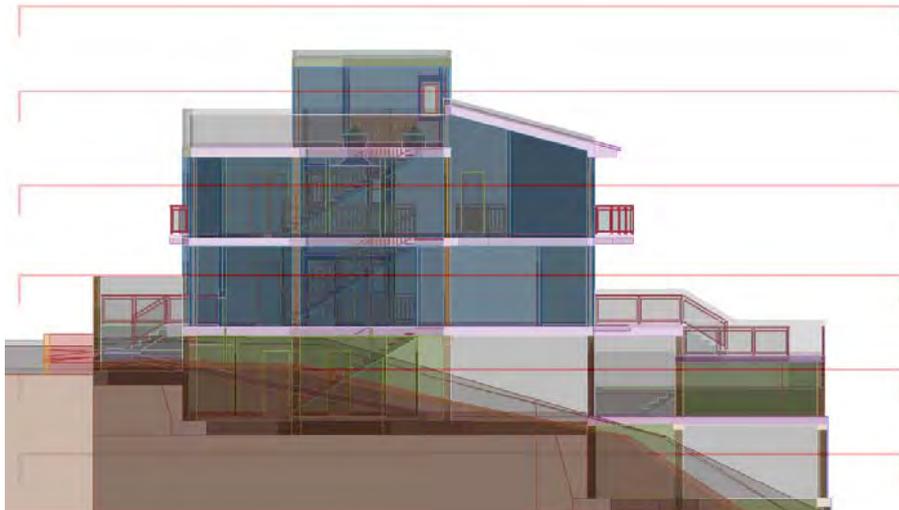




UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA

TESIS DOCTORAL TOMO 1



LA REPRESENTACIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO A PARTIR DEL MODELO INFOGRÁFICO



PEDRO AUGUSTO GONZÁLEZ GARCÍA

ESCUELA DE ARQUITECTURA
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
2012

ÍNDICE:

TOMO 1.

ÍNDICE:	1
AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCIÓN	9
1. MARCO TEÓRICO	13
1.1. ANTECEDENTES	13
1.1.1. HISTORIA DEL CAD	17
1.1.1.1. ANTECEDENTES	17
1.1.1.2. CONQUISTA DEL MERCADO	21
1.1.1.3. EXPANSIÓN GLOBAL	22
1.1.2. HISTORIA DEL MANEJO DE INFORMACIÓN	25
1.1.3. PANORAMA ACTUAL	26
1.1. JUSTIFICACIÓN	29
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	32
1.3. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
1.4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	37
2. MARCO PRÁCTICO	41
2.1. HIPÓTESIS	41
2.2. METODOLOGÍA	41
2.2.1. FASE BIBLIOGRÁFICA	42
2.2.2. FASE DE CAMPO	42
2.2.3. FASE EXPERIMENTAL	42
2.3. ETAPAS DEL PROYECTO	43
2.3.1. PROGRAMACIÓN	45
2.3.1.1. PLANIFICACIÓN	45
2.3.1.2. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	46
2.3.1.2.1. Formato papel	46
2.3.1.2.2. Formato digital	48
2.3.1.3. ELECCIÓN DEL MODELO ARQUITECTÓNICO A INVESTIGAR	55
2.3.1.4. ELECCIÓN DEL LUGAR	57
2.3.1.5. DATOS DE PARTIDA	58
2.3.1.5.1. Cartografía	58
2.3.1.5.2. Topográfico	60
2.3.1.5.3. Fotografías	61
2.3.1.5.4. Planeamiento	63
2.3.1.5.5. Ordenanzas	64
2.3.1.5.6. Solar	65
2.3.1.6. HERRAMIENTAS DE DISEÑO ASISTIDO	66
2.3.1.7. ESTUDIO PREVIO	67
2.3.1.7.1. Normativa	67
2.3.1.7.2. Primera aproximación	68

