

Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Civil

Estudio de Parametrización de Elementos  
Constructivos Digitales para modelos BIM en  
Construcciones Civiles

Autor: D. Víctor Delgado Hidalgo

Tutor: D. Blas González González

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Departamento de  
Construcciones  
Arquitectónicas 1



Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Civil

# **Estudio de Parametrización de Elementos Constructivos Digitales para modelos BIM en Construcciones Civiles**

Autor:

D. Víctor Delgado Hidalgo

Tutor:

D. Blas González González

Profesor asociado

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado: Estudio de Parametrización de Elementos Constructivos Digitales para modelos BIM  
en Construcciones Civiles

Autor: D. Víctor Delgado Hidalgo

Tutor: D. Blas González González

La Comisión de Evaluación nombrada para juzgar el Trabajo Fin de Grado arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal



*A mi familia, mis amigos, mi tutor  
y a todos los que siempre me han  
apoyado.*



# Agradecimientos

---

A mis padres, que siempre me han apoyado en todas mis ideas y que gracias a ellos he podido estudiar todo lo que he querido a pesar de todas las dificultades que hemos pasado.

A mi hermana, un referente en que me ha llenado de buenos consejos.

A Patri, que ha confiado en mí más de lo que he llegado a hacerlo yo mismo, que siempre me ha apoyado y que me ha ayudado desde que entré en este grado hasta el día de hoy.

A mi abuelo, que siempre estuvo muy orgulloso de serlo y le hubiera encantado ver a su mozito graduarse.

A mis amigos, un apoyo fuera de clase que siempre me llenan de energía y felicidad desde hace tantos años.

A todos esos compañeros de grado que me llevo que son lo mejor que me han dado estos años.

A mi tutor, por haberme ayudado a realizar el presente trabajo y descubrirme nuevas posibilidades en mi futuro académico y laboral.

A todos ellos, gracias.

*Victor Delgado Hidalgo*

*Sevilla, 2020*

# Resumen

---

En este trabajo se realiza un estudio de la parametrización de los elementos constructivos digitales para la aplicación de la metodología BIM en el ámbito de la ingeniería Civil. Esta metodología lleva años empleándose en el mundo de la construcción y la arquitectura, pero su implantación en la obra civil aún no ha alcanzado el mismo grado de desarrollo.

Comenzaremos llevando a cabo una revisión bibliográfica de trabajos académicos y publicaciones de nivel nacional e internacional, con la que trataremos de esclarecer las principales vías de desarrollo de esta metodología y su implantación en España.

A continuación, haremos un estudio de la herramienta REVIT, pues la finalidad de este trabajo será la de desarrollar una o varias familias de objetos útiles en proyectos de construcción en la ingeniería civil.

En la parte práctica llevaremos a cabo el desarrollo de una o varias familias paramétricas de objetos BIM de acuerdo con las instrucciones técnicas de redes de abastecimiento de la empresa pública de Sevilla EMASESA. El objetivo final de esta práctica será el de ampliar el catálogo de familias de objetos BIM con la creación de objetos característicos de construcciones civiles como es una red de abastecimiento.

Por último, se expondrán las conclusiones obtenidas de la realización del trabajo de fin de grado, así como de las futuras líneas de investigación propuestas.

Palabras Clave: BIM Elementos Constructivos, Familias BIM obras hidraulicas, Objetos BIM, BIM e Ingeniería Civil, BIM civil, Modelado 3D, Familias paramétricas, REVIT 2020.

# Abstract

---

In this study we analyzed the parameterization of digital construction elements for the application of the BIM methodology in the field of civil engineering. This methodology has been used for years in the world of construction and architecture, but its implementation in civil works has not yet reached the same level of development.

We will start by carrying out a bibliographic review of academic works and publications at national and international level, with which we will try to clarify the main ways of developing this methodology and its implementation in Spain.

Next, we will carry out a study of the REVIT tool, as the purpose of this work will be to develop one or several families of useful objects in construction projects in civil engineering.

In the practical part, we will develop one or more parametric families of BIM objects in accordance with the technical instructions for supply networks issued by the Seville public company EMASESA. The ultimate aim of this practice will be to expand the catalogue of BIM object families by creating objects that are characteristic of civil construction, such as a supply network.

Finally, the conclusions obtained from the final degree work will be presented, as well as the future lines of research proposed.

Key Words: BIM Building Elements, BIM hydraulic works families, BIM objects, BIM and Civil Engineering, BIM civil, 3D Modeling, parametric families, REVIT 2020

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Resumen</b>	<b>vi</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Índice</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xi</b>
<b>Notación</b>	<b>xv</b>
<b>1 OBJETIVO Y JUSTIFICACION DEL TRABAJO</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Objetivo</i>	1
1.2 <i>Estructura</i>	1
<b>2 REFERENCIAS</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Trabajos en la Universiadd de Sevilla</i>	3
2.1.1 <i>Trabajos de Ingeniería Civil</i>	3
2.1.2 <i>Resto de Trabajos</i>	4
2.2 <i>Trabajos en otras Universidades</i>	5
2.3 <i>Aplicación del BIM a la ingeniería civil con REVIT</i>	7
<b>3 INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM</b>	<b>9</b>
3.1 <i>Orígenes del BIM</i>	10
3.2 <i>Fases y dimensiones en BIM</i>	11
3.3 <i>Niveles de desarrollo del BIM</i>	12
3.4 <i>Nivel de detalle del BIM</i>	13
3.5 <i>Nivel de información/precisión del BIM</i>	14
3.6 <i>Estándares BIM</i>	14
3.7 <i>Herramientas de modelado BIM</i>	15
3.8 <i>Posibilidades y beneficios</i>	20
3.8.1 <i>Beneficios derivados de la prevención prematura de errores</i>	20
3.8.2 <i>Beneficios derivados de implementar la metodología BIM en la fase de licitación</i>	20
3.8.3 <i>Beneficios derivados de la adaptación de las administraciones a la metodología BIM</i>	22
3.8.4 <i>Beneficios derivados de las mejoras en la visualización</i>	22
3.9 <i>Conclusión</i>	23
<b>4 LA HERRAMIENTA DE MODELADO</b>	<b>24</b>
4.1 <i>Elección del software REVIT</i>	24
4.2 <i>Primeros pasos en REVIT</i>	25
4.2.1 <i>Barra de herramientas</i>	26
4.2.2 <i>Herramientas de acceso rápido</i>	28
4.2.3 <i>Barra conceptual</i>	28
4.2.4 <i>Navegador de proyectos</i>	29
4.2.5 <i>Paleta de propiedades</i>	29
4.3 <i>Organización de elementos en REVIT</i>	31

---

4.4	<i>Familias</i>	32
4.5	<i>Parámetros</i>	34
<b>5</b>	<b>ELEMENTOS DIGITALES DE CONSTRUCCION DE EMASESA</b>	<b>39</b>
5.1	<i>Instrucciones técnicas para Redes de Abastecimiento</i>	40
5.2	<i>Elementos Constructivos</i>	41
<b>6</b>	<b>MODELADO PARAMÉTRICO</b>	<b>43</b>
6.1	<i>Planificación de la familia</i>	44
6.2	<i>Elección de la plantilla de familia</i>	48
6.3	<i>Definición de subcategorías</i>	50
6.4	<i>Creación de la estructura básica</i>	53
6.4.1	Definir el punto de origen	53
6.4.2	Creación de planos de referencia y líneas de referencias	56
6.4.3	Añadir cotas y relaciones paramétricas.	56
6.4.4	Etiquetado de las cotas	58
6.4.5	Puesta a prueba del funcionamiento del objeto. Flexionar el esqueleto.	61
6.5	<i>Definición del tipo de familia</i>	61
6.6	<i>Definición del nivel de la geometría</i>	69
6.6.1	Extrusión	70
6.6.2	Fundido	71
6.6.3	Revolución	73
6.6.4	Barrido	75
6.6.5	Fundido de barrido	77
6.6.6	Formas vacías	79
6.7	<i>Importación de archivos</i>	80
6.8	<i>Comprobación del funcionamiento</i>	88
6.9	<i>Completar la familia</i>	89
6.10	<i>Definición de visualización</i>	89
6.11	<i>Puesta en uso</i>	94
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS</b>	<b>100</b>
7.1	<i>Conclusiones</i>	100
7.2	<i>Futuras líneas de trabajo</i>	102
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>103</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla I: Tabla resumen de consideraciones iniciales de modelado.	47
Tabla II: Recomendación de elección de plantilla de familia en REVIT 2020.	49
Tabla III: Propiedades del acero de fundición GGG-40/FGE 42.	62

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Ilustración 1: Fases de un proyecto, extraídas del estándar GDO-BIM.	9
Ilustración 2: Cuadro resumen de las dimensiones del BIM.	12
Ilustración 3: Esqema ejemplo de niveles de desarrollo BIM.	13
Ilustración 4: Interfaz de REVIT.	16
Ilustración 5: Interfaz de EDIFIUS.	17
Ilustración 6: Interfaz de ARCHICAD.	18
Ilustración 7: Interfaz de ALLPLAN.	19
Ilustración 8: Interfaz de OpenBuildings Designer.	19
Ilustración 9: Beneficios directos del uso de la metodología BIM.	20
Ilustración 10 : comparativa del porcentaje de la inversión y número, respecto al valor total, de licitaciones públicas con requisitos BIM en infraestructuras durante el periodo 2017-19 (primer semestre)	21
Ilustración 11: Interfaz de inicio de REVIT 2020 donde seleccionaremos el tipo de archivo que queremos crear o abrir.	25
Ilustración 12: Interfaz pantalla principal REVIT 2020.	26
Ilustración 13: Pestaña Archivo.	27
Ilustración 14: Pestaña Arquitectura.	27
Ilustración 15: Pestaña estructuras.	27
Ilustración 16: Pestaña Sistemas.	27
Ilustración 17: Pestaña Masa y emplazamiento.	28
Ilustración 18: Barra de herramientas de acceso rápido.	28
Ilustración 19: Barra conceptual.	28
Ilustración 20: Navegador de proyectos.	29
Ilustración 21: Paleta de propiedades	30
Ilustración 22: Ventana propiedades de tipo.	31
Ilustración 23: Esquema de clasificación de elementos en Revit.	31
Ilustración 24: Ejemplo de catálogo de tipos de familias.	34
Ilustración 25: Paleta de propiedades.	35
Ilustración 26: Herramienta Parámetros de proyecto en REVIT.	36
Ilustración 27: Ventana Tipos de familia.	37
Ilustración 28: Portada Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento.	40
Ilustración 29: Flujo de trabajo para la creación de familias cargables de REVIT.	44

Ilustración 30: Ejemplo de plano disponible en la I.T.P.R.A., detalle AB-120.	45
Ilustración 31: Ejemplo de tabla de planificación de habitaciones.	47
A partir de este momento podemos comenzar la creación de nuestro modelo del detalle AB-120 de la tapadera metálica. En primer lugar, vamos a abrir un nuevo archivo de familia desde el inicio en REVIT 2020 y vamos a seleccionar la plantilla de modelo genérico métrico:	49
Ilustración 32: Selección de plantilla de familia.	49
Ilustración 33: Interfaz editor de familias REVIT 2020.	50
Ilustración 34 : Ventana Estilos de objeto.	51
Ilustración 35: Creación de una nueva Subcategoría.	52
Ilustración 36: Asignación de subcategoría desde la paleta de propiedades.	53
Ilustración 38: Herramienta "Plano de referencia" en el editor de familias.	54
Ilustración 39: Elección del nuevo punto de origen.	55
Ilustración 40: Comprobación del correcto cambio del punto de origen.	55
Ilustración 41: Planos de referencia creados	56
Ilustración 42: Grupo de herramientas "Cota".	57
Ilustración 43: Cota de separación entre los bordes largos de la arqueta.	57
Ilustración 44: Acotación de los planos de referencia.	57
Ilustración 45: Plano de referencia superior con cota fija.	58
Ilustración 46: Flujo 1 de crear un parámetro.	58
Ilustración 47: Herramienta Tipos de familia.	59
Ilustración 48: Herramienta Nuevo parámetro.	59
Ilustración 49: Propiedades del nuevo parámetro "Largo arqueta".	60
Ilustración 50: asignación de la etiquetada "Largo arqueta" a la cota seleccionada.	61
Tabla III: Propiedades del acero de fundición GGG-40/FGE 42.	62
Ilustración 51: Propiedades del parámetro "ACERO GGG-40" creado.	62
Ilustración 52: Ventana "Tipos de familia", introducción del valor del material.	63
Ilustración 53: Herramienta "Abrir o cerrar el explorador de objetos" dentro del explorador de materiales.	64
Ilustración 54: Explorador de activos, selección del material "Acero – Fundido"	65
Ilustración 55: Propiedades de identidad del acero GGG-40.	66
Ilustración 56: Propiedades de gráfico y apariencia del acero GGG-40, predeterminados de Acero–Fundición.	67
Ilustración 57: Propiedades físicas definidas para el acero GGG-40.	68
Ilustración 58: Ventana "Tipos de familia", herramienta "Nuevo tipo"	69
Ilustración 59: Grupo de herramientas "Formas".	70
Ilustración 60: Perfil lleno y perfil con hueco circular para extrusión.	70
Ilustración 61: Propiedades de extrusión.	71
Ilustración 62: Extrusión creada.	71
Ilustración 63: Base superior del fundido.	72
Ilustración 64: Base inferior del fundido.	72

Ilustración 65: Sólido de fundido creado.	73
Ilustración 66: Eje de revolución.	74
Ilustración 67: Perfil de revolución tangente al eje y perfil hueco separado del eje.	74
Ilustración 68: Sólido de revolución parcial de 180°	75
Ilustración 69: Sólido de revolución completa de 360°	75
Ilustración 70: Camino de barrido visto en planta, con varias rectas y curvas.	76
Ilustración 71: Bucle hueco y bucle lleno de barrido.	77
Ilustración 72: Sólido de barrido.	77
Ilustración 73: Camino de barrido de fundido con una única curva visto en planta.	78
Ilustración 74: Secciones de los perfiles 1 y 2 para el barrido de fundido.	78
Ilustración 75: Sólido de barrido de fundido.	79
Ilustración 76: Extrusión sólida de perfil cuadrado atravesada por extrusión vacía de perfil redondo.	79
Ilustración 77: Herramientas de importación de archivos.	80
Ilustración 78: Selección del plano de trabajo.	80
Ilustración 79: Plantilla para elaboración de la arqueta.	81
Ilustración 80: Modelo de la arqueta.	81
Ilustración 81: Restricciones geométricas de la arqueta en planta.	82
Ilustración 82: Restricciones modificadas de la arqueta en planta.	82
Ilustración 83: Plantilla para el diseño de la tapadera.	83
Ilustración 84: Vista superior de la tapadera.	83
Ilustración 85: Vista inferior de la tapadera.	84
Ilustración 86: Vista superior del conjunto arqueta + tapa según dimensiones de la instrucción técnica.	84
Ilustración 87: Vista del conjunto arqueta + tapa con dimensiones especiales recortadas.	85
Ilustración 88: Vista del conjunto arqueta + tapa con dimensiones especiales alargadas.	85
Ilustración 89: Sección transversal vertical.	86
Ilustración 90: Sección transversal horizontal.	86
Ilustración 91: Sección del conjunto con nivel de detalle bajo.	87
Ilustración 92: Sección del conjunto con nivel de detalle medio.	87
Ilustración 93: Sección del conjunto con nivel de detalle alto	88
Ilustración 94: Estilo de objeto definido para la subcategoría AB-120.	89
Ilustración 95: Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Estructura alámbrica.	90
Ilustración 96: Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Línea oculta	90
Ilustración 97: Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Sombreado.	91
Ilustración 98: Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Colores coherentes.	91
Ilustración 99: Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Realista.	92
Ilustración 100: Vista de la sección de corte con estilo visual: Estructura alámbrica.	92
Ilustración 101: Vista de la sección de corte con estilo visual: Línea oculta.	93
Ilustración 102: Vista de la sección de corte con estilo visual: Sombreado.	93
Ilustración 103: Vista de la sección de corte con estilo visual: Colores coherentes.	93
Ilustración 104: Vista de la sección de corte con estilo visual: Realista.	94

Ilustración 105: Opción "Abrir nuevo proyecto"	94
Ilustración 106: Opción "Crear nuevo proyecto".	95
Ilustración 107: Opción "abrir familia"	95
Ilustración 108: Herramienta "Cargar en proyecto".	96
Ilustración 109: Vista superior renderizada de la familia creada.	96
Ilustración 110: Sección renderizada de la familia.	97
Ilustración 111: Detalle de la familia.	97
Ilustración 112: Vista principal del archivo IFC desde BIMVision.	98
Ilustración 113: Obtención de la masa desde BIMVision.	98

# Notación

---

AEC	Architecture, Engineering & Construction
BIM	Building Information Model
CAD	Diseño Asistido por Computadora
Dam <sup>3</sup>	Decámetro cúbico (unidad de volumen)
DWG	DraWinG (formato de archivo informático de dibujo asistido por computadora)
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
ETAP	Estación de Tratamiento de Agua Potable
EMASESA	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Agua de Sevilla S.A.
Hm <sup>3</sup>	Hectómetro cúbico (unidad de volumen)
I.T.P.R.A.	Intsucción Técnica y Planos de Redes de Abastecimiento
LOD	Level Of Development
LOG	Level Of Geometry
LOI	Level Of Information
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MW	MegaWatio (Unidad de potencia eléctrica)
Rfa	Revit Family (formato de archivo informático de familia cargable de REVIT)
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TFM	Trabajo de Fin de Máster
UEM	Universidad Europea de Madrid
UMA	Universidad de Málaga
UPC	Universidad Politécnica de Cataluña
UPV	Universidad Politécnica de Valencia
US	Universidad de Sevilla
UV	Universidad de Valladolid



# 1 OBJETIVO Y JUSTIFICACION DEL TRABAJO

---

El presente trabajo de fin de grado titulado Estudio de Parametrización de Elementos Constructivos Digitales para BIM en Construcciones Civiles se enmarca dentro de la normativa referente al Trabajo de Fin de Grado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla (ETSI) para la obtención de los créditos ECTS de la asignatura Trabajo Fin de Grado, y así obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad de Sevilla. El departamento que ha propuesto el trabajo que se va a exponer ha sido el Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, siendo el tutor del presente trabajo D. Blas González González, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, profesor de dicho departamento.

La metodología BIM lleva años creciendo en la industria de la construcción, especialmente en el ámbito de la edificación. No obstante, su aplicación en obras de infraestructuras, obras típicas de ingeniería civil, no se ve como algo tan común aún a día de hoy y la adaptación a los nuevos flujos de trabajo se está viendo notablemente retrasada en este sector.

Con la idea de paliar esta situación y promover el empleo de nuevas tecnologías que permitan la actualización de la industria de la obra civil el profesor D. Blas González González lleva años promoviendo el aprendizaje y el empleo de herramientas BIM entre los alumnos del Grado de Ingeniería Civil y el Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. De esta iniciativa surge la idea de realizar este TFG.

Uno de los programas más extendidos para el modelado paramétrico de obras de edificación es REVIT. Este programa estructura los elementos de modelado en familias, estando la mayoría de familias pensadas para el diseño de obras de edificación. El objetivo principal de este trabajo será la creación de una o varias familias de objetos paramétricos útiles para la ingeniería civil. En este caso, se modelarán elementos característicos de una red de abastecimiento de agua de acuerdo con lo establecido en las instrucciones técnicas de EMASESA. De esta forma, pretendemos ampliar el catálogo de objetos adaptados a la obra civil y que este documento sirva como precedente a futuros ingenieros que deseen aplicar esta metodología en su campo de trabajo.

## 1.1 Objetivo

El objetivo último será alcanzar a realizar unas familias de objetos paramétricos en REVIT con aplicación directa en obras civiles.

## 1.2 Estructura

El presente trabajo se estructura en dos partes, una primera parte de investigación bibliográfica y una segunda parte práctica.

La metodología seguida para alcanzar dicho objetivo parte por llevar a cabo una investigación que nos permita conocer de forma general qué es la metodología BIM, cómo surgió, en qué ámbitos es de aplicación, qué ventajas y beneficios aporta a los métodos clásicos de trabajo y aprenderemos sobre varios aspectos claves de

esta nueva forma de trabajo.

Una vez esclarecidos estos aspectos se realizará una revisión bibliográfica de trabajos académicos de los cuales podremos obtener cuáles son las vías de investigación actuales.

El siguiente paso que seguiremos será llevar a cabo una revisión bibliográfica de manuales de REVIT y bibliografía relacionada con el programa que nos permita conocer a fondo esta herramienta y su potencial.

A continuación, comenzaremos con la parte práctica en la que escogeremos distintos objetos de la instrucción técnica de EMASESA y realizaremos su modelado BIM en REVIT.

Por último, se expondrán las conclusiones y vías de investigación propuestas que obtendremos de este trabajo.

## 2 REFERENCIAS

---

Se exponen a continuación los trabajos académicos que se han llevado a cabo como Trabajos de Fin de Grado y como Trabajos de Fin de Máster ligados al ámbito de la construcción en la Universidad de Sevilla. Estos trabajos son de dominio público y están disponibles online en la biblioteca de la Universidad de Sevilla, sirviendo como fuentes de información y ayuda y abriendo distintas líneas de investigación para futuros trabajos de investigación:

### 2.1 Trabajos en la Universiadd de Sevilla

En principio se expondra los trabajos especificos sobre ingenieria civil, para en un epigrafe posterior exponer el resto de los trabajos.

#### 2.1.1 Trabajos de Ingeniería Civil

Se han localizado los siguientes trabajos:

1. Ferreiro Morales MÁ. Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial modelo BIM 3d obra lineal [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Master 17-18. Sevilla: El autor; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013145409504987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013145409504987) (15)
2. Bermejo García JB. Aplicación de la metodología BIM al proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial modelo BIM 4d planificación [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Master 17-18. [Sevilla]: El autor; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013145409604987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013145409604987) (16)
3. Vera Galindo C. Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial modelo BIM 5d costes [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Master 17-18. [Sevilla]: El autor; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013144905404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013144905404987) (17)
4. Martín Redondo A de J. Aplicación de la Metodología BIM 4D a un Proyecto de Infraestructura Nodal [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Grado 2019. [Sevilla]: El autor; 2019. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros-- Trabajos fin de grado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013253000704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013253000704987) (23)
5. Benavente Lepe MM. Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Grado 2019. Sevilla: El autor; 2019. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros-- Trabajos fin de grado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013253909004987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013253909004987) (22)
6. Monar González J. Modelado BIM para proyecto AS-BUILT de infraestructuras lineales [Internet].

González González B, editor. Trabajo Fin de Grado 2020. [Sevilla]: Universidad de Sevilla; 2020. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros-- Trabajos fin de grado). Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/94541> (25)

## 2.1.2 Resto de Trabajos

A continuación se exponen los trabajos pertenecientes a otros grados de la Universidad de Sevilla relacionados con la metodología BIM.

1. Gómez Rodríguez M. Integración de procesos BIM en levantamiento de edificios existentes, edificio de laboratorios de la ETSIE, Campus Reina Mercedes, Sevilla [Internet]. Cortés Albalá I, editor. PFG junio, 2015, Grupo P 11. [s.l]: [s.n.]; 2015. (PFG Edificación ETSIE). Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/36449> (1)
2. Ostos Espadero JM. Integración de tecnologías B.I.M. Swiss chalet, Hotel Bernerhof, Wengen [Internet]. Cortés Albalá I, editor. PFG junio, 2015, Grupo P 11. [s.l]: [s.n.]; 2015. (PFG Edificación ETSIE). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012142969704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012142969704987) (2)
3. Muñoz Tinoco M. Gestión de procesos BIM (Building information modeling) en un proyecto de ejecución, casa Panthöfer [Internet]. Cortés Albalá I, editor. PFG junio, 2015. s.l: [s.n.]; 2015. (PFG Edificación ETSIE). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012142579704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012142579704987) (3)
4. Domínguez Blanco V. Estudio sobre la implementación de la tecnología BIM en las contrataciones de obra pública [Internet]. Cortés Albalá I, editor. Trabajo Fin de Máster 14-15. s.l: [s.n.]; 2015. (Máster ETSIE. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012286659704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012286659704987) (4)
5. Piruat Palomo F. Integración del Building Information Modeling (BIM) con la práctica del Facility Management (FM) Mejora de procesos de toma de decisiones en mantenimiento: Trabajo Fin de Máster [Internet]. Crespo Márquez A, editor. Trabajo Fin de Máster 16. [Sevilla]: [s.n.]; 2016. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012496939704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012496939704987) (5)
6. Ormaza García FA. Análisis de ciclo de vida de modelos habitacionales de vivienda unifamiliar en entornos de clima cálido húmedo, Ecuador Siglo XXI [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012774809704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012774809704987) (6)
7. Conejero Díaz J. Análisis de ciclo de vida de la Casa Wichita, materialidad y proceso constructivo [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Ruíz Alfonsea M, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012775119704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012775119704987) (7)
8. Coronado Hernández G. Influencia de las estrategias de diseño pasivo en la reducción del consumo energético de la tipología de edificio docente de la República Dominicana mediante el BIM [Internet]. Moreno Rangel D, editor. Trabajo Fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012772599704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012772599704987) (8)
9. Trigos Gálvez MS. Análisis del ciclo de vida de soluciones propuestas en Solar Decathlon 2015, Latinoamérica y Caribe [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Herrera Limones R, Ruiz Alfonsea M, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CUBA\\_US/3enc2g/alma991012777039704987](https://fama.us.es/permalink/34CUBA_US/3enc2g/alma991012777039704987) (9)
10. Cózar Cózar E. Modelado y medición en BIM (building information modeling) siguiendo los criterios de la base de costes de la construcción de Andalucía (BCCA) [Internet]. Mercader Moyano M del P,

- editor. Tesis Univ. de Sevilla-2017/09. Sevilla: [El autor]; 2017. (Universidad de Sevilla. Vicerrectorado de Postgrado y Doctorado). Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/64210?> (10)
11. Soust Verdaguer MB. Análisis del ciclo de vida en edificios residenciales: propuesta metodológica para el diseño de una herramienta simplificada [Internet]. García Martínez A, LLatas Óliver MC, editors. Tesis Univ. de Sevilla-2017/09. [Sevilla]: [Maria Bernardette Soust Verdaguer]; 2017. (Universidad de Sevilla. Vicerrectorado de Postgrado y Doctorado). Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/74571?> (11)
  12. Castilla Flores M. Programación y control de obras mediante BIM 4D PFG diciembre, 2017 [Internet]. Cortés Albalá I, editor. PFG diciembre, 2017. [Sevilla]: [El autor]; 2017. (PFG Edificación ETSIE). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012757709704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012757709704987) (12)
  13. Saponaro S. Progreso de las potencialidades de la metodología BIM con respecto de los procedimientos tradicionales de planeamiento de obras públicas en Italia y en Europa [Internet]. Cortés Albalá I, editor. Trabajo Fin de Máster 16-17. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSIE. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012747429704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012747429704987) (13)
  14. Reyes Borbón MS. Análisis comparativo de sistemas constructivos pesados vs ligeros, mediante herramientas LCA-BIM, en el contexto caribeño, República Dominicana [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Ruíz Alfonsea M, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012774869704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012774869704987) (14)
  15. Ramos Sánchez D. Desarrollo instrumental de ACV en plataformas BIM, herramienta paramétrica de visualización de resultados [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Ruiz Alfonsea M, editors. Trabajo Fin de Máster septiembre extendida 2018. Sevilla: [El autor]; 2018. (Máster Universitario en Innovación en Arquitectura: Tecnología y diseño. ETSAS). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013107706404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013107706404987) (18)
  16. Galeote Escalante M del M. Definición y diseño de una nave comercial-industrial para vehículos automóviles mediante plataforma BIM-REVIT [Internet]. López López MÁ, editor. pfg, 2018. s.l: [s. n.]; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Politécnica Superior -- Trabajos fin de Grado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013139608404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013139608404987) (19)
  17. Richter Martínez S. Diseño estructural y optimización del nudo en edificios de gran altura, caso de estudio, Kingdom Tower [Internet]. Vázquez Carretero N, editor. TFG septiembre 2018. Sevilla: [El autor]; 2018. (TFG Arquitectura ETSAS). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013103107804987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013103107804987) (20)
  18. Ortega López MN. Análisis comparativo del modelado BIM de un concesionario de vehículos mediante la utilización de Autodesk REVIT y Acca Software Edificius [Internet]. Villena Manzanares F, Vázquez Tatay C, editors. pfg, 2018. s.l: [s.n.]; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Politécnica Superior -- Trabajos fin de Grado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013138209404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013138209404987) (21)
  19. García Lobato FJ. Levantamiento BIM del estado actual del Parking CC. Los Arcos [Internet]. Guevara García FJ, Rubio Bellido C, editors. PFG Junio 2019. Sevilla: [El autor]; 2019. (PFG Edificación ETSIE). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013155307104987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013155307104987) (24)

## 2.2 Trabajos en otras Universidades

En este apartado se realizará un breve análisis de la situación de la investigación en la metodología BIM en las universidades españolas. Se ha llevado a cabo una investigación en las bibliotecas de varias universidades nacionales con el objetivo de conocer dónde se está llevando una mayor producción de trabajos académicos

de fin de grado, de fin de máster y tesis doctorales. Con esto trataremos también hacernos una idea de la situación de la Universidad de Sevilla.

Además de esto haremos un análisis de las principales ideas que tratan estos trabajos académicos, cuáles son las principales vías de investigación abiertas y dónde se encuentra la mayor problemática con la que se han encontrado los autores durante su proceso de producción.

Como hemos visto, la metodología BIM es algo relativamente reciente, por lo que su implantación en la docencia universitaria aún no está extendida por igual en todas partes. Para poder determinar en qué ámbitos educacionales está más extendida la enseñanza del BIM y para hacer una pequeña comparación a nivel nacional hemos optado por hacer una investigación bibliográfica de los trabajos académicos de fin de grado, de fin de máster y de tesis doctorales.

El primer paso ha sido determinar las universidades de las cuales hemos decidido buscar esta bibliografía. Hemos intentado hacer una selección lo suficientemente representativa y repartida por toda la geografía de nuestro país escogiendo finalmente las siguientes:

- Universidad Europea de Madrid
- Universidad de Málaga
- Universidad Politécnica de Cataluña
- Universidad Politécnica de Valencia
- Universidad de Valladolid

Puesto que cada Universidad tiene unos depósitos bibliográficos independientes, las búsquedas de información no han resultado igual de sencillas en todas ellas. Vamos a analizar brevemente cómo ha resultado el proceso en cada fuente de información.

En primer lugar, al realizar las primeras búsquedas vimos que la biblioteca de la Universidad Europea de Madrid no daba acceso abierto en línea a los proyectos de fin de grado sobre BIM que figuraban en sus bibliotecas debido a motivos en la garantía de la propiedad intelectual. Por tanto, no ha sido posible obtener más información de ella que el título de los ocho trabajos académicos que hemos encontrado.

La Universidad de Málaga cuenta en sus estanterías con una treintena de trabajos relacionados con BIM publicados. No obstante, tampoco ha sido posible acceder a la visualización en línea, sólo se puede acceder físicamente a ellos en la biblioteca.

La Universidad Politécnica de Cataluña ha sido una gran fuente de información. En su biblioteca podemos encontrar 95 trabajos académicos que tratan aspectos relacionados con la metodología BIM. Además, podemos ver la mayoría de ellos en línea con acceso totalmente abierto.

Sin duda alguna, con 447 trabajos y 251 de ellos disponibles en línea, sobre la metodología BIM, la Universidad Politécnica de Valencia es la entidad con una mayor producción en este ámbito.

La Universidad de Valladolid tiene disponible en su colección unos 32 trabajos académicos que por suerte están disponibles en línea. No obstante, la gran mayoría están relacionados con otros campos de la ingeniería distintos a la ingeniería civil.

Por último, analizaremos la situación de la Universidad de Sevilla. Buscar en el catálogo FAMA ha sido el proceso más cómodo de esta parte de la investigación y en él hemos encontrado 36 resultados, los cuales están todos disponibles en línea. Es una cifra bastante alejada del volumen de trabajos producidos en la UPV y en la UPC, aunque en línea con la Universidad de Málaga y de Valladolid. Podemos ver además que en los últimos años respecto a años anteriores la producción de trabajos académicos sobre BIM en la Universidad de Sevilla es mayor afortunadamente.

En conclusión, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad Politécnica de Cataluña son las más productivas en este campo. Sin embargo, es importante puntualizar que la mayoría de trabajos académicos están enfocados o provienen del ámbito de la arquitectura, el volumen de trabajos relacionados con la ingeniería civil es bastante escaso en todas las bibliotecas.

### **2.3 Aplicación del BIM a la ingeniería civil con REVIT**

Es poco común encontrar trabajos de este tipo, puesto que REVIT es una herramienta que en principio ha estado enfocada a la edificación. En su trabajo “Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO” (41) D. Manuel Benavente trata este tema y es capaz de desarrollar un modelo de decantador típico de una EDAR, obra que pertenece al campo civil.

En este trabajo se ha empleado la herramienta DYNAMO y se ha investigado su potencial. Una de sus finalidades es la de crear nuevos elementos destinados a la obra civil rápidamente, ya que existen pocos elementos de este tipo, de una manera más sencilla que si se hace manualmente en el editor de REVIT. Otra finalidad muy importante es la posibilidad de poder gestionar información exportándola o importándola con facilidad.

Tras realizar este trabajo, el autor pone de manifiesto la necesidad de crear una biblioteca de objetos civiles parametrizados para que cada vez que se requiera un elemento en un proyecto civil no haya que hacerlo desde cero, porque el tiempo que se debe invertir es bastante importante. Esta línea de investigación que se plantea ha sido recogida en el presente TFG.



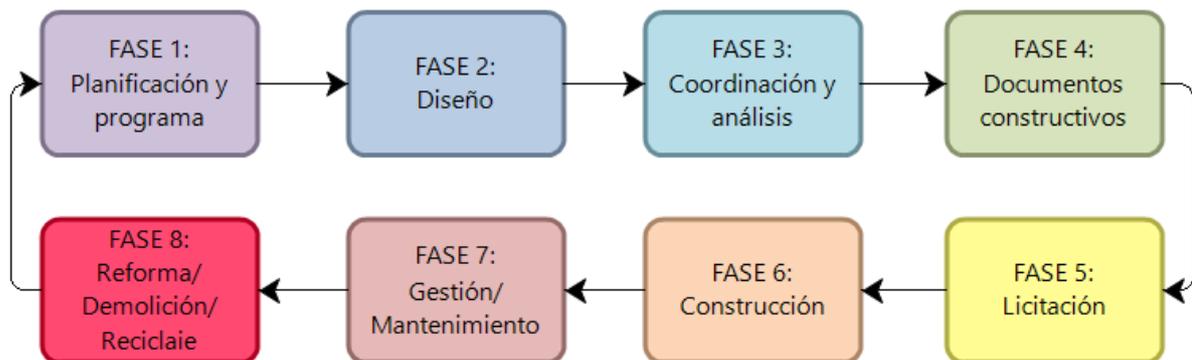
# 3 INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM

En primer lugar es necesario hacer una introducción a la metodología BIM para entender qué es y por qué está cobrando la importancia que está adquiriendo en el mundo de la construcción.

Lo primero que debemos entender es que el Building Information Modeling supone una revolución completa respecto a la metodología tradicional de diseño CAD. Partiremos de la base de que la metodología CAD se basa en imitar a través de una computadora el trabajo clásico de dibujo con lápiz y papel en 2 dimensiones, creando dibujos complejos de forma fácil y precisa sin la necesidad de tener grandes habilidades para el dibujo a mano. Sin embargo, la metodología BIM imita el proceso de la construcción real de los elementos, es decir, va mucho más allá.

Esta metodología no abarca un simple modelo en 3 dimensiones, sino que se realizan modelos multidimensionales que abarcan toda la vida útil de una construcción:

**Ilustración 1:** Fases de un proyecto, extraídas del estándar GDO-BIM.



**Fuente:** Elaboración propia a partir de “Bimetrica Parametric, Services D. Guía de Desarrollo de Objetos BIM Estándar GDO-BIM. 2019” (26)

Más allá de esto, BIM es una metodología de trabajo colaborativa entre todas las partes implicadas en el desarrollo de un proyecto de construcción que en muy poco tiempo está cambiando la forma de trabajar que se estaba llevando a cabo hasta ahora.

Las siglas BIM vienen de Building Information Modeling (Modelado de Información de Construcción). La clave del éxito de esta metodología es que su objetivo es realizar un modelo de información que vincula de forma permanente y dinámica el modelo visual con una base de datos, de forma que si se producen modificaciones en el modelo éstas se ven reflejadas instantáneamente en la base de datos, así como en los planos y demás documentación generada a partir del modelo. Esta idea repercute en un gran ahorro de tiempo y una optimización de todo el proceso, lo cual se ve reflejado en unos proyectos de mayor calidad y rentabilidad.

### 3.1 Orígenes del BIM

La historia del dibujo digital comienza hace casi medio siglo, concretamente en 1962 en el MIT (Massachusetts Institute of Technology). Allí es donde se logra escribir por primera vez un código que sea capaz de representar gráficamente una línea recta en una pantalla. Este fue el germen necesario para que años más tarde, con la evolución de la tecnología, surgiera la posibilidad de realizar dibujos más complejos y avanzados, así es como nació el CAD. Estas herramientas llevan siendo usadas durante décadas en la industria de la construcción, entre otras, para facilitar el trabajo que suponía realizar planos y dibujos a mano.

Con el paso del tiempo las posibilidades de representación avanzaban de la mano de los avances tecnológicos y se podían representar no solo una línea recta, sino dibujos planos complejos, modelos en 3D, etc. Es en este contexto cómo en el año 1975 surge por primera vez la idea de realizar plantas y secciones de un edificio que provinieran directamente de un modelo 3D. Esta idea surgió en Estados Unidos y quedó plasmada por C. Eastman en “The use of computers instead of drawing in building design” (27). En dicho artículo se vaticina el desarrollo de un Sistema de descripción de edificios, BDS, en base a la idea mencionada antes. Sin aún existir el concepto de BIM, ya se podía intuir el enorme potencial de este método de trabajo y los cambios que podría producir en la industria este tipo de herramientas.

Otro evento relevante en la historia del desarrollo del BIM llegaría 12 años después, en 1987, cuando la empresa Graphisoft Archicad da forma a un nuevo concepto al que llamarían “Virtual Building”. Este concepto se refiere a la gestión de modelos multidisciplinares integrados de diseño o construcción incluyendo el producto en sí, procesos de trabajo y la organización de las operaciones que deben realizar los equipos de trabajo en el diseño o construcción del producto.

Siete años después, en 1994 es fundada la alianza internacional de interoperabilidad (IAI) en Estados Unidos, aunque hoy en día conocemos este grupo bajo el nombre BuildingSmart. Esta alianza surgió como una iniciativa para poder desarrollar un conjunto de clases C++ que sirviera como sustento al desarrollo de aplicaciones integradas. Este consorcio de empresas estaba compuesto inicialmente por 12 empresas que fueron invitadas por AutoDesk, aunque poco después se unirían más empresas. Este grupo decide crear por aquel entonces un estándar de intercambio al que llamaron IFC, por sus siglas en inglés Industry Foundation Classes. A día de hoy, este es el lenguaje de intercambio en el que se basa la metodología BIM.

El siguiente evento que desataremos llega en el año 2003, cuando en la Administración General de Servicios estadounidense (GSA), el Servicio de Edificios Públicos (PBS) y la Oficina de Arquitecto Jefe (OCA) llevan a cabo un programa nacional para el desarrollo e implantación del 3D-4D-BIM en los Estados Unidos. A partir de esto, desde el año 2007 en adelante es obligatorio que al menos el programa espacial se realice en BIM para la solicitud de aprobación de aquellos proyectos de envergadura que vayan a recibir fondos públicos.

En 2011, fue en Reino Unido donde se redactó el siguiente plan nacional para el desarrollo e implantación del BIM en los proyectos de obras públicas. En dicho plan se marcaban los diferentes hitos y objetivos que debían alcanzarse para lograr alcanzar un nivel 2 de BIM en 5 años.

Al año siguiente, en 2012, de la mano de BuildingSmart Finlandia se publica el proyecto CoBIM (Common BIM Requirement 2012), donde se establecen los requerimientos BIM para obras de nueva construcción y proyectos de reformas o renovaciones. El objetivo con el que fue publicado este documento fue el de desarrollar una guía estándar que permita aunar y coordinar todas las disciplinas involucradas en el desarrollo de un modelo BIM, asegurando la precisión y garantías necesarias para su uso correcto y efectivo en cada sector. Esta guía se lleva a cabo también con la idea de que sea fácilmente adaptable y modificable para poder recoger las distintas novedades que vayan surgiendo con la evolución natural que está sufriendo el BIM.

Desde este punto, los países que han ido implantando el BIM en sus normativos no ha hecho más que aumentar, como Singapur, que publicó en 2012 su Guía BIM y estableció que desde el año siguiente sería obligatorio entregar en BIM los proyectos de arquitectura y desde el año 2014 los proyectos de estructuras e instalaciones.

En España se creó en 2014 BuildingSmart Spanish Chapter, el capítulo español de Building Smart. A pesar de que vayamos con ciertos años de retraso, se constituyó desde el Ministerio de Fomento la comisión EsBIM que trata de fomentar la implantación del BIM en España y que realiza desde 2017 la labor de observatorio de la implantación del BIM en nuestro país. Dicho observatorio ofrece gratuitamente sus informes trimestrales desde septiembre de 2017.

## 3.2 Fases y dimensiones en BIM

Cuando hablamos de dimensiones en BIM nos estamos refiriendo a las diferentes áreas de trabajo dentro de un proyecto. Estas dimensiones no van asociadas directamente a una fase de proyecto concreta, aunque sí es cierto que posicionar en una fase de proyecto cierta o ciertas dimensiones en concreto nos permitirá hacernos una mejor idea de qué información y qué datos deberemos generar en dicha fase prioritariamente.

Las dimensiones BIM consideradas clásicamente son las siguientes:

- **BIM 3D- Modelo tridimensional**

Se trata del modelado espacial y paramétrico del proyecto. En este punto se debe definir la geometría real del proyecto, todos sus componentes y la posición exacta que ocupan, con el fin de generar un gemelo virtual tridimensional. El modelo deberá ser exportable a otros programas y asegurar la interoperabilidad para que cada disciplina pueda agregar su parte al modelo base con el fin de completar la estructura, así como para poder llevar a cabo labores de control de calidad, viabilidad y verificación de normativa.

- **BIM 4D- Modelo de programación temporal**

El modelado BIM 4D se trata de añadir la variable temporal al modelo geométrico. Este tipo de modelo nos permite hacer una simulación completa por fases de la construcción del proyecto. Por tanto, podremos llevar a cabo una mejor y más eficiente asignación de los medios y recursos necesarios para cada fase. Además de esto, permite una gran anticipación para ver y subsanar en fase de diseño las distintas interferencias que se puedan dar en el proyecto, ahorrando notablemente los costes producidos por estos fallos. A esto último se le denomina detección de conflictos, “clash detection”

- **BIM 5D- Modelo de costes/presupuesto**

Si vinculamos nuestro modelo con una base de precios mediante el uso de los programas necesarios podremos obtener presupuestos a partir de mediciones automáticas. Una de las ventajas de usar modelos tridimensionales es que las mediciones de volúmenes se pueden automatizar y podemos hacer mediciones más exactas de elementos más complejos, con lo que obtendremos presupuestos mucho más realistas y con menos incertidumbre.

