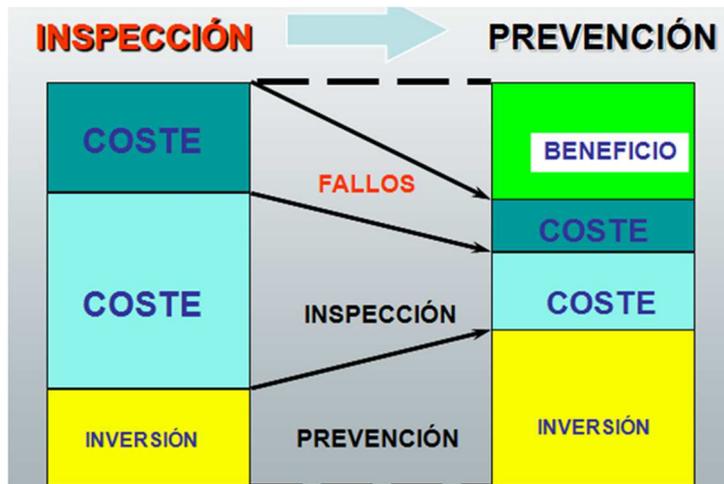


Figura 2: Rentabilidad inversión en SGC (Gonzalo Clemente, 2015)

Tal y como se ve en la Figura 2, al centrarse en un enfoque de prevención en el diseño e invertir más en él, se reducen los costes debidos a fallos y a inspecciones innecesarias, lo que revierte en un aumento del beneficio. Esta mentalidad tan clara en la industria de la fabricación, está empezando a aflorar a día de hoy en el mundo de la construcción, en parte gracias al uso del BIM.

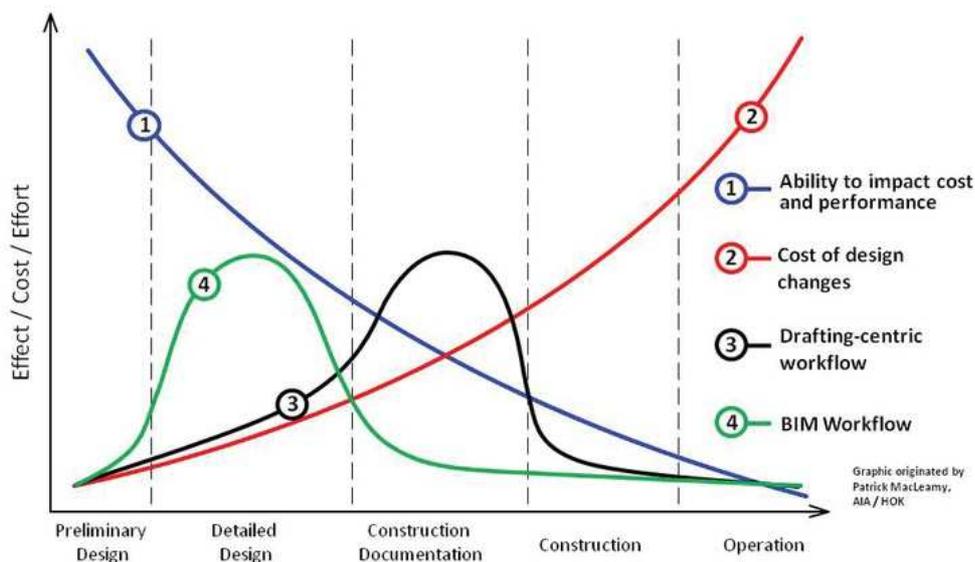


Figura 3: Curva de Macleamy (2004 Patrick MacLeamy)

Así pues, el flujo de trabajo basado en BIM propone una reducción de costes a lo largo del ciclo de vida útil del edificio a través de una mayor inversión en las fases de diseño preliminar y de detalle, tal y como muestra la Figura 3. Este incremento en los costes en la etapa de diseño no supone un gran aumento si tenemos en cuenta el porcentaje que representa la inversión de la construcción respecto a los costes de operación.



Figura 4: Porcentaje de costes en el ciclo de vida del edificio (Joseph J. Romm, 1994)

Poniendo este gasto en contexto, tal y como muestra la Figura 4, la mayor parte de los gastos que se van a producir en el inmueble van a venir por parte de la gente que va a trabajar en él. Parece lógico pues, que en ese 2% que se invierte aproximadamente en diseñar el espacio donde van a desarrollar su actividad, se asegure una buena calidad del espacio, tanto estética como técnica, teniendo en cuenta parámetros como renovación de aire, climatización e iluminación natural, que van a repercutir al final en el rendimiento profesional de estos trabajadores.

En la Figura 4 puede verse otro dato, y es que el coste del mantenimiento del edificio en sí mismo (incluyendo reformas) puede llegar a representar el triple del coste de su construcción, esto es el 6% del total. Parte de esto se debe tanto a cambios en el uso del edificio, como a problemas que aparecen al cabo del tiempo debido a fallos de diseño derivados de la falta de coordinación entre diferentes disciplinas dentro de la construcción. En este último caso, hay que añadir que a lo largo del ciclo de vida del edificio con los métodos tradicionales se pierde una gran cantidad de información, gran parte de ella con un importante valor, cosa que no ocurre con el proceso BIM, donde el valor de la información añadida al modelo va en aumento a lo largo que se desarrolla el proyecto.

El modelo BIM, no debe entenderse pues como un simple modelo en 3D, sino que es una base de datos donde se va a ir añadiendo información a lo largo del ciclo de vida del edificio. Además, como señalan algunos autores, “el BIM es 90% sociología y 10% tecnología” (Felipe Choclán, 2014)

La mayor ventaja del BIM radica en que el diseño se realiza de forma progresiva y colaborativa: la información se va añadiendo de forma ordenada y sincronizada, con lo que se reducen las pérdidas de información que existen en los métodos tradicionales al intervenir en el proceso de diseño equipos multidisciplinares.

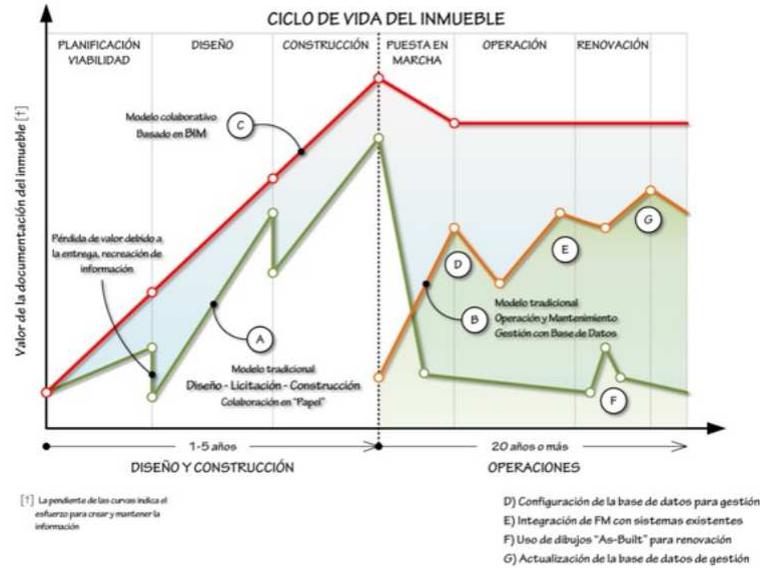


Figura 5: Pérdida de datos durante el ciclo de vida del edificio. (Eastman, 2011)

Tal y como muestra la Figura 5, en el flujo de trabajo tradicional en el sector de la construcción, existen varios momentos en los que se pierde una cantidad de información importante, normalmente asociados a los cambios de etapas en el proceso y los correspondientes entregables, ya que, como suele ser habitual, una empresa "A" realiza el entregable "1" que otra empresa "B" recibe e interpreta una serie de datos que deben estar claros, normalmente datos clave que están especificados en el alcance del contrato, pero muchas veces, la falta de un marco de trabajo y un proceso común, hace que información que en principio no se considera importante, se pierda, y más tarde puede llegar a descubrirse que esta información sí era importante. La información debería irse añadiendo progresivamente al mismo modelo central a lo largo de su ciclo de vida, como muestra la Figura 6.

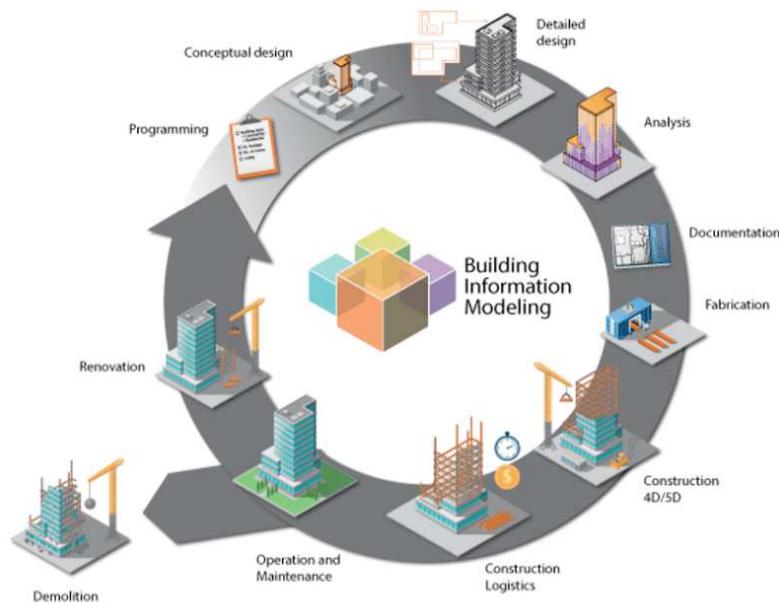


Figura 6: Flujo de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto. (BIM FORUM, 2014)

Llegados a este punto, de lo que se trata es de establecer un marco de normas comunes en el BEP y en establecer qué información se introduce en el modelo y cuándo.

## 1.2. DEFINICIÓN DE “LOD”

Como se ha señalado anteriormente, la información deberá irse añadiendo de forma evolutiva, y si bien es cierto que en cada país, e incluso en cada autonomía o municipio, pueden existir requisitos de información diferentes en diversas fases del proyecto, sí que es cierto que estos requisitos son más o menos similares en todas las zonas, y la tendencia del mercado internacional está yendo a agrupar estos procesos y entregables en niveles denominados “*Level of Development*” (Niveles De Desarrollo) o “LOD”, tal y como establece la norma G202™ – 2013 del *American Institute of Architects (AIA)*, la cual establece 5 niveles de desarrollo o LODs. Aunque es cierto que la normativa británica propone 7 niveles LOD, la realidad es que se puede establecer un paralelismo entre ambas, y lo más importante es que ambas sirven para establecer una matriz de responsabilidad estándar donde se define quién es responsable de qué información y en qué momento debe de aportarla.

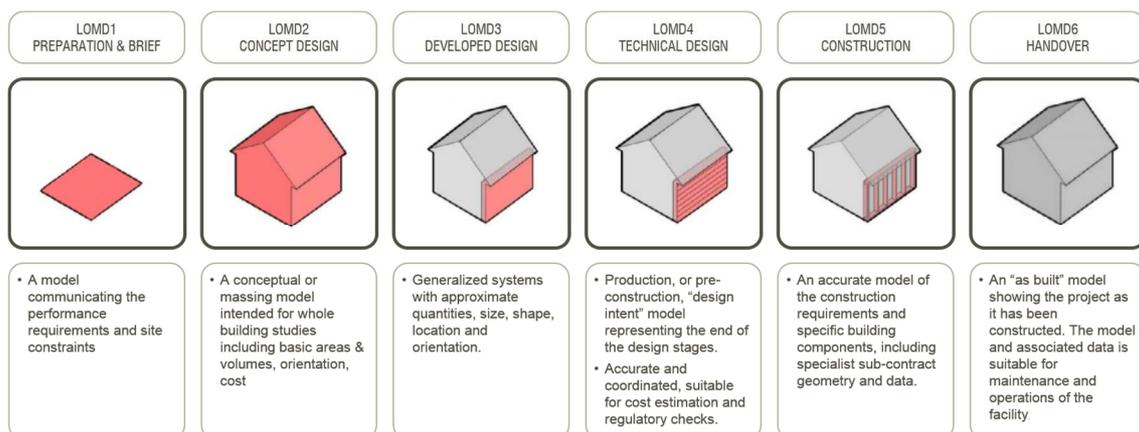


Figura 7: Ejemplo de niveles LODs británico. (Evolve Consultancy, 2012)

Para el desarrollo de este trabajo se utilizará pues la definición de LODs estadounidense que es, además, la que se está usando en la actualidad por la comisión para definir la normativa española.

Este protocolo establece 5 niveles de desarrollo, estableciendo qué información debe contener el modelo:

- LOD 100
- LOD 200
- LOD 300
- LOD 400
- LOD 500

A continuación se explica brevemente en qué consiste cada uno de estos niveles, ya que el presente trabajo se articulará en base a ellos.

#### 1.2.1. LOD 100

Es el nivel inicial, y por tanto el más bajo de desarrollo, corresponde a los primeros bocetos y estudios de viabilidad económica. El nivel de definición del proyecto corresponde a la volumetría exterior más básica, de donde se pueden obtener unas primeras aproximaciones iniciales de precio basándose tan sólo en precios por área.

#### 1.2.2. LOD 200

Corresponde al siguiente nivel de desarrollo, quedan definidas tanto la volumetría básica exterior del edificio, como la interior y sus usos, por lo que pueden extraerse los parámetros urbanísticos para comprobación de normativa. Algunos elementos básicos del proyecto suelen encontrar su posición en este nivel, aunque sus dimensiones no son las definitivas. En España este LOD correspondería al nivel de anteproyecto.

#### 1.2.3. LOD 300

En este nivel quedan completamente definidos los elementos arquitectónicos y quedan definidos también los sistemas de instalaciones, aunque no a nivel definitivo. Pueden extraerse mediciones precisas del modelo de arquitectura.

#### 1.2.4. LOD 400

En este nivel se incorporan al modelo arquitectónico la información definitiva de otras disciplinas como estructura e instalaciones. La información ya está coordinada y no existen colisiones, por lo que el modelo está listo para empezar su construcción real. Este es el nivel que corresponde al proyecto de ejecución (aunque añade más información de la que tradicionalmente contiene).

En la práctica, dado el gran salto de información y la necesidad de coordinación entre diferentes disciplinas, la mayoría de proyectos establecen un entregable intermedio conocido como “LOD 350”, que es en el que se realizan las primeras aproximaciones de coordinación

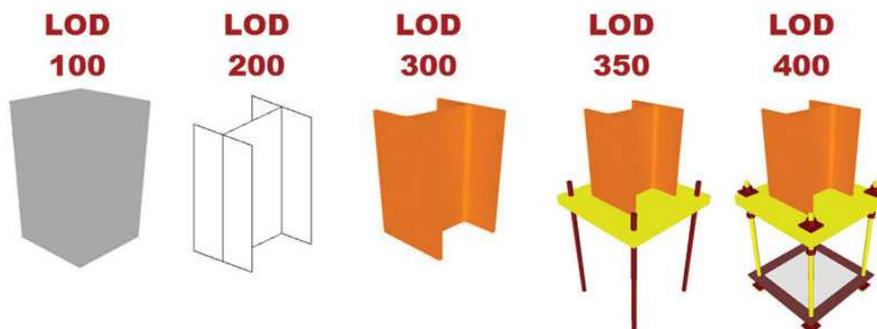


Figura 8: Progresión en la definición de los elementos según LOD. (BIM FORUM, 2013)

### 1.2.5. LOD 500

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

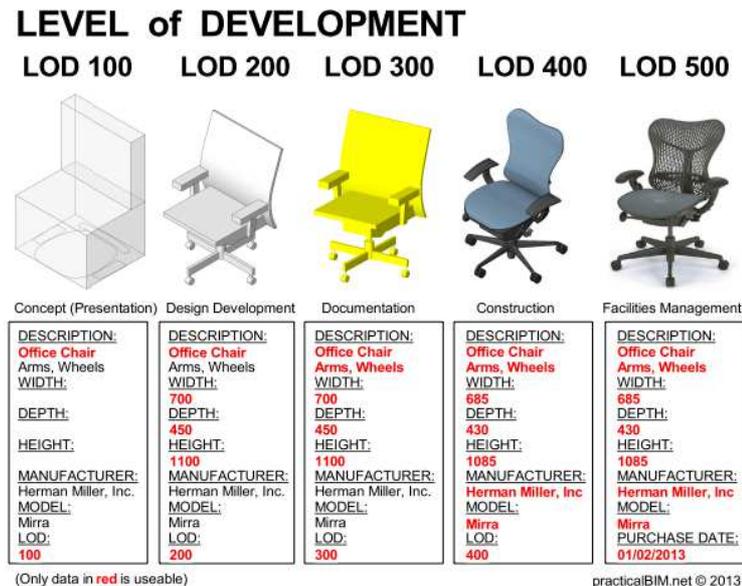


Figura 9: Progresión en la información añadida al modelo según LODs. (PracticalBIM, 2013)

Los LODs americanos (como se ha mencionado, los más usados, y en proceso de establecerse en España), establecen pues unos requisitos de información del modelo; no obstante, no definen de qué forma gráfica debe representarse esa información, cosa que sí que establece el *Royal Institute of British Architects* (RIBA), en los “*AEC BIM Protocols*” (Architecture, Engineering and Construction) con cuatro niveles de definición:

- G0: Simbólico, no a escala, simplemente una indicación de que el elemento va a existir.
- G1: Marcador de posición. Aunque pueda estar a escala, no representa la geometría ni el aspecto final, sino solamente las dimensiones externas más restrictivas, o la volumetría exterior.
- G2: Adecuado para la construcción. Aquí es donde se especifica la geometría definida del objeto. Aunque pueda no contener accesorios o elementos necesarios para su montaje (por ejemplo, tornillos, etc.). Pueden tratarse de elementos bajados directamente del catálogo del fabricante.
- G3: Modelo completamente detallado en alta resolución: Se usa para visualización precisa o, normalmente, para enviar la información para su fabricación.

La forma de indicar el alcance de cada una de las partes a lo largo del presente proyecto vendrá, pues, definida de acuerdo a estos dos sistemas.

### 1.3. ESTADO ACTUAL DE LA NORMATIVA

Tras esta breve pero necesaria introducción a algunos conceptos básicos relacionados con el BIM, se procede a relatar cuál es el contexto actual del uso y normativas en el BIM.

A día de hoy, el país en el que más se ha potenciado el uso del BIM es en Reino Unido. Esto es debido a que ya en 2007 sacaron la norma BS 1192:2007 que definía modos de colaboración y la definición de roles en la industria de la construcción. Esta norma precedente dio paso en 2013 a la norma PAS 1192-2:2013 que define las bases de la normativa BIM en Reino Unido, y establece los pasos graduales para implantar el BIM a lo largo de un periodo de varios años, estableciendo unos niveles de exigencia durante ese proceso para todos los proyectos públicos. Este proceso es lo que se conoce como los UK BIM Levels, o niveles de madurez BIM, que no nos detendremos a explicar en profundidad, al no ser objeto del presente trabajo.

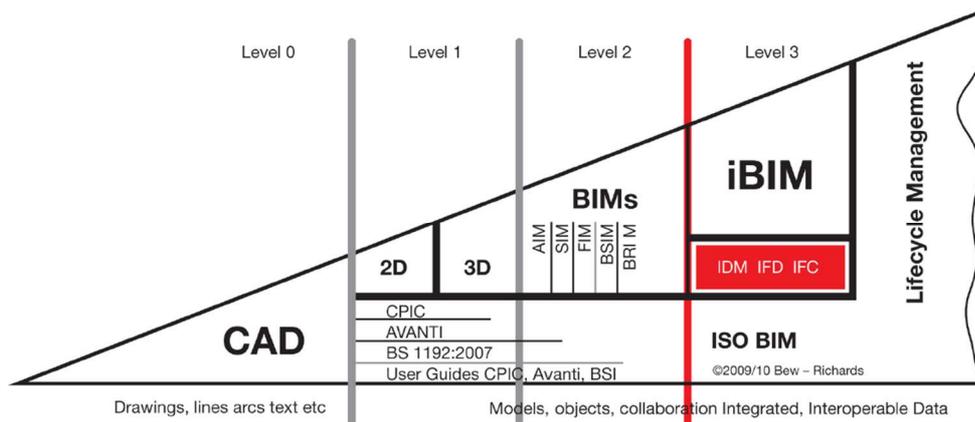


Figura 10: Niveles de madurez BIM. (PAS 1192-2:2013)

La estrategia de Reino Unido ha sido la de modernizar la industria de la construcción del país tras la grave crisis económica mundial que afectó sobre todo a este sector. Para ello el gobierno ha tenido la visión de invertir en esta modernización, potenciando su uso desde la administración, con lo que está dando lugar a nuevos modelos de negocio.

Por otro lado en la Unión Europea, existe la Directiva 2014/24/UE que establece la necesidad de emplear sistemas electrónicos (medios de comunicación y herramientas para modelar los datos del edificio) en procesos de contratación de obras, servicios y suministros a partir de septiembre de 2018.

En esta directiva, en el artículo 22 se hace referencia a las “herramientas de modelado electrónico y de la información de las construcciones” (Building Information Modelling tools). El artículo deja a los países miembros la posibilidad

de exigir uno u otro software o herramientas específicas para sus procesos de contratación.

La adaptación de esta Directiva Europea en la legislación española está actualmente en fase de desarrollo, y se está llevando a cabo mediante la colaboración de un grupo de expertos designados por el Ministerio del Interior conocido como es.BIM, y la colaboración del capítulo español de la Asociación Building Smart.

En estos momentos tal y como dieron a conocer de forma oficial en el pasado congreso EUBIM 2016: *“The BIM awakens”* de Mayo de 2016 celebrado en Valencia, la mayor parte de grupos se encuentran ya cerrados y tienen designados los temas que van a tratar, y se encuentran en fase de redactar los primeros borradores.

Mientras tanto, el único referente del que se dispone en España para establecer una serie de pautas al implementar el BIM en una organización es la guía publicada por el capítulo español de Building Smart en 2014, como adaptación a la casuística española de la guía COBIM Finlandesa (Common BIM Requirements 2012) elaborado por el Building Smart Finland en 2012.

Hay que señalar que en España algunos ayuntamientos están liderando el cambio por el BIM, incentivando en su contratación aquellas ofertas que presentan su documentación en este formato. Aunque, desgraciadamente, hay que señalar que en la mayoría de los casos este formato se aporta de forma complementaria, y el proceso de selección de ofertas se realiza mediante el formato tradicional, desaprovechando así las posibilidades del BIM, probablemente debido a la inmadurez de esta tecnología en la propia administración.

Por último mencionar que en algunos países donde el BIM ya lleva más tiempo implantado, sobre todo en países nórdicos como Noruega, lo que empiezan a surgir son modelos CIM (City Information Modelling) abiertos, donde los estudios van subiendo sus proyectos a un servidor central y la administración puede ver todos los proyectos que se están llevando a cabo en su territorio, así como poder gestionar políticas territoriales de forma mucho más efectiva.

#### 1.4. ESTADO ACTUAL DE LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN EMPRESAS

Como se ha visto hasta el momento, la tendencia del mercado de la construcción hacia el BIM es a la vez innegable, inevitable e imparable, pero esto no resta a que haya serias dificultades al principio para adoptar esta tecnología en el seno de las empresas.

Una empresa que quiera modernizarse, independientemente de su sector, debe hacer un gran esfuerzo económico tanto en recursos como en formación, y en el caso del BIM, las empresas deben adquirir licencias de software costosas e invertir en la capacitación de sus empleados en esta nueva tecnología.

Lamentablemente, la curva de aprendizaje es muy pronunciada, y el mercado está aún muy inmaduro, por lo que existen muchos mitos y creencias erróneas sobre

el BIM, considerándolo una panacea que puede solucionar todos los problemas en el sector de la construcción, mientras que la verdad es que el BIM sólo aporta valor cuando están bien definidos los procesos y procedimientos a la hora de trabajar con esta tecnología. Es por ello que la mayoría de gente no sabe muy bien qué esperar del BIM, tal y como muestra la Figura 11:

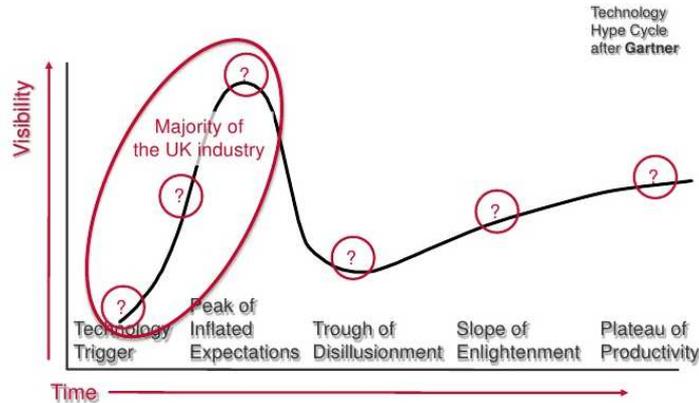


Figura 11: BIM hype cycle curve. (Arto Kivieniemi, 2012)

Como puede observarse, durante el proceso de adopción del BIM, al principio se generan unas expectativas exageradas sobre lo que el BIM es capaz de aportar. Esto, unido a la dificultad inicial de aprendizaje, hace que se llegue a un punto de desilusión.

Viendo esto en el contexto de la empresa, la mayoría de compañías optan por implantar el BIM a través de un proyecto en concreto, donde seleccionan a un equipo que se formará en esta nueva tecnología y que más adelante informará al resto sobre las ventajas de la adopción. Lo que suele ocurrir es que la curva de aprendizaje suele infravalorarse, con lo que según la planificación del proyecto el equipo debe ponerse a trabajar cuando aún no ha tenido tiempo de reflexionar y de asentar los conocimientos adquiridos. Además, la persona a la que se le asigna el rol de BIM Manager (BM) en la mayoría de los casos, no ha recibido ni la formación necesaria, ni ha tenido tiempo para establecer el Bim Execution Plan (BEP) del proyecto, por lo que el equipo comienza a trabajar con esta nueva herramienta sin conocer realmente ni sus posibilidades, ni su forma de trabajo.

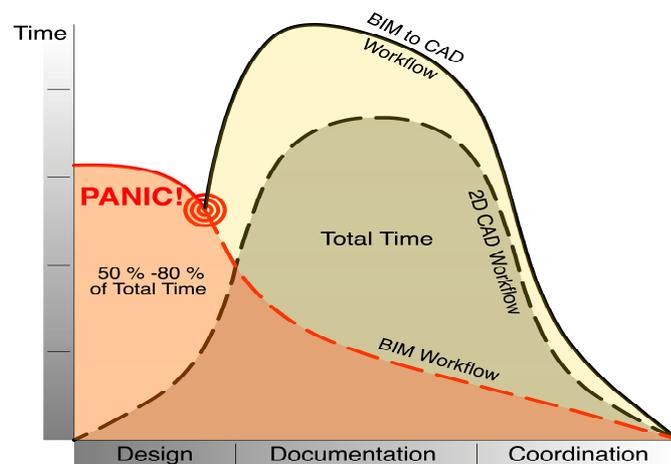


Figura 12: Fase de pánico en el proceso BIM. (www.shoegnome.com)



Como se ha mencionado anteriormente, el BIM tiende a desplazar la curva de trabajo del proyecto hacia etapas más tempranas del diseño, por lo que la sensación que impera en la mayoría del equipo es que se está “perdiendo el tiempo”, ya que se está produciendo poca “información relevante”, mientras que en lo que deberían enfocar su atención es hacia los entregables y a la información que se les solicita. Es muy frecuente oír en estos equipos comentarios tales como “esto con Autocad ya lo tendría hecho”, o “no vamos a llegar, voy a ponerme a hacerlo en CAD”. Es debido a esto que conforme se va acercando la fecha del entregable, el equipo en efecto hace esta transición inversa – del BIM al CAD – añadiendo al flujo de trabajo una carga de horas innecesarias en el proceso de extraer la información y presentarla en dicho formato, como muestra la Figura 12. Esto al final hace que se pierda este valor añadido en el BIM, y que la empresa que está llevando a cabo el proyecto experimental en BIM, al ver el sobrecoste que le ha supuesto y la falta de valor añadido, se cuestione seriamente las susodichas ventajas del BIM.

Lógicamente, el fracaso que ha tenido lugar en la adopción del BIM ha tenido su base en una mala estrategia de integración del BIM dentro de la empresa.

Una buena implantación BIM requiere de la designación de un BIM Manager (BM) capaz, y, en empresas grandes, de la creación de una BIM Management Office (BMO) dependiente de la Project Management Office (PMO), que defina cuáles van a ser los objetivos del BEP para un proyecto en concreto, y que defina las estrategias y asigne al BIM Manager responsable del proyecto.

Gran parte del trabajo inicial en BIM es la creación de estándares y plantillas, que es lo que el equipo percibe como “pérdida de tiempo”. Este trabajo puede llegar a suponer hasta un tercio del tiempo de dedicación al proyecto del BIM Manager; pero una vez está realizado, si lo está bien, puede usarse para el resto de proyectos de la empresa. Es por esto que una buena implantación pasa por la creación de estas plantillas desde la BMO, para que el BIM Manager pueda usarlas para empezar un proyecto teniendo ya gran parte del trabajo adelantado, como sucede en la Figura 13.

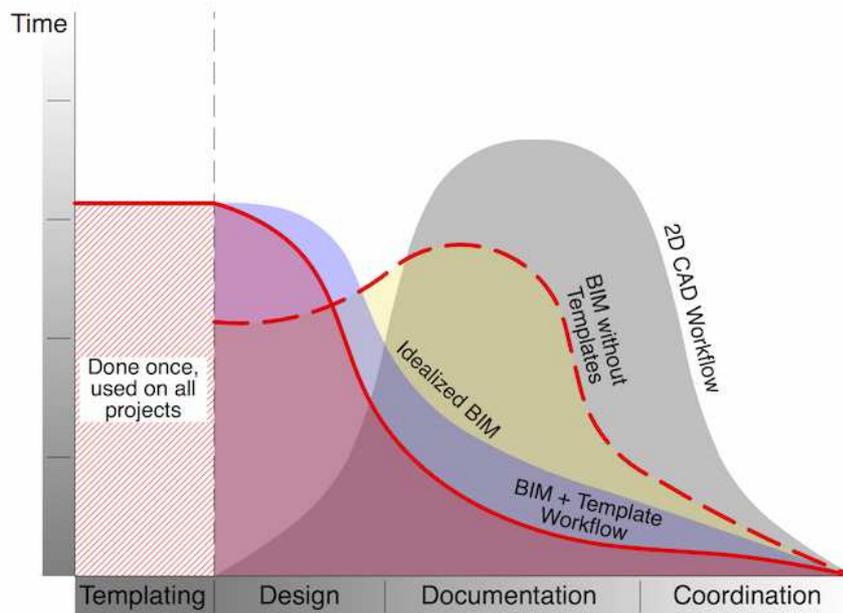


Figura 13: Flujo de trabajo BIM con una buena implementación ([www.shoegnome.com](http://www.shoegnome.com))

En resumen, sólo a través de una visión de conjunto de los Project Managers (PM) y los técnicos implicados, puede lograrse una integración exitosa del BIM. Lamentablemente esto aún está lejos de ser una realidad en la mayoría de las empresas, donde se percibe el BIM como una labor de “delineación” y la asignan al departamento de delineación, sin comprender ni aprovechar de verdad sus oportunidades.

## 2. CASO DE ESTUDIO

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Tal y como se ha mencionado, el presente trabajo tratará sobre la creación de un BEP para el proyecto de una tienda de ropa perteneciente a una franquicia.

Se ha escogido este tipo de proyecto, ya que la mayor parte de franquicias internacionales tienen una mentalidad en la que el BIM encaja perfectamente, ya que disponen de sus propias PMO y de sus equipos de arquitectos e ingenieros encargados de abrir nuevas tiendas en todo el mundo, y se encargan de todo el proceso, desde buscar el solar inicial y pedir los trámites, pasando por diseñar ellos mismos las tiendas y todos los elementos de mobiliario, para dar una imagen de marca reconocible, hasta gestionar la construcción en algunos casos. Además al final del proceso constructivo, son ellos mismos los que se hacen cargo de la gestión de la tienda, por lo que parece el ejemplo perfecto para ilustrar las ventajas de la integración en todas las fases del proyecto.

Del mismo modo, se da por supuesto que esta franquicia contará con su propia BMO dentro de la PMO, y dispondrá de profesionales capacitados y una metodología ya establecida.

Dentro del mundo BIM hay multitud de software con los que afrontar el proyecto, para simplificar las cosas, en este trabajo se ha escogido la suite de Autodesk, ya que en su licencia Building Design Suite Ultimate, aúna la mayoría de software que va a necesitarse a la hora de realizar el proyecto. Se usarán también otros programas informáticos para partes más específicas dentro del proceso BIM, que se detallarán en su momento.

El tema de interoperabilidad en BIM es muy extenso, y aunque es relevante en este trabajo, no se considera el objetivo principal de este, por lo que se darán las explicaciones básicas cuando se necesiten, pero no se dedicará un apartado exclusivo a él, ya que resultaría de una extensión técnica innecesaria.

Hay que recalcar también que, aunque el objetivo principal del trabajo es la creación de un BEP, La creación de un este es, en ocasiones, un proceso muy extenso, tedioso y repetitivo, por lo que se crearán partes de este BEP, que serán susceptibles de ser repetidas para otros elementos, que no se detallarán.

Otro objetivo del presente trabajo es mostrar las ventajas del uso del BIM a lo largo del ciclo de vida del proyecto, y su integración con las áreas de conocimiento del PMBOK, y la gestión de proyectos.

Hay que añadir también que el objetivo del trabajo no es la del diseño arquitectónico de una tienda, por lo que el diseño de la tienda en cuestión será lo más simple posible, para centrarse en lo que realmente importa en este trabajo: la gestión del proyecto.

Por último mencionar, que al hablar de BIM a menudo usamos numerosos acrónimos y siglas, que en la mayoría de los casos pueden resultar confusos, es por eso que en caso de duda, existe un glosario al final del presente trabajo.

## 2.2. LOD 000

Aunque este no se trata de un LOD tal y como se ha definido anteriormente, sí que se usa a menudo como referencia al punto de partida del proyecto, en el que establecen el objetivo principal del proyecto, el equipo y las primeras normas a seguir.

La empresa que desarrolla el proyecto tiene una organización matricial, enfocada a la dirección por proyectos, tal y como muestra la Figura 14:

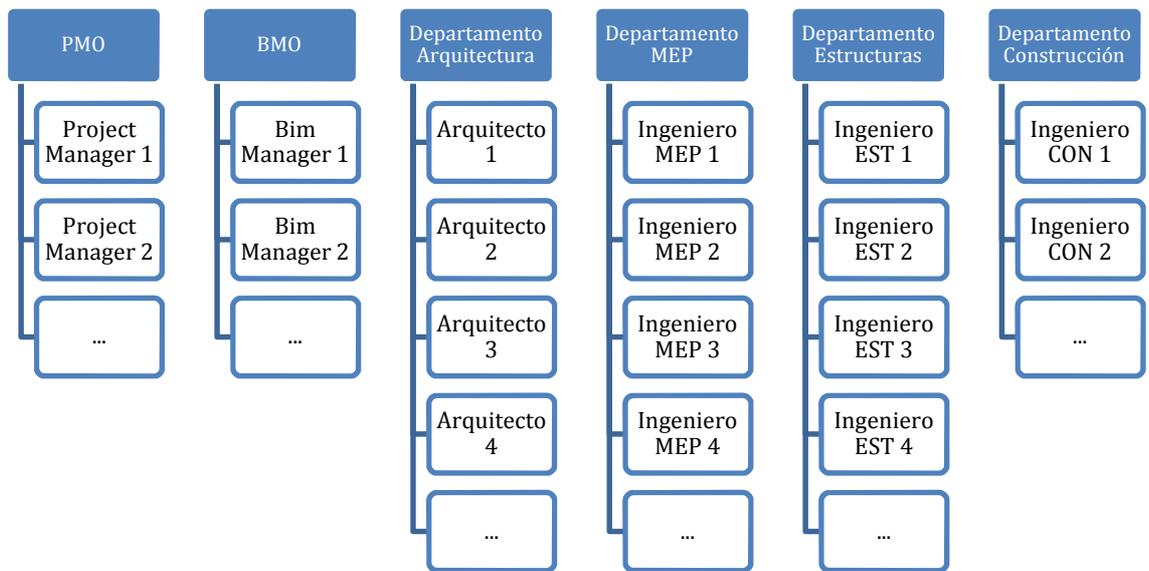


Figura 14: Esquema organizacional de la empresa. (Elaboración propia)

La empresa también posee otros departamentos, tales como el de marketing, financiero y fabricación, pero para este caso de estudio no es necesario detallar las relaciones con estas partes de la empresa, y no se considerarán partes del equipo de proyecto, sino como “stakeholders” o partes involucradas, con las cuales hay que contar, pero que no formarán parte del día a día del equipo.

De este modo, para este proyecto en concreto, la estructura del equipo queda como muestra la Figura 15:

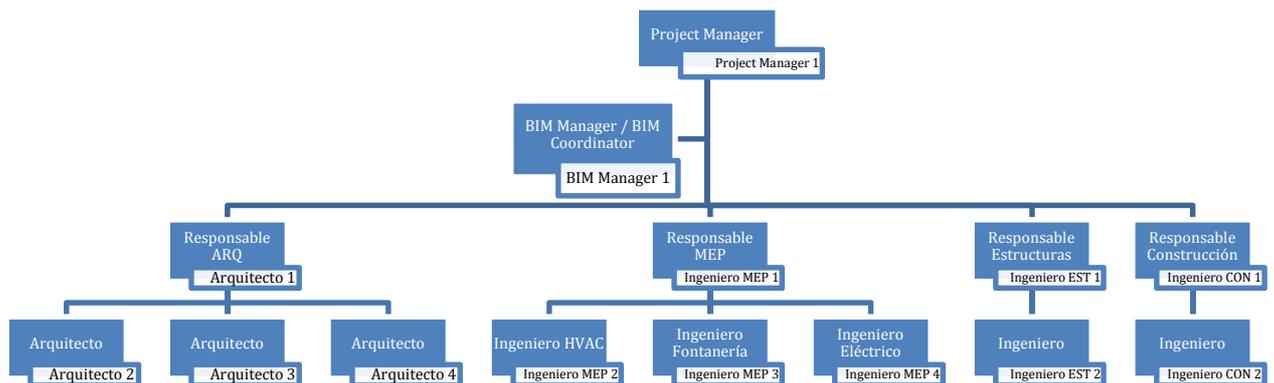


Figura 15: Esquema organizacional del proyecto. (Elaboración propia)

Tal y como muestra el esquema, cada una de las disciplinas tendrá un responsable que será el que suba el modelo de la disciplina en el servidor. El BIM Manager actuará a la vez de BIM Coordinator, y velará por que toda la información aportada por los responsables de cada disciplina sea coherente en si mi misma y con la aportada con los demás, buscando fallos de coordinación y de procedimiento.

Además, el coordinador BIM será el responsable de que toda la información actualizada esté disponible en todo momento y establecerá las reglas de acceso y modificación según se requiera en el proyecto y así se lo indique el Project Manager, tal y como ilustra la Figura 16.

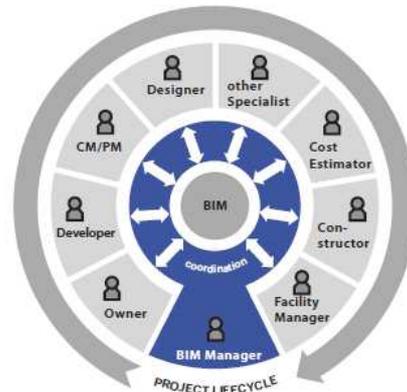


Figura 16: Esquema comunicación con el modelo BIM. ([www.thebimhub.com](http://www.thebimhub.com))

En esta fase de desarrollo las responsabilidades del Coordinador BIM incluyen también la de seleccionar la plantilla ya desarrollada por la BMO y adaptarla para el proyecto, sentar los protocolos para la nomenclatura de los archivos y comprobar la compatibilidad entre los tipos de archivos y sistemas de coordenadas que vayan a usarse.

Por su parte el Project Manager recibirá el modelo ya coordinado por parte del BIM Coordinator y será el responsable de interactuar con los stakeholders usando el modelo coordinado como referencia.

## 2.3. LOD 100

### 2.3.1. INTEGRACIÓN

En este nivel de desarrollo es cuando se empiezan a plantear las primeras variables del proyecto, tales como la búsqueda del terreno, la orientación y la primera forma volumétrica aproximada.

Lo primero es la búsqueda del terreno apropiado. Hay que hacer un estudio de mercado para conocer los precios de los terrenos donde se puede construir y qué equipamientos y qué tiendas existen ya por la zona.

En este nivel inicial de estudio de mercado, antes de que empiece el modelo BIM, hay que empezar a analizar usando el CIM (City Information Modelling).

Hoy en día a la hora de hacer planes urbanísticos y realizar análisis de viabilidad en la localización de solares se usan formatos GIS y CAD, la mayoría de las veces usando los propios planos del catastro o del colegio de arquitectos.

Con el CIM se enriquecen estos datos, ya que además de estos datos gráficos sobre parcelas, estos datos se entrelazan con otros metadatos tales como normativa

urbanística en la zona, infraestructura proyectada en los alrededores, histórico de precios en la zona, etc.

Los programas CIM más conocidos hoy en día son Urbansim (libre) y Urban Canvas de Autodesk. Al haber escogido la suite de Autodesk, se realizará una breve explicación de las ventajas del uso de Urban Canvas (Figura 17).