2.3.1.7.3. Bocetos iniciales.....	69
2.3.1.7.4. Origen de coordenadas.....	69
2.3.1.7.5. Malla de replanteo.....	71
2.3.1.7.6. Formalización digital.....	72
2.3.1.7.7. Presentación en papel.....	75
2.3.1.7.8. Planos resultantes.....	79
2.3.1.7.9. Sistema de capas utilizado.....	80
2.3.1.8. MODELO TRIDIMENSIONAL.....	82
2.3.1.8.1. Justificación.....	82
2.3.1.8.2. Varios sistemas.....	83
2.3.1.8.3. Características y ventajas.....	87
2.3.1.8.4. Beneficios del modelo 3D.....	88
2.3.1.8.5. El control gráfico de los objetos.....	89
2.3.1.8.6. Herramientas de diseño asistido.....	91
2.3.1.8.7. Flujo de trabajo.....	91
2.3.1.8.1. Preparación del proyecto.....	92
2.3.2. PROYECTACIÓN.....	98
2.3.2.1. ANTEPROYECTO.....	99
2.3.2.1.1. Normativa.....	99
2.3.2.1.2. Preparación de modelos.....	101
2.3.2.1.3. Preparación de materiales.....	102
2.3.2.1.4. Dibujo de elementos constructivos.....	103
2.3.2.1.5. Generación de cortes.....	114
2.3.2.1.6. Presentación en papel.....	118
2.3.2.1.7. Pruebas de delineación.....	119
2.3.2.1.8. Escala de definición de los dibujos.....	126
2.3.2.1.9. Dibujos y elementos complementarios.....	127
2.3.2.1.10. Composición de planos.....	128
2.3.2.1.11. Planos resultantes.....	129
2.3.2.1.12. Sistema de modelos utilizado.....	133
2.3.2.1.13. Sistema de capas utilizado.....	135
2.3.2.2. PROYECTO BÁSICO.....	136
2.3.2.2.1. Normativa.....	136
2.3.2.2.2. Preparación de modelos constructivos.....	139
2.3.2.2.3. Preparación de materiales.....	140
2.3.2.2.4. Elaboración de la base de datos.....	140
2.3.2.2.5. Cuadro de capas resultantes.....	154
2.3.2.2.6. Planos de referencia de alturas.....	158
2.3.2.2.7. Reciclaje de formas anteriores.....	160
2.3.2.2.8. Dibujo de elementos constructivos.....	162
2.3.2.2.9. Generación de cortes.....	171
2.3.2.2.10. Presentación en papel.....	172
2.3.2.2.11. Delineación de dibujos.....	175
2.3.2.2.12. Escala de los dibujos.....	177
2.3.2.2.13. Dibujos y datos complementarios.....	178
2.3.2.2.14. Composición de planos.....	180
2.3.2.2.15. Planos resultantes.....	181
2.3.2.2.16. Sistema de modelos utilizado.....	185
2.3.2.2.17. Sistema de capas utilizado.....	185
2.3.2.3. PROYECTO DE EJECUCIÓN.....	188
2.3.2.3.1. Normativa.....	188
2.3.2.3.2. Flujo de trabajo de la fase de ejecución.....	192
2.3.2.3.3. Modificación de elementos constructivos.....	194
2.3.2.3.4. Dimensionado del sistema estructural.....	195
2.3.2.3.5. Definición precisa de los cerramientos.....	198
2.3.2.3.6. Certificación energética.....	205
2.3.2.3.7. Cálculo final de la estructura.....	205
2.3.2.3.8. Diseño y cálculo de las instalaciones.....	206
2.3.2.3.9. Diseño de detalles.....	218

2.3.2.3.10.	Revisiones.....	221
2.3.2.3.11.	Mediciones y presupuesto.....	222
2.3.2.3.12.	Memoria.....	222
2.3.2.3.13.	Representación de planos.....	223
2.3.2.3.14.	Planos resultantes.....	239
2.3.2.3.15.	Sistema de capas utilizado.....	249
2.3.3.	ACTUACIÓN.....	268
2.3.3.1.	PROMOCIÓN DEL PROYECTO.....	268
2.3.3.2.	CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA.....	268
2.3.3.2.1.	Detalles y complementos.....	269
2.3.3.2.2.	Planos finales de obra.....	269
2.3.4.	GESTIÓN.....	270
3.	CONCLUSIONES.....	273
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	283
4.1.	LIBROS.....	283
4.2.	ARTÍCULOS DE REVISTAS.....	286
4.3.	PONENCIAS EN CONGRESOS.....	289
4.4.	CONSULTAS EN LÍNEA.....	290
4.5.	OTROS.....	292

TOMO 2.

ANEXO 1: PLANOS DEL ESTUDIO PREVIO

ANEXO 2: PLANOS DEL ANTEPROYECTO

ANEXO 3: PLANOS DEL PROYECTO BÁSICO

ANEXO 4: PLANOS DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN

*A Augusto y Ana, mis padres,
porque supieron transmitirme el don del esfuerzo
y la dedicación hasta sus últimas consecuencias,
y a Ana María y Miguel Ángel, mis hijos,
a quienes espero poder transmitírselo.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a todas las personas, director, familiares, amigos y compañeros del trabajo, que de una u otra manera han colaborado, ya sea con las muestras de ánimo, los libros prestados, las experiencias gráficas comentadas, los proyectos proporcionados, las historias contadas, los consejos dados, la dirección sostenida y la paciente espera, para que este trabajo saliera adelante lo mejor posible.