- **BIM 6D- Modelo de sostenibilidad**

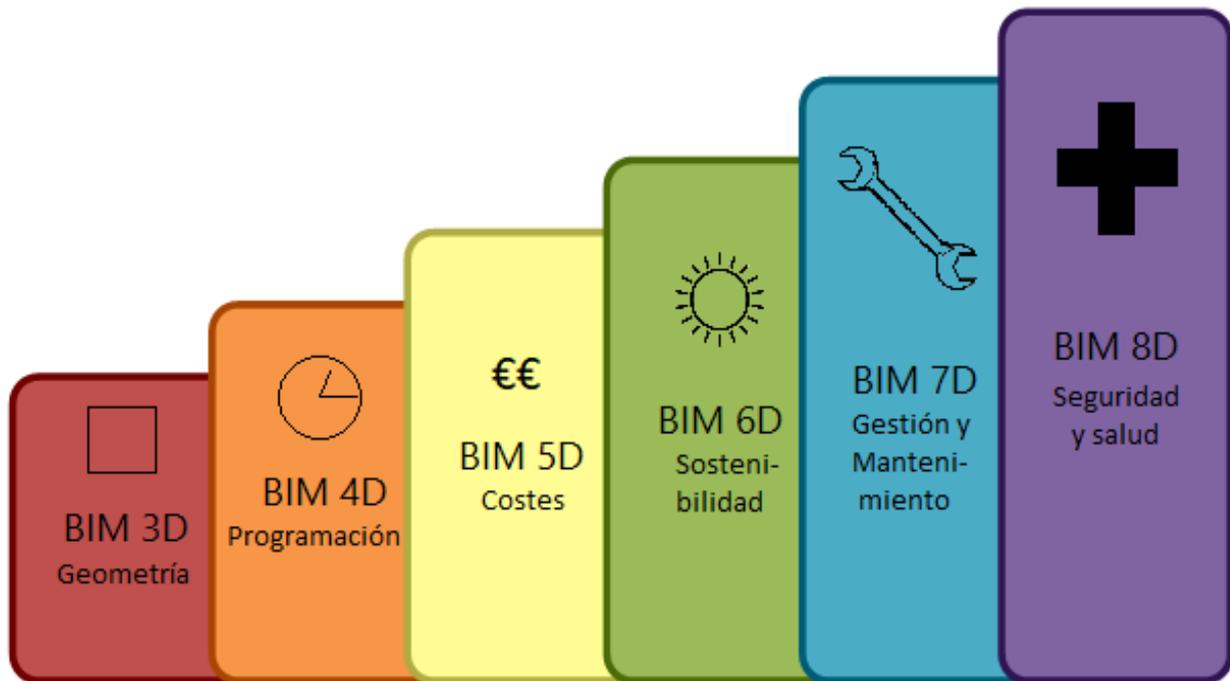
Esta dimensión está relacionada directamente con el comportamiento energético del proyecto. Se pueden llevar a cabo simulaciones energéticas antes de llevar a cabo la obra para obtener entre otras cosas certificados energéticos, mediciones de la huella de carbono, mediciones del impacto ambiental, certificados en sostenibilidad, etc. A menudo esta dimensión se la conoce como BIM verde, “Green BIM”.

- **BIM 7D- Modelo de gestión del ciclo de vida**

Esta es la dimensión más importante para el propietario final del proyecto una vez se finaliza su construcción y comienza la fase de explotación. Permite definir todas las actuaciones que deben realizarse durante su vida para llevar a cabo su mantenimiento en función de la estrategia de conservación que se decida escoger para el proyecto. Además, permite llevar a cabo un seguimiento de las operaciones que se han realizado sobre el objeto dejando constancia de ellas, lo que permite mejorar la trazabilidad. Con esta dimensión se pretende alargar la vida de la construcción y optimizar los recursos que se le asignan durante su vida útil.

- **BIM 8D- Modelo de seguridad y salud**

Se basa en la producción de sistemas de prevención de riesgos laborales y accidentes durante la fase de diseño. Además de en diseñar modelos que permitan mantener un nivel adecuado de salud tanto de los profesionales que se ocuparán de la construcción del edificio o construcción como de las personas que van a habitar dicha construcción.

**Ilustración 2:** Cuadro resumen de las dimensiones del BIM.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Niveles de desarrollo del BIM

Cuando hablamos de elementos u objetos BIM podemos medir el nivel de desarrollo o grado de madurez de la información que posee éste. Esta medida del avance en la información se mide con el nivel de desarrollo LOD, por sus siglas en inglés “Level Of Development”. Debemos aclarar que el LOD no mide la exactitud de la representación gráfica representada, sino de la información que contiene. Por tanto, los diferentes niveles de LOD vendrán definidos en función de estos criterios:

- **LOD 100- Conceptual**

El objeto BIM puede estar representado gráficamente de forma más o menos genérica o conceptual y la información puede ser aproximada. Además de esto tampoco es necesario definir por completo su geometría ni siquiera aunque su ubicación dependa de otros objetos del proyecto. En ocasiones hay objetos que permanecen con este nivel de desarrollo hasta fases avanzadas de proyecto debido a su escasa importancia o relevancia.

- **LOD 200- Anteproyecto**

Se determina la posición y orientación del objeto en el proyecto y se determina, aunque sea de forma aproximada, su geometría. Se corresponde con elementos genéricos que ya pueden llevar cierta información asociada como puede ser coste real, fabricante, manuales de uso o peso. En este LOD se pueden identificar las distintas disciplinas de trabajo.

- **LOD 300- Documentos constructivos**

Un objeto con LOD 300 debe tener una definición geométrica detallada, así como una ubicación exacta y se debe especificar su pertenencia a distintos sistemas constructivos y relación espacial con los demás objetos del proyecto. Se definen de forma exacta cantidades y dimensiones y lleva asociada la información necesaria que permita identificar el producto y llevar a cabo labores de presupuestado y licitaciones.

- **LOD 350- Coordinación**

El grado de información es el mismo que en el punto anterior, pero se ponen en común los objetos llevados a cabo en distintas disciplinas con el fin de detectar conflictos geométricos o colisiones entre distintos elementos.

- **LOD 400- Construcción**

En este punto se especifican las distintas características constructivas de los elementos como pueden ser detalles de su fabricación, puesta en obra o montaje.

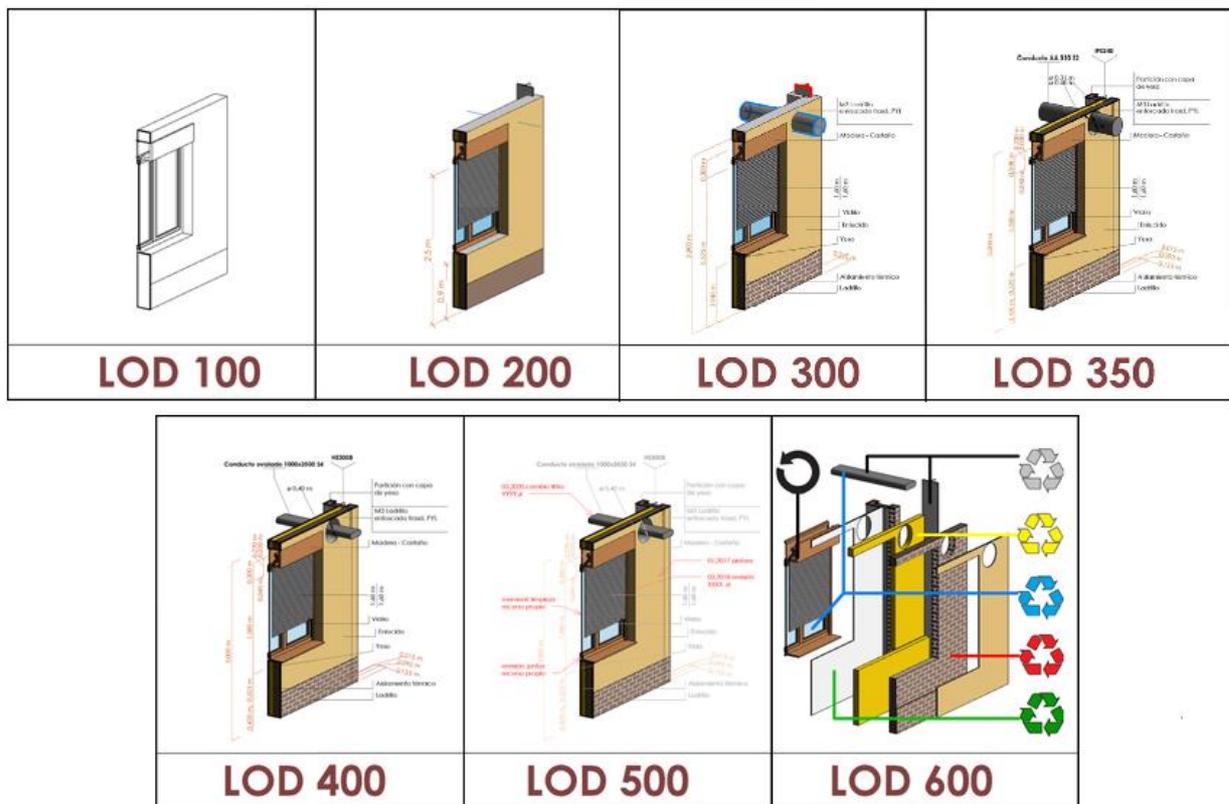
- **LOD 500- Gestión del edificio**

Es el modelado del elemento como ha sido construido en el proyecto real. La información de un objeto con este nivel de detalle sustituye a la información del objeto en niveles inferiores puesto que se representa la situación e información del objeto finalizado. Debe contener información detallada sobre costes, información sobre las labores de gestión, mantenimiento y explotación del proyecto, garantías, proveedores, etc.

- **LOD 600- Gestión de residuos**

La información gráfica en este punto es irrelevante, pero el objeto debe contener información detallada para su correcta gestión como residuo. Se deben especificar características como su vida útil, volumen, composición, toxicidad de sus componentes, operaciones de desmontaje, transporte y reciclaje o desechado, distancia a puntos de reciclaje, etc.

**Ilustración 3:** Esqema ejemplo de niveles de desarrollo BIM.



**Fuente:** Muralit. Cómo conseguir un LOD determinado en tu proyecto BIM | MURALIT [Internet]. 2019 [cited 2020 Aug 28]. Available from: <https://muralit.es/lod-nivel-de-desarrollo/> (28)

### 3.4 Nivel de detalle del BIM

El nivel de detalle se refiere al nivel de detalle gráfico de un proyecto BIM y se denomina por niveles LOG, “Level Of Geometry”. El nivel LOG de un proyecto o un elemento variará en función de los requerimientos

exigidos por el cliente, por la fase de proyecto en la que nos encontremos o, por ejemplo, de la relevancia que le asigne a ese objeto una disciplina concreta. Se suelen distinguir tres niveles de detalle gráfico:

- **Básico**  
El elemento u objeto se representa de manera orientativa mediante volúmenes simples cuya función es delimitar el espacio físico que el objeto debe ocupar.
- **Medio**  
Se realizan representaciones aproximadas de los elementos y sistemas que componen el proyecto, pero se obvian los detalles de un orden inferior a los 5 centímetros.
- **Detallado**  
Como su nombre indica se ofrece un modelado detallado de los elementos y sistemas que componen el proyecto, así como de los elementos de unión y ensamblaje, ofreciendo información gráfica de las conexiones entre elementos. En este caso sí se modelan los elementos de orden menor a los 5 cm.

### 3.5 Nivel de información/precisión del BIM

La información asociada a un modelo BIM es clave y el nivel LOI, “Level Of Information”, nos permite definir la cantidad de información que irá vinculada a un modelo. El grado de información asociada a un modelo dependerá directamente de la fase de proyecto en la que se encuentre y vendrá definida por los requerimientos que exija cada una. En relación con los puntos anteriores podríamos estar hablando de que las tres medidas de nivel se relacionan del siguiente modo:

$$\text{LOD} = \text{LOG} + \text{LOI}$$

Los distintos niveles LOI que podemos distinguir son los siguientes:

- **LOI 100**  
Información asociada a la fase de anteproyecto, puede ser genérica o aproximada, pero debe ser suficiente como para poder hacernos una idea de los productos y sistemas constructivos que componen el proyecto.
- **LOI 200**  
Debe ser suficiente como para iniciar los procedimientos de licitación y presupuestado.
- **LOI 300**  
Información del proyecto finalizado, deben estar definidos detalladamente los datos de costes, productos, sistemas constructivos, montajes, etc.
- **LOI 400**  
Debe contener la información necesaria para la gestión y el mantenimiento del proyecto a lo largo de su vida útil.

### 3.6 Estándares BIM

Los estándares y las guías BIM son herramientas fundamentales que permiten el intercambio de productos y la interoperabilidad dentro de la industria. Permiten que se puedan llevar a cabo productos que sean compatibles con los llevados a cabo por otros agentes sin la necesidad de llevar a cabo diseño de protocolos de coordinación y comunicación.

No resulta nada nuevo que en la industria AEC los estándares y las guías son necesarias y las usamos a menudo (normas de diseño de edificios e instalaciones, instrucciones para el cálculo de estructuras, guías para cálculo de obras geotécnicas, etc...) su uso facilitan el diseño de un proyecto así como su revisión por profesionales externos al equipo de diseño. Algunos serán de aplicación opcional, sin embargo, habrá otros de aplicación

obligatoria por ley o por contrato.

Al adoptar nuevas tecnologías informáticas el uso de normas debe ser un factor esencial en el desarrollo de un producto, ya que facilitarán la comunicación entre las distintas disciplinas, empresas, instituciones o incluso países. A día de hoy hay decenas de guías desarrolladas, en la página web de BuildingSMART podemos encontrar listadas hasta 126 de ellas. Algunas de las más destacables son:

- **Guía CoBIM.**

Es un conjunto de 13 documentos que recogen todos los requisitos exigibles para las nuevas construcciones, rehabilitaciones, explotación y gestión de instalaciones. Su nombre proviene de su nombre en inglés “Common BIM Requirements 2012”.

- **Guía Ubim**

Es la adaptación española llevada a cabo por la comisión española de BuildingSMART de la guía CoBIM. Se compone de 14 documentos y está adaptada a la casuística de España así como a nuestras normativas y estándares vigentes. Se añadió una última parte destinada

- **US National BIM Standard**

Es un proyecto llevado a cabo por el “National Institute of Building Science” de Estados Unidos.

- **Statsbygg BIM manual**

Manual creado por la Dirección de Propiedad y Construcción Pública de Noruega, en noruego “Statsbygg” en 2008, actualizado por última vez en 2013.

### 3.7 Herramientas de modelado BIM

En este apartado vamos a presentar algunos de los programas de modelado BIM más conocidos en la industria y trataremos de conocer sus principales características, ventajas y beneficios. La cantidad de programas existentes es muy numerosa, pero aquí nos limitaremos a mencionar los más usados en la industria AEC.

En cada caso, deberemos elegir el programa que más conveniente nos resulte debiendo tener en cuenta la disponibilidad de los softwares, facilidad o curva de aprendizaje, la comunidad existente alrededor de él, experiencia previa, interoperabilidad, etc. Todos estos factores son importantes y deberemos tenerlos en cuenta antes de tomar la decisión de decantarnos por una herramienta de modelado concreta.

- **AutoDesk REVIT**

Es un programa de modelado BIM que nació en el año 2.000 bajo el nombre REVIT y que fue adquirido por la empresa AutoDesk 2 años después de su nacimiento. Permite realizar modelado 3D mediante elementos de modelado y mediante dibujo paramétrico. Además, permite que el usuario pueda trabajar en dos entornos:

- Entorno de proyecto: el usuario trabaja sobre edificios o proyectos completos y realiza operaciones en cualquier punto del conjunto
- Entorno del editor de familias: el usuario puede centrarse en un único elemento de forma individual

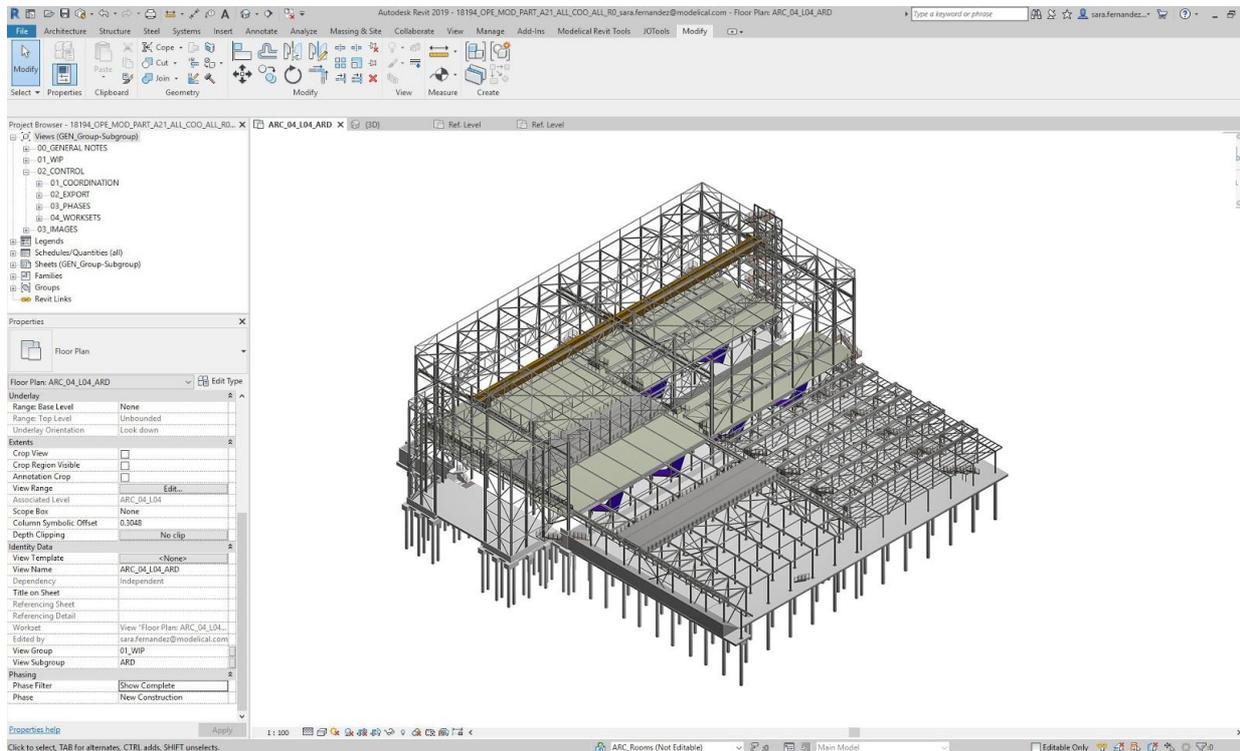
Los elementos dentro de REVIT se clasifican en lo que ellos han llamado familias y se les pueden agregar multitud de parámetros y propiedades.

Una de las grandes ventajas de REVIT es que es probablemente el programa más extendido en la industria de la construcción, usado por profesionales de distintas disciplinas (arquitectura, instalaciones, estructuras). Posee una comunidad muy activa en foros y blogs que permiten encontrar una gran cantidad de ayudas para resolver problemas y para adquirir conocimientos. También es importante el apoyo brindado desde AutoDesk, que facilita manuales de uso muy completos y útiles.

La iniciación y el aprendizaje en esta herramienta es relativamente sencillo, aunque para llegar a ser un experto son necesarias muchas horas de uso y aprendizaje ya que tiene innumerables funcionalidades y herramientas.

AutoDesk REVIT ofrece una versión gratuita para estudiantes con un apoyo completo del soporte técnico de la empresa.

**Ilustración 4: Interfaz de REVIT.**



**Fuente:** Molinos R. Revit Structure - Best Practices - Modelical [Internet]. 2016 [cited 2020 Aug 26]. Available from: <https://www.modelical.com/en/gdocs/revit-structure-best-practices/> (29)

- **EDIFICIOS**

Esta herramienta de modelado BIM está ganando cada vez más importancia en la industria de la construcción y ha sido desarrollada por la empresa ACCA software. Este software integra una gran variedad de funcionalidades de diseño y cálculo de edificios y paisajes y permite llevar a cabo el desarrollo de un proyecto completamente en línea.

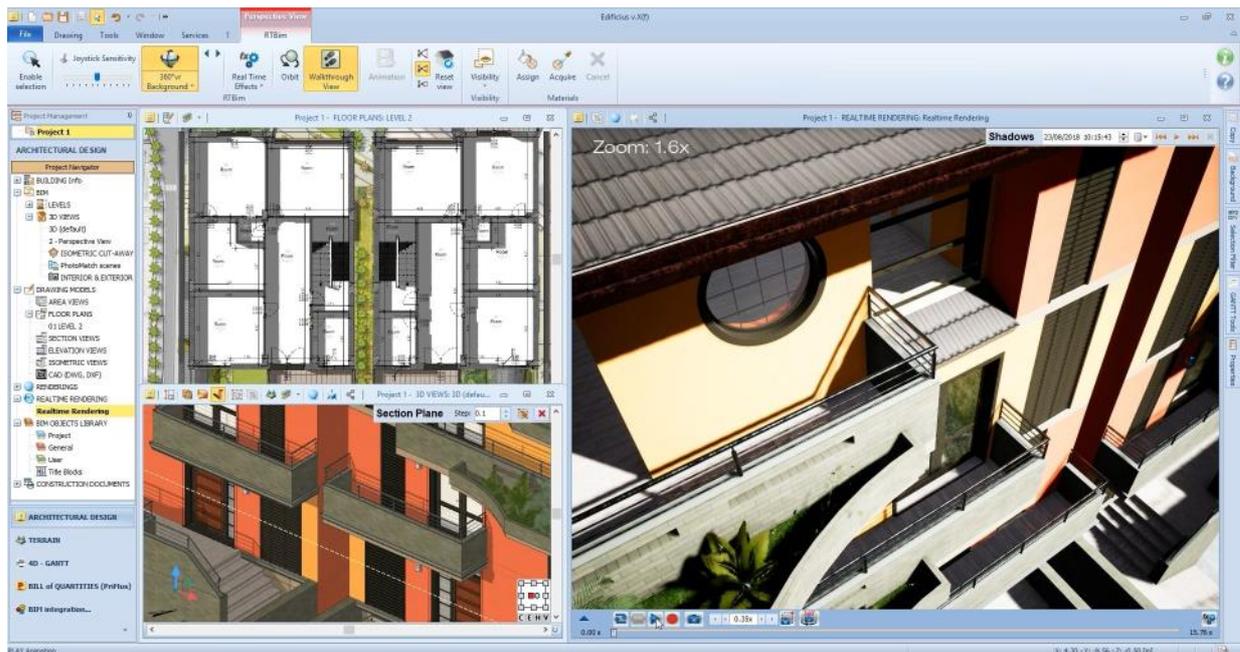
Su curva de aprendizaje es relativamente sencilla y permite al usuario una experiencia del proceso BIM muy completa, dado que la empresa a optado por apostar fuertemente por el OPEN BIM.

Entre una de sus grandes ventajas se encuentra la facilidad de realizar renderings y presentaciones fotorrealistas de manera sencilla y con resultados bastante buenos.

Una de las desventajas que encontramos respecto a REVIT es precisamente el tamaño de la comunidad. Aunque la información que podemos encontrar en foros y blogs sea menor la compañía ACCA ofrece un servicio de soporte en línea dispuesto a resolver cualquier duda y problema de los usuarios.

La compañía ACCA también ofrece una versión completamente gratuita para estudiantes.

**Ilustración 5:** Interfaz de EDIFIUS.



**Fuente:** Edificius - Capterra España 2020 [Internet]. Available from: <https://www.capterra.es/software/132570/edificius> (30)

- **ARCHICAD**

ARCHICAD es un software desarrollado por la empresa húngara Graphisoft y su desarrollo comenzó en 1982, aunque no se lanzó una primera versión hasta 1987. El desarrollo de ARCHICAD supuso la creación del concepto de Construcción Virtual y es reconocido como el primer software capaz de desarrollar modelos en 2 y 3 dimensiones, algo completamente revolucionario.

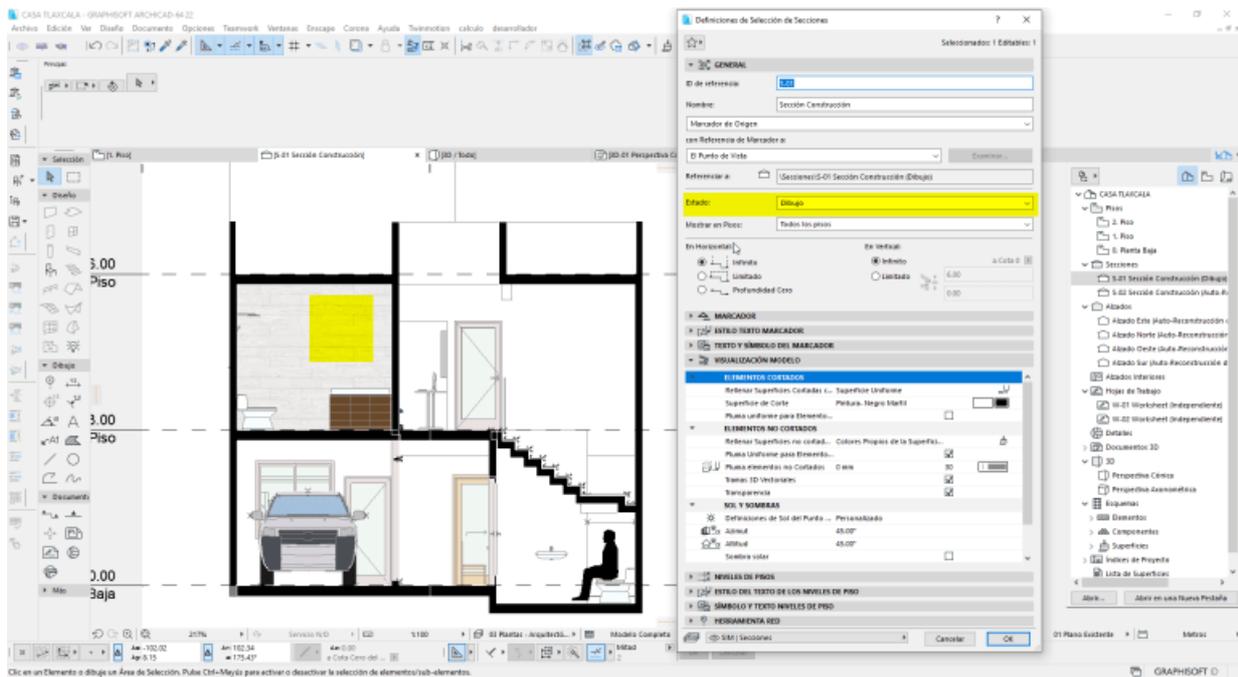
Este programa, a diferencia de los dos anteriores, fue desarrollado inicialmente para sistemas operativos Mac y aún a día de hoy es el único de los tres que ofrece soporte en sistemas operativos Mac y Windows.

Es el segundo software de modelado BIM más empleado en el mundo y destaca por su interfaz sencilla e intuitiva que permiten un aprendizaje bastante sencillo. Además, tiene un motor gráfico muy avanzado capaz de realizar renderizados de forma fácil con resultados más que aceptables.

El usuario puede llevar a cabo modelado de objetos paramétricos y cuenta con bancos de datos de elementos que incluyen todo el ciclo de vida de una construcción.

Este programa también dispone de versiones gratuitas para estudiantes por periodos de un año.

Ilustración 6: Interfaz de ARCHICAD.



**Fuente:** López Figueroa C. blog GRAPHISOFT Latinoamérica [Internet]. 2019 Available from: <http://blog.graphisoft.lat/tip-de-modelado-5-tramas-trama-con-imagen/> (31)

- **ALLPLAN**

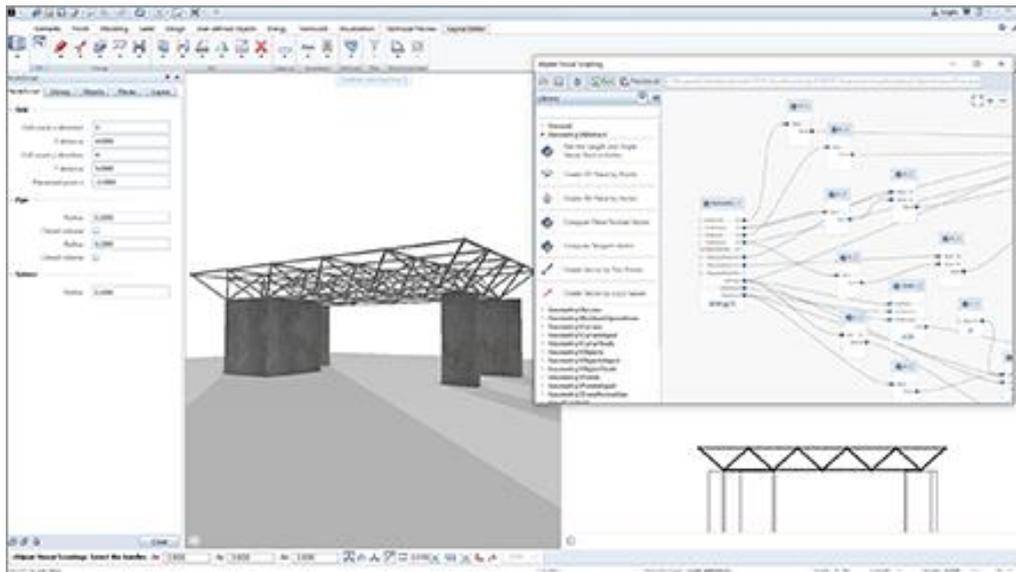
ALLPLAN fue desarrollado por la compañía alemana Nemetschek Group. El desarrollo inicial de este programa se hizo para Unix, aunque hoy en día está disponible para su uso en sistemas operativos de Windows.

En un principio se desarrolló un único programa destinado a la arquitectura, pero están apostando por el desarrollo de software BIM para ingenieros y a día de hoy ya han producido un software destinado específicamente para la ingeniería civil. Con ALLPLAN Engineering Civil se puede hacer modelados completos de puentes y estructuras complejas de hormigón modelando también el armado pasivo o activo de forma detallada.

Los desarrolladores de ALLPLAN han adoptado el OPEN BIM de forma que el usuario pueda tener una experiencia en el proceso BIM completa.

La empresa también ofrece un portal online de aprendizaje para estudiantes. Ofrece una versión gratuita de sus productos y varios tutoriales, videos y foros donde poder resolver dudas.

**Ilustración 7:** Interfaz de ALLPLAN.



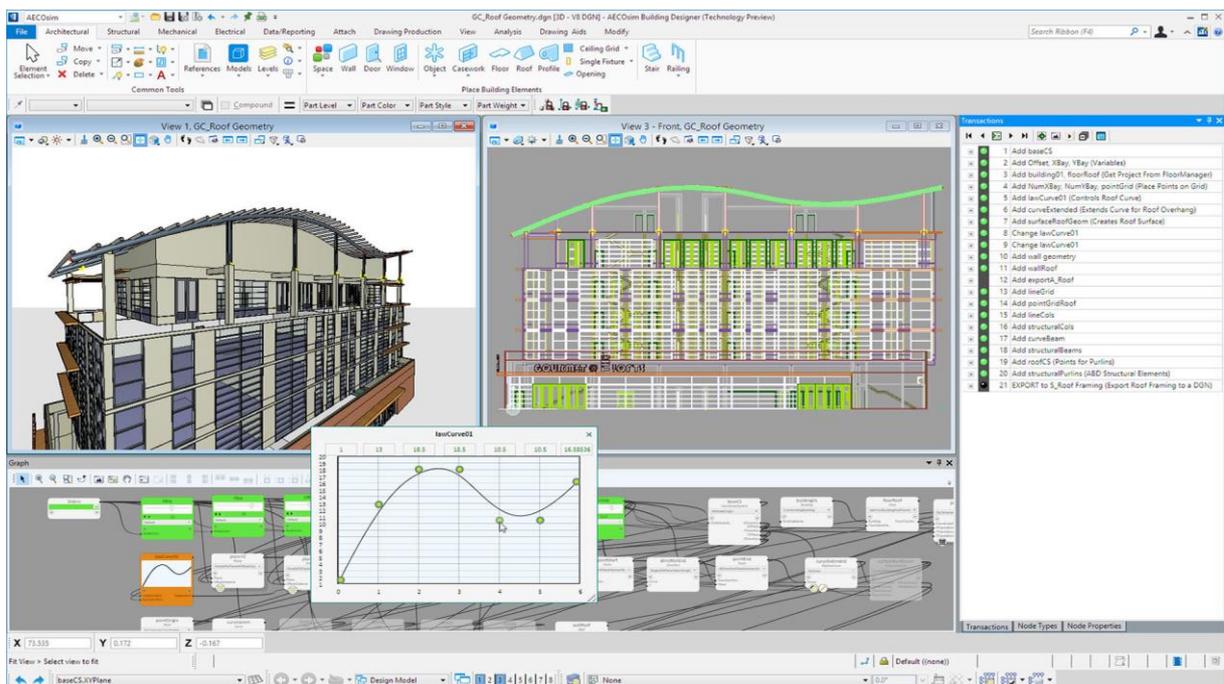
**Fuente:** ALLPLAN Systems España S.A - Novedades Allplan Architecture 2019 [Internet]. [cited 2020 Aug 26]. Available from: <https://www.allplan.com/es/productos/architecture-2019-features/> (32)

- **OpenBuildings Designer**

Este software anteriormente se conocía como AECOsim Building Designer y fue desarrollado por Bentley. No es de las herramientas más extendidas, sin embargo, si es usada en algunos de los estudios de arquitectura más importantes del mundo.

La interfaz que usa este programa se asemeja mucho a la de los programas de Microsoft Office, ubicando las herramientas en distintas pestañas, por lo que puede resultar familiar. Sin embargo, su forma de estructurar la información y los flujos de trabajo suelen resultar confusos para usuarios provenientes de CAD.

**Ilustración 8:** Interfaz de OpenBuildings Designer.



**Fuente:** Bentley News [Internet]. 2017 [cited 2020 Aug 26]. Available from: <https://www.bentley.com/es/about-us/news/2017/september/18/aecosim-building-designer-connect-edition>

### 3.8 Posibilidades y beneficios

La metodología BIM es uno de los avances tecnológicos más revolucionarios de los últimos tiempos en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (industria AEC). La construcción de un modelo digital BIM supone enormes beneficios a la hora de realizar un proyecto. Estos beneficios repercuten directamente en toda la vida de una construcción, desde la fase de diseño y construcción hasta la fase de operación y explotación.

**Ilustración 9:** Beneficios directos del uso de la metodología BIM.



**Fuente:** Revista AENOR 315 - Beneficios directos del uso de la metodología BIM [Internet]. [cited 2020 Jul 1]. Available from: <https://portal.aenormas.aenor.com/revista/315/bim2.html> (34)

#### 3.8.1 Beneficios derivados de la prevención prematura de errores

Normalmente, cuando se proyecta y se ejecuta una obra suele pasar que el precio final que alcanza la ejecución de la misma supera de forma considerable el presupuesto inicial. Esto es algo que es prácticamente inevitable dada el alto grado de incertidumbre que rodea un proyecto. Es muy típico que surjan imprevistos en obra que demoren la fecha de entrega y requieran de soluciones que eleven el precio final. Además de esto, puede darse que sea el propio cliente el que exija una modificación del proyecto inicial y tengamos que incluir nuevas piezas u operaciones que no se habían contemplado en un principio.

Este tipo de problemas se reducen en gran medida con la metodología BIM. Cuando trabajamos con este tipo de tecnologías realizamos una construcción de un modelo 3D que se parece en gran medida a la obra final. Al realizar esta construcción digital podemos prevenir y evitar una gran cantidad de errores que usando la metodología clásica detectarían muy probablemente durante la ejecución de la obra. Con esto podemos evitar sobrecostes y demoras no deseadas.

Acerca de este tema trata el trabajo “Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura: Un proyecto con REVIT” del autor T. Oya Sala(35)

#### 3.8.2 Beneficios derivados de implementar la metodología BIM en la fase de licitación

En el ámbito de las obras públicas fijar un presupuesto inicial es especialmente importante para poder licitar un proyecto y para llegar a un acuerdo con una empresa constructora. Sobre este tema hace un profundo análisis el Trabajo de Fin de Máster realizado por Dña. Victoria Domínguez Blanco. (4)

En dicho trabajo podemos encontrar un completo estudio sobre cómo implementar esta metodología en una de

las primeras fases por las que debe pasar un proyecto, la fase de licitación. Esta fase es de gran importancia, no obstante, la metodología BIM suele estar enfocada en las siguientes fases de la vida de la obra. Cabe destacar que la licitación de obras públicas debe hacerse obligatoriamente con proyectos BIM en varios países (como por ejemplo Reino Unido o Estados Unidos), sin embargo, en España aún no es así. Existen varias iniciativas que fomentan la modernización y la adaptación del sector AEC en España(36) y la intención es que de aquí a pocos años este proceso también se haga obligatoriamente en formatos BIM en nuestro país.

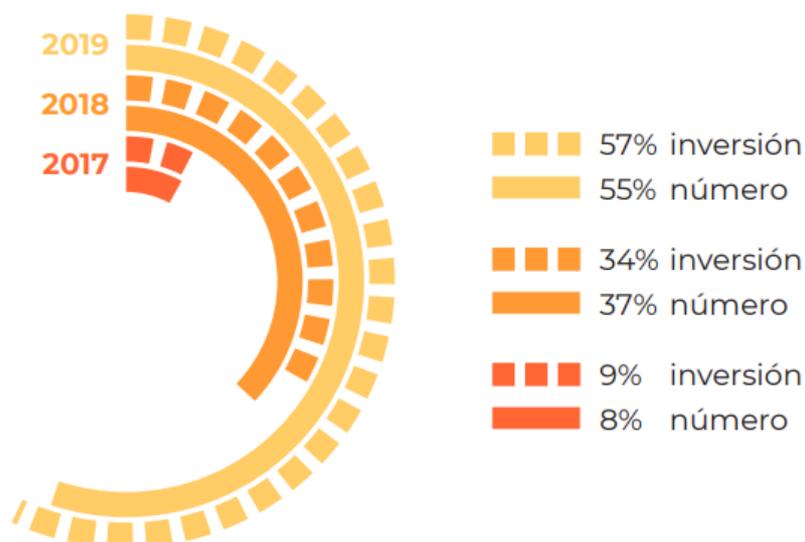
Una importante fuente de información para conocer el estado de la implantación de esta metodología en España es la comisión “es.BIM”. Dicha comisión se encarga de analizar en su observatorio los siguientes factores:

- “Verificar la progresión de la inclusión de requisitos BIM en pliegos de licitación pública: a través de un seguimiento mensual del número de licitaciones públicas con requisitos BIM discriminados por categorías (tipología de la licitación y agente licitador, fase del ciclo de vida, etc.)
- Analizar en qué forma se incluye BIM en estos pliegos:
  - Usos BIM considerados
  - Niveles de detalle
  - Entregables
  - Uso de formatos abiertos
  - Requisitos de colaboración”(37)

En su página web podremos encontrar los análisis trimestrales realizados por la comisión. El último informe disponible es el correspondiente al tercer trimestre de 2019. En este informe podemos ver que la licitación pública de obras de infraestructuras con requisitos BIM ha sufrido un aumento considerable desde los últimos años.

En la siguiente imagen podremos observar la comparación de licitaciones públicas con requisitos BIM en infraestructuras en el periodo comprendido entre 2017 y el primer semestre de 2019

**Ilustración 10 :** comparativa del porcentaje de la inversión y número, respecto al valor total, de licitaciones públicas con requisitos BIM en infraestructuras durante el periodo 2017-19 (primer semestre)



**Fuente:** Observatorio de Licitaciones. Análisis de la inclusión de requisitos BIM en la licitación pública española. Informe 08 tercer trimestre 2019 [Internet]. 2019 Sep [cited 2020 Jun 30]. Available from: [www.esbim.es/observatorio/](http://www.esbim.es/observatorio/) (38)

Queda claro que esta metodología toma cada vez una mayor relevancia en este primer paso de la vida útil de la obra. En el caso de una licitación los beneficios son mutuos tanto para la parte que publica la licitación como para la parte que concurra por conseguirla. Por un lado, la parte licitante puede hacer un ajuste mucho más fino del presupuesto y la planificación y podrá obtener presupuestos sustancialmente inferiores a los obtenidos con

un proyecto clásico, lo que le dará más oportunidades de obtener el contrato y obtener más beneficios. En contraparte, quien oferta la licitación también obtiene el beneficio de que puede comprender mejor toda la complejidad y la envergadura de las propuestas que le llegan además de que asegura que habrá menos imprevistos y tendrá que pagar menos.

### 3.8.3 Beneficios derivados de la adaptación de las administraciones a la metodología BIM

El proceso de licitación es quizás una de las partes del ciclo de vida de una obra donde puede resultar más compleja la aplicación de la metodología BIM. No sólo la parte licitante debe pasar por un proceso de transformación y aprendizaje de la metodología, sino que también la administración que oferta la licitación debe aprender a hacer la correcta valoración de las propuestas que les llegan. Para ello existen numerosas herramientas que permiten revisar que el modelo BIM propuesto cumple con las exigencias requeridas por el proyecto, pero queda claro que si la administración no invierte en la aplicación de dichas herramientas será imposible que esta fase se pueda ejecutar aplicando esta metodología.

Al respecto de lo expuesto anteriormente trata el trabajo de fin de máster de Dña. Sara Saponaro “Progreso de las potencialidades de la metodología BIM con respecto de los procedimientos tradicionales de planeamiento de obras públicas en Italia y en Europa Trabajo Fin de Máster 16-17” (13). En dicho trabajo se expone la potencialidad de esta metodología respecto a las técnicas tradicionales y se realiza un caso práctico de aplicación de herramientas de Code Checking.

El trabajo mencionado realiza un modelo BIM en Revit para luego hacer una revisión de la consistencia del modelo, de las incongruencias espaciales y del cumplimiento de requisitos. La revisión de modelo se lleva a cabo empleando el programa Solibri Model Checker. Este programa es una de las principales herramientas con las cuales se pueden detectar errores, por tanto, puede ser usado tanto por los diseñadores para poder comprobar si el modelo que han realizado es correcto como por las instituciones para poder analizar las distintas propuestas que reciben al publicar una licitación de obra.

El empleo de este tipo de programas como Solibri Model Checker o Naviswork es imprescindible para ahorrar problemas que se solucionarían fácilmente en esta fase de diseño pero que pueden suponer grandes “quebraderos” de cabeza durante la fase de construcción.

Cabe recordar que el trabajo referido analiza las potencialidades de la metodología BIM respecto a las técnicas tradicionales, concretamente las ventajas al respecto de la validación de modelos mediante BIM Validation y Code Checking (Todo llevado a cabo en este caso con el programa Solibri Model Checker).

Finalmente, la conclusión que se obtiene es que la adaptación por parte de las administraciones y los empresarios a la metodología BIM resulta ser una gran ventaja que aporta seguridad, agilidad para comprobar modelos y que reduce el número de fallos. Por tanto, la promoción de este tipo de herramientas entre las instituciones públicas resulta ventajoso para todas las partes implicadas en la licitación de una obra.

### 3.8.4 Beneficios derivados de las mejoras en la visualización

La metodología BIM se basa en la construcción en 3D de un modelo digital que no solo es una representación visual, también debe llevar asociada información. No obstante, la posibilidad de desarrollar un modelo digital aporta grandes posibilidades de visualización que permiten obtener una representación del proyecto mucho más definida y detallada, lo que nos da la posibilidad de hacernos una idea de la complejidad de las obras mucho más completa.

En el trabajo “Gestión de proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD). Análisis y estudio de dos casos en EE.UU.” de D. Junior Ogbamwen(39) se analiza un caso práctico de construcción de un intercambiador intermodal en California donde se recogen las impresiones de los arquitectos responsables del proyecto sobre el uso de la metodología BIM en dicho proyecto. En palabras de los propios arquitectos, el hecho de poder visualizar este modelo 3D les resultó crucial para poder transmitir con facilidad todos los detalles del diseño tan complejo que llevaron a cabo.

Además del trabajo anterior también tenemos “BIM a la realidad virtual, generación de modelos arquitectónicos interactivos a través de BIM Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre” (40). Este trabajo trata de llevar más allá la interoperabilidad entre programas BIM e intenta llevar a cabo un modelo en realidad virtual de una obra realizada en Revit que no solo tenga las propiedades geométricas, sino que conserva las propiedades y la

información que le hemos asociado. Además, toma prestada herramientas del sector de los videojuegos para poder desarrollar una experiencia interactiva con el modelo mediante un motor gráfico.