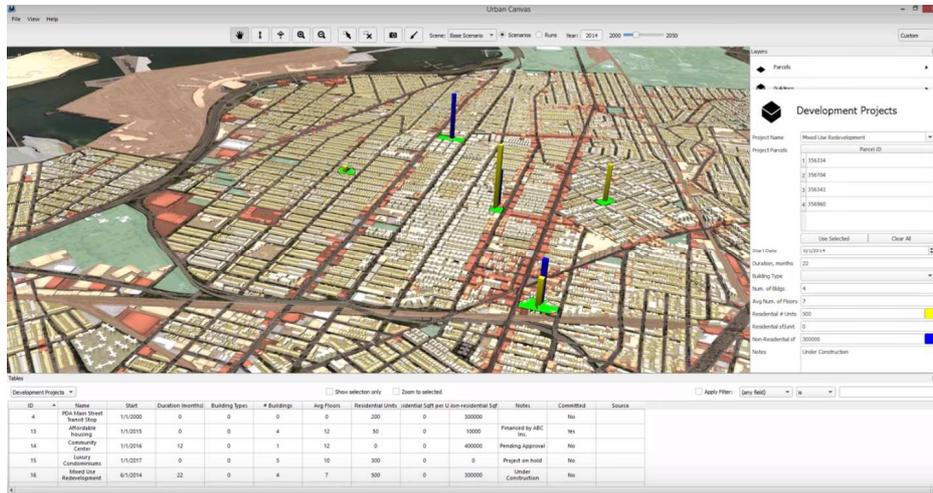


Figura 17: Interfaz de Urban Canvas ([www.urbansim.com](http://www.urbansim.com))

Lo más difícil a día de hoy para utilizar el CIM es elaborar una buena base de datos fiable de la ciudad. Existen muy pocos municipios en el mundo que estén empezando a introducir esta tecnología en la administración, y la mayoría de modelos, pues, han sido realizados por empresas consultoras inmobiliarias de gran tamaño, que pueden permitirse tener empleados en plantilla que introduzcan en el modelo de la ciudad datos tales como un histórico de precios de viviendas en la zona, etc. En este proyecto pues, se asume el contacto con una empresa consultora inmobiliaria para realizar este primer estudio.

Uno de los datos más relevantes que ofrece este tipo de modelos es la posibilidad de ver cuál es la densidad de tiendas en la zona, y el uso del suelo, según las licencias que se han concedido en el ayuntamiento (si el modelo está actualizado).



Figura 18: Modelo CIM con usos de suelo ([www.autodesk.com](http://www.autodesk.com))

En este caso puede verse en la Figura 18 cómo se trata de una zona con una gran proporción de espacio público, una ligera mayor concentración de zona de oficinas respecto de viviendas, y una menor zona tiendas. Estos datos serían valorados por el departamento financiero y de marketing de la empresa, que determinaría si es una zona interesante donde abrir una nueva tienda.

### 2.3.2. COSTES

Por otro lado, al construir la nueva tienda se está adquiriendo un terreno, con lo que otro dato importante que nos puede facilitar la consultora es cuál es la previsión de crecimiento del precio del terreno en la zona.

Estos datos de predicción del modelo dependen sobre todo de la cantidad de datos históricos que se hayan introducido en él. El programa es capaz de guardar para un solar cuáles han sido los precios de venta de las viviendas en él en diferentes momentos en el tiempo, también es capaz de detectar si ha habido nuevas zonas públicas o infraestructuras creadas alrededor del solar, y analizar cuál ha sido la variación en el precio desde el momento en que se crearon, y analizar la variación en el precio a su vez desde que edificaron en parcelas vecinas, también podemos introducir si se ha lanzado una nueva normativa urbanística en la zona, y determinar así si la zona está en proceso de regeneración, en auge o en declive, pudiendo así arrojar un modelo predictivo a partir de unos algoritmos. Estos algoritmos pueden ser personalizados por la propia consultora inmobiliaria a través de Python, para ajustarlos a sus conocimientos sobre la tendencia del mercado en la zona. Al final lo que recibiríamos de la consultora inmobiliaria sería una información como esta:



Figura 19: Modelo predictivo del incremento del precio del suelo. ([www.autodesk.com](http://www.autodesk.com))

Tal y como nos muestra la Figura 19, económicamente nos interesaría invertir en la zona, ya que se prevé que el precio del solar aumente considerablemente al cabo de unos años.

Una vez analizados estos datos, se toma una decisión, que sería sobretodo estratégica desde el punto de vista de márketing y económico, y se determina cuál será al fin el solar en el que vamos a emplazar nuestro proyecto.

Cabe añadir aquí que al estar trabajando con herramientas informáticas, todos estos datos pueden exportarse a un archivo Excel para poder realizar un análisis AHP (proceso analítico-jerárquico) que ayude a tomar esta decisión.

### 2.3.3. ALCANCE

Teniendo el solar ya decidido, lo que hay que lograr en esta etapa es una primera aproximación volumétrica a lo que será el futuro edificio, desde la que se extraerá una estimación de costes basándose en precios por metro cuadrado construido, y una primera estimación de costes energéticos.

Para esto el software que utilizaremos es el de Autodesk Formit, que permite diseñar de manera fluida los volúmenes y permite una rápida visualización, de tal manera que pueden generarse varias alternativas de diseño de manera rápida y presentarse a los clientes internos en corto plazo de tiempo.

En este caso, se generan dos alternativas de diseño sencillas, tomando como solar de referencia un solar situado en Barcelona, a efectos de eficiencia energética.

Se establecen las dimensiones del solar como las mostradas en la Figura 20:



Figura 20: Dimensiones solar

Las alternativas que plantea el arquitecto en cuanto al diseño son las siguientes:

El arquitecto propone crear una línea de escaparate continua de 13 metros con un saliente de 3 metros que marque la entrada al edificio, donde se situarán las cajas, además adelanta que aprovechará esta línea de escaparate larga para apoyar en ella la escalera que suba al primer piso, por lo que únicamente queda la opción de decidir si el saliente va a la izquierda o a la derecha como se muestra en la Figura 21.

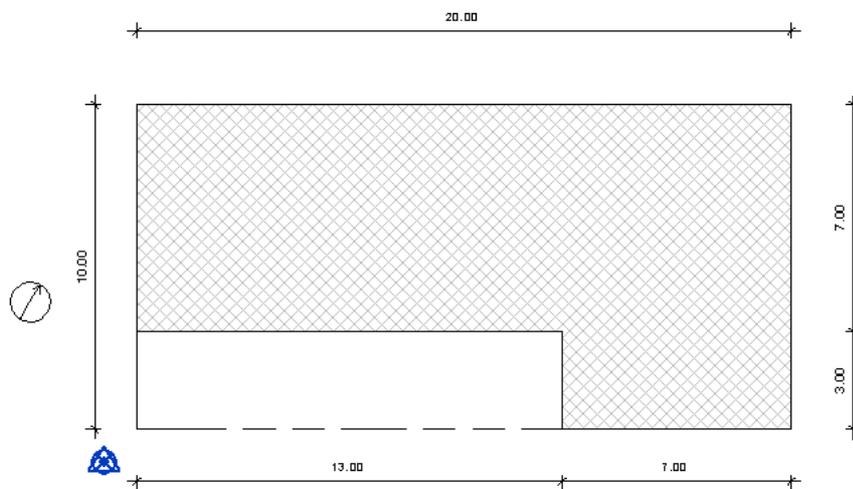


Figura 21: Propuesta A (entrada por la derecha)

Desde Formit pueden crearse los primeros bocetos artísticos para mostrar al cliente y una primera aproximación volumétrica (Figura 22), desde la que se puede extraer el primer balance de análisis energético.

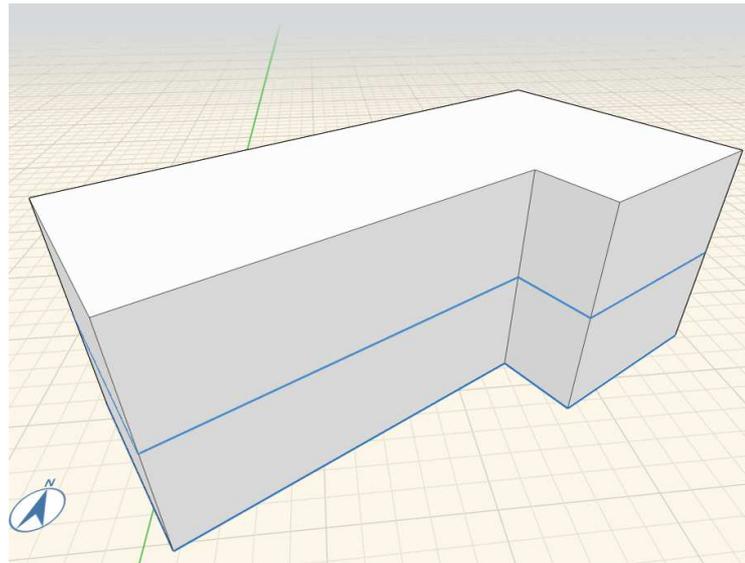


Figura 22: Primer boceto volumétrico en Formit

Tal y como vemos en la Figura 23, según esta primera aproximación, el uso previsto de energía al año será de unos 26,6 \$/ m<sup>2</sup>. No obstante, el responsable de MEP prefiere introducir el boceto ya en Revit para poder configurar mejor los datos con los que realizar la primera aproximación.

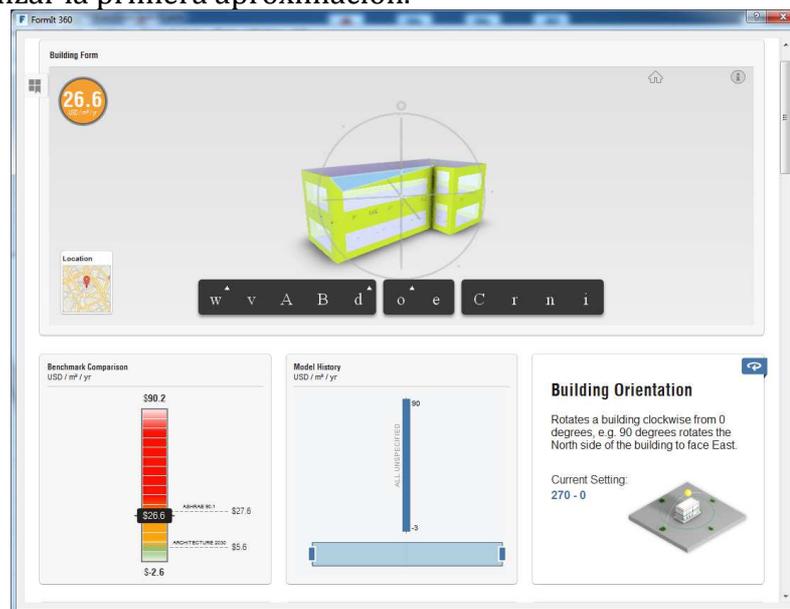


Figura 23: Primera valoración energética en Formit

Una vez dentro de Revit por primera vez, partiendo desde la plantilla que ha seleccionado el BIM Manager para este proyecto, lo primero que se hace es plantear las 2 opciones de diseño presentes (Figura 24).

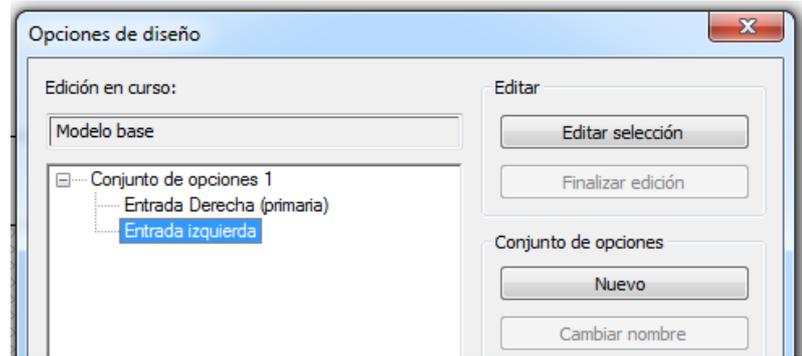


Figura 24: Planteamiento de opciones en Revit

Una vez estén creadas las opciones de diseño, se importan las geometrías creadas por el arquitecto en Formit, y se asignan a sus correspondientes opciones.

Con estas opciones de diseño ya asignadas, el ingeniero puede proceder a introducir los primeros datos sobre el funcionamiento de las instalaciones, y de los materiales (Figura 25), en conjunto con el arquitecto, como por ejemplo, cuál va a ser el porcentaje aproximado de huecos en fachada (será alto teniendo en cuenta que se trata de una tienda con escaparate), si estos llevarán protección solar o no, cuál será el sistema de refrigeración, cuál es el uso del edificio, etc.

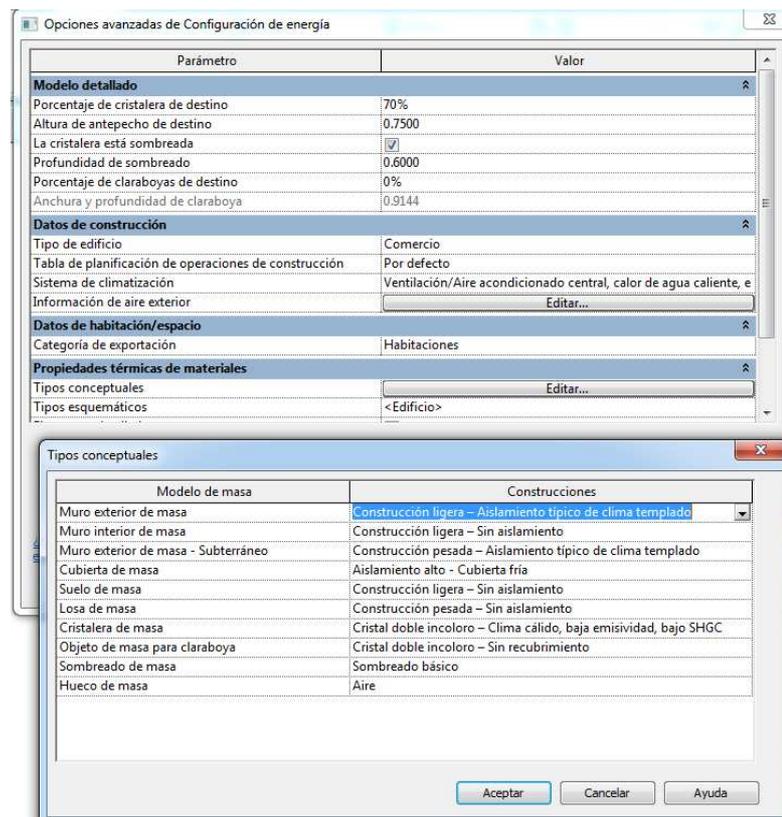


Figura 25: Configuración energética

Una vez se hayan realizado estos ajustes, se puede pasar ya a realizar el primer análisis energético más detallado (Figura 26).

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Estación meteorológica:             | 143507                 |
| Temperatura exterior:               | Máx.: 30°C/Mín.: 3°C   |
| Área común del piso:                | 319 m <sup>2</sup>     |
| Área de muro exterior:              | 480 m <sup>2</sup>     |
| Potencia de iluminación media:      | 15.07 W/m <sup>2</sup> |
| Personas:                           | 33 Personas            |
| Proporción de ventanas en exterior: | 0,70                   |
| Costo eléctrico:                    | 0,13 \$/kWh            |
| Costo de combustible:               | 1,23 \$/unidad térmica |

### Intensidad de uso de energía (EUI)

|                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| EUI de electricidad: | 518 kWh/sm/yr                |
| EUI de combustible:  | 287 MJ/m <sup>2</sup> /año   |
| EUI total:           | 2,151 MJ/m <sup>2</sup> /año |

### Costo/Uso de energía de ciclo de vida

|                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| Uso de electricidad de ciclo de vida: | 4,954,089 kWh |
| Uso de combustible de ciclo de vida:  | 2,749,914 MJ  |
| Costo de energía de ciclo de vida:    | 295.655 \$    |

\*30 años de vida y descuento de 6,1% en costos

### Potencial de energía renovable

|  |                |
|--|----------------|
| Sistema fotovoltaico montado en cubierta (baja eficiencia):  | 11,431 kWh/año |
| Sistema fotovoltaico montado en cubierta (eficiencia media): | 22,861 kWh/año |
| Sistema fotovoltaico montado en cubierta (alta eficiencia):  | 34,292 kWh/año |
| Potencial de turbina eólica simple de 4,5 m:                 | 1,027 kWh/año  |

\*Se presuponen valores de eficiencia fotovoltaica de 5%, 10% y 15% para sistemas de eficiencia baja, media y alta

Figura 26: Primer análisis de coste de energía de ciclo de vida en Revit

Además de los valores orientativos del coste de energía anual, el programa también aporta información sobre qué riesgos térmicos habrán en fases posteriores de proyecto, tales como cuáles van a ser las principales pérdidas o ganancias de energía (Figura 27), o cuál va a ser la orientación a viento más favorable o desfavorable (Figura 28).

### Carga de refrigeración mensual

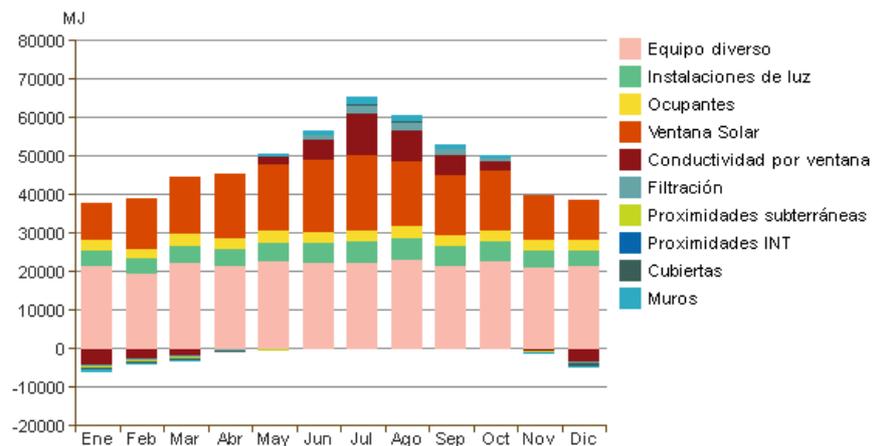


Figura 27: Aportes de carga de refrigeración

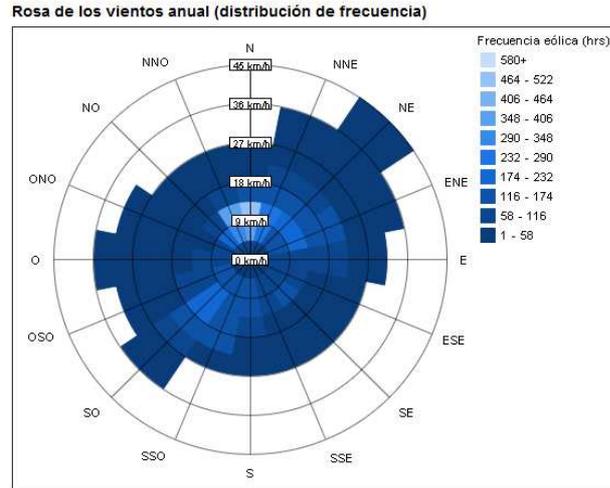
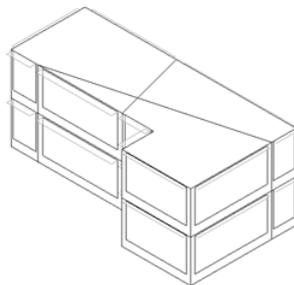


Figura 28: Rosa de los vientos en la zona del proyecto

Por último, se comparan directamente el rendimiento energético de las diferentes opciones de diseño (Figura 29).

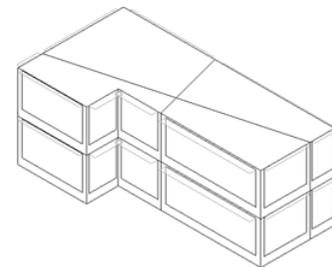
**Proyecto TFM**  
**Opción entrada derecha**  
 Analizado 06/07/2016 0:51:20  
 Version 2016.214.26.4(DOE-2.2-48r)



|                                       |                              |
|---------------------------------------|------------------------------|
| EUI de electricidad:                  | 518 kWh/sm <sup>2</sup> yr   |
| EUI de combustible:                   | 287 MJ/m <sup>2</sup> /año   |
| EUI total:                            | 2,151 MJ/m <sup>2</sup> /año |
| Uso de electricidad de ciclo de vida: | 4,954,089 kWh                |
| Uso de combustible de ciclo de vida:  | 2,749,914 MJ                 |
| Costo de energía de ciclo de vida:    | 295.655 \$                   |

\*30 años de vida y descuento de 6,1% en costos

**Proyecto TFM**  
**Opción entrada izquierda**  
 Analizado 06/07/2016 0:49:19  
 Version 2016.214.26.4(DOE-2.2-48r)



|                                       |                              |
|---------------------------------------|------------------------------|
| EUI de electricidad:                  | 524 kWh/sm <sup>2</sup> yr   |
| EUI de combustible:                   | 292 MJ/m <sup>2</sup> /año   |
| EUI total:                            | 2,177 MJ/m <sup>2</sup> /año |
| Uso de electricidad de ciclo de vida: | 5,011,842 kWh                |
| Uso de combustible de ciclo de vida:  | 2,792,953 MJ                 |
| Costo de energía de ciclo de vida:    | 299.159 \$                   |

\*30 años de vida y descuento de 6,1% en costos

Figura 29: Comparación de las opciones de diseño

Lógicamente, al no haber grandes cambios en el diseño en las alternativas, los resultados nos indican que apenas habría una diferencia de 3504\$ en consumo energético a lo largo de los 30 años del edificio, de haber sido mayores las diferencias en el diseño, estas también se habrían acentuado.

### 2.3.4. COMUNICACIÓN

En paralelo a todo este proceso de análisis, una vez se hubiesen realizado los primeros bocetos por el arquitecto, el BIM coordinator los habría puesto a disposición del ingeniero de obras, que realizaría las primeras estimaciones de coste basándose en el coste por metro cuadrado de cada una de las opciones.

Como para simplificar el contenido de este trabajo, ambas opciones tienen los mismos metros cuadrados, los datos aportados por el ingeniero de costes en este momento no habrían sido decisivos.

Por otra parte, mientras se realizan los estudios energéticos y de costes, el arquitecto preparará más vistas explicativas del modelo y renders esquemáticos, para ayudar en el proceso de toma de decisiones en la junta directiva, una vez que se aporten todos los datos en conjunto.

### 2.3.5. RECURSOS HUMANOS

Las principales acciones a destacar en esta fase serán las del arquitecto, que será el encargado de realizar estos primeros bocetos y entregárselos al Project Manager. Por su parte el responsable de MEP tendrá que realizar el primer análisis energético aproximativo.

### 2.3.6. RIESGOS

Los principales riesgos en esta fase se centran en la fiabilidad de los datos con los que estamos realizando nuestras predicciones, sobre todo en la parte que corresponde a la elección del emplazamiento desde el punto de vista económico.

Para mitigar este riesgo habrá que hacer un especial énfasis en comprobar que los datos en el modelo CIM estén bien introducidos, y una memoria de cómo se han elaborado los modelos predictivos.

Otro posible riesgo es la incompatibilidad entre diferentes programas y entre diferentes versiones dentro del mismo programa.

Para mitigar este riesgo, el BIM Manager establece en este LOD el software y la versión de este que hay que utilizar, y todas las partes involucradas deben usar el software que se establece en esta parte del BEP.

### 2.3.7. TIEMPO

El BIM Manager junto con el Project Manager tendrán que determinar en esta etapa, si no lo han hecho ya en la anterior, cuál es el alcance de la información a entregar en cada LOD al modelo para cada una de las categorías de elementos, en qué nivel de detalle geométrico, y por quién debe de ser realizado, como se muestra en las Tabla 1, 2, 3 y 4 para las categorías “muros”, “tuberías”, “pilares” y “mobiliario”, respectivamente.

| <b>MUROS</b>            |     |     |     |       |       |
|-------------------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| <i>LOD</i>              | 100 | 200 | 300 | 400   | 500   |
| <i>Responsable</i>      | ARQ | ARQ | ARQ | ARQ   | ARQ   |
| <i>Nivel de detalle</i> | G0  | G1  | G2  | G2/G3 | G2/G3 |
| <i>Posición</i>         |     | ✓   | ✓   | ✓     | ✓     |

|   |  |  |   |   |   |
|---|--|--|---|---|---|
| <i>Composición interna</i>              |  |  | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Propiedades térmicas</i>             |  |  | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Propiedades acústicas</i>            |  |  | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Resistencia al fuego</i>             |  |  | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Perforaciones para instalaciones</i> |  |  |   | ✓ | ✓ |
| <i>Coste</i>                            |  |  |   | ✓ | ✓ |
| <i>Momento de puesta en obra</i>        |  |  |   | ✓ | ✓ |
| <i>Posición definitiva "as built"</i>   |  |  |   |   | ✓ |

Tabla 1: Requisitos de diseño para la categoría "muros" según el BEP

| <b>TUBERÍAS</b>                            |     |     |     |       |       |
|--|-----|-----|-----|-------|-------|
| <i>LOD</i>                                 | 100 | 200 | 300 | 400   | 500   |
| <i>Responsable</i>                         | MEP | MEP | MEP | MEP   | MEP   |
| <i>Nivel de detalle</i>                    | -   | G0  | G2  | G2/G3 | G2/G3 |
| <i>Esquema de diseño</i>                   |     | ✓   | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Posición</i>                            |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Diámetro</i>                            |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Material</i>                            |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Flujo</i>                               |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Presión</i>                             |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Coordinación con otros sistemas MEP</i> |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Coordinación con arquitectura</i>       |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Coste</i>                               |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Momento de puesta en obra</i>           |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Posición definitiva "as built"</i>      |     |     |     |       | ✓     |
| <i>Nombre del instalador</i>               |     |     |     |       | ✓     |

Tabla 2: Requisitos de diseño para la categoría "tuberías" según el BEP

| <b>PILARES</b>                                   |     |     |     |       |       |
|--|-----|-----|-----|-------|-------|
| <i>LOD</i>                                       | 100 | 200 | 300 | 400   | 500   |
| <i>Responsable</i>                               | EST | EST | EST | EST   | EST   |
| <i>Nivel de detalle</i>                          | -   | G1  | G2  | G2/G3 | G2/G3 |
| <i>Posición</i>                                  |     | ✓   | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Dimensiones</i>                               |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Material</i>                                  |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Modelo analítico y propiedades analíticas</i> |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Armado</i>                                    |     |     | ✓   | ✓     | ✓     |
| <i>Coordinación con sistemas MEP</i>             |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Coordinación con arquitectura</i>             |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Coste</i>                                     |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Momento de puesta en obra</i>                 |     |     |     | ✓     | ✓     |
| <i>Posición definitiva "as built"</i>            |     |     |     |       | ✓     |

Tabla 3: Requisitos de diseño para la categoría "pilares" según el BEP

| <b>MOBILIARIO</b>       |     |     |     |     |     |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>LOD</i>              | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| <i>Responsable</i>      | ARQ | ARQ | ARQ | ARQ | ARQ |
| <i>Nivel de detalle</i> | -   | G0  | G2  | G3  | G3  |

|                                       |  |   |   |   |   |
|---------------------------------------|--|---|---|---|---|
| <i>Posición</i>                       |  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Dimensiones</i>                    |  |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Modelo</i>                         |  |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Código de modelo en SAP</i>        |  |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Coordinación con sistemas MEP</i>  |  |   |   | ✓ | ✓ |
| <i>Coordinación con estructura</i>    |  |   |   | ✓ | ✓ |
| <i>Coste</i>                          |  |   |   | ✓ | ✓ |
| <i>Fecha de compra</i>                |  |   |   | ✓ | ✓ |
| <i>Posición definitiva "as built"</i> |  |   |   |   | ✓ |

Tabla 4: Requisitos de diseño para la categoría "mobiliario" según el BEP

Por otro lado, en esta etapa de proyecto también debe terminar de concretarse la planificación para el desarrollo de este. La Figura 30 muestra un ejemplo de planificación del proyecto BIM.

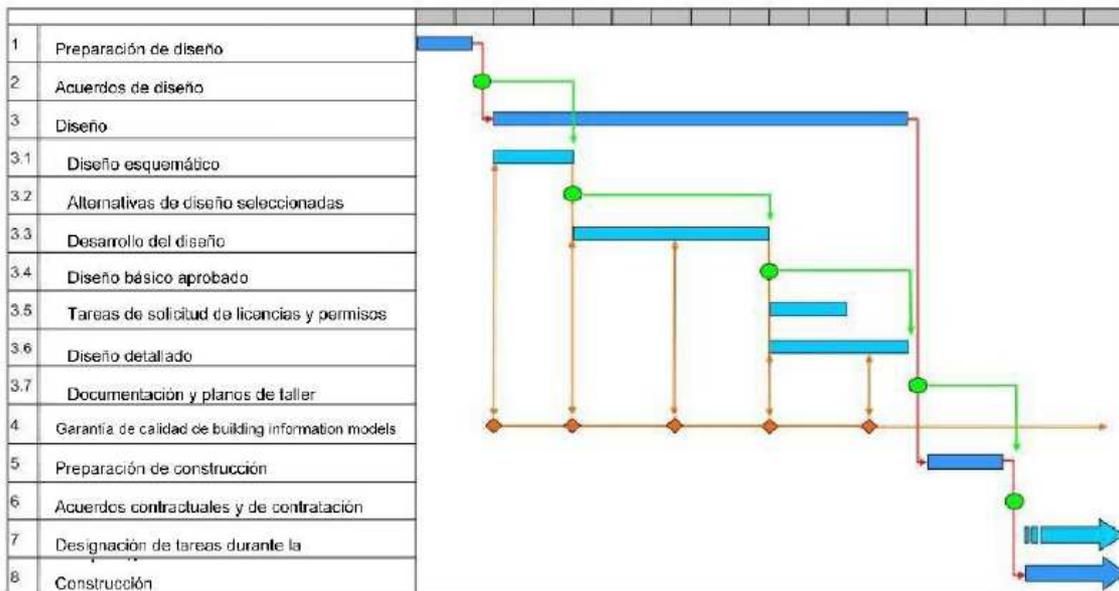


Figura 30: Ejemplo de planificación del proyecto BIM. (Guías Ubim, 2012)

La fase de preparación del diseño correspondería al LOD 000, la de diseño esquemático al LOD 100, desarrollo del diseño al LOD 200, diseño detallado sería el LOD 300, Preparación de la construcción LOD 400 y construcción LOD 500, entregándose al final de esta el modelo "as built" junto con las actas de finalización de obra y el "Libro Del Edificio".

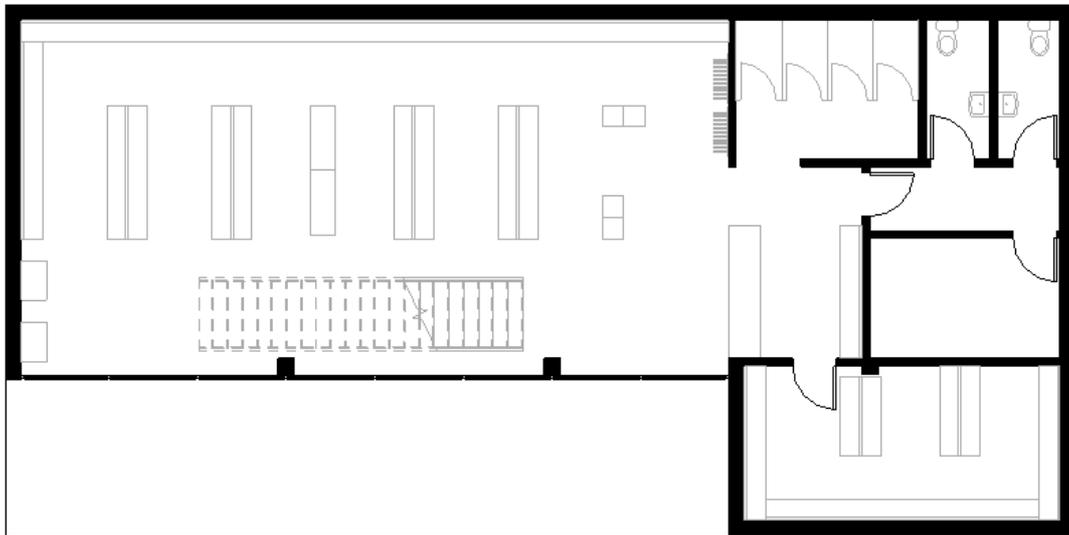
#### 2.4. LOD 200

Una vez se ha seleccionado una alternativa de diseño, tal y como marca el hito 3.2 de la Figura 30, comenzamos con el desarrollo del diseño básico. En el caso de este trabajo, la alternativa que ha sido seleccionada es la de la entrada por la derecha.

### 2.4.1. ALCANCE

El alcance del desarrollo del proyecto en esta etapa es el del desarrollo básico de la alternativa de proyecto seleccionada en la fase de LOD 100. El nivel de desarrollo para cada una de las categorías de elementos dentro del proyecto es que se ha detallado en la fase anterior, tal y como se ha mostrado en las Tablas 1-4 del apartado 3.3.4. “Tiempo”.

Básicamente la labor del equipo de arquitectura será la de elaborar los planos del edificio con la distribución interior casi definitiva, determinando particiones, huecos, habitaciones, pilares, mobiliario, etc., aunque estos sean aún susceptibles de pequeños cambios de posición, y no se determine aún su composición interna, ni los detalles constructivos (Figura 31).



*Figura 31: Planta baja del proyecto LOD 200*

Los elementos que compongan el modelo sólo deberán estar definidos de forma genérica, sin determinar su composición interna, tal y como muestra la Figura 32. En el caso que por motivos de uso de elementos ya diseñados en anteriores proyectos, como por ejemplo mobiliario, proporcionado por la BMO, esta información ya venga definida, no se considerará relevante ni contractual, ya que es una especificación que no está contenida en este nivel LOD, y por lo tanto no habrá sido revisada por el responsable correspondiente. La información contractual y relevante en este nivel será sólo la que se ha especificado en la planificación del proyecto (ver Tablas 1-4), cualquier información que se aporte de más, no debe ser considerada.

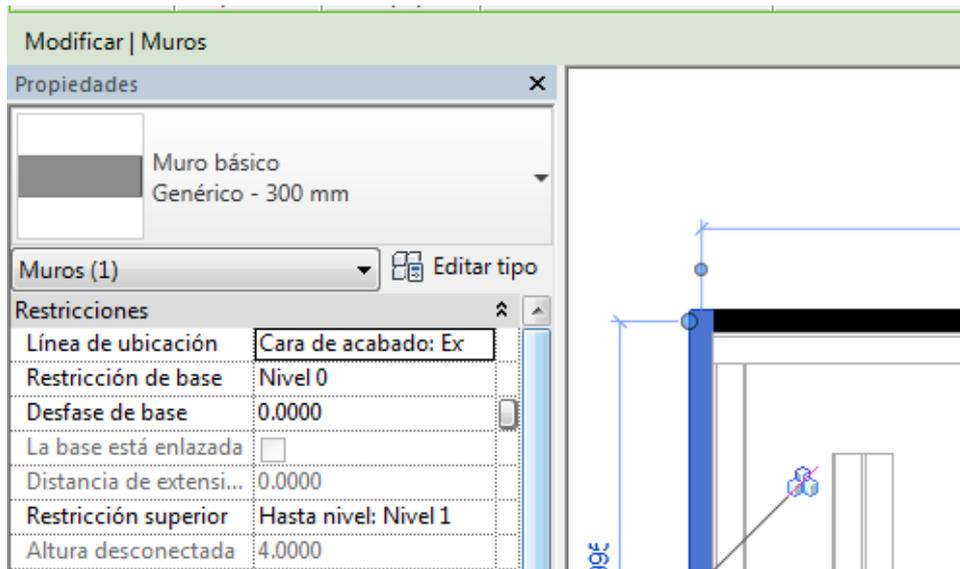


Figura 32: Ejemplo de definición en LOD 200 para un muro

Por parte del equipo de estructuras, su labor será la de confirmar las dimensiones de los elementos estructurales según un predimensionado básico, y su impacto en la labor de los demás equipos.

Por parte del equipo de instalaciones MEP, deberán realizar un primer diseño de por qué zonas van a transcurrir los elementos de instalaciones, aunque sin determinar al 100% el tamaño de tuberías y conductos. También deberán especificar los requisitos para los cuartos de instalaciones y las necesidades de estos al equipo de arquitectura.

Además de cumplir con estos requisitos de contenido, el proyecto deberá justificar en esta fase su adecuación a la normativa urbanística básica del ayuntamiento, para poder solicitar los pertinentes permisos de licencias.

#### 2.4.2. INTEGRACIÓN

Hasta este momento, la documentación contenida en el modelo BIM era muy escasa. A partir de este momento será cuando todos los equipos empiecen a trabajar de verdad en el modelo. Es por este motivo que el BIM Manager convertirá el modelo de la etapa anterior en un archivo central para la disciplina de arquitectura, y creará dos archivos centrales más, de estructuras y de instalaciones, y los vinculará entre ellos, de forma que todos los equipos puedan ver el desarrollo del trabajo de los otros equipos, pero sin molestarse unos a otros.

Además, el BIM Manager creará un archivo de Revit que contenga sólo las coordenadas compartidas y los niveles y ejes que establezca el arquitecto. Y todos los archivos estarán vinculados a este.

Dentro del archivo central de Revit de cada disciplina, se crearán subproyectos para los siguientes elementos, tal y como muestra la Figura 33:

Subproyectos archivo ARQUITECTURA:

- Entorno
- Exterior
- Interior
- Núcleos
- Circulación
- Mobiliario
- Links
- Niveles y Rejillas compartidos

Subproyectos archivo ESTRUCTURA

- Estructura en hormigón
- Estructura en acero
- Links
- Niveles y Rejillas compartidos

Subproyectos archivo MEP

- Fontanería
- Saneamiento
- Electricidad
- Iluminación
- Seguridad
- Protección Contra Incendios (PCI)
- Climatización
- Links
- Niveles y Rejillas compartidos

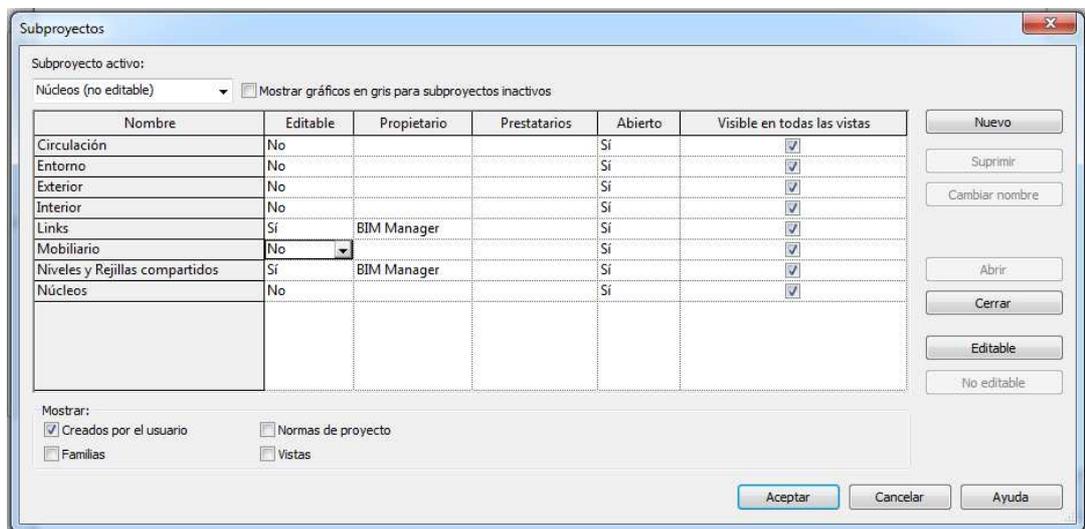


Figura 33: Subproyectos en archivo de arquitectura

También hay que definir la nomenclatura que usarán las plantillas que se usen para el proyecto en Revit, que tendrán esta forma:

**AA-BBB-CCC-DD-EEEE**

Donde:

- AA- es el tipo de vista, pudiendo tomar los valores de plano “PL”, plano de techo “PT”, sección “SE”, alzado “AL”, vista 3D “3D” o render “RE”
- BBB es el LOD para el que se ha hecho la plantilla
- CCC es el código de disciplina
- DD es el código de la subdisciplina
- EEEEE es el espacio para posibles comentarios, que puede estar vacío

El BIM Manager deberá exportar en formato Excel un archivo que contenga los nombres de todas las plantillas que se vayan a utilizar en los diferentes archivos de disciplina, y que contenga qué elementos modifica cada una de estas plantillas. Estas plantillas generalmente ya estarán desarrolladas en proyectos anteriores, pudiéndose utilizar directamente esta información que la proporcionará la BMO.