Muchísimas gracias a todos.

INTRODUCCIÓN

La representación de la Arquitectura ha cambiado mucho en los últimos 25 años, sobre todo con la aplicación de las técnicas de dibujo asistido por ordenador, al principio, y en la última década con el proyecto asistido. Apuntarse al tren del desarrollo tecnológico es, en principio, apetecible, debido a las múltiples ventajas que ofrece. Pero, como en todo, requiere una reflexión sobre qué se está haciendo y para qué servirá luego. Es decir, cambiar los instrumentos de dibujo manual, como el lápiz o el estilógrafo, por el ratón (también es un instrumento manual) y la impresora, corre el riesgo de estancarse en un simple paso evolutivo.

Asumir las técnicas del diseño asistido por ordenador, hoy en día, en un panorama profesional marcado por la internacionalización del trabajo y por la escasez de encargos, le supone al arquitecto estar formado en técnicas competitivas que le permitan presentar proyectos de forma rentable.

Las herramientas de diseño asistido cada vez son más potentes, ofrecen menos errores, controlan el proceso de diseño, simulan escenarios futuros o ayudan en el cumplimiento de las normas obligatorias. Desde un simple CAD de apoyo a la delineación hasta las soluciones más complejas de BIM, hay un camino con productos o flujos de trabajo muy variados.

En este trabajo de investigación se propone uno de estos procedimientos intermedios, después de analizar los extremos del panorama del diseño asistido de proyectos de arquitectura. Consiste en dedicar el tiempo inicial del diseño, después de los bocetos, a probar su viabilidad en un

entorno virtual tridimensional. Las prestaciones del modelado infográfico para ensayar los elementos arquitectónicos, previamente a su construcción, quedan patentes en un flujo de trabajo que, a priori, no supedita el diseño final a una imagen sobre un papel o la pantalla. El diseño se retroalimenta y redefine cuantas veces sea necesario con la comodidad y la tranquilidad que ofrecen los programas informáticos utilizados. Más tarde vendrán los dibujos planos, que siempre tendrán que presentarse: plantas, alzados y secciones. Además de estos, se cuenta con otros dibujos complementarios, resultado de utilizar un método que primero modela y luego extrae dibujos, como son las axonometrías y las perspectivas.

Así pues, *la representación del proyecto arquitectónico a partir del modelo infográfico*, supone un modo de proyectar arquitectura que desvincula el dibujo final del proceso de diseño inicial. Primero se modela el edificio virtual, luego se extraen los dibujos, a continuación se calculan la estructura y las instalaciones, más tarde se añaden los detalles, seguidos del presupuesto y, finalmente, se redacta la memoria.

Este método pretende ser una disciplina de trabajo que facilite la labor del diseño arquitectónico a quien quiera acometer un proyecto hoy en día y tener cierto grado de competitividad en el mercado de la construcción. Así pues, este trabajo está orientado al uso profesional de un proyecto destinado a ser construido. No es el caso de una representación destinada a un concurso, una publicación, una exposición, un blog, un trabajo universitario o un debate con un promotor. A buen seguro, en los casos citados, la representación de la arquitectura sería muy distinta, con otra apariencia gráfica más acorde con el tema.

Para demostrar esta hipótesis inicial de trabajo se crea un proyecto desde el principio en una parcela vacía, con un desarrollo tal que posibilite su construcción. Se abarcan separadamente todas las fases del proyecto, haciendo énfasis en las que suponen *representación de la*

arquitectura. La memoria del proyecto no se escribe, pues se aparta del propósito de la investigación. Los planos, después de comprobar su idoneidad al imprimirlos a escala, se presentan reducidos para su adecuación y manejo en el documento de la tesis doctoral.