Cabe mencionar que hasta hoy a la hora de hacer una representación 3D de un modelo se han venido realizando modelos renderizados que están completamente vacíos. Este trabajo abre la puerta a la posibilidad de poder hacer un modelo 3D en realidad virtual que gozaría de las ventajas de la metodología BIM. Una de las principales ventajas sería que si decidimos realizar una modificación en el modelo inicial esta se vería reflejada automáticamente en el modelo en realidad virtual aplicando los correctos flujos de trabajo. De este modo podríamos usar las herramientas de visualización necesarias para hacer visitas virtuales a nuestro proyecto con la posibilidad de encontrar posibles puntos de mejora o de subsanación de fallos en la fase de diseño.

Este trabajo pone de manifiesto que esta posibilidad de visualización en realidad virtual aún está muy verde y necesita de una buena investigación y un mayor desarrollo para que la interoperabilidad entre herramientas BIM y los motores gráficos sean más eficientes y se subsanen los principales errores que se han detectado durante su desarrollo.

### **3.9 Conclusión**

Los trabajos analizados son solo una pequeña parte de todos los beneficios que puede aportar el BIM en la industria AEC. Como podemos ver, las ventajas del BIM son innumerables frente a la metodología de trabajo clásica. No obstante, requiere de un esfuerzo de adaptación de medios y personas que no es fácil de acometer.

Todos los trabajos que hemos tenido la posibilidad de analizar ponen de manifiesto que el BIM ha llegado para quedarse y evolucionar y que debemos adoptar sus flujos de trabajo para no quedarnos estancados y atrasados respecto a la competencia. Hay varios autores que incluso comparan la aparición de estas herramientas con la revolución industrial del S.XXI en el campo de la construcción.

La queja por parte de los autores de que las herramientas de modelado BIM no están enfocadas para su aplicación en la obra civil se vienen repitiendo bastante a menudo. Por tanto, la industria de la obra civil debe avanzar y dar un paso adelante en la evolución digital de los métodos constructivos.

# 4 LA HERRAMIENTA DE MODELADO

---

En este punto haremos una introducción del funcionamiento de la aplicación REVIT 2020. En primer lugar, justificaremos el motivo de la elección de dicho software para la realización del presente trabajo de investigación. A continuación, haremos una presentación de la interfaz del usuario. Por último, vamos a hacer un repaso de varios conceptos que debemos conocer para entender bien el funcionamiento y la forma de trabajo de la aplicación, especialmente nos centraremos en las familias y los distintos tipos de parámetros que pueden aparecer en REVIT.

## 4.1 Elección del software REVIT

En primer lugar, vamos a justificar el motivo por el cual vamos a escoger REVIT para el desarrollo de esta práctica. Partiremos de la base de que el objetivo final será el de desarrollar varios objetos BIM paramétricos que deben resultar útiles en la industria.

Dicho esto, uno de los principales motivos por el cual emplearemos esta herramienta como software de modelado será precisamente que es el software más usado a nivel profesional en el mundo. Si queremos que nuestro producto pueda ser empleado por distintos usuarios de distintas disciplinas siempre será más interesante hacer un trasbaste de información en formatos nativos antes que en formato IFC para evitar cualquier posible pérdida de información.

Otra de las ventajas de ser el software más empleado es la enorme cantidad de información que podemos encontrar para aprender a usar esta herramienta. Para poder llevar a cabo este trabajo ha sido necesario un aprendizaje partiendo desde cero del uso de las herramientas BIM. Existen numerosos manuales acerca del uso de REVIT que han sido redactados por la propia empresa AutoDesk tanto por agentes externos y hay manuales para usuarios de todos los niveles. Además de esto, podemos encontrar mucha más información en foros, blogs y tutoriales que harán el aprendizaje mucho más sencillo.

Es importante remarcar que a lo largo de nuestros estudios hemos aprendido el uso de herramientas CAD, concretamente con herramientas pertenecientes a AutoDesk. Por tanto, nos encontramos familiarizados con los flujos de trabajo y las interfaces de esta familia de herramientas. Esto supone un punto más a favor para emplear REVIT.

En línea con el punto anterior, debemos destacar que este software tiene una integración completa con todos los de la familia de herramientas de AutoDesk y los intercambios de información desde unos a otros están integrados de una manera muy efectiva. Además de esto, REVIT tiene una integración directa con otros programas muy empleados e importantes en la gestión de proyectos BIM como Naviswork y programas que permiten la automatización de tareas complejas como Dynamo.

Por último, el acceso a todas las herramientas de AutoDesk está abierto para estudiantes que soliciten una licencia.

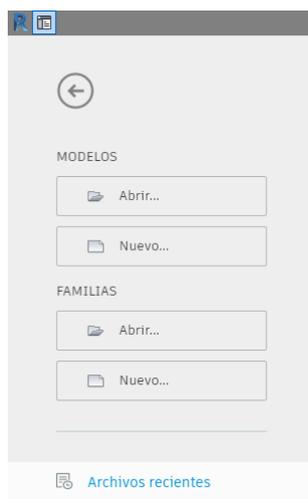
Por todas estas razones, hemos tomado la decisión de llevar a cabo el modelado de nuestros elementos BIM con el programa REVIT versión 2020.

## 4.2 Primeros pasos en REVIT

En primer lugar vamos a conocer cómo funciona esta herramienta para conocer los nuevos flujos de trabajo que debemos adoptar y cuáles son los nuevos términos que vamos a acuñar para estar familiarizados con ellos antes de explicar cómo modelizar familias de objetos paramétricos.

Al abrir la aplicación lo primero que encontramos es la pantalla de selección de proyectos o familias. Esto es porque REVIT permite gestionar proyectos completos o gestionar familias nuevas o ya existentes.

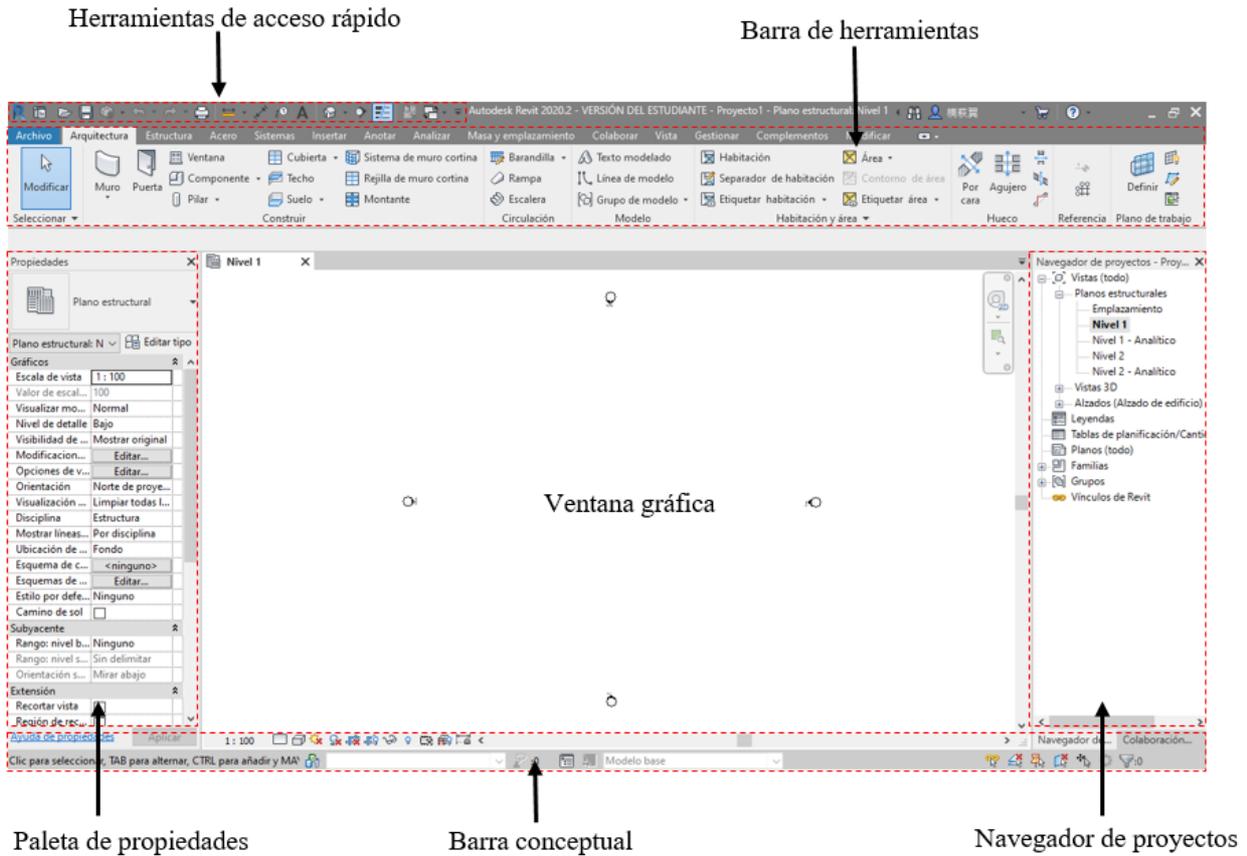
**Ilustración 11:** Interfaz de inicio de REVIT 2020 donde seleccionaremos el tipo de archivo que queremos crear o abrir.



**Fuente:** Elaboración propia.

En primer lugar, vamos a crear un nuevo modelo de proyecto para conocer la interfaz de REVIT. Seleccionaremos cualquiera de las plantillas de proyecto disponibles y nos aparecerá una pantalla en la que podemos distinguir los siguientes apartados:

**Ilustración 12:** Interfaz pantalla principal REVIT 2020.



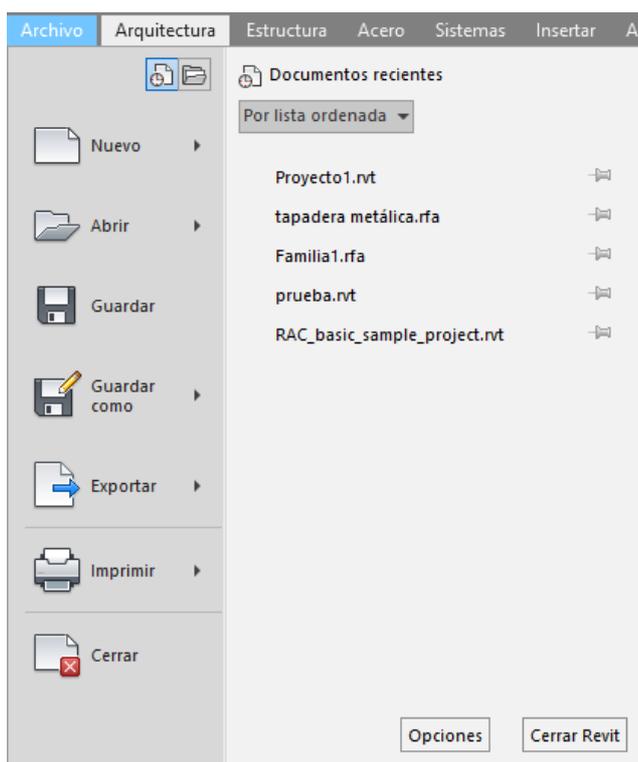
**Fuente:** Elaboración propia.

Vamos a repasar qué podemos encontrar en cada uno de estos apartados.

### 4.2.1 Barra de herramientas

La barra de herramientas se divide en pestañas en las que podemos encontrar los distintos grupos de herramientas necesarios para modelar y gestionar un proyecto. La primera pestaña “Archivo” es especialmente importante ya que desde ella podemos gestionar los archivos de REVIT y también podemos encontrar todas las opciones de personalización del software.

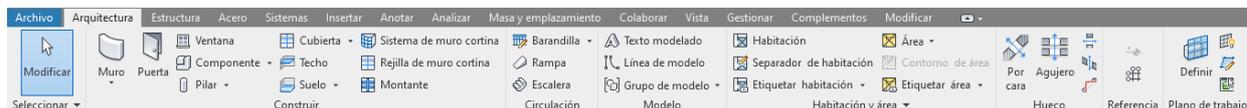
**Ilustración 13:** Pestaña Archivo.



**Fuente:** Elaboración propia.

En las siguientes pestañas encontraremos herramientas diferenciadas por según lo que estemos modelando. Por ejemplo en la pestaña “Arquitectura” encontraremos todas las necesarias para poder modelar un edificio (muros, suelos, techos, ventanas, etc.).

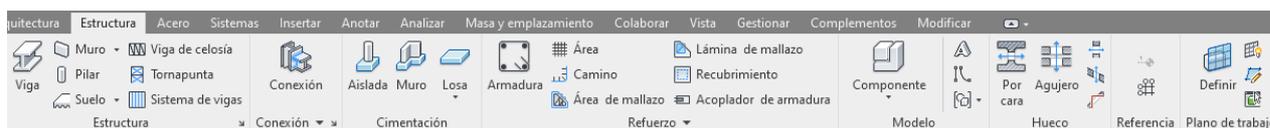
**Ilustración 14:** Pestaña Arquitectura.



**Fuente:** Elaboración propia.

En la pestaña “Estructuras” podremos encontrar las herramientas más interesantes para nuestra disciplina, puesto que podremos las necesarias para poder modelar elementos estructurales, sus conexiones, cimentaciones y armaduras por ejemplo. Estos elementos pueden llevar asociadas propiedades físicas como por ejemplo su peso, módulo elástico, módulo de Young o coeficiente térmico que pueden ser exportados para realizar un análisis estructural de elementos finitos.

**Ilustración 15:** Pestaña estructuras.



**Fuente:** Elaboración propia.

La pestaña “Sistemas” permite modelar instalaciones de fontanería, eléctricas o de ventilación fácilmente.

**Ilustración 16:** Pestaña Sistemas.



**Fuente:** Elaboración propia.

Otra pestaña que puede resultarnos interesante es la de “Masa y emplazamiento”. Desde ella podremos modelar elementos con formas poco convencionales o complejas así como gestionar todo lo relacionado con el terreno, el entorno, etc.

**Ilustración 17:** Pestaña Masa y emplazamiento.



**Fuente:** Elaboración propia.

No vamos a profundizar más en explicar el resto de pestañas, aunque en ellas podremos encontrar las herramientas con las que podremos insertar o enlazar todo tipo de archivos en nuestro proyecto, insertar anotaciones, modificar las vistas, acceder a algún plug-in, modificar nuestro proyecto, etc.

## 4.2.2 Herramientas de acceso rápido

En esta barra encontraremos de forma directa el acceso a las herramientas más usadas en REVIT. El contenido de esta barra se puede personalizar, aunque comúnmente podremos encontrar en ella las herramientas para:

**Ilustración 18:** Barra de herramientas de acceso rápido.



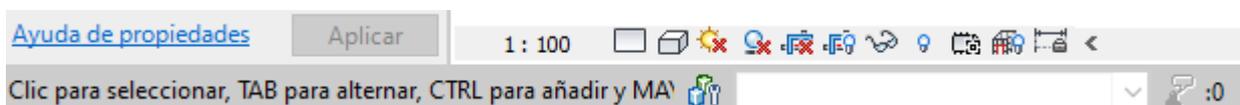
**Fuente:** Elaboración propia.

- Abrir/Cerrar archivos
- Guardado rápido
- Imprimir
- Deshacer/Rehacer
- Medir
- Acotar
- Insertar cota
- Insertar anotación
- Gestionar vistas
- Gestionar ventanas

## 4.2.3 Barra conceptual

Al igual que en la barra de acceso rápido podremos encontrar un acceso directo a diferentes herramientas mediante iconos. En este caso las herramientas están relacionadas con la visualización de elementos en la ventana gráfica. Además, podremos ver y modificar la escala en la que estamos trabajando y aparecerán instrucciones que van variando en función de la herramienta que seleccionemos.

**Ilustración 19:** Barra conceptual.



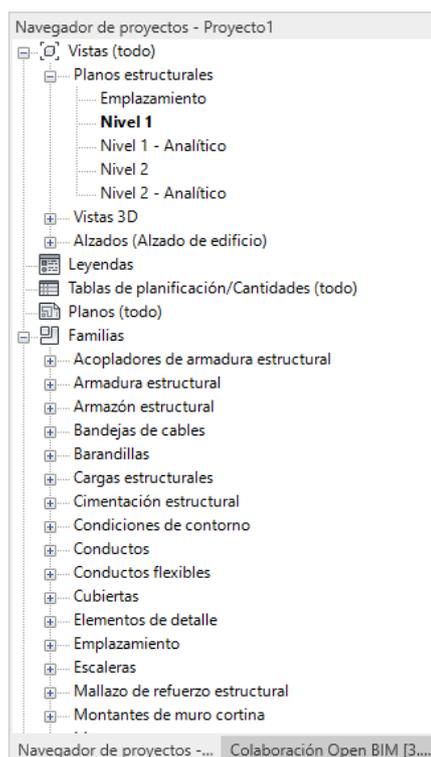
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.4 Navegador de proyectos

Una de las grandes diferencias con AutoCAD es que en REVIT ya no se trabaja con capas, sino con vistas. Para poder acceder a todas ellas podemos hacerlo desde el navegador de proyectos. Una de las ventajas de esto es que podemos realizar y modificar las distintas vistas a nuestro antojo sin que el modelo se vea modificado.

Desde este navegador de proyectos también tenemos acceso a todas las familias de elementos de REVIT y podremos hacer duplicados, suprimir, modificar o seleccionar todos los ejemplares de un tipo concreto que existan en nuestro proyecto desde aquí.

**Ilustración 20:** Navegador de proyectos.



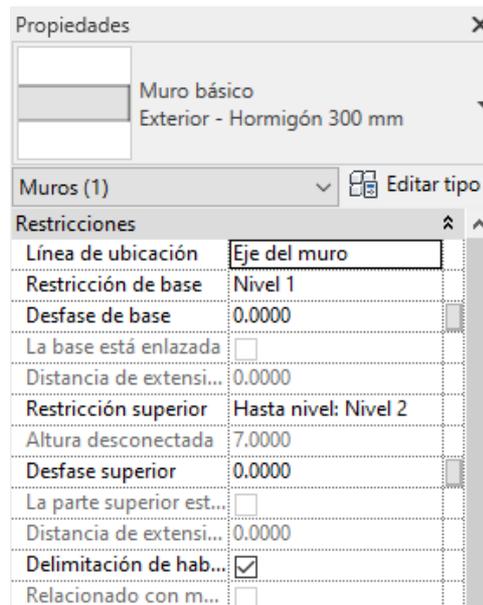
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5 Paleta de propiedades

En este espacio podemos encontrar las propiedades del objeto seleccionado. Las propiedades que aquí encontramos son de 2 tipos:

- **Propiedades de ejemplar**

Las propiedades de ejemplar son los parámetros que caracterizan un ejemplar o varios concretos que hayamos seleccionado. Por ejemplo, si construimos varios muros del tipo que sea y seleccionamos uno de ellos podremos ver las siguientes propiedades:

**Ilustración 21:** Paleta de propiedades

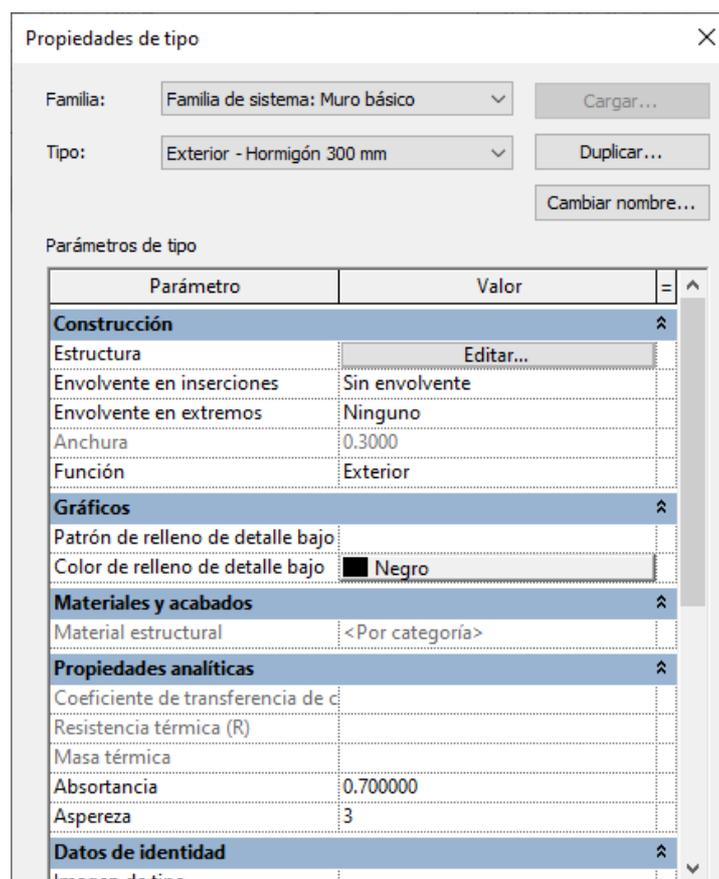
**Fuente:** Elaboración propia.

Si ahora variamos algún parámetro como por ejemplo la restricción de base o la restricción superior estas propiedades variarán únicamente para el elemento que hemos seleccionado.

- **Propiedades de tipo**

Siguiendo el ejemplo del punto anterior, las propiedades de tipo afectan a todos los ejemplares que existan de un tipo concreto de una familia. En el caso del ejemplo, los muros que hemos construido son de la familia “Muro básico” y del tipo “Exterior – Hormigón 300 mm”. Las propiedades de tipo que nos aparecen son las siguientes:

**Ilustración 22:** Ventana propiedades de tipo.



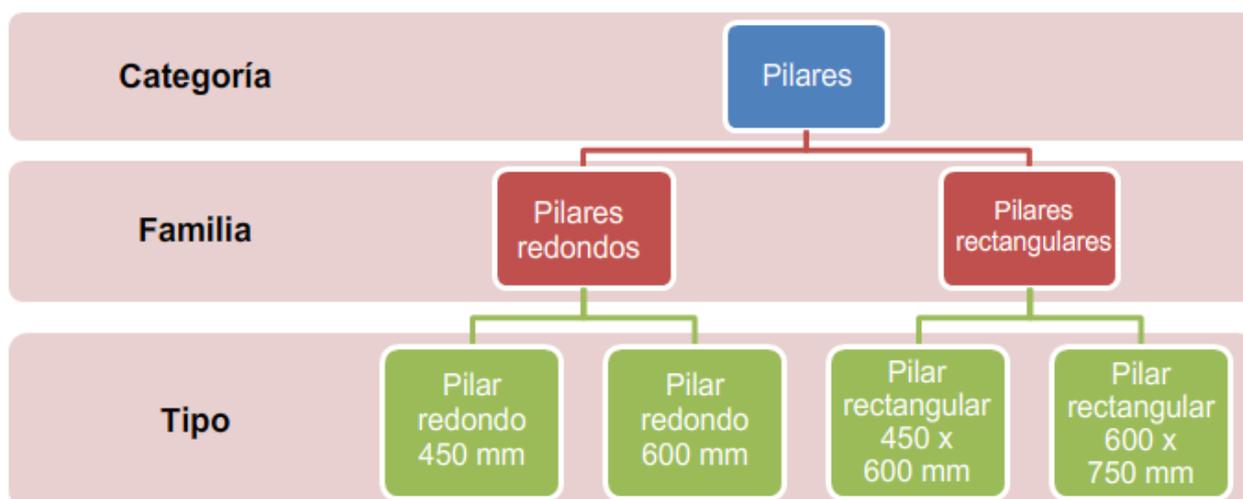
**Fuente:** Elaboración propia.

Si en este caso modificáramos por ejemplo los valores de la absorción o el color de relleno, estas variaciones aplicarían para todos los muros de este tipo que hayamos construido.

### 4.3 Organización de elementos en REVIT

En el apartado anterior ha surgido el término familia y tipo. Para entender bien qué es esto debemos entender cómo se organizan los elementos en REVIT. El esquema de clasificación de elementos que sigue el programa es el siguiente:

**Ilustración 23:** Esquema de clasificación de elementos en Revit.



**Fuente:** Descripción de términos de Revit LT | Revit LT | Autodesk Knowledge Network [Internet]. [cited 2020 Sep 1]. Available from: <https://n9.cl/uggq> (42)

En los manuales de REVIT ofrecidos por AutoDesk en su web dedicada al aprendizaje y soporte de la aplicación(43) podemos encontrar las siguientes definiciones:

- **Categoría**

“Una categoría es un grupo de elementos que se utilizan para modelar o documentar un diseño de construcción”(44)

- **Familia**

“Las familias son clases de elementos en una categoría. Una familia agrupa elementos con un conjunto de parámetros comunes (propiedades), la misma utilización y representación gráfica similar. Los distintos elementos de una familia pueden tener diferentes valores en algunas o todas sus propiedades, pero tienen el mismo conjunto de propiedades (sus nombres y significados).”(44)

- **Tipo**

“Cada familia puede tener varios tipos. Un tipo puede ser un tamaño específico de una familia, por ejemplo, un cuadro de rotulación 30” X 42” o A0. También se considera tipo un estilo, como el estilo alineado o angular por defecto para cotas.”(44)

- **Ejemplar**

“Los ejemplares son los elementos reales (individuales) que se colocan en el proyecto y tienen ubicaciones específicas en la construcción (ejemplares de modelo) o en el plano de dibujo (ejemplares de anotación).”(44)

Esto quiere decir que cuando nosotros introducimos un nuevo elemento en nuestro proyecto de REVIT estamos creando un ejemplar nuevo. Dicho ejemplar tendrá un conjunto de parámetros el cual vendrá definido por la familia a la que pertenezca y en función de los valores que tengan asignados dichos parámetros tendremos que hemos creado un elemento de un tipo en concreto.

## 4.4 Familias

Queda claro que una familia está compuesta por un grupo de elementos que comparten una serie de parámetros idénticos. Partiendo de esta base vamos a pasar a explicar los tipos de familias que existen en REVIT. La clasificación de las familias se puede hacer en función de su representación en el modelo o en función de origen.

Cuando hablamos de clasificar las familias en función de su representación en el modelo podemos hablar de que existen tres grupos distintos:

- **Grupo de familias de modelo**

Este grupo de familias se corresponde con elementos espaciales, entidades que ocupan un volumen físico en el modelo 3d y que tienen un significado constructivo real. Por tanto, los elementos que pertenezcan a este grupo se podrán visualizar en cualquier vista del modelo que creemos, tanto si es plana como si es tridimensional.

Los elementos de modelo pueden tener dos funcionalidades distintas, pueden ser elementos anfitriones o elementos huéspedes. Esta denominación es bastante intuitiva ya que los elementos huéspedes se deben alojar o ubicar dentro de un elemento anfitrión. Los elementos del tipo anfitrión pertenecerán a lo que llamamos familias de sistema, lo cual explicaremos más adelante.

Un ejemplo de lo expresado anteriormente sería un muro con una puerta. En este ejemplo el muro sería el elemento anfitrión, mientras que la puerta sería un elemento huésped que necesita del muro como base para poder ser creado.

- **Grupo de familias de elementos de referencia**

Los elementos de referencia son los que sirven como base o como guía a los elementos de modelo. Por

tanto, en los flujos de trabajo de modelado de un proyecto estos elementos suelen ser los primeros en definirse.

Un ejemplo de elementos de este grupo son los niveles, los cuales nos definen distintos planos de referencia a una cota determinada. Para construir un muro, normalmente se hacen tomando un nivel como base y se le asigna una altura determinada o bien se le asigna otro nivel como referencia superior. Otro ejemplo son las rejillas, que sirven como línea base de guía para la construcción de un pilar.

- **Grupo de familias anotativas**

Al contrario del grupo de familias de modelo, los elementos que pertenezcan a las familias de este grupo son entidades planas que estarán asociados a una vista concreta. Es decir, si yo creo un elemento anotativo en una vista de alzado, ese elemento sólo lo podré visualizar en esa vista concreta. Si quiero que dicho elemento aparezca en otra vista distinta tendremos que hacer un duplicado de los elementos deseados. Además de esto, sólo podrán aparecer en vistas planas y no en visualizaciones 3d del modelo.

Los elementos anotativos pueden ser por ejemplo notas de texto estáticas o pueden ser etiquetas, las cuales nos muestran el valor de un parámetro, por lo que, si variamos el valor de ese parámetro, el contenido mostrado por la etiqueta variará de igual forma.

El otro método de clasificación de familias de REVIT es en función de su origen. Esta clasificación divide las familias en tres tipos también:

- **Familias de sistema**

Este tipo de familias alojan elementos que sirven para modelar los elementos constructivos básicos que componen un proyecto. Es decir, contienen los elementos básicos que se podrían ensamblar en una obra. Las familias de sistema ya se incluyen dentro de REVIT y no se pueden cargar desde un archivo externo, como mucho podremos llegar a copiarlas de un proyecto y pegarlas en otro.

Dentro de este grupo encontramos los elementos básicos como pueden ser muros, ventanas, cubiertas, pilares, etc... Además de esto, también pertenecen a este grupo las familias de objetos de referencia como los niveles y rejillas y otros elementos del proyecto como los planos o las ventanas gráficas. Esto no es más que una muestra más de que todo en REVIT está parametrizado.

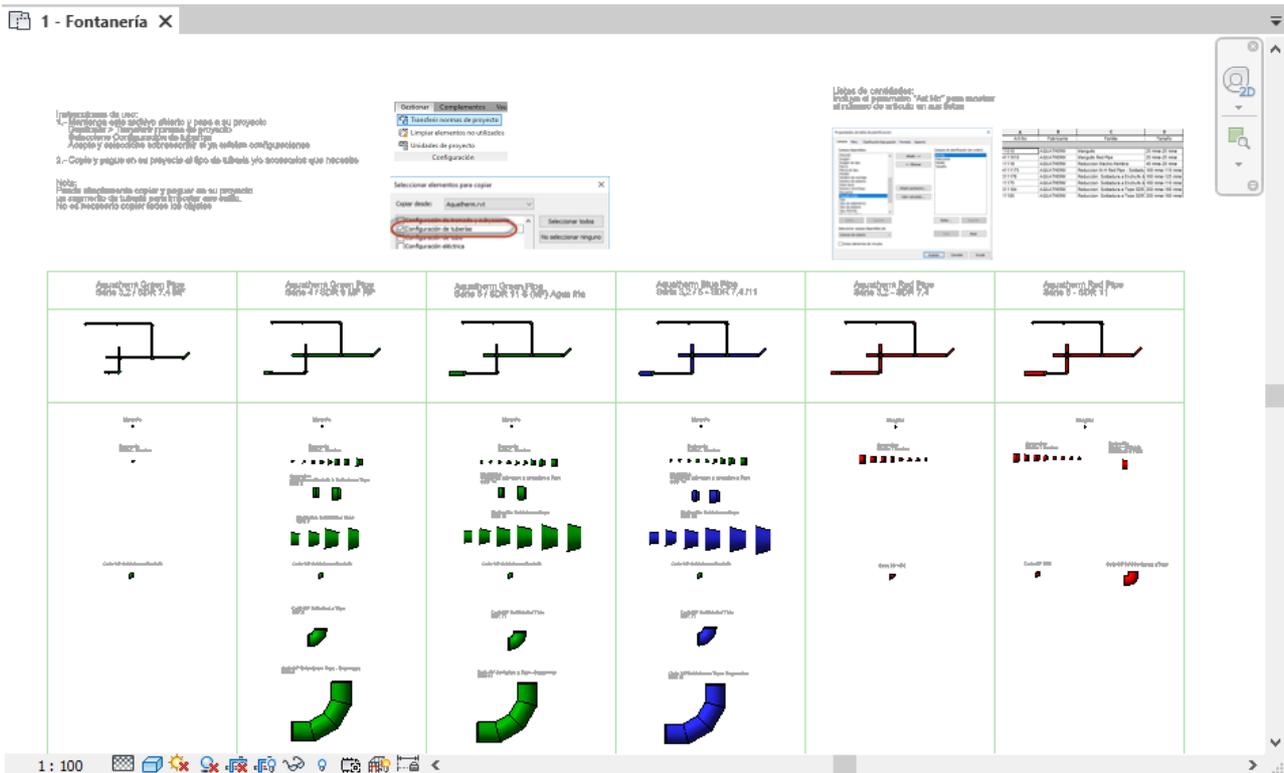
- **Familias cargables**

Estas familias adquieren el nombre de cargables porque para poder emplearlas en un proyecto deben cargarse desde un archivo externo de extensión .Rfa y no se encuentran predefinidas por defecto en cualquier nuevo proyecto. Este tipo de familias son muy dadas a la modificación y personalización y permite la creación de elementos complejos.

Las familias de elementos que suelen cargarse en un proyecto se corresponden con elementos que se adquieren y se instalan en un edificio tras su construcción o bien pueden ser elementos de anotación concretos personalizados.

En ocasiones, estas familias se adquieren directamente de internet o son facilitados por un fabricante para que introduzcamos sus componentes en nuestra construcción. Estas familias cargables pueden llegar a contener tal cantidad de tipos de elementos que es común encontrar catálogos de tipos. Estos catálogos pueden resultar bastante útiles por ejemplo cuando estamos trabajando con elementos de instalaciones de fontanería, donde hay una gran cantidad de elementos de características similares entre sí y que nos pueden ahorrar tiempo en decidir cuál es el tipo concreto que queremos instalar en nuestro modelo.

Ilustración 24: Ejemplo de catálogo de tipos de familias.



**Fuente:** Aquatherm Iberica S.L. Librería BIM de sistemas de tuberías para aplicaciones específicas [Internet]. [cited 2020 Sep 2]. Available from: <https://aquatherm.es/area-tecnica/libreria-bim-sistemas-tuberias-aplicaciones-especificas/> (45)

Este tipo de familias son muy relevantes para este trabajo, ya que el objetivo final será llevar a cabo varias familias cargables de elementos pertenecientes a una red de abastecimiento. Estos elementos son muy concretos y no existen en la actualidad familias cargables que los contengan.

- **Familias in situ**

La última clasificación de familias corresponde a las que se crean, como su propio nombre indica, in situ en el contexto de un proyecto específico. Estas familias no se importan desde un archivo externo .rfa, por lo que tampoco podremos importarlo a otros proyectos. La única posibilidad que tenemos de emplearlos en otros proyectos es haciendo un copiado y pegado, pero esto está desaconsejado por los propios desarrolladores del programa debido a que al pegar la familia en otro proyecto podemos aumentar mucho su tamaño y disminuir el rendimiento del software.

Otro inconveniente es que este tipo de familias no permiten realizar un duplicado para crear varios tipos dentro de la familia, solo podemos hacer copiados. Por tanto, este tipo de elementos tienen sentido cuando pensemos que se van a usar única y exclusivamente en un solo proyecto.

## 4.5 Parámetros

Como hemos mencionado anteriormente, REVIT trabaja con parámetros. Por tanto, vamos a explicar qué son los parámetros, para qué sirven y qué tipos existen, ya que estos son de gran importancia en el mundo del BIM.

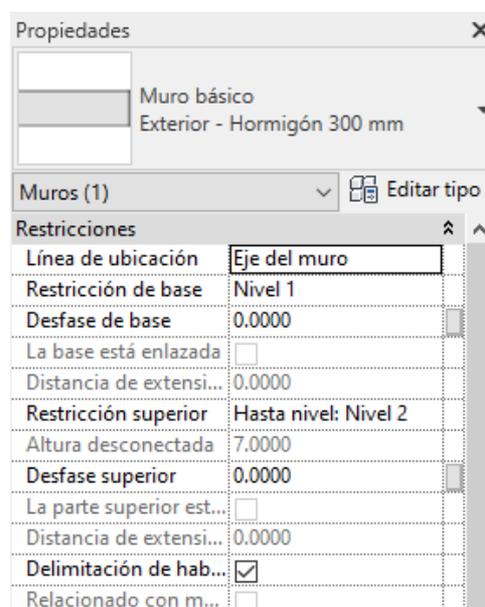
Los parámetros son la base de la “I” de BIM, la “I” de información. Para entenderlo mejor, podríamos decir que los parámetros son los paquetes individuales de información, todos ellos contienen un dato que puede ser de los siguientes tipos:

- Texto
- Número entero

- Número decimal
- Longitud
- Área
- Volumen
- Ángulo
- Pendiente
- Divisa
- Densidad de masa
- Duración
- Velocidad
- URL
- Material
- Imagen
- Sí/No
- Texto de líneas múltiples
- Tipo de familia.

En REVIT los parámetros asociados a un elemento se pueden visualizar en la paleta de propiedades. Si volvemos a presentar la ilustración 22:

**Ilustración 25:** Paleta de propiedades.



**Fuente:** Elaboración propia.

Aquí podemos ver que lo que aparece en la columna izquierda son los nombres de los parámetros que definen al muro básico, mientras que lo que aparece en la columna derecha son sus valores, son la información que lleva asociada dicho muro. Por ejemplo, en este caso “Desfase de base” sería un parámetro que lleva asociada una información numérica de valor “0.0000”. También podremos encontrar parámetros si seleccionamos “Editar tipo” y abrimos la ventana “Propiedades de tipo” (Ilustración 23).

Para clasificarlos vamos a distinguir entre 5 tipos de parámetros:

- **Parámetros de sistema**

Se corresponden con los que vienen predefinidos en REVIT por defecto. Todos los parámetros que aparecen en la ilustración anterior pertenecen a este tipo, puesto que para ese ejemplo nosotros no hemos creado ningún parámetro nuevo. Estos parámetros no se pueden borrar ni modificar, existen independientemente de las plantillas de proyecto que usemos.

Estos parámetros pueden aparecer en tablas de planificación o etiquetas. Si accedemos al programa y sin hacer modificaciones quisiéramos hacer una tabla de planificación, este tipo de parámetros son los únicos que podríamos seleccionar para que aparezcan en la tabla.

- **Parámetros de proyecto**

Los parámetros de proyecto son específicos de un archivo de proyecto y la información que guardemos en un parámetro de este tipo no se podrá compartir con ningún otro archivo de proyecto o familia. Para crear un parámetro de este tipo debemos asignarlo a una o varias categorías.

Si creamos un parámetro de proyecto, este puede ser incluido en tablas de planificación, pero al contrario que en el caso anterior no se podrá etiquetar. Para crearlos debemos hacerlo desde el grupo de herramientas “Configuración”, en la pestaña “Gestionar”. Ahí encontraremos la herramienta “Parámetros de Proyecto”, señalada en rojo en la imagen siguiente.

**Ilustración 26:** Herramienta Parámetros de proyecto en REVIT.



**Fuente:** Elaboración propia

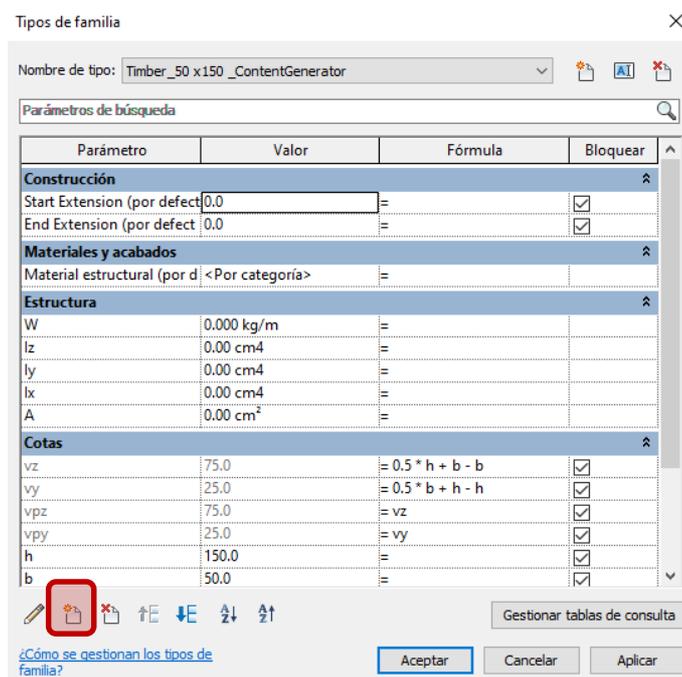
Una vez que seleccionemos la herramienta mencionada podremos añadir o modificar los parámetros de proyecto existentes. Para crear uno nuevo deberemos seleccionar qué tipo de información va a contener el parámetro (texto, número entero, número decimal, etc.), asignarle un nombre, una disciplina, seleccionar en qué grupo queremos incluirlo y a qué categoría/-as vamos a añadirle este parámetro nuevo.

- **Parámetros de familia**

Este tipo de parámetros son específicos de las familias y controlan valores como pueden ser la altura de una puerta o el material de construcción de una viga. Estos parámetros solo pueden ser creados desde el editor de familias, no desde el gestor de proyectos. Además, no podremos incluirlos en tablas de planificación ni en etiquetas. Existe una posibilidad para poder incluir estos parámetros en tablas de planificaciones y es incluirlos como parámetros compartidos en el proyecto en el que estemos trabajando, lo cual veremos en el siguiente punto.

Una vez que estemos trabajando en el editor de familias podremos crear un parámetro de familia con la herramienta “Tipo de familias”, que podemos encontrarla en el grupo “Propiedades” de la pestaña “Crear”. Una vez seleccionada esta herramienta se nos abrirá la ventana “Tipos de familia”, donde aparecen listados todos los parámetros que definen una familia y donde podremos crear nuevos o modificar los existentes.

**Ilustración 27:** Ventana Tipos de familia.



**Fuente:** Elaboración propia.

Para crear un nuevo parámetro de familia seleccionamos la herramienta añadir nuevo parámetro (resaltada en rojo en la imagen anterior) y en la nueva ventana vamos a seleccionar como tipo de parámetro “Parámetro de familia”, asignamos un nombre, una disciplina, un grupo y el tipo de información que va a contener el parámetro y hacemos clic en aceptar.

- **Parámetros compartidos**

Un parámetro compartido es aquel que puede ser empleado en varios archivos de familia o de proyecto. La principal ventaja de este tipo de parámetros es que se guardan en un archivo de texto de extensión .txt independiente y están a salvo de modificaciones no deseadas. Esto último también permite que estos parámetros puedan ser listados en una tabla de planificación y ser etiquetados.

Para encontrar en REVIT los parámetros compartidos debemos acceder desde la pestaña “gestionar”, justo bajo la herramienta “Parametros de proyecto” mostrada en la ilustración 26. Desde ella podemos ver los parámetros compartidos que se han incorporado al proyecto, crear nuevos y cargar nuevos. Desde el editor de familias la operación es similar.

En un equipo de trabajo este tipo de parámetros cobran bastante importancia, pero también hay que tener especial cuidado respecto a quién puede acceder a los archivos .txt que los conforman. La labor de gestionar estos parámetros suele recaer sobre el BIM manager. Suelen existir parámetros compartidos de proyecto y de empresa.

- **Parámetros globales**

Los parámetros globales se asignan a un único proyecto y a diferencia de todos los anteriores, estos parámetros no se asignan a ninguna categoría concreta. Esta tipología se incluyó en la versión de REVIT 2016 y está pensada para recoger valores sencillos o provenientes de un resultado de una ecuación.

Un ejemplo sería por ejemplo si creamos un parámetro global al que llamamos “Altura de planta” y le asignamos un valor de “3 metros”. Cuando queramos crear un pilar podremos seleccionar que la longitud del pilar sea la correspondiente al parámetro “Altura de planta”. Podemos repetir este proceso creando muros y columnas de otra tipología y asignándoles como altura el parámetro global “Altura de planta”. El resultado será que tendremos pilares, columnas y muros de 3 metros de altura en nuestro proyecto, pero si cambiamos el valor del parámetro global a otra altura distinta, la altura de estos elementos variará automáticamente en todos a la vez. Esto representa un gran potencial para agilizar flujos de trabajo repetitivos y evitar errores inducidos por este tipo de trabajos.

Para crear un parámetro de este tipo vamos a acudir nuevamente a la pestaña gestionar y junto a las herramientas “Parámetros de sistema” y “Parametros compartidos” encontraremos la herramienta “Parámetros globales”. Desde ella podremos crear nuevos parámetros globales y gestionar los ya existentes.

# 5 ELEMENTOS DIGITALES DE CONSTRUCCION DE EMASESA

---

La empresa encargada del suministro de agua potable, gestión de aguas residuales y la principal responsable del alcantarillado público de Sevilla y su zona metropolitana es EMASESA (Empresa de Abastecimiento y saneamiento de Aguas de Sevilla S.A.). Esta empresa se constituyó en 1974 por el Ayuntamiento de Sevilla, siendo en un principio una empresa municipal. No obstante, su crecimiento en el ámbito metropolitano les llevó a cambiar su denominación en 2007 a la actual.