Además de esta tabla de Excel, el BIM Manager deberá aportar también otra donde se especifiquen los nombres de los filtros que se han usado en el proyecto, y a qué elementos modifican, como por ejemplo en la Tabla 5, donde se muestra las modificaciones de color para las tuberías en el archivo de MEP.

| <b>DISCIPLINA</b> | <b>SISTEMA</b>              | <b>CLASIFICACIÓN DE SISTEMA REVIT</b> | <b>ABREVIACIÓN</b> | <b>COLOR (RGB)</b> |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|
| MEP-FON           | Agua Fría Sanitaria         | Agua Fría Sanitaria                   | AFS                | 0-157-204          |
| MEP-FON           | Agua Caliente Sanitaria-    | Agua Caliente Sanitaria-              | ACS                | 255-127-000        |
| MEP-PCI           | Agua Fría Rociadores        | Protección Contra Incendios Húmeda    | PIR                | 220-000-000        |
| MEP-PCI           | Agua Fría Boca de Incendios | Protección Contra Incendios Húmeda    | PIB                | 255-000-063        |
| MEP-SAN           | Aguas Pluviales             | Sanitario                             | PLU                | 255-0-191          |
| MEP-SAN           | Saneamiento                 | Sanitario                             | SAN                | 127-0-0            |
| MEP-SAN           | Ventilación Primaria        | Sanitario                             | VEP                | 255-127-255        |
| MEP-HVAC          | Agua Fría Ida               | Suministro Hidrónico                  | AFI                | 0-191-255          |
| MEP-HVAC          | Agua Fría Retorno           | Retorno Hidrónico                     | AFR                | 0-63-255           |
| MEP-HVAC          | Agua Caliente Ida           | Suministro Hidrónico                  | ACI                | 255-63-0           |
| MEP-HVAC          | Agua Caliente Retorno       | Retorno Hidrónico                     | ACR                | 255-191-0          |

Tabla 5: Lista de filtros usados para tuberías en el archivo de MEP

Por otra parte, la organización de vistas dentro del archivo de proyecto de Revit se hará agrupando los planos por disciplina y subdisciplina, adoptando las vistas el siguiente sistema de nomenclatura:

### **AAA-BBB-CC-DD-EE-FF-G**

Donde:

- AAA es el LOD
- BBB es la disciplina
- CC es la subdisciplina
- DD es la zona del proyecto
- EE es el nivel de planta
- FF es el número de vista en el plano (en caso de que haya más de una en el plano que se imprimiesen, por ejemplo varias secciones, sino se escribirá XX)
- G es el número de revisión

#### 2.4.3. CALIDAD

Para asegurar que no se producen errores de coordinación debido a que accidentalmente algún miembro del equipo mueva algún archivo referenciado, tal y como muestra la Figura 31, el BIM Manager se hará propietario tanto de los subproyectos de “Links”, como del de “Niveles y Rejillas compartidos”. De este modo, ningún miembro del equipo podrá causar accidentalmente ningún error debido a una mala coordinación entre los modelos, ya sea por tener vinculado un archivo desfasado, o simplemente por mover accidentalmente los ejes de las rejillas. Del mismo modo, el BIM Manager también mantendrá la propiedad de las “plantillas de vista”, a fin de evitar que puedan producirse errores a la hora de extraer información desde el modelo BIM, tales como que aparezcan elementos que no deberían ser vistos en determinados planos, o no aparezcan estos elementos donde sí deberían aparecer.

Por otra parte, también será tarea del BIM Manager la de auditar los modelos y revisar que todos los elementos estén en sus subproyectos y diseñados en sus categorías correspondientes, y referenciados a sus niveles correspondientes, esto es, un muro en el segundo piso debe estar diseñado como “muro” y vinculado al nivel del segundo piso, no vinculado al primer piso y con un desfase de 3 metros en la base del muro.

El BIM Manager también deberá “purgar” el modelo cada mes, eliminando aquellos elementos que no estén siendo usados, por ejemplo: familias de mobiliario que en algún momento de diseño se consideró utilizar, pero más tarde se descartaron, a fin de reducir la cantidad de información, junto con el tamaño del archivo, y lograr así que la experiencia de trabajo de las partes involucradas con el archivo sea más fluida, al ser más ligero el archivo. Este procedimiento será especialmente importante en los archivos de MEP, donde debido a la gran cantidad de piezas técnicas, tales como válvulas, codos o apliques, la “limpieza” del modelo deberá hacerse cada 15 días.

A lo largo del proceso de diseño del edificio, suelen producirse cambios y ajustes, por lo que habrá que sacar revisiones de algunos ficheros “estáticos” tales como archivos de CAD que hayan sido ya entregados. Aunque más adelante se

explica cómo se mantendrá la trazabilidad del historial de archivos, desde Revit se usará la opción integrada de “Revisiones” a modo de referencia para determinar qué partes son las que han sido modificadas. La nomenclatura de estas revisiones empezará por “0” si es la primera vez que se emite dicha documentación, y crecerá en sentido alfabético, siendo “A” la primera revisión. Además, numeración de estas revisiones será por documento (por plano), no por proyecto, pudiendo tener 2 planos diferentes el mismo número de revisión, aunque la revisión la hayan generado causas distintas. Se considera que es más fácil de este modo, ya que generalmente, al aplicar los números de revisión por proyecto, el número de revisión de un mismo plano puede saltar de la “A” a la “J” sin tener ninguna revisión que haya afectado específicamente a ese plano, lo que genera confusión y sensación de que se ha perdido información.

#### 2.4.4. COMUNICACIÓN

Por otro lado. Al ser este el momento en el que se va a empezar a producir una mayor cantidad de archivos, hay que establecer un criterio común para la nomenclatura de archivos y carpetas. Este sistema de nomenclatura generalmente estará incluido ya en el BEP de proyectos anteriores y puede adoptarse prácticamente sin modificaciones. Para este caso, el sistema utilizado es el que propone el RIBA en el *AEC (UK) BIM Protocol*, siguiendo las bases de la norma BS1192:2007. El sistema de archivos quedaría así:

- Carpeta de proyecto:
  - BIM
    - 01-WIP (Work In Progress)
      - CAD
      - BIM
      - Excel
      - Exportado
      - Familias
    - 02-Compartido
      - CAD
      - BIM
      - Modelos coordinados
    - 03-Publicado
      - AAMMDD-Descripción
      - AAMMDD-Descripción
      - ...
    - 04-Archivado
      - AAMMDD-Descripción
      - AAMMDD-Descripción
      - ...
    - 05-Recibido
      - (Fuente)
        - AAAAMMDD-Descripción
      - ...
    - 06-Recursos

- Cajetines
- Logos
- Estándares
- Normativas
- ...

En cuanto a los nombres de los archivos, se usará también lo que dicta como referencia el *AEC (UK) BIM Protocol*, quedando la estructura del nombre de la siguiente manera:

***AAAA-BBB-CCC-DD-EE-FF-G***

Donde:

- AAAA es el código del proyecto
- BBB es el nivel LOD
- CCC es el código del responsable o la disciplina
- DD es el código de subdisciplina (xx si las contiene a todas)
- EE es la zona del proyecto (xx si corresponde a todas)
- FF es el nivel del plano (xx si corresponde a todos)
- G es el número de revisión

Así pues, por ejemplo, el nombre del archivo central de Revit MEP en esta fase sería:

***P001-200-MEP-XX-XX-XX-0***

Mientras que un plano que se extrajese de este modelo central en formato CAD con los esquemas de saneamiento para la planta baja en la zona 1 sería:

***P001-200-MEP-SA-01-00-0***

Por otra parte, a partir de este momento van a tener que empezar a utilizarse otros programas informáticos fuera de la suite de Autodesk. Esto no es estrictamente necesario, ya que la mayor parte del trabajo puede transcurrir dentro de esta suite, pero en este caso se ha optado por un flujo de trabajo donde se coordinan la suite de Autodesk con la de CYPE, para poder integrar mediciones, presupuestos, etc.

Dado que van a tener que extraerse datos de los modelos centrales, se plantea por primera vez la interoperabilidad entre programas. La forma de afrontarlo va a ser mediante el uso de archivos IFC, siempre el software no permita la interoperabilidad directa.

El archivo IFC (Industry Foundations Classes) es un tipo de archivo cuyo contenido está definido por la Norma ISO 16739:2013, y que sirve como punto de conexión común entre diferentes softwares, ya que contiene la información sobre los elementos del edificio y sus propiedades, aunque con limitaciones.

Además, también van a sumarse múltiples partes interesadas a partir de este momento del proyecto, tales como la administración, por lo que además del sistema de archivos propio en el servidor de la empresa, conviene tener un adecuado control de la documentación.

El software que se propone para este fin es el de Autodesk 360. Se trata de un software para gestión de proyectos de construcción basado en la nube, con lo que ofrece la gran ventaja de que se puede poner en todo momento la información precisa disponible para las partes interesadas específicas que lo requieran, sin tener que usar estas un software específico. Además, pueden controlarse las versiones de los archivos en vigor (Figuras 34 y 35), y pueden crearse diferentes “grupos” de usuarios, de tal forma que puede enviarse fácilmente una revisión de un plano de CAD, o un paquete de archivos, a todos los subcontratistas a la vez, por ejemplo, o tener un histórico sobre las decisiones sobre cambios que se han ido tomando a lo largo del proyecto, el motivo por el que se aceptaron o rechazaron estos cambios, y quién fue el responsable de la decisión.

Para este nivel de desarrollo del proyecto, se deberán enviar diferentes tipos de archivos a las partes involucradas, prestando especial atención a si la administración que debe conceder los permisos posee capacidad para trabajar con BIM o no, y si la posee, en qué formato de archivo debe enviárseles la información, siendo los más habituales los archivos IFC y los propios archivos de Revit.

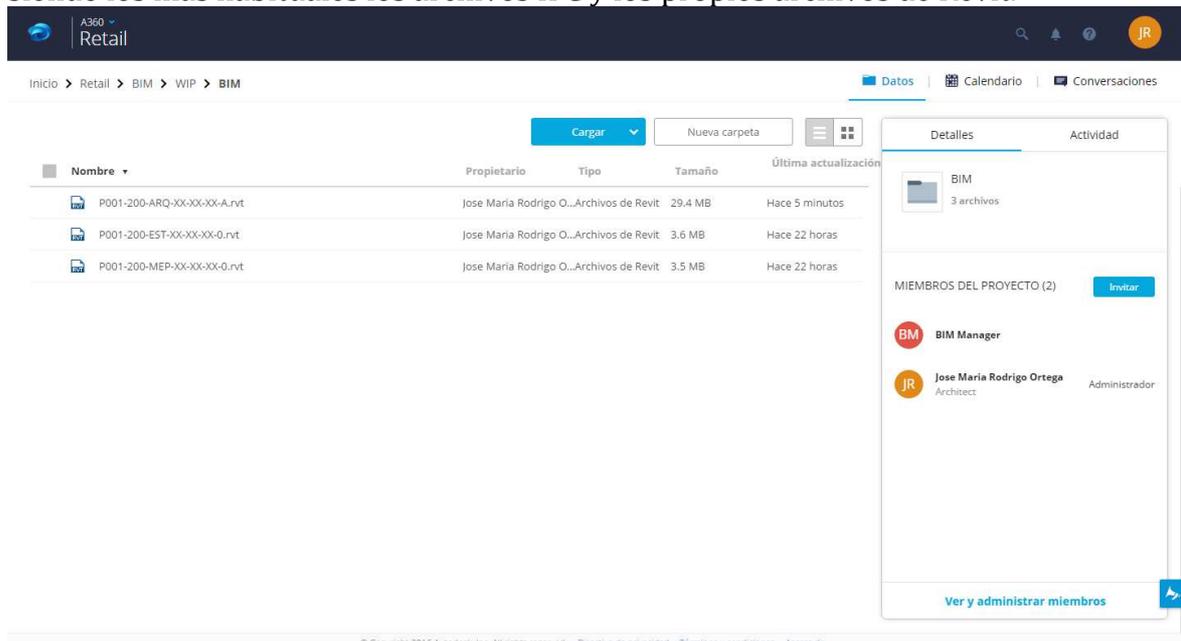


Figura 34: Interfaz de la estructura de archivos en Autodesk 360

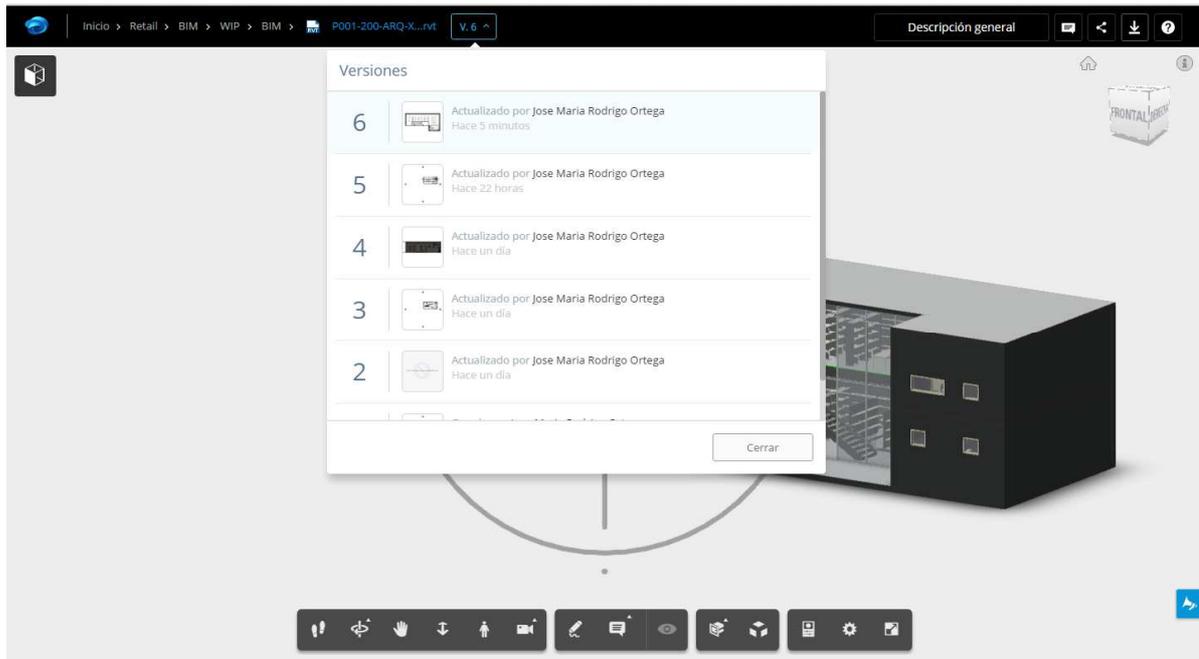


Figura 35: Visor de archivos y versiones en Autodesk 360

## 2.4.5. RECURSOS HUMANOS

Tal y como se ha mencionado en capítulos anteriores, con la integración del BIM en la empresa, aparecen nuevos roles que es necesario definir, y cuya responsabilidad debe quedar clara. Así pues, aunque algunos roles se han definido ya, falta por explicar el rol del “Family Manager”, aunque para ello hay que introducir primero los conceptos de “Categoría”, “Familia”, “Tipo” y “Ejemplar”.

Todos estos conceptos hacen mención a la forma en que se estructura la información dentro del programa de Autodesk Revit.

El primer concepto de “Categoría”, ya se ha nombrado en el presente trabajo, y corresponde a el primer nivel de contenido, en el los elementos se agrupan según su función, como por ejemplo “Puertas”, “Muros” o “Pilares”

El segundo escalón en la jerarquía de objetos serían las “Familias”, se trata de un conjunto de elementos que comparten una serie de parámetros que pueden controlar tanto su geometría como sus propiedades. Por ejemplo, dentro de la categoría “Pilares” podrían existir las Familias de “Pilares redondos” y “Pilares rectangulares” (Figura 36).

Dentro de las “Familias” existen los “Tipos”, y estos se caracterizan por que asignan un valor determinado a los parámetros de tipo que contiene esta familia. Por ejemplo, dentro de la familia “Pilares rectangulares”, dos parámetros de tipo serían el ancho y la profundidad.

Por último, tenemos los ejemplares, que son cada uno de los elementos que se colocan de un determinado tipo, y que pueden tener asignados diferentes valores de parámetros de ejemplar. Por ejemplo, en un proyecto podrían existir 10 pilares

de Tipo 450x600 mm, y sin embargo, 5 de ellos estar pintados de un color y 5 de otro, lo que sería un parámetro de ejemplar, otro ejemplo serían los diferentes acabados de colores de un mismo mueble.



Figura 36: Esquema de jerarquización en Revit. (BuildingSmart, 2012)

Así pues, el rol del Family Manager se define como aquella persona que estará encargada de crear los archivos de Familias que vayan a utilizarse en el proyecto, y de introducir en ellas los parámetros que sean relevantes obtenidos de los catálogos de fabricación correspondientes, u otros parámetros que sirvan para organizar el proyecto. Es también la encargada de organizar y mantener el repositorio de Familias de la empresa actualizado. Normalmente este tipo de rol suele aparecer en proyectos especialmente complicados por su nivel técnico en cuanto a instalaciones, o en empresas que ya tienen implementados un flujo de trabajo BIM, donde el Family Manager está integrado dentro de la BMO, y se encarga de suministrar información a todos los proyectos, como será el caso del presente trabajo.

Con este rol ya definido, podemos definir la siguiente matriz RACI de responsabilidades para el proyecto (Tabla 6).

| TAREA                             | PM | BMO | BM | ARQ | EST | MEP | CON |
|-----------------------------------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| Desarrollo modelo ARQ             | A  |     | I  | R   | C   | C   | C   |
| Desarrollo modelo EST             | A  |     | I  | C   | R   | C   | C   |
| Desarrollo modelo MEP             | A  |     | I  | C   | C   | R   | C   |
| Coordinación entre modelos        | A  |     | R  | C   | C   | C   | C   |
| Cálculo de costes                 | A  |     | C  | C   | C   | C   | R   |
| Desarrollo de Familias a utilizar | I  | R   | A  | A   | A   | A   | C   |
| Integración de Stakeholders       | R  |     | I  | I   | I   | I   | I   |
| Obtención de permisos             | R  |     |    | C   | I   | I   | C   |
| Gestión de la información         | A  |     | R  | I   | I   | I   | I   |

Tabla 6: Matriz RACI responsabilidades del proyecto en LOD 200

Siendo:

- R: si la persona es la Responsable del desarrollo de la tarea
- A: si es la que Aprueba la tarea
- C: si la persona debe de ser Consultada para la realización de la tarea
- I: si la persona debe de ser Informada sobre la ejecución de la tarea.

#### 2.4.6. RIESGOS

En esta fase los principales riesgos se centran en la obtención de licencias y en la gestión de la información.

Para asegurarse de que se cumplen los requisitos para la licencia, el BIM Manager creará unas tablas de control donde se vean tanto los m<sup>2</sup> de planta como los de techo, y el volumen construido del edificio, en contraposición con lo admitido por el ayuntamiento, además creará también una serie de vistas para verificar que tanto las alturas de cornisa como las distancias a otros elementos se cumplen.

Para mitigar el riesgo de pérdida de gestión de la información en la nube, el BIM Manager deberá establecer un calendario de copias de seguridad, y almacenarlas en un disco duro físico durante el desarrollo del proyecto.

#### 2.4.7. COSTES

En este punto del proyecto, al igual que en apartado anterior, tan solo se puede extraer una aproximación al coste de construcción del proyecto basándonos en superficies y metros cuadrados, con la diferencia de que en este caso, al haber definido ya la distribución interior (Figuras 37 y 38), pueden asignarse unos acabados determinados que prevea el arquitecto que van a tener las habitaciones, pudiendo extraer una medición de estas (Figura 39).

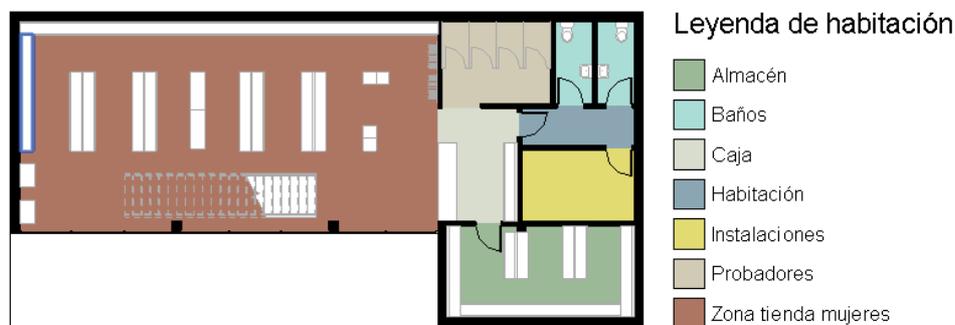


Figura 37: Habitaciones en planta baja

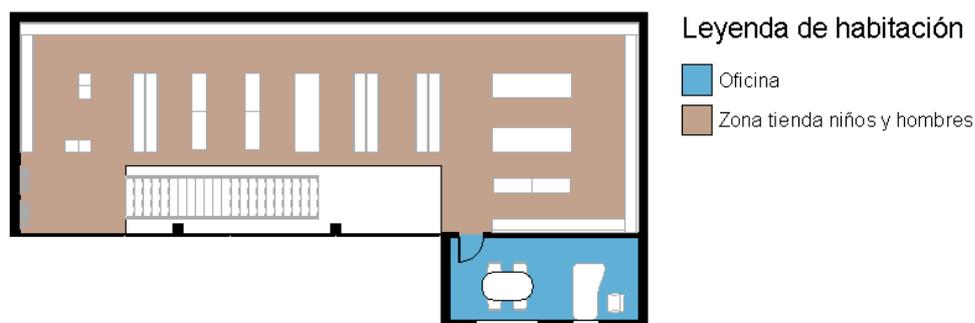


Figura 38: Habitaciones en el primer piso

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| <b>Cotas</b>              |                        |
| Área                      | 88.444 m <sup>2</sup>  |
| Perímetro                 | 39.5257                |
| Altura sin límites        | 4.0000                 |
| Volumen                   | 313.724 m <sup>3</sup> |
| Altura de cálculo         | 0.0000                 |
| <b>Datos de identidad</b> |                        |
| Subproyecto               | Mobiliario             |
| Número                    | 1                      |
| Nombre                    | Zona tienda mujeres    |
| Imagen                    |                        |
| Comentarios               |                        |
| Ocupación                 |                        |
| Departamento              |                        |
| Acabado de la base        |                        |
| Acabado del techo         | Falso techo de lamas   |
| Acabado de muro           | Enlucido blanco        |
| Acabado del suelo         | Parquet haya           |
| Ocupante                  |                        |
| Editado por               | jorodor1@arq.upv.es    |
| Opción de diseño          | Modelo base            |

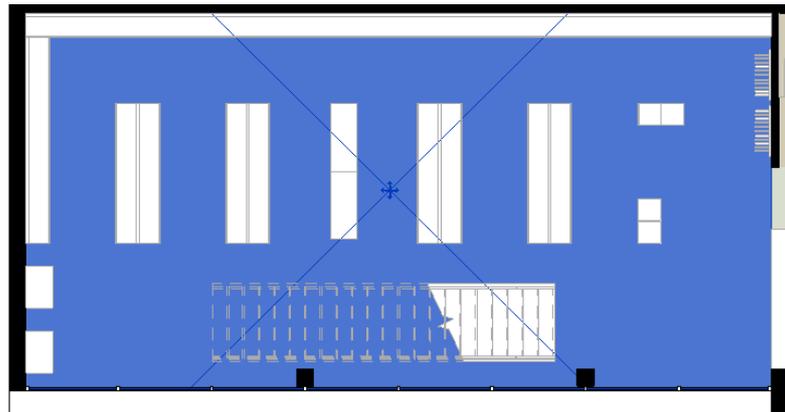


Figura 39: Asignación de acabados a las habitaciones

Además de sacar dichas mediciones, también pueden elaborarse unas tablas con las diferentes áreas y volúmenes de los espacios según las diferentes opciones de distribución interior que se hayan considerado (Figura 40).

| <Tabla de planificación de habitaciones> |                             |                    |
|--|-----------------------------|--------------------|
| A  | B                           | C                  |
| Número                                   | Nombre                      | Área               |
| 1  | Zona tienda mujeres         | 88 m <sup>2</sup>  |
| 2  | Probadores                  | 9 m <sup>2</sup>   |
| 3  | Baños                       | 6 m <sup>2</sup>   |
| 4  | Habitación                  | 4 m <sup>2</sup>   |
| 5  | Instalaciones               | 8 m <sup>2</sup>   |
| 6  | Caja                        | 9 m <sup>2</sup>   |
| 7  | Almacén                     | 17 m <sup>2</sup>  |
| 8  | Zona tienda niños y hombres | 108 m <sup>2</sup> |
| 9  | Oficina                     | 15 m <sup>2</sup>  |

Figura 40: Tabla de planificación de habitaciones

Este tipo de tablas son especialmente útiles para valorar parámetros internos que utilice la empresa tales como la relación entre los metros cuadrados de la zona de tienda de mujeres con la de niños y hombres, o la relación entre zona de tienda en general con las zonas de almacenamiento, de todas las propuestas de diseño. Las partes involucradas de departamentos de marketing y logística aportarán unos valores guía para esta relación, que deberán de respetarse para alcanzar la máxima eficiencia en el diseño.

Finalmente, tal y como se ha indicado, puede vincularse el archivo de Revit con el programa de CYPE Arquímedes, desde el propio plugin de Revit (Figura 41).

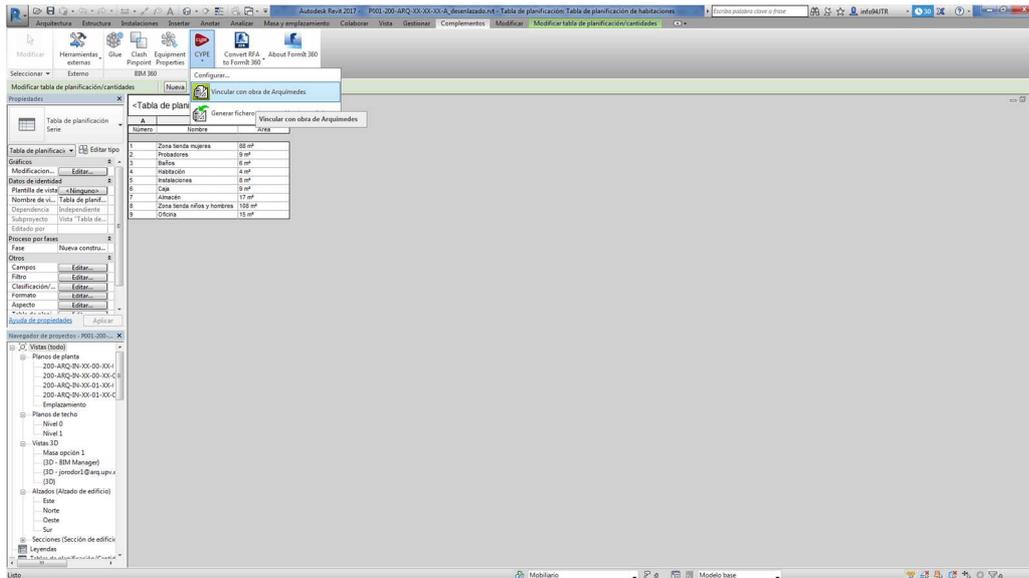


Figura 41: Vinculación de Revit con Arquímedes

Una vez vinculado el archivo con el presupuesto en Arquímedes, hay que asociar qué elementos de Revit corresponden a qué partidas en Arquímedes, pudiendo escoger entre elementos concretos (que habrá que realizar con mayor precisión en el LOD 300) o escoger entre elementos como habitaciones, donde, tal y como se muestra en la Figura 42, pueden agruparse por tipo de acabado, y asignar los metros cuadrados de estas habitaciones a la partida que corresponde, en este caso “Parquet flotante”.

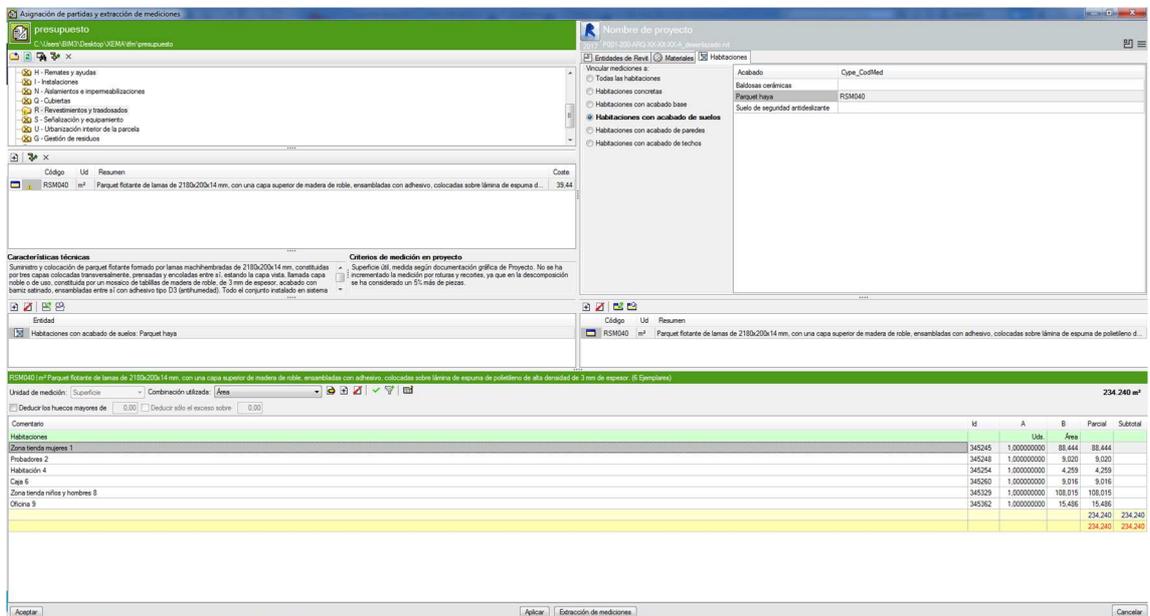


Figura 42: Extracción de mediciones en Arquímedes a partir del modelo de Revit

Hay que remarcar en este punto, que podrían utilizarse ambas formas de medición, por metros cuadrados y por elementos, de forma combinada, por ejemplo midiendo exactamente el número de pilares y vigas por su tipo, y tomando valores aproximados en cuanto a los acabados de habitaciones.

## 2.5. LOD 300

### 2.5.1. ALCANCE

Una vez se hayan obtenido las licencias pertinentes, se continúa con la fase LOD 300. En esta fase, se elaborará el diseño detallado de cada una de las disciplinas arquitectura, estructura y MEP, incluyendo los cálculos necesarios y la justificación de la normativa vigente.

Se deberán detallar todos los elementos integradores del proyecto, de tal forma que pueda realizarse su ejecución. Deberán aportarse además ilustraciones o renders que muestren las soluciones del diseño, los costes estimados basándose en los elementos y no en habitaciones, el análisis energético, etc. de tal forma que se pueda obtener la licencia para empezar a construir.

Se trata por tanto de la fase en la que más horas se deberán invertir en su diseño, por lo que se definirá el alcance a continuación para cada una de las disciplinas.

#### 2.5.1.1. ARQUITECTURA

Empezando por la disciplina de arquitectura, en este nivel LOD deben definirse todos los elementos y las partes que los integran, así pues, en contraposición con la información que se mostraba en la Figura 32, donde un muro simplemente quedaba definido por su grosor, en este nivel LOD, hay que definir las capas que componen este muro y su grosor, especificando el material que compone estos elementos, tal y como muestra la Figura 43:

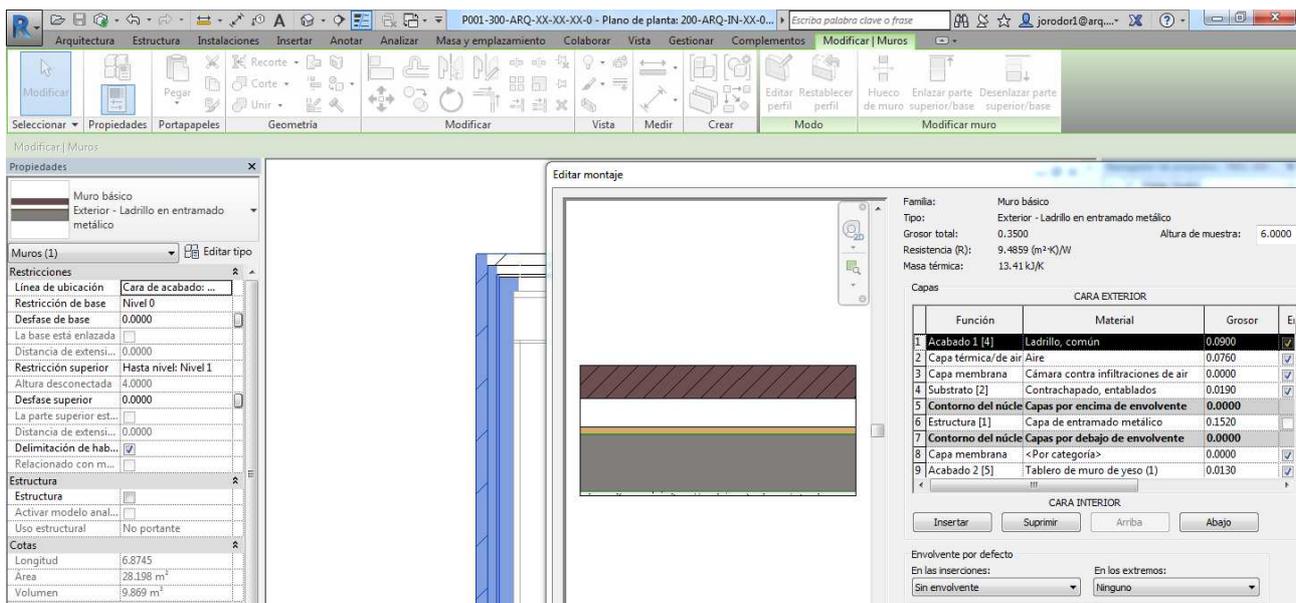


Figura 43: Estructura interna de muro de medianería

Además, cada uno de los materiales que compongan los elementos constructivos deberá estar bien definido, especificando los valores de aislamiento térmico y acústico correspondientes, tal y como muestra la Figura 44:

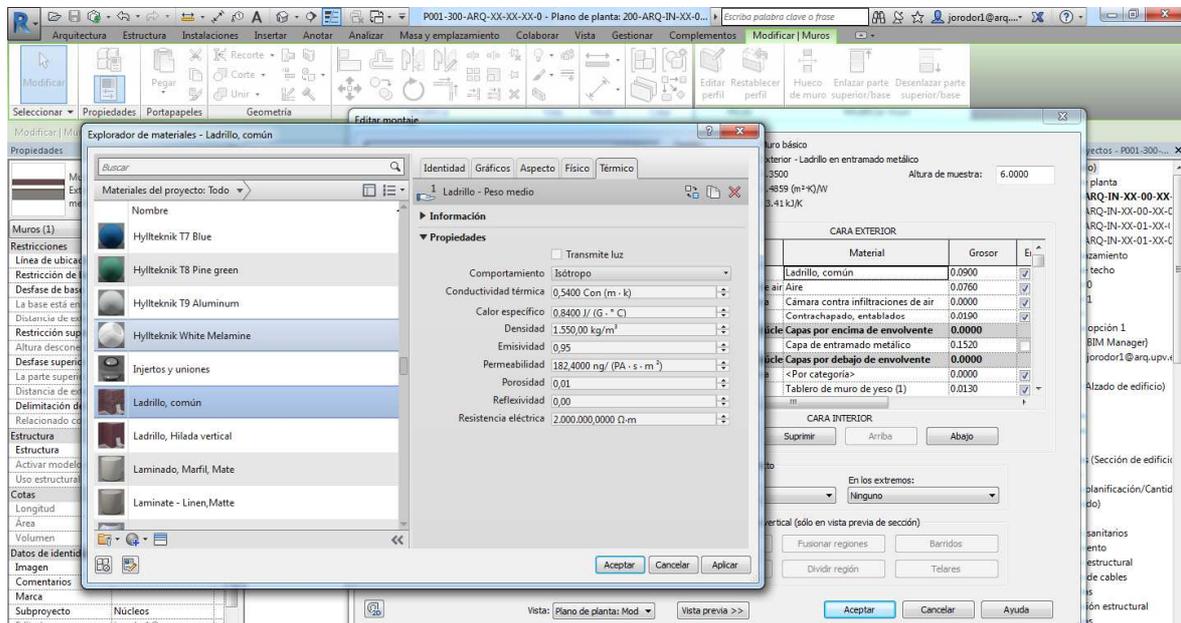


Figura 44: Especificación de propiedades térmicas de materiales

Este es uno de los pasos que requiere mayor inversión de tiempo, ya que controlar y definir todos los materiales a ser usados en el proyecto es una tarea larga. No obstante, como se ha comentado ya en capítulos anteriores, este trabajo de especificar tanto las propiedades físicas de los materiales, como los “Tipos” de muro que se van a usar en el proyecto, con su descomposición interna, es una tarea que puede realizarse tan sólo una vez y luego volver a usarse para todos los proyectos. Es por este motivo que desarrollar una buena “plantilla de proyecto” que contenga todos estos elementos es tan costoso, pero a la vez tiene grandes ventajas, ya que una vez está desarrollada por la BMO, se le entregan al arquitecto todas las herramientas necesarias para poder definir el proyecto de forma integrada.

Lógicamente, la BMO será la responsable de que el catálogo de materiales del proyecto esté debidamente actualizado, y los valores de sus propiedades correctas, así como los valores dentro de las “Familias” y los “Tipos”

Deberán detallarse también todos los elementos que no se han definido en el LOD anterior, tales como “barandillas” (Figura 45), especificar los tipos de ventanas con sus carpinterías detalladas, y diseñar los detalles constructivos.

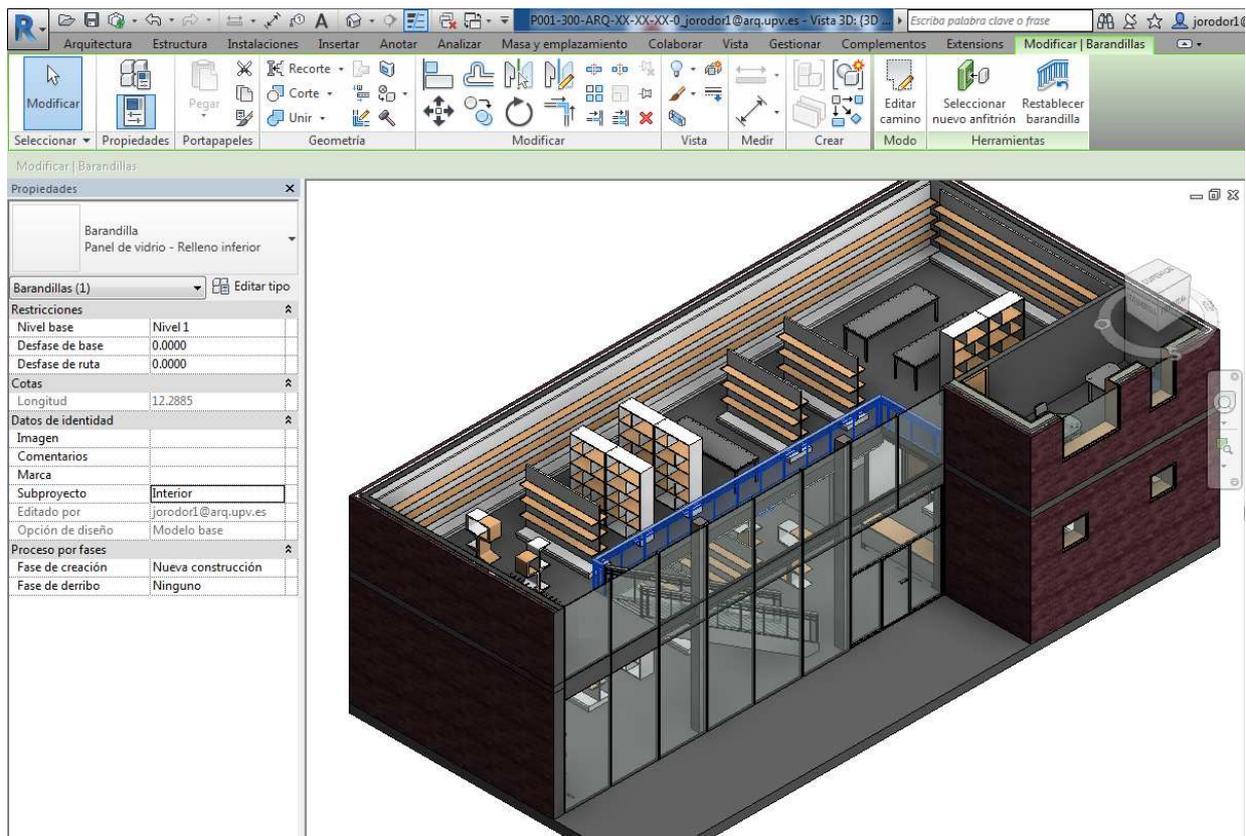


Figura 45: Definición gráfica de elementos arquitectónicos en LOD 300

Estos detalles estarán documentados y podrán ser dibujados a partir de “llamadas” del plano (ver Figura 46), o bien generarse a partir de detalles en CAD, insertándolos en el dibujo en “vistas de diseño”, no siendo necesario pues llegar a una definición gráfica “G3” en todo el proyecto, sino que se detallarán sólo aquellos puntos que necesiten serlo.