Las Palmas de Gran Canaria

20 de febrero de 2012

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

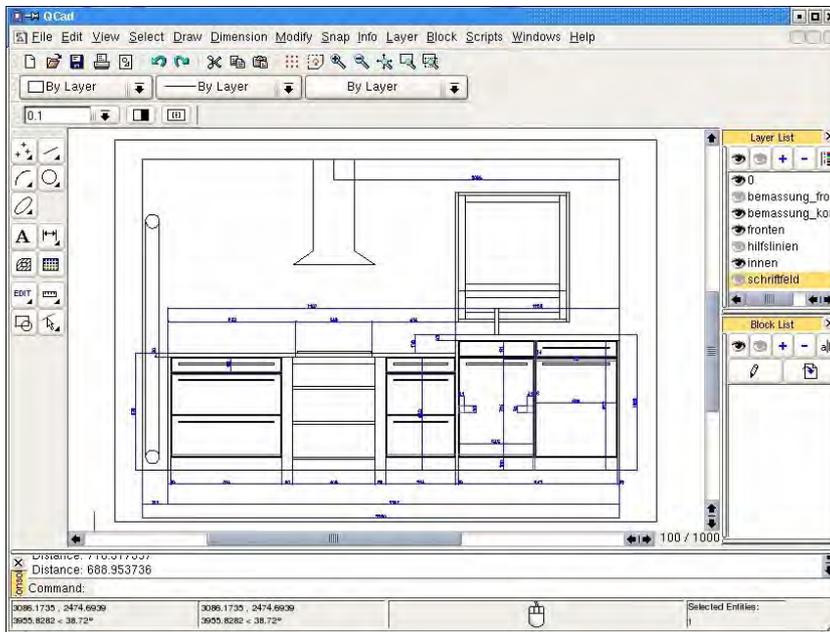
En los últimos tiempos el soporte de la elaboración de los proyectos de arquitectura ha cambiado mucho. En todos lados puede verse como en la presentación a concursos, la ejecución de proyectos, de obras, de exposiciones, etc. se ha implantado con mucha firmeza el recurrir a los sistemas de apoyo informático. Sin lugar a dudas, y se ha escrito bastante sobre el tema, es muy rentable la concepción, edición, desarrollo y representación de los proyectos arquitectónicos con el apoyo de las herramientas informáticas.

Pero la utilización de programas de CAD de propósito general para elaborar proyectos profesionales se ve dificultada por su funcionamiento generalista, y por eso, los sectores del CAD profesional han tenido que especializar sus sistemas para conseguir el máximo rendimiento en sus procesos de diseño.

Cada sector del diseño técnico requiere características propias para sus procesos de creación de proyectos, siendo muy diversas las necesidades de especialidades tan distintas como la electrónica, la mecánica, la topografía, las obras públicas, la electricidad o la arquitectura.

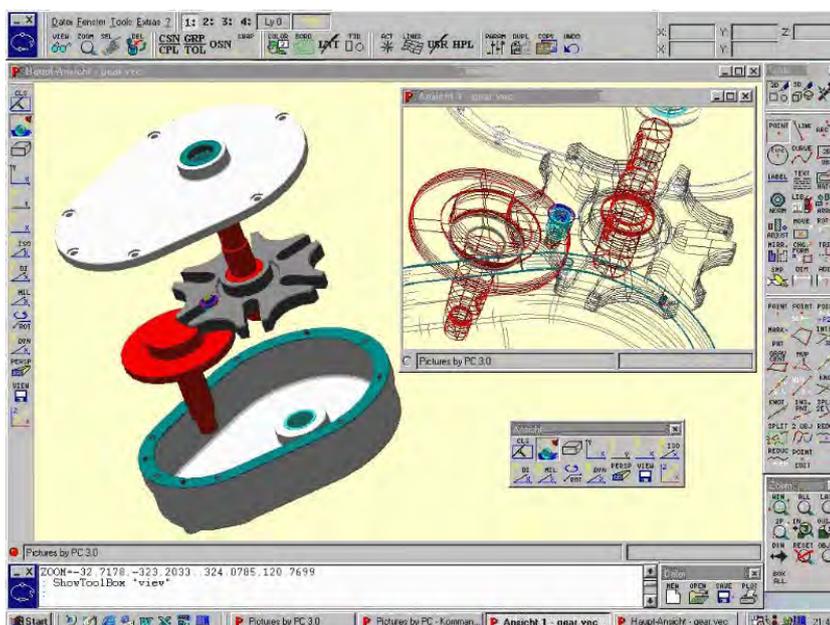
En algunos casos, las ventajas del CAD (*Computer Aided Design*; diseño asistido por ordenador) se han visto ampliadas por la adición del CAM (*Computer Aided Manufacturing*; fabricación asistida por ordenador), e incluso por el CAE (*Computer Assisted Engineering*; ingeniería asistida por ordenador). Tales son los casos del diseño mecánico y el electrónico, donde sus procesos de fabricación controlados por máquinas hace posible

que se pueda mecanizar y automatizar todo el procedimiento, desde la definición de la idea, hasta la puesta en venta del producto, pasando por la descripción de los planos, la fabricación de las piezas, el control de los materiales, la gestión de la facturación, etc.