Esta empresa se dedica a la gestión integral de todas las fases del ciclo del agua, desde su captación, tratamiento, distribución y abastecimiento hasta la gestión del alcantarillado, transporte, depuración, vertido y tratamiento de residuos. Para desempeñar dichas labores EMASESA se encarga de la explotación de diversas infraestructuras de gran calado como:

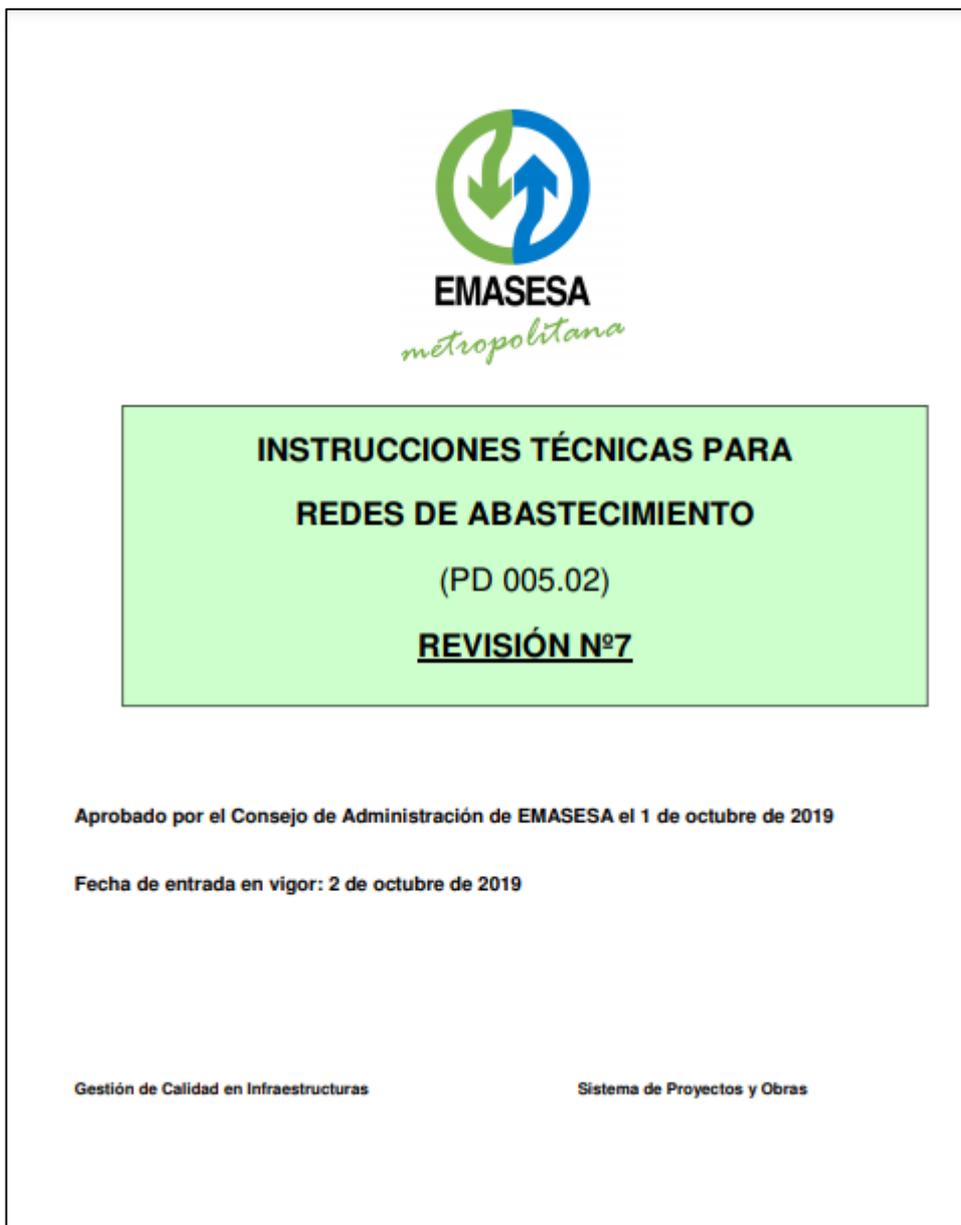
- 6 embalses con una capacidad de almacenaje total de 639 hm<sup>3</sup>
- 3 ETAP, la mayor de ellas con una capacidad de 10m<sup>3</sup>/s es la estación del carambolo.
- 4 estaciones de bombeo en el sistema de aducción con capacidad de bombear 20 m<sup>3</sup>/s (1.700 m<sup>3</sup>/día)
- 33 estaciones de bombeo de agua potable que en total suponen 82 grupos de bombeo.
- 28 depósitos con una capacidad total de 357 dam<sup>3</sup>
- 3.847 km de red de abastecimiento.
- 3 minicentrales hidroeléctricas con una producción de 26.032 Mw/h
- 6 EDAR con una capacidad de 494.220 m<sup>3</sup>/día, 4 de ellas autoabastecidas de energía parcialmente por sistemas de cogeneración y 1 por energía solar.
- 1 planta de compostaje.
- 37 estaciones de bombeo de aguas pluviales con una capacidad de impulsión de 162 m<sup>3</sup>/s
- 28 estaciones de bombeo de aguas residuales que en total suponen 59 grupos de bombeo.
- 4 depósitos de aguas pluviales o tanques de tormenta con una capacidad total de explotación de 66.700 m<sup>3</sup>
- 2.945 km de red de abastecimiento.

Además de estas infraestructuras de gran envergadura la empresa posee un amplio jardín botánico con más 600 especies y un acuario dulceacuícola de 400 m<sup>3</sup> dispuesto en colaboración con la Universidad de Sevilla para la investigación y el estudio del ecosistema acuático natural del río Guadalquivir. Estos datos representan la relevancia que alcanza EMASESA en el ámbito metropolitano de Sevilla y han sido obtenidos de la página web de la empresa(46).

## 5.1 Instrucciones técnicas para Redes de Abastecimiento

En relación a los datos mostrados anteriormente queda claro que el volumen de trabajo y proyectos ejecutados por EMASESA son abundantes, por lo que se hace necesario que exista un elemento que permita unificar criterios para poder llevar a cabo los diferentes trabajos. Con esta intención la empresa publicó una serie de documentos relacionados con la normativa técnica entre los que se incluyen diferentes reglamentos reguladores de la prestación de servicios, pliegos de prescripciones técnicas generales, guías para promotores, especificaciones para la representación gráfica, relación de requisitos mínimos e instrucciones técnicas y planos. En este apartado vamos a centrarnos en el contenido de la instrucción técnica para redes de abastecimiento.

**Ilustración 28:** Portada Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento.



**Fuente:** EMASESA. Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento (PD 005.02) revisión nº7 [Internet]. Sevilla; 2019 Oct [cited 2020 Sep 6]. Available from: <https://www.emasesa.com/wp-content/uploads/2020/06/instrucciones-tecnicas-redes-abastecimiento-v7.pdf> (47)

Esta instrucción técnica se creó con la intención de unificar los criterios de proyecto y construcción de la Red de Distribución de Agua de EMASESA. El objetivo de esto es el de alcanzar una homogeneidad de criterios mediante la normalización, que facilite el trabajo de proyectistas, constructores, directores de obra y supervisores de obra para lograr una optimización en la prestación del servicio.

El contenido de este documento es de aplicación obligatoria en todos los proyectos relacionados con el abastecimiento de agua en cualquier municipio en los que EMASESA tiene las competencias sobre la gestión en su Red de Distribución de Agua. Dicho contenido se estructura en 10 puntos y comprende los siguientes contenidos:

1. Consideraciones generales.
2. Características generales y requisitos establecidos para las tuberías y elementos principales de la red.
3. Dimensionamiento de la red y criterios generales para el cálculo mecánico de los conductos.
4. Acometidas.
5. Instalación de tuberías.
6. Rehabilitación de tuberías.
7. Pruebas y Recepción de la red.
8. Tramitación de los Proyectos.
9. Procedimiento de aceptación de materiales y productos en contacto con el agua de consumo.
10. Detalles constructivos.

En esta instrucción se detallan todas las condiciones que debe cumplir un proyecto de redes de distribución, abastecimiento y acometidas de agua. El último punto resulta de especial relevancia para el presente trabajo de fin de grado.

## 5.2 Elementos Constructivos

En él podemos encontrar los planos de los detalles constructivos de 18 elementos singulares que pertenecen a las redes de abastecimiento. Estos planos se encuentran en formato PDF dentro de la instrucción técnica, pero tenemos la posibilidad de descargar directamente los dibujos CAD en formato DWG. Los detalles que podemos encontrar son los siguientes:

- AB-010.- SECCIONES TIPO DE ZANJA PARA TUBERÍAS DE F. DÚCTIL Y POLIETILENO
- AB-011.- SECCIONES TIPO DE ZANJA PARA TUBERÍAS DE HACH
- AB-020.- DISPOSICIÓN DE VÁLVULA DE COMPUERTA ENTERRADA
- AB-021.- DISPOSICIÓN DE VÁLVULA DE COMPUERTA EN POZO
- AB-030.- DISPOSICIÓN DE VENTOSA
- AB-040.- DISPOSICIÓN DE TOMA DE AGUA POTABLE
- AB-050.- DISPOSICIÓN DE HIDRANTE
- AB-060.- DISPOSICIÓN DE DESAGÜE
- AB-070.- GEOMETRÍA DE CÁMARAS
- AB-071.- ESQUEMA DE ARMADURAS DE CÁMARAS
- AB-072.- LOSAS DE CUBIERTA DE CÁMARAS
- AB-090.- ESQUEMA GENERAL DE ACOMETIDA
- AB-091.- DISPOSICIÓN DE LLAVE DE REGISTRO DE ACOMETIDA
- AB-100.- TRAMPILLÓN PARA VÁLVULAS DE COMPUERTA ENTERRADAS
- AB-110.- TAPA Y CERCO DE FUNDICIÓN DÚCTIL / C.P. 600 Y C.P.700 PARA HIDRANTES
- AB-120.- TOMA DE AGUA POTABLE

- AB-130.- CARRETES DE DESMONTAJE
- AB-140.- PATE DE POLIPROPILENO

Estos planos establecen las dimensiones y la disposición de los elementos anteriores, no obstante el problema que encontramos es que sólo podemos encontrar los planos. Por tanto, si queremos desarrollar nuestro proyecto de red de abastecimiento siguiendo la metodología BIM no disponemos de los archivos de los modelos que nos permitan introducir estos elementos en nuestro proyecto de manera normalizada.

Este hecho causará problemas en el sentido de que si la instrucción está pensada para que los trabajos sean homogéneos pero cada proyectista debe generar sus propios modelos BIM, cada modelo tendrá unos parámetros y unas calidades muy desiguales. Además, si tenemos en cuenta que en poco tiempo la obligatoriedad del BIM será común en todas las especialidades esto es algo que va a acabar pasando si no se evita a tiempo.

Para evitar esta problemática se propone a continuación la realización de los modelos BIM de varios elementos presentes en la instrucción, definiendo unos archivos abiertos y disponibles para todos los profesionales que los requieran para usarlos en sus proyectos.

Debemos destacar que se podrían llevar a cabo modelos BIM de igual forma para los elementos que aparecen en la instrucción técnica para redes de saneamiento. No obstante, en este caso hemos tomado la decisión de hacerlo sólo con elementos de esta instrucción.

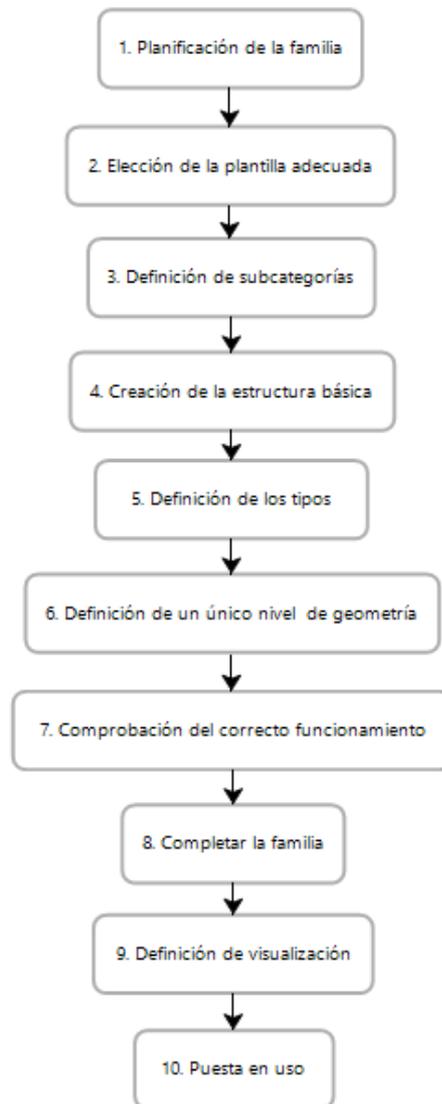
# 6 MODELADO PARAMÉTRICO

---

**E**n este apartado vamos a mostrar el procedimiento para crear una familia cargable en REVIT 2020. Para explicar en este punto cómo se hace, vamos a modelar un elemento cualquiera de la I.T.P.R.A. de EMASESA mostrada anteriormente.

El resultado que obtendremos será un archivo de extensión “.Rfa”, un archivo de datos que contendrá uno o varios modelos 3D paramétricos y que podremos cargar en cualquier proyecto de REVIT y podremos editar desde el editor de familias de REVIT.

Para llevar a cabo este trabajo vamos a seguir el flujo de trabajo propuesto en el manual de REVIT (43) para la obtención de una familia de forma óptima. Este flujo de trabajo consta de los siguientes pasos:

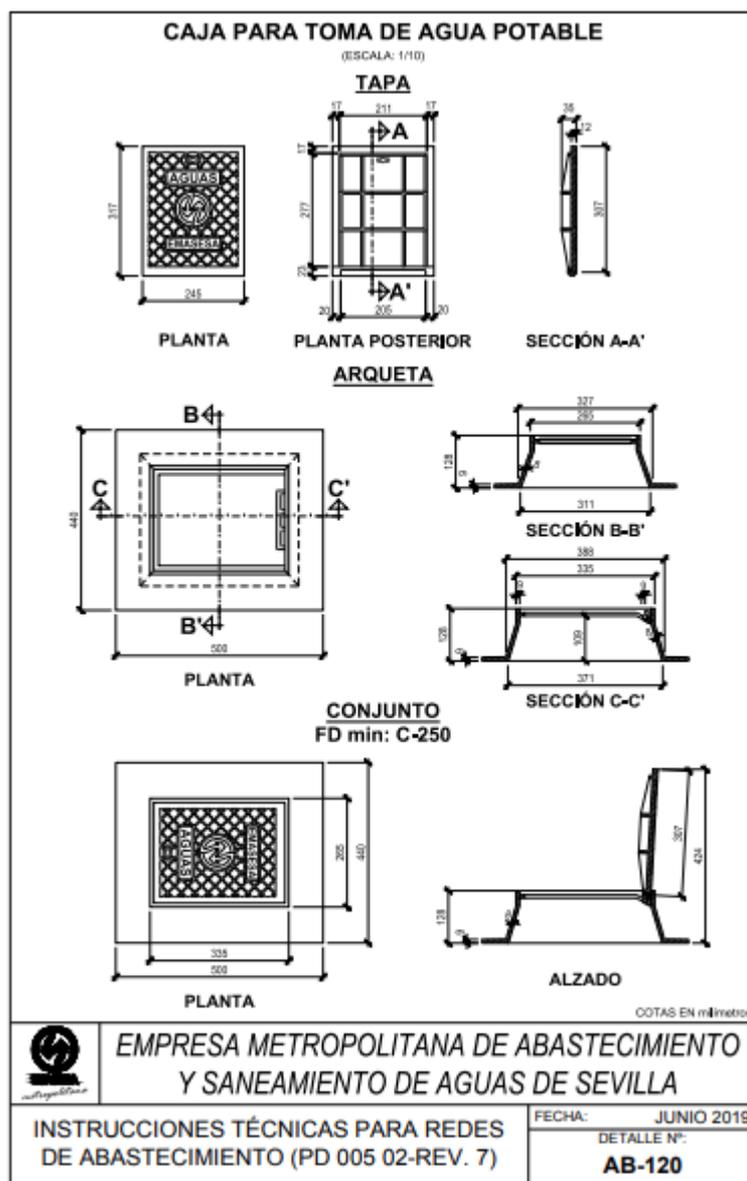
**Ilustración 29:** Flujo de trabajo para la creación de familias cargables de REVIT.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.1 Planificación de la familia

El primer paso para la creación de una familia cargable de REVIT será llevar a cabo la planificación de lo que queremos modelar. Para este caso de explicación vamos a modelar el modelo del detalle AB-120:

**Ilustración 30:** Ejemplo de plano disponible en la I.T.P.R.A., detalle AB-120.



**Fuente:** EMASESA. Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento (PD 005.02) revisión nº7 [Internet]. Sevilla; 2019 Oct [cited 2020 Sep 6]. Available from: <https://www.emasesa.com/wp-content/uploads/2020/06/instrucciones-tecnicas-redes-abastecimiento-v7.pdf> (47)

Una vez que hemos determinado qué vamos a modelar vamos a analizar los siguientes aspectos:

- i. **Necesidad de varios tamaños o familia de tamaño único**
  - a. Debemos hacer un listado de los tamaños posibles que puede adoptar nuestro objeto. Debemos pensar si este objeto va a tener un tamaño único específico o, por el contrario, tendrá varias dimensiones posibles. Si pueden existir distintos tamaños esto determinará la necesidad de crear varios tipos dentro de una familia en función de sus dimensiones.
  - b. Para el caso de ejemplo vamos a necesitar un único tamaño de caja para agua potable, pero si por ejemplo modelamos un muro compuesto de varias capas específicas podemos crear varios tipos del mismo muro con espesores variables.
  - c. Únicamente a modo de ejemplo vamos a hacer un segundo tipo de caja de distintas dimensiones simulando un caso que requiera de esas dimensiones especiales.
- ii. **Requerimientos de visualización en vistas diversas**

- a. Debemos decidir cómo será la visualización de nuestro objeto, si queremos que se muestre en una vista de plano, en una de alzado, en una de sección, en todas, qué estilos vamos a emplear para representar las líneas, qué patrones de corte necesitamos, etc.
- b. Este paso es importante ya que la categoría a la que pertenezca nuestro objeto va a determinar los materiales que le podemos asignar y el estilo de visualización. Si estamos modelando un elemento con componentes de distintos tipos, tendremos que crear una subcategoría para cada componente para poder asignar a cada componente su material adecuado o para asignarle a cada uno un estilo de visualización distinto.
- c. En el caso de ejemplo vamos a crear subcategorías, ya que, aunque vamos a usar un estilo de visualización predeterminado y un material es único siempre será interesante diferenciar nuestro objeto dentro de la lista de visualizaciones según categoría. En el caso de modelar una ventana, por ejemplo, deberíamos planificar la creación de una subcategoría para el cristal y otra subcategoría para el marco, aquí sólo crearemos una.

### iii. Identificación del anfitrión

- a. Si nuestro elemento será del tipo huésped y necesita un anfitrión en el que hospedarse deberemos identificar de qué tipo será este anfitrión. En función de esto deberemos elegir una plantilla de familia basada en un anfitrión que nos convenga.
- b. El detalle AB-120 representa una caja metálica pero no especifica cómo se debe disponer. En el detalle AB-40 se muestra que la caja debe ir dispuesta sobre un muro de fábrica de ladrillo de  $\frac{1}{2}$  pie cerrado. Por tanto, podemos diseñarlo como un elemento independiente que luego colocaremos libremente en su sitio o como un elemento cuyo anfitrión sea la coronación de un muro. Vamos a elegir la primera opción.

### iv. Determinar el grado de detalle

- a. Es necesario determinar el grado de detalle con el que vamos a modelar el objeto. Esto determinará el tiempo que emplearemos en modelar la pieza y dependerá de la visibilidad que vaya a tener el objeto o su relevancia. Puede ser una representación meramente esquemática o una representación muy exacta.
- b. La tapadera de este ejemplo vamos a modelarla con un grado de detalle alto y tendrá distintas opciones de visualización en función del nivel de detalle escogido por el usuario en el proyecto.

### v. Identificar el punto de origen

- a. Este punto se corresponde con el punto de inserción de nuestro objeto para poder colocarlo en un proyecto. Si creamos una familia de pilares será probable que elijamos como punto de inserción el centro de la base.
- b. En este caso práctico vamos a emplear como punto de inserción una de las esquinas inferiores de la base, ya que estos puntos coincidirán geoméricamente con las esquinas superiores de los muros en los que se apoya.

### vi. Determinar si el objeto se empleará como punto de cálculo de habitación

- a. Hay un número de familias las cuales sus elementos pueden contar con un punto de cálculo de habitación o espacio. Este punto sirve para poder determinar en qué habitación o espacio se encuentra un ejemplar y poder mostrar información referente a esto en las tablas de planificación.
- b. Por ejemplo, si hacemos una tabla de planificación de la categoría “habitaciones” podremos obtener una tabla donde se cuantifiquen el número de ejemplares de cada familia que podemos encontrar en cada habitación. Como por ejemplo la siguiente:

**Ilustración 31:** Ejemplo de tabla de planificación de habitaciones.

Especialista3D.com		
<Tabla de planificación de habitaciones>		
A	B	C
Número	Nombre	Área
Familia	Tipo	Recuento
<b>Habitación 1</b>		
1	Habitación 1	281 m <sup>2</sup>
Cama con respald	200 x 210 cm	1
Mesa - Rectangula	1830 x 0762 mm	1
Silla - Madera (1)	Modelo base	1
<b>Habitación 2</b>		
2	Habitación 2.	275 m <sup>2</sup>
Cama con respald	200 x 210 cm	2
Mesa - Rectangula	1830 x 0762 mm	2
Silla - Madera (1)	Modelo base	2
<b>Habitación 3</b>		
3	Habitación 3	237 m <sup>2</sup>
Mesa - Rectangula	1830 x 0762 mm	1
Silla - Madera (1)	Modelo base	6
<b>Habitación 4</b>		
4	Habitación 4	125 m <sup>2</sup>
M_Escritorio	Estudiante 1525 x	8
Silla - Madera (1)	Modelo base	9

**Fuente:** Tablas en Revit-Especialista3D [Internet]. [cited 2020 Sep 8]. Available from: <https://especialista3d.com/tablas-en-revit/> (48)

Vamos a considerar que el caso de ejemplo que estamos desarrollando no tendrá punto de cálculo de habitación.

En la siguiente tabla vamos a resumir las principales consideraciones obtenidas de la planificación previa a la construcción de nuestro modelo de REVIT:

**Tabla I:** Tabla resumen de consideraciones iniciales de modelado.

DATOS DE PARTIDA DE MODELADO	
NOMBRE DE ELEMENTO	DETALLE AB-120
DIVERSOS TAMAÑOS	SÍ
VISUALIZACIÓN	UNA SUBCATEGORÍA
NECESIDAD ANFITRIÓN	NO
NIVEL DE DETALLE	BAJO, MEDIO Y ALTO
PUNTO DE ORIGEN	ESQUINA INFERIOR EXTERNA DE LA BASE DE LA ARQUETA
PUNTO DE CÁLCULO DE HABITACIÓN	NO

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.2 Elección de la plantilla de familia

Este aspecto también forma parte de la planificación del modelo, no obstante, cobra especial relevancia y debemos elegir la plantilla de familia más adecuada para cada caso. La categoría a la que pertenecerá nuestra familia, los parámetros iniciales y la configuración por defecto de la familia van a venir determinados por la plantilla que seleccionemos. Además de esto, cada una contiene unos planos de referencia, elementos anfitriones, restricciones, materiales y geometrías que nos ayudarán a construir nuestra familia.

La mayoría de las familias de las que disponemos tienen nombres adecuados al tipo de elementos que se espera que se creen con ella (pilar, puerta, etc.). Algunas de estas plantillas incluyen después del nombre alguna de estas palabras:

- basadas en muro
- basadas en techo
- basadas en suelo
- basadas en cubierta
- basadas en línea
- basadas en cara

Esto es el anfitrión en el que se basan las familias, de forma que, si creamos una familia de ventana basada en muro, solo podremos incluir esa familia en nuestro proyecto si nuestro proyecto incluye mínimo un muro. Las plantillas de familias basadas en muro, techo, suelo y cubierta contienen uno de estos respectivos componentes necesarios para poder mostrar cómo encaja nuestro objeto en él. Los objetos que creemos en estas familias pueden crear huecos en el anfitrión o pueden colocarse simplemente sobre ellos.

Las plantillas de familias basadas en cara tienen utilidad cuando queremos crear una familia basada en un plano de trabajo que pueda modificar a su anfitrión. Con las familias creadas desde esta plantilla podemos crear cortes complejos en los elementos anfitriones. Además, podremos colocar elementos en cualquier superficie independientemente de su orientación.

Otros tipos de plantillas son las independientes, las que no dependen de ningún anfitrión. Estas familias se pueden insertar en cualquier momento y en cualquier lugar en un proyecto, no requieren que exista un elemento anfitrión previamente.

También existen las plantillas de familias adaptativas. Este tipo se usa para crear elementos que deben adaptarse de manera flexible a varias condiciones de contorno especiales.

Por último, podemos escoger plantillas de familias especiales cuando nuestro elemento requiera de una forma de interacción con el modelo de proyecto única. Las plantillas de familias especiales sólo se pueden usar para crear un único tipo de familia.

AutoDesk ofrece la siguiente tabla para que sirva como orientación para decidir qué plantilla de familia escoger. Esta tabla sólo sirve como recomendación, por tanto, cada usuario podrá escoger la plantilla que vea más conveniente para su proyecto, especialmente si consideramos que en ella solo aparecen unas pocas plantillas de entre todas las que se disponemos en REVIT 2020.

**Tabla II:** Recomendación de elección de plantilla de familia en REVIT 2020.

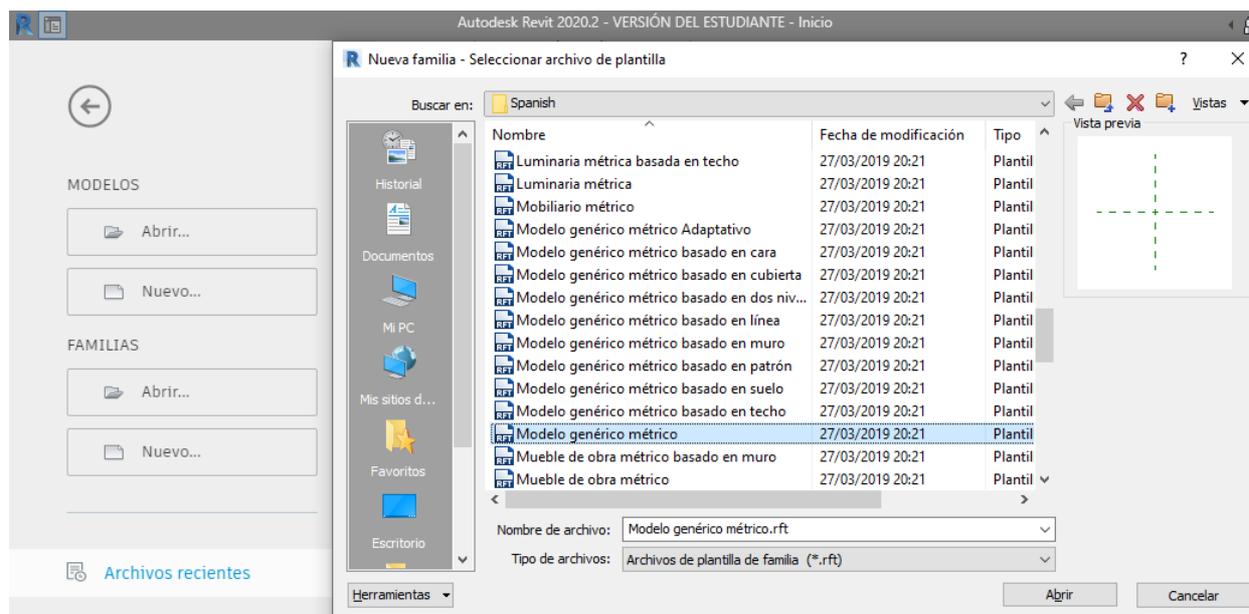
Para crear una...	Seleccione alguno de los tipos de plantilla siguientes...
Familia 2D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemento de detalle</li> <li>• Perfil</li> <li>• Anotación</li> <li>• Cuadro de rotulación</li> </ul>
Familia 3D que requiere funciones específicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balaustre</li> <li>• Armazón estructural</li> <li>• Viga de celosía estructural</li> <li>• Armadura</li> <li>• Basado en patrón</li> </ul>
Familia 3D con anfitrión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basado en muro</li> <li>• Basado en techo</li> <li>• Basado en suelo</li> <li>• Basado en cubierta</li> <li>• Basado en cara</li> </ul>
Familia 3D sin anfitrión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basado en línea</li> <li>• Independiente (basado en nivel)</li> <li>• Adaptativo</li> <li>• Basado en 2 niveles (Columna)</li> </ul>

**Fuente:** Autodesk. Acerca de las plantillas de familia [Internet]. [cited 2020 Sep 8]. Available from: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2020/ESP/?guid=GUID-E36987A9-A68F-4121-A391-907306BAA60A>

(49)

A partir de este momento podemos comenzar la creación de nuestro modelo del detalle AB-120 de la tapadera metálica. En primer lugar, vamos a abrir un nuevo archivo de familia desde el inicio en REVIT 2020 y vamos a seleccionar la plantilla de modelo genérico métrico:

**Ilustración 32:** Selección de plantilla de familia.

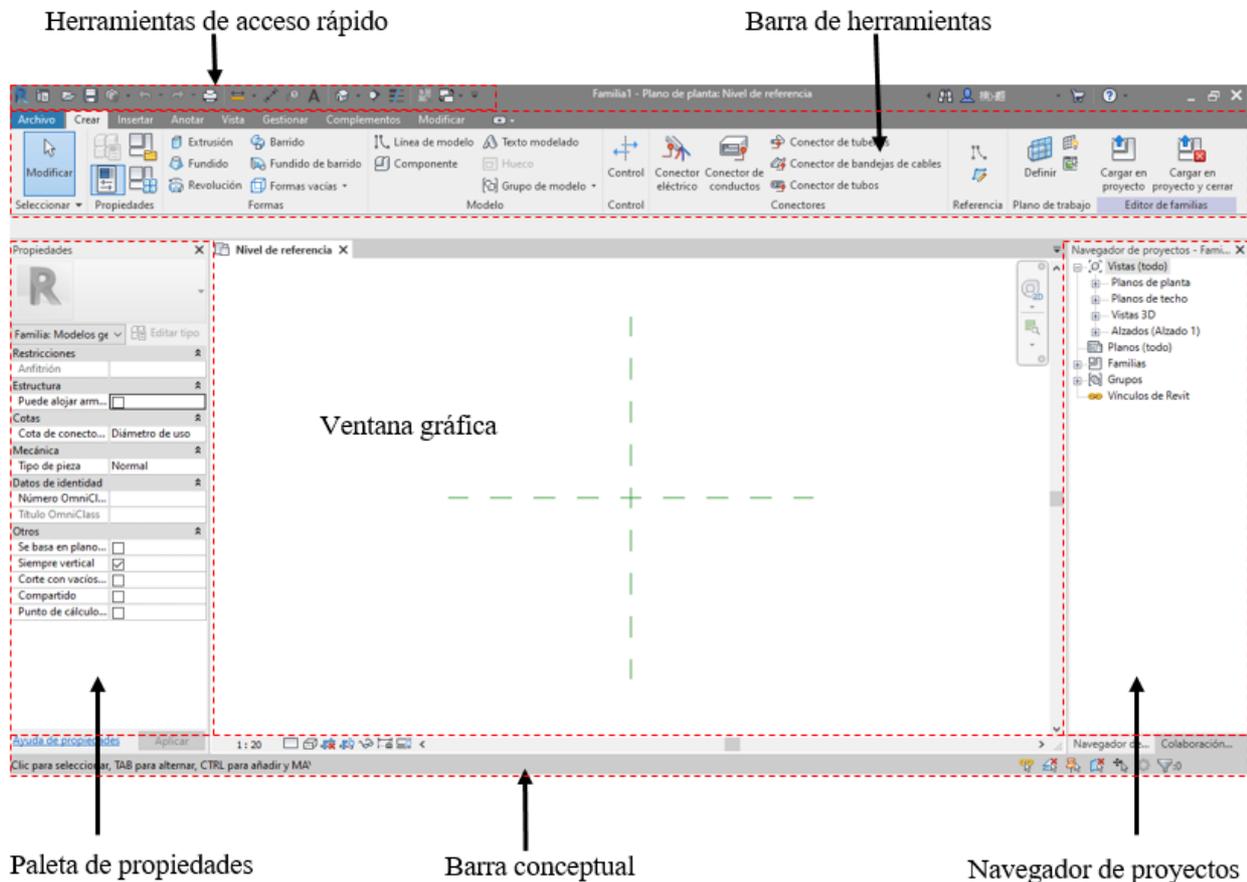


**Fuente:** Elaboración propia.

El tipo de plantilla que hemos escogido cuenta con dos planos de referencia. La intersección entre dichos planos representa el punto de inserción de nuestra familia. La ventaja que ofrece esta plantilla es que es del tipo independiente y podremos crear todos los planos de referencia que necesitemos para poder empezar a modelar.

Al abrir un archivo nuevo de familia nos encontramos con una interfaz similar en su distribución a la que nos encontramos en el gestor de proyectos. En ella encontraremos una barra de herramientas, un navegador de proyectos, una paleta de herramientas, unas herramientas de acceso rápido, la barra conceptual y la ventana gráfica. La mayor diferencia que encontraremos serán las herramientas que nos encontramos en el editor de familia.

**Ilustración 33:** Interfaz editor de familias REVIT 2020.



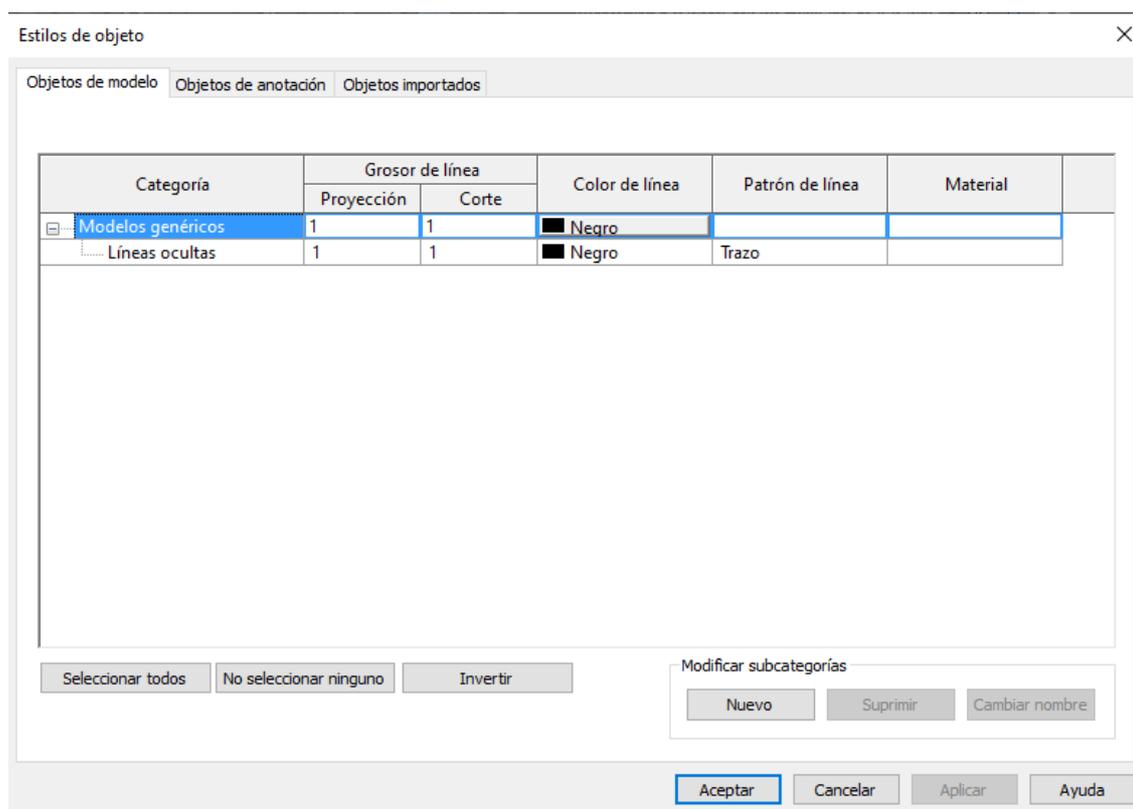
**Fuente:** Elaboración propia.

En la imagen anterior podemos observar en el centro de la ventana gráfica los dos planos de referencia que nos marcan el punto de inserción de la familia cargable que vamos a crear.

### 6.3 Definición de subcategorías

Como hemos mencionado anteriormente la elección de la categoría de nuestro objeto va a definir las opciones de visualización que este tendrá. Por tanto, vamos a abrir el menú de opciones de visualización para ver qué opciones son las que podemos controlar con este aspecto. Para abrir este menú debemos seleccionar en la pestaña “Gestionar” la herramienta “Estilos de objetos” que se encuentra dentro del grupo “Configuración” y se nos abrirá la siguiente ventana:

**Ilustración 34 :** Ventana Estilos de objeto.



**Fuente:** Elaboración propia.

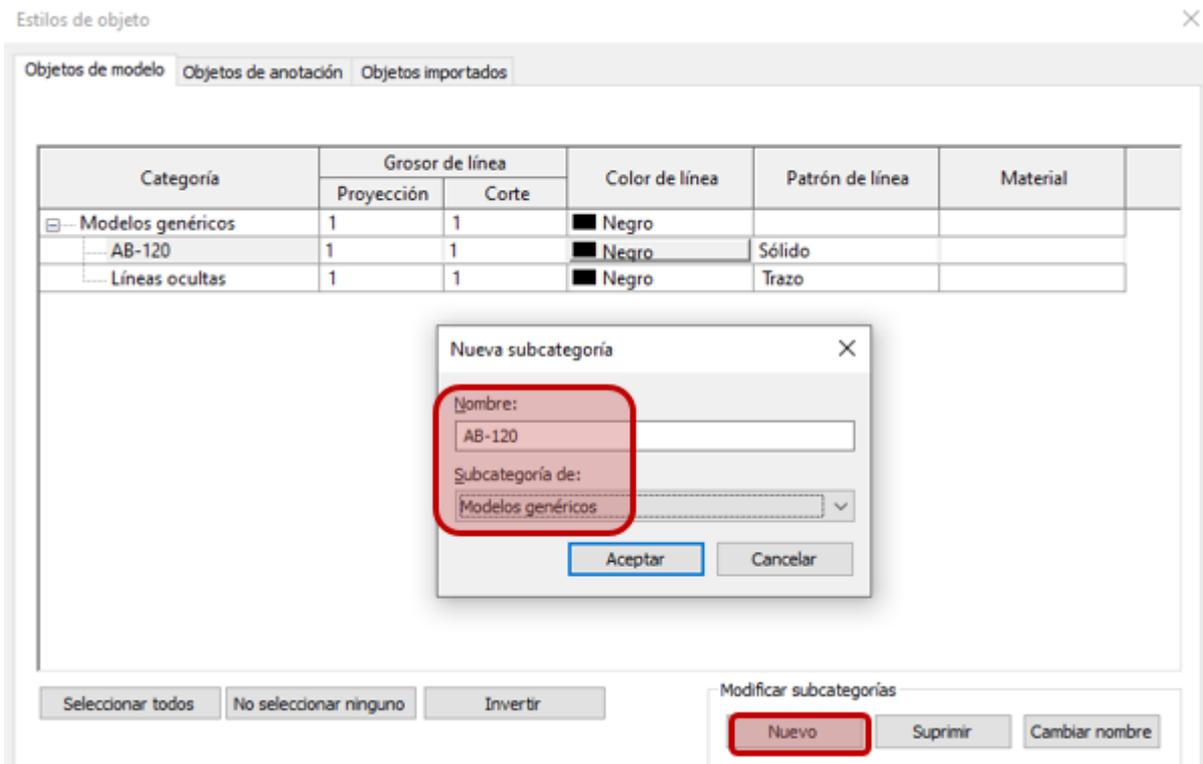
En la imagen anterior vemos que sólo nos aparece una única categoría (“Modelos genéricos”), esto se debe a que hemos abierto esta opción desde el editor de familias. Si abrimos esta misma herramienta desde el editor de proyectos nos aparecerá una tabla que contiene a todas las categorías incluidas en el proyecto. Podemos ver que las opciones de visualización que se definen son cinco:

- Grosor de línea en proyección.
- Grosor de línea en corte.
- Color de línea.
- Patrón de línea.
- Material.

También vemos que existe una única subcategoría creada de forma predefinida bajo el nombre “Líneas ocultas”. Esta subcategoría es común en todas las categorías y siempre aparece por defecto en cualquier categoría sin que podamos suprimirla ni cambiar su nombre.

Cualquier elemento de la familia que creamos tendrá asignada unas propiedades de visualización que pueden ser las correspondientes a la de la categoría o a la de una subcategoría específica. En el caso de que en nuestro proyecto carguemos varios objetos de una misma categoría con las propiedades de la categoría asignada, si cambiamos las propiedades de visualización de la categoría cambiará la forma en que vemos todos los objetos que tengan asignadas estas propiedades. Para evitar que esto pueda pasarnos vamos a hacer un cambio en la idea inicial de no crear subcategorías y vamos a crear una única subcategoría que incluya a todo nuestro modelo pero que nos permita evitar el problema anterior.

Para crear una nueva subcategoría que nos permita modificar independientemente la forma de ver nuestro objeto en el proyecto en el que la carguemos vamos a hacerlo desde la propia ventana de “Estilos de objeto”. En ella seleccionamos la opción “Nuevo” que aparece dentro del recuadro “Modificar subcategorías”. Solo tendremos que asignarle un nombre y seleccionar dentro de qué categoría queremos incluir nuestra nueva subcategoría. En este caso la llamaremos “AB-120” e irá dentro de la categoría “Modelos genéricos”:

**Ilustración 35:** Creación de una nueva Subcategoría.

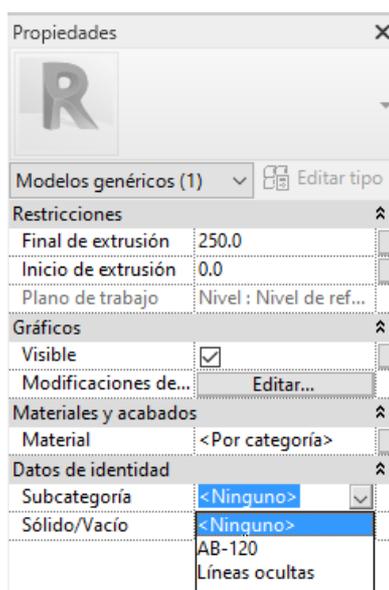
**Fuente:** Elaboración propia.

Las nuevas subcategorías que se creen en este punto se cargarán junto a nuestro modelo cuando lo carguemos en nuestro proyecto. Es importante que a la hora de crear nuevas subcategorías exista una cierta coordinación para evitar que si se cargan distintos modelos de objetos similares (por ejemplo, varios modelos de distintas puertas) se carguen a la vez numerosas subcategorías con la misma finalidad, pero con pequeñas variaciones en la sintaxis.

Por último, para asignar a un elemento geométrico una subcategoría concreta lo podemos hacer fácilmente desde el editor de familias. Para ello debemos seguir la siguiente secuencia:

1. Seleccionamos la geometría que queremos asignar a una subcategoría.
2. Hacemos clic dentro de la paleta de propiedades, dentro del grupo “Datos de identidad” la opción “Subcategoría”.
3. Seleccionamos la subcategoría deseada y aplicamos los cambios.