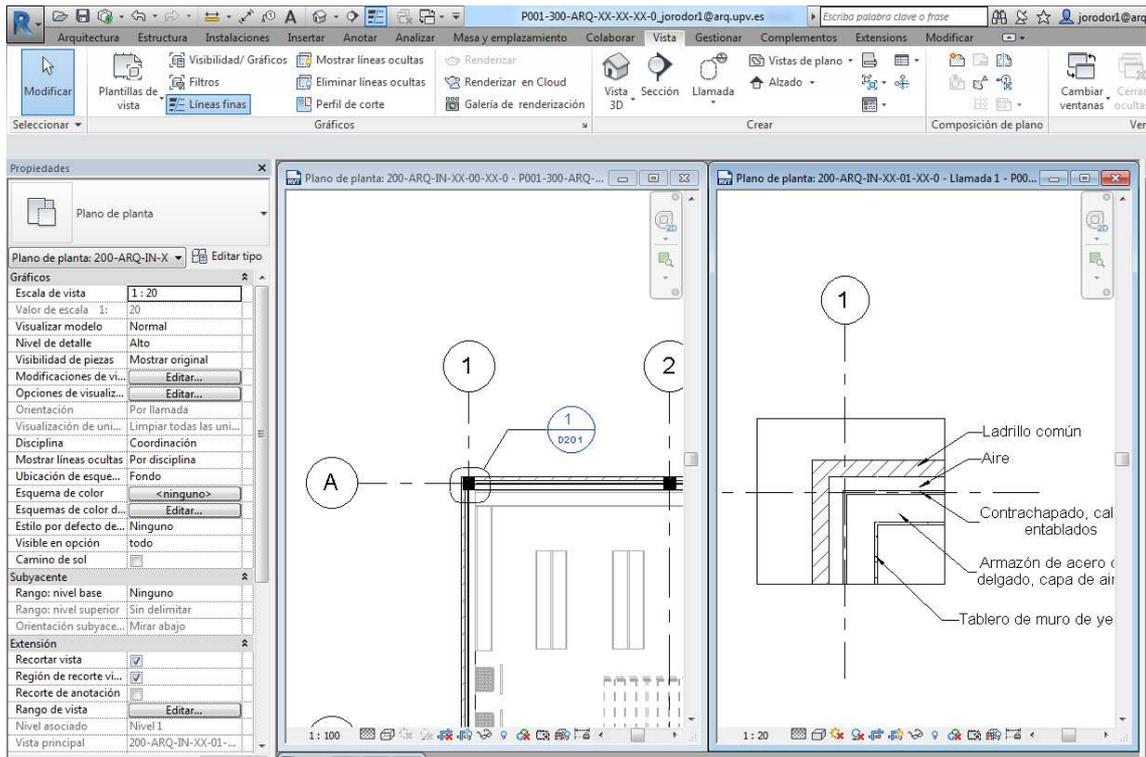
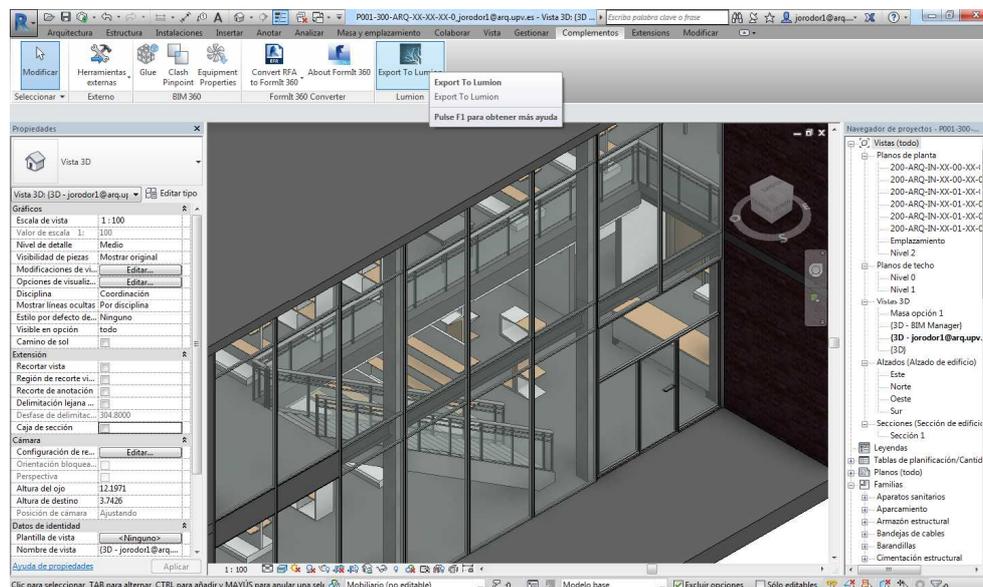


Figura 46: Llamada de detalle en esquina

En cuanto a la visualización de elementos, aunque podrán extraerse renders y recorridos virtuales a partir del propio modelo de Revit, se utilizará el programa informático “Lumion” para realizar estas infografías, ya que el motor de renderizado es mucho más veloz que el integrado por Revit, y permite visualizar los resultados de cambios de materiales de forma mucho más veloz que dentro del propio programa, lo cual resulta especialmente útil a la hora de tomar decisiones estéticas sobre el espacio.

Para realizar estas infografías deberá exportarse el modelo desde el plug-in de Lumion para Revit (Figura 47).



*Figura 47: Exportación de Revit a Lumion*

Al realizar la exportación, el programa exportará todos los datos de geometría de los elementos y de aspecto de los materiales que tengan estos elementos. De este modo una vez en Lumion, habrá que realizar la asociación entre los materiales de Revit y los de Lumion, para lograr una visualización más fotorrealista, y se colocarán los objetos de “ambiente” que sean necesarios para crear un entorno agradable para transmitir la idea del proyecto, tales como personas, árboles, vehículos, etc., sin que estos objetos afecten a los datos del proyecto original, tal y como se muestra en la Figura 48.



*Figura 48: Inserción de contenido en Lumion*

Otra de las ventajas en Lumion, es que, además de tener una gran cantidad de objetos de mobiliario, personas, vegetación y vehículos ya diseñados, permite colocarlos “en masa” de tal manera que puede crearse un modelo para infografías exteriores de forma rápida, y aunque cambie la geometría del proyecto en Revit, tan sólo habrá que actualizarla en Lumion, ya que reconocerá los cambios hechos en Revit, y mantendrá el trabajo ya realizado.

La elaboración en Lumion de un catálogo de materiales predefinido listo para ser asignado a los materiales correspondientes del proyecto de Revit, será responsabilidad de la BMO.

Desde Lumion se elaborarán renders estáticos en formato JPEG o PNG que serán susceptibles de ser retocados posteriormente en programas de edición de imágenes como Photoshop, y se elaborarán también videos en formato MP4 para la presentación de las propuestas.

Finalmente añadir, que además de los planos del proyecto, los detalles y las infografías, habrá que realizar planos que justifiquen la adecuación a la normativa vigente, junto con la memoria arquitectónica.

### 2.5.1.2. ESTRUCTURA

En cuanto al equipo de estructuras, deberán diseñar en Revit la estructura del edificio y asignarle las cargas correspondientes para realizar el análisis de carga y su dimensionado (Figura 49).

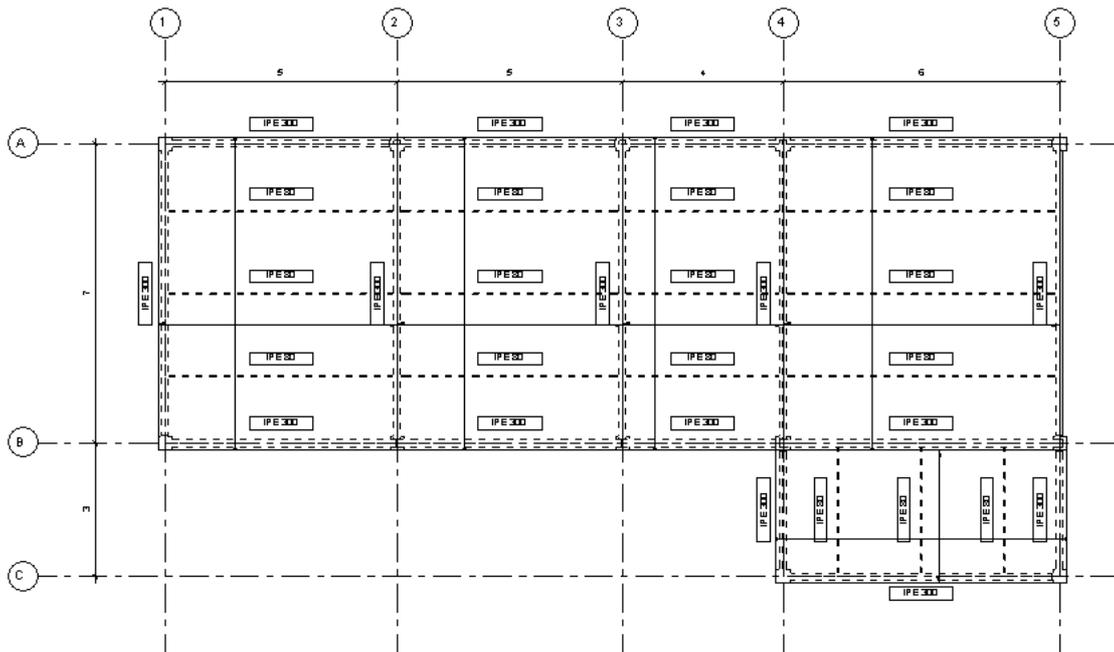
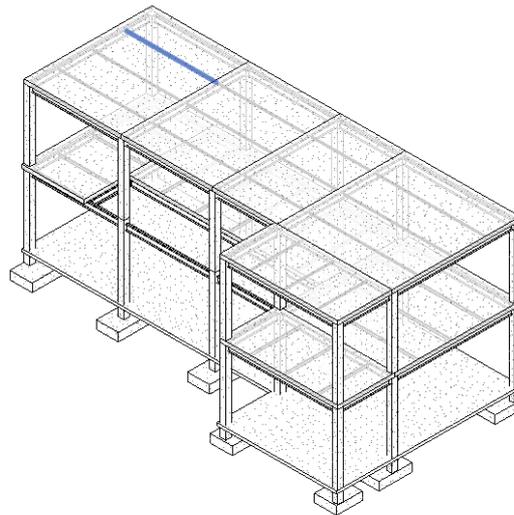


Figura 49: Diseño de la estructura en Revit Structure

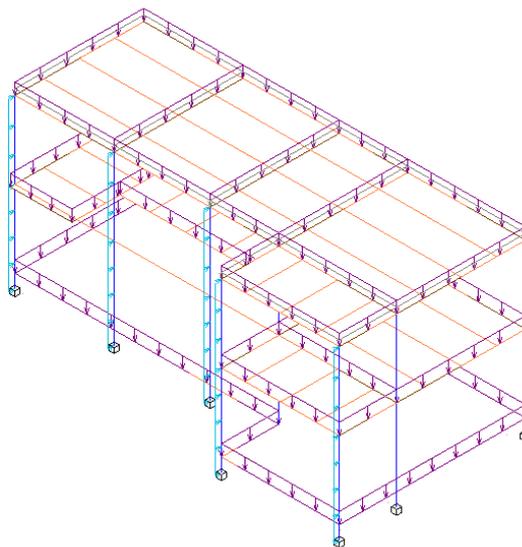
La primera tarea será pues la de diseñar la estructura en 3D de acuerdo a los cambios que haya habido en el proyecto, dando unos valores preliminares de predimensionado que serán comprobados más adelante (Figura 50).



*Figura 50: Estructura en 3D del edificio en Revit*

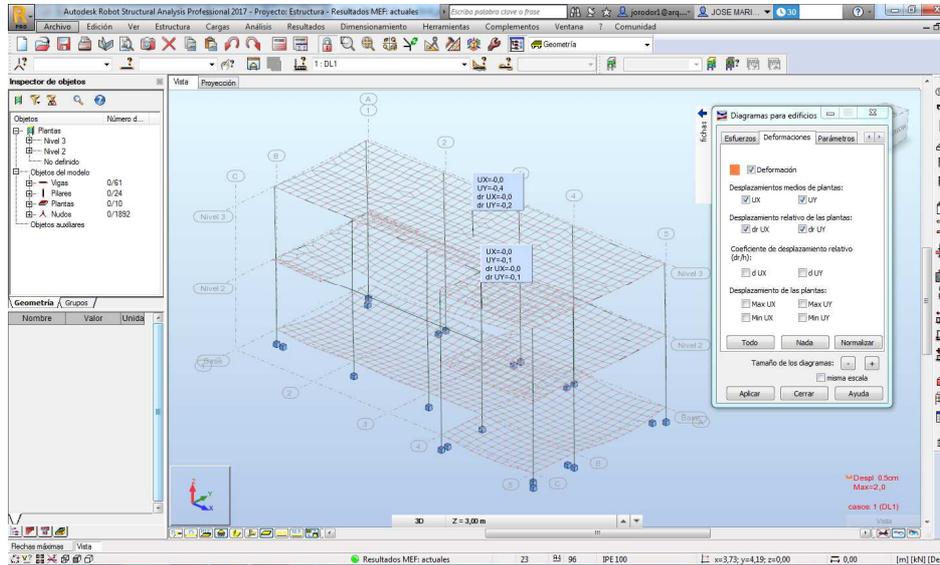
El responsable de estructuras deberá comprobar que el modelo analítico está debidamente modelado y que los elementos analíticos son consecuentes con la estructura.

Sobre esta geometría analítica se colocarán de forma hospedada las cargas correspondientes, de tal forma que si el diseño variase, la carga seguiría aplicada al propio elemento con la nueva geometría. Dichas cargas deberán asignarse a sus hipótesis de cálculo (Figura 51).



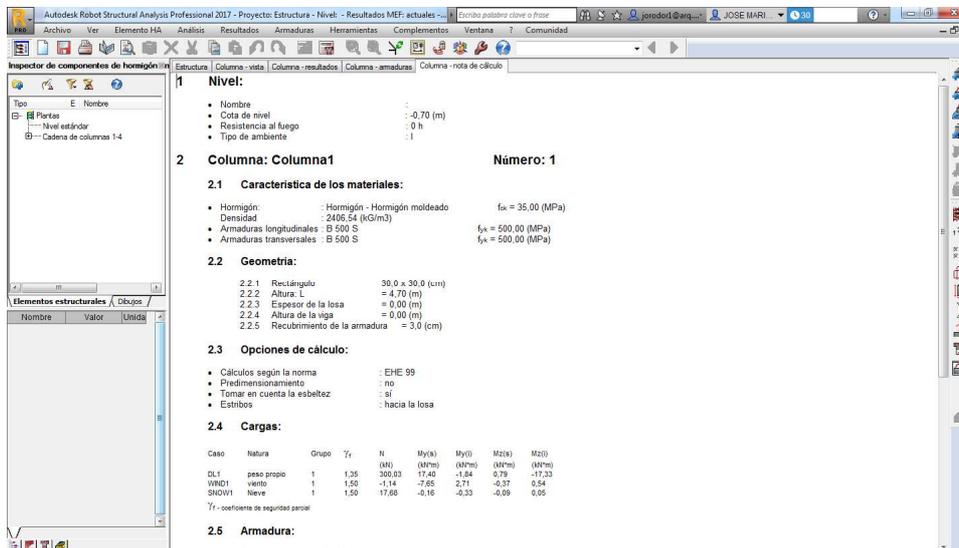
*Figura 51: Modelo analítico y cargas aplicadas al edificio en Revit*

Una vez estén aplicadas correctamente todas las cargas y definidos los casos de carga y las combinaciones, el responsable de estructuras exportará el modelo de Revit Structure a Autodesk Robot, donde realizará los cálculos y procederá a dimensionar los elementos para que cumplan con la normativa a Estado Límite Último (ELU) y Estado Límite de Servicio (ELS) (Figura 52).



*Figura 52: Comprobación de la deformada en ELS en Autodesk Robot*

Al mismo tiempo que procede al dimensionado de la estructura, el responsable de estructuras elaborará la memoria de cálculo estructural, aportando las notas de cálculo elaboradas en Robot (Figura 53)



*Figura 53: Nota de cálculo de dimensionamiento de armado de pilar en Robot*

Finalmente, cuando la estructura se haya dimensionado conforme a la normativa vigente, se exportarán de vuelta a Revit Structure los elementos estructurales con sus dimensiones correctas y los refuerzos estructurales necesarios detallados (Figura 54)

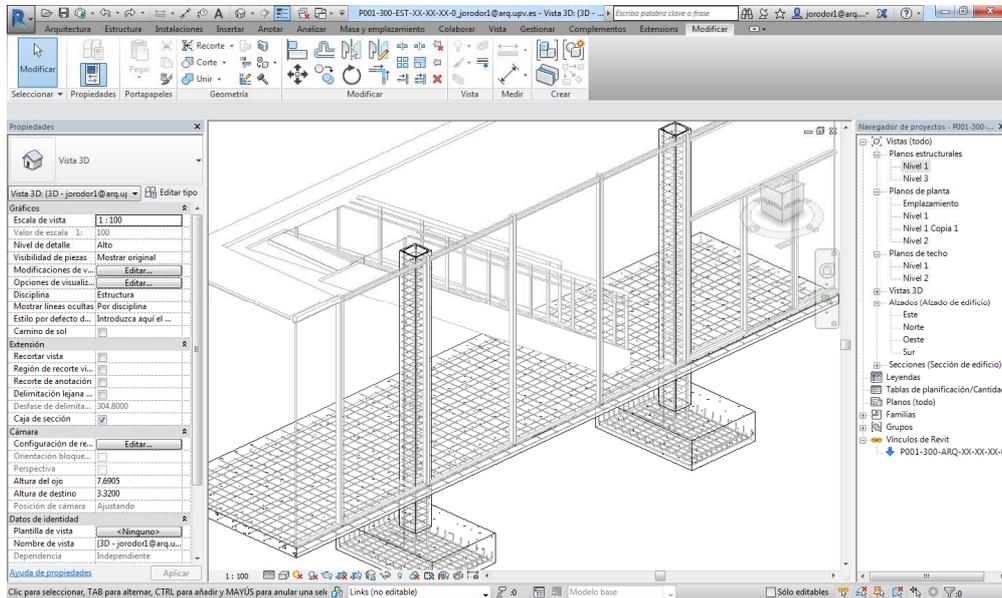


Figura 54: Detalle Armado estructural en Revit importado desde Robot

Con la información de la estructura con las dimensiones correctas ya en Revit, donde puede integrarse con el trabajo de las otras disciplinas, se procederá a elaborar los planos correspondientes para su correcta documentación y así finalizar los entregables, junto con la memoria de cálculo estructural.

### 2.5.1.3. MEP

En paralelo con el trabajo de las disciplinas de arquitectura y estructura, el equipo de MEP realizará el cálculo de las instalaciones del equipo.

El primer entregable interno para el equipo será el de poner al día los valores de ocupación y de previsión de cargas de los espacios en el modelo MEP del LOD 200, y actualizarlo según las previsiones del modelo LOD 300.

Una vez puestos al día estos valores, se procederá con el trabajo de las subdisciplinas en MEP, empezando por fontanería, saneamiento y electricidad, y dejando para el final las de climatización, ya que para la climatización se necesitará saber con precisión cuáles son los valores de resistencia térmica de las envolventes arquitectónicas, que aún no están definidas, mientras que la posición de los elementos de fontanería, tales como los baños, es muy improbable que cambien de posición, y los elementos de electricidad tales como la iluminación y tomas de corriente, podrán situarse una vez queden definidos los elementos de mobiliario, que generalmente estarán definidos antes que los detalles constructivos.

## 2.5.1.3.1. Fontanería y saneamiento

En consecuencia, con lo primero que empezará el equipo de MEP será con la fontanería y saneamiento.

Desde el archivo de MEP, teniendo el modelo central de arquitectura de LOD 300 vinculado y actualizado, deberán copiarse todos los elementos de fontanería que este contiene, es este caso, los retretes y lavabos de los baños.

En el momento de realizar esta copia, el BIM Manager se encargará de realizar un mapeado de “Tipos”, ya que los elementos que se utilizan para arquitectura no serán los mismos que se utilicen para MEP, esto es debido a que mientras que en arquitectura lo que le interesa al arquitecto es la ubicación de los baños como elemento, no precisa saber la altura de la conexión de la fontanería, ni el consumo de agua en l/s que tienen los diferentes elementos, por lo que para poder hacer el archivo de arquitectura más ligero, es una práctica común el que dichos elementos no lleven todos estos parámetros y conexiones en el archivo de arquitectura, importando en esta tan sólo su ubicación y geometría exterior.

Una vez estén ya copiados todos aparatos de fontanería del modelo de arquitectura en el modelo de MEP, se pasará a colocar aquellos que no se han modelado en el modelo de arquitectura, tales como sumideros, etc. y cuando ya estén colocados todos estos, se unirán los correspondientes elementos mediante sistemas, y se generará el diseño de tuberías (Figura 55)

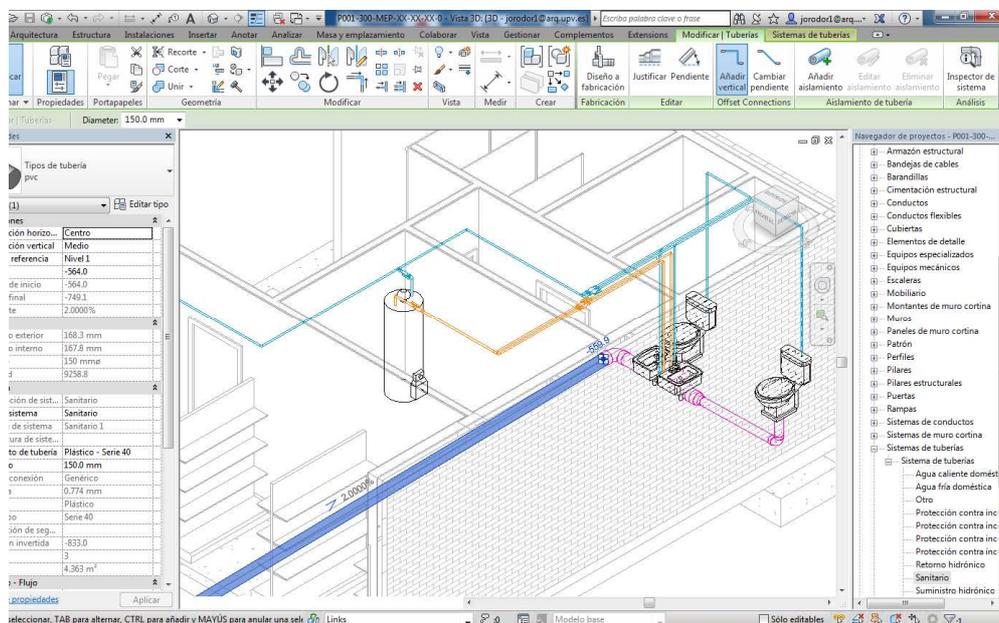
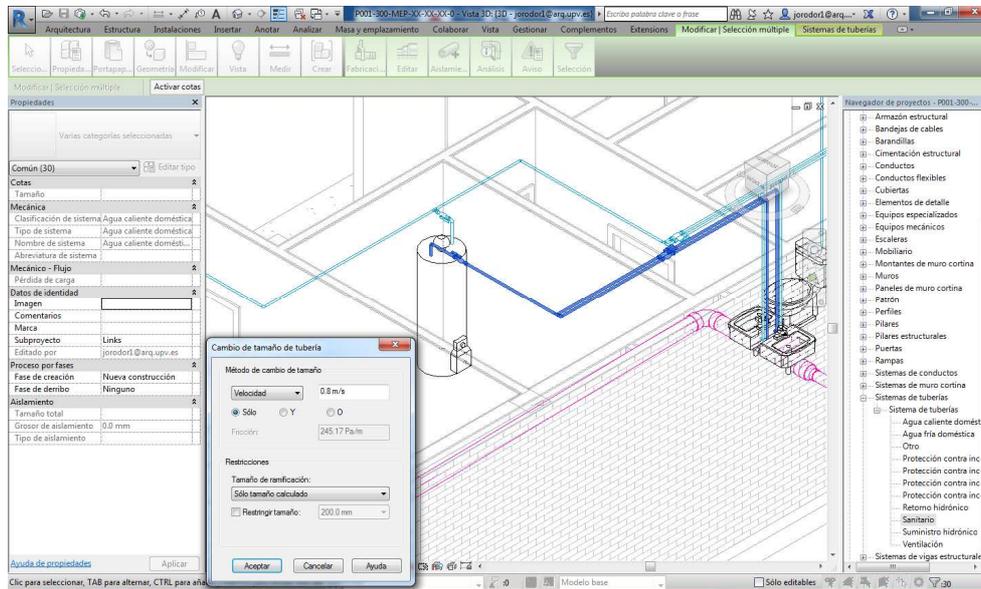


Figura 55: Diseño inicial de sistema de tuberías en Revit

Una vez esté trazado este diseño inicial de tuberías, al estar todas ellas conectadas entre sí (las que correspondan al mismo sistema) y a aparatos de fontanería, y al poseer estos parámetros de consumo de agua, se podrá proceder al dimensionado de las tuberías, donde será especialmente importante limitar la velocidad máxima 0,8 m/s, ya que se desea evitar los ruidos producidos por velocidades excesivas a 1,2 m/s (Figura 56)



*Figura 56: Dimensionado del sistema de tuberías en Revit*

Con este trabajo ya realizado, el ingeniero procederá a realizar un análisis de pérdida de carga desde el propio programa, y lo exportará para ayudarle a redactar la memoria justificativa (Figura 57).

| Agua caliente doméstica 1  |                           |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
|--|---------------------------|---------|--------|-----------|----------------------|----------|--------------------|--------------------------|----------|------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Información del sistema  |                           |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Clasificación de sistema   | Agua caliente doméstica   |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Tipo de sistema  | Agua caliente doméstica   |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Nombre de sistema  | Agua caliente doméstica 1 |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Abreviatura  |                           |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Tipo de fluido   | Agua                      |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Temperatura de fluido  | 60 °C                     |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Viscosidad dinámica de fluido  | 0.0 Pas                   |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Densidad de fluido   | 983.2133 kg/m³            |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Cálculos de la pérdida de presión total por secciones                |                           |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Sección  | Elemento                  | Flujo   | Tamaño | Velocidad | Presión de velocidad | Longitud | Coefficiente K     | Fricción                 | Díametro | Díametro interno | Factor de fricción | Pérdida de presión (total) | Pérdida de presión en la sección |
| 1  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.0 m/s   | 458.3 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 55158.0 Pa                       |
|  | Aparato sanitario         | 0.2 L/s | -      | -         | -                    | -        | -                  | -                        | -        | -                | -                  | 55158.0 Pa                 | 55158.0 Pa                       |
| 2  | Tubería                   | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | -                    | 3132     | -                  | 3203.41 Pa/m             | 20 mm    | 21 mm            | 0.450622           | 10032.1 Pa                 | 10032.1 Pa                       |
|  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 19.8 Pa                          |
| 3  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.0 m/s   | 56.6 Pa              | -        | 0.35               | -                        | -        | -                | -                  | 19.8 Pa                    | 19.8 Pa                          |
| 4  | Tubería                   | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | -                    | 1462     | -                  | 3203.41 Pa/m             | 20 mm    | 21 mm            | 0.450622           | 4683.8 Pa                  | 4683.8 Pa                        |
|  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 4105.3 Pa                        |
| 5  | Tubería                   | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | -                    | 1282     | -                  | 3203.41 Pa/m             | 20 mm    | 21 mm            | 0.450622           | 4105.3 Pa                  | 4105.3 Pa                        |
|  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 19.8 Pa                          |
| 6  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.0 m/s   | 56.6 Pa              | -        | 0.35               | -                        | -        | -                | -                  | 19.8 Pa                    | 19.8 Pa                          |
|  | Tubería                   | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | -                    | 448      | -                  | 3203.41 Pa/m             | 20 mm    | 21 mm            | 0.450622           | 1427.3 Pa                  | 1427.3 Pa                        |
| 7  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 1427.3 Pa                        |
|  | Equipos                   | 0.2 L/s | -      | -         | -                    | -        | -                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 55158.0 Pa                       |
| 8  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.0 m/s   | 458.3 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 55158.0 Pa                       |
|  | Aparato sanitario         | 0.2 L/s | -      | -         | -                    | -        | -                  | -                        | -        | -                | -                  | 55158.0 Pa                 | 55158.0 Pa                       |
| 9  | Tubería                   | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | -                    | 3332     | -                  | 3203.41 Pa/m             | 20 mm    | 21 mm            | 0.450622           | 10672.8 Pa                 | 10672.8 Pa                       |
|  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 19.8 Pa                          |
| 10   | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.0 m/s   | 56.6 Pa              | -        | 0.35               | -                        | -        | -                | -                  | 19.8 Pa                    | 19.8 Pa                          |
|  | Tubería                   | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | -                    | 1443     | -                  | 3203.41 Pa/m             | 20 mm    | 21 mm            | 0.450622           | 4621.1 Pa                  | 4621.1 Pa                        |
|  | Uniones                   | 0.2 L/s | -      | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | -        | 0                  | -                        | -        | -                | -                  | 0.0 Pa                     | 4621.1 Pa                        |
| Nota crítica: 7-6-5-11-10-9-8 - Pérdida de presión total: 76024.1 Pa |                           |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Información detallada sobre el segmento recto por secciones          |                           |         |        |           |                      |          |                    |                          |          |                  |                    |                            |                                  |
| Sección  | ID de elemento            | Flujo   | Tamaño | Velocidad | Presión de velocidad | Longitud | Pérdida de presión | Pérdida de presión total |          |                  |                    |                            |                                  |
| 2  | 235857                    | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | 17       | 53.9 Pa            | 53.9 Pa                  |          |                  |                    |                            |                                  |
|  | 235859                    | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | 1787     | 5723.8 Pa          | 10032.1 Pa               |          |                  |                    |                            |                                  |
|  | 236484                    | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | 1328     | 4254.4 Pa          | 4683.8 Pa                |          |                  |                    |                            |                                  |
|  | 235881                    | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | 1447     | 4636.8 Pa          | 4683.8 Pa                |          |                  |                    |                            |                                  |
|  | 235883                    | 0.2 L/s | 20 mm  | 0.6 m/s   | 148.8 Pa             | 15       | 47.0 Pa            | 4621.1 Pa                |          |                  |                    |                            |                                  |

*Figura 57: Informe de pérdida de carga en tuberías generado desde Revit*

Con este mismo procedimiento, se continuaría con todos los sistemas de fontanería, siendo los entregables tanto el archivo de Revit con los elementos modelados, como la memoria que justifica sus cálculos.

### 2.5.1.3.2. Electricidad e iluminación

El diseño de los sistemas de iluminación y eléctricos es susceptible de hacerse de forma paralela al de las redes de fontanería.

Dentro del alcance de estos sistemas estará también el diseño de la red de datos informática, ya que habrá pantallas de televisión con publicidad conectadas y ordenadores, y el diseño de la red de seguridad con video cámaras, etc. Estos sistemas podrán diseñarse también desde el propio programa.

Lo primero será colocar todos los dispositivos de iluminación y las tomas de corriente que se prevean necesarias, así como todos los elementos de seguridad. Estos dispositivos deberán poseer parámetros que indiquen a qué tensión eléctrica deben funcionar y cuál es su potencia real, a fin de poder sumar las cargas eléctricas que llevarán los diferentes circuitos.

La correcta disposición de estos parámetros en las correspondientes “Familias” será responsabilidad del “Family Manager”, que deberá asociar también los parámetros de iluminación con un archivo .ies a las “Familias” de luminarias, de tal manera que pueda procederse a los cálculos pertinentes de iluminación (Figura 58). La disposición de estas luminarias en el espacio será responsabilidad del responsable de arquitectura, con la aprobación del responsable de MEP (Figura 59).

El programa Revit permite llevar a cabo cálculos de iluminación para justificar la certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), una certificación que reconoce la sostenibilidad del edificio y su uso eficiente de la energía, en este caso de la energía usada para la iluminación, teniendo en cuenta la iluminación natural (Figura 60) y teniendo en cuenta tan sólo la artificial (Figura 61)

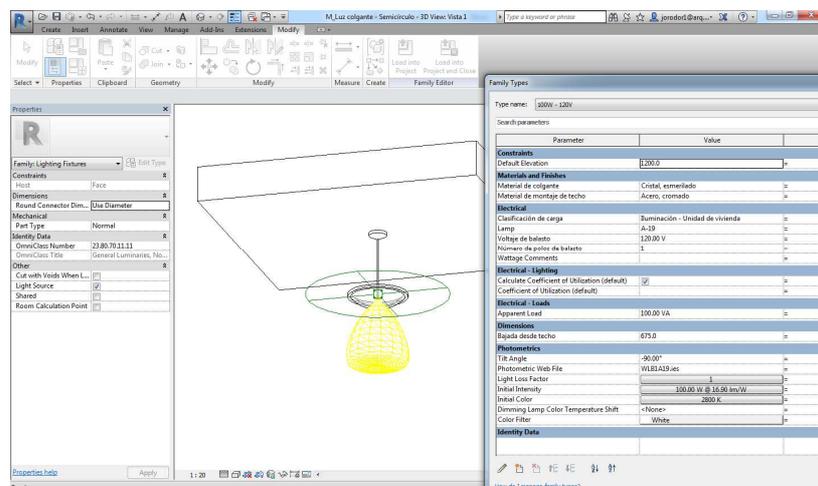


Figura 58: Parámetros de familia de luminaria

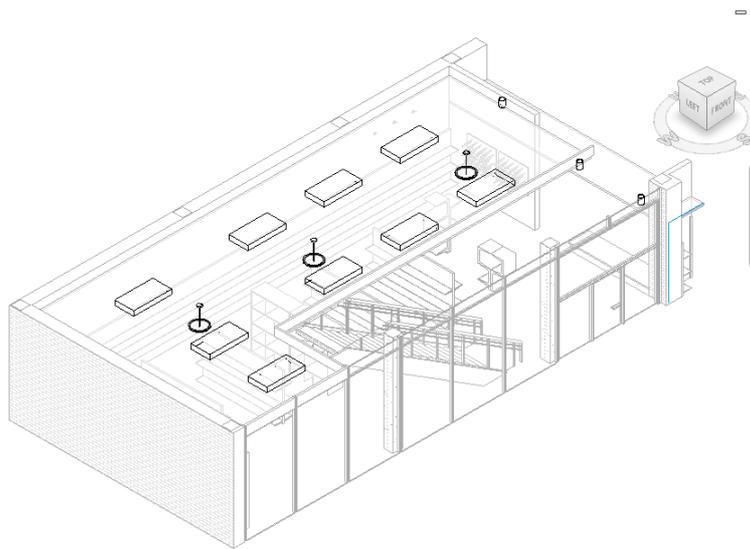


Figura 59: Colocación de las luminarias en el modelo

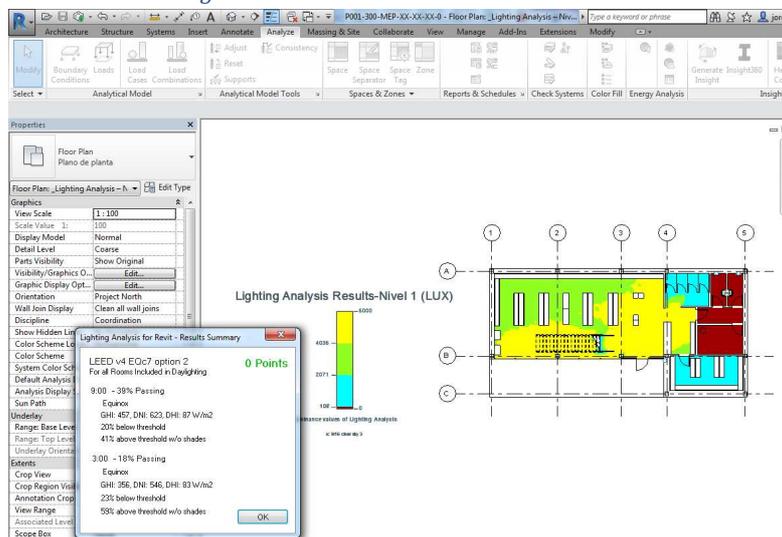


Figura 60: Análisis de iluminación por luz solar según LEED

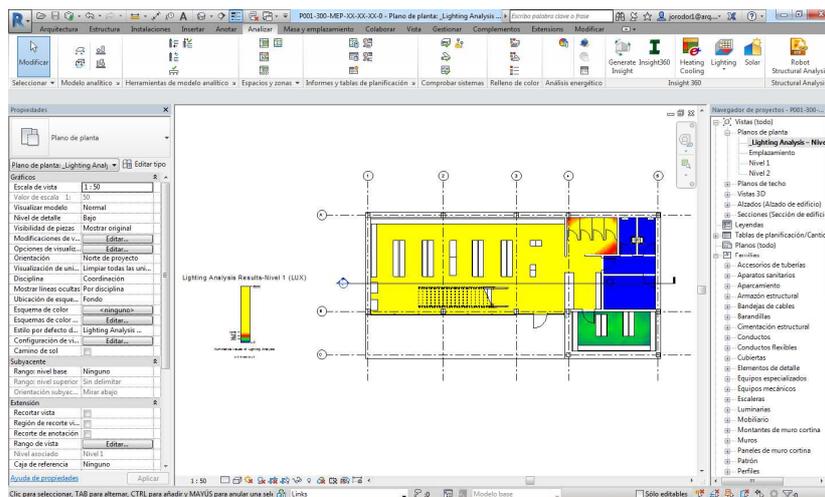


Figura 61: Análisis de iluminación artificial según LEED

Con las luminarias y las tomas de corriente correctamente situadas, lo siguiente es asignarlas a un circuito eléctrico, para ello se crean “sistemas de potencia” en Revit, que contengan los elementos que se quieran asignar a cada circuito en el correspondiente cuadro eléctrico.

Antes de realizar estas conexiones es muy importante revisar que las definiciones de voltaje estén bien definidas en la configuración de sistemas, así como los sistemas de distribución eléctrica (Figura 62), ya que si no, no se podrán asociar correctamente los circuitos a los paneles correspondientes, y no podrán calcularse las cargas eléctricas de manera apropiada. Esto es especialmente importante si, como en el presente proyecto, existen elementos que requieran de potencia trifásica, tales como sistemas de refrigeración potentes, o algún equipo especializado. En tales casos es común el crear un panel de disyuntores separado sólo para estos elementos. En el presente proyecto, se creará un panel de disyuntores generales, al cual se le conectarán 3 paneles eléctricos, uno que controla la iluminación y que funciona a 120 V, otro para las tomas de corriente que funcionará a 220 V, y finalmente otro para las instalaciones, dotado de potencia trifásica a 480V

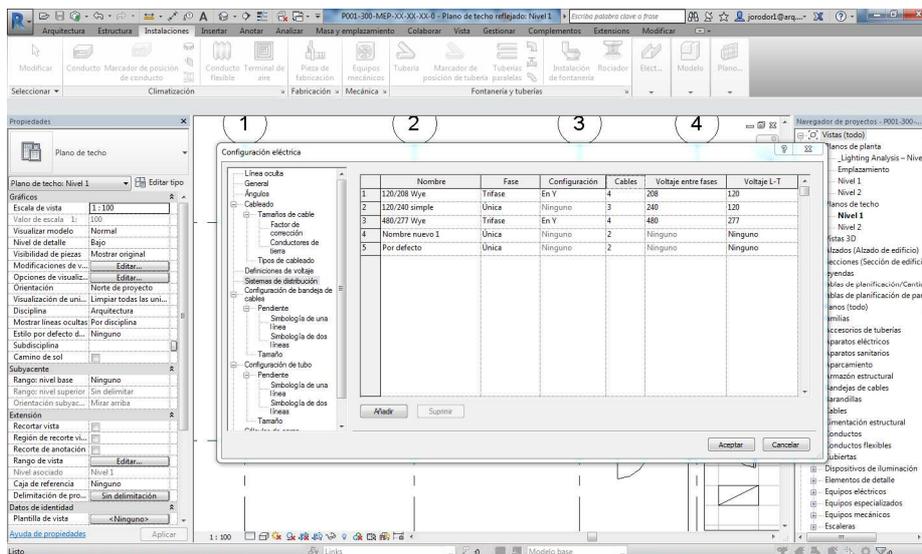
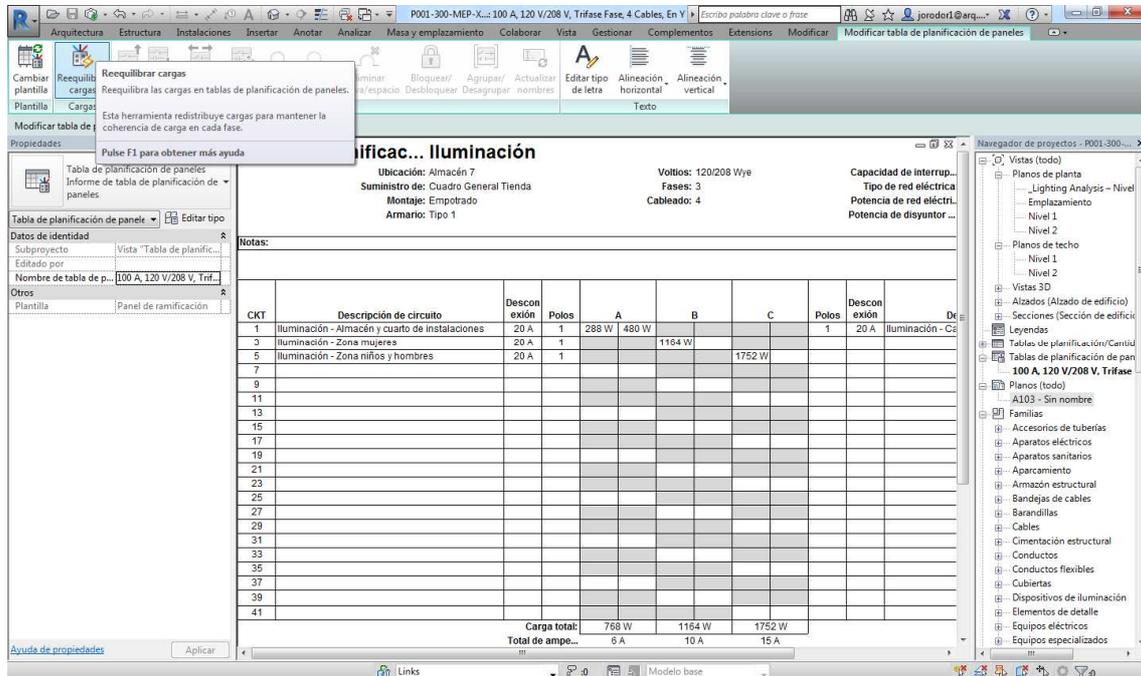


Figura 62: Configuración de sistemas de distribución eléctrica en Revit

Una vez se hayan comprobado los sistemas de distribución, se procederá a crear los “sistemas de potencia” en Revit, tal y como se ha explicado anteriormente, seleccionando los elementos que se quieran asignar a cada circuito.