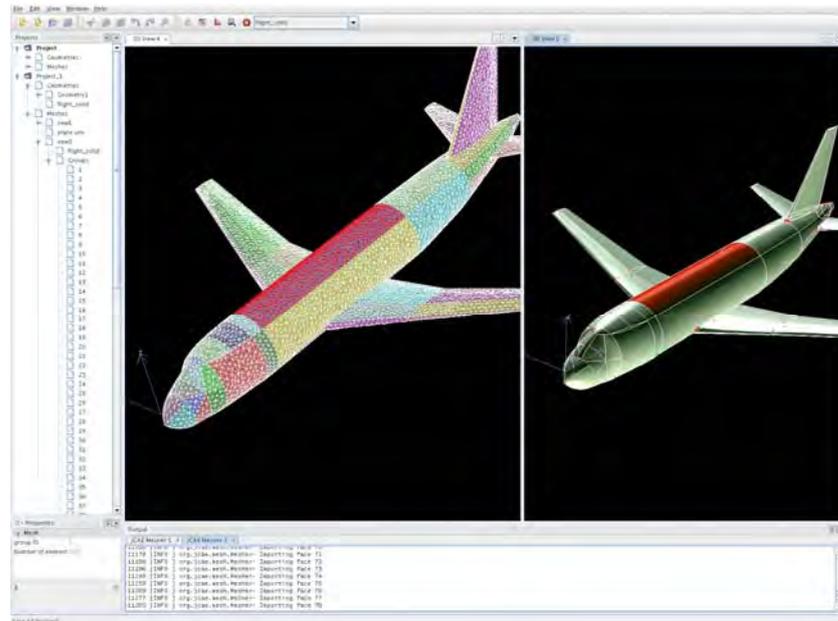
Pantalla de un programa de CAD.

Fuente: www.estrelateyarde.es/equiv/cad-en-linux



Pantalla de un programa de CAM.

Fuente: hknspi.com/cad.htm



Pantalla de un programa de CAE.

Fuente: platform.netbeans.org/screenshots.html

Estas características tan adecuadas para el CAD/CAM/CAE, han hecho posible que la utilización de sistemas informáticos en el diseño mecánico o electrónico sea masiva y abarque muchas fases en la actualidad, existiendo muchas soluciones de software adaptadas a las distintas necesidades de las empresas de dichos sectores. En cambio, el sector conocido como AEC (*Architectural, Engineering and Construction; Arquitectura, Ingeniería y Construcción*), al no poder aprovechar todas las ventajas del CAM/CAE, ha seguido un desarrollo propio.¹

El diseño arquitectónico ha sido siempre un tanto reacio a aplicar el CAD a sus procesos, ya que hasta hace poco tiempo sus ventajas se veían reducidas al "dibujo" asistido por ordenador. Pero desde hace una década

¹ MONTERO, Ramón: "Programas de Diseño Arquitectónico: AllPlan, DIBAC, Eicad, TriForma y UrbiCAD". En: *PC World*. Nº 130 (marzo 1997). Sección: Comparativa, p. 218.

la situación está cambiando, ya que la potencia de los PCs actuales y el abaratamiento de los equipos y de los programas, han ampliado el número de usuarios del sector que introducen sistemas informatizados en sus métodos de trabajo.

Ahora es perfectamente posible y rentable que cualquier profesional de la arquitectura disponga de un sistema que le permita "diseñar" modelos tridimensionales, que le permitan observar desde cualquier punto de vista las soluciones adoptadas, obtener los planos de forma automatizada, mostrar paseos virtuales por el futuro edificio y conseguir los presupuestos finales a partir de las mediciones generadas en el mismo proceso, por ejemplo.

1.1.1. HISTORIA DEL CAD

El diseño asistido por ordenador nace y avanza a medida que evolucionan los ordenadores para ser capaces de dibujar gráficos y lograr que éstos sean de utilidad. Está ligado al perfeccionamiento de las máquinas que han ido siendo capaces de representar dibujos de líneas, y por tanto, a la historia de la informática. Sobre la historia del CAD, del cual existe amplia bibliografía, se narran a continuación los momentos más relevantes desde sus orígenes hasta la situación actual.²

1.1.1.1. ANTECEDENTES

- **1955:** El primer sistema gráfico **SAGE** (Semi Automatic Ground Environment) de la *Fuerzas Aéreas Norteamericanas* es desarrollado en el *Laboratorio Lincoln del MIT (Massachusetts Institute of Technology)*.

El sistema SAGE procesaba datos de radar y otras informaciones de localizaciones de objetos mostrándolos a través de una pantalla CRT.

² COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *Historia del CAD (Computer Aided Design)* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2009 [ref. de 8 de abril de 2009]. Disponible en Web: [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia_del_CAD_\(Computer_Aided_Design\)](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia_del_CAD_(Computer_Aided_Design))



El ordenador IBM que soportaba SAGE.

Fuente: [en.wikipedia.org/wiki/File:IBM%27s_\\$10_Billion_Machine.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:IBM%27s_$10_Billion_Machine.jpg)



Sala de control de SAGE.