**Ilustración 36:** Asignación de subcategoría desde la paleta de propiedades.



**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.4 Creación de la estructura básica

En este punto crearemos la base para la geometría 3D de nuestro objeto. Ya hemos mencionado anteriormente que el aspecto más revolucionario e importante de la metodología BIM es que los modelos llevan asociados información, pero no debemos perder de vista que estamos realizando un modelado 3D y, como tal, este punto es de gran importancia.

Para crear el esqueleto de nuestro objeto vamos a seguir 5 pasos, los cuales serán:

- i. Definir el origen o punto de inserción.
- ii. Creación de planos de referencia y líneas de referencia.
- iii. Añadir cotas y relaciones paramétricas.
- iv. Etiquetado de las cotas.
- v. Puesta a prueba del funcionamiento del objeto. Flexionar el esqueleto.

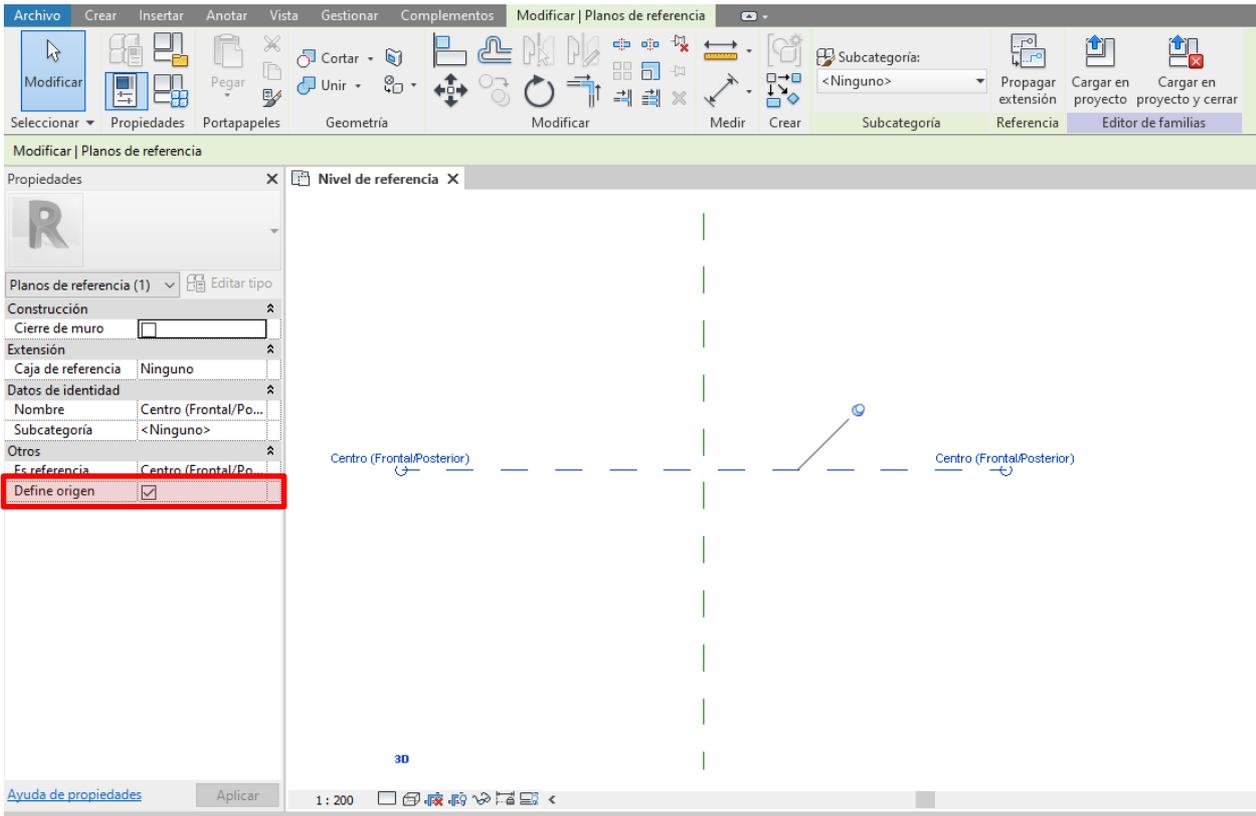
Vamos a pasar a profundizar y explicar más a fondo todas las posibilidades dentro de estos puntos.

### 6.4.1 Definir el punto de origen

El punto de origen de una familia será el que nos marque la coordenada 0, 0, 0 de nuestra familia mientras la estamos creando o modificando en el editor de familias. Además, este mismo punto será el escogido por REVIT como punto de inserción cuando carguemos nuestra familia en un nuevo proyecto.

Este punto vendrá establecido de forma establecida cuando carguemos una plantilla de familia. Para definirlo, el programa hace uso de la intersección entre dos planos en una vista. En nuestro caso podemos ver que la plantilla que hemos cargado sólo contiene dos planos de referencia en la vista en planta y en su intersección se encuentra predefinido el origen.

**Ilustración 37:** Planos de referencia en el nivel de referencia.



**Fuente:** Elaboración propia.

Podemos ver que al seleccionar uno de los planos de referencia en la tabla de propiedades está marcada la opción “Define origen”. Al tener esta opción marcada sabemos que este plano nos está definiendo una parte del punto de origen.

Para definir el origen de una familia, en primer lugar, debemos asegurarnos que nuestra familia ya tenga uno o no, como acabamos de hacer nosotros. En caso de que la plantilla de familia seleccionada no tenga ya uno creado o queramos modificarlo a otro, ya sea porque queremos un punto diferente por comodidad o por exigencias propias del proyecto, debemos hacer lo siguiente:

1. Desde la pestaña de la barra de herramientas “Crear”, buscamos el grupo de herramientas “referencias” y seleccionamos la opción “Plano de referencia”

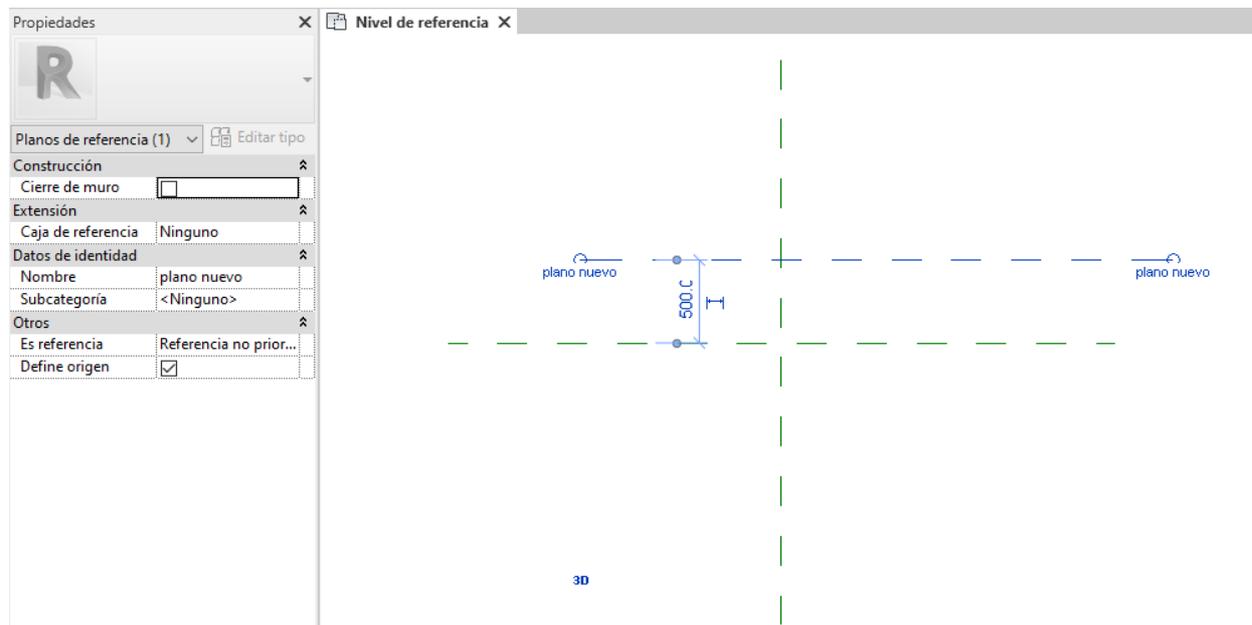
**Ilustración 38:** Herramienta "Plano de referencia" en el editor de familias.



**Fuente:** elaboración propia.

2. A continuación, dibujamos la geometría del plano de referencia y le damos un nombre. En este caso vamos a crear un nuevo plano horizontal en la vista en planta y le llamaremos “plano nuevo”.
3. En las propiedades del plano que acabamos de crear seleccionamos la opción “Define origen”. Haciendo esto, ya hemos definido el nuevo origen en la intersección entre este plano y el que podemos ver en dirección vertical.

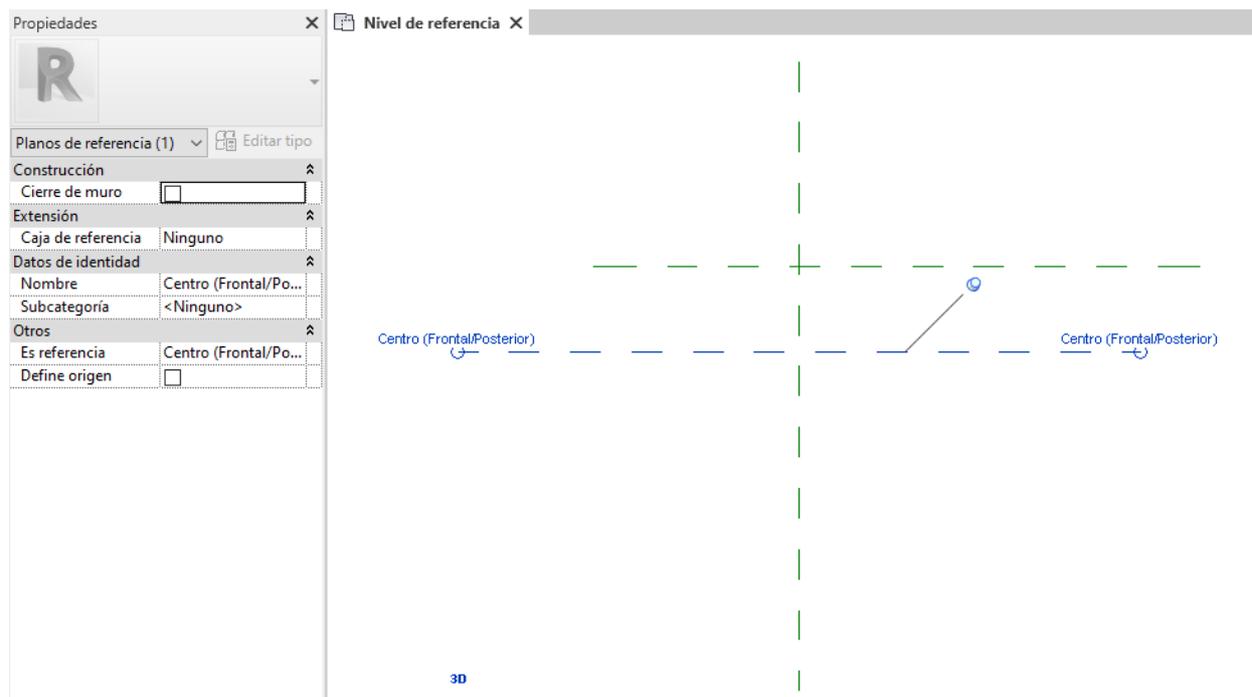
**Ilustración 39:** Elección del nuevo punto de origen.



**Fuente:** Elaboración propia.

4. Comprobamos que se ha realizado correctamente haciendo clic en el antiguo plano que nos definía el origen y observando que efectivamente se ha desmarcado automáticamente en la tabla de propiedades de dicho plano la opción “Define origen”

**Ilustración 40:** Comprobación del correcto cambio del punto de origen.



**Fuente:** Elaboración propia.

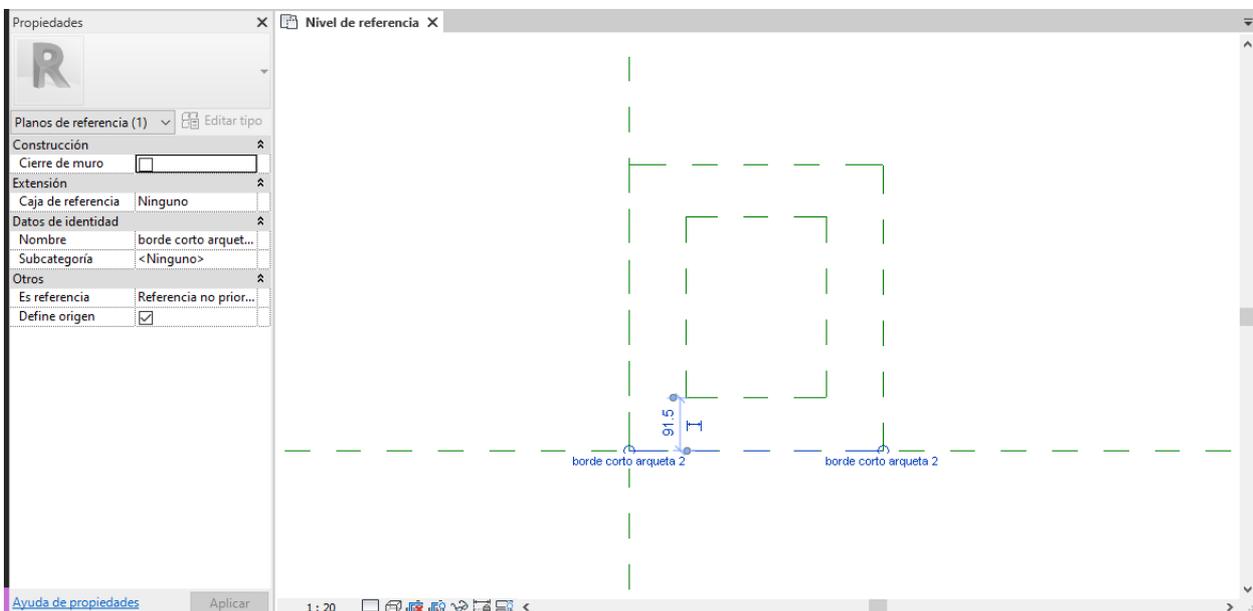
### 6.4.2 Creación de planos de referencia y líneas de referencias

Los planos de referencia son los que van a definir las relaciones paramétricas de nuestro objeto. El objetivo será crear los suficientes planos de referencia que nos permitan definir de forma correcta la geometría del elemento, pero tampoco es conveniente crear demasiados planos, ya que puede ser perjudicial para la experiencia de un usuario ajeno de nuestro elemento.

Para crear un plano de referencia debemos elegir primero la vista en el que vamos a crearlo (planta, alzado, perfil o vista 3D). El procedimiento para crear nuevos planos de referencias es el que se ha explicado en el punto anterior.

Vamos a crear primero en la vista de planta los 4 planos de referencia que nos definen el contorno de la arqueta. Estos cuatro planos formarán un rectángulo de 500x440 mm. Después, crearemos los cuatro planos que nos definen el contorno de la tapadera. A diferencia de los anteriores estas formarán un rectángulo de 317x245 mm.

**Ilustración 41:** Planos de referencia creados



**Fuente:** Elaboración propia.

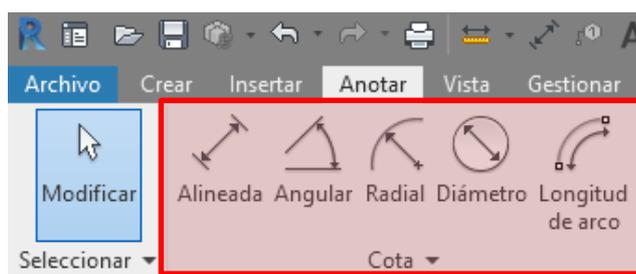
### 6.4.3 Añadir cotas y relaciones paramétricas.

Este paso nos permitirá crear más adelante algunos parámetros de familia. Lo que haremos será definir la relación paramétrica que existe entre los planos y líneas de referencias del modelo. Cuando creamos una cota, esta no va a definir un parámetro por sí misma, sino que deberemos etiquetarla.

Podemos establecer todo tipo de relaciones entre planos y líneas de referencias, podemos añadir restricciones o cotas fijas, establecer que dos planos sean equidistantes respecto a una línea central o definir relaciones paramétricas.

Para definir una cota nueva debemos seleccionar la herramienta “cota” (puede ser alineada, angular, radial, diámetro o de longitud de arco), podemos encontrarla en el grupo “Cota” en la pestaña “Anotar”.

**Ilustración 42:** Grupo de herramientas “Cota”.

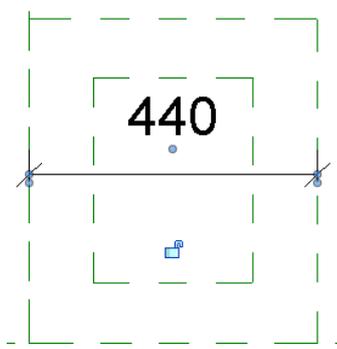


**Fuente:** Elaboración propia.

Las cotas que nosotros debemos crear serán fijas, ya que sólo disponemos de un único tipo de caja para toma de agua. No obstante, luego explicaremos cómo crear cotas que dependan de un parámetro.

Vamos a definir la separación entre los planos que definen arqueta en primer lugar. Para ello seleccionamos tipo de cota “Alineada”, seleccionamos los dos bordes largos de la arqueta y definimos que la distancia entre ellos sea de 440 mm.

**Ilustración 43:** Cota de separación entre los bordes largos de la arqueta.

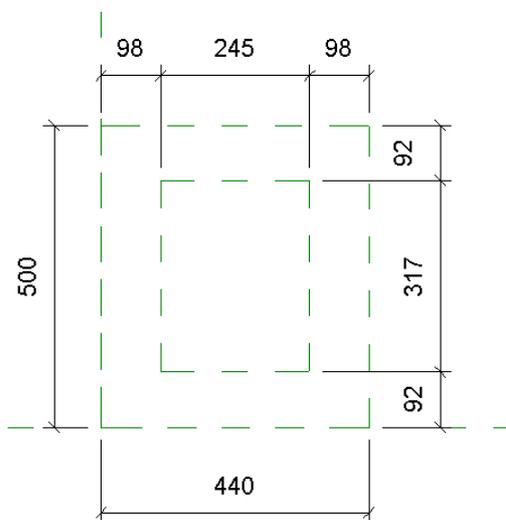


**Fuente:** Elaboración propia.

Podemos observar que hay un candado abierto bajo la cota. Esto nos indica que no es una cota fija. Como nosotros queremos que esa cota sea invariable vamos a hacer clic sobre el candado azul para fijar el valor de la cota.

Definimos del mismo modo que acabamos de explicar el resto de cotas que veamos necesarias.

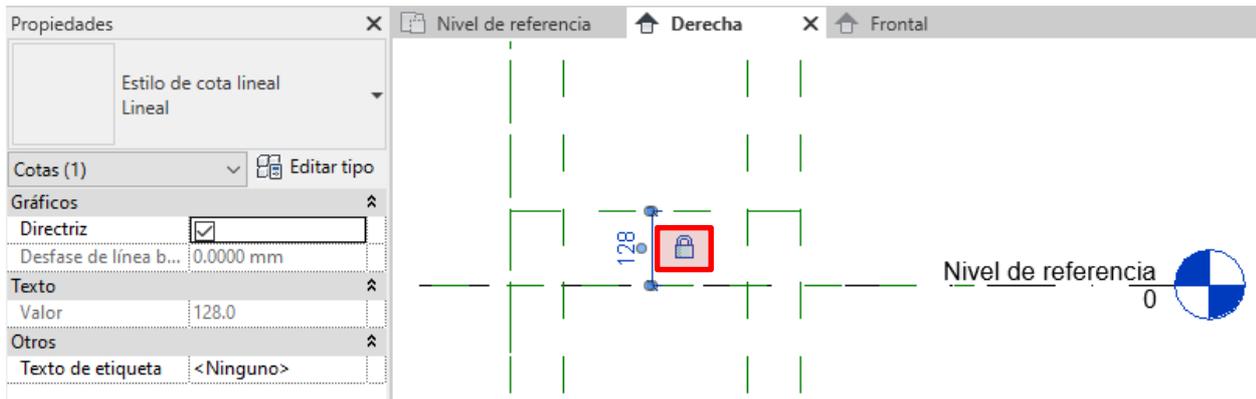
**Ilustración 44:** Acotación de los planos de referencia.



**Fuente:** Elaboración propia.

Es aconsejable restringir todas las cotas para evitar comportamientos no deseados cuando tratemos de flexionar nuestro objeto. En este caso, todas las acotaciones se han fijado. Además, ha dado la casualidad de que todas se encontraban en la misma vista. Para ver como se crean en otras vistas vamos a crear un nuevo plano de referencia en la vista de alzado derecha. Seleccionamos la vista “Alzados Derecha”, creamos un nuevo plano horizontal y acotamos como hemos procedido hasta ahora. Nos queda lo siguiente:

**Ilustración 45:** Plano de referencia superior con cota fija.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.4 Etiquetado de las cotas

Una vez que hemos introducido todas las cotas en el esqueleto de la familia podemos pasar al etiquetado. Al crear una etiqueta conseguimos que el valor de la cota se convierta en un parámetro modificable de la familia y sea editable desde la paleta de propiedades o desde el cuadro “Propiedades de tipo”.

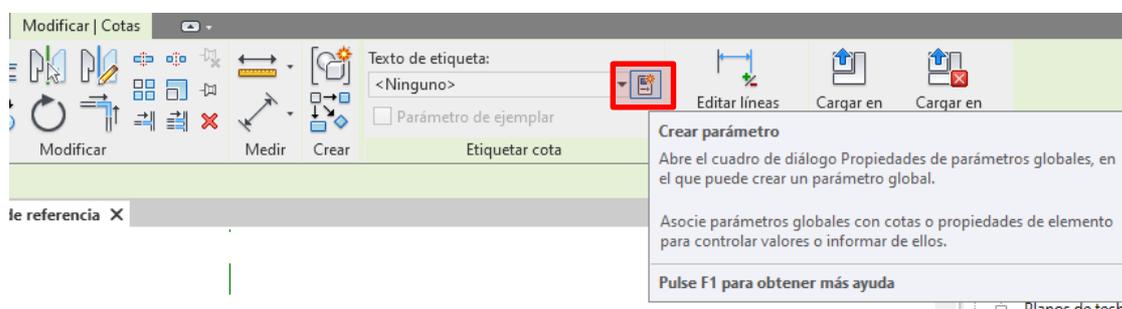
El objeto que nosotros hemos escogido tiene un tamaño establecido fijo en la instrucción técnica de EMASESA, pero vamos a crear algunos parámetros para ver cómo es el procedimiento y para aportar cierta flexibilidad al modelo.

Para crear un parámetro existen dos flujos de trabajo que parten de dos nodos de inicio diferentes y que llevan al mismo punto:

##### Flujo 1:

- 1.- Seleccionar la cota
- 2.- Seleccionar la herramienta “Crear parámetro” dentro del grupo “Etiquetar cota” en la pestaña “Modificar|Cotas”

**Ilustración 46:** Flujo 1 de crear un parámetro.

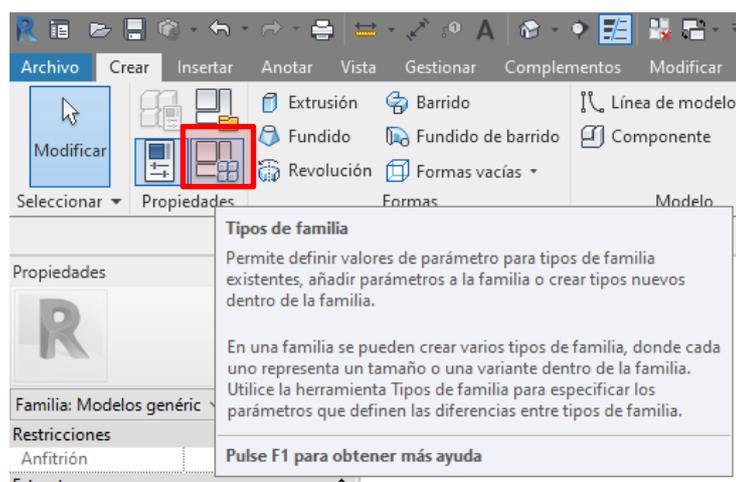


Fuente: Elaboración propia.

##### Flujo 2:

- 1.- Seleccionar la herramienta “Tipos de Familia” en el grupo “Propiedades” de la pestaña “Crear” o “Modificar”.

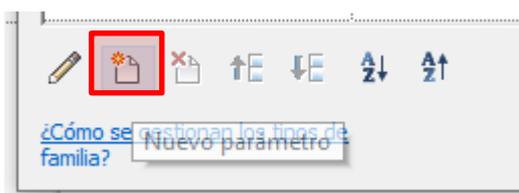
**Ilustración 47:** Herramienta Tipos de familia.



**Fuente:** Elaboración propia.

2.- En el cuadro “Tipos de familia” seleccionamos la herramienta “Nuevo parámetro”.

**Ilustración 48:** Herramienta Nuevo parámetro.



**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez que seleccionamos la herramienta nuevo parámetro, da igual la forma que hayamos usado para llegar hasta ella, se nos abrirá la ventana “Propiedades de parámetro”. Es en esta ventana donde podremos crear todos los parámetros que requiera el modelo. Dentro de las posibilidades que nos ofrece podemos elegir crear un parámetro de familia o compartido. La diferencia entre ambos tipos de parámetros es que si elegimos parámetro de familia el valor del parámetro no podrá aparecer en tablas de planificación o etiquetas. Sin embargo, si elegimos el tipo como parámetro compartido podremos compartirlo en varios proyectos y familias, se puede exportar a ODBC y sí podrá aparecer en tablas de planificación.

Para crear el parámetro vamos a tener que introducir los siguientes datos:

- **Nombre**
- **Disciplina**  
Común, electricidad, estructura, climatización, energía o fontanería.
- **Tipo de parámetro**  
Longitud, Texto, Entero, Número, Área, Volumen, Ángulo, Pendiente, Divisa, Densidad de masa, Duración, Velocidad, URL, Material, Imagen, Si/No, Texto de líneas múltiples, <Tipo de familia...>.
- **Agrupar parámetro en**  
Definirá el grupo de propiedades en el que aparecerá el parámetro dentro de la paleta de propiedades. Dentro del grupo al que le asignemos el parámetro luego se ordenará por orden alfabético.
- **Descripción de información de herramientas**  
Descripción de hasta 250 caracteres.

- **“Tipo” o “Ejemplar”**

Si decidimos que va a ser un parámetro de Ejemplar este parámetro será modificable cuando se introduzca un ejemplar en un proyecto. Además, podremos elegir si queremos que se pueda extraer el valor del parámetro para incluirlo en informes, fórmulas o como parámetro de una tabla de planificación.

Nosotros vamos a crear un parámetro de familia únicamente a modo de ejemplo que llamaremos “Largo arqueta” y que nos permitirá modificar el largo de la tapadera.

**Ilustración 49:** Propiedades del nuevo parámetro “Largo arqueta”.

Datos de parámetro

Nombre:  
Largo arqueta

Disciplina:  
Común

Tipo de parámetro:  
Longitud

Agrupar parámetro en:  
Cotas

Descripción de información de herramientas:  
<Sin descripción de información de herramientas. Puede editar este parámetro ...

Editar información de herramientas...

Tipo

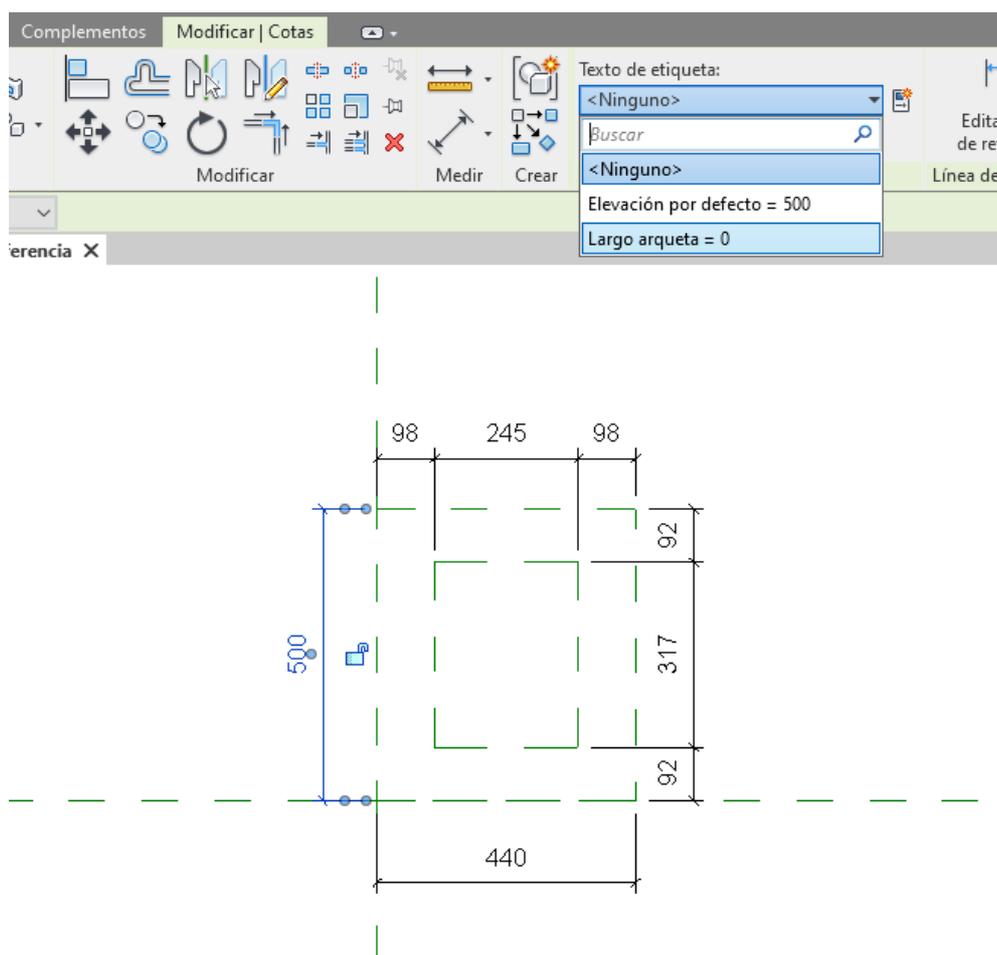
Ejemplar

Parámetro de informe  
(Se puede utilizar para extraer el valor de una condición geométrica e incluirlo en una fórmula, o como un parámetro de tabla de planificación)

**Fuente:** Elaboración propia.

Ahora que tenemos creado un nuevo parámetro es momento de asignarlo a una cota. Primero debemos seleccionar la cota a la que queremos asignarle un parámetro. Dentro de la pestaña “Modificar|Cotas” encontramos el grupo “Etiquetar Cotas” y nos aparecerá un desplegable donde podemos seleccionar el parámetro que queremos introducirle a dicha cota.

**Ilustración 50:** asignación de la etiquetada "Largo arqueta" a la cota seleccionada.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.5 Puesta a prueba del funcionamiento del objeto. Flexionar el esqueleto.

Es muy recomendable asegurarse en estas etapas del comienzo del diseño del objeto, antes de tener el modelo muy avanzado y complejo, de que las relaciones que hemos definido y los parámetros que hemos asignado funcionan correctamente.

Lo que haremos para asegurarnos de esto será modificar el valor de los parámetros que hemos creado para comprobar que los planos de referencia que deben verse afectados lo hacen correctamente.

### 6.5 Definición del tipo de familia

Los distintos tipos de una familia pueden diferenciarse en parámetros geométricos o en otros parámetros generales como pueden ser el material, el fabricante, el modelo, etc. Cada uno de estos parámetros debemos crearlos nosotros si no están predefinidos en la categoría que hayamos escogido para diseñar la familia.

En nuestro caso la geometría es fija, no obstante, vamos a crear un tipo de tapadera con un largo distinto al establecido en la normativa para considerar casos especiales que requieran de este tipo de modificaciones y sobre todo a modo de ejemplo. Además, vamos a definir el material de la caja de la toma de agua para ver cómo se crean parámetros que no sean geométricos.

El material que debe usarse según la instrucción técnica de EMASESA para caja de una toma de agua potable es el siguiente: Fundición nodular mín. GGG-40/FGE 42 (ENGJS-400-15 s/UNE-EN 1563. Fundición. Fundición de grafito esferoidal) con protección anticorrosiva (espesor mín. 150 micras)(47)

Las especificaciones técnicas de este material son las siguientes:

**Tabla III:** Propiedades del acero de fundición GGG-40/FGE 42.

Designación	Resistencia a tracción $R_m$	Límite elástico $R_{p0,2}$	Módulo de elasticidad	Alargamiento mínimo	Densidad
Simbólica	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup> mínimo	GN/m <sup>2</sup>	% Mínimo	Kg/dm <sup>3</sup>
EN-GJS-400-15	400	250	169	15	7,1

**Fuente:** Fundiciones de Roda. EQUIVALENCIAS FUNDICIÓN NODULAR - Fundiciones de Roda.  
[http://www.fundicionesderoda.es/wp-content/uploads/2013/02/EQUIVALENCIAS\\_ESPECIFICACIO.pdf](http://www.fundicionesderoda.es/wp-content/uploads/2013/02/EQUIVALENCIAS_ESPECIFICACIO.pdf)

Accessed November 30, 2020. (50)

Para definir este acero en el modelo vamos a acceder al cuadro diálogo “Propiedades de parámetro” tal y como se ha explicado en el apartado “etiquetado de las cotas” del punto “7.4. Creación de la estructura básica”, ilustraciones 47 y 48 del presente documento. En este cuadro definiremos las características de un nuevo parámetro que serán del tipo “Material” con las siguientes propiedades:

**Ilustración 51:** Propiedades del parámetro "ACERO GGG-40" creado.

**Fuente:** Elaboración propia.

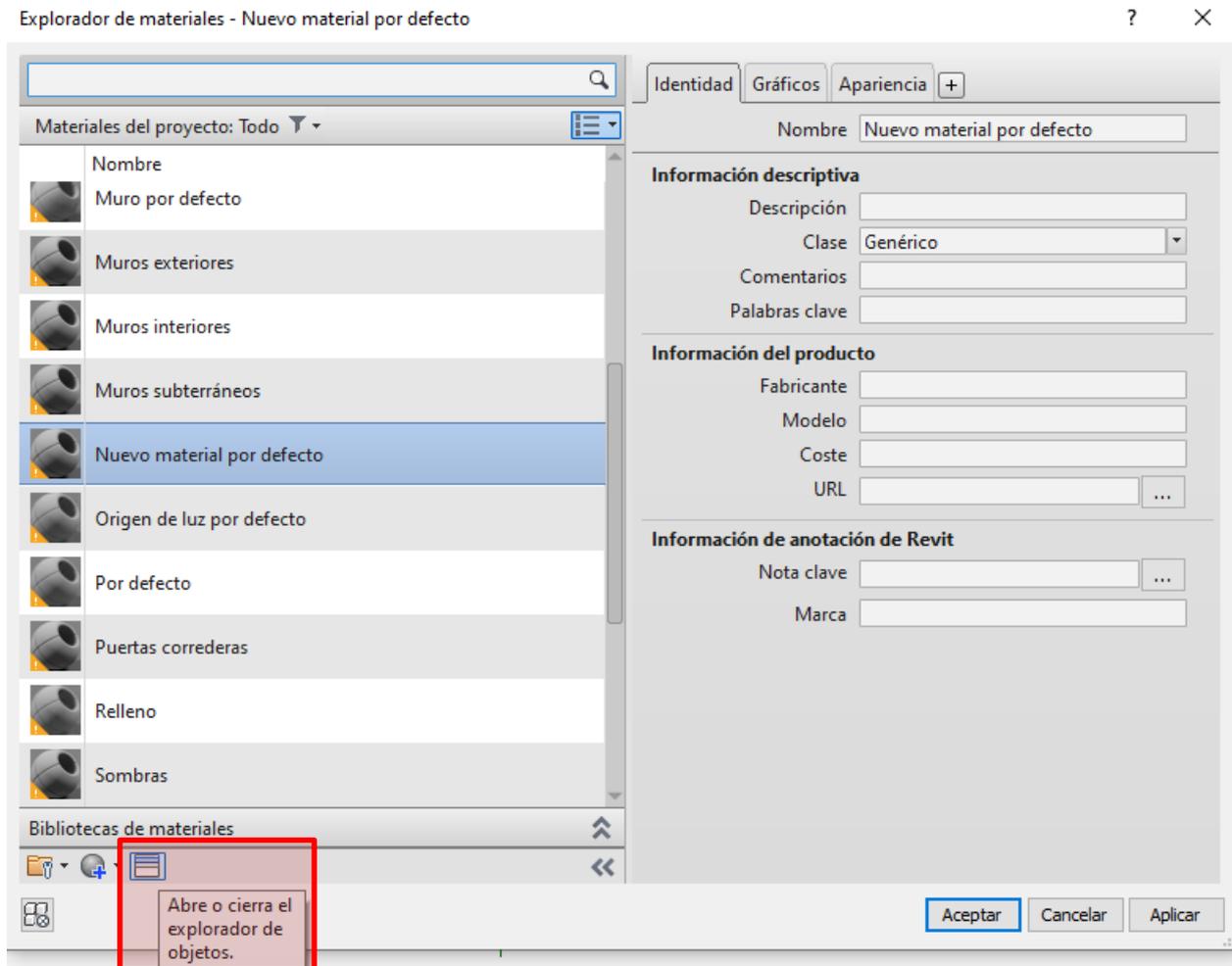
El parámetro que acabamos de crear ahora mismo sólo tiene definido el nombre y su clasificación, pero está vacío. Para indicar el material que se corresponde con este parámetro debemos hacerlo desde la ventana “Tipos de familia” a través de la cual hemos accedido a la creación del nuevo parámetro. En esta ventana podemos ver que el valor asignado al parámetro “ACERO GGG-40” está definido según categoría. Para definir el material vamos a hacer clic sobre dicho valor:

**Ilustración 52:** Ventana “Tipos de familia”, introducción del valor del material.

Parámetro	Valor	Fórmula	Bloquear
<b>Restricciones</b> ^			
Elevación por defecto	500.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Materiales y acabados</b> ^			
ACERO FUNDICIÓN GG	<Por categoría> ...	=	
<b>Cotas</b> ^			
Largo arqueta	500.0	=	<input type="checkbox"/>
<b>Datos de identidad</b> ^			
Imagen de tipo		=	
Nota clave		=	
Modelo		=	
Fabricante		=	
Comentarios de tipo		=	
URL		=	
Descripción		=	
Código de montaje		=	
Costo		=	

**Fuente:** Elaboración propia.

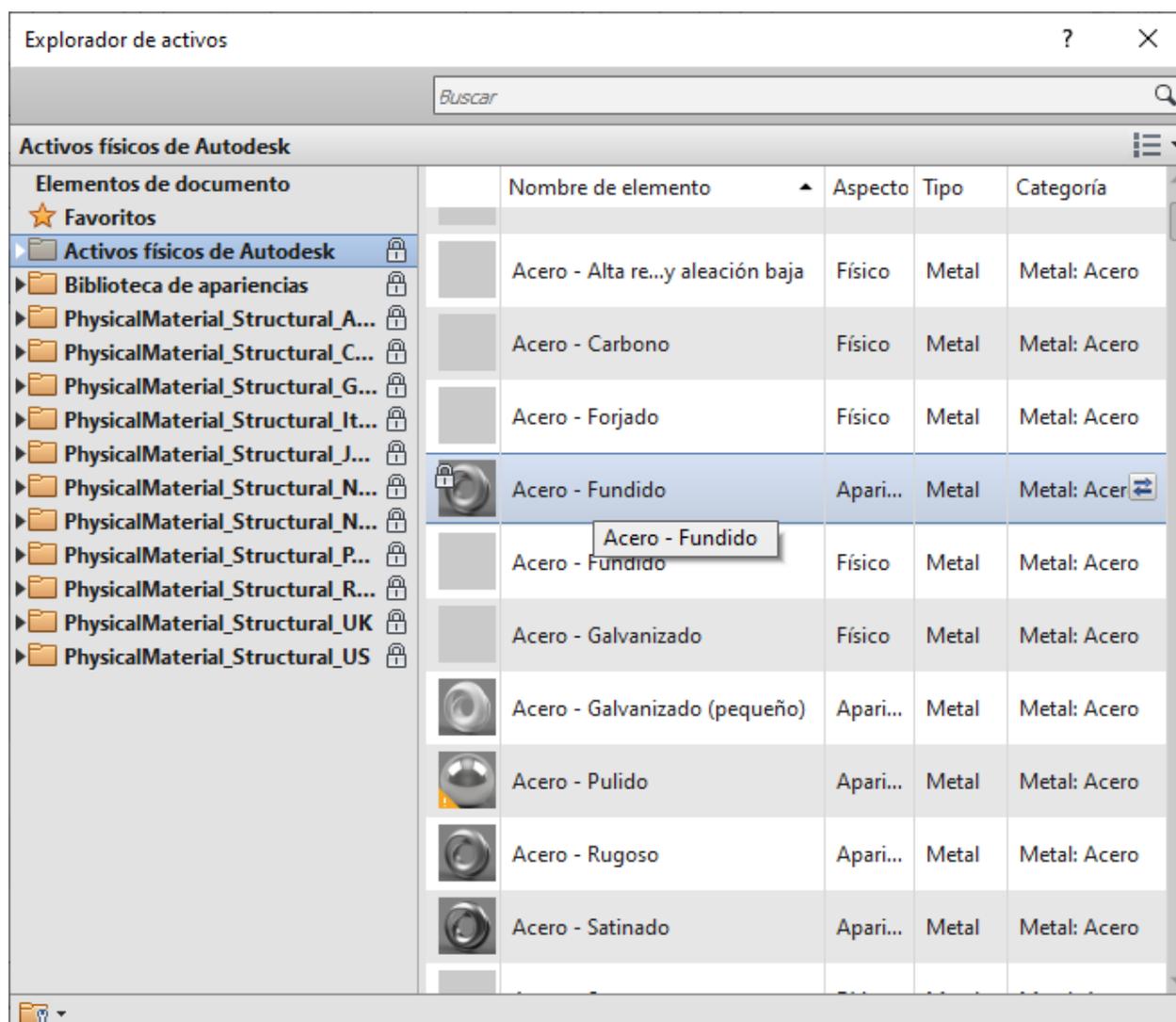
En la siguiente ventana se nos muestran los materiales de proyecto que están cargados. Es posible que, como en este caso, no encontremos un material que se adapte al que nosotros buscamos. En estos casos deberemos crear un nuevo material o realizar un duplicado de alguno ya existente y definir el material que necesitamos. Para definirlo podemos indicar todas sus características o podemos cargar un material similar del explorador de objetos. Vamos a optar por la segunda opción. La herramienta para abrir o cerrar el explorador de objetos podemos encontrarla bajo el listado de materiales del proyecto, junto a las herramientas para abrir las bibliotecas de objetos y la herramienta para crear o duplicar nuevos materiales.

**Ilustración 53:** Herramienta "Abrir o cerrar el explorador de objetos" dentro del explorador de materiales.

**Fuente:** Elaboración propia.

Dentro del explorador de objetos podemos encontrar una inmensa cantidad de materiales que podemos emplear como base para definir nuestro nuevo material o podremos cargarlos directamente si se ajustan a nuestras necesidades tal cual está definido en el programa. En este caso seleccionaremos el material “Acero – Fundición” como base para definir nuestro acero GGG-40.