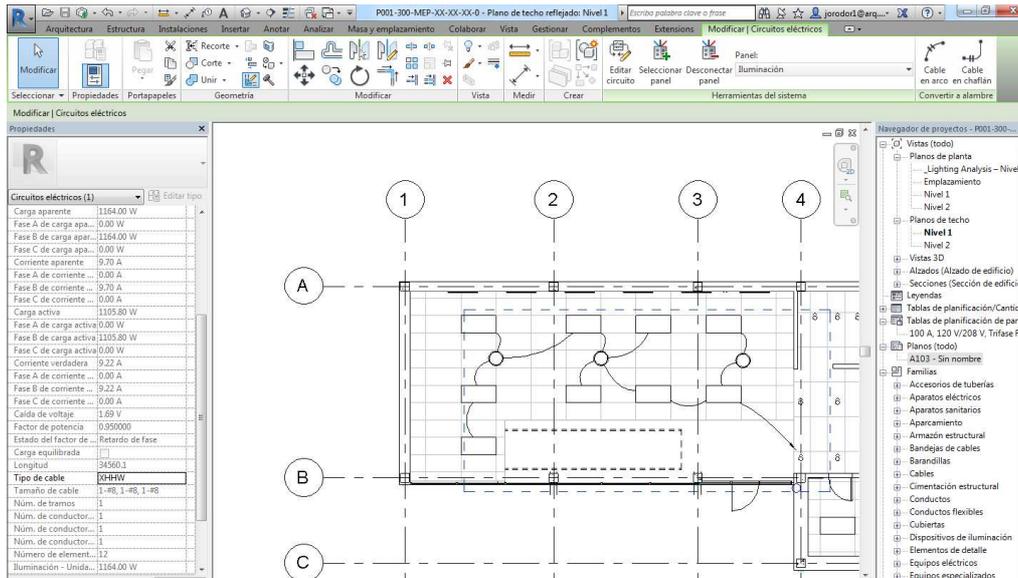
Una vez se haya completado este paso, se podrá crear una tabla de planificación de paneles, que contendrá la información de las cargas que están conectadas a este panel, indicando a qué circuito pertenecen, y a qué fase están asignadas, pudiendo proceder a un reequilibrado de cargas por fase (Figura 63).



*Figura 63: Reequilibrado de cargas en tabla de planificación de paneles en Revit*

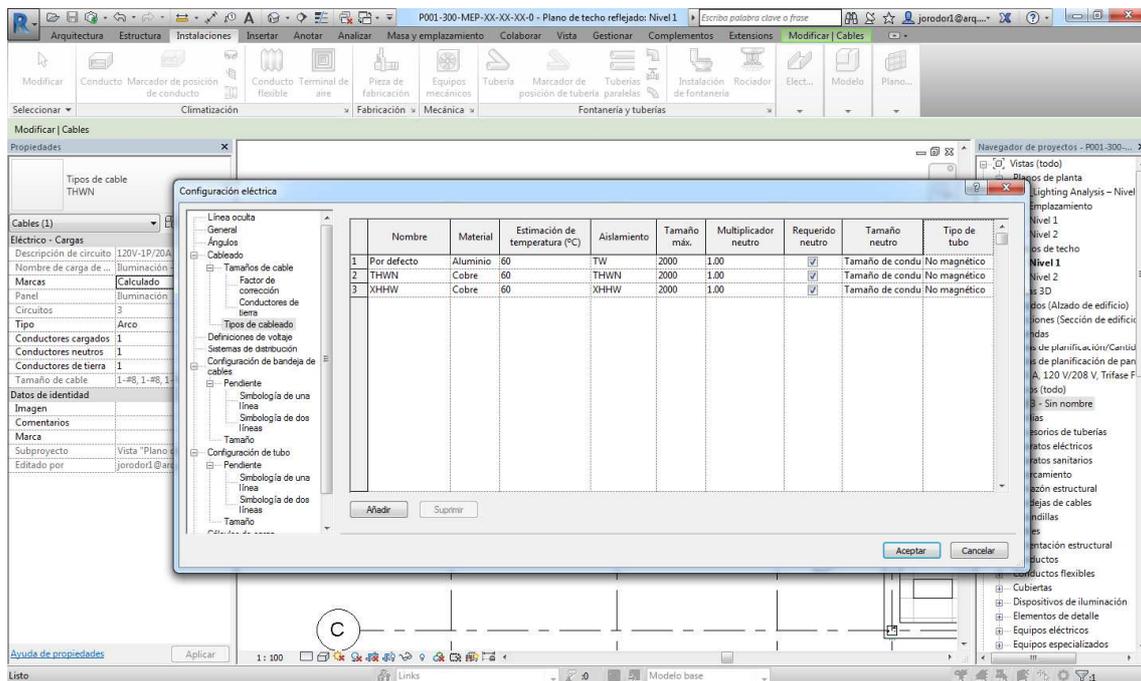
Tal y como se puede apreciar en la Figura 63, el panel de iluminación recibirá las 3 fases desde el Cuadro General de la tienda, y conectaría cada una de estas fases a un circuito, excepto la fase A, que estaría conectada a dos circuitos. Se pueden apreciar cuáles son las cargas de Potencia para este cuadro, y cuál será el amperaje, por lo que se pueden dimensionar los disyuntores magnetotérmicos correspondientes.

Con los cuadros eléctricos ya configurados, lo siguiente es proceder a configurar el cableado. Lógicamente, no se detallará por dónde va a pasar cada cable, ya que por norma general no suele hacerse, sino que se crearán planos para indicar qué elementos van conectados en el mismo circuito, y cuál es el tipo de cable con el que deben de ir conectados (Figura 64).



*Figura 64: Especificación del tipo de cable para el circuito*

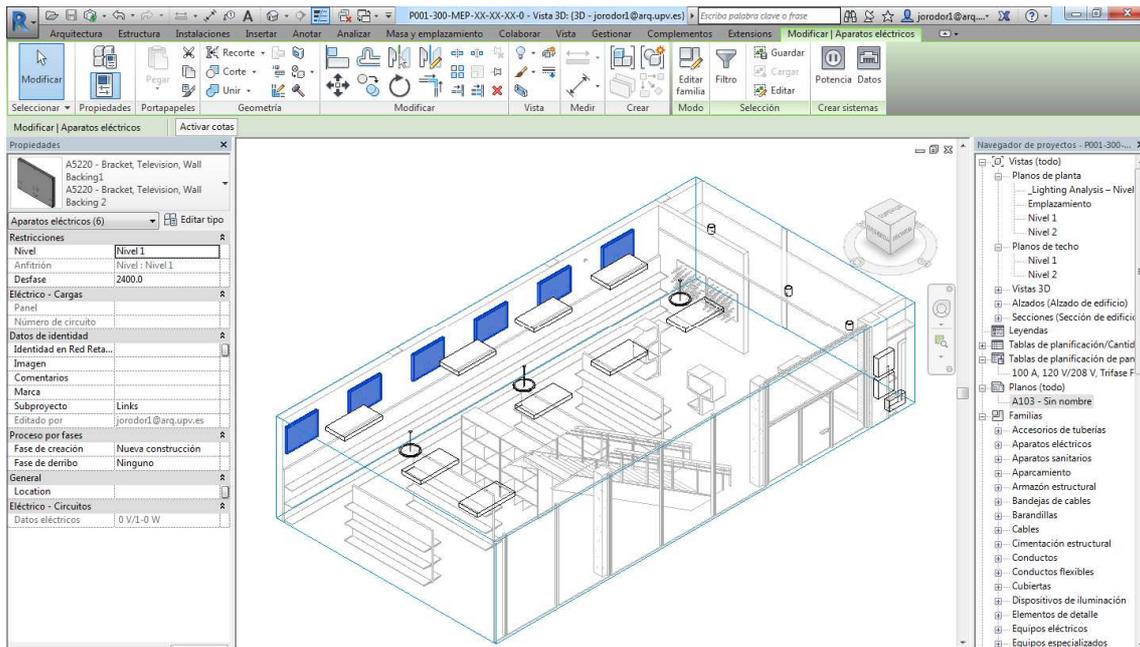
Como puede apreciarse, el “Tipo” de cable es “THWN”, estos “Tipos” de cables deberán haber sido definidos anteriormente por el ingeniero, junto con las definiciones de voltaje y los sistemas de distribución, aunque, al igual que estos, pueden ser incorporados directamente a la plantilla y así utilizarse en diferentes proyectos (Figura 65).



*Figura 65: Definición de los tipos de cableado en Revit*

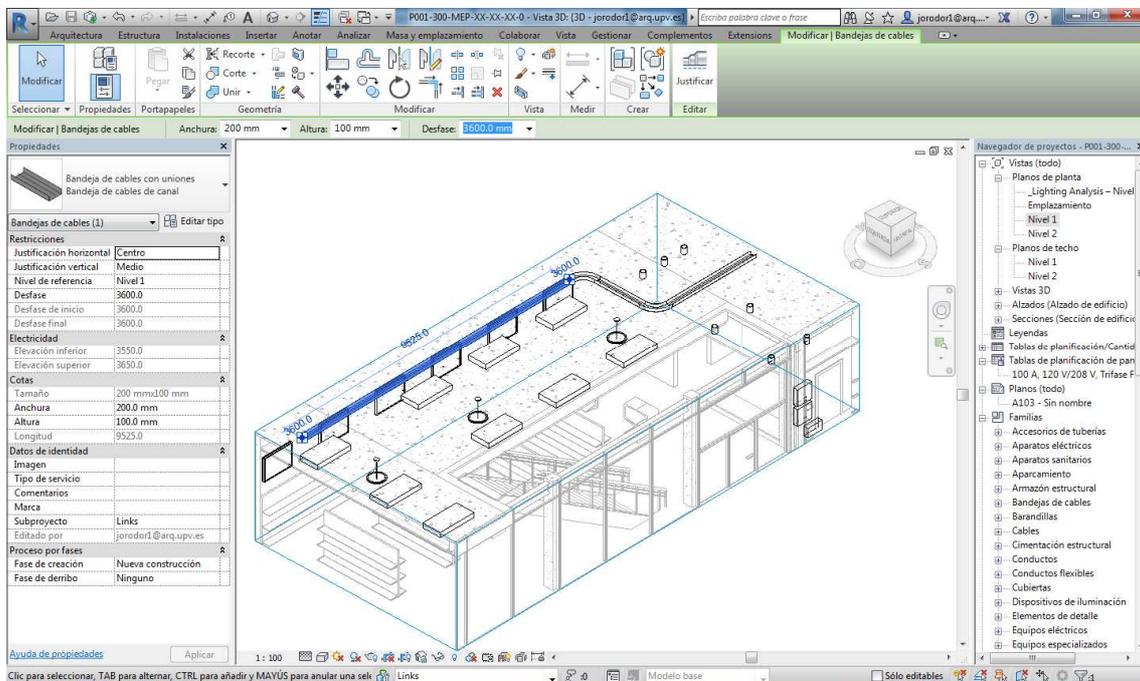
Junto con los cables de electricidad, otro elemento muy importante en este apartado son los cables de datos.

La tienda dispone de ordenadores conectados a internet para los empleados y la gerencia, pero además, dispone también de pantallas de televisión conectadas en red que muestran la publicidad al público (Figura 66), altavoces integrados en el falso techo para el hilo musical, y diversos sensores y elementos de seguridad.



*Figura 66: Emplazamiento de pantallas de televisión publicitarias en planta baja*

Todo este cableado deberá llevarse por el falso techo, por lo que será necesaria la presencia de bandejas de cables. Estas bandejas de cables pueden diseñarse desde el propio Revit, y deberán de ser coordinadas con el resto de instalaciones para evitar interferencias (Figura 67).



*Figura 67: Diseño de bandejas de cable para las pantallas de televisión*

### 2.5.1.3.3. HVAC

Cuando el nivel de desarrollo del modelo de arquitectura lo permita, se procederá a diseñar las instalaciones de ventilación y climatización del edificio.

Lo primero que hay que realizar es el último ajuste a los datos de ocupación y uso previstos de los espacios, para determinar las cargas térmicas definitivas que van a utilizarse para el cálculo, teniendo en cuenta los diversos factores de demanda (Figura 68).

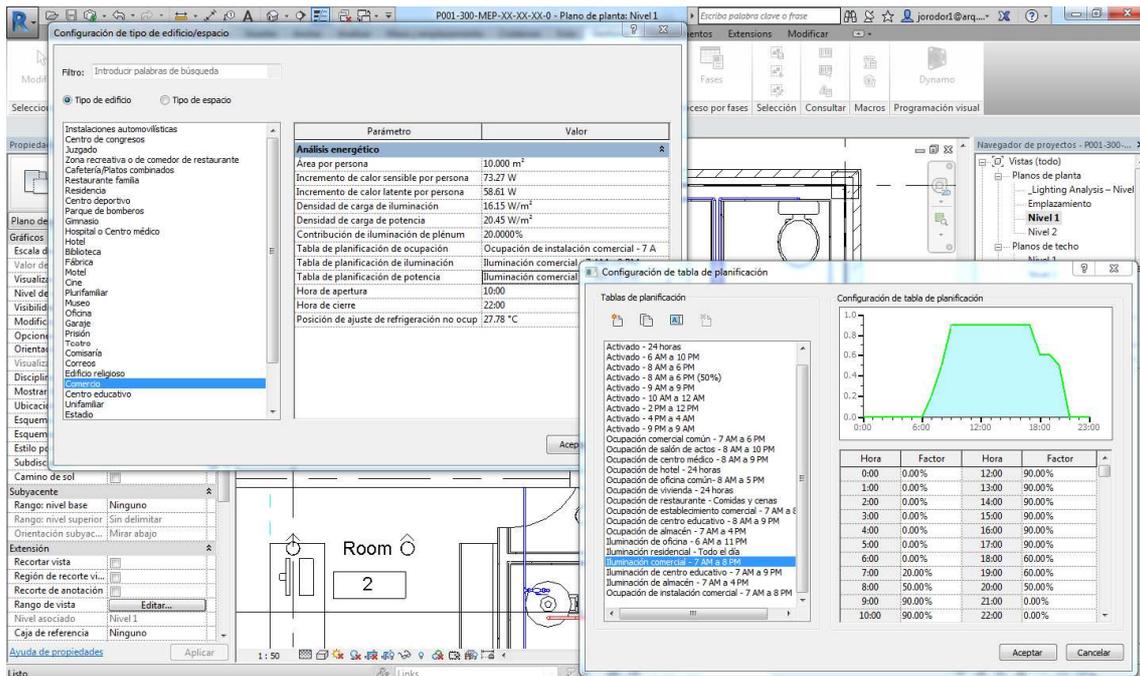


Figura 68: Configuración de demanda de espacios en Revit

Una vez realizada esta comprobación de la demanda de espacios (que puede asignarse también a la plantilla de proyecto), lo siguiente a realizar será el diseño de los sistemas de ventilación mecánica, ya que los datos necesarios para estos son los de la ocupación, que acabamos de comprobar, mientras que para la climatización son necesarios los datos térmicos de la envolvente, y estas pueden aún no estar definidas al 100% por parte del equipo de arquitectura.

De este modo, se elabora una tabla con las demandas de ventilación para cada espacio (Figura 69), y se procede a diseñar el sistema de ventilación para satisfacer esta demanda.

| <Tabla de planificación de espacios> |                     |                                       |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| A                                    | B                   | C                                     |
| Número                               | Nombre              | Suministro de flujo de aire calculado |
| 1                                    | Zona mujeres        | 1425.2 L/s                            |
| 2                                    | Probadores          | 188.6 L/s                             |
| 3                                    | Baños               | 128.4 L/s                             |
| 4                                    | Pasillo             | 84.9 L/s                              |
| 5                                    | Cajas               | 163.6 L/s                             |
| 6                                    | Cuarto de instalaci | 152.6 L/s                             |
| 7                                    | Almacén             | 300.9 L/s                             |
| 8                                    | Zona hombres y ni   | 1382.4 L/s                            |
| 9                                    | Administración      | 64.3 L/s                              |

Figura 69: Demandas de suministro de aire en los diferentes espacios

El diseño de los sistemas de conductos para la ventilación es similar al del sistema de fontanería. Primero hay que colocar los terminales de aire, teniendo en cuenta tanto el aporte de suministro de aire de cada terminal (para determinar el número de terminales necesarios), como la distribución en el falso techo, teniendo que aprobar el arquitecto el diseño final de este (Figura 70)

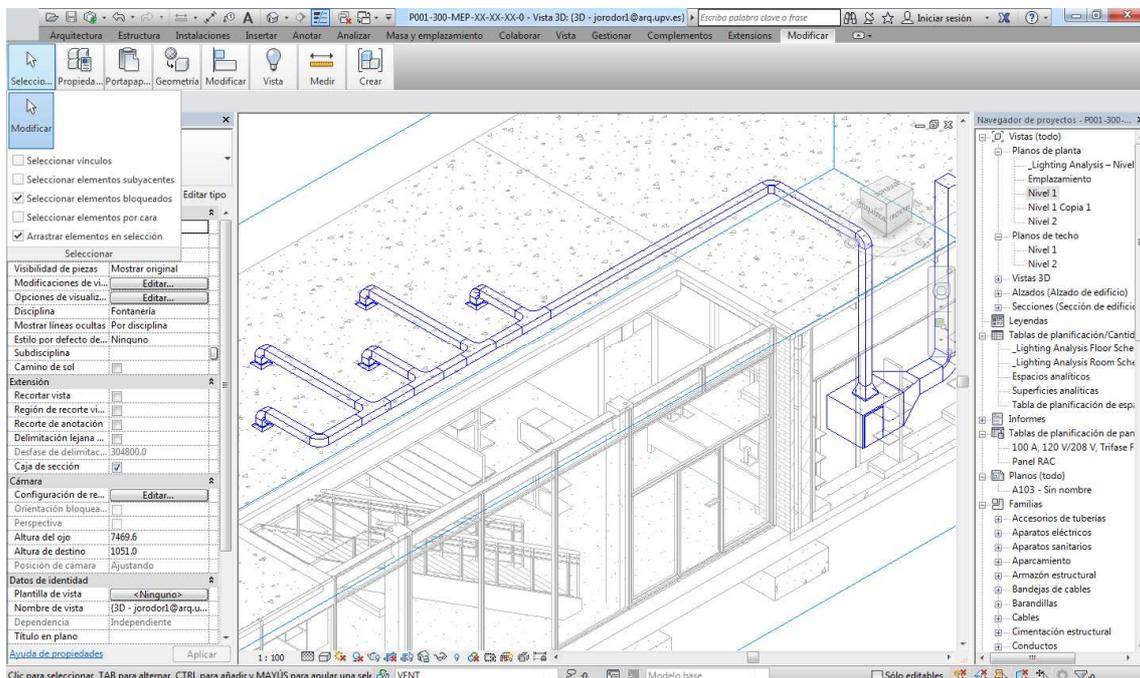


Figura 70: Diseño de conductos de ventilación

Con los elementos ya diseñados y conectados entre sí y al aparato ventilador, se procede al dimensionamiento de los conductos, de modo similar al realizado con las tuberías en el apartado 4.5.1.3.1, con la diferencia de que se puede limitar el dimensionamiento para que los conductos no excedan de un tamaño determinado

en altura o anchura, lo que viene bien para ajustar los conductos a espacios reducidos de falso techo.

Una vez estén dimensionados estos elementos, se procede a la creación de la documentación gráfica en planos para detallar su diseño. Es habitual crear planos en los que especifica cuál es el flujo de los conductos en base a una leyenda de color. Este tipo de planos puede hacerse de forma rápida e integrada, y puede aplicarse también a las tuberías (Figura 71)

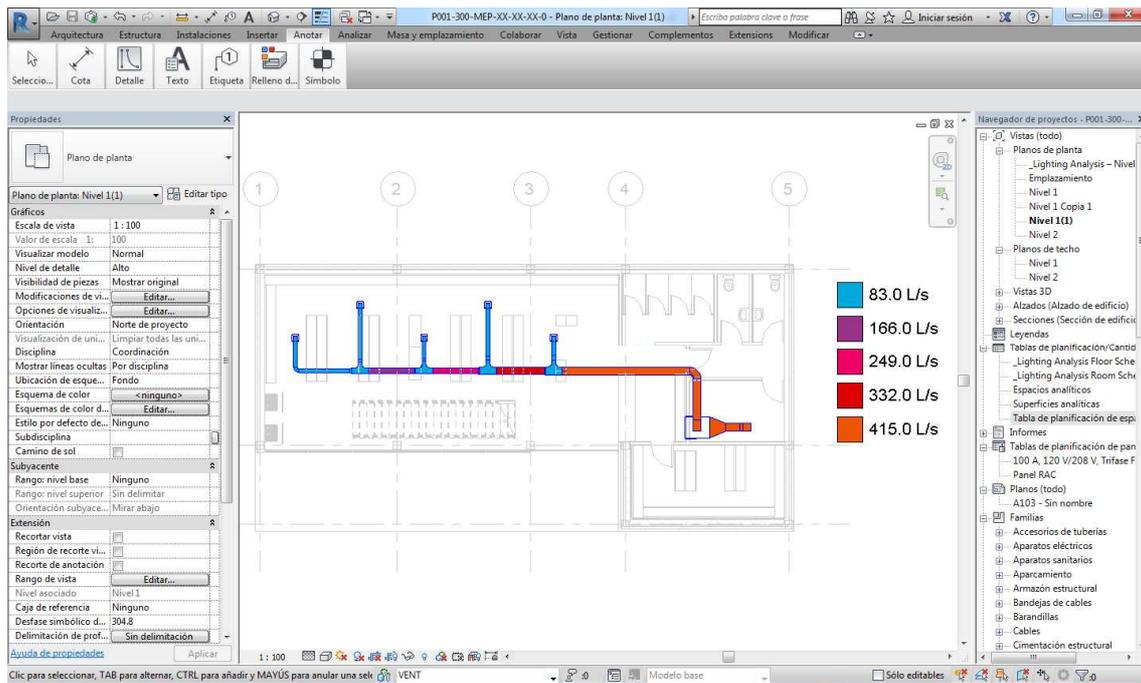


Figura 71: Plano de conductos de ventilación dimensionados con esquema de color por caudal

Asimismo, el programa nos genera también un informe sobre la pérdida de presión en conductos que deberá adjuntarse en la memoria de cálculo de instalaciones, al igual que se procedía con las tuberías (Figura 72).

| Mecánica Suministro de aire 2                         |                               |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                    |                                  |
|---|-------------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|----------|-------------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------------------------|
| Información del sistema                               |                               |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                    |                                  |
| Clasificación de sistema                              | Suministro de aire            |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                    |                                  |
| Tipo de sistema                                       | Suministro de aire            |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                    |                                  |
| Nombre de sistema                                     | Mecánica Suministro de aire 2 |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                    |                                  |
| Abreviatura   |                               |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                    |                                  |
| Cálculos de la pérdida de presión total por secciones |                               |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                    |                                  |
| Sección   | Elemento                      | Flujo     | Tamaño        | Velocidad | Presión de velocidad | Longitud | Coefficiente de pérdida | Fricción  | Número de Reynolds | Pérdida de presión | Pérdida de presión en la sección |
| 1   | Conducto                      | 415.0 L/s | 300 mmx300 mm | 4.6 m/s   | -                    | 9000     | -                       | 0.84 Pa/m | 92173.501191       | 7.6 Pa             | -                                |
|   | Uniones                       | 415.0 L/s | -             | 4.6 m/s   | 12.8 Pa              | -        | 2.3                     | -         | -                  | 29.4 Pa            | 37.0 Pa                          |
|   | Equipos                       | 415.0 L/s | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | -                                |
| 2   | Uniones                       | 415.0 L/s | -             | 0.0 m/s   | 0.4 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | -                                |
|   | Equipos                       | 415.0 L/s | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 0.0 Pa                           |
|   | Conducto                      | 415.0 L/s | 300 mmx300 mm | 4.6 m/s   | -                    | 4126     | -                       | 0.84 Pa/m | 92173.501191       | 3.5 Pa             | -                                |
| 3   | Uniones                       | 415.0 L/s | -             | 4.6 m/s   | 12.8 Pa              | -        | 1.15                    | -         | -                  | 14.7 Pa            | 18.2 Pa                          |
|   | Conducto                      | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 806      | -                       | 1.87 Pa/m | 39502.929082       | 1.5 Pa             | -                                |
|   | Uniones                       | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 1.15                    | -         | -                  | 12.4 Pa            | 25.9 Pa                          |
| 4   | Terminal de aire              | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa            | -                                |
|   | Uniones                       | 83.0 L/s  | -             | 0.0 m/s   | 4.2 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 0.0 Pa                           |
|   | Conducto                      | 249.0 L/s | 225 mmx225 mm | 4.9 m/s   | -                    | 1674     | -                       | 1.36 Pa/m | 73738.800953       | 2.3 Pa             | -                                |
| 6   | Uniones                       | 249.0 L/s | -             | 4.9 m/s   | 14.5 Pa              | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 2.3 Pa                           |
|   | Equipos                       | 249.0 L/s | -             | 0.0 m/s   | 6.5 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 0.0 Pa                           |
|   | Conducto                      | 332.0 L/s | 275 mmx275 mm | 4.4 m/s   | -                    | 1770     | -                       | 0.86 Pa/m | 80442.328912       | 1.5 Pa             | -                                |
| 8   | Uniones                       | 332.0 L/s | -             | 4.4 m/s   | 11.6 Pa              | -        | 0                       | -         | -                  | 1.5 Pa             | 1.5 Pa                           |
|   | Uniones                       | 332.0 L/s | -             | 0.0 m/s   | 8.2 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 0.0 Pa                           |
|   | Conducto                      | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 3020     | -                       | 1.87 Pa/m | 39502.929082       | 5.6 Pa             | -                                |
| 10  | Uniones                       | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 2.3                     | -         | -                  | 24.8 Pa            | 42.4 Pa                          |
|   | Terminal de aire              | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa            | -                                |
|   | Uniones                       | 83.0 L/s  | -             | 0.0 m/s   | 2.6 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 0.0 Pa                           |
| 11  | Conducto                      | 166.0 L/s | 200 mmx200 mm | 4.2 m/s   | -                    | 1704     | -                       | 1.15 Pa/m | 55304.100715       | 2.0 Pa             | -                                |
|   | Uniones                       | 166.0 L/s | -             | 4.2 m/s   | 10.4 Pa              | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 2.0 Pa                           |
|   | Uniones                       | 166.0 L/s | -             | 0.0 m/s   | 6.3 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 0.0 Pa                           |
| 12  | Conducto                      | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 2078     | -                       | 1.87 Pa/m | 39502.929082       | 3.9 Pa             | -                                |
|   | Uniones                       | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 1.15                    | -         | -                  | 12.4 Pa            | 28.3 Pa                          |
|   | Terminal de aire              | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa            | -                                |
| 14  | Uniones                       | 83.0 L/s  | -             | 0.0 m/s   | 5.3 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa             | 0.0 Pa                           |
|   | Conducto                      | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 1950     | -                       | 1.87 Pa/m | 39502.929082       | 3.6 Pa             | -                                |
|   | Uniones                       | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 2.55                    | -         | -                  | 27.5 Pa            | 43.1 Pa                          |
| 16  | Terminal de aire              | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa            | -                                |

Figura 72: Informe de pérdida de presión en conductos de ventilación

Por último, antes de entrar en el diseño de la climatización, hay que señalar que se ha descartado el uso de ventilo convectores por que generan ruido en la zona que se pretende climatizar, es por ello que se ha optado por crear un sistema de ventilación y climatización por conductos separado. Se considera que el retorno se realiza por plenum.

Con los sistemas de ventilación ya diseñados, se vuelve a realizar el análisis de cargas de calefacción y refrigeración, pero antes de ello hay que agrupar los espacios a climatizar en zonas, para poder afrontar su climatización de manera conjunta (Figura 73),

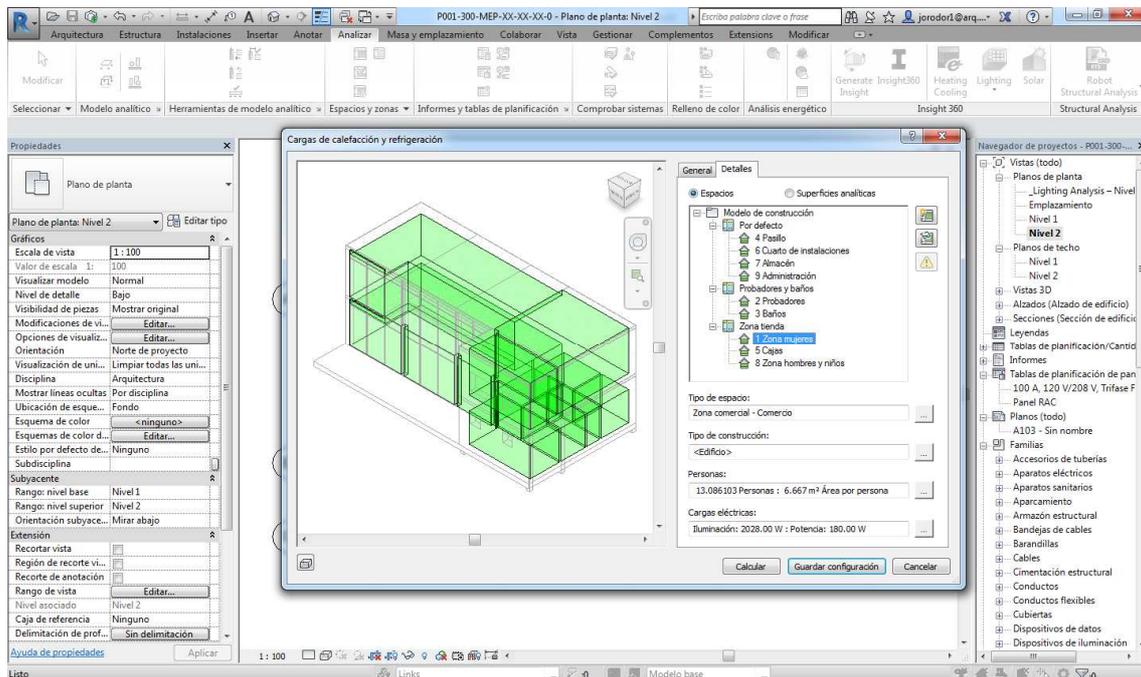


Figura 73: Agrupación de espacios en zonas para cálculo de cargas de calefacción y refrigeración

Con estas agrupaciones de zonas ya realizadas, se procede a calcular dichas cargas, y el programa nos genera un informe de cargas detallado (Figura 74).

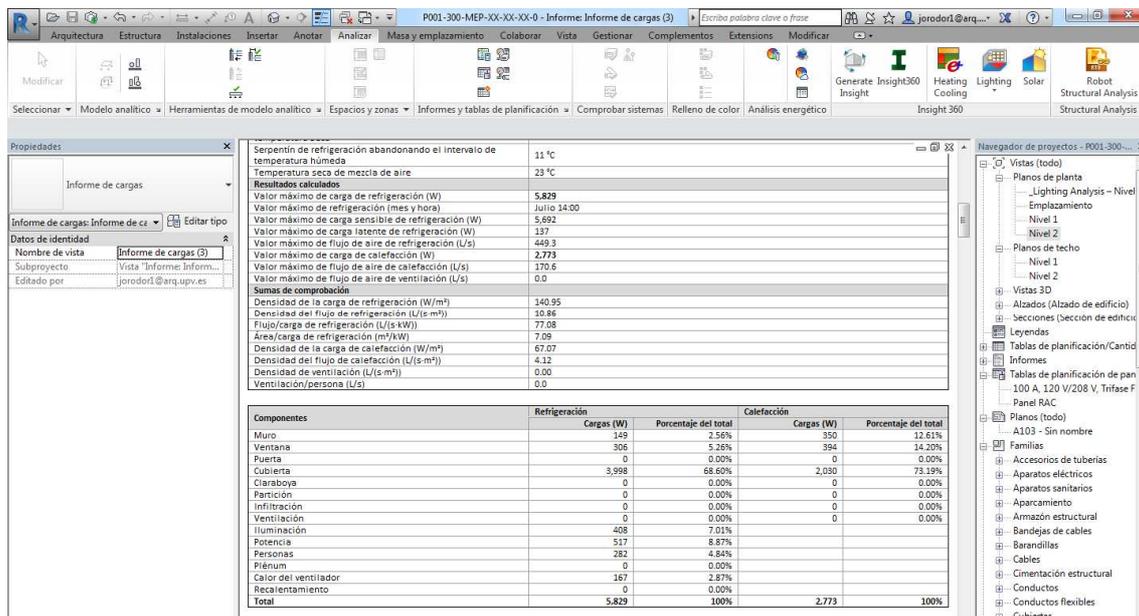


Figura 74: Informe de cargas de calefacción y refrigeración

Como puede verse en el informe, es importante realizar este cálculo en este punto del proyecto, ya que además de las envolventes térmicas, el programa también tiene en cuenta para la refrigeración las ganancias de calor producidas por la propia iluminación y los aparatos de ventilación que generen calor en el propio espacio.

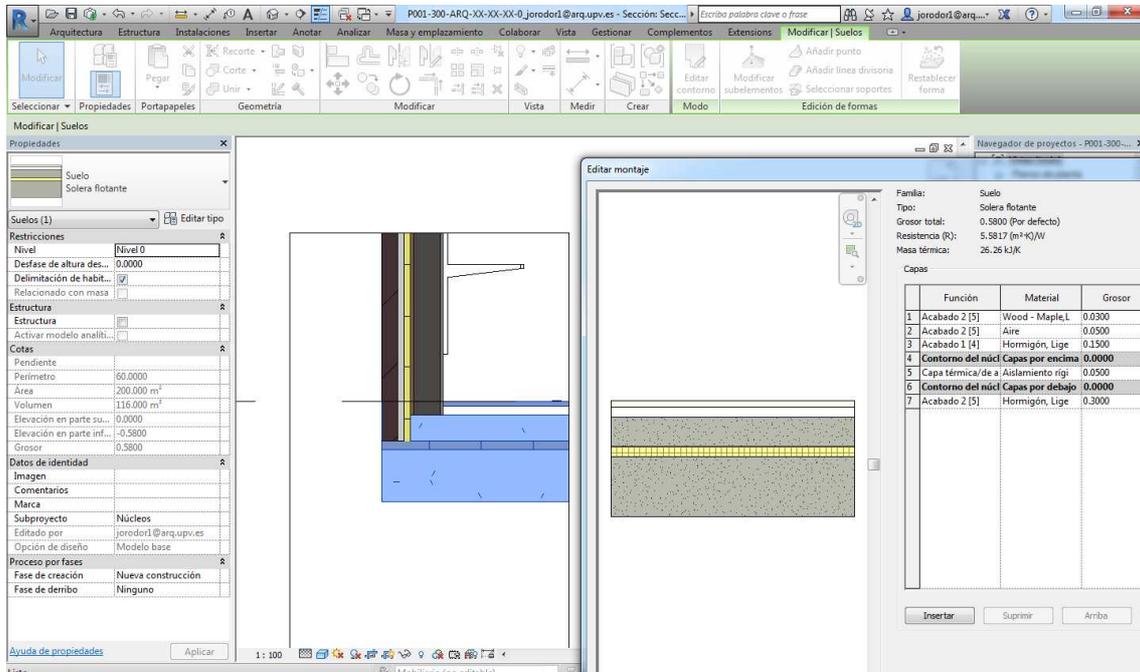
Con este informe ya realizado, se procede a crear el modelo analítico para climatización.

Hay que señalar en este punto, que este modelo analítico ya se había creado en el apartado de LOD 100, pero en esa ocasión, el modelo se basaba en un volumen aproximado de lo que sería el edificio, con un uso principal, una previsión de cómo iban a ser los cerramientos, etc.

En este momento del proyecto, por el contrario, no se tratará de un volumen aproximado, sino que la geometría ya está definida, con la compartimentación de los espacios interiores, por lo que cada espacio interior es susceptible de tener un uso diferente, y por tanto unos requisitos térmicos diferentes. Además, tampoco se tratará de una previsión del tipo de cerramientos a usar, sino que los cerramientos ya han sido definidos por los arquitectos, junto con los materiales que los componen, por lo que pueden extraerse del modelo datos térmicos concretos.

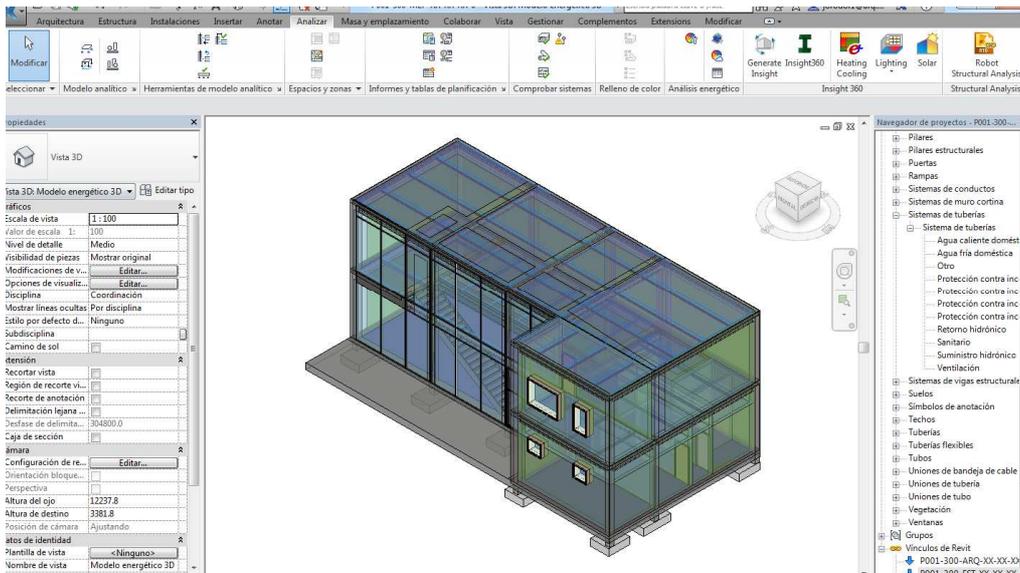
Es importante señalar en este punto, que al contrario que en muchos programas de simulación energética que funcionan por planos analíticos, donde luego hay que definir los tipos de puentes térmicos existentes, los puentes térmicos, de existir, ya están contenidos en el modelo, ya que toda la geometría que crea los espacios está conectada, y está compuesta a su vez por las capas de material de las que ya hemos hablado.

En caso de que fuese necesario, los arquitectos pueden “descomponer en piezas” estos elementos (por ejemplo un muro), y así poder modificar cada una de las capas de material que lo componen por separado para evitar el puente térmico, aunque esto suele evitarse usando las “prioridades” de unión entre los materiales dentro de la “estructura” que compone cada “tipo” de elementos (Figura 75)



*Figura 75: "Estructura" interna de solera y detalle de puente térmico*

Así pues, se procede a crear el modelo energético, reemplazando al anterior basado en volúmenes. (Figura 76)



*Figura 76: Modelo energético a partir de elementos constructivos en Revit*

Con el modelo energético ya creado, el siguiente paso es realizar el análisis energético. Este análisis se realiza en la nube, permitiendo a los ingenieros seguir trabajando con el modelo, y reciben un aviso cuando se termina y está listo para ser revisado.

Este primer cálculo energético basado en elementos construidos se ha efectuado para obtener las cargas de calefacción y refrigeración a tener en cuenta en el cálculo (Figura 77).

| <Tabla de planificación de espacios> |                     |                             |                      |                        |
|--------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|
| A                                    | B                   | C                           | D                    | E                      |
| Número                               | Nombre              | Suministro de flujo de aire | Carga de calefacción | Carga de refrigeración |
| 1                                    | Zona mujeres        | 1425.2 L/s                  | 10188 W              | 18017 W                |
| 2                                    | Probadores          | 168.6 L/s                   | 918 W                | 2108 W                 |
| 3                                    | Baños               | 128.4 L/s                   | 722 W                | 1606 W                 |
| 4                                    | Pasillo             | 84.9 L/s                    | 465 W                | 1068 W                 |
| 5                                    | Cajas               | 163.6 L/s                   | 879 W                | 2069 W                 |
| 6                                    | Cuarto de instalaci | 152.6 L/s                   | 829 W                | 1919 W                 |
| 7                                    | Almacén             | 300.9 L/s                   | 1817 W               | 3784 W                 |
| 8                                    | Zona hombres y ni   | 1382.4 L/s                  | 7544 W               | 17478 W                |
| 9                                    | Administración      | 64.3 L/s                    | 491 W                | 882 W                  |
|                                      |                     | 3870.9 L/s                  | 23853 W              | 48931 W                |

Figura 77: Tabla de planificación de espacios con cargas de climatización

En consecuencia, al tener ya estas cargas calculadas, se procede a seleccionar los equipos de climatización y a realizar el diseño de conductos de forma similar a los conductos de ventilación (Figura 78). Teniendo en cuenta que esta vez no sólo hay que generar el diseño de conductos sino también el de tuberías para el sistema hidráulico.