Fuente: en.wikipedia.org/wiki/File:SAGE_control_room.png

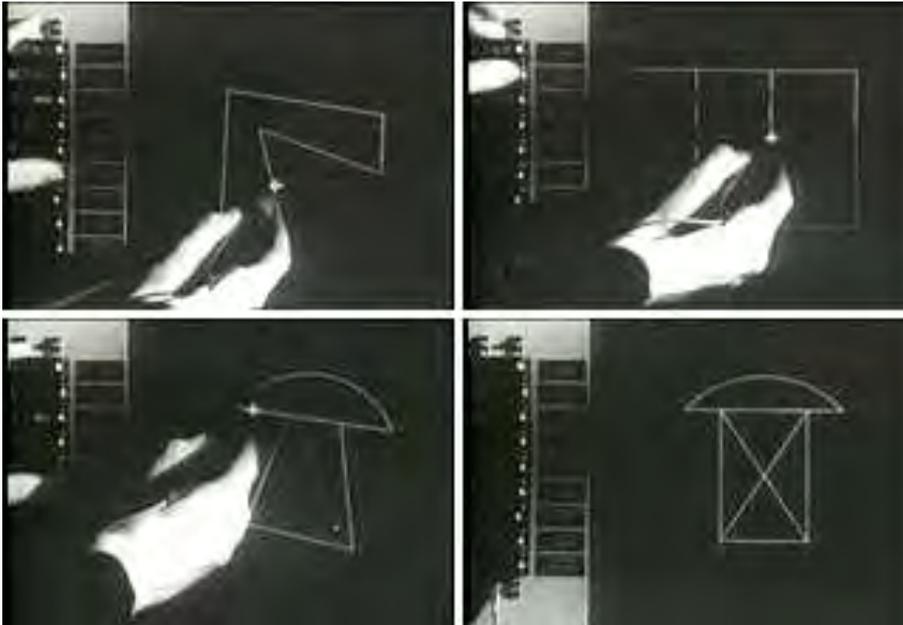
- **1962:** Basado en su tesis doctoral, Ivan E. Sutherland desarrolla en el *Laboratorio Lincoln (MIT)* el sistema **Sketchpad**.

Esta tesis, "A Man-machine Graphical Communications System", establece las bases de los gráficos interactivos por ordenador tal y como hoy se conocen. Se utilizaban un teclado y un lápiz óptico para seleccionar, situar y dibujar, conjuntamente con una imagen representada en la pantalla.



Ivan E. Sutherland.

Fuente: design.osu.edu/carlson/history/images/pages/ivan-sutherland_jpg.htm



El programa Sketchpad de Sutherland.

Fuente: en.wikipedia.org/wiki/File:Sketchpad-Apple.jpg

- 1962: Proyectos paralelos al Sketchpad se desarrollaron en *ITEK* y *General Motors*.

El proyecto de *ITEK*, "The Electronic Drafting Machine" utilizaba un ordenador PDP-1 de *Digital Equipment Corp.*, con pantalla vectorial de refresco, memoria de refresco en disco duro, tableta y lápiz electrónico para introducción de datos.

- 1963: El sistema Sketchpad introducido en las universidades causa gran expectación.

El ordenador podía calcular que líneas eran las que definían la parte vista del objeto al tiempo que borraba de la pantalla el resto, que permanecía en la memoria del ordenador para cuando se colocaba el cuerpo en una posición distinta.

- 1963: El Prof. Charles Eastman, de la *Universidad Carnegie Mellon*, desarrolla BDS (Building Description System).

Estaba basado en una librería de muchos elementos arquitectónicos, que podían ser ensamblados y mostrar sobre la pantalla un diseño arquitectónico al completo.