**Ilustración 54:** Explorador de activos, selección del material “Acero – Fundido”



**Fuente:** Elaboración propia.

Reemplazamos las características de este material por las del que hemos creado o duplicado en la ventana anterior y ya podremos definir las propiedades finales del acero. Tenemos hasta 5 pestañas de información del material:

- Identidad
- Gráficos
- Apariencia
- Físico
- Térmico

En la pestaña “Identidad” vamos a introducir lo siguiente:

**Ilustración 55:** Propiedades de identidad del acero GGG-40.

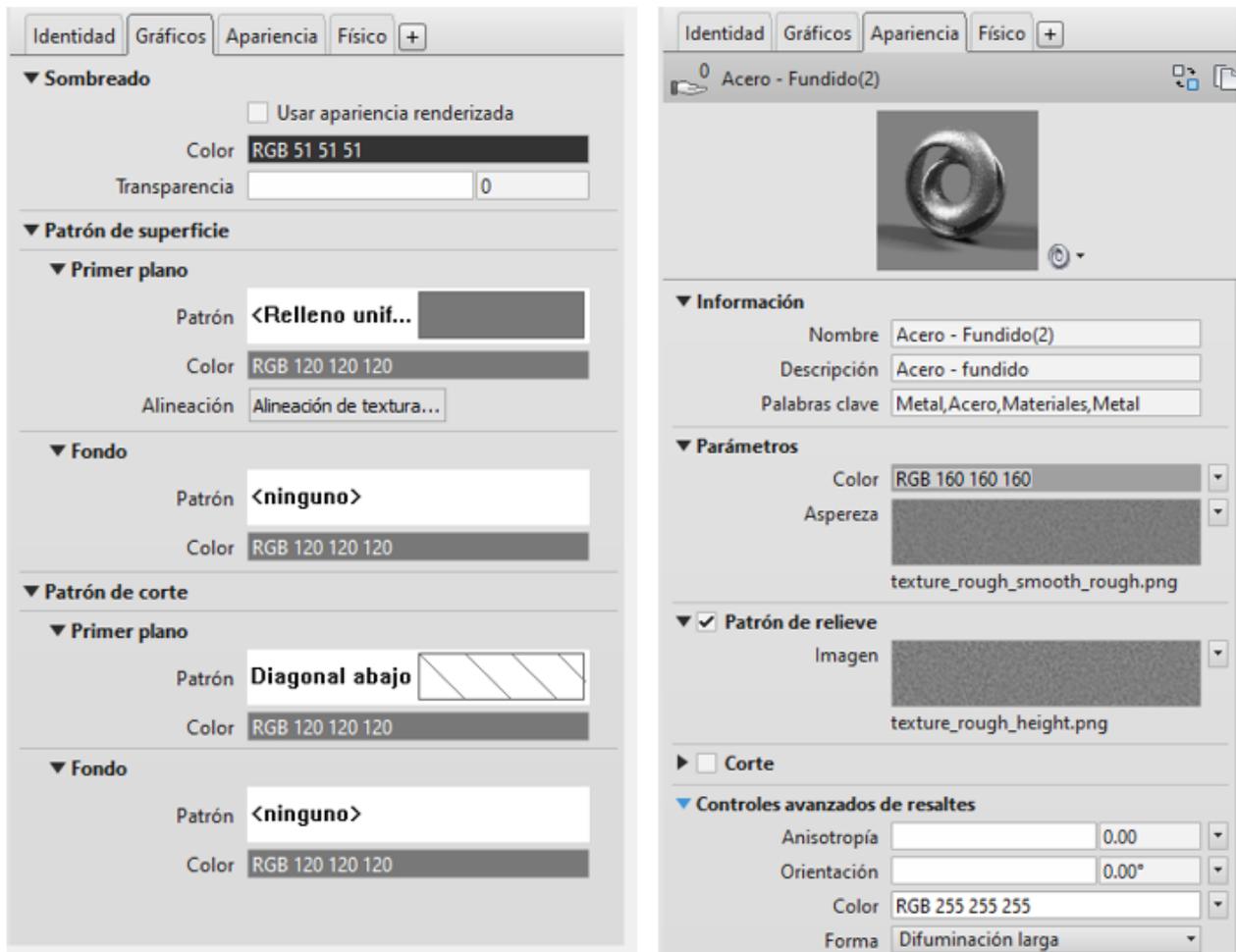
The image shows a software interface for defining material properties. It features a tabbed menu at the top with 'Identidad', 'Gráficos', 'Apariencia', and 'Físico'. The 'Identidad' tab is selected. Below the tabs, there is a 'Nombre' field containing 'Fundición nodular GGG-40'. The main area is divided into three sections: 'Información descriptiva' with fields for 'Descripción' (acero de fundición nodular GGG-40), 'Clase' (Metal), 'Comentarios' (Material establecido en la instrucció...), and 'Palabras clave' (GGG-40, Fundición, EMASESA, metal); 'Información del producto' with fields for 'Fabricante', 'Modelo', 'Coste', and 'URL'; and 'Información de anotación de Revit' with fields for 'Nota clave' and 'Marca'.

Propiedad	Valor
Nombre	Fundición nodular GGG-40
<b>Información descriptiva</b>	
Descripción	acero de fundición nodular GGG-40
Clase	Metal
Comentarios	Material establecido en la instrucció...
Palabras clave	GGG-40, Fundición, EMASESA, metal
<b>Información del producto</b>	
Fabricante	
Modelo	
Coste	
URL	
<b>Información de anotación de Revit</b>	
Nota clave	
Marca	

**Fuente:** Elaboración propia.

Las propiedades de información del producto quedarán a elección del técnico que haga empleo de la pieza puesto que variarán en función de cada obra. Las propiedades de gráficos y apariencia se dejarán tal y como se han cargado de la lista de objetos:

**Ilustración 56:** Propiedades de gráfico y apariencia del acero GGG-40, predeterminados de Acero-Fundición.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la última pestaña introduciremos los valores dados en la tabla III.

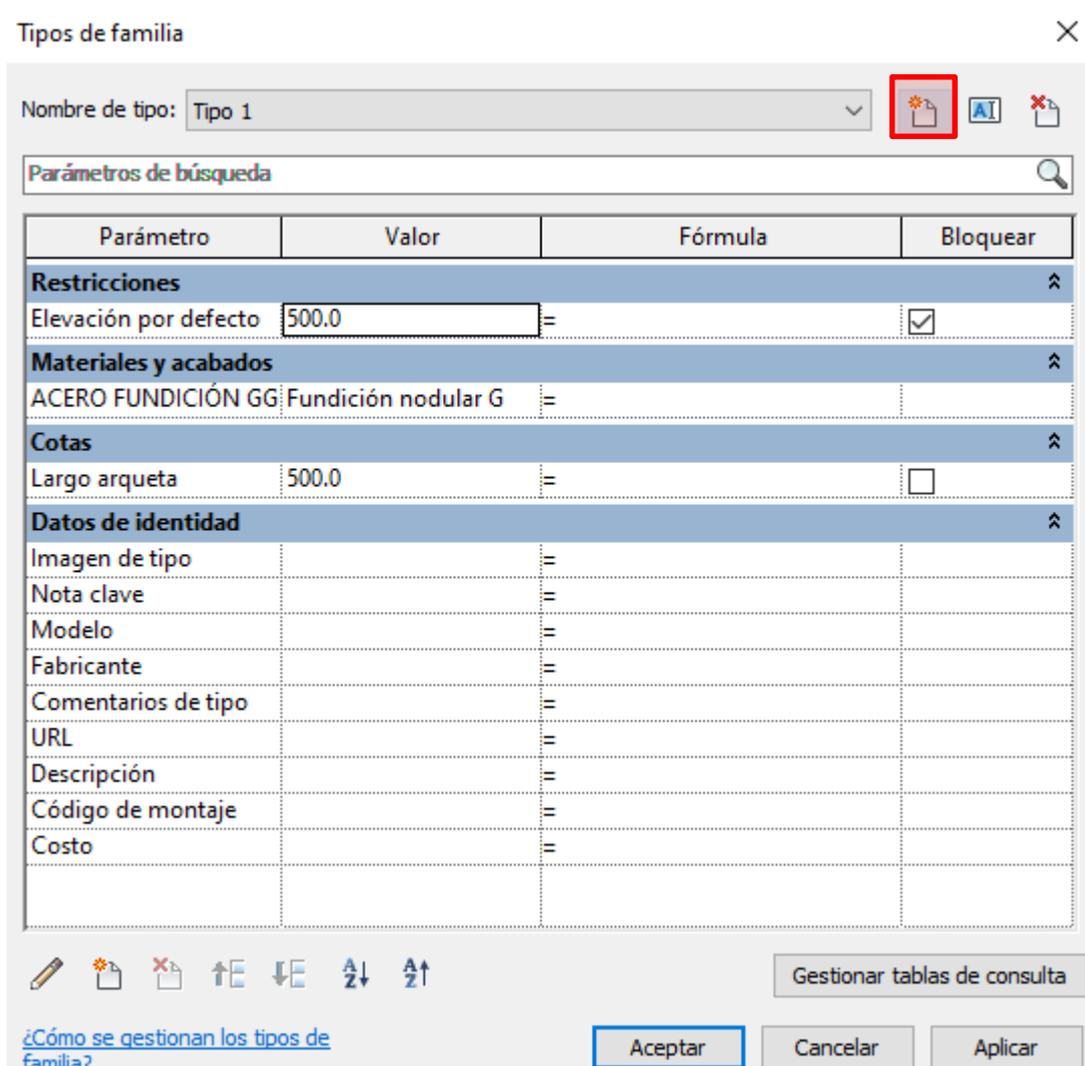
**Ilustración 57:** Propiedades físicas definidas para el acero GGG-40.

Propiedad	Valor
<b>Información</b>	
Nombre	Fundición GGG-40
Descripción	Activo estructural metálico.
Palabras clave	estructural,metal
Tipo	Metal
Subclase	Acero
Origen	Autodesk
URL de origen	
<b>Comportamiento</b>	
Comportamiento	Isótropo
<b>Térmico básico</b>	
Coefficiente de expansión térmica	0.00001 inv °C
<b>Mecánico</b>	
Módulo de Young	169 000.0 MPa
Coefficiente de Poisson	0.30
Módulo cortante	65 000.0 MPa
Densidad	7 100.00 kg/m <sup>3</sup>
<b>Resistencia</b>	
Límite de elasticidad	250.0 MPa
Resistencia máxima a tracción	400.0 MPa
<input type="checkbox"/> Tratado térmicamente	

**Fuente:** Elaboración Propia.

Podríamos añadirle si quisiéramos propiedades térmicas, aunque en este caso vamos a dejarlo así. Por tanto, una vez definido el material vamos a pasar a definir los dos tipos de cajas, el establecido en la instrucción técnica y el que vamos a suponer para condiciones especiales. En la misma ventana donde hemos estado trabajando de “Tipos de familia” encontramos al lado de “nombre de tipo” la herramienta “Nuevo tipo”

**Ilustración 58:** Ventana “Tipos de familia”, herramienta “Nuevo tipo”



**Fuente:** Elaboración Propia.

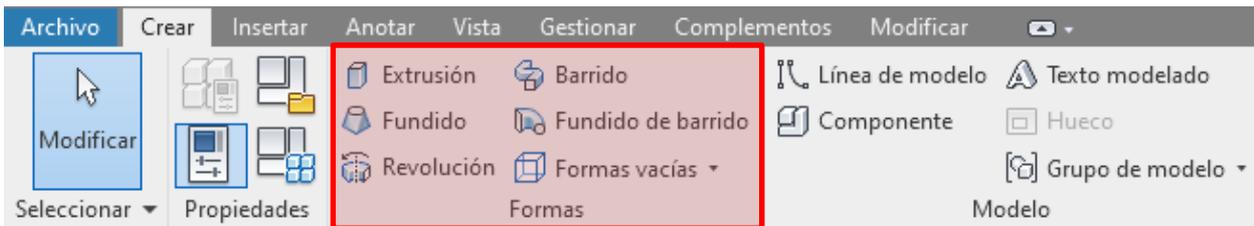
Si clicamos sobre ella nos pedirá el nombre que queremos asignar al nuevo tipo que deseamos crear, en este caso crearemos un nuevo tipo que llamaremos “Tipo regulado” y otro tipo que llamaremos “Tipo especial”. Únicamente faltaría introducir el valor de los parámetros para cada tipo y hacer clic en aceptar. Vamos a suponer para este caso que necesitamos una caja con un lago de tapadera de 350 mm. En este caso sólo deberemos modificar dicho parámetro al valor deseado y ya tendremos los dos tipos creados.

De la forma que se ha explicado en este punto podremos crear todos los parámetros que sean necesarios para crear los distintos tipos de una familia que requiramos.

## 6.6 Definición del nivel de la geometría

En este punto vamos a crear las formas geométricas que servirán para representar gráficamente nuestro objeto. Las herramientas que se usarán en este apartado se pueden encontrar en la pestaña “Crear”. El objetivo será crear y también bloquear la geometría ajustándola a los planos de referencia que creamos anteriormente.

Vamos a comenzar analizando las distintas herramientas de creación de las que disponemos y su funcionamiento. Todas estas herramientas se encuentran dentro del grupo “Formas”

**Ilustración 59:** Grupo de herramientas "Formas".

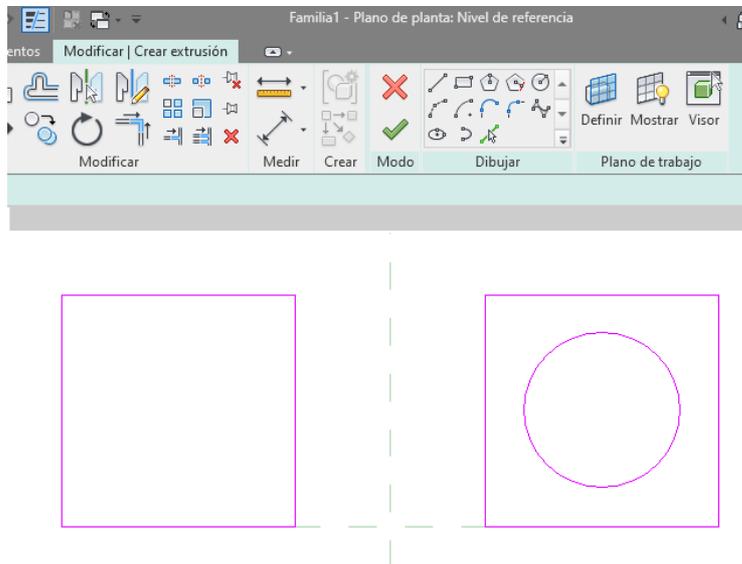
**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.6.1 Extrusión

Esta herramienta es útil cuando tenemos que crear objetos con una sección transversal constante. Se usa definiendo un perfil cerrado plano y definiendo la longitud de la extrusión a través del eje perpendicular al plano que contiene el perfil.

El flujo de trabajo a seguir para crear un elemento mediante extrusión es el siguiente:

- Seleccionamos el plano de trabajo donde vamos a dibujar el boceto del perfil cerrado. En caso de no existir el plano de trabajo tendremos que crearlo en este punto como se detalla en el punto 6.4. “Creación de la estructura básica”
- Seleccionamos la herramienta “Extrusión” dentro del grupo “Formas” (Ilustración 59).
- Dibujamos el perfil cerrado con las herramientas de creación de boceto. Podemos dibujar un único perfil cerrado si dibujamos un único bucle. Podemos dibujar varios perfiles si los bucles no se intersectan. Podemos dibujar perfiles huecos si dibujamos bucles dentro de otros bucles si no se intersectan.

**Ilustración 60:** Perfil lleno y perfil con hueco circular para extrusión.

**Fuente:** Elaboración propia.

- Definimos en la paleta de propiedades el punto inicial y final de la extrusión, las opciones de visibilidad, materiales y datos de identidad.

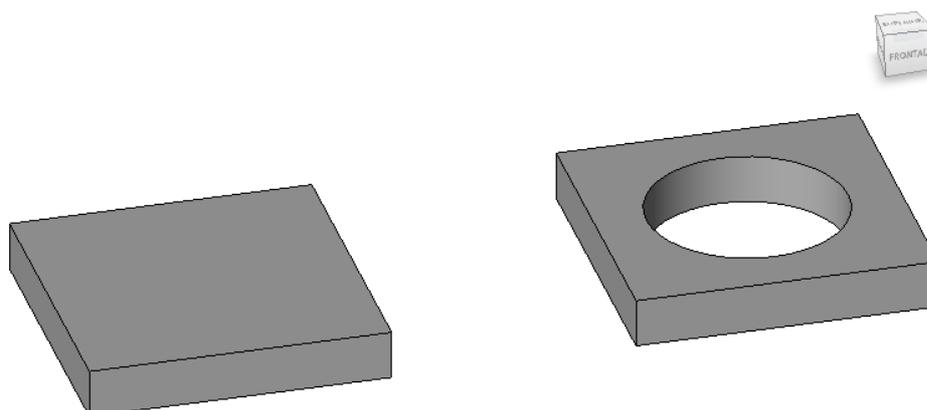
**Ilustración 61:** Propiedades de extrusión.

Extrusión	▼	Editar tipo
<b>Restricciones</b> ▲		
Final de extrusión	250.0	
Inicio de extrusión	0.0	
Plano de trabajo	Nivel : Nivel de ref...	
<b>Gráficos</b> ▲		
Visible	<input checked="" type="checkbox"/>	
Modificaciones de...	Editar...	
<b>Materiales y acabados</b> ▲		
Material	<Por categoría>	
<b>Datos de identidad</b> ▲		
Subcategoría	<Ninguno>	
Sólido/Vacío	Sólido	

**Fuente:** Elaboración propia

- Seleccionamos la herramienta “Finalizar modo de edición” dentro del “Grupo modo” (la localizaremos como un gran tick verde) y el programa volverá a la vista en la que nos encontrábamos antes de iniciar el proceso y ya se habrá creado la extrusión.

**Ilustración 62:** Extrusión creada.



**Fuente:** Elaboración propia

### 6.6.2 Fundido

Esta herramienta es similar a la anterior con la salvedad de que la sección transversal puede ser variable. En este caso se definen los dos perímetros cerrados que definen las dos caras en los extremos del objeto y su posición, con esto el programa unirá ambas caras y formará un sólido de fundido.

Al igual que en la extrusión las formas cerradas planas que definen las bases inferior y superior de la figura se dibujan mediante las herramientas básicas de dibujo. La separación entre ambas caras se define a través de la paleta de propiedades

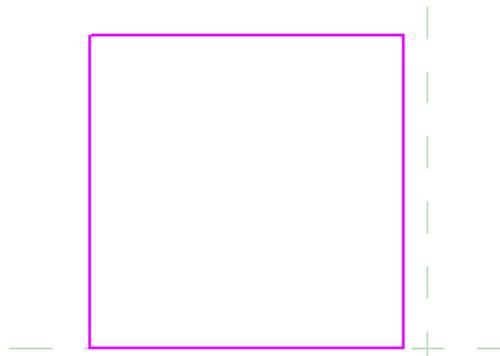
El flujo de trabajo a seguir para crear un elemento mediante fundido es el siguiente:

- Seleccionamos el plano de trabajo donde vamos a dibujar el boceto del perfil cerrado. En caso de no existir el plano de trabajo tendremos que crearlo en este punto como se detalla en el punto 6.4. “Creación de la estructura básica”
- Seleccionamos la herramienta “Fundido” dentro del grupo “Formas” (Ilustración 59).
- Dibujamos el perfil cerrado que definirá la base del sólido con las herramientas de creación de boceto.

En este caso no es posible realizar más de un bucle, de modo que no podremos crear fundidos con huecos o fundidos múltiples.

- Definimos en la paleta de propiedades el punto inicial y final de la extrusión, las opciones de visibilidad, materiales y datos de identidad.
- Seleccionamos la herramienta “Editar parte superior”

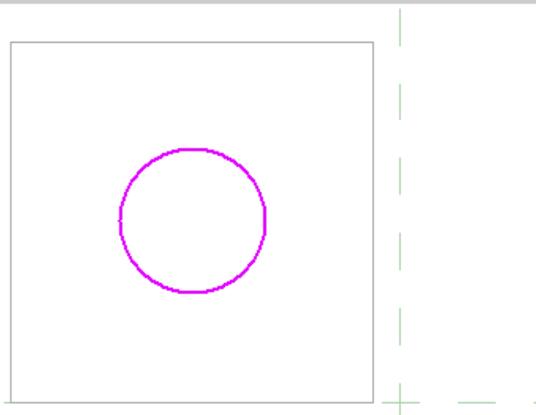
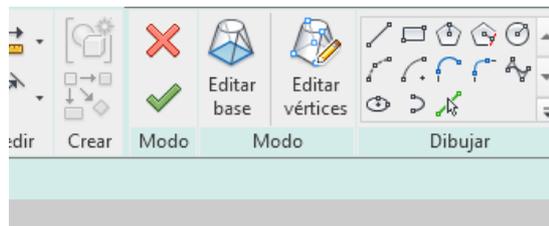
**Ilustración 63:** Base superior del fundido.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Dibujamos el perfil cerrado que definirá la base superior del elemento de fundido del mismo modo que hicimos con la base inferior.

**Ilustración 64:** Base inferior del fundido.

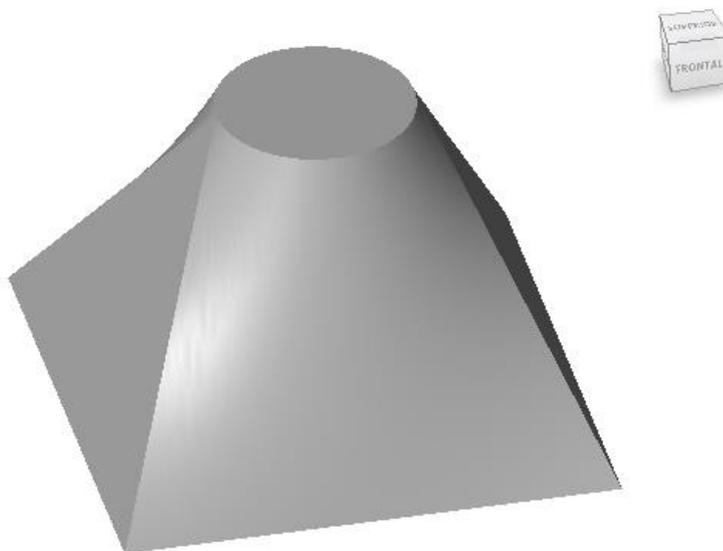


**Fuente:** Elaboración propia.

- Podemos modificar si es necesario las conexiones entre las bases seleccionando la herramienta “Editar vértices”.

- Seleccionamos la herramienta “Finalizar modo de edición” dentro del “Grupo modo” (la localizaremos como un gran tick verde) y el programa volverá a la vista en la que nos encontrábamos antes de iniciar el proceso y ya se habrá creado el fundido.

**Ilustración 65:** Sólido de fundido creado.



**Fuente:** Elaboración propia.

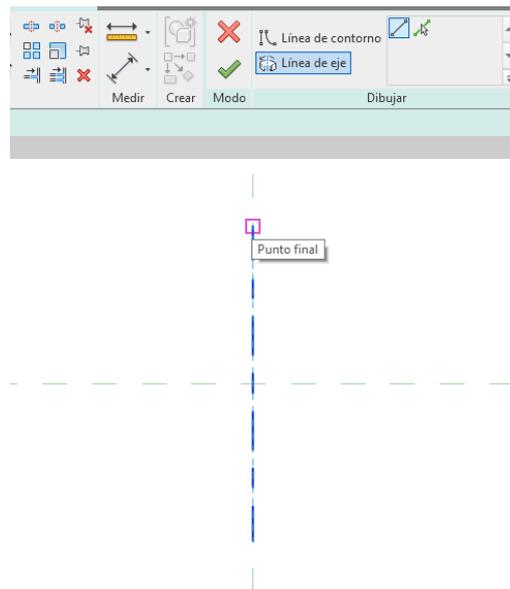
### 6.6.3 Revolución

Con esta herramienta podremos crear fácilmente objetos de revolución a partir de una figura plana cerrada que gira alrededor de un eje central de revolución.

Se creará mediante la definición de un eje de revolución y un perfil de revolución. Cabe destacar que el eje de revolución nunca podrá encontrarse dentro de la figura que delimita el contorno, ya que habría un solapamiento, lo máximo que podemos hacer es colocarlo tangente al borde de la figura. A diferencia de las herramientas anteriores, tendremos que definir los grados del ángulo de revolución en lugar de la diferencia de cotas entre las caras.

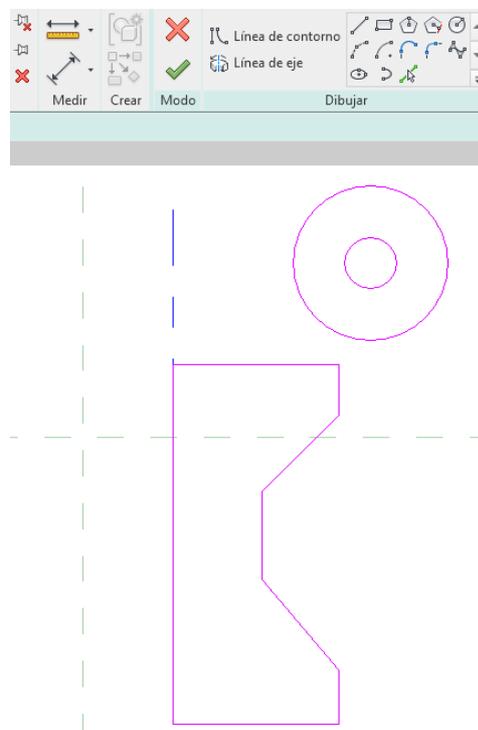
El flujo de trabajo a seguir para crear un elemento mediante revolución es el siguiente:

- Seleccionamos el plano de trabajo donde vamos a dibujar el boceto del perfil cerrado. En caso de no existir el plano de trabajo tendremos que crearlo en este punto como se detalla en el punto 6.4. “Creación de la estructura básica”
- Seleccionamos la herramienta “Revolución” dentro del grupo “Formas” (Ilustración 59).
- Seleccionamos la herramienta “línea de eje” dentro del grupo “Dibujar” y dibujamos el eje de revolución, que lo definiremos mediante una recta.

**Ilustración 66:** Eje de revolución.

**Fuente:** Elaboración propia.

- Seleccionamos la herramienta “Línea de contorno” y dibujamos el perfil cerrado que girará alrededor del eje de revolución. Podemos dibujar un único perfil cerrado si dibujamos un único bucle. Podemos dibujar varios perfiles si los bucles no se intersectan. Podemos dibujar perfiles huecos si dibujamos bucles dentro de otros bucles si no se intersectan. Cabe destacar que si el perfil entra en contacto con el eje de revolución obtendremos una forma sólida y si el perfil no toca al eje tendremos un sólido con un hueco al medio.

**Ilustración 67:** Perfil de revolución tangente al eje y perfil hueco separado del eje.

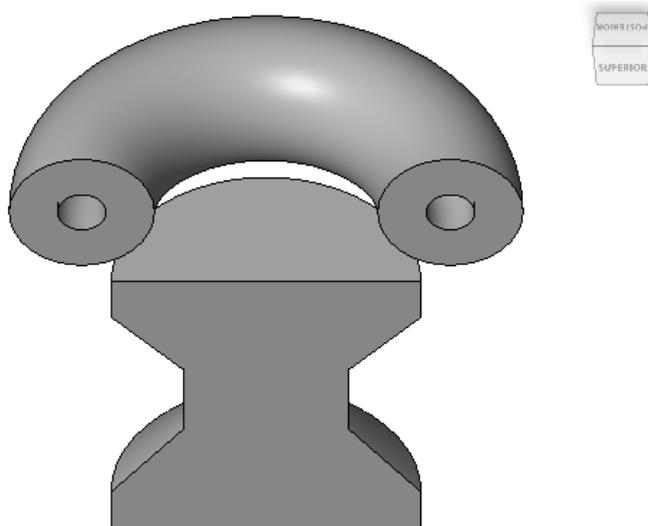
**Fuente:** Elaboración propia.

- En la paleta de propiedades podemos modificar las propiedades de la revolución, entre ellas el ángulo inicial y final de revolución. Podemos hacer revoluciones completas alrededor del eje o parciales con cualquier otro ángulo. Además, también definiremos las opciones de visibilidad, materiales y datos de

identidad.

- Seleccionamos la herramienta “Finalizar modo de edición” dentro del “Grupo modo” (la localizaremos como un gran tick verde) y el programa volverá a la vista en la que nos encontrábamos antes de iniciar el proceso y ya se habrá creado la revolución.

**Ilustración 68:** Sólido de revolución parcial de 180°



**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 69:** Sólido de revolución completa de 360°



**Fuente:** Elaboración propia.

#### 6.6.4 Barrido

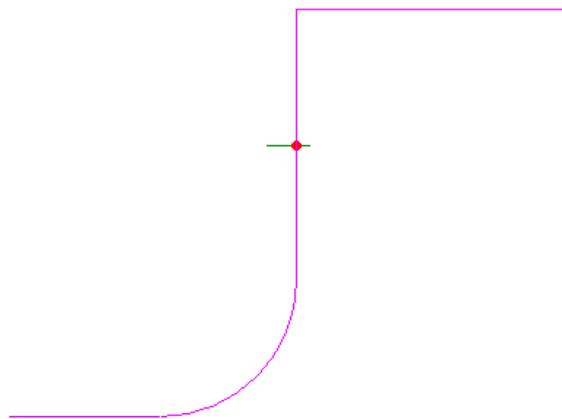
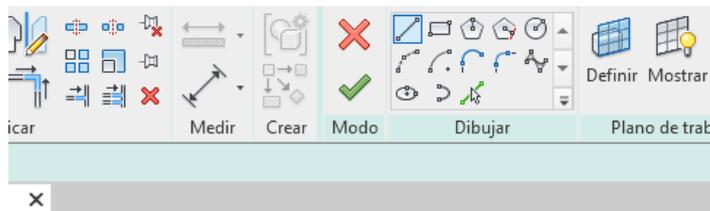
Es una herramienta similar a la extrusión, ya que es la extrusión de una forma cerrada plana a lo largo de un eje, que puede ser o no una línea recta. Por tanto, la única diferencia real será que debemos definir el eje a través del cual se generará el barrido en lugar de definir la separación entre caras.

El flujo de trabajo a seguir para crear un elemento mediante barrido es el siguiente:

- Seleccionamos el plano de trabajo donde vamos a dibujar el boceto del perfil cerrado. En caso de no existir el plano de trabajo tendremos que crearlo en este punto como se detalla en el punto 6.4. “Creación de la estructura básica”
- Seleccionamos la herramienta “Barrido” dentro del grupo “Formas” (Ilustración 59).
- Para empezar a crear un barrido lo primero que debemos hacer es definir el camino de barrido. Esto podemos hacerlo seleccionando la herramienta “Boceto de camino” y usando las herramientas de dibujo de boceto o podemos hacerlo seleccionando un camino ya creado con la herramienta “Seleccionar camino”.

El camino que dibujemos o seleccionemos puede ser abierto o cerrado, plano o tridimensional y puede contener una sucesión de líneas y rectas, pero sólo puede haber un único camino. Si seleccionamos un camino basándonos en bordes de otras figuras sólidas o en líneas de boceto ya existentes la geometría quedará automáticamente bloqueada y fijada a los elementos seleccionados.

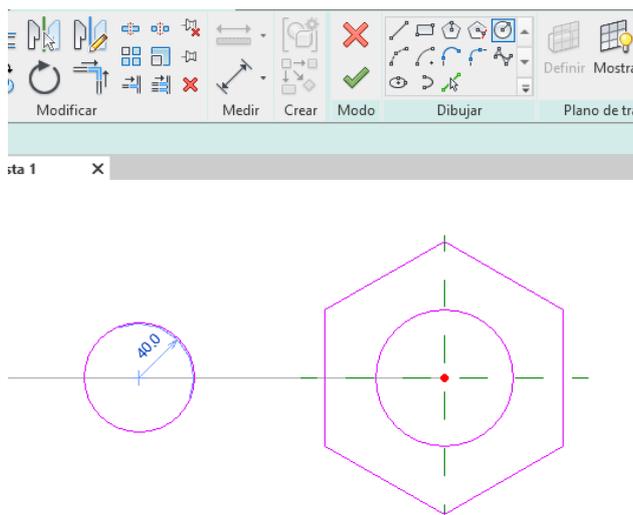
**Ilustración 70:** Camino de barrido visto en planta, con varias rectas y curvas.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Seleccionamos “Finalizar modo de edición”
- Creamos el perfil con la herramienta “Editar perfil” y usando las herramientas de dibujo creamos uno o varios bucles cerrados.

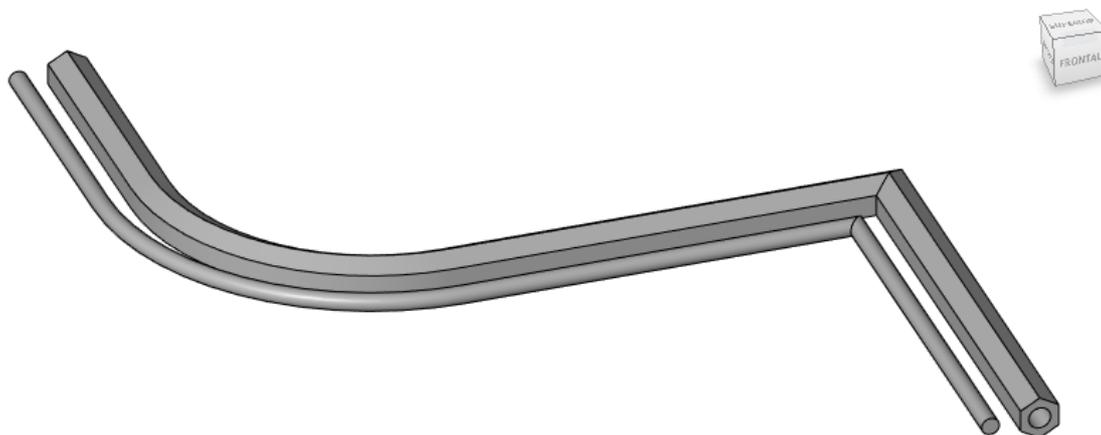
**Ilustración 71:** Bucle hueco y bucle lleno de barrido.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Configuramos las propiedades del barrido en la paleta de propiedades. Podremos configurar las opciones de visibilidad, materiales y datos de identidad.
- Seleccionamos la herramienta “Finalizar modo de edición” dentro del “Grupo modo” (la localizaremos como un gran tick verde) y el programa volverá a la vista en la que nos encontrábamos antes de iniciar el proceso y ya se habrá creado el barrido.

**Ilustración 72:** Sólido de barrido.



**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.6.5 Fundido de barrido

En este caso se trata de una herramienta que nos permite realizar un fundido a través de un eje de barrido. Al igual que con la herramienta de fundido deberemos definir la geometría cerrada plana de los planos superior e inferior, con la diferencia de que debemos definir el eje de barrido en lugar de la separación entre caras. La diferencia respecto al barrido es que en este caso el camino no podrá estar definido por más de una curva.

El flujo de trabajo a seguir para crear un elemento mediante fundido de barrido es el siguiente:

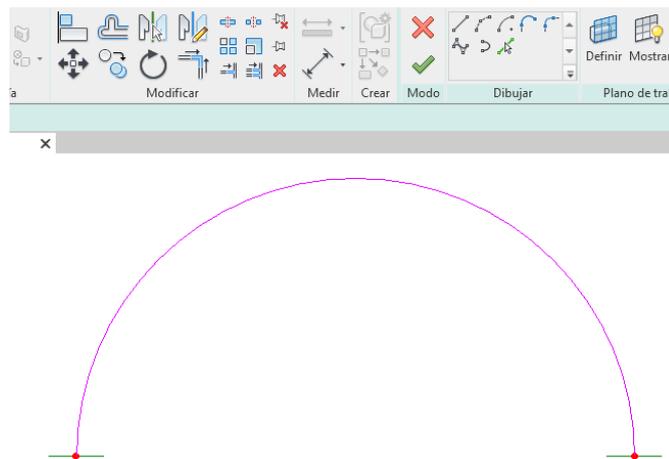
- Seleccionamos el plano de trabajo donde vamos a dibujar el boceto del perfil cerrado. En caso de no existir el plano de trabajo tendremos que crearlo en este punto como se detalla en el punto 6.4. “Creación

de la estructura básica”

- Seleccionamos la herramienta “Fundido de barrido” dentro del grupo “Formas” (Ilustración 59).
- Comenzaremos a crear un fundido de barrido seleccionando la herramienta “Boceto de camino” y usando las herramientas de dibujo de boceto o bien seleccionando un camino ya creado con la herramienta “Seleccionar camino”.

El camino que dibujemos o seleccionemos debe ser abierto, compuesto por un único segmento recto o curvo y no puede contener más de una curvatura. Si seleccionamos un camino basándonos en bordes de otras figuras sólidas o en líneas de boceto ya existentes la geometría quedará automáticamente bloqueada y fijada a los elementos seleccionados.

**Ilustración 73:** Camino de barrido de fundido con una única curva visto en planta.



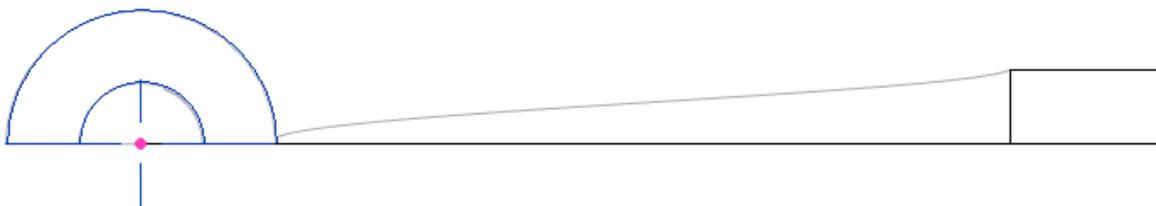
**Fuente:** Elaboración propia.

- Seleccionamos “Finalizar modo de edición” en el grupo de herramientas “Modo”
- Seleccionamos el perfil 1 o el perfil 2 y usamos la herramienta “Editar perfil” para crear un boceto nuevo o usamos la herramienta “Cargar perfil” para cargar un perfil ya existente.

En este caso no es posible realizar más de un bucle, de modo que no podremos crear barridos de fundido con huecos sin emplear las herramientas de modelado de formas vacías ni tampoco podremos crear fundidos múltiples sin realizar varios fundidos independientes.

- Seleccionamos “Finalizar modo de edición” en el grupo de herramientas “Modo”
- Seleccionamos el perfil que aún no hayamos definido y usamos la herramienta “Editar perfil” o “Cargar perfil” para crear el perfil correspondiente a la otra cara del barrido de fundido.
- Seleccionamos “Finalizar modo de edición” en el grupo de herramientas “Modo”

**Ilustración 74:** Secciones de los perfiles 1 y 2 para el barrido de fundido.



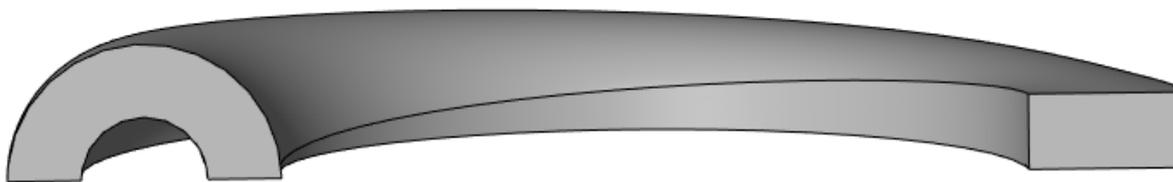
**Fuente:** Elaboración propia.

- Podemos modificar si es necesario las conexiones entre las caras seleccionando la herramienta “Editar

vértices”.

- Seleccionamos “Finalizar modo de edición” en el grupo de herramientas “Modo”

**Ilustración 75:** Sólido de barrido de fundido.



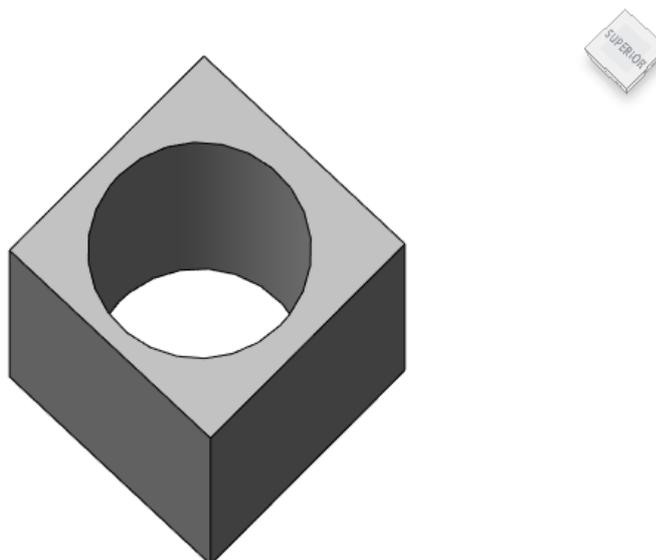
**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.6.6 Formas vacías

Esta herramienta se compone de una serie de subherramientas similares a las que acabamos de ver: Extrusión vacía, Fundido vacío, Revolución vacía, Barrido vacío y Fundido de barrido vacío. Los flujos de trabajo que debemos emplear con todas estas utilidades son iguales a los de las herramientas homólogas que hemos visto en los puntos anteriores, pero las formas vacías lo que nos permiten es realizar huecos o restar geometría a otros sólidos llenos que ya hemos creado o que vamos a crear más adelante.

Cualquier sólido que hayamos creado anteriormente puede transformarse en un sólido vacío desde la paleta de propiedades. Para hacer esto deberemos buscar dentro del grupo de “Datos de identidad” la propiedad “Sólido/Vacío” y seleccionar la opción “Vacío”. De este modo podremos convertir sólidos llenos en sólidos vacíos y viceversa.

**Ilustración 76:** Extrusión sólida de perfil cuadrado atravesada por extrusión vacía de perfil redondo.



**Fuente:** Elaboración propia.

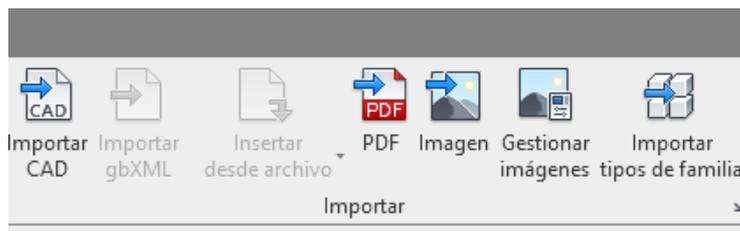
La diferencia entre el sólido que podemos observar en la imagen superior y la que podemos observar en el punto “6.6.1. Extrusión” (figura 62) es que este sólido está compuesto por una extrusión sólida y una vacía. Por el contrario, la de la figura 62 es una única extrusión sólida cuyo perfil de extrusión presentaba un hueco en su interior.

## 6.7 Importación de archivos

Una utilidad muy importante a la hora de modelar es la de importar archivos de distintas extensiones a nuestro archivo de familia. Es usual que dispongamos de archivos provenientes de AutoCAD, PDFs o archivos de imagen en los que ya están definidas las geometrías que necesitamos incluir en nuestro modelo. Por tanto, resulta de gran utilidad y resultan en un ahorro importante de trabajo el poder insertarlos como plantilla en nuestro modelo.

Es conveniente que, si tenemos la posibilidad, modifiquemos estos archivos para clasificar cada elemento en las capas de trabajo que más nos convengan, de forma que podamos trabajar de una forma cómoda sin tener que lidiar con capas que nos aportan información innecesaria y que nos estorben constantemente.

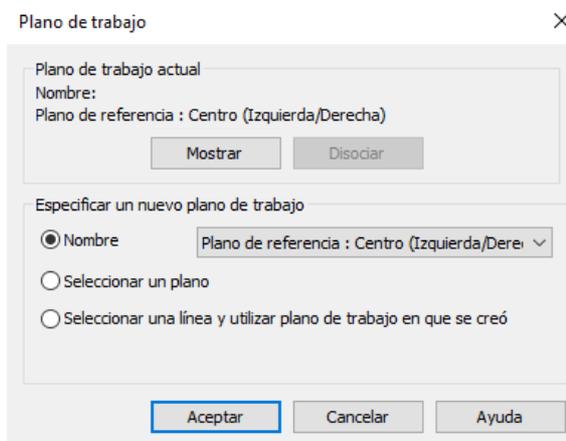
**Ilustración 77:** Herramientas de importación de archivos.



**Fuente:** Elaboración propia.

Volviendo al tema principal, debemos saber que a la hora de modelar en una vista determinada (alzados, planta, etc.) tendremos que indicarle al programa qué plano de referencia queremos usar como plano de trabajo. Para ello podremos elegir no solo planos de referencia, también podremos usar niveles, rejillas o seleccionar a mano un plano sobre la pantalla principal.