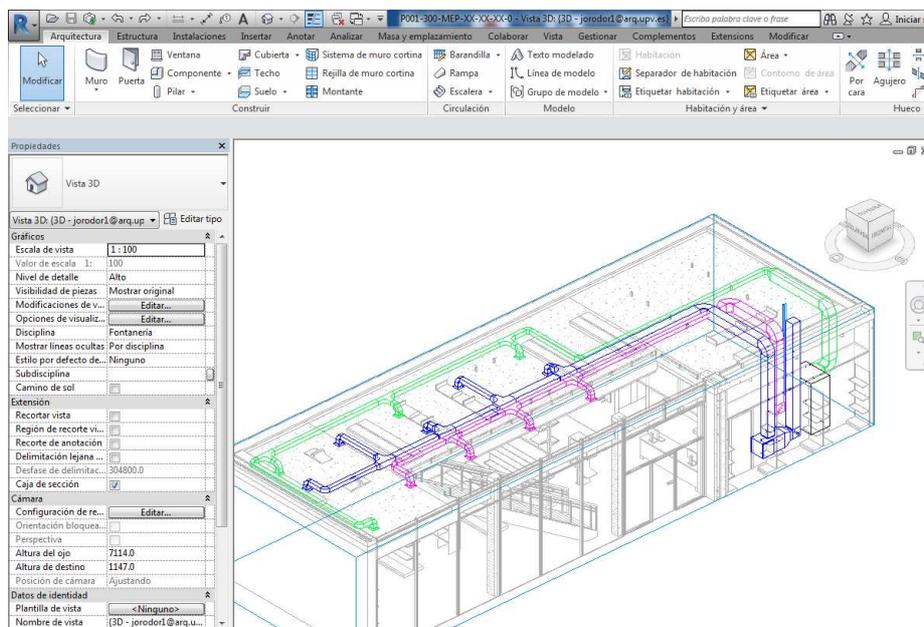
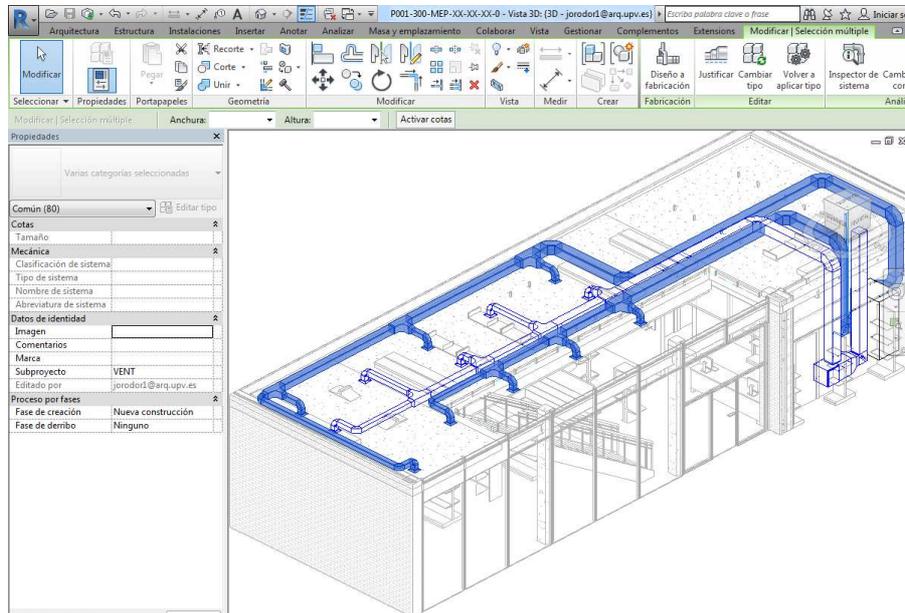


Figura 78: Diseño preliminar de suministro de conductos de climatización

Con el diseño generado, una vez más se procede a realizar su dimensionamiento, y se generan los informes de pérdidas de carga correspondientes para realizar las memorias justificativas de cálculo (Figuras 79 y 80).



*Figura 79: Dimensionamiento de los conductos de climatización*

| Mecánica CLIM 1                                       |                    |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                          |                                  |  |
|---|--------------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|----------|-------------------------|-----------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|--|
| Información del sistema                               |                    |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                          |                                  |  |
| Clasificación de sistema                              | Suministro de aire |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                          |                                  |  |
| Tipo de sistema                                       | CLIM               |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                          |                                  |  |
| Nombre de sistema                                     | Mecánica CLIM 1    |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                          |                                  |  |
| Abreviatura   |                    |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                          |                                  |  |
| Cálculos de la pérdida de presión total por secciones |                    |           |               |           |                      |          |                         |           |                    |                          |                                  |  |
| Sección   | Elemento           | Fujo      | Tamaño        | Velocidad | Presión de velocidad | Longitud | Coefficiente de pérdida | Fricción  | Dímetro hidráulico | Pérdida de presión total | Pérdida de presión en la sección |  |
| 1   | Conducto           | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 582      | -                       | 1.87 Pa/m | 140 mm             | 11.1 Pa                  | -                                |  |
|   | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 1.15                    | -         | -                  | 12.4 Pa                  | 25.5 Pa                          |  |
|   | Terminal de aire   | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa                  | -                                |  |
| 2   | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 0.0 m/s   | 5.3 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |
|   | Equipos            | 332.0 L/s | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | -                                |  |
| 3   | Conducto           | 166.0 L/s | 200 mmx200 mm | 4.2 m/s   | -                    | 4111     | -                       | 1.15 Pa/m | 200 mm             | 4.7 Pa                   | 4.7 Pa                           |  |
|   | Uniones            | 166.0 L/s | -             | 4.2 m/s   | 10.4 Pa              | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |
| 4   | Uniones            | 166.0 L/s | -             | 0.0 m/s   | 6.5 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |
|   | Equipos            | 332.0 L/s | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | -                                |  |
| 5   | Conducto           | 249.0 L/s | 225 mmx225 mm | 4.9 m/s   | -                    | 4115     | -                       | 1.36 Pa/m | 225 mm             | 5.6 Pa                   | 5.6 Pa                           |  |
|   | Uniones            | 249.0 L/s | -             | 4.9 m/s   | 14.5 Pa              | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 5.6 Pa                           |  |
| 6   | Uniones            | 249.0 L/s | -             | 0.0 m/s   | 6.5 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |
|   | Equipos            | 332.0 L/s | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | -                                |  |
| 7   | Conducto           | 332.0 L/s | 275 mmx275 mm | 4.4 m/s   | -                    | 19215    | -                       | 0.86 Pa/m | 275 mm             | 11.3 Pa                  | 11.3 Pa                          |  |
|   | Uniones            | 332.0 L/s | -             | 4.4 m/s   | 11.6 Pa              | -        | 5.75                    | -         | -                  | 66.6 Pa                  | 78.0 Pa                          |  |
| 8   | Uniones            | 332.0 L/s | -             | 0.0 m/s   | 1.8 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |
|   | Equipos            | 332.0 L/s | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | -                                |  |
| 9   | Conducto           | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 539      | -                       | 1.87 Pa/m | 140 mm             | 12.0 Pa                  | -                                |  |
|   | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 1.15                    | -         | -                  | 12.4 Pa                  | 25.4 Pa                          |  |
|   | Terminal de aire   | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa                  | -                                |  |
| 10  | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 0.0 m/s   | 4.2 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |
|   | Equipos            | 332.0 L/s | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | -                                |  |
| 11  | Conducto           | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 454      | -                       | 1.87 Pa/m | 140 mm             | 0.8 Pa                   | -                                |  |
|   | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 2.55                    | -         | -                  | 27.5 Pa                  | 40.3 Pa                          |  |
| 12  | Terminal de aire   | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa                  | -                                |  |
|   | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 0.0 m/s   | 2.8 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |
| 13  | Conducto           | 83.0 L/s  | 140 mmx140 mm | 4.2 m/s   | -                    | 5396     | -                       | 1.87 Pa/m | 140 mm             | 10.1 Pa                  | -                                |  |
|   | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 4.2 m/s   | 10.8 Pa              | -        | 4.77                    | -         | -                  | 51.4 Pa                  | 73.5 Pa                          |  |
| 14  | Terminal de aire   | 83.0 L/s  | -             | -         | -                    | -        | -                       | -         | -                  | 12.0 Pa                  | -                                |  |
|   | Uniones            | 83.0 L/s  | -             | 0.0 m/s   | 2.6 Pa               | -        | 0                       | -         | -                  | 0.0 Pa                   | 0.0 Pa                           |  |

*Figura 80: Análisis de pérdida de presión en conductos de climatización*

Finalmente, al igual que se ha realizado en el LOD 100, se procede a realizar un análisis del coste de la energía durante el ciclo de vida (Figura 81).

Como puede apreciarse en los resultados, si se compara con la Figura 29 del LOD 100, el primer valor aproximativo del coste de la energía durante el ciclo de vida del edificio se acerca bastante al valor obtenido en este cálculo, aunque este sea ligeramente inferior. Esto se debe a que, aunque de forma esquemática, en el LOD 100 se introdujeron los datos sobre los tipos de cerramientos y de sistemas que se iban a utilizar en el proyecto.

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Estación meteorológica:   | 133706                       |
| Temperatura exterior:   | Máx.: 38°C/Mín.: -4°C        |
| Área común del piso:  | 242 m <sup>2</sup>           |
| Área de muro exterior:  | 316 m <sup>2</sup>           |
| Potencia de iluminación media:  | 18.84 W/m <sup>2</sup>       |
| Personas:   | 30 Personas                  |
| Proporción de ventanas en exterior:   | 0,30                         |
| Costo eléctrico:  | 0,13 \$/kWh                  |
| Costo de combustible:   | 1,23 \$/unidad térmica       |
| <b>Intensidad de uso de energía (EUI)</b>   |                              |
| EUI de electricidad:  | 606 kWh/sm/yr                |
| EUI de combustible:   | 381 MJ/m <sup>2</sup> /año   |
| EUI total:  | 2,562 MJ/m <sup>2</sup> /año |
| <b>Costo/Uso de energía de ciclo de vida</b>  |                              |
| Uso de electricidad de ciclo de vida:   | 4,528,959 kWh                |
| Uso de combustible de ciclo de vida:  | 2,852,257 MJ                 |
| Costo de energía de ciclo de vida:  | 272.068 \$                   |
| *30 años de vida y descuento de 6,1% en costos  |                              |
| <b>Potencial de energía renovable</b>   |                              |
| Sistema fotovoltaico montado en cubierta (baja eficiencia):   | 9,487 kWh/año                |
| Sistema fotovoltaico montado en cubierta (eficiencia media):  | 18,975 kWh/año               |
| Sistema fotovoltaico montado en cubierta (alta eficiencia):   | 28,462 kWh/año               |
| Potencial de turbina eólica simple de 4,5 m:  | 544 kWh/año                  |
| *Se presuponen valores de eficiencia fotovoltaica de 5%, 10% y 15% para sistemas de eficiencia baja, media y alta |                              |

Figura 81: Análisis del coste de la energía durante el ciclo de vida

#### 2.5.1.3.4. Otros sistemas y cálculos.

Finalmente, se engloban en este apartado el resto de justificaciones del código técnico, tales como incendios y aislamiento acústico.

El cumplimiento de los recorridos de evacuación deberá realizarse sobre el modelo de arquitectura, teniendo correctamente enlazados los modelos de las otras disciplinas, y el resto de justificaciones de protección contra incendios, tales como el diseño de las bocas de incendios, correrá a cargo del equipo de MEP.

Por otra parte, los cálculos para la justificación del aislamiento acústico suelen realizarse en una tabla de Excel. Desde Revit se pueden extraer de forma automática los datos de aislamiento acústico de los materiales de cada muro, así como el espesor de las capas y exportarlos a un archivo Excel para su justificación.

La automatización de este proceso es posible mediante la programación con Dynamo y Python dentro de Revit.

Dynamo es un lenguaje de programación visual integrado en Revit que permite extender las funciones más allá de las que ofrece el propio programa. Está basado en nodos que realizan determinadas funciones, pero estas funciones pueden aumentarse a su vez a través del lenguaje de programación Python, que está integrado en Dynamo. Un ejemplo sencillo es el realizado en la Figura 82.

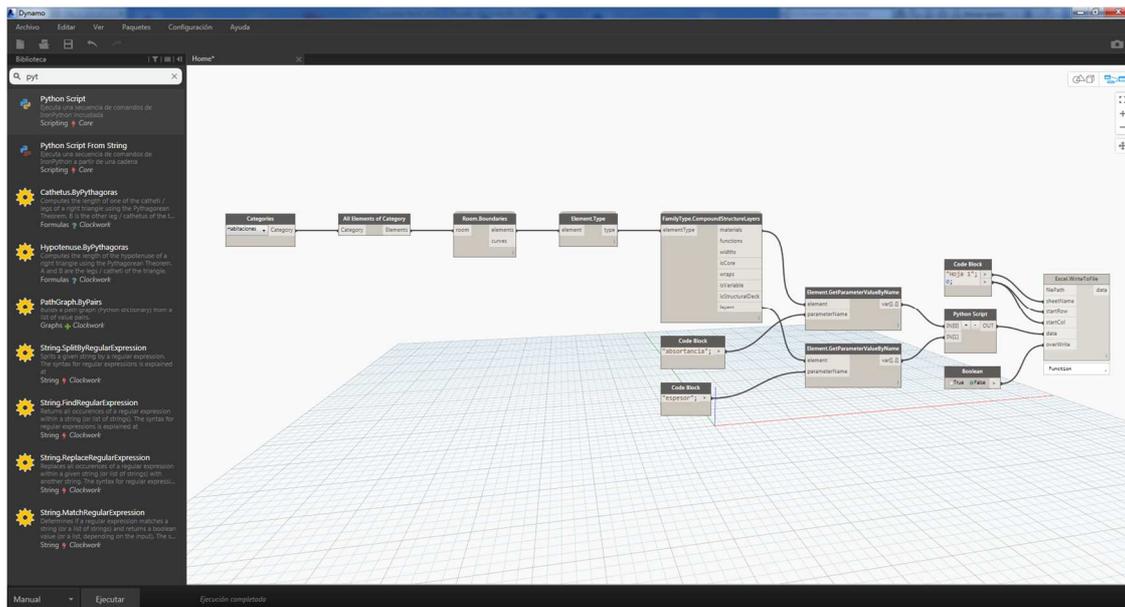


Figura 82: Extracción de datos del modelo a Excel mediante Dynamo y Python

Como se puede ver en el modelo, cada “nodo” de Dynamo realiza una acción. El primer nodo selecciona una categoría, en este caso “habitaciones”, y el segundo todos los elementos de esa categoría. El tercer nodo es en realidad un “nodo compuesto”, una especie de subprograma que tiene más nodos en su interior, que lo que realiza es obtener los elementos que delimitan esas habitaciones, en este caso serán los muros, suelos y techos que compongan cada una de estas habitaciones. A continuación, se obtiene el “tipo” de elemento para cada uno de estos elementos, y a continuación se obtienen a la vez tanto las capas que los componen, como el material que compone estas capas, luego se obtienen dos valores por separado, de los materiales se obtiene el valor de “absortancia” y de la estructura interna de los muros y suelos el “espesor”, a continuación estos datos son introducidos dentro de un nodo de Python, donde mediante código de programación se multiplica el valor de cada espesor por su absortancia acústica, para obtener los valores de absortancia del muro, y a continuación se exporta a Excel.

Todo este proceso puede resultar complicado, pero una vez más, es susceptible de ser integrado en plantillas, y de utilizarse en diferentes proyectos. Así pues se podrán extraer de forma automatizada valores como la resistencia a fuego de los elementos de evacuación, etc. o por el contrario, podrán asignarse de forma automatizada estos valores según el tipo.

No hay que olvidar, que al hablar del modelo BIM y de planos, no se hace referencia de los planos entendidos como un elemento fijo, sino que la gran ventaja del BIM es que el modelo es una base de datos, de hecho, la estructura interna de los datos almacenados es similar a la de una base de datos SQL, ya que para un determinado tipo se pueden crear un parámetro, y podemos acceder y modificar cada uno de los diferentes valores que tenga ese parámetro en los diferentes elementos que pertenezcan a ese tipo.

Finalmente sólo queda añadir en este apartado que tanto los elementos que se extraigan de forma automatizada con Dynamo, como los datos de cálculo extraídos del propio modelo de Revit, no son más que herramientas para la justificación de la normativa vigente, quedando pues la responsabilidad de esta a criterio del ingeniero responsable.

### 2.5.2. INTEGRACIÓN

Una vez delimitado el alcance, se hablará ahora de la integración de la información que se está generando en otros aspectos de la empresa.

Como se ha definido, el proyecto es de una tienda de ropa para una gran franquicia. Como todas las tiendas de moda, al menos se sabe que deberá cambiar el stock de su tienda 4 veces al año, para las diferentes temporadas de primavera, verano, otoño e invierno.

Anteriormente, en la fase de LOD 200, se han elaborado tablas en las que se comparaban los m<sup>2</sup> de tienda con los de almacenaje. En esta ocasión, al tener ya definido completamente el mobiliario, se podrán aportar al modelo una mayor cantidad de datos.

La mayoría de franquicias de ropa tienen una imagen de marca muy elaborada y estudiada por sus departamentos de marketing y diseño, y esto se traduce en todos los aspectos del diseño de sus tiendas, incluyendo el del mobiliario, que suele ser hecho expresamente para la propia compañía.

Estas compañías o bien tienen departamentos que diseñan el mobiliario propio, o bien encargan a una tercera compañía que lo elabore para ellos, en ambos casos, cuando tienen que renovar una tienda o abrir una desde cero, tienen que disponer este mobiliario hecho a medida.

Dicho mobiliario puede o bien fabricarse para la ocasión, o bien estar ya fabricado y disponer de él en algún centro de logística perteneciente a la franquicia, en ambos casos, el poder disponer del código SAP con el que dicho mobiliario está codificado, y poder hacer el pedido con esa referencia, supone un paso adelante en la integración del BIM en la compañía.

Esto puede lograrse de forma muy fácil tan sólo añadiendo un parámetro al “tipo” de familia de mobiliario.

Otro paso adelante en pos de la integración del modelo BIM con el modelo de negocio de la compañía sería el calcular el número de prendas que existen en exposición en las estanterías, una vez más, esto es posible creando un parámetro de ejemplar en la familia. Además, es posible agruparlos en tablas según si la ropa expuesta en los muebles es de hombre, mujer o niño, tal y como puede observarse en la Figura 83.

| <Tabla de planificación de mobiliario> |                                   |            |                  |              |               |                |                 |
|--|-----------------------------------|------------|------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|
| A                                      | B                                 | C          | D                | E            | F             | G              | H               |
| Nivel                                  | Familia                           | Código SAP | Número de prenda | Ropa de niño | Ropa de mujer | Ropa de hombre | Ropa en almacén |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-10-0100 | 603              | 0            | 0             | 0              | 603             |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-10-0100 | 360              | 0            | 0             | 0              | 360             |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-10-0100 | 407              | 0            | 0             | 0              | 407             |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-10-0150 | 1578             | 0            | 0             | 0              | 1578            |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-10-0150 | 300              | 0            | 0             | 0              | 300             |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-10-0150 | 325              | 0            | 0             | 0              | 325             |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-10-0150 | 326              | 0            | 0             | 0              | 326             |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-10-0150 | 589              | 0            | 0             | 0              | 589             |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-59-0101 | 603              | 0            | 603           | 0              | 0               |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-59-0101 | 603              | 0            | 603           | 0              | 0               |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-59-0101 | 603              | 0            | 603           | 0              | 0               |
| Planta baja                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-35-0101 | 446              | 0            | 446           | 0              | 0               |
| Primer piso                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-59-0102 | 603              | 0            | 0             | 603            | 0               |
| Primer piso                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-59-0102 | 603              | 0            | 0             | 603            | 0               |
| Primer piso                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-35-0102 | 2316             | 0            | 0             | 2316           | 0               |
| Primer piso                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-35-0102 | 446              | 0            | 0             | 446            | 0               |
| Primer piso                            | Mueble expositor ropa ambos lados | 24-59-0103 | 603              | 603          | 0             | 0              | 0               |
| Primer piso                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-35-0103 | 741              | 741          | 0             | 0              | 0               |
| Primer piso                            | Mueble expositor ropa un lado     | 24-35-0103 | 502              | 502          | 0             | 0              | 0               |
| Total Prendas                          |                                   |            | 12557            | 1846         | 2255          | 3968           | 4488            |

Figura 83: Tabla de planificación de mobiliario con número de prendas

Como puede observarse, la figura nos detalla la cantidad de ropa que existe en total y en cada estantería. Este tipo de agrupación podría hacerse más detallada, distinguiendo entre zonas de la tienda y estilos de ropa, aunque eso ya no es objeto de este trabajo.

No obstante, esta información sí que sirve de ejemplo para ilustrar las ventajas de tener el modelo BIM integrado, ya que el departamento de logística sólo tiene que consultar estos datos a la hora de saber cuánta ropa tiene que enviar a cada tienda para renovar la temporada.

Además, podrían haberse considerado diferentes opciones de diseño para la distribución del mobiliario de la tienda, y haber elaborado tablas similares considerando la cantidad de prendas totales en exposición para cada opción de diseño, y haber escogido la más conveniente según los criterios de los diferentes departamentos.

Otro paso en favor de la integración viene en las instalaciones. Tal y como se ha detallado en el apartado 4.5.1.3.2, la tienda dispone de pantallas de televisión para exponer la publicidad de la franquicia. Estas pantallas están conectadas en red y reciben los datos a través de un servidor de Red.

A la hora de elaborar los planos eléctricos, uno de los entregables es la elaboración del sistema de red. Así pues, puede extraerse la información sobre las IPs que se hayan asignado a los diferentes elementos en el modelo y aportárselas al equipo de marketing, de tal manera que puedan identificar fácilmente sobre el modelo qué pantalla corresponde a qué dirección IP, y poder colocar los videos publicitarios que correspondan (Figura 84).

| <b>Panel de ... Armario RACK</b>       |  |
|--|--|
| Ubicación: Cuarto de in...             |  |
| CKT                                    | Descripción de circuito                    |
| 1                                      | TV 1 - IP: 192.168.1.2                     |
| 2                                      | TV 2 - IP: 192.168.1.3                     |
| 3                                      | TV 3 - IP: 192.168.1.4                     |
| 4                                      | TV 4 - IP: 192.168.1.5                     |
| 5                                      | TV 5 - IP: 192.168.1.6                     |
| 6                                      | TV 6 - IP: 192.168.1.7                     |
| 7                                      | Ordenador Caja 1 - IP: 192.168.1.8         |
| 8                                      | Ordenador Caja 2 - IP: 192.168.1.9         |
| 9                                      | Ordenador Administración - IP:192.168.1.10 |
| 10                                     |  |
| 11                                     |  |
| 12                                     |  |
| 13                                     |  |
| 14                                     |  |
| 15                                     |  |
| 16                                     |  |
| 17                                     |  |
| 18                                     |  |
| 19                                     |  |
| 20                                     |  |
| <b>Notas:</b><br>IP Router 192.168.1.1 |  |

Figura 84: Tabla de direcciones IPs asignadas a elementos de datos del modelo

Finalmente, en cuanto a integración, hay que señalar que en el alcance se ha definido cuál es el camino a seguir para elaborar los entregables, y se ha especificado que, en última instancia, siempre es tarea del ingeniero responsable la elaboración de la memoria, aportando los datos de cálculo obtenidos del programa.

Esto puede resultar un poco contradictorio, ya que se ha incorporado el software de CYPE ya en el flujo de trabajo, y este es capaz de elaborar de forma “automática” la justificación del CTE.

El motivo por el que no se ha optado por seguir este flujo de trabajo “automatizado” es porque al exportar los datos a CYPE, hay que hacerlo a través de un fichero IFC, y este, en su versión IFC 3.2, aún no soporta los valores de cálculo, tanto estructural, como mecánico, por lo que se pierde ya gran parte de la información que se está generando, tales como la carga eléctrica, etc.

Además, aunque en el programa CYPE se puedan diseñar de forma rápida las instalaciones, es extremadamente difícil el poder editar los recorridos, o el añadir nuevas soluciones de diseño que no estén añadidas ya en la biblioteca de CYPECAD MEP, por lo que se opta por utilizar a CYPE únicamente para la elaboración de presupuestos.

### 2.5.3. CALIDAD

A partir del comienzo de la fase LOD 300 deberán establecerse reuniones semanales entre los responsables de las diferentes disciplinas y el BIM Manager para asegurar la calidad del modelo y del proyecto. Al cabo de estas reuniones, los responsables de cada disciplina deberán disponer su modelo para la comprobación rutinaria por parte del BIM Manager.

En este punto es importante diferenciar 2 tipos de posibles errores, unos serán los que pertenezcan al proyecto, tales como errores de diseño, y otros serán los que pertenezcan al mal uso del BIM, tales como poner un elemento dentro de un subproyecto incorrecto.

En las reuniones que se establezcan se hablará sobre el progreso del proyecto y las necesidades de coordinación que haya (aunque sin llegar al nivel de coordinación necesario para el LOD 400) para el buen progreso del proyecto. Los responsables de las disciplinas comunicarán al resto los problemas encontrados, y el BIM Manager por su parte corregirá los pequeños errores que vayan surgiendo por el mal uso del software BIM (o despistes), y comunicará a los responsables de las diferentes disciplinas, aquellos fallos en el uso que pueden haber tenido consecuencias directas sobre su trabajo. Un ejemplo de esto sería el no haber tenido en cuenta para las cargas eléctricas un conjunto de elementos, al no verlos, porque estaban colocados en un subproyecto diferente al de electricidad.

En este sentido, para evitar este tipo de errores en el uso del BIM, se establecerá un control rápido cada dos días por parte del propio diseñador de que los elementos que ha creado tienen los parámetros apropiados. El BIM Manager realizará, pues, un control doble, utilizando para ello los medios que considere oportunos.

Por otro lado, el inventario de objetos BIM deberá ser comprobado por el BIM Manager, para determinar los parámetros usados por las “familias” que se inserten en el modelo. Esto será necesario cuando vayan a utilizarse en el modelo elementos que no se hayan utilizado en proyectos anteriores y por tanto hayan sido ya incorporados en el repositorio de “familias” de la BMO.

Aparte del control de calidad a través de la inspección “visual” de estos elementos, hay que añadir aquí la posibilidad de realizar controles de calidad “informatizados” a través del propio software.

Esto consiste en crear reglas de comprobación del modelo tales como “comprobar que la anchura de cualquier habitación sea mayor a un valor dado” o comprobar que los “tipos utilizados en el modelo tengan un determinado código”.

Para este tipo de control de calidad, se propone el software de Solibri Model Checker.

Solibri es un software de Nemetschek para la comprobación de archivos IFC provenientes de diferentes fabricantes de software, es decir, podría comprobarse en el a la vez un modelo proveniente de Revit y otro de ArchiCAD, por ejemplo.

Este software dispone ya de una serie de reglas predefinidas para la comprobación tanto de intersecciones entre modelos (que se realizará en el LOD 400) como de los propios modelos, tales como accesibilidad de escaleras, etc. (Figura 85)

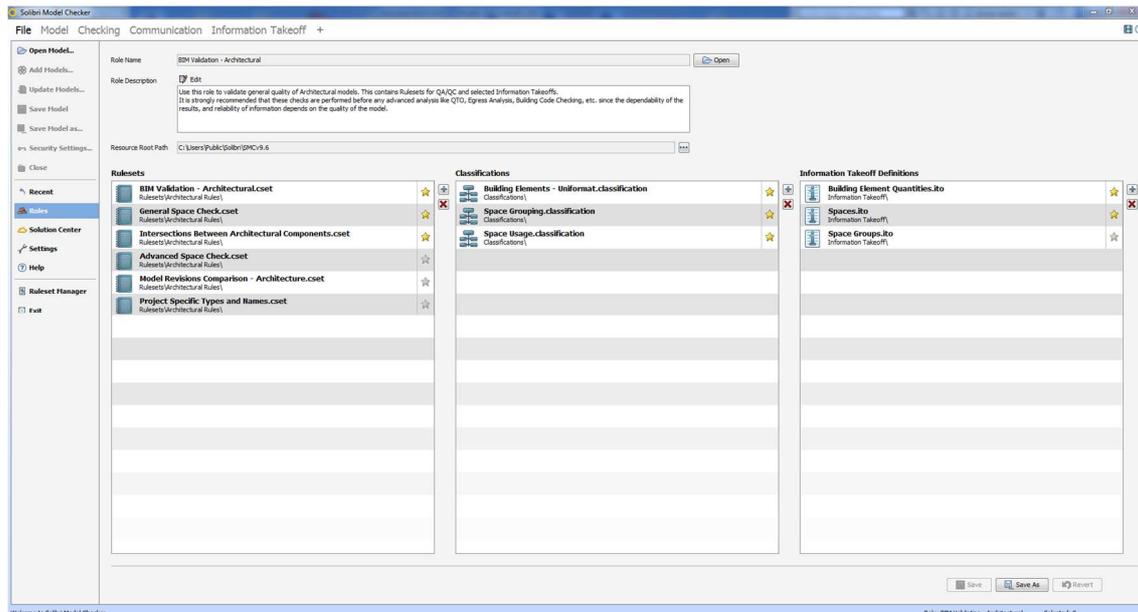


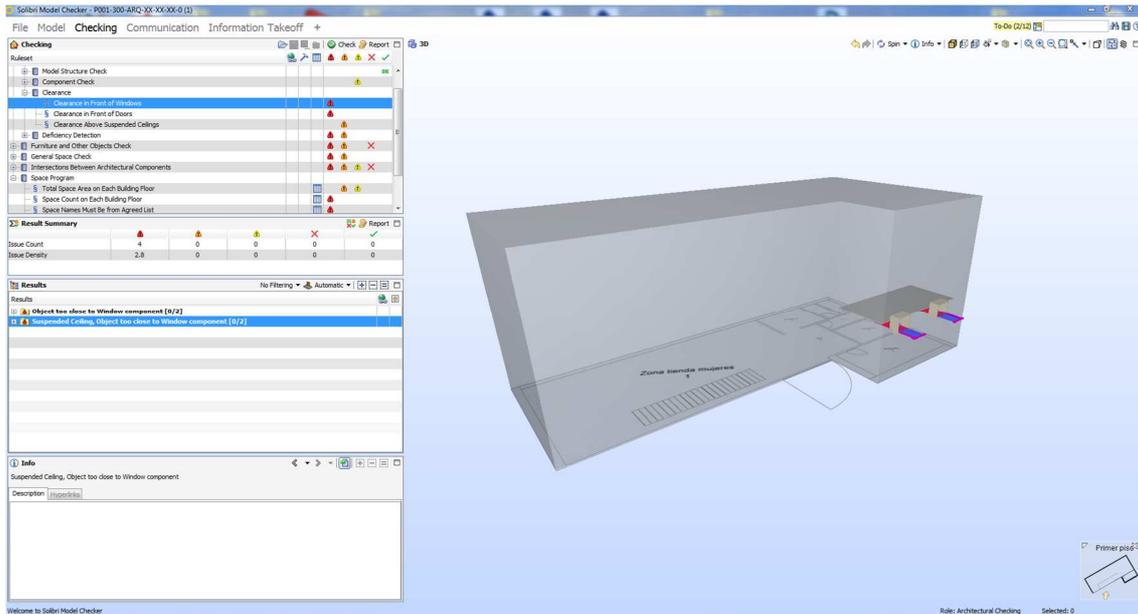
Figura 85: Conjunto de reglas de comprobación del modelo de arquitectura en Solibri

El BIM Manager personalizará estas reglas de comprobación para adaptarlas a las necesidades del modelo, y realizará controles de calidad sobre los modelos IFC que exporte de los modelos entregados en las reuniones semanales.

El BIM Manager realizará la comprobación de estas reglas y creará una lista con los elementos que no estén acordes, y la enviará a sus respectivos responsables para su solución.

Muchos de los errores que se detectarán en el programa pueden ser ignorados debido a la exactitud del programa, por ejemplo una intersección de 1 mm de un mueble con otro, porque el diseñador no los ha ajustado correctamente. El programa clasifica los errores en 3 niveles automáticamente, y pueden configurarse estas reglas de catalogación de la “severidad” para poder identificar las fuentes de riesgo de manera más rápida y eficiente.

La Figura 86 muestra un ejemplo de la comprobación de calidad del modelo con Solibri. Tal y como puede verse, el falso techo queda a mitad de la altura de las ventanas en el almacén, que han sido colocadas más altas de lo normal para poder colocar estanterías elevadas en su interior.



*Figura 86: Comprobación de calidad del modelo de arquitectura en Solibri*

En este caso, el BIM Manager generaría un reporte en formato BCF (que se explica en la siguiente sección “4.5.4. Comunicación”) y se lo enviaría al responsable de arquitectura para solucionar el problema.

Además de este tipo de comprobaciones de calidad, hay comprobaciones que, como se ha indicado, hay que realizar de manera “visual”, por lo que se establece una lista de control que se revisará durante las reuniones semanales (Tabla 7)

| Especificación BIM  | Bueno | Deficiente | Irrelevante | Comentarios |
|---|-------|------------|-------------|-------------|
| Los elementos están en los subproyectos correspondientes                                  |       |            |             |             |
| Los elementos están en su nivel correspondiente   |       |            |             |             |
| Los elementos de arquitectura se han modelado con las “categorías” adecuadas              |       |            |             |             |
| Los elementos de estructura se han modelado con las “categorías” adecuadas                |       |            |             |             |
| Los elementos MEP se han modelado con las “categorías” adecuadas                          |       |            |             |             |
| No existen elementos duplicados en el modelo  |       |            |             |             |
| No existen recortes significativos entre componentes                                      |       |            |             |             |
| Todos los elementos poseen un valor de medición   |       |            |             |             |
| Los espacios y habitaciones no se solapan   |       |            |             |             |
| Los valores de altura de habitaciones y espacios son coherentes a la geometría del modelo |       |            |             |             |



|   |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| Se han utilizado los parámetros compartidos del modo acordado   |  |  |  |  |
| Se han previsto espacios en los modelos de arquitectura y estructura para el pase de los elementos de MEP |  |  |  |  |
| Los valores de parámetros de las “familias” son correctos   |  |  |  |  |
| Los elementos del modelo se corresponden con los documentos de mediciones                                 |  |  |  |  |
| Los nombres de los sistemas MEP se corresponden con lo acordado   |  |  |  |  |
| El uso de plantillas de vista es el correcto  |  |  |  |  |
| Se han creado filtros de vista nuevos sin el conocimiento del BIM Manager                                 |  |  |  |  |
| Los nombres de las vistas y planos son los adecuados  |  |  |  |  |
|   |  |  |  |  |
| <i>Versión</i>  |  |  |  |  |
| <i>Fecha de la revisión</i>   |  |  |  |  |

Tabla 7: Lista de control semanal del modelo

#### 2.5.4. COMUNICACIÓN

Tal y como se ha especificado en el apartado anterior, el BIM Manager realizará comprobaciones del modelo y enviará informes con los elementos no conformes a los responsables.

En la práctica, pueden haber diversos elementos que no estén conformes, sobre todo en los sistemas MEP. Especificar uno a uno estos elementos de la manera tradicional resulta, a la vez, poco práctico y confuso.

Por este motivo, como se ha mencionado ya, se utilizarán archivos BCF (Bim Collaboration Format) para la comunicación de estas incidencias. Se trata de un formato de archivo XML abierto creado por Tekla y Solibri en 2010 para el intercambio de información colaborativa en el entorno BIM. La ventaja del uso de este formato es que, como ya se ha indicado, el BIM es una base de datos, por lo que se puede acceder al dato de “identidad” de un determinado elemento o grupo de elementos, y asociarle un comentario o un reporte, y la persona que lo abra en su archivo podrá ver qué es exactamente a lo que se refería la persona que lo generó (Figura 87)

Además el formato BCF permite asignar responsabilidades, de tal forma que desde un mismo archivo BCF, diferentes usuarios pueden filtrar por los conflictos que son de su incumbencia y los que no. También es posible asignar prioridades y estados de resolución a estas incidencias.

El responsable de realizar la modificación por su parte, podrá abrir desde Revit el fichero BCF y ver los elementos que tienen conflictos (Figura 88), así como cambiar el estado de la incidencia a “resuelto” o “en proceso”, o asignar la

responsabilidad a otra parte involucrada del proyecto, o asignarla como co-responsable para ser consultado.

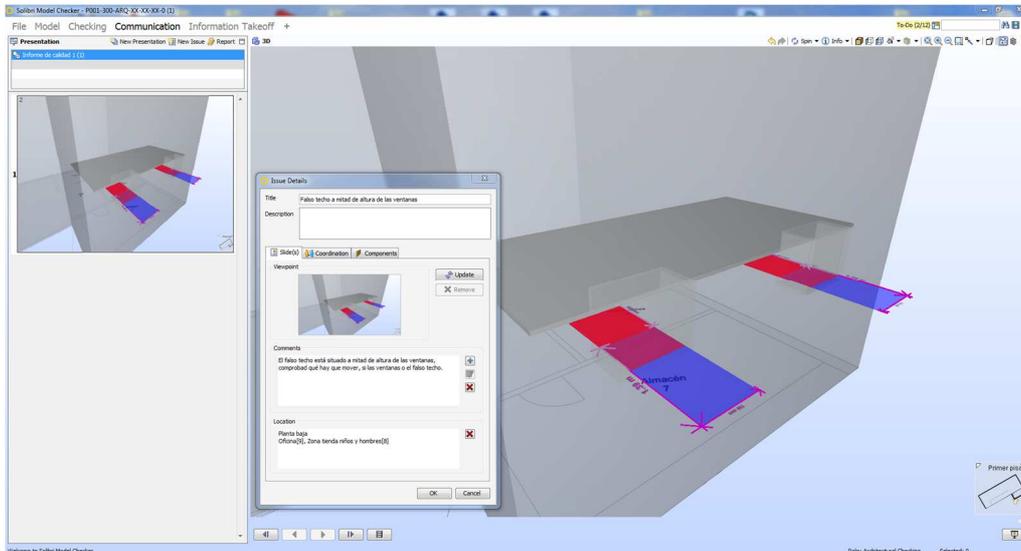


Figura 877: Generación de reporte de incidencias en archivo BCF desde Solibri

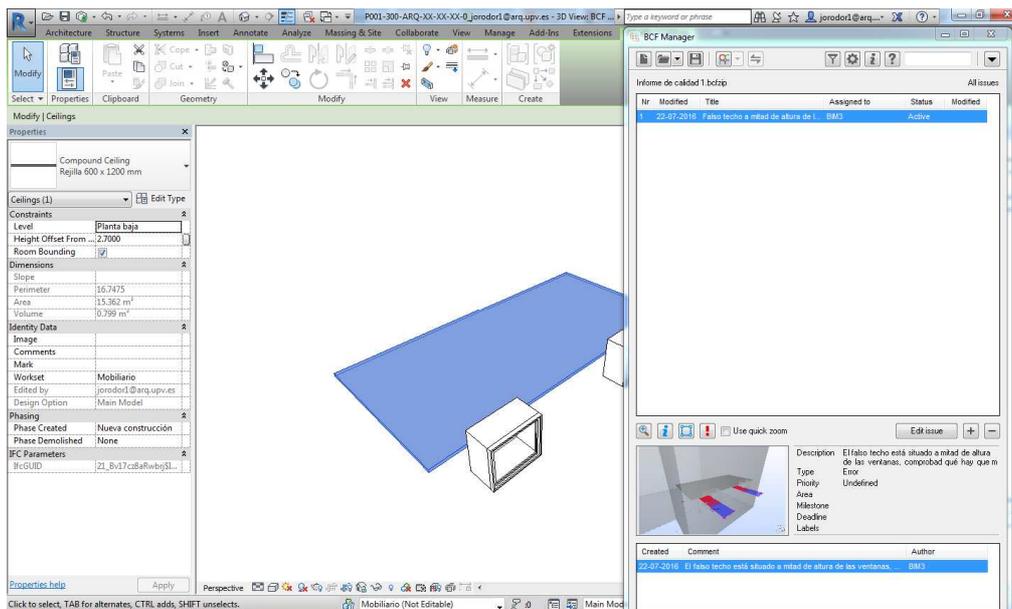


Figura 888: Vista del reporte de incidencias por parte de los diseñadores en Revit

Es importante señalar que, aunque se esté utilizando para la gestión de los archivos del proyecto Autodesk 360 (A360), y este software permita realizar anotaciones parecidas a las mostradas anteriormente, se ha optado por el uso de Solibri, ya que A360 no incorpora las reglas de comprobación que se han descrito anteriormente, sino que sólo permite comprobar interferencias entre modelos y realizar anotaciones.

Además de la comunicación interna del equipo, hay que señalar en este apartado las posibilidades de comunicación que ofrece el BIM de cara a los clientes.

En la mayoría de proyectos de arquitectura se generan infografías para transmitir al cliente la idea del proyecto, y que este pueda percibir una idea sobre cuál va a ser el espacio, los acabados y los materiales una vez el proyecto esté terminado.

En el presente BEP, se ha incorporado en el flujo de trabajo BIM el uso del programa Lumion para realizar las infografías, tal y como se ha especificado en el apartado “4.5.1.1. Arquitectura”, no obstante, no se han llegado a explotar en ese apartado todas las capacidades que este software ofrece de cara a la relación con el cliente.

El programa Lumion incorpora un motor de renderizado de imágenes de 360º, lo que le permite generar panoramas para crear experiencias de realidad virtual (Figura 89).