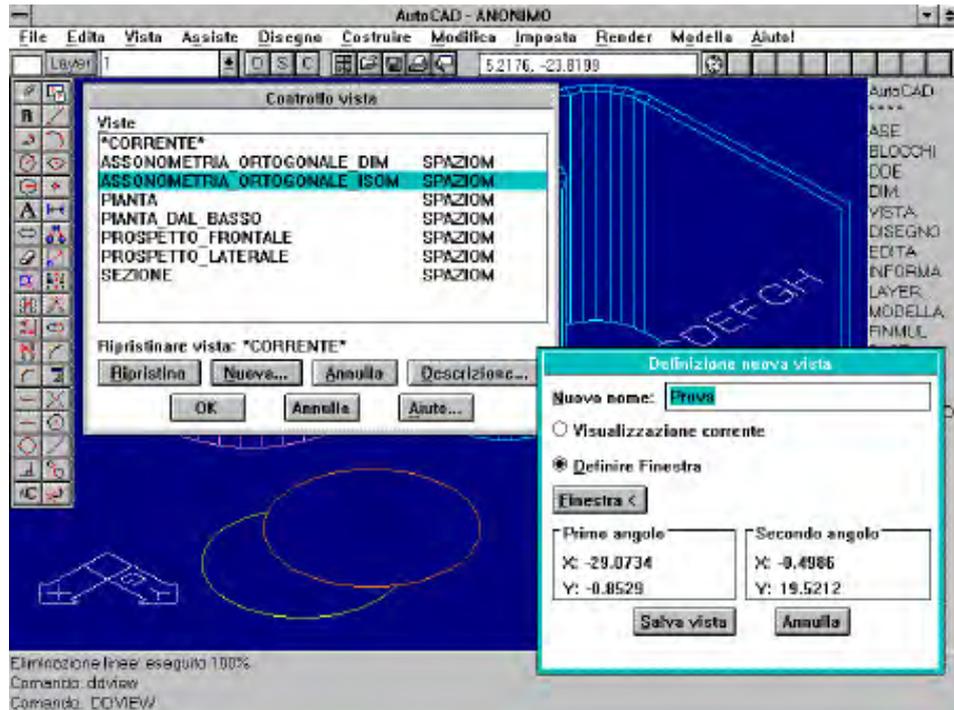
1.1.1.2. CONQUISTA DEL MERCADO

- 1965: Basado en ITEK, *Control Data Corp.* comercializa el primer CAD.
- 1965: El Prof. J. F. Baker, jefe del *Departamento de Ingeniería de la Universidad de Cambridge*, inicia las investigaciones en Europa trabajando con un ordenador gráfico PDP11.
- 1965: A. R. Forrest realiza el primer estudio de investigación con un CAD, efectuando la intersección de dos cilindros.
- 1969: *Computervision* desarrolla el primer **plotter** (trazador).
- 1970: Las grandes compañías del sector del automóvil y aeroespaciales (*General Motors, Ford, Chrysler, Lockheed*) adoptan los sistemas CAD.
- 1975: *Textronix* desarrolla la primera pantalla de 19".
- 1975: *AMD (Avion Marcel Dassault)* desarrolla el primer sistema CAD/CAM y *Lockheed* es la primera empresa que lo compra.
- 1977: Se crea *Delta Technical Services* en la *Universidad de Cambridge*.
- 1978: *Computervision* desarrolla el primer terminal gráfico que utiliza la tecnología ráster.
- 1979: *Boeing, General Electric y NIST* desarrollan un formato neutral de intercambio de datos IGES (Inicial Graphics Exchange Standard)
- 1980: Se crea la empresa española *Investrónica*, con desarrollos CAD y CAM para la industria textil-confección.
- 1980: La empresa *Bentley Systems* desarrolla un prototipo de CAD llamado **PseudoStation**.
- 1981: *Matra Datavision* comienza desarrollos CAD/CAM.
- 1981: Se crea **Dassault System**.

- **1981:** Basados en desarrollos de la *Universidad de Cornell*, la empresa *3D/Eye Inc.*, es la pionera en 3D y tecnología de gráficos.
- **1981:** *Unigraphics* presenta **Unisolid**, el primer sistema de modelado sólido sobre un ordenador PADL-2.