**Ilustración 78:** Selección del plano de trabajo.



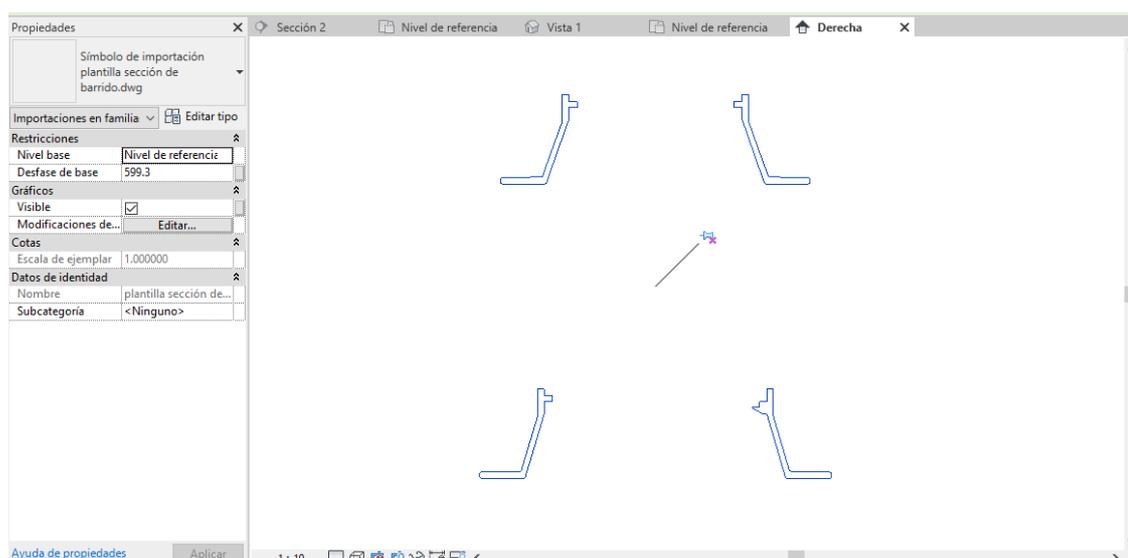
**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez que escojamos la herramienta de modelado que vayamos a usar y el plano de trabajo ya podremos comenzar a dibujar. En este momento deberemos prestar especial atención en evitar líneas duplicadas y en anclar correctamente el dibujo al esqueleto que creamos anteriormente de planos y líneas de referencias. Si no anclamos correctamente la geometría al esqueleto básico podemos tener problemas en el futuro comportamiento de la geometría.

Con todas las herramientas explicadas podemos pasar a dibujar la geometría de nuestro modelo.

- Introducción del DWG que nos valdrá como plantilla en las vistas necesarias. Vamos a comenzar modelando la arqueta en primer lugar. Por tanto, vamos a introducir la plantilla de los perfiles que nos definen la arqueta perimetralmente.

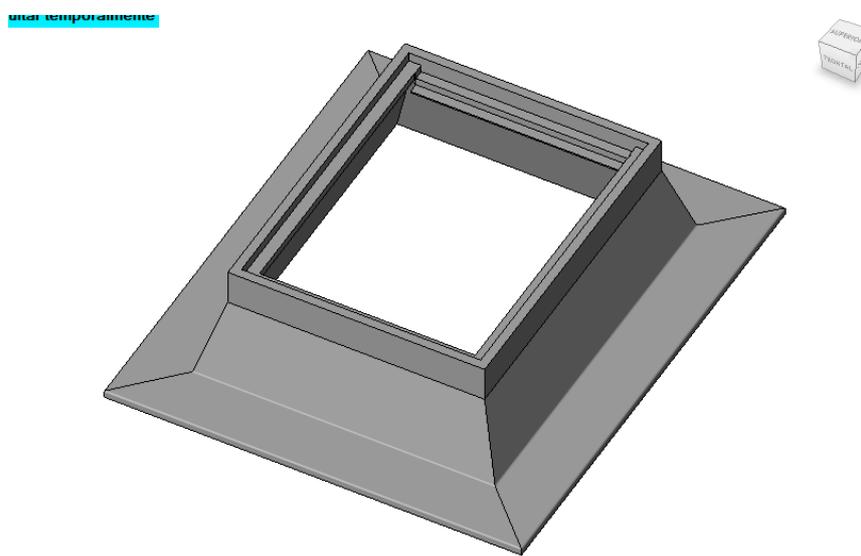
**Ilustración 79:** Plantilla para elaboración de la arqueta.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Con estos cuatro perfiles podemos pasar a definir el contorno de la arqueta mediante la herramienta de barrido. Debemos tener en cuenta que debemos fijar el recorrido a través del que se hará el barrido a los planos de referencia que conforman la estructura básica del modelo. De este modo, nos aseguraremos de que la figura tiene el comportamiento deseado cuando la flexionemos. Además, una vez creado el sólido vamos a asignarlo a la subcategoría AB-120 y le asignaremos el material que creamos para el acero de fundición nodular. Haciendo esto nos queda lo siguiente:

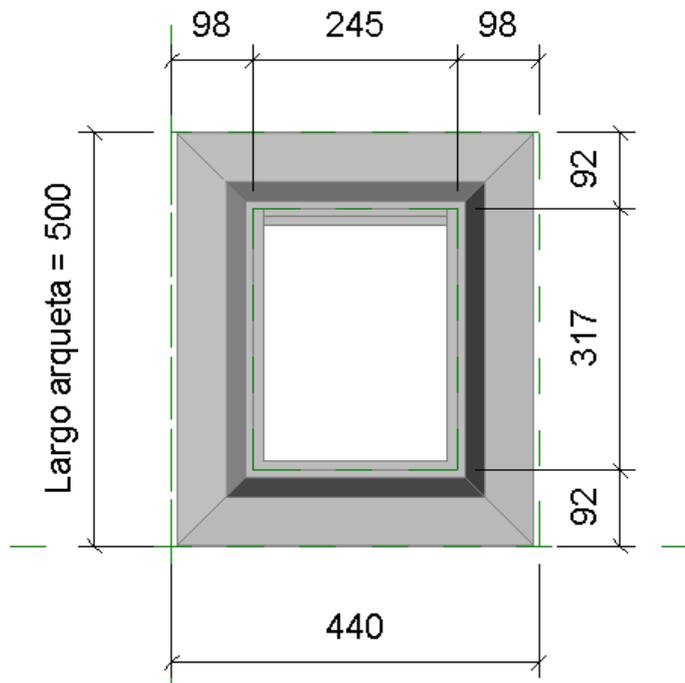
**Ilustración 80:** Modelo de la arqueta.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Es recomendable ir creando la figura en pequeños incrementos e ir comprobando en los pasos intermedios que responde correctamente ante los cambios de parámetros. En este caso recordamos que teníamos las siguientes restricciones:

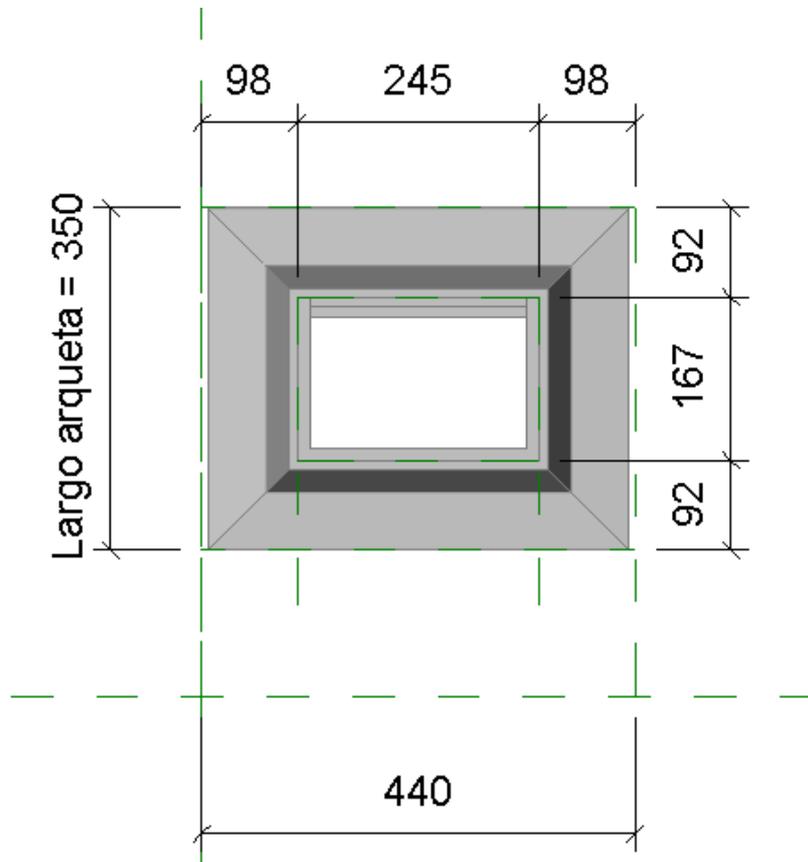
**Ilustración 81:** Restricciones geométricas de la arqueta en planta.



**Fuente:** Elaboración propia.

- El modelo que estamos creando se corresponde con el modelo regulado en la norma con las dimensiones que se exigen en ella. Es de esperar que, si modificamos el valor del parámetro “Largo arqueta”, seleccionando por ejemplo el tipo de familia “Tipo especial” la geometría del modelo varíe coherentemente. Comprobamos que efectivamente hasta este punto funciona correctamente:

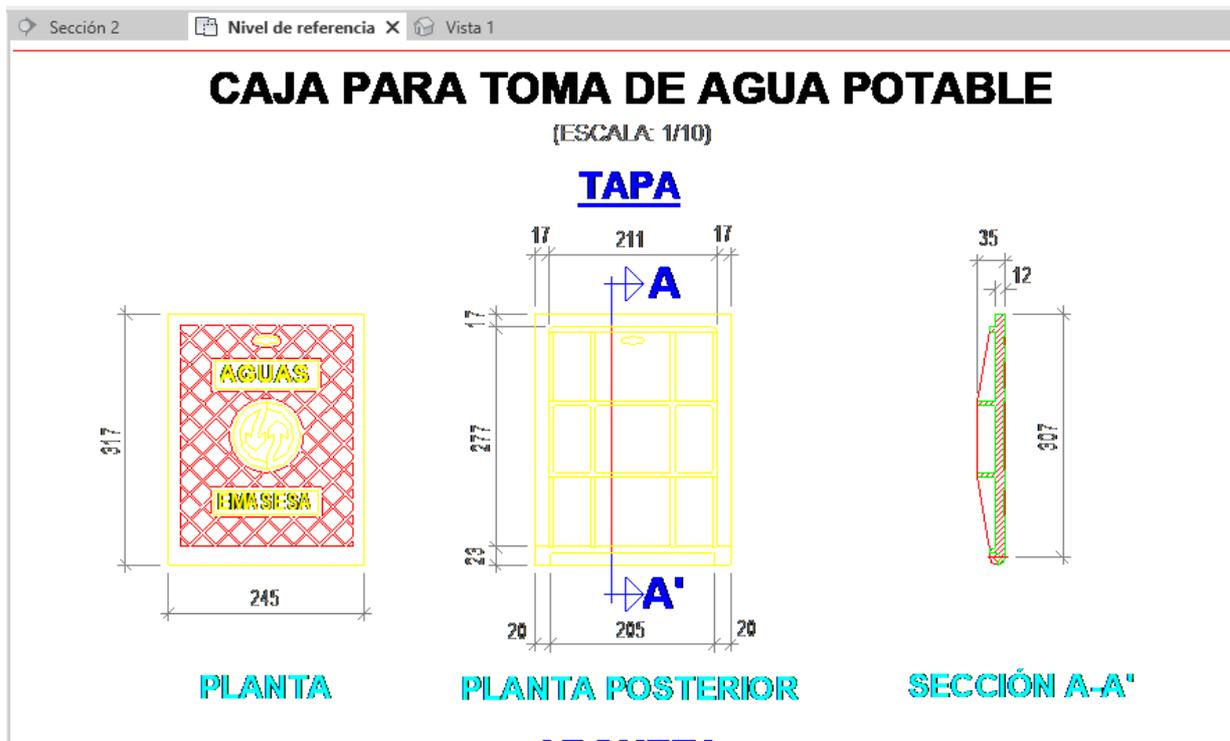
**Ilustración 82:** Restricciones modificadas de la arqueta en planta.



Fuente: Elaboración propia.

- A continuación, vamos a pasar a modelar la tapadera de la caja de registro. En primer lugar, vamos a introducir el DWG que nos valdrá como plantilla de dibujo:

**Ilustración 83:** Plantilla para el diseño de la tapadera.



Fuente: Elaboración propia.

- Sobre esta plantilla vamos a ir modelando en pequeños elementos extruidos y fundidos toda la tapadera. El hueco que encontramos en la parte superior y el dibujo sobre la tapa vamos a modelarlo como una extrusión vacía. Tras asignarle la subcategoría AB-120 y el material correspondiente y después de unir todas las extrusiones en un único elemento nos queda lo siguiente:

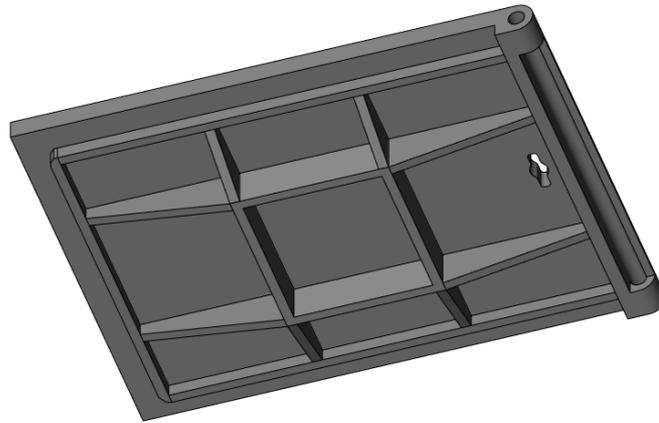
**Ilustración 84:** Vista superior de la tapadera.



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 85:** Vista inferior de la tapadera.

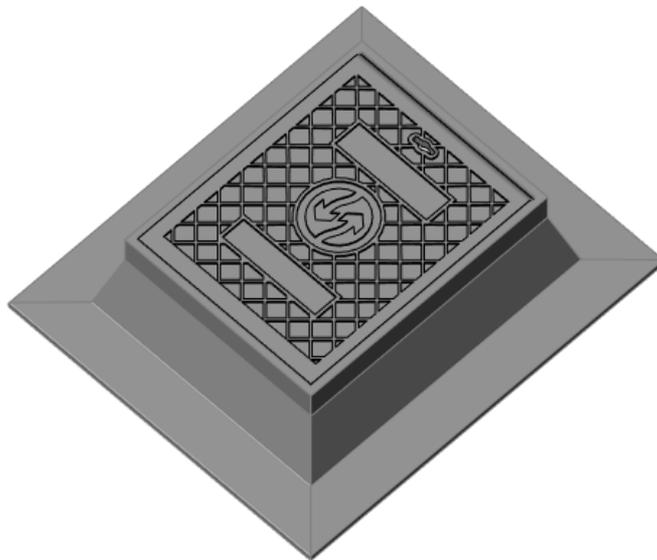
tar temporalmente



**Fuente:** Elaboración propia.

- Ahora que tenemos modeladas tanto la arqueta como la tapa tendremos vamos a colocar la tapadera en su sitio.

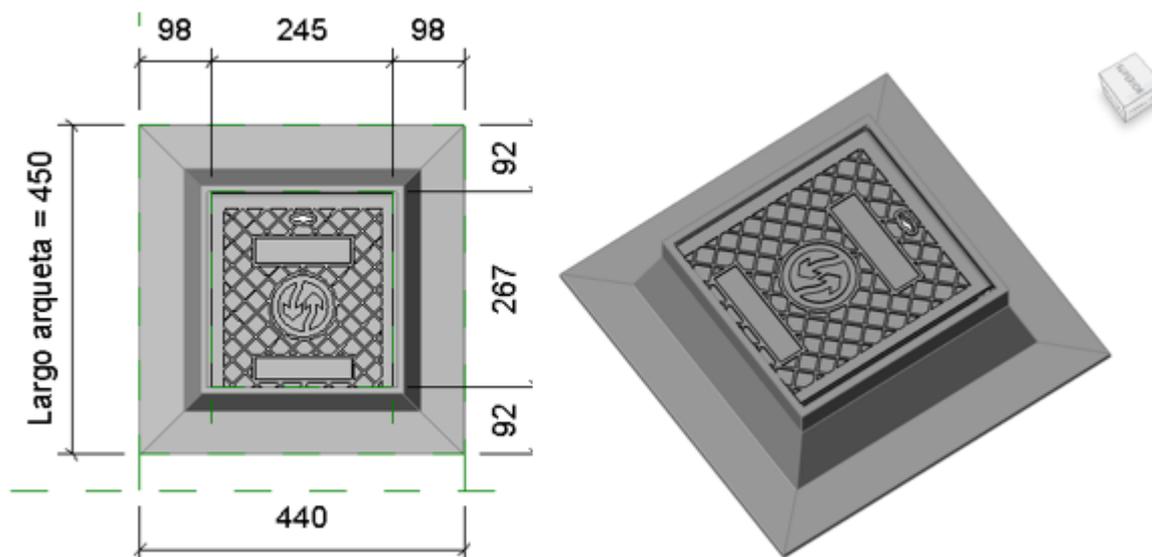
**Ilustración 86:** Vista superior del conjunto arqueta + tapa según dimensiones de la instrucción técnica.



**Fuente:** Elaboración propia.

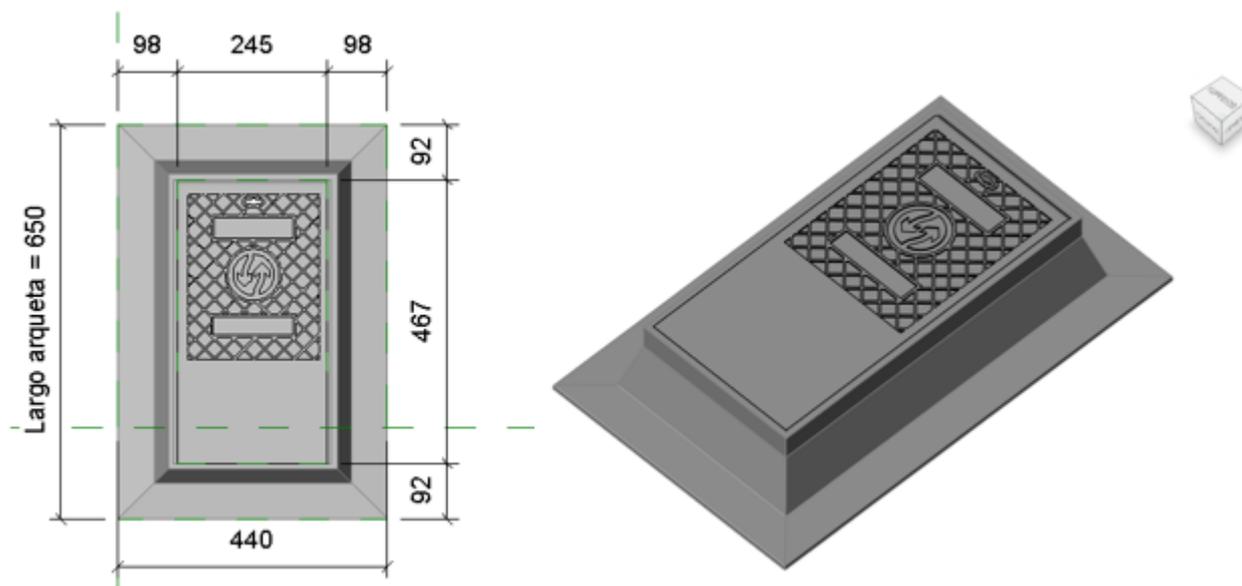
- Nuevamente vamos a comprobar que al flexionar el modelo reacciona correctamente, vamos a comprobar cómo reacciona el modelo cuando disminuimos y aumentamos el parámetro “Largo arqueta”:

**Ilustración 87:** Vista del conjunto arqueta + tapa con dimensiones especiales recortadas.



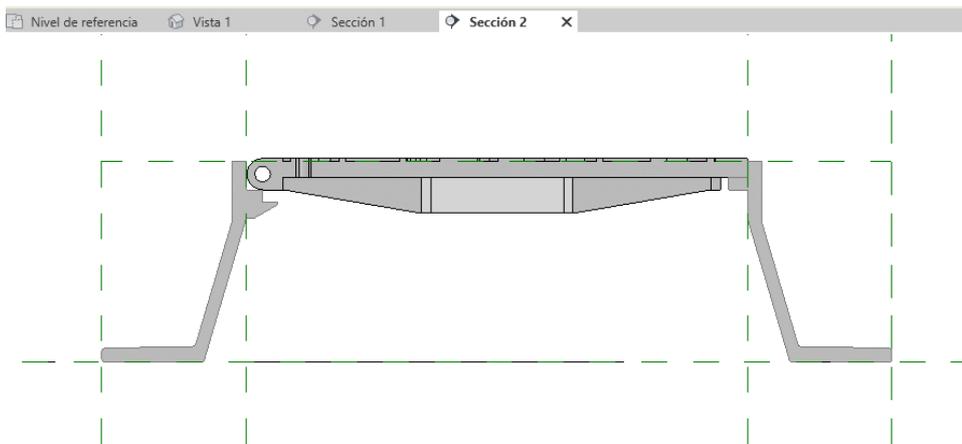
**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 88:** Vista del conjunto arqueta + tapa con dimensiones especiales alargadas.

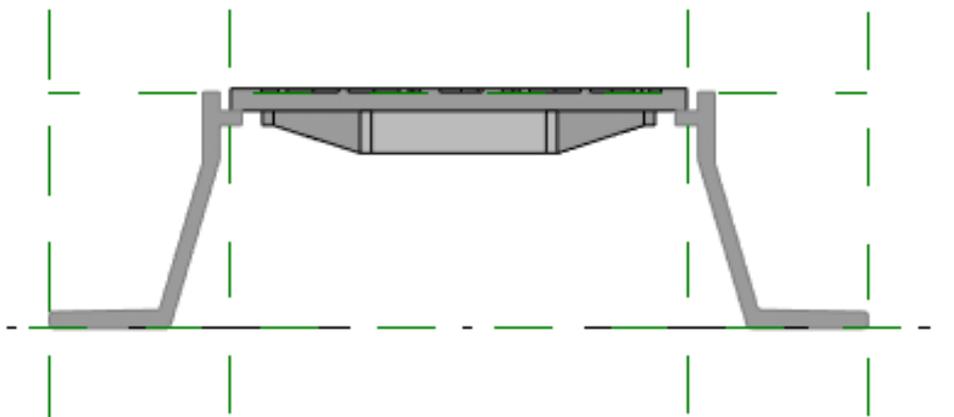


**Fuente:** Elaboración propia.

- En este caso toda la estructura reacciona correctamente. Como hemos dicho anteriormente, el tamaño de esta caja metálica está estandarizado y es único, pero resulta interesante ver cómo el programa es capaz de manejar estos parámetros de valores variables para poder llevar a cabo distintos tipos dentro de una misma familia. REVIT también ofrece innumerables posibilidades de visualización y entre ellas nos ofrece las herramientas para hacer vistas en sección. A continuación, se presentan dos cortes transversales ortogonales según los ejes principales de la figura que hemos creado.

**Ilustración 89:** Sección transversal vertical.

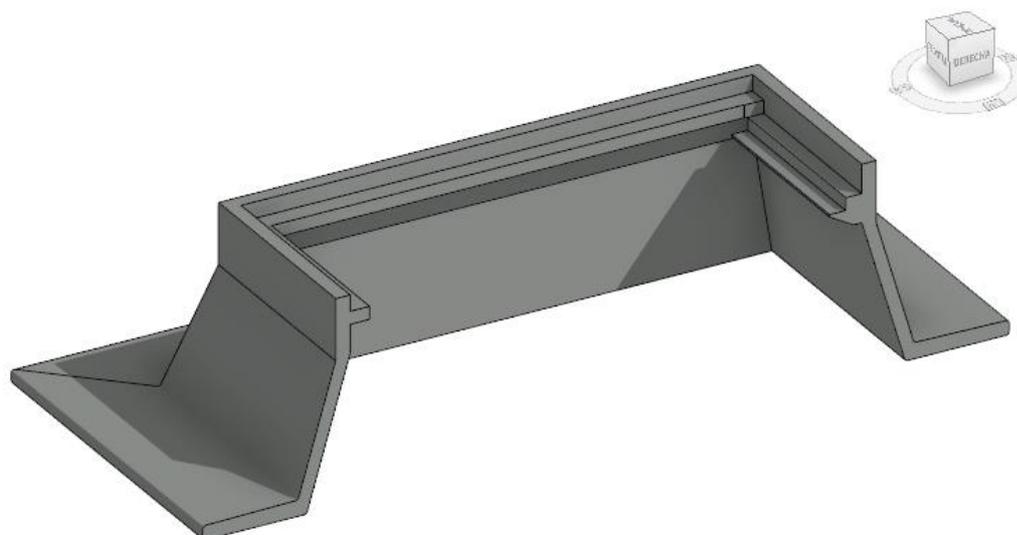
**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 90:** Sección transversal horizontal.

**Fuente:** Elaboración propia.

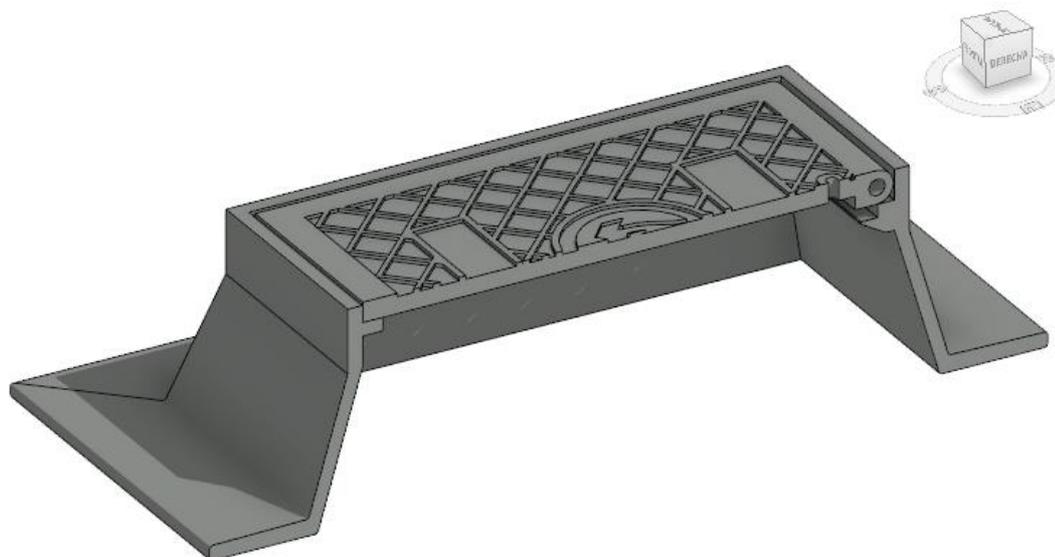
- Una vez creado el modelo geométrico REVIT permite personalizar los parámetros de visualización de cada elemento y podemos establecer a qué nivel de detalle queremos que se vea cada uno. Vamos a definir los elementos que queremos visualizar en cada nivel de detalle. Hay tres niveles, bajo (en el que sólo mostraremos la arqueta), medio (en el que sólo mostraremos la lámina central de la tapa) y alto (en el que mostraremos todos los elementos del modelo). Se muestran a continuación las tres visualizaciones que tendremos del modelo en función del grado de detalle:

**Ilustración 91:** Sección del conjunto con nivel de detalle bajo.

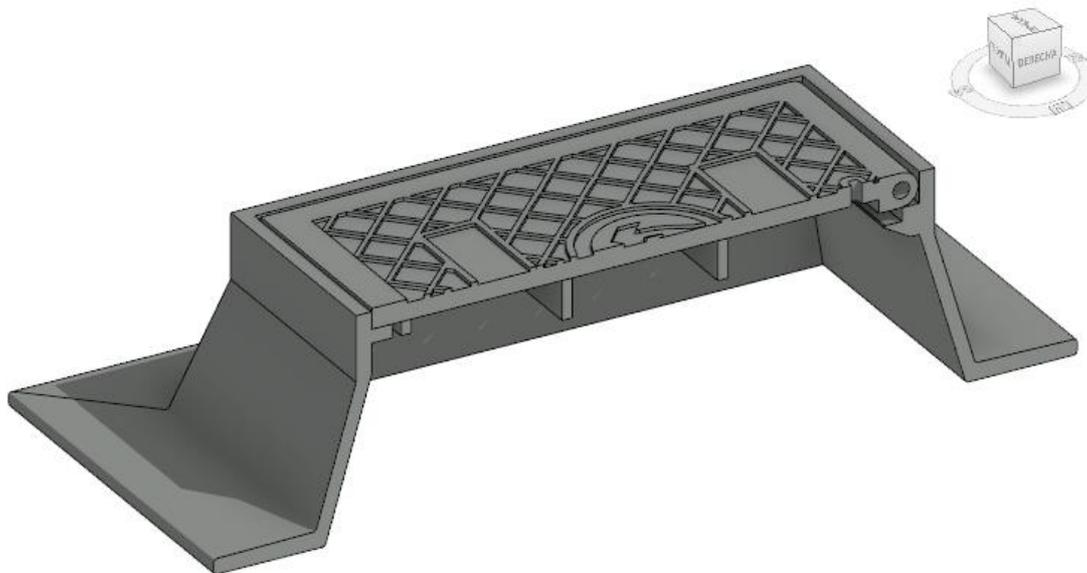


**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 92:** Sección del conjunto con nivel de detalle medio.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 93:** Sección del conjunto con nivel de detalle alto

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.8 Comprobación del funcionamiento

En función de la complejidad del modelo que estemos diseñando deberemos llevar a cabo un plan de pruebas de la flexibilidad del modelo más o menos exhaustas. Es necesario llevar a cabo estas pruebas durante la fase de diseño y, como hemos mencionado anteriormente, es recomendable llevar a cabo constantes pruebas conforme vayamos realizando pequeños incrementos en la complejidad del modelo para poder corregir los fallos que surjan durante su construcción a tiempo. En la guía de ayuda oficial de AutoDesk REVIT 2020 (43) se proponen las siguientes directrices para llevar a cabo una puesta a prueba completa de nuestros modelos en el espacio del editor de familias:

- Probar todos los parámetros creados junto a la familia y revisar las restricciones a niveles, planos o líneas de referencia que existan en el modelo.
- Probar todos los tipos de familias.
- Comprobar que el elemento anfitrión (en el caso de que exista) interactúa de forma correcta de acuerdo a los cambios paramétricos que podamos realizar.
- Comprobar que la imagen preliminar de la familia se usa en la vista previa.
- Comprobar que la familia se visualiza de acuerdo a lo establecido en todas las vistas y niveles de detalles.
- Comprobar todos los pinzamientos de forma en el borde de la geometría.
- Comprobar el parámetro de la cota para ver si el plano o línea de referencia que estemos revisando se ajusta en función del parámetro y no de la geometría real.

Para el entorno de proyecto propone las siguientes medidas de comprobación:

- Cargar la familia en un proyecto de prueba y comprobar todas las vistas, niveles de detalles y tipos.
- Comprobar la apariencia de la familia en diferentes estilos de gráficos.
- Probar todos los tipos de familia.
- Crear nuevos tipos y modificar los parámetros para ver que no hay problemas imprevistos.

- Modificar los materiales para ver que los materiales están asociados correctamente, tanto de la familia como de las categorías y subcategorías.
- Comprobar con anfitriones de prueba que nuestra familia reacciona correctamente antes cambios de grosores y dimensiones probando incluso en muros in situ y elementos de masa.
- Revisar de nuevo la apariencia en todas las vistas.
- Crear una renderización de prueba.
- Probar a copiar, pegar, rotar y reflejar las piezas.
- Comprobar que la imagen preliminar de la familia se utiliza en la vista previa.
- Probar la familia en el proyecto actual (en el contexto real, no de prueba) y confirmar que se adapta y funciona bien en nuestro proyecto.
- Crear una tabla de planificación para comprobar que la familia tiene la planificación esperada.

## 6.9 Completar la familia

Llegados a este punto podemos dar por completa la familia o bien podemos terminar de completar la familia en caso de que queramos definir más tipos, parámetros, nuevos elementos, etc. Comenzando de nuevo el flujo de trabajo hasta este punto, realizando el ciclo de elaboración y comprobación hasta que demos el trabajo por concluido.

## 6.10 Definición de visualización

Como ya se ha tratado anteriormente, desde la ficha de herramientas “Gestionar” podemos encontrar el grupo de herramientas “configuración”, donde se ubica la herramienta “Estilos de objeto”. Desde esta herramienta podremos determinar las propiedades de visualización que vamos a adoptar para nuestro modelo definitivamente.

En nuestro caso las opciones de visualización que hemos adoptado en los puntos anteriores van a ser las opciones definitivas, por lo que no requerimos modificarlas. Estas opciones son las asignadas a la subcategoría AB-120:

**Ilustración 94:** Estilo de objeto definido para la subcategoría AB-120.

Categoría	Grosor de línea		Color de línea	Patrón de línea	Material
	Proyección	Corte			
Modelos genéricos	1	1	■ Negro		
AB-120	1	1	■ Negro	Sólido	Fundición nodular ...
Líneas ocultas	1	1	■ Negro	Trazo	

**Fuente:** Elaboración propia.

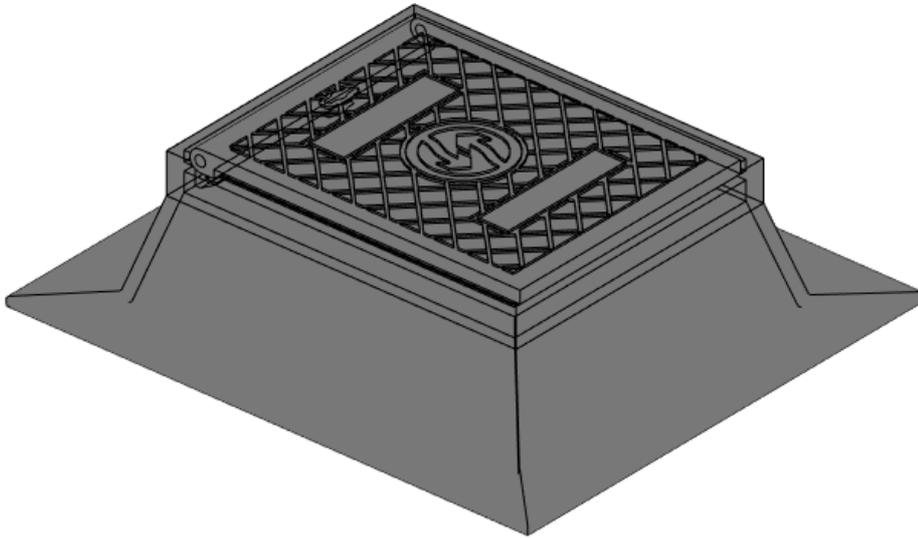
Podemos ver que hemos asignado un grosor de línea tanto en proyección como en corte de valor “1”, este es el mínimo grosor posible. El color de las líneas será negro. El patrón es sólido, es decir veremos líneas continuas.

Los parámetros anteriores controlan la visibilidad de las líneas que delimitan el contorno de los sólidos pertenecientes a dicha subcategoría. Sin embargo, la visualización de los sólidos vendrá determinado por las propiedades de gráficos y apariencia del material que tenga asignado el sólido. Estas propiedades las podemos ver en la “Ilustración 56: Propiedades de gráfico y apariencia del acero GGG-40, predeterminados de Acero–Fundición”.

Con estas propiedades el aspecto de las visualizaciones que tenemos de nuestra familia para los distintos estilos visuales es el siguiente:

- Estructura alámbrica

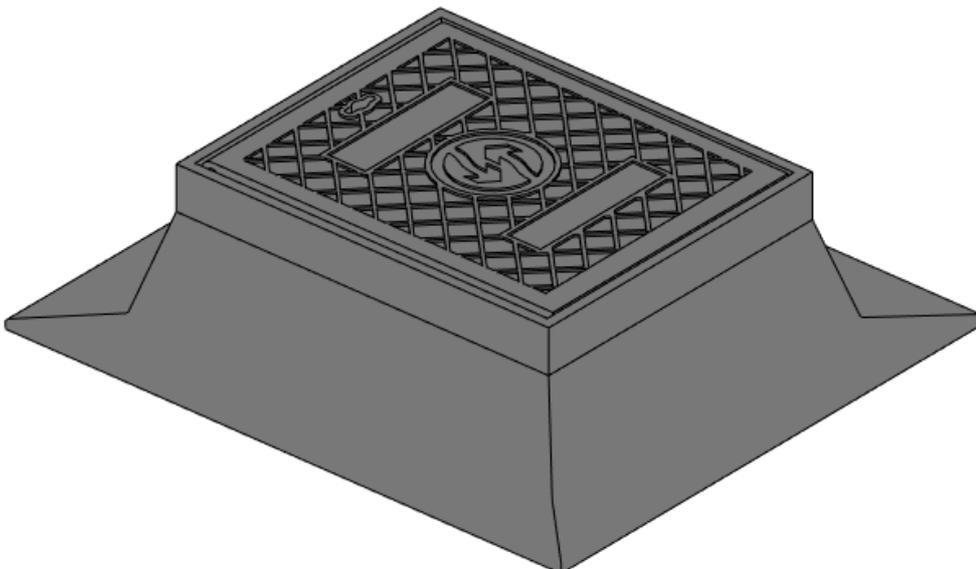
**Ilustración 95:** Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Estructura alámbrica.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Línea oculta

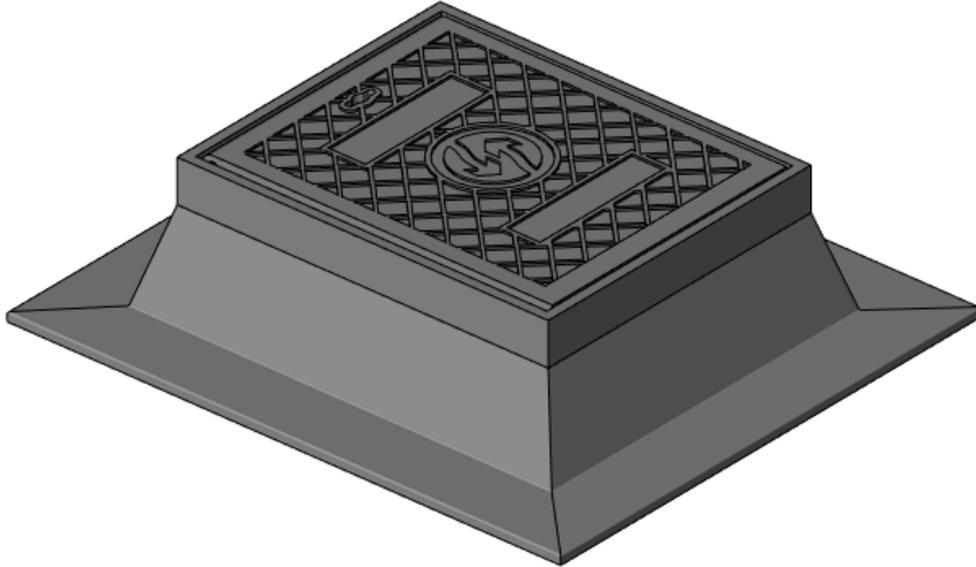
**Ilustración 96:** Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Línea oculta



**Fuente:** Elaboración propia.

- Sombreado

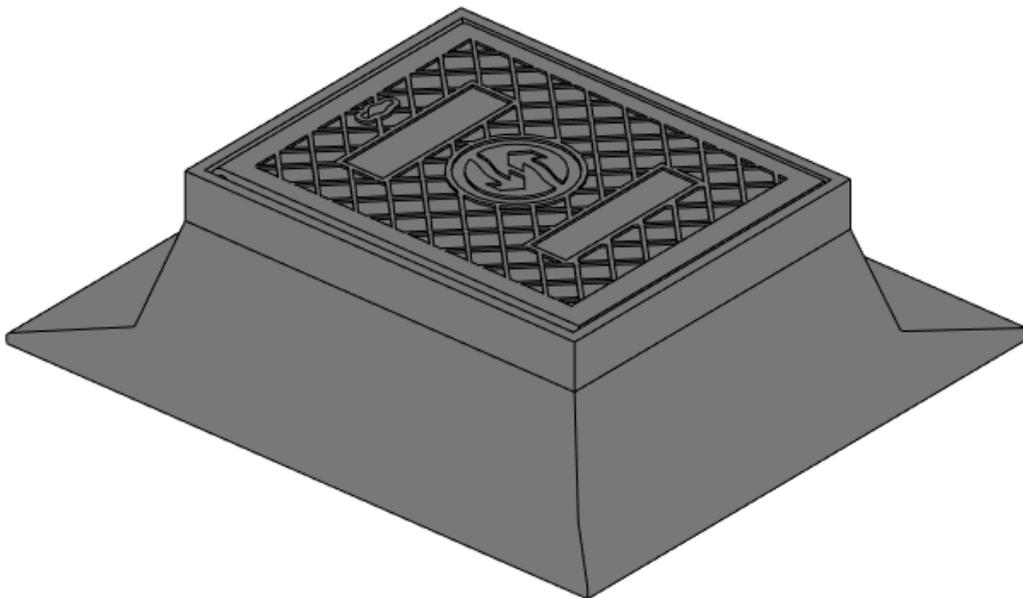
**Ilustración 97:** Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Sombreado.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Colores coherentes

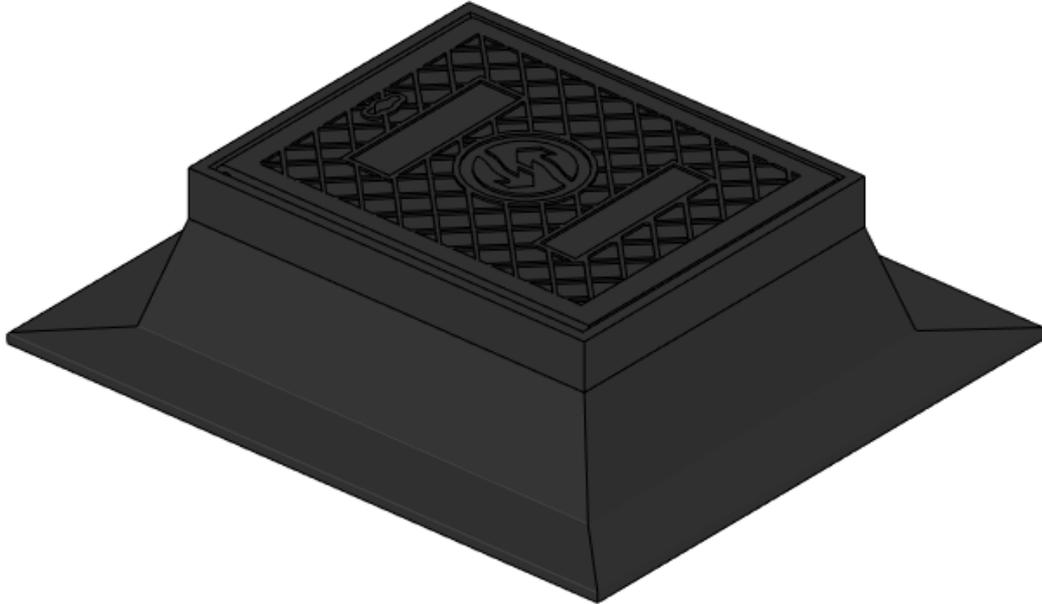
**Ilustración 98:** Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Colores coherentes.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Realista

**Ilustración 99:** Vista del modelo sólido tridimensional con estilo visual: Realista.

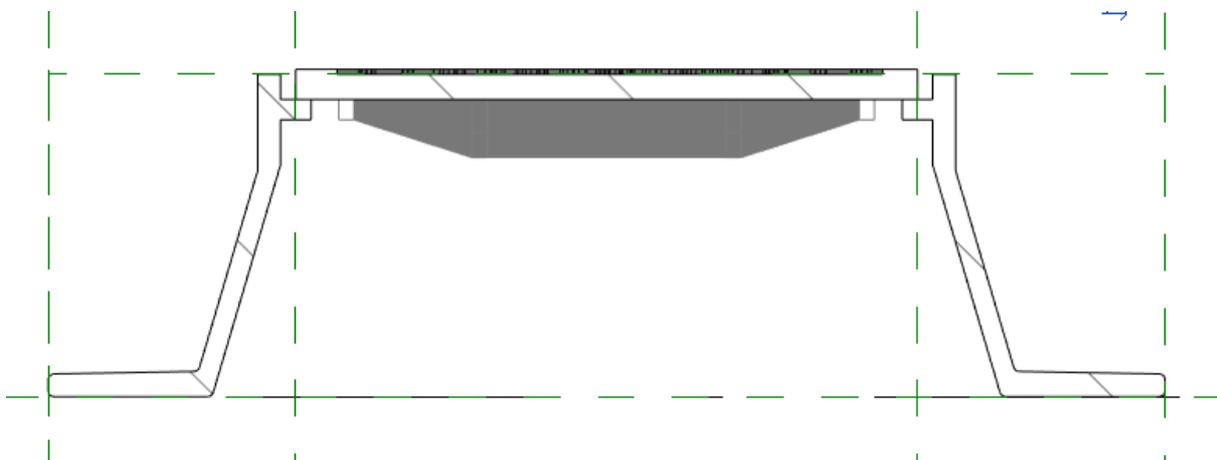


**Fuente:** Elaboración propia.

Si en lugar de realizar visualizaciones tridimensionales realizamos representaciones en 2 dimensiones de una sección de la figura podremos observar el patrón de corte para los distintos estilos visuales:

- Estructura alámbrica

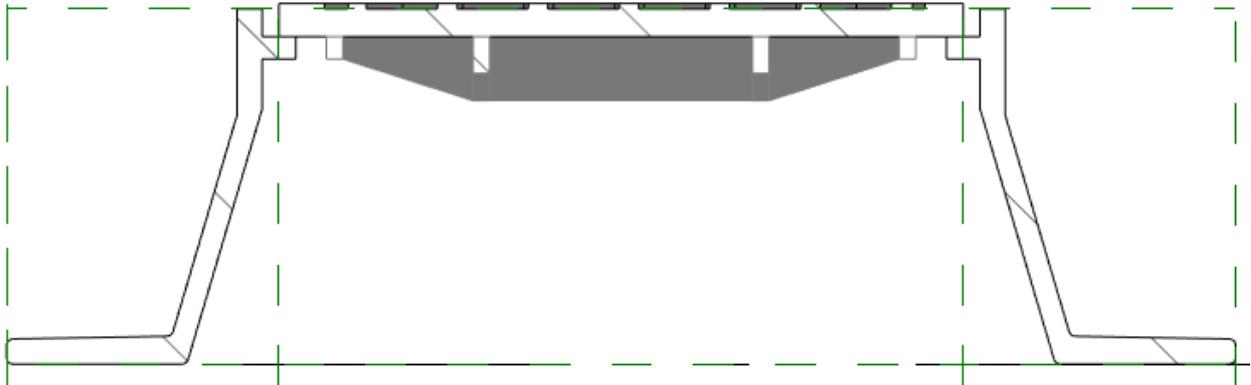
**Ilustración 100:** Vista de la sección de corte con estilo visual: Estructura alámbrica.