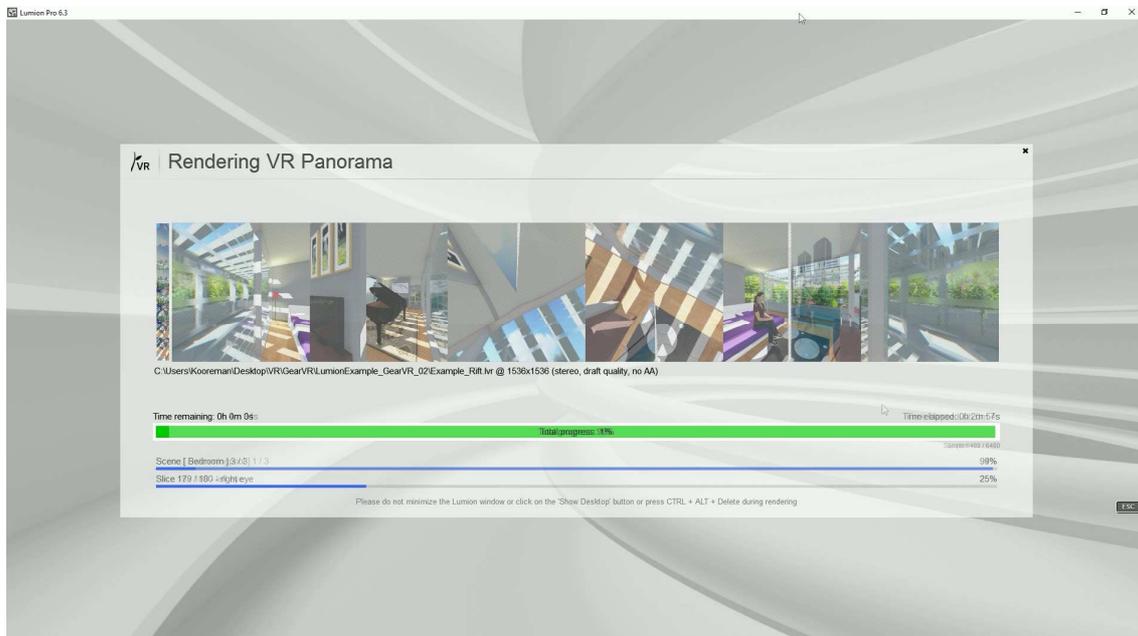


Figura 89: Generación de panorama para realidad virtual. [www.lumion.es](http://www.lumion.es)

Estas imágenes panorámicas pueden ser enviadas a cualquier parte involucrada, quien, mediante la descarga de un software gratuito, puede abrir esta imagen en su Smartphone o tableta y ver el proyecto como si estuviese dentro de él.

Los acelerómetros de estos dispositivos móviles recogen los datos de inclinación y de movimiento del terminal, determinando la posición relativa del teléfono respecto del usuario, y la transmiten al software para que muestre la imagen en consonancia. Lo que se crea es una especie de “ventana virtual” a través de la cual el usuario, moviendo su terminal, puede ver a través de él cómo va a ser el espacio del proyecto.

Utilizando este mismo archivo puede generarse una experiencia aún más inmersiva mediante el uso de gafas de realidad aumentada, como las “Samsung Gear VR” o las “Oculus Rift” (Figura 90).

Mediante el uso de estas gafas, pueden generarse reuniones con las principales partes involucradas, como los responsables de departamentos de marketing y de experiencia retail, e introducirlos en diseño del proyecto de una forma completa.

Mediante este sistema podrán percibir perfectamente cuál va a ser el aspecto de la tienda. No es relevante su capacidad para imaginar espacios a partir de planos dibujados, ya que están viendo con sus propios ojos el espacio, de una manera envolvente, y si giran la cabeza, verán lo que verían si lo hiciesen si estuviesen dentro del edificio.



*Figura 900: Visualización del proyecto en realidad virtual con Samsung Gear VR. [www.lumion.es](http://www.lumion.es)*

Este tipo de imágenes además son relativamente rápidas de generar, dependiendo de la complejidad del modelo, suelen llevar unos 5 minutos aproximadamente, ya que se el renderizado se realiza en la nube. Por este motivo es por el que pueden organizarse reuniones y tomar decisiones críticas de diseño con las partes involucradas, ya que pueden ver en el momento cómo será el espacio si se cambia un material u otro o si se desplazan determinados elementos.

### 2.5.5. ADQUISICIONES

Para el desarrollo del proyecto se intentará utilizar en la medida que sea posible elementos que ya hayan sido utilizados en proyectos anteriores de los que se tenga una buena experiencia en cuanto a su uso y durabilidad.

Estos elementos habrán sido recopilados por la BMO y añadidos al repositorio de “familias” y por tanto, estarán a disposición del equipo de diseño al comienzo del proyecto.

No obstante, es posible que, debido a las particularidades del proyecto, deban utilizarse elementos nuevos de los que no se tenga documentación aún. Esto puede deberse, por ejemplo, a que aunque existiesen elementos similares en proyectos anteriores, estos no pueden llegar a satisfacer las necesidades del proyecto actual, o por el contrario, están sobredimensionados para este proyecto, como puede ocurrir con los elementos mecánicos, que puede no existir en el repositorio uno con una determinada potencia o función.

En tal caso, el ingeniero deberá especificar claramente cuáles son las especificaciones que necesita tener dicho elemento, y seleccionará de entre los catálogos de fabricantes el que a su juicio mejor encaje con el proyecto.

Ya que se está trabajando en un flujo BIM, en caso de un empate técnico entre dos productos de diferentes fabricantes que ofrezcan las mismas prestaciones, el ingeniero dará prioridad a aquel fabricante que ofrezca la documentación de sus productos en BIM, siendo más valorable aún si la ofrece en formato RFA (“Familia” de Revit).

En la actualidad existen multitud de portales donde buscar fabricantes que aporten su documentación en BIM, siendo dos de los más relevantes los siguientes:

- [www.nationalbimlibrary.com](http://www.nationalbimlibrary.com) (objetos BIM adaptados a la norma NBS británica)
- [www.bimobject.com](http://www.bimobject.com) (la más extendida y con mayor catálogo de fabricantes reales. Figura 91)

Si por el contrario, existiesen dos alternativas por el mismo precio, una de ellas con mejores prestaciones pero sin documentación BIM, y la otra con peores prestaciones pero ofreciendo formato RFA, el ingeniero dará prioridad a la que ofrece mejores prestaciones, y recopilará la documentación técnica para enviarla a la BMO, donde el “Family Manager” se encargará de elaborar de forma interna la “familia” solicitada por el ingeniero con la documentación del catálogo.

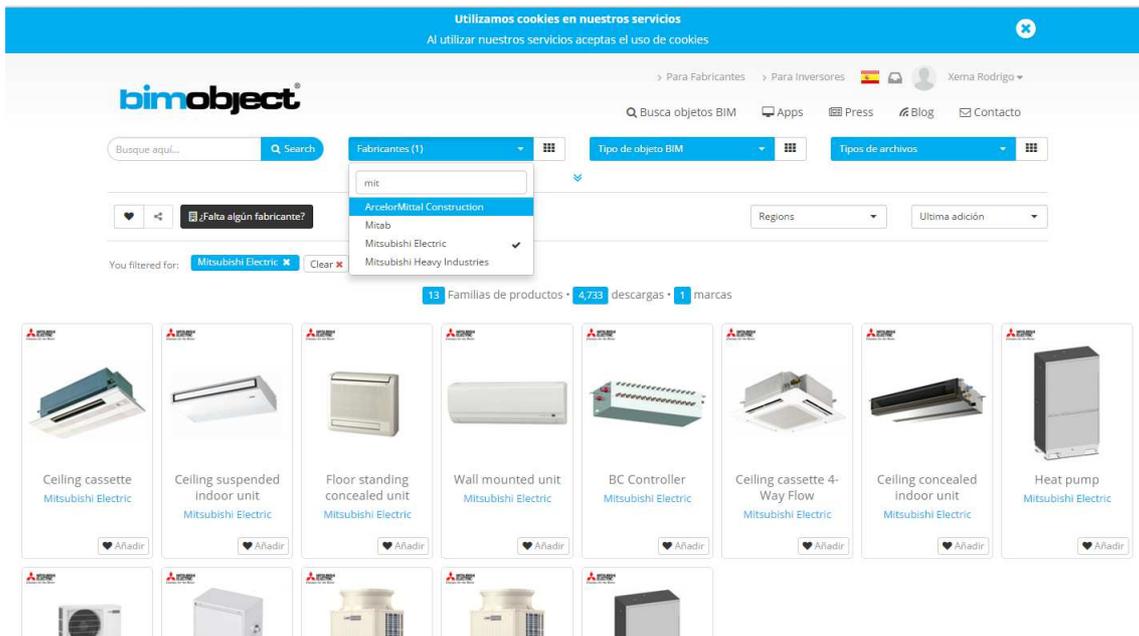


Figura 911: Búsqueda de objetos de un fabricante en [www.bimobject.com](http://www.bimobject.com)

Una vez recibe esta solicitud de creación de una nueva familia, antes de empezar con el diseño, el “Family Manager” aportará al ingeniero una “familia provisional” consistente en un volumen con las dimensiones exteriores del elemento, y las conexiones básicas con los parámetros específicos que el ingeniero requiera en ese momento para seguir trabajando.

Dicha familia provisional tendrá un nivel de definición “G1” y los únicos valores relevantes serán la dimensión de las conexiones, la posición de estas (incluyendo altura de la conexión), y los valores de parámetros que el ingeniero requiera en ese momento (flujo, pérdida de carga, etc.)

El “Family Manager” continuará con la definición de esta familia a partir de la “familia provisional”, a no ser que reciba otra solicitud de creación de una nueva familia por parte del equipo de diseño, siendo prioritaria la creación de “familias provisionales” con nivel de definición “G1” frente a la creación detallada de nuevas familias con mayor nivel de definición, para no retrasar el flujo de trabajo.

Los datos que debe contener y cumplir una familia para considerarla como definitiva y aportarla al repositorio de la BMO son los siguientes:

- Uso de plantilla de familia adecuada para su colocación (hospedada en muro, en suelo, etc.)
- Código de familia (interno de la empresa)
- Código de tipos (interno de la empresa)
- Nivel de definición geométrico mínimo G2
- Conexiones detalladas con los parámetros adecuados
- Especificaciones técnicas
- Código de montaje
- Nombre del fabricante y URL

- Nombre del proveedor y URL
- Enlace a PDFs y archivos de documentación técnica
- Enlace a PDFs y archivos con instrucciones de montaje
- Archivos adicionales necesarios (si procede. Por ejemplo, archivos .ies en familias de luminarias)
- “Tablas de consulta” (si procede) y adecuada vinculación de parámetros con esta.
- Catálogo de “tipos” (si procede)
- Precio
- Fecha de adquisición
- Uso adecuado de los “parámetros compartidos” de la empresa
- Definición adecuada del tipo de categoría y propiedades.
- Valores de parámetros IFC y COBIE
- Valores de código OmniClass
- Notas clave para presupuesto
- Marca de tipo

Con estos requerimientos, se considera que la familia es definitiva, y por lo tanto se la puede usar para referenciarla en el presupuesto, y poder usar su documentación técnica y aportarla más tarde en el “Facility Management”.

#### 2.5.6. RIESGOS

Los principales riesgos que presenta la fase de diseño detallado pueden venir por tres vías:

- Por fallos de hardware
- Por fallos del diseño del proyecto
- Por fallos en el uso del BIM

La posibilidad de fallos de hardware y la consiguiente pérdida de información es un fallo que ya ha estado presente a lo largo de todo el proyecto, y su contingencia ya ha sido señalada: El BIM Manager creará un calendario de copias de seguridad y las almacenará en formato físico, para evitar la pérdida de información en caso de fallo de la red interna o de la nube.

En cuanto a los fallos en el diseño del proyecto, en el apartado de calidad se han establecido los criterios para controlar la calidad en el diseño mediante el uso de Solibri, no obstante hay fallos en el diseño que no pueden ser controlados mediante el uso de este software, por lo que la única medida que puede tomarse para reducir la probabilidad de que se den fallos en el diseño es la de establecer un último control de calidad por parte de los responsables de cada disciplina antes de entregar definitivamente el proyecto para el LOD 400.

Finalmente, en cuanto al uso del BIM, varios de los riesgos que existen ya se han tratado, tales como la existencia de elementos en subproyectos diferentes a los que deben estar, elementos de MEP pertenecientes a otros sistemas, elementos que no están colocados en sus niveles correspondientes, etc.

La probabilidad de que estos sucesos ocurran es media, y su impacto es muy variable, dependiendo del elemento en cuestión puede ser insignificante, o bien suponer que hay que repetir algún cálculo, o realizar alguna revisión de un entregable.

Para evitar el riesgo de incidencia se establece que los diseñadores deben estar trabajando con las plantillas de vista adecuadas para cada plano, y con el subproyecto activo que corresponda. Se establece asimismo que el BIM Manager velará por el cumplimiento de esta medida.

La medida de contingencia que se toma es la que se ha detallado en el apartado de calidad, y consiste en realizar las pertinentes revisiones con reglas lógicas en Solibri, además de otros medios que el BIM Manager considere apropiados.

Otro riesgo que aparece en este nivel de desarrollo es el debido a una mala configuración de los parámetros de elementos tales como tuberías, cables o conductos en cuanto a valores de rozamiento, materiales o aislamientos. Para prevenir este riesgo se establece que se utilicen las plantillas de proyecto que aporte la BMO, que ya han sido revisadas, y, en caso de tener que añadir nuevos elementos que no existan en estas plantillas, el Ingeniero responsable, junto con el BIM Manager, serán los encargados de introducir estos nuevos elementos en el programa.

Por último hay que señalar en este apartado como un posible riesgo u oportunidad el uso de lenguajes de programación como Dyamo.

A lo largo del proceso de diseño existen numerosas ocasiones en las que hay que realizar procesos repetitivos sencillos pero que requieren de tiempo por parte de los diseñadores, por ejemplo, generar nuevas vistas y aplicar una determinada plantilla para cada una de ellas, y colocarlas luego en un plano para imprimirlas.

Este tipo de procesos pueden ser automatizados mediante el uso de Dynamo, reduciendo de esta manera las horas invertidas por los diseñadores en tareas repetitivas que, por otro lado, desgastan la moral, dejando así más tiempo a los diseñadores para las propias tareas de diseño (Figura 92).

No obstante, hay que señalar también que el uso de herramientas de programación también puede llevar ciertos riesgos, al muchas operaciones de manera automática, puede darse el caso de obtener resultados inesperados, debido a un fallo en el diseño de este proceso de automatización.

Es por esto que para utilizar estas herramientas, el BIM Manager debe de tener conocimientos de programación en Dynamo y Python avanzados, y deberá diseñar a su vez otro algoritmo que controle los resultados obtenidos con el anterior.

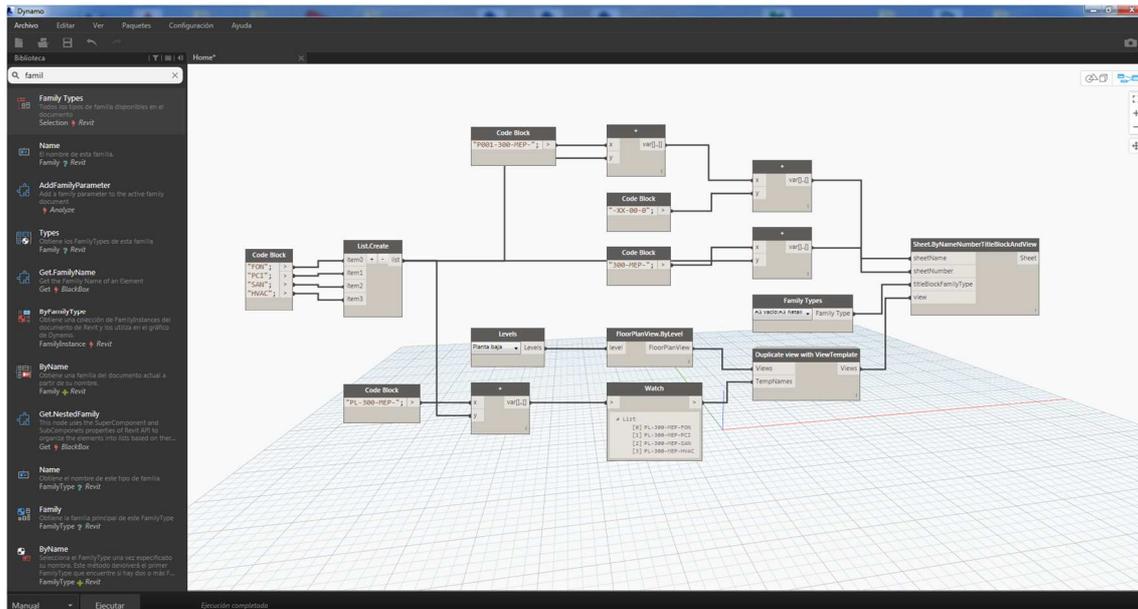


Figura 922: Creación de vistas y planos automatizado mediante Dynamo

## 2.5.7. COSTES

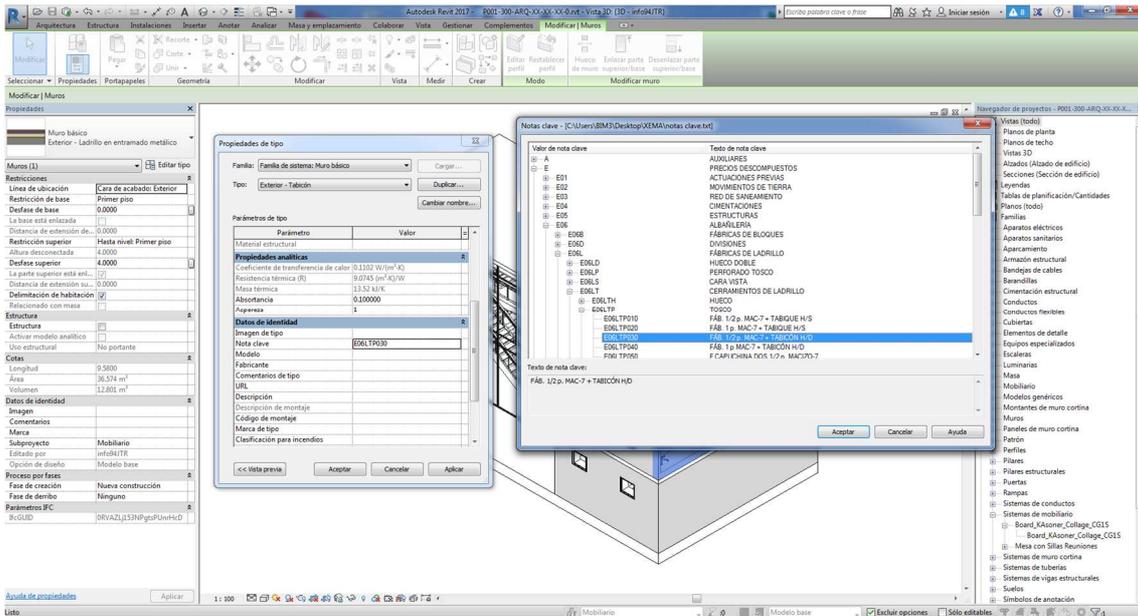
A diferencia que en el apartado “4.4.7. Costes” donde se elaboraban costes a partir de elementos determinados y de las superficies de habitaciones, en este nivel de desarrollo LOD 300, los elementos ya están definidos, y sus “tipos” son los definitivos, por lo que podremos extraer las mediciones directamente a partir de “notas clave” asignadas a estos “tipos”.

Las notas clave es un fichero .txt que contiene una clasificación de elementos constructivos por su naturaleza y tipo.

Este fichero de notas clave es posible extraerlo directamente de bases de precio que posea la empresa, o de la base de precios de Arquímedes.

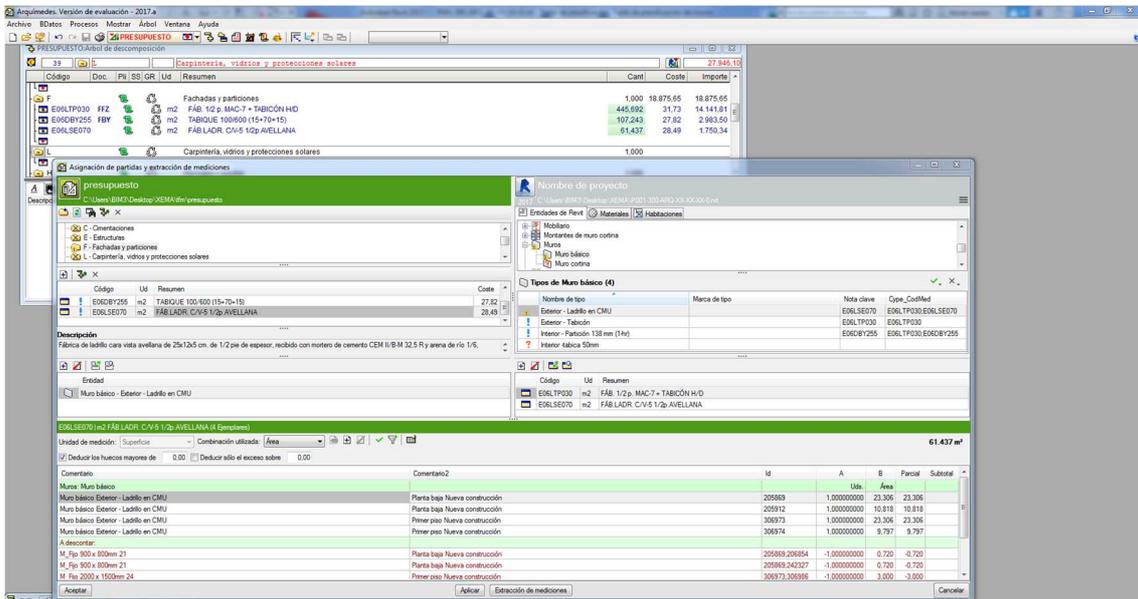
Con este fichero de notas clave, lo que se realiza es, pues, asociar cada elemento constructivo a un “código de partida” existente que esté en la base de precios, para de esta forma obtener las mediciones de una forma mucho más rápida (Figura 93).

Esta asociación entre notas clave y elementos, además, puede incorporarse dentro de las plantillas que se utilizan en la empresa, de modo que al trabajar los diseñadores con los elementos provistos por la BMO, pueden extraerse mediciones de manera casi automática.



*Figura 933: Asignación de notas clave a tipos en Revit*

Una vez hecha esta asignación, se procede a vincular el modelo de Revit con el presupuesto de Arquímedes, y se confirman las asignaciones que el programa hace de manera automática de partidas con elementos con notas clave reconocidas, y se estructura el presupuesto en los capítulos y subcapítulos que corresponda (Figura 94).



*Figura 944: Estructuración del presupuesto a partir de notas clave en Arquímedes*

### 2.5.8. RECURSOS HUMANOS

Al igual que en el LOD 200, en este último punto del LOD 300 se detallará una matriz RACI con las principales tareas (Tabla 8).

| <b>TAREA</b>  | <b>PM</b> | <b>BMO</b> | <b>BM</b> | <b>ARQ</b> | <b>EST</b> | <b>MEP</b> | <b>CON</b> |
|---|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Desarrollo modelo ARQ</i>  | A         |            | I         | R          | C          | C          | C          |
| <i>Desarrollo modelo EST</i>  | A         |            | I         | C          | R          | C          | C          |
| <i>Cálculos estructurales y desarrollo de la memoria estructural</i>    | A         |            | I         | C          | R/A        | C          | C          |
| <i>Desarrollo modelo MEP</i>  | A         |            | I         | C          | C          | R          | C          |
| <i>Cálculos MEP y desarrollo de la memoria justificativa</i>            | A         |            | I         | C          | C          | R/A        | C          |
| <i>Coordinación entre modelos</i>                                       | A         |            | R         | C          | C          | C          | C          |
| <i>Emplazamiento de elementos de MEP que vayan a afectar al diseño.</i> | A         |            | I         | R/A        | C          | R          | C          |
| <i>Cálculo de costes</i>  | A         |            | C         | C          | C          | C          | R          |
| <i>Aporte de familias a utilizar desde el repositorio de familias</i>   | I         | R          | A         | A          | A          | A          | C          |
| <i>Generación de nuevas familias</i>                                    |           | R          | A         | C          | C          | C          | C          |
|   |           |            |           |            |            |            |            |
| <i>Integración de Stakeholders</i>                                      | R         |            | I         | I          | I          | I          | I          |
| <i>Obtención de permisos para la construcción</i>                       | R         |            |           | C          | I          | I          | C          |
| <i>Gestión de la información</i>  | A         |            | R         | I          | I          | I          | I          |

Tabla 8: Matriz de responsabilidades en LOD 300

Finalmente sólo queda señalar en este punto, que tal y como se ha mencionado en el capítulo “3.4. Estado actual de la implementación BIM en empresas”, es muy posible que al tratarse de la fase de diseño detallado, puedan surgir ocasiones en las que el equipo de diseño no sepa cómo realizar bien determinada acción, o esta le resulte muy lenta y pesada de hacer, generando frustración en el equipo.

Para evitar este tipo de situaciones, el BIM Manager deberá mantener una comunicación fluida con el equipo de trabajo y organizar sesiones de formación específicas si surgiesen problemas de este tipo, en pos de una mejora continua.

## 2.6. LOD 400

### 2.6.1. ALCANCE

Como se ha descrito anteriormente, en el punto “3.2.4. LOD 400”, este apartado podría dividirse en dos, ya que si bien el objetivo final de este LOD es llevar a cabo la construcción del edificio a través de las ventajas añadidas del BIM, a partir de los modelos recibidos en la fase anterior, estos aún no están 100% preparados para llevar a la obra, ya que falta coordinarlos entre sí, para evitar que hayan interferencias. A este paso intermedio se le conoce comúnmente como “LOD 350”.

### 2.6.2. INTEGRACIÓN

Así pues, lo primero que hay que realizar es este LOD 350, para ello se utilizará el programa Solibri para realizar la coordinación intrínseca de cada modelo y la coordinación con el resto de modelos.

En primer lugar, el BIM Manager exportará modelos IFC de cada una de las disciplinas y las introducirá en el programa Solibri (Figura 95)

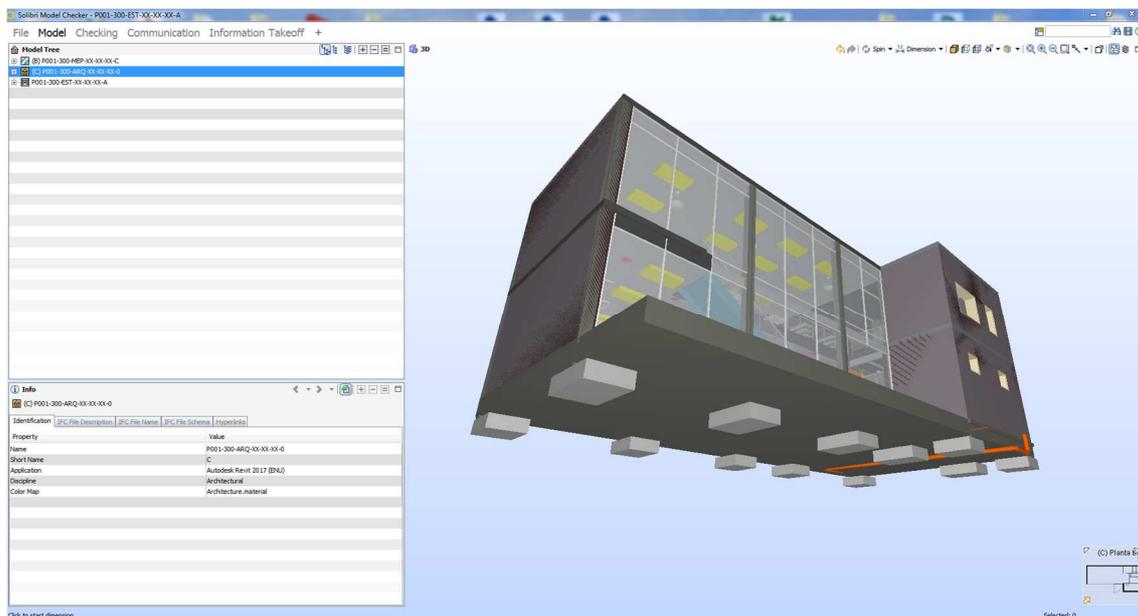


Figura 955: Unión de archivos IFC de diferentes disciplinas en Solibri

A continuación, seleccionará las reglas de comprobación que correspondan para comprobar la integridad del modelo y las intersecciones que pueda haber en este.

Estas reglas deberán de ser comprobadas por el BIM Manager, y ajustadas a las necesidades del proyecto. Tras esta selección de reglas, se efectuará la comprobación de estas, obteniendo todos problemas encontrados (Figura 94).

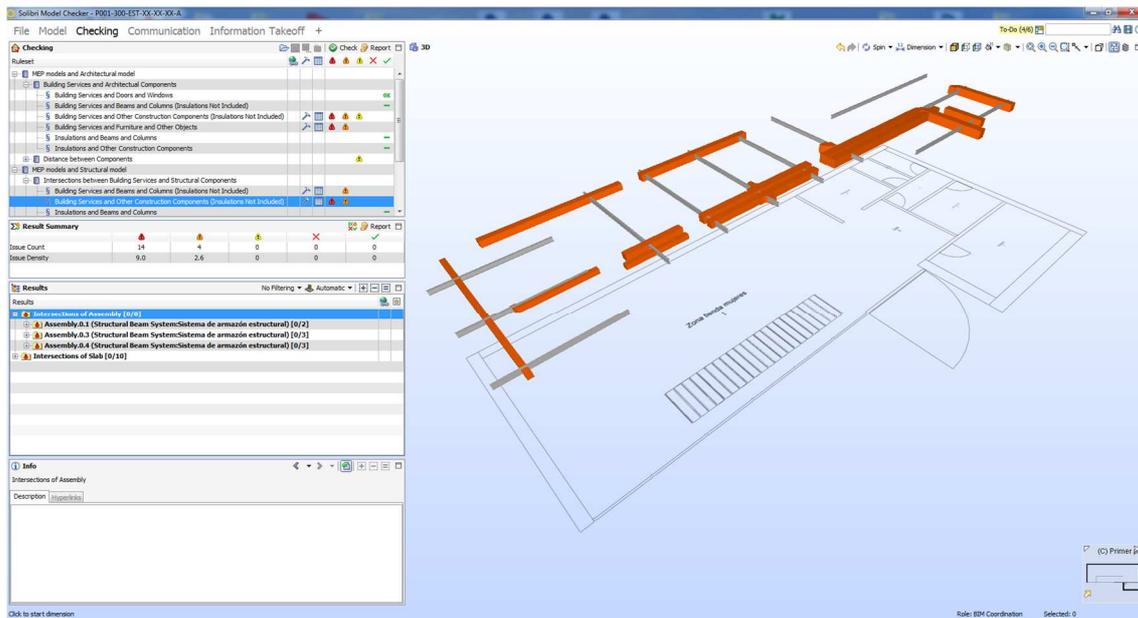


Figura 966: Comprobación de intersecciones entre modelos en Solibri

Tal y como se puede apreciar en la Figura 96, existe una intersección entre las viguetas que sostienen el forjado de chapa colaborante en el modelo de estructura, y los conductos de climatización y ventilación en el modelo de MEP.

En este caso, el BIM Manager crearía un reporte que adjuntaría en un archivo BCF, tal y como se ha explicado en el apartado “4.5.4. Comunicación”, señalando como partes implicadas a los responsables de las 3 disciplinas, ya que aunque es una intersección entre estructura y MEP, la estructura no se va a poder mover, y los conductos de ventilación tendrán que o bien cambiar su sección por una más aplanada, lo que incurriría en una mayor pérdida de carga, o bien conservar su sección y descender de posición, lo que implicaría aumentar el tamaño de falso techo, y por consiguiente disminuir el espacio de la tienda.

Este tipo de comprobaciones se realizarán para todas las intersecciones, hasta que se considere por parte de todos los responsables, incluyendo al BIM Manager que el modelo está listo para enviar a la obra y empezar su construcción.

### 2.6.3. TIEMPO

Una vez se haya alcanzado este “LOD 350”, el modelo está listo para empezar a programar la construcción a partir de él.

El software que se utilizará para este fin es “Synchro PRO”, de Synchro software.

El motivo para la elección de este software es que, aunque en la suite de Autodesk viene incluido el software “Naviswork Manage”, a día de hoy este programa está muy limitado en sus funciones, ya que si bien puede programar tareas en un diagrama de Gantt y asociarlas a elementos dentro del modelo, no es capaz de crear relaciones de precedencia entre estas tareas, lo que limita considerablemente la capacidad de utilizarlo para la programación temporal de la obra. En la práctica, Navisworks se utiliza junto con otros programas como Microsoft Project o Primavera Planner, ya que permite incorporar la descomposición de tareas que se haya creado en estos, y asociar elementos del modelo a estas.

Otro posible software que podría utilizarse para la gestión de la obra es “Vico Office”, de Trimble. La ventaja de este software es que sí permite la planificación de la obra de una manera sencilla dentro del propio programa, y además es capaz de enriquecer los diagramas de Gantt generando unos diagramas de flujo interesantes (Figura 97)

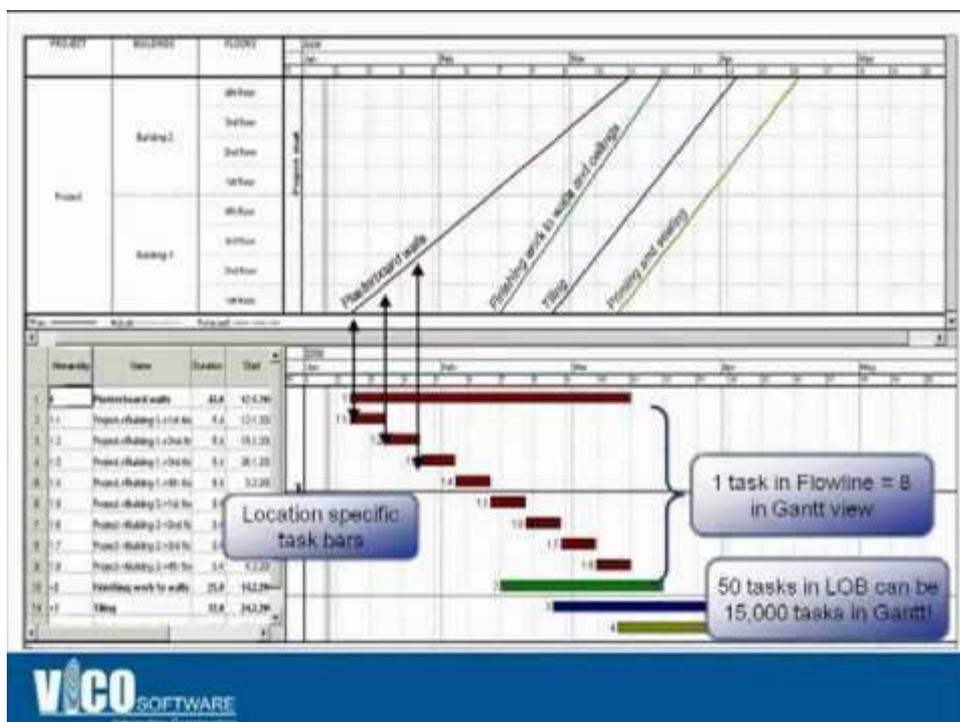


Figura 977: Diagrama de Gantt y diagrama de flujo en Vico Office

Como puede verse en la Figura 97, lo que el programa hace es dividir una tarea en un conjunto de subtareas basadas en la localización dentro del modelo donde van a tener lugar estas tareas. De este modo, tareas que en principio podría

parecer que no pueden superponerse, sí que pueden hacerlo en determinados espacios, al estar ya terminadas esta tarea en ellos.

Esta ventaja, aunque interesante, se considera que puede ser prescindible, al poder dividir el responsable de la obra las tareas manualmente, y asignarlas de forma similar a como lo realiza Vico Office.

Por tanto, se selecciona el software de Synchro PRO, porque además de cumplir con todos estos requisitos, es capaz de aportar aún más elementos, como gestionar los riesgos con el enfoque del PMBOK, entre otros. No obstante, al disponer, ya que está incluida en la suite de Autodesk, de la licencia de NavisWorks Manage, se utilizará esta para generar las comunicaciones que se realizarán a través de la nube en Autodesk 360.

Así pues, con el software ya elegido, lo primero a realizar es importar los ficheros IFC en el programa (Figura 98).

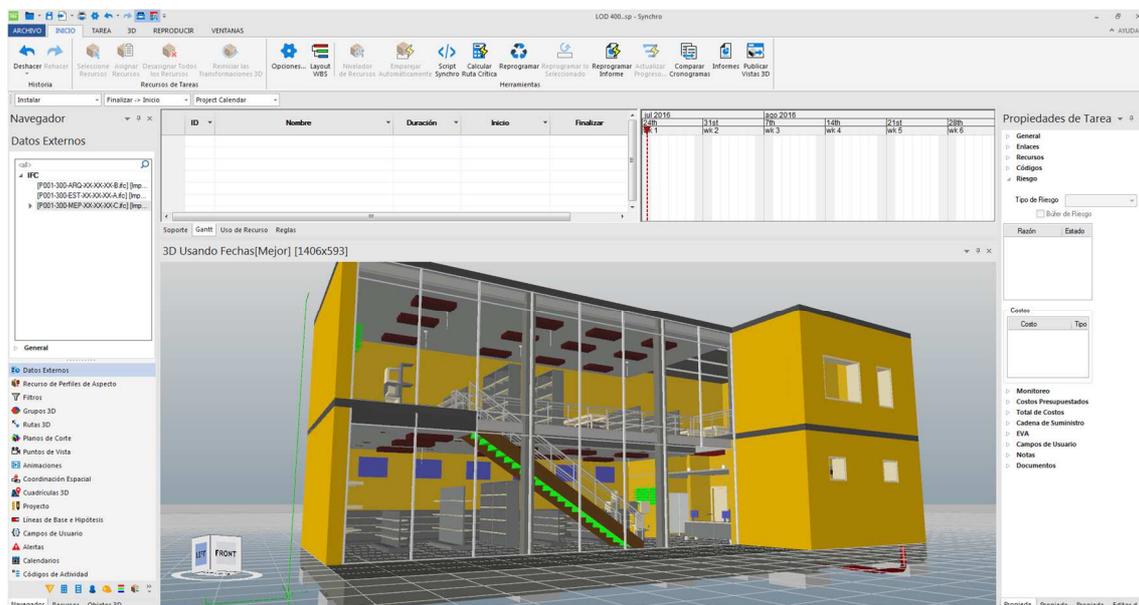


Figura 988: Importación de los modelos IFC en Synchro PRO

Una vez finalizada esta importación, se procede a crear la Estructura de Descomposición de Tareas (EDT) necesaria para la construcción del edificio. Con las tareas ya creadas, se procede a asociar los elementos constructivos a las tareas, y a continuación, se importan los precios presupuestados en Arquímedes, que están asociados a estos elementos, y el programa los asociará a la tarea que contiene estos elementos (Figura 99). Además, también es posible configurar el programa para que asocie los elementos de los precios descompuestos a los recursos de las tareas.

Puesto a que se está realizando la planificación desde el propio programa, habrá que tener en cuenta las relaciones de precedencia entre tareas, y prestar atención a si algunas tareas que se pensaba realizar más tarde en el avance de las obras, deben de realizarse antes por problemas de intersecciones 4D.

Esta detección de intersecciones en 4D es una ventaja que incorpora el programa, y consiste en poder generar una “ruta 3D de recorrido” de los elementos dentro de la obra. Hasta ahora se han realizado comprobaciones de interferencias en 3D con el modelo ya construido, pero esta comprobación en 4D añade la posibilidad de comprobar si realmente va a poder ser construido así. En el caso del presente trabajo, por ejemplo, el programa detecta que los aparatos mecánicos no pueden pasar a través de la puerta del cuarto de instalaciones, por lo que deben de ser colocados en ese lugar antes de que se ejecuten las particiones de yeso que compartimentan el espacio interior.