**Fuente:** Elaboración propia.

- Línea oculta

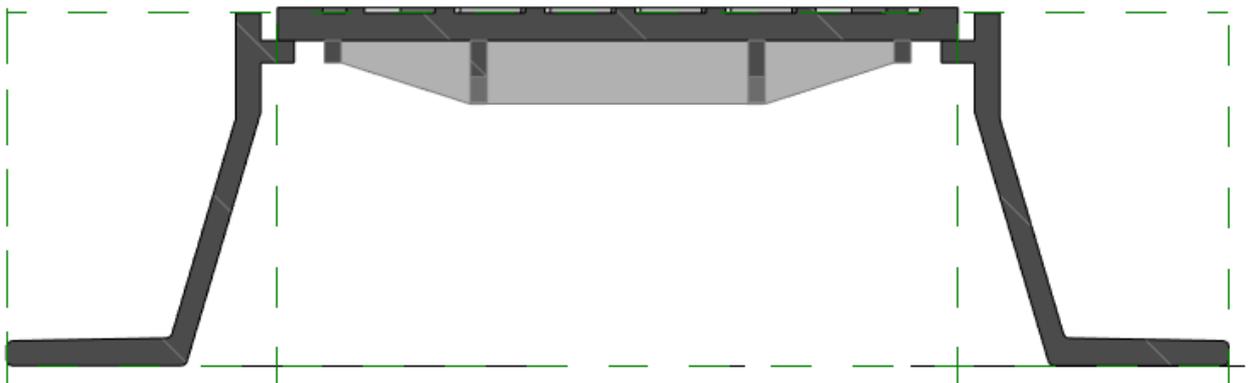
**Ilustración 101:** Vista de la sección de corte con estilo visual: Línea oculta.



Fuente: Elaboración propia.

- Sombreado

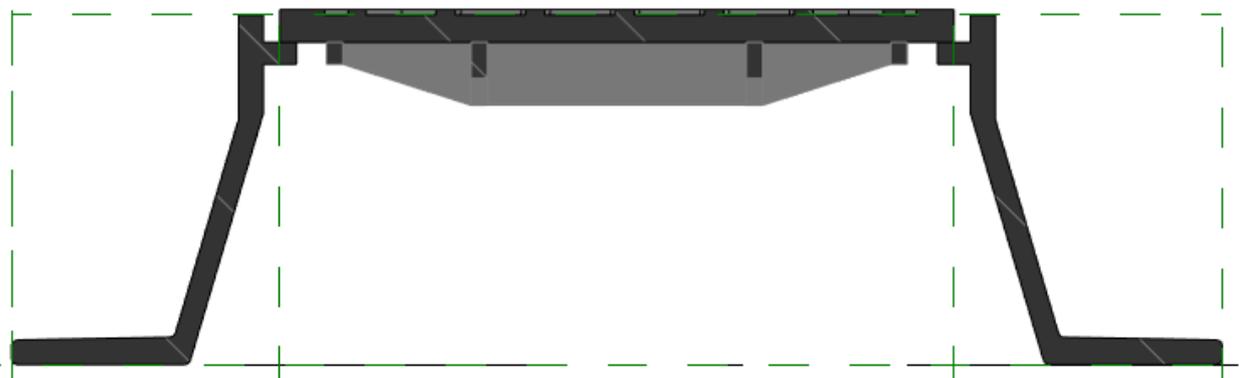
**Ilustración 102:** Vista de la sección de corte con estilo visual: Sombreado.



Fuente: Elaboración propia.

- Colores coherentes

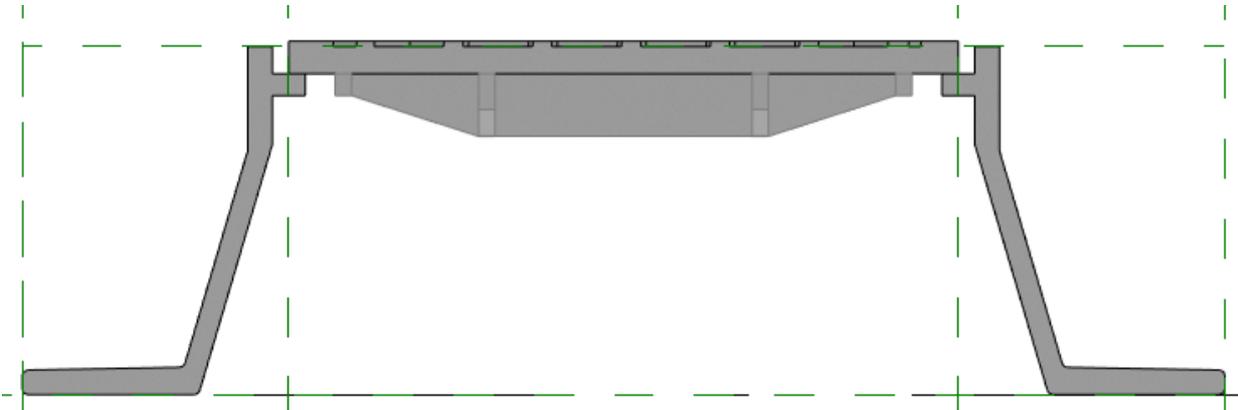
**Ilustración 103:** Vista de la sección de corte con estilo visual: Colores coherentes.



Fuente: Elaboración propia.

- Realista

**Ilustración 104:** Vista de la sección de corte con estilo visual: Realista.



**Fuente:** Elaboración propia.

Podemos ver que el patrón de corte asignado es un rayado oblicuo de líneas paralelas de color gris con un fondo blanco.

## 6.11 Puesta en uso

Una vez concluido el proyecto de modelado vamos a guardar nuestro archivo de extensión “.Rfa”. Este archivo podemos guardarlo en nuestra biblioteca y podremos cargarlo desde cualquier archivo de proyecto de REVIT en que queramos emplearlo.

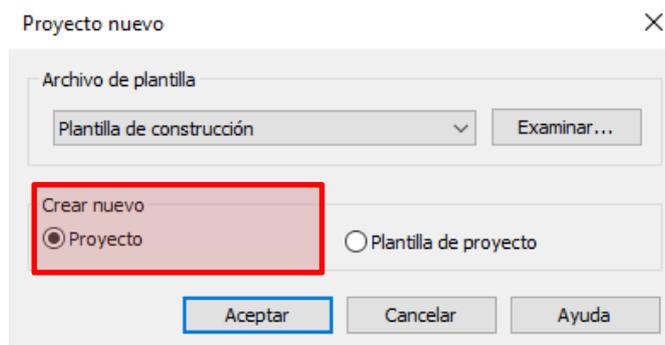
Para poner la familia en uso vamos a abrir un proyecto de prueba:

**Ilustración 105:** Opción "Abrir nuevo proyecto"



**Fuente:** Elaboración propia.

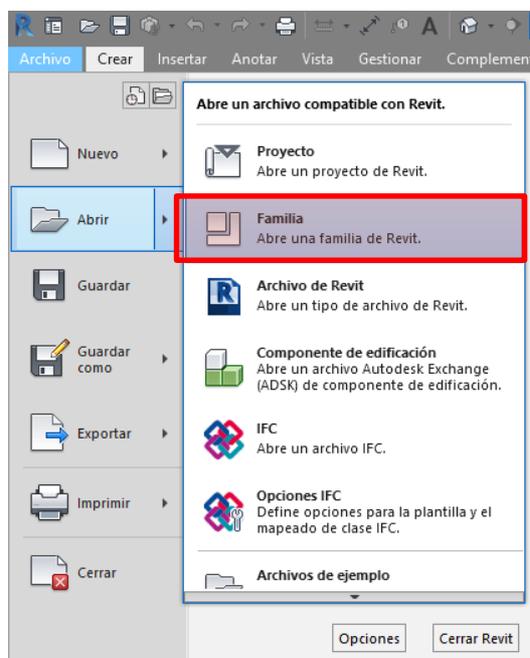
**Ilustración 106:** Opción "Crear nuevo proyecto".



**Fuente:** Elaboración propia.

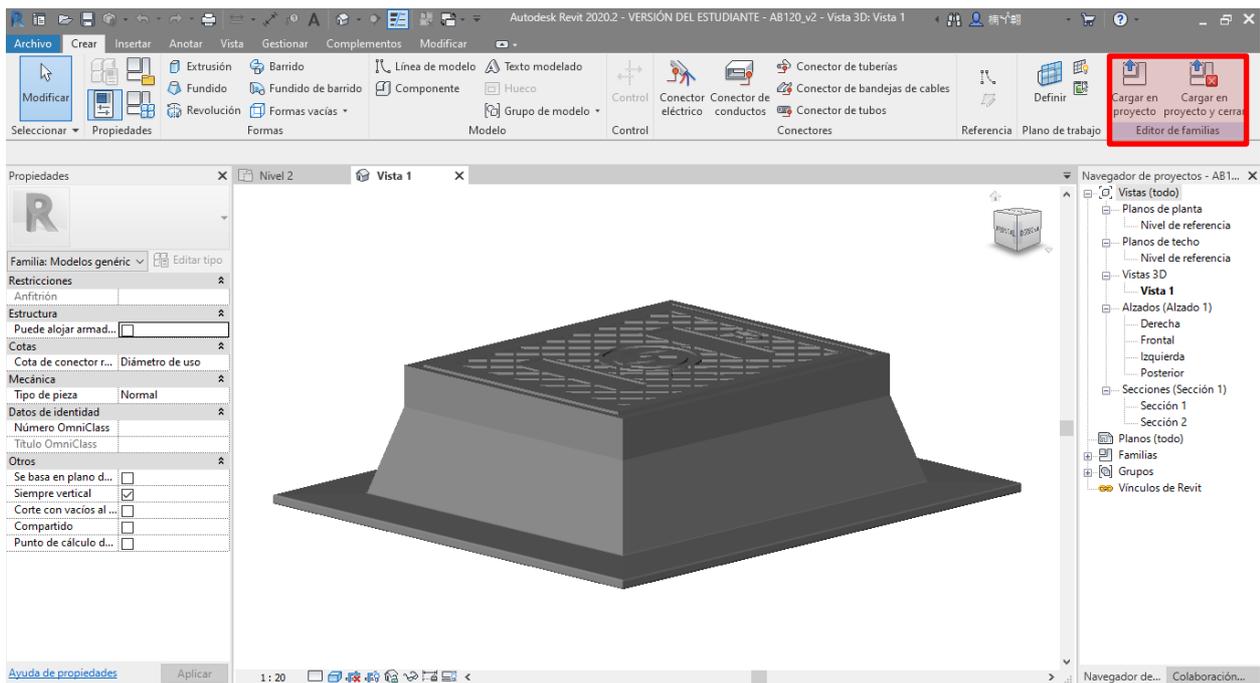
Abrimos desde el gestor de archivos la familia que hemos creado

**Ilustración 107:** Opción "abrir familia"



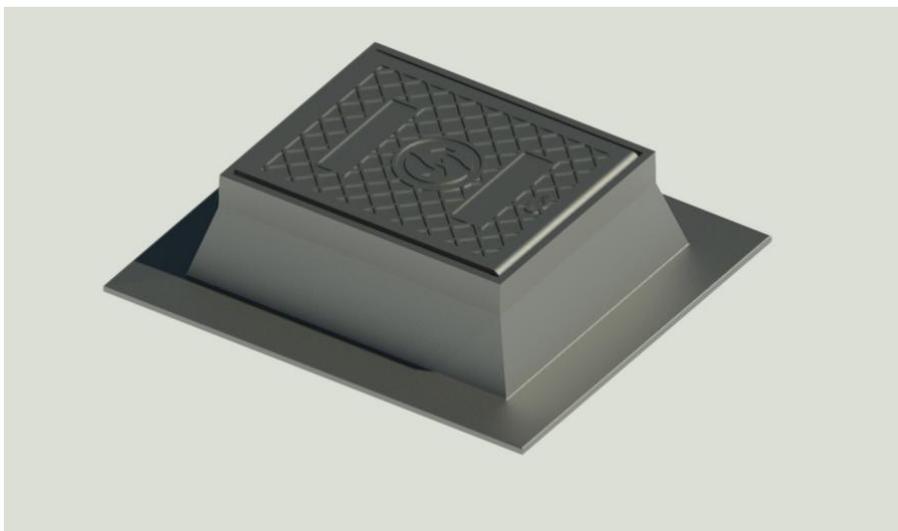
**Fuente:** Elaboración propia.

Y, por último, cargamos la familia en el proyecto desde la herramienta “Cargar en proyecto”.

**Ilustración 108:** Herramienta "Cargar en proyecto".

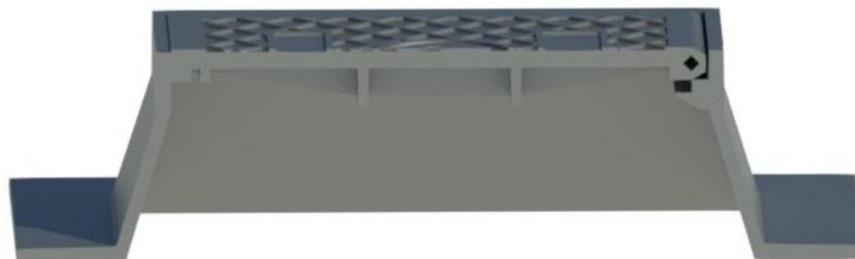
**Fuente:** Elaboración propia.

Con el modelo ya listo podemos aplicarlo en cualquier proyecto que lo requiera. Una de las posibilidades que nos da REVIT es la de hacer renderizados con la herramienta "renderizar" dentro de la pestaña "Vista". Con este renderizado podemos obtener imágenes más realistas del modelo que nos permiten hacer una última revisión del modelo.

**Ilustración 109:** Vista superior renderizada de la familia creada.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Ilustración 110:** Sección renderizada de la familia.



**Fuente:** Elaboración propia.

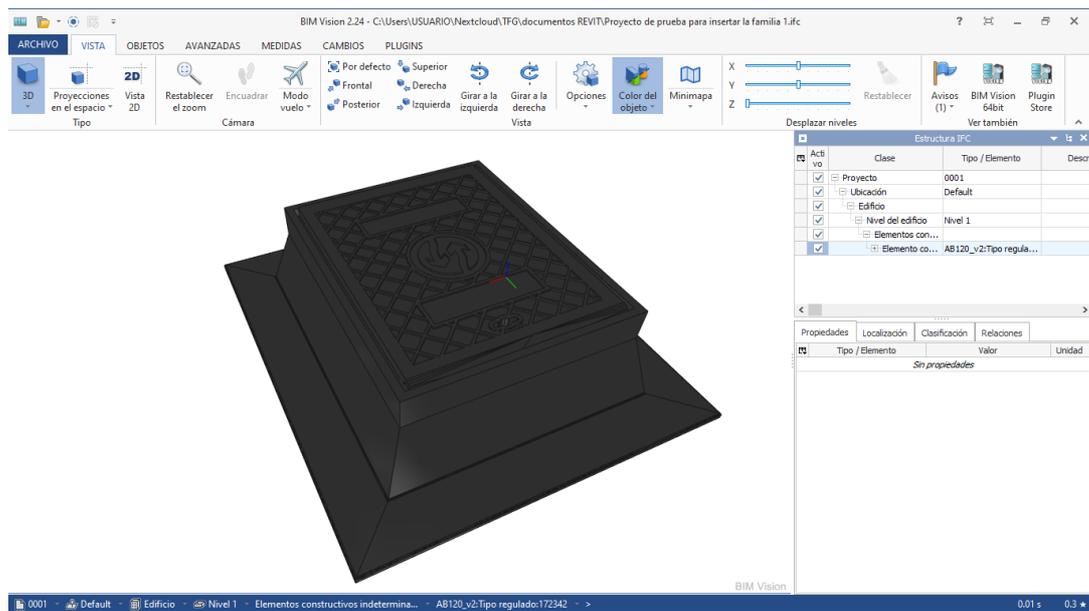
**Ilustración 111:** Detalle de la familia.



**Fuente:** Elaboración propia.

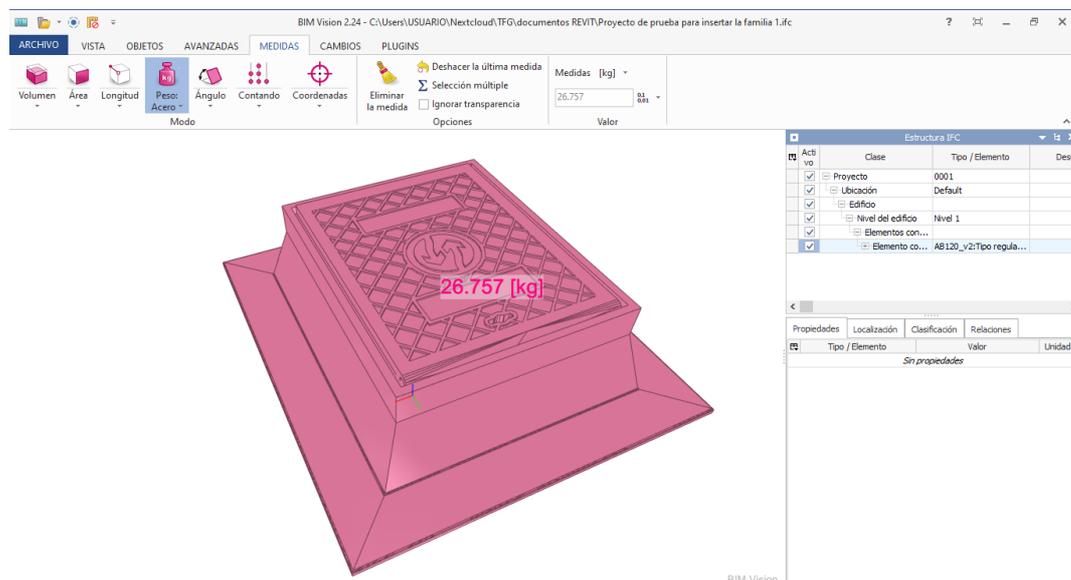
Observamos que las imágenes son coherentes con el resultado esperado.

Otro aspecto importante es la interoperabilidad, puesto que estamos tratando de un modelo BIM. En este punto vamos a exportar el modelo como un archivo IFC. Este tipo de archivo podrá incluirse dentro de los flujos de trabajo de la metodología BIM y podremos implementarlo en otros proyectos y usarlo con otros softwares que admitan este tipo de archivos. En este caso vamos a abrirlo desde un visualizador de IFC llamado BIMVision. Desde este programa podremos explorar nuestro objeto y visualizar todas sus propiedades. A continuación, se muestra el modelo IFC abierto desde el visualizador:

**Ilustración 112:** Vista principal del archivo IFC desde BIMVision.

**Fuente:** Elaboración propia.

Este tipo de visualizador nos permite asimismo visualizar todos los parámetros internos del modelo con sólo seleccionarlo. Además, podemos obtener más datos como volúmenes, peso, medidas, etc.

**Ilustración 113:** Obtención de la masa desde BIMVision.

**Fuente:** Elaboración propia.

Todas estas medidas se pueden tomar para exportarlas junto a una base de datos y obtener presupuestos o medidas de la huella de carbono, por ejemplo. En proyectos complejos y pesados este tipo de visualizadores nos dan la posibilidad además de llevar un control en obra con el modelo BIM in situ con dispositivos de escasa potencia (en comparación con un ordenador) como pueden ser móviles o tabletas.



# 7 CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

---

A continuación, se exponen las principales conclusiones extraídas de la realización del presente Trabajo de Fin de Grado, así como indicar al lector futuras líneas de trabajo acordes con este trabajo, y que puedan servir de inspiración a otros alumnos de la ETSI en el Grado de Ingeniería Civil.

## 7.1 Conclusiones

La línea de trabajo que se ha seguido ha sido llevar a cabo una investigación bibliográfica sobre la metodología BIM en todas sus aplicaciones, explorar sus capacidades, investigar su implantación en el ámbito mundial y nacional y en el campo de la ingeniería civil. Tras esta investigación se ha llevado a cabo una implementación práctica de los conocimientos creando una familia de objetos que se incluye dentro de una instrucción técnica específica para obras civiles y que a día de hoy no es posible encontrarlos en el formato de trabajo de la metodología BIM. Para llevar a cabo esta práctica se ha empleado el programa REVIT 2020 de la familia de AutoDesk.

Los puntos que se han tratado en este trabajo son los siguientes:

- La metodología BIM
- Aplicaciones y beneficios de la metodología BIM
- REVIT 2020
- Construcción práctica

### La metodología BIM

---

En este punto hemos tratado de comprender qué es la metodología BIM, entendiendo que los modelos producidos en este tipo de metodología se llevan a cabo siguiendo unos flujos de trabajo específicos y que rompe con los modelos clásicos de producción que se han llevado hasta ahora. También hemos visto que es una herramienta que lleva años forjándose y no ha surgido de un día a otro, por tanto, tiene una base sólida y un potencial de desarrollo que aún no está claro hasta dónde puede alcanzar pero que claramente representa un gran avance en la industria actual.

Dentro de este punto se han tratado aspectos y conceptos importantes que nos ayudan a comprender el grado de madurez de esta metodología. También hemos observado cómo las grandes potencias mundiales ya están regulando su uso y a día de hoy existen normativas para su aplicación en gran parte del mundo.

Otro aspecto importante es que, aunque en este trabajo concreto hemos empleado REVIT 2020, la gama de programas existentes a día de hoy enfocados en esta metodología es amplia, lo que nos da un abanico aún mayor de posibilidades de desarrollo.

### Aplicaciones y beneficios de la metodología BIM

---

Dentro de este punto hemos podido observar cómo la importancia de esta metodología se ve reflejada dentro de

la producción de trabajos académicos de las universidades españolas, de las cuales debemos hacer especial mención a la Universidad Politécnica de Cataluña y a la Universidad Politécnica de Valencia por ser dos de las mayores instituciones en la labor investigadora y divulgadora de esta tecnología. Por el contrario, hemos visto cómo la Universidad de Sevilla ha estado a la cola durante varios años, aunque por suerte en los últimos años el interés por este tema ha incrementado notoriamente.

Durante la labor investigadora hemos podido concluir que la metodología BIM puede aplicarse en prácticamente todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, desde su planteamiento inicial hasta la demolición. Hemos podido encontrar trabajos en los que se ha tratado de aplicar esta metodología en prácticamente todos los niveles, como puede ser en el análisis del ciclo de vida, en la gestión ambiental, en el marketing de proyectos o en la gestión de proyectos.

Se puede concluir que los beneficios de la aplicación de esta tecnología revierten directamente en prácticamente todos los aspectos. Dichos beneficios pueden ser tanto económicos como en otros factores como puede ser el ahorro sustancial de tiempo y recursos que se produce al implementar los flujos de trabajo BIM.

Por otro lado, hemos llegado a la conclusión de que desgraciadamente este tipo de metodología no se ha creado con la intención de aplicarse en todas las ramas de la ingeniería, sino más bien se ha ideado y está enfocada principalmente para la arquitectura. Es por ello que la realización de trabajos en estos niveles y la divulgación de estas metodologías en el ámbito docente y profesional se vuelve realmente importante para que surjan nuevas aplicaciones y adaptaciones a la ingeniería civil, que siempre parece ir atrasada en lo que a aplicaciones tecnológicas se refiere.

Otro aspecto importante es que este tipo de metodologías no se aprenden de un día a otro y su implementación es costosa y gradual. De hecho, este es uno de los factores que más están retrasando su desarrollo en otros campos de aplicación fuera de la arquitectura.

#### Iniciación a la Herramienta BIM

---

Como hemos mencionado antes, la implantación de la metodología BIM requiere de una labor importante de adaptación y aprendizaje. Es por ello que hemos considerado necesaria la explicación o introducción de algunos de los conceptos más importantes para poder manejar y comprender la herramienta REVIT 2020.

Hemos podido ver algunos conceptos como qué son las categorías, familias y tipos dentro de REVIT, hemos visto más profundamente todos los tipos de familias existentes, qué parámetros se pueden modelar con esta herramienta y sus clasificaciones e incluso hemos conocido cómo es la interfaz del software.

Tras ver todos estos conceptos podemos darnos cuenta de que este tipo de programas son realmente bastante complejos y para llegar a ser un experto en ellos son necesarias muchas horas de práctica y aprendizaje. Para hacer este trabajo hemos partido desde cero por completo, por lo que la complejidad y la calidad del producto final que hemos obtenido dista de lo que un verdadero profesional podría llegar a conseguir. Además, el tiempo que hemos necesitado para llevarlo a cabo no tienen comparación con el tiempo que un usuario experto necesitaría para poder llevarlo a cabo. Si no fuera así, esta metodología no sería posible aplicarla en el mundo profesional de una forma que resulte económicamente viable.

En conclusión, REVIT 2020 es un programa muy completo, lo cual implica que podemos llegar a desarrollar proyectos de gran complejidad, pero con una curva de aprendizaje muy larga.

#### Construcción práctica

---

Durante la fase de ejecución práctica hemos tratado de llevar a cabo una familia desde cero de aplicación real. Para ello hemos optado por escoger un elemento de la Instrucción Técnica para redes de abastecimiento de EMASESA.

Hemos podido observar de primera mano cómo existen innumerables bibliotecas de objetos producidos por casas comerciales. Sin embargo, apenas hemos podido encontrar objetos enfocados en la ingeniería civil más allá de los modelos predefinidos por REVIT. Esta ha sido la motivación principal de este trabajo.

Como conclusión tras llevar a cabo la parte práctica de este trabajo podemos afirmar que la inversión de tiempo ha sido muy importante. No obstante, la interoperabilidad y la adaptabilidad propias de esta metodología nos asegura que en futuras aplicaciones en las que sea necesario incluir este objeto el ahorro en tiempo va a ser muy importante.

Otra consecuencia muy importante de la elaboración de este trabajo es que nos hemos concienciado de la necesidad de entender muy bien lo que se está haciendo en cada momento mientras se trabaja con esta herramienta. Una mala utilización del programa puede llevarnos a obtener modelos que no funcionen correctamente, que no sirvan para el propósito que se requiera y que resulten en una pérdida de tiempo.

Por último, hemos podido observar que la interoperabilidad de REVIT 2020 es muy completa, pudiendo exportar en una gran cantidad de formatos de tipologías muy diversas y a la vez podemos introducir en nuestro proyecto una gran cantidad de tipos de archivos.

## 7.2 Futuras líneas de trabajo

Finalmente, vamos a presentar algunas de las posibles líneas futuras de trabajo en este campo una vez que hemos hecho un análisis de la situación actual. Estas ideas van a estar relacionadas con el uso de las herramientas que aquí se han tratado.

### Implementación de parámetros para la gestión completa de proyectos

---

En este trabajo hemos llevado a cabo un único modelo de REVIT. No obstante, sería interesante llevar a cabo el modelado de todos los objetos que aparecen en la instrucción técnica de EMASESA. Además, este objeto solamente tiene unos parámetros bastante básicos. Sería una buena línea de investigación hacer un trabajo donde se propongan los distintos parámetros que se podrían llegar a incluir para cada objeto en función de la fase de vida para el que está destinado. Con esto podríamos hacer modelos mucho más completos y enfocados a una aplicación completa en todas las fases de vida de un proyecto.

### Implementación de costes

---

Resulta de gran interés la metodología BIM en el diseño de obras a la hora de realizar presupuestos. Para ello, sería necesario llevar a cabo la elección de una base de costes enfocados en la obra civil y poder enlazarla con los objetos que hayamos creado dentro de nuestra biblioteca.

### Realización de una guía para implantación del BIM en proyectos de obras civiles

---

Ya se han mencionado la comisión es.BIM como una organización que realiza un seguimiento anual de la implantación de la metodología BIM en España desde hace varios años. No obstante, esta comisión se centra especialmente en la arquitectura y ofrece guías para la realización de Proyectos de Ejecución BIM (PEB). Resultaría de especial interés llevar a cabo una guía del mismo tipo para proyectos de ingeniería civil.

### Estudio de la interoperabilidad

---

La interoperabilidad es uno de los pilares fundamentales de la metodología BIM. Sin embargo, al realizar un traspaso de información entre programas suele aparecer alguna pérdida de información que puede ser de mayor o menor importancia. En este trabajo no hemos comprobado este aspecto en la familia que hemos creado, pero sería interesante un estudio de los factores que conviene cuidar y cómo tratarlos para asegurar una interoperabilidad y un funcionamiento estable de los objetos BIM que decidamos desarrollar.

# 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Gómez Rodríguez M. Integración de procesos BIM en levantamiento de edificios existentes, edificio de laboratorios de la ETSIE, Campus Reina Mercedes, Sevilla PFG junio, 2015, Grupo P 11 . Cortés Albalá I, editor. PFG junio, 2015, Grupo P 11. s.l: [s.n.]; 2015. (PFG Edificación ETSIE).
2. Ostos Espadero JM. Integración de tecnologías B.I.M. Swiss chalet, Hotel Bernerhof, Wengen PFG junio, 2015, Grupo P 11 . Cortés Albalá I, editor. PFG junio, 2015, Grupo P 11. s.l: [s.n.]; 2015. (PFG Edificación ETSIE).
3. Muñoz Tinoco M. Gestión de procesos BIM (Building information modeling) en un proyecto de ejecución, casa Panthöfer PFG junio, 2015 . Cortés Albalá I, editor. PFG junio, 2015. s.l: [s.n.]; 2015. (PFG Edificación ETSIE).
4. Domínguez Blanco V. Estudio sobre la implementación de la tecnología BIM en las contrataciones de obra pública [Internet]. Cortés Albalá I, editor. Trabajo Fin de Máster 14-15. s.l: [s.n.]; 2015. (Máster ETSIE. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012286659704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012286659704987)
5. Piruat Palomo F. Integración del Building Information Modeling (BIM) con la práctica del Facility Management (FM) Mejora de procesos de toma de decisiones en mantenimiento : Trabajo Fin de Máster [Internet]. Crespo Márquez A, editor. Trabajo Fin de Máster 16. [Sevilla]: [s.n.]; 2016. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012496939704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012496939704987)
6. Ormaza García FA. Análisis de ciclo de vida de modelos habitacionales de vivienda unifamiliar en entornos de clima cálido húmedo, Ecuador Siglo XXI [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012774809704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012774809704987)
7. Conejero Díaz J. Análisis de ciclo de vida de la Casa Wichita, materialidad y proceso constructivo [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Ruíz Alfonsea M, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012775119704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012775119704987)
8. Coronado Hernández G. Influencia de las estrategias de diseño pasivo en la reducción del consumo energético de la tipología de edificio docente de la República Dominicana mediante el BIM [Internet]. Moreno Rangel D, editor. Trabajo Fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012772599704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012772599704987)
9. Trigos Gálvez MS. Análisis del ciclo de vida de soluciones propuestas en Solar Decathlon 2015, Latinoamérica y Caribe [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Herrera Limones R, Ruiz Alfonsea M, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012777039704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012777039704987)
10. Cózar Cózar E. Modelado y medición en BIM (building information modeling) siguiendo los criterios de la base de costes de la construcción de Andalucía (BCCA) [Internet]. Mercader Moyano M del P, editor. Tesis Univ. de Sevilla-2017/09. Sevilla: [El autor]; 2017. (Universidad de Sevilla. Vicerrectorado de Postgrado y Doctorado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012626779704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012626779704987)
11. Soust Verdaguer MB. Análisis del ciclo de vida en edificios residenciales: propuesta metodológica para el diseño de una herramienta simplificada [Internet]. García Martínez A, LLatas Óliver MC, editors. Tesis Univ. de Sevilla-2017/09. [Sevilla]: [Maria Bernardette Soust Verdaguer]; 2017. (Universidad de Sevilla. Vicerrectorado de Postgrado y Doctorado). Available from:

<https://idus.us.es/handle/11441/74571?>

12. Castilla Flores M. Programación y control de obras mediante BIM 4D PFG diciembre, 2017 . Cortés Albalá I, editor. PFG diciembre, 2017. Sevilla? El autor]; 2017. (PFG Edificación ETSIE).
13. Saponaro S. Progreso de las potencialidades de la metodología BIM con respecto de los procedimientos tradicionales de planeamiento de obras públicas en Italia y en Europa [Internet]. Cortés Albalá I, editor. Trabajo Fin de Máster 16-17. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSIE. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012747429704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012747429704987)
14. Reyes Borbón MS. Análisis comparativo de sistemas constructivos pesados vs ligeros, mediante herramientas LCA-BIM, en el contexto caribeño, República Dominicana [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Ruíz Alfonsea M, editors. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla: [El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991012774869704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012774869704987)
15. Ferreiro Morales MÁ. Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial modelo BIM 3d obra lineal [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Master 17-18. Sevilla: El autor; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013145409504987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013145409504987)
16. Bermejo García JB. Aplicación de la metodología BIM al proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial modelo BIM 4d planificación [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Master 17-18. [Sevilla]: El autor; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013145409604987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013145409604987)
17. Vera Galindo C. Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial modelo BIM 5d costes [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Master 17-18. [Sevilla]: El autor; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros- Trabajos fin de máster). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013144905404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013144905404987)
18. Ramos Sánchez D. Desarrollo instrumental de ACV en plataformas BIM, herramienta paramétrica de visualización de resultados [Internet]. Gómez de Cózar JC, García Martínez A, Ruiz Alfonsea M, editors. Trabajo Fin de Máster septiembre extendida 2018. Sevilla: [El autor]; 2018. (Máster Universitario en Innovación en Arquitectura: Tecnología y diseño. ETSAS). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013107706404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013107706404987)
19. Galeote Escalante M del M. Definición y diseño de una nave comercial-industrial para vehículos automóviles mediante plataforma BIM-REVIT [Internet]. López López MÁ, editor. pfg, 2018. s.l: [s. n.]; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Politécnica Superior -- Trabajos fin de Grado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013139608404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013139608404987)
20. Richter Martínez S. Diseño estructural y optimización del nudo en edificios de gran altura, caso de estudio, Kingdom Tower [Internet]. Vázquez Carretero N, editor. TFG septiembre 2018. Sevilla: [El autor]; 2018. (TFG Arquitectura ETSAS). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013103107804987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013103107804987)
21. Ortega López MN. Análisis comparativo del modelado BIM de un concesionario de vehículos mediante la utilización de Autodesk REVIT y Acca Software Edificius [Internet]. Villena Manzanares F, Vázquez Tatay C, editors. pfg, 2018. s.l: [s.n.]; 2018. (Universidad de Sevilla Escuela Politécnica Superior -- Trabajos fin de Grado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013138209404987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013138209404987)
22. Lepe MB. Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO. 2019;
23. Martín Redondo A de J. Aplicación de la Metodología BIM 4D a un Proyecto de Infraestructura Nodal [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Grado 2019. [Sevilla]: El autor; 2019. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros-- Trabajos fin de grado). Available

- from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013253000704987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013253000704987)
24. García Lobato FJ. Levantamiento BIM del estado actual del Parking CC. Los Arcos [Internet]. Guevara García FJ, Rubio Bellido C, editors. PFG Junio 2019. Sevilla: [El autor]; 2019. (PFG Edificación ETSIE). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013155307104987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013155307104987)
  25. Monar González J. Modelado BIM para proyecto AS-BUILT de infraestructuras lineales [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Grado 2020. [Sevilla]: Universidad de Sevilla; 2020. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros-- Trabajos fin de grado). Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/94541>
  26. Bimetrica Parametric, Services D. Guía de Desarrollo de Objetos BIM Estándar GDO-BIM. 2019;
  27. Eastman C. The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. AIA J. 1975 Jan 1;63.
  28. Muralit. Cómo conseguir un LOD determinado en tu proyecto BIM | MURALIT [Internet]. 2019 [cited 2020 Aug 28]. Available from: <https://muralit.es/lod-nivel-de-desarrollo/>
  29. Molinos R. Revit Structure - Best Practices - Modelical [Internet]. 2016 [cited 2020 Aug 26]. Available from: <https://www.modelical.com/en/gdocs/revit-structure-best-practices/>
  30. Edificius - Capterra España 2020 [Internet]. [cited 2020 Aug 26]. Available from: <https://www.capterra.es/software/132570/edificius>
  31. López Figueroa C. blog GRAPHISOFT Latinoamérica [Internet]. 2019 [cited 2020 Aug 26]. Available from: <http://blog.graphisoft.lat/tip-de-modelado-5-tramas-trama-con-imagen/>
  32. ALLPLAN Systems España S.A - Novedades Allplan Architecture 2019 [Internet]. [cited 2020 Aug 26]. Available from: <https://www.allplan.com/es/productos/architecture-2019-features/>
  33. Bentley News [Internet]. 2017 [cited 2020 Aug 26]. Available from: <https://www.bentley.com/es/about-us/news/2017/september/18/aecosim-building-designer-connect-edition>
  34. Revista AENOR 315 - Beneficios directos del uso de la metodología BIM [Internet]. [cited 2020 Jul 1]. Available from: <https://portal.aenormas.aenor.com/revista/315/bim2.html>
  35. Oya Sala T. Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura: un proyecto con revit Alumna: Tania Oya Sala [Internet]. Universidad Politécnica de Valencia; 2015 [cited 2020 Aug 27]. Available from: <https://riunet.upv.es/handle/10251/55227>
  36. El Gobierno crea la Comisión interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública | Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [Internet]. Sala de prensa del ministerio de transportes movilidad y agenda urbana. 2018 [cited 2020 Aug 27]. Available from: <https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/vie-28122018-1356>
  37. Observatorio esBIM [Internet]. [cited 2020 Jun 29]. Available from: <https://www.esbim.es/observatorio/>
  38. Observatorio de Licitaciones. Análisis de la inclusión de requisitos BIM en la licitación pública española. Informe 08 tercer trimestre 2019 [Internet]. 2019 Sep [cited 2020 Jun 30]. Available from: [www.esbim.es/observatorio/](http://www.esbim.es/observatorio/)
  39. Ogbamwen J. Gestión de proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD). Análisis y estudio de dos casos en EE.UU. 2016 Nov 14 [cited 2020 Apr 8]; Available from: <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/73989>
  40. Mojica Báez LE. BIM a la realidad virtual, generación de modelos arquitectónicos interactivos a través de BIM Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre . Angulo Fornos R, editor. Trabajo fin de Máster 16-17, septiembre. Sevilla? El autor]; 2017. (Máster ETSAS. Universidad de Sevilla).
  41. Benavente Lepe MM. Diseño de modelos BIM para infraestructuras civiles con DYNAMO [Internet]. González González B, editor. Trabajo Fin de Grado 2019. [Sevilla]: El autor; 2019. (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingenieros-- Trabajos fin de grado). Available from: [https://fama.us.es/permalink/34CBUA\\_US/3enc2g/alma991013253909004987](https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013253909004987)
  42. Descripción de términos de Revit LT | Revit LT | Autodesk Knowledge Network [Internet]. [cited 2020

- Sep 1]. Available from: <https://n9.cl/uggq>
43. Ayuda AutoDesk REVIT 2020 [Internet]. [cited 2020 Sep 2]. Available from: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2020/ESP/>
  44. Ayuda: Descripción de términos de Revit [Internet]. [cited 2020 Sep 2]. Available from: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit-lt/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ESP/Revit-LT/files/GUID-2480CA33-C0B9-46FD-9BDD-FDE75B513727-htm.html>
  45. Aquatherm Iberica S.L. Librería BIM de sistemas de tuberías para aplicaciones específicas [Internet]. [cited 2020 Sep 2]. Available from: <https://aquatherm.es/area-tecnica/libreria-bim-sistemas-tuberias-aplicaciones-especificas/>
  46. Emasesa – Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. [Internet]. [cited 2020 Sep 6]. Available from: <https://www.emasesa.com/>
  47. EMASESA. Instrucciones técnicas para redes de abastecimiento (PD 005.02) revisión nº7 [Internet]. Sevilla; 2019 Oct [cited 2020 Sep 6]. Available from: <https://www.emasesa.com/wp-content/uploads/2020/06/instrucciones-tecnicas-redes-abastecimiento-v7.pdf>
  48. Tablas en Revit-Especialista3D [Internet]. [cited 2020 Sep 8]. Available from: <https://especialista3d.com/tablas-en-revit/>
  49. AutoDesk. Acerca de las plantillas de familia [Internet]. [cited 2020 Sep 8]. Available from: <http://help.autodesk.com/view/RVT/2020/ESP/?guid=GUID-E36987A9-A68F-4121-A391-907306BAA60A>
  50. Fundiciones de Roda. EQUIVALENCIAS FUNDICIÓN NODULAR - Fundiciones de Roda [Internet]. [cited 2020 Nov 30]. Available from: [http://www.fundicionesderoda.es/wp-content/uploads/2013/02/EQUIVALENCIAS\\_ESPECIFICACIONES.pdf](http://www.fundicionesderoda.es/wp-content/uploads/2013/02/EQUIVALENCIAS_ESPECIFICACIONES.pdf)