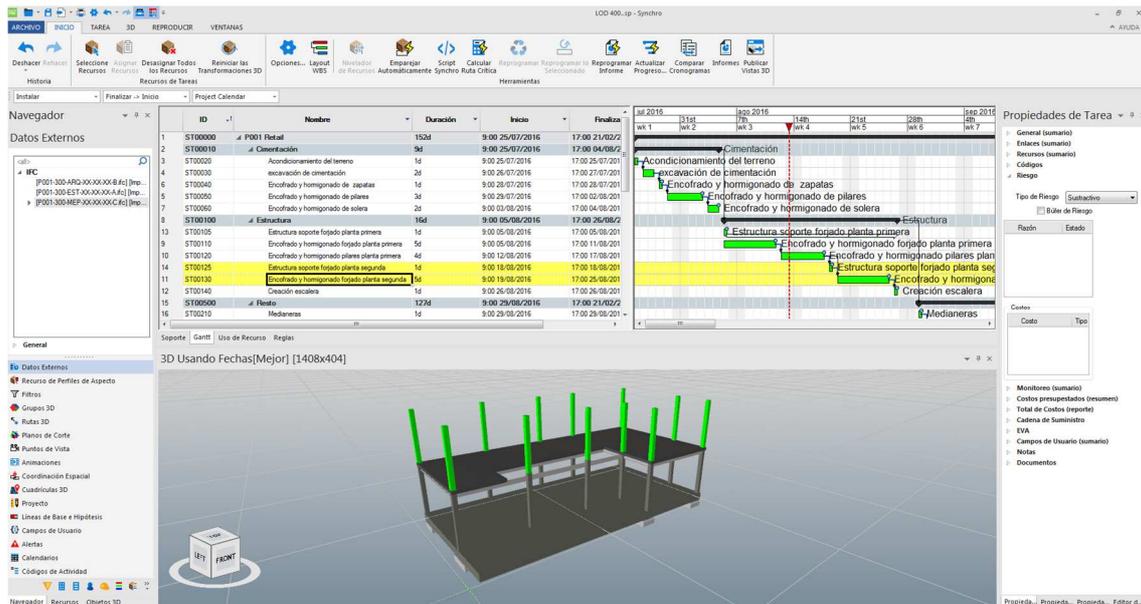
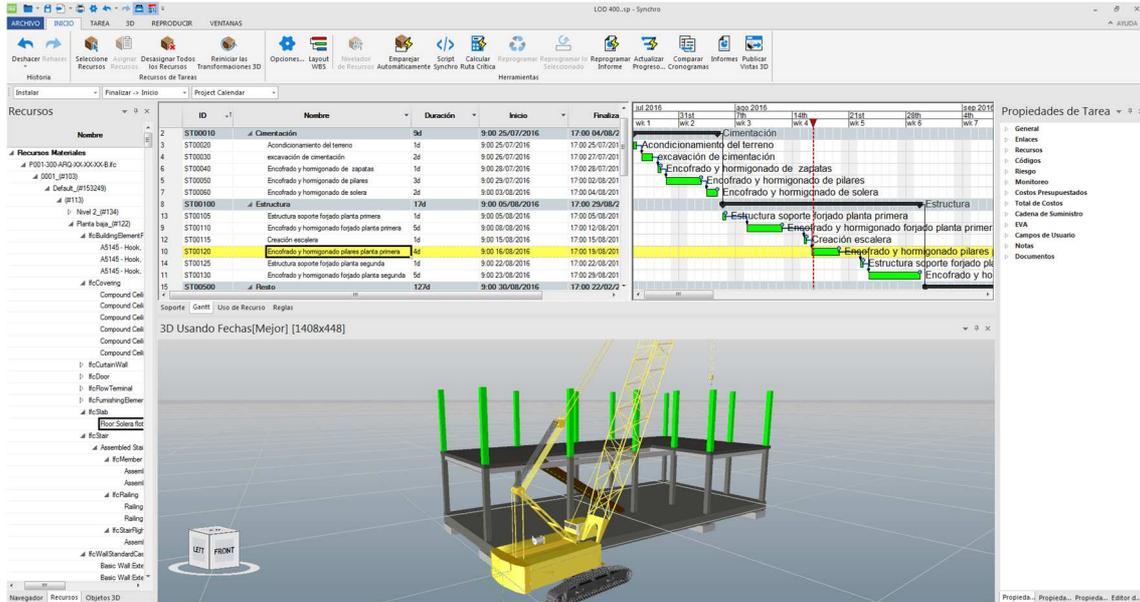


Figura 99: Vinculación de elementos del modelo con tareas en Synchro PRO

Además de los recursos añadidos desde Arquímedes, el programa permite también añadir objetos 3D de equipamiento que no suelen modelarse para poder planificar mejor el transcurso de las obras, y la colocación de los elementos pertinentes para la seguridad (Figura 100), completando así el estudio de seguridad y salud elaborado extraído desde CYPE.



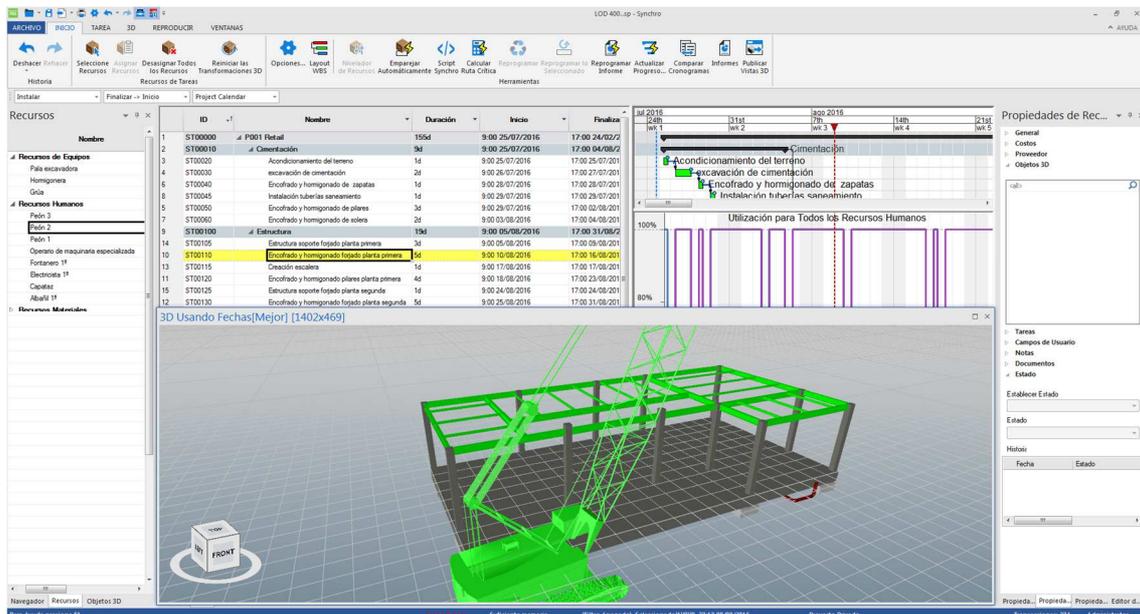
*Figura 1000: Recursos materiales del modelo y añadido de equipamiento en Synchro PRO*

Una vez esté terminada esta planificación, se guardará como línea de base para comparar con la evolución real de la construcción del proyecto.

### 2.6.4. RECURSOS HUMANOS

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, es posible añadir los recursos de personal necesario para cada una de las tareas si el precio descompuesto del presupuesto las contemplaba.

No obstante, también puede realizarse esta planificación de recursos desde el propio programa, asignándolos manualmente a tareas, y es posible efectuar de manera automática la nivelación de recursos (Figura 101)



*Figura 1011: Asignación y nivelado de recursos humanos a las tareas*

Finalmente, al igual que en apartados anteriores, se adjunta una tabla RACI con las principales responsabilidades en esta fase (Tabla 9):

| <b>TAREA</b>  | <b>PM</b> | <b>BMO</b> | <b>BM</b> | <b>ARQ</b> | <b>EST</b> | <b>MEP</b> | <b>CON</b> |
|---|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Coordinación de disciplinas</i>  | A         |            | R         | C          | C          | C          | A          |
| <i>Modificación modelo ARQ</i>  | A         |            | A         | R          | C          | C          | A          |
| <i>Modificación modelo EST</i>  | A         |            | A         | C          | R          | C          | A          |
| <i>Modificación modelo MEP</i>  | A         |            | A         | C          | C          | R          | A          |
| <i>La documentación en Arquímedes para el pliego de condiciones está bien referenciada.</i>   | A         | R          | C         | C/A        | C/A        | C/A        | R/A        |
| <i>Producción de los planos necesarios para la construcción</i>                               |           |            | R         | R/C        | R/C        | R/C        | A          |
| <i>Creación de la EDT en Synchro</i>  | A         |            | C         | C          | C          | C          | R          |
| <i>Asignación de recursos a tareas</i>  | A         |            | C         | C          | C          | C          | R          |
| <i>Producción de tablas de recepción de materiales a partir del modelo y la planificación</i> | A         |            | R         | C          | C          | C          | R          |
| <i>Cálculo de costes</i>  | A         |            | C         | C          | C          | C          | R          |
| <i>Envío de información a subcontratas</i>  | A         |            | R         | I          | I          | I          | R          |
| <i>Seguimiento con herramientas BIM de la obra y actualización de documentos</i>              | I         |            | R         | I          | I          | I          | R          |
| <i>Integración de Stakeholders</i>  | R         |            | I         | I          | I          | I          | I          |
| <i>Obtención de permisos para la construcción</i>   | R         |            |           | C          | I          | I          | C          |
| <i>Gestión de la seguridad y salud mediante herramientas BIM</i>                              | A         |            | C         | I          | I          | I          | R/A        |
| <i>Gestión de la información</i>  | A         |            | R         | I          | I          | I          | I          |

Tabla 9: Matriz de responsabilidades en LOD 400

#### 2.6.5. CALIDAD

En cuanto a Calidad, hay que diferenciar aquí entre los controles de calidad del modelo y de la obra construida.

Los controles de calidad de la obra construida serán los que establezca el responsable del departamento de construcción, según establezca la normativa y añadiendo los controles que él considere a su juicio. Además todos los elementos deberán cumplir con el “pliego de condiciones” que puede obtenerse desde Arquímedes.

Desde las herramientas BIM pueden crearse una serie de parámetros para el control de calidad en la obra, por ejemplo “fecha de hormigonado”, “resultados del control de resistencia”, etc. y es posible vincular los datos de estos elementos al modelo BIM, ya se trate de un valor en concreto como una fecha, o un documento como el resultado del control de resistencia del hormigón a 7 días.

Además de estos procesos de control de calidad del elemento construido, es necesario también establecer una serie de controles sobre el propio modelo BIM para asegurar su calidad antes de empezar la construcción (Tabla 10), el entregable que se conoce como “LOD 350”.

| Especificación BIM   | Bue. | Def. | Irr. | Comentarios |
|--|------|------|------|-------------|
| Uso de subproyectos apropiado  |      |      |      |             |
| Los elementos están en su nivel correspondiente  |      |      |      |             |
| Los elementos de arquitectura se han modelado con las “categorías” adecuadas   |      |      |      |             |
| Los elementos de estructura se han modelado con las “categorías” adecuadas   |      |      |      |             |
| Los elementos MEP se han modelado con las “categorías” adecuadas   |      |      |      |             |
| No existen elementos duplicados en el modelo   |      |      |      |             |
| No existen recortes significativos entre componentes   |      |      |      |             |
| No existen interferencias significativas entre el modelo de arquitectura y estructura  |      |      |      |             |
| No existen interferencias significativas entre el modelo de arquitectura y MEP   |      |      |      |             |
| No existen interferencias significativas entre el modelo de estructura y MEP   |      |      |      |             |
| El modelo de estructura contiene los huecos previstos para MEP   |      |      |      |             |
| Se han utilizado los parámetros compartidos del modo acordado  |      |      |      |             |
| Los archivos IFC exportados contienen la información relevante   |      |      |      |             |
| Los elementos constructivos están numerados individualmente  |      |      |      |             |
| Se han modelado los elementos construcción acordados por los requisitos  |      |      |      |             |
| Se han modelado los elementos auxiliares de construcción acordados por los requisitos  |      |      |      |             |
| Los valores de parámetros de las “familias” son correctos  |      |      |      |             |
| Los elementos del modelo se corresponden con los documentos de mediciones  |      |      |      |             |
| La documentación asociada a los elementos de medición contiene la información necesaria para elaborar el Pliego de Condiciones |      |      |      |             |
| Las tareas en Synchro se corresponden con los elementos del modelo   |      |      |      |             |
| Los recursos de las tareas corresponden a los presupuestados   |      |      |      |             |
| Todos los elementos poseen un valor de medición  |      |      |      |             |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Los costes de las tareas corresponden a los presupuestados |  |  |  |
| Los nombres de las vistas y planos son los adecuados       |  |  |  |
| <i>Versión</i>   |  |  |  |
| <i>Fecha de la revisión</i>                                |  |  |  |

Tabla 10: Lista de Control de Calidad del modelo en LOD 350

### 2.6.6. RIESGOS

Además de lo nombrado anteriormente, también es posible añadir elementos de protección en el modelo, y asignar la fecha en la que deben ser instalados, y en caso de que se desarrollen actividades en la planificación en un espacio que no esté dotado de las medidas de protección adecuadas, el programa crearía un aviso para solucionarlo, lo que es especialmente adecuado para la coordinación de Seguridad y Salud.

Pero además de los riesgos que afectan a la seguridad y salud, hay que contemplar aquellos riesgos que afectan al proyecto, tales como la climatología, el retraso en los envíos etc. El programa Synchro PRO permite hacer una gestión de estos riesgos siguiendo la directiva del PM BOK.

Como puede apreciarse en la Figura 102, pueden crearse diferentes tipos de riesgos y agruparlos según su naturaleza.

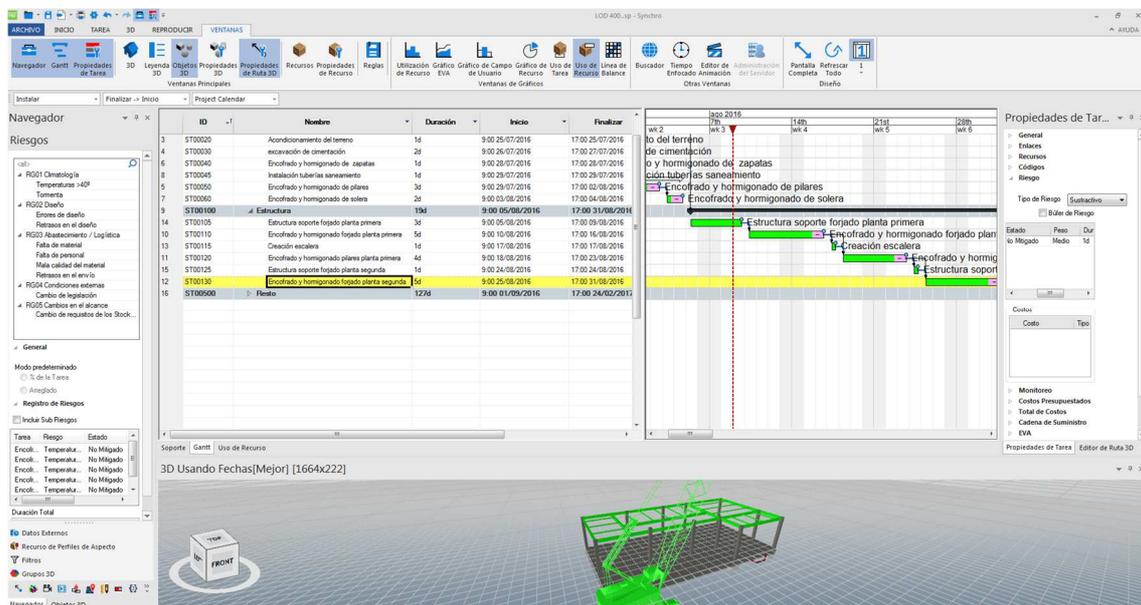


Figura 102: Gestión de riesgos desde Synchro PRO

Además, tal y como se puede ver en la Figura 102, puede asignarse la probabilidad de ocurrencia de este riesgo (aunque en la interfaz aparece el valor como “peso”), y, en caso de que ocurra, puede determinarse la forma del impacto, bien como un porcentaje sobre el tiempo o el coste de la tarea, o bien como un valor fijo.

Además es posible asignar medidas para mitigar estos riesgos, y así reducir el impacto en caso de que ocurran. En caso de que no se mitigue un determinado riesgo, el programa incluirá su impacto directamente en la planificación de tiempos y de coste.

Por otro lado, también es posible cambiar la forma en la que se muestra la incidencia del riesgo en el diagrama de Gantt, que puede mostrarse tal y como aparece en la Figura 103, en forma de una extensión de color rosa sobre la tarea, o bien agruparlos en una “tarea ficticia” para agrupar todos estos riesgos a modo de holgura, mediante la opción “Búfer de Riesgo”.

Si se escoge la primera opción el programa recalculará los tiempos en el diagrama de Gantt considerando la opción más desfavorable, que es la ocurrencia de todos los riesgos sobre los tiempos.

Finalmente añadir que existe la posibilidad, mediante el uso de plugins, de exportar la programación y los riesgos y realizar una simulación de Montecarlo, devolviendo al programa la duración del proyecto más probable, considerando la ocurrencia más probable de todos los riesgos.

### 2.6.7. COSTES

En cuanto a costes, al igual que en la mayoría de programas de planificación, es posible asignar diferentes tipos de coste a los recursos en Synchro PRO. Es posible asignar un coste por hora, costes fijos, costes iniciales, etc. Es posible además, asignar costes “imprevistos” que aparezcan durante la planificación a determinadas tareas, o como se ha visto, costes asociados a riesgos.

Una vez empiece la construcción es muy probable que parezcan este tipo de costes imprevistos, o que se produzcan retrasos en la obra, por lo que, para tener una idea sobre el estado del avance del proyecto, es conveniente tener herramientas como la del valor ganado (Figura 103).

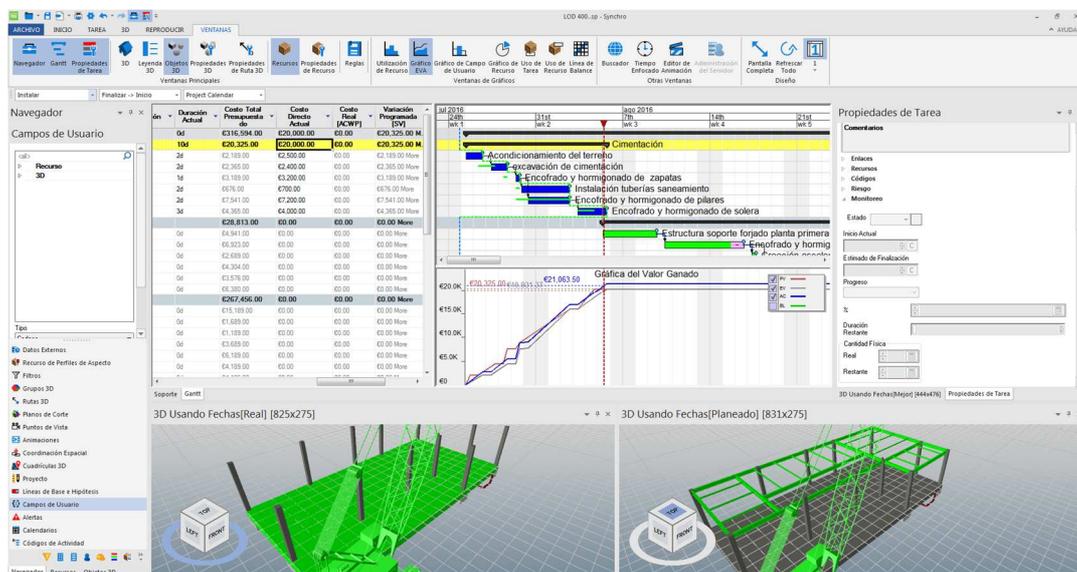


Figura 1033: Gráfica de valor ganado y comparación visual del avance de las obras

En la Figura 103 se muestra este gráfico de valor ganado, y además puede verse también una comparación visual del avance de la obra real frente al programado.

Otra de las ventajas de este software es que permite tener una trazabilidad de los costes, así pues puede adjuntarse la documentación asociada a un pago programado o inesperado, y adjuntar los motivos de este.

#### 2.6.8. ADQUISICIONES

Además de esta documentación asociada al pago, también es posible adjuntar documentación sobre los proveedores de material, y es posible extraer determinadas piezas de información para enviárselas a los proveedores, tales como extraer una medición del modelo sin adjuntar precios, para que los diferentes proveedores presenten sus propuestas económicas.

Otra de las posibilidades, al tener asociados los materiales a las tareas, es realizar una previsión de estas de cara al abastecimiento de la obra, por ejemplo es posible extraer información como la cantidad de hormigón que debe utilizarse en un día o semana en concreto.

#### 2.6.9. COMUNICACIÓN

Además de la comunicación en formato BCF que debe producirse entre los propios diseñadores para llegar al entregable LOD 350, durante la puesta en obra será posible utilizar un medio de comunicación diferente mediante Autodesk 360.

Como se ha mencionado con anterioridad, es posible importar en Autodesk Navisworks una planificación hecha con un programa diferente. En este caso se importará la planificación realizada desde Synchro PRO.

Con esta planificación ya incorporada al modelo, es posible subirlo a la nube en Autodesk 360.

Hasta el momento la versión de Autodesk 360 que se ha utilizado se conoce como "Autodesk 360 Glue", que está pensada para el proceso de diseño, en esta ocasión la versión que se utilizará será "Autodesk 360 Field" que está pensada para la puesta en obra.

Esta herramienta permite a los encargados en la obra tener la última documentación actualizada desde la nube, y realizar apuntes sobre ella en caso de que encuentren problemas. Además pueden descargar esta información en un iPad para poder verla desde el mismo sitio de trabajo, pudiendo visualizar el modelo en 3D que debe ser construido (Figura 104).



Figura 1044: Visualización del modelo en 3D desde una tablet en la obra. [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

El operario puede seleccionar cualquiera de estos elementos en 3D y consultar la información asociada, tales como planos o instrucciones de montaje. En caso de que detecte algún problema, también es posible crear un informe y subirlo directamente a la nube para que lo evalúen los técnicos correspondientes, de forma similar al formato BCF, incluso adjuntando fotos tomadas desde la propia obra (Figura 105).

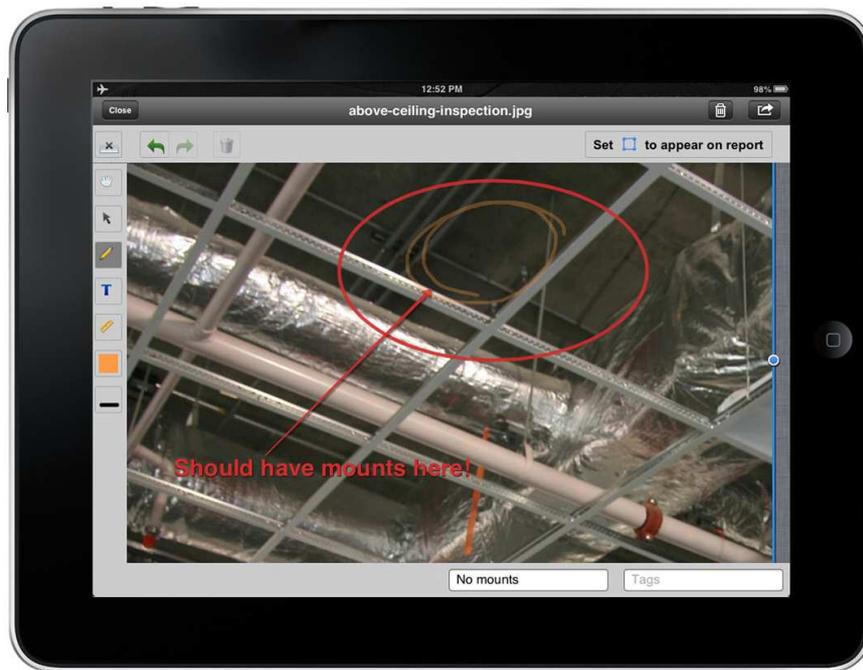


Figura 1055: Informe elaborado desde una tablet en la obra. [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

## 2.7. LOD 500

### 2.7.1. ALCANCE

Una vez se terminen los trabajos de construcción del edificio, el propósito del LOD 500 es reunir toda la información que se ha ido generando durante la construcción, incluyendo los cambios que ha habido en obra, para entregar un modelo en Revit “as built”, es decir, tal y como se ha construido.

En esta fase deberá además, extraerse la información del modelo relativa al mantenimiento en formato COBie (Construction Operations Building Information Exchange).

Este formato se trata de un archivo tipo XML, una hoja de cálculo que no recoge la geometría del modelo, sino los valores de los parámetros más importantes para el mantenimiento, tales como “Nombre del fabricante”, “número de serie”, “fecha de compra”, etc. y resulta especialmente útil para el mantenimiento del edificio en caso de que no se pudiera disponer de herramientas de visualización en 3D para el mantenimiento.

Además de los modelos en Revit “as built” y de los archivos COBie, también deberá de entregarse, tal y como marca la normativa, el “Libro Del Edificio”, que incluye un manual de uso y mantenimiento.

Este documento es posible obtenerlo desde Arquímedes, al tener todos los elementos presupuestados una documentación asociada de uso y mantenimiento (Figura 106).

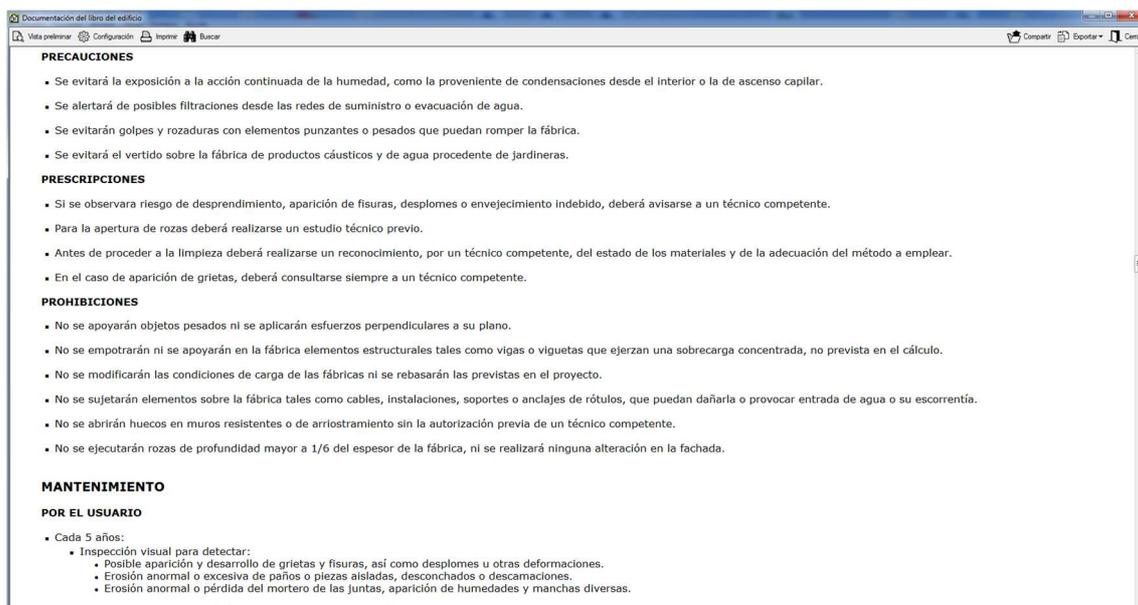


Figura 1066: Libro Del Edificio, Manual de Uso y Mantenimiento

### 2.7.2. RECURSOS HUMANOS

Al igual que en los apartados anteriores, se procede a elaborar una matriz RACI con las principales responsabilidades en esta etapa (Tabla 11).

En esta etapa de explotación del edificio, aparece una nueva figura que es el “Facility Manager” o el responsable del mantenimiento del edificio. Aparecen además, los usuarios finales de este.

| <b>TAREA</b>  | <b>PM</b> | <b>BMO</b> | <b>BM</b> | <b>ARQ</b> | <b>EST</b> | <b>MEP</b> | <b>CON</b> | <b>FM</b> | <b>U</b> |
|---|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|----------|
| <i>Elaboración de informe de cambios realizados en la obra</i>                              | A         |            | A         | C          | C          | C          | R/A        |           |          |
| <i>Modificación modelo ARQ</i>  | A         |            | A         | R          | C          | C          | A          |           |          |
| <i>Modificación modelo EST</i>  | A         |            | A         | C          | R          | C          | A          |           |          |
| <i>Modificación modelo MEP</i>  | A         |            | A         | C          | C          | R          | A          |           |          |
| <i>Comprobación de la documentación asociada a las partidas para el uso y mantenimiento</i> |           |            | R         | R/C        | R/C        | R/C        | A          |           |          |
| <i>Extracción de la información en formato COBie</i>  | A         |            | R         | C          | C          | C          | C          |           |          |
| <i>Subida a la nube y actualización del modelo para Autodesk Building OPS</i>               | A         |            | R         | C          | C          | C          | C          |           |          |
| <i>Elaboración de solicitudes de reparación</i>   |           |            |           |            |            |            |            | R/A       | R        |
| <i>Envío de la información necesaria para la reparación</i>                                 |           |            |           |            |            |            |            | R         |          |

Tabla 11: Matriz de responsabilidades en LOD 500

### 2.7.3. STAKEHOLDERS

Finalmente, el edificio se ha construido y comienza su fase de explotación. El edificio se incorpora a la lista de tiendas en activo de la franquicia y comienza a realizar su actividad comercial.

Como se ha comentado en capítulos anteriores, el uso del BIM a lo largo de este proceso de construcción permitirá a las partes involucradas de otros departamentos tener un mejor control sobre la cantidad de ropa que tienen que enviar a esta tienda, o qué publicidad se está mostrando en qué monitores de televisión, o cuál ha sido la línea de mobiliario que se ha incorporado, de cara a la próxima renovación de imagen de la franquicia.

Además, los usuarios del edificio y el responsable de mantenimiento, podrán contar con una ventaja añadida, que es el uso de Autodesk Building OPS.

Se trata de un software para el “Facility Management”. Al igual que ocurría con Autodesk 360 Field, donde los operarios podían consultar el modelo y crear informes que recibían automáticamente los responsables del diseño y de la coordinación, en esta ocasión serán los propios usuarios los que puedan generar informes relativos al mantenimiento del propio edificio, tales como “hay una bombilla fundida”, o “el lavabo pierde agua”, y podrán hacerlo directamente desde su Smartphone sobre el modelo subido a Autodesk Building OPS, y el responsable de mantenimiento podrá ver en el momento cuál es el elemento del edificio que tiene un problema, y generar un ticket con información para enviarla al técnico correspondiente, ya sea el electricista o el fontanero, adjuntándoles la ubicación concreta del objeto, la descripción del problema, y si fuese necesario, documentación complementaria que hubiese que tener en cuenta, tal como esquemas de instalaciones, etc (Figura 107).

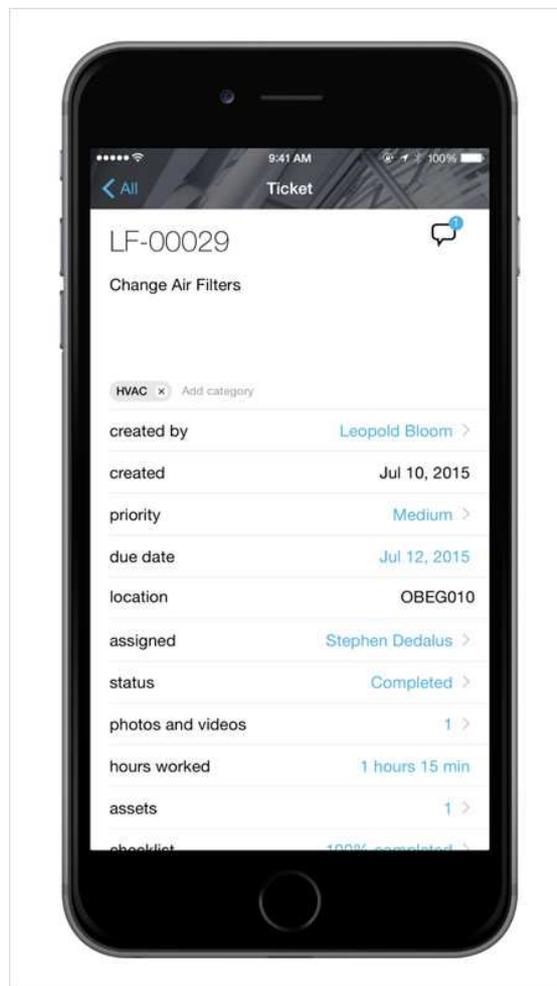


Figura 1077: Solicitud de reparación elaborada desde un smartphone. [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

### 3. CONCLUSIÓN

El BIM es una gran metodología que ha llegado para quedarse. No sólo aumenta la calidad de la documentación, sino que gracias a esto, puede aumentar tanto la calidad del propio edificio, como la calidad del proceso constructivo, haciéndola más eficiente.

En este trabajo se ha redactado un BEP integral para todo el ciclo de vida del edificio, y se han tenido en cuenta diferentes aspectos en cada una de las fases. Además se ha podido ver como gracias a estos pasos dados en fases previas, se obtienen beneficios considerables en fases posteriores del proyecto.

También se ha mostrado para cada una de estas fases la relación con las áreas de conocimiento el PMBOK.

En las primeras fases del proyecto, la integración con el uso de software BIM y CIM ha permitido obtener datos objetivos para tomar la decisión de si invertir o no en un determinado solar. Más adelante, la integración de todos los modelos ha permitido prever la aparición de conflictos de interferencia de elementos en la obra.

La definición del alcance en cada una de las fases ha permitido que el proyecto se desarrolle de una manera gradual, permitiendo una evolución lógica, y logrando que en las fases más avanzadas, sea el propio modelo el que pueda ser utilizado para determinar el alcance de la construcción de la obra, vinculando sus elementos a partidas de presupuesto.

En cuanto al tiempo, también se ha mostrado cómo es posible vincular estos elementos a tareas para planificar de una forma integrada la EDT de la puesta en obra, y poder controlar aquellas tareas que no agregan valor, facilitando así aplicar principios de “Lean Construction”

Se ha podido efectuar también un control evolutivo de los costes, empezando por las primeras aproximaciones en las fases iniciales basadas en volúmenes y áreas de habitaciones, hasta poder obtener de forma automática gracias al uso de plantillas un presupuesto basado en los “tipos” del modelo, y poder realizar un control de gastos integrado durante la puesta en obra, realizando curvas de valor ganado.

La calidad del proyecto aumenta gracias a esta metodología, ya que gracias a la integración de todas las disciplinas se evita el tomar decisiones precipitadas en la obra, y además, al realizar simulaciones de gasto energético, puede escogerse la opción de diseño que sea más eficiente energéticamente. También se ha mostrado cómo es posible vincular la documentación necesaria para el montaje o el mantenimiento de los elementos, o los datos obtenidos de inspecciones de calidad, logrando así una mejor calidad del edificio, y de su información.

Se han mostrado también la necesaria colaboración de equipos multidisciplinares a lo largo del proceso de construcción, con la aparición de nuevos roles, como el “BIM Manager” o el “Family Manager”.

La gestión de las familias realizada por el “Family Manager” ha permitido, a su vez, un mejor control sobre las adquisiciones, pudiendo especificar los elementos que deben ser adquiridos de una forma mucho más precisa, integrando sus valores de parámetros en el modelo. Por otra parte, al haber creado la planificación de forma ligada al modelo BIM y ligar las tareas a elementos dentro del modelo, también se puede realizar la previsión de aprovisionamiento para la obra.

También se ha visto cómo pueden integrarse dentro de la gestión BIM la gestión de riesgos del proyecto, estableciendo unas probabilidades de ocurrencia y un impacto en tiempo o en coste, y asignándolos a determinadas tareas. Además se ha mostrado cómo el BIM puede ayudar en la gestión de la Seguridad y Salud de la obra, al realizar la simulación de la construcción virtual del edificio y prever las zonas que van a requerir de elementos de protección.

La comunicación y el control de la documentación también se han visto mejoradas con la metodología BIM, pudiendo establecer la información en la nube, y creando normas de acceso y de difusión de la información, de tal manera que todas las partes involucradas puedan disponer de la información actualizada cuando lo precisen.

Por último, también se han mostrado nuevas formas en las que las partes involucradas pueden interactuar con el edificio durante su ciclo de vida, ya sea pudiendo tener una mejor visión de cómo va a ser el espacio construido mediante la realidad virtual, o de poder informar cuándo hay algún elemento que necesita reparación, durante su fase de uso.

Por todos estos motivos, el BIM está experimentando en la actualidad un gran auge en su implementación, y por lo tanto cada día aparecen aún más aplicaciones. El BIM Manager debe establecer en su BEP una estrategia a seguir con el BIM, determinando cuáles son los objetivos que quiere lograr con su uso, teniendo en cuenta el presupuesto que dispone en cuanto a licencias y formación, y estableciendo la metodología BIM que utilizará para, mediante el uso de estas herramientas informáticas, lograr estos objetivos que propone en su BEP.

El éxito de los proyectos en BIM estará marcado pues por la capacidad del Project Manager junto con la del BIM Manager de establecer unos objetivos realistas en el uso del BIM y saber si hay que realizar “Little BIM” o “Big BIM” adecuándolo a las necesidades y al presupuesto y adaptando las herramientas a su alcance para obtener el máximo partido de esta base de datos que se está generando, o sea el propio modelo BIM.

## 4. GLOSARIO

**API:** Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones). Conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece un determinado programa para poder utilizado por otro software con una capa de abstracción.

**BIM:** Building Information Modelling (Modelado de la información del Edificio): “Una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un edificio/infraestructura a lo largo de todo el ciclo de vida, centralizando toda la información en un modelo digital creado por todos los agentes.” Building Smart Spanish Chapter, 2012

**BEP:** Bim Execution Plan (Plan de Ejecución BIM). Documento en el que se establecen las bases y normas internas para un proyecto que va a desarrollarse con un flujo de trabajo BIM, a fin de que todas las partes implicadas realicen su labor de forma ordenada y coherente.

**CAD:** Computer Aided Design (Diseño Asistido por Ordenador): Herramienta informática para elaborar diseños y planos por ordenador, sustituyendo a las herramientas manuales, como el tablero y la escuadra. Las entidades con las que se trabaja son de tipo geométrico, prácticamente sin mayor información que las capas o grupos a los que pertenecen.

**Catálogo de tipos:** Fichero TXT que contiene la información de los diferentes valores de parámetros de tipo para un conjunto de tipos que pertenecen a una determinada familia

**Categoría:** Dentro de la jerarquización de objetos en Revit este es el escalón de mayor categoría. En él se dividen los objetos según su función constructiva o finalidad. Existen a su vez dos grandes tipos de categorías: de modelo y de anotación.

**Categorías de modelo:** son las que corresponden a objetos constructivos reales, tales como muros, suelos, pilares, puertas, etc.

**Categorías de anotación:** son las que, aun no correspondiendo a objetos constructivos reales, sirven para definir el edificio, por ejemplo: niveles, ejes, cotas, etc.

**COBIE:** Formato de archivo similar al XML que contiene toda la información extraída de un modelo BIM referente al mantenimiento del edificio.

**Dynamo:** Lenguaje de programación visual de código abierto. Se trata de un software que se utiliza como extensión del programa Revit que utiliza “nodos” que se conectan entre sí de forma similar a como lo harían con líneas de código.

**Ejemplar:** cada uno de los objetos individuales que forman parte del modelo BIM. Por ejemplo, cada una de las ventanas.



Familia: Conjunto de objetos que pertenecen a una misma categoría y poseen unas reglas paramétricas para la generación tanto de su geometría como de sus parámetros.

HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado). Siglas que se usan en internet para designar a todas las instalaciones mecánicas de control de aire y climatización del edificio.

IFC: Industry Foundation Classes. Formato de archivo estándar elaborado por la BSA (BuildingSmart Alliance) basándose en la Norma ISO 16739:2013, para facilitar el intercambio de información entre diferentes aplicaciones informáticas en un flujo de trabajo BIM.

MEP: Mechanical, Electrical and Plumbing (Mecánica, Eléctrica y Fontanería). Bajo estas siglas en inglés se agrupan todos los sistemas que se conocen como “instalaciones” del edificio.

Notas Clave: Fichero txt que contiene una clasificación estructurada de elementos por categorías y tipos

OmniClass: sistema internacional que clasifica todos los elementos que se utilizan en el mundo de la construcción aportándoles un número de código estructurado.

Parámetro: variable que permite controlar las propiedades de objetos.

Parámetros compartidos: conjunto de parámetros que pueden exportarse en un archivo txt para usarse en otros proyectos o familias.

Parámetro de ejemplar: parámetro que sirve para controlar los valores de un objeto en particular, independientemente del resto.

Parámetro de tipo: variable que actúa sobre todos los ejemplares del mismo tipo.

Python: Lenguaje de programación orientado a objetos de código abierto.

Render: Imagen o vídeo obtenidos a partir de un modelo 3D que simulan el aspecto final que tendrá el edificio de forma fotorrealista, con texturas, luces y sombras.

Tablas de consulta (lookup table):

Tipo (de objeto): subconjunto de objetos que pertenecen a una misma familia, y que comparten unos determinados valores de parámetros de tipo.

Unidad de obra: parte del edificio susceptible de ser medida y valorada de forma independiente del resto.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

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

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

Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J. (2016): **An improved LOD specification for 3D building models.** *Computers, Environment, and Urban Systems*, vol. 59, pp. 25-37.

BSI, 2014, PAS 1192-3:2014 **Specification for Information Management for the Operational Phase of Assets using Building Information Modeling**, London, The British Standards Institution

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 1, Parte General.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 2, Estado Actual.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 3, Diseño Arquitectónico.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 4, Diseño de las instalaciones.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 5, Diseño estructural.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 6, Aseguramiento de la Calidad.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 7, Mediciones.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 8, Visualización.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 9, Análisis de las instalaciones.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 10, Análisis energético.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 11, Gestión de Proyectos.**



Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 12, Facility Management.**

Building Smart Spanish Chapter (2014). **Guía de usuarios BIM Documento 13, Construcción.**

Eastman C. y otros, 2011, **BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**, 2ª Edición, Hoboken NJ, John Wiley & Sons

ISO 21500, 2013, **NORMA ISO 21500**, Madrid, AENOR.

ISO Standard, 2010, **ISO 29481-1:2010(E): Building Information Modeling — Information Delivery Manual — Part 1: Methodology and Format.**

NBS, 2013, **National BIM Report 2013**, NBS National BIM library, Newcastle upon Tyne, UK.

NBS, 2012, **The IFC/COBie Report**, NBS National BIM library, Newcastle upon Tyne, UK.

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

Norena Martin-Dorta, Paula. GonzalezdeChaves-Assef, María. Roldan-Mendez. (2014). **Building Information Modelling (BIM): Una oportunidad para transformar la industria de la construcción**

**OmniClass: A Strategy for Classifying the Building Environment, Introduction and User's Guide.** 2006, the Omniclass team

Project Management Institute, 2013, **A Guide to Project Management Body of Knowledge.** (PMBOK Guide), 5th edition.

Richardas, M., 2010, **Building Information Management, a Standard Framework and Guide to BS1192**, London, The British Standards Institution. Thomassen M., 2011 BIM and Collaboration in the AEC Industry, Aalborg, Aalborg University.

**Singapore BIM Guide.** 2012, Building and Construction Authority.

The Computer Integrated Construction Research Group. The Pennsylvania State University (2010). **Building Information Modeling Execution Planning Guide**

UP-1203. (April 2010). **BIM Implementation: An Owner's Guide to Getting Started.**