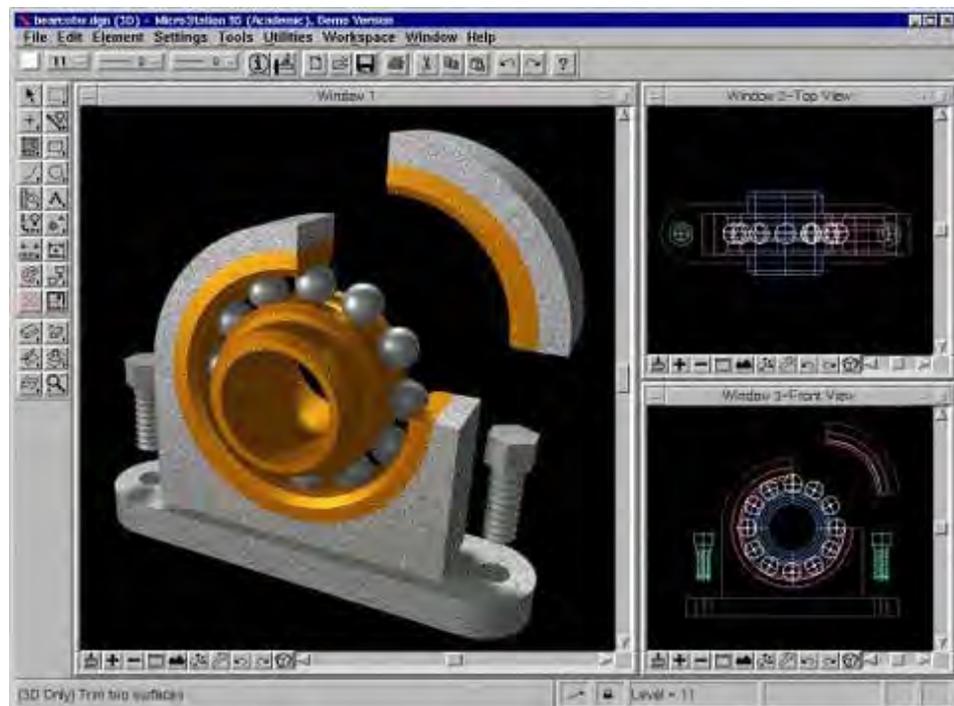
1.1.1.3. EXPANSIÓN GLOBAL

- **1982:** Se funda *Autodesk* con la idea de producir un programa CAD para PC de precio asequible. A finales de año, en Las Vegas, se presenta el primer **AutoCAD**.
- **1983:** Inicio del sistema universal de transferencia de datos **STEP** (Standard for the Exchange of Product model data).
- **1985:** Se presenta **MicoStation**, desarrollo CAD para PC, basado en *PseudoStation* de *Bentley Systems*. Permite ver dibujos en formato IGDS, sin necesidad del software de *Intergraph*.
- **1990:** *McDonell Douglas (Boeing)* selecciona el sistema **Unigraphics**.
- **1992:** El primer **AutoCAD** sobre plataforma **SUN** (procesadores Risc).
- **1995:** **AutoCAD** (versión 12) y **MicroStation** (versión 95) sobre *Windows*.



AutoCAD 12.

Fuente: <http://www.allanbrito.com/2007/10/22/cronologia-do-autocad-desde-a-versao-1-ate-o-2008/>



MicroStation 95.

Fuente: <http://www.linuxjournal.com/article/2079>

- 1995: Unigraphics sobre *Windows*.
- 1996: *General Motors* firma el mayor contrato de la historia CAD/CAM con **Unigraphics**.
- 1997: Los líderes mundiales de mercado CAD/CAM son: *Parametric Technology, Dassault Systems, EDS/Intergraph, SDRC, Autodesk*.
- Siglo XXI: Siguiendo una carrera imparable, "el software CAD está en continua evolución, adaptándose cada vez más a los nuevos tiempos. El uso de las tres dimensiones es cada vez más frecuente, y por ello ese es un aspecto que se mejora en cada versión de los programas, ganando en estabilidad, velocidad y prestaciones." ³

³ Ídem.

1.1.2. HISTORIA DEL MANEJO DE INFORMACIÓN

Como acaba de indicarse, el CAD para arquitectura nace en 1982, y va siguiendo una cada vez más rápida evolución hasta su situación de hoy en día. Pero, entretanto, han pasado varias etapas en cuanto al uso que los arquitectos han hecho del CAD:

1. Antes de la aparición del CAD, se dibujaba siempre en un tablero, a lápiz y regla sobre papel.
2. En sus inicios, se hacen dibujos con un CAD rudimentario recién inventado.
3. A medida que se va mejorando y ampliando, se crean dibujos con un CAD, siempre en 2D, con muchas más opciones que antes.
4. Cuando aparece la posibilidad de crear y manipular objetos en tres dimensiones, se usa el CAD en 2D para los planos y se reserva el *modelo digital 3D* para las presentaciones de perspectivas.
5. Más tarde el CAD en 3D evoluciona al diseño paramétrico, con el que se diseña en 3D según la idea del *modelo integrado del proyecto*.
6. El uso extensivo de las redes locales (intranets) y la red global (internet) da pie a poder descentralizar la redacción de los proyectos. En esta fase se trabaja de manera corporativa usando un CAD en 3D, con un modelo integrado del proyecto a través de la red, desde varias oficinas.
7. Aparición del concepto de BIM: *modelado de información para la construcción*, que va más allá de lo anterior, proponiendo la gestión completa del proyecto, la obra y su puesta en uso. Se utilizan varios programas integrados y multidisciplinares para coordinar a los distintos profesionales involucrados tanto en el diseño, en todas sus fases, como en la construcción y en su utilización final de edificios de cualquier tipo y escala.

1.1.3. PANORAMA ACTUAL

Como se acaba de enunciar, en estos momentos (2009), lo que está consolidándose es el denominado BIM (Building Information Modeling), que no es un software, sino un método innovador de abordar el diseño y documentación de los proyectos de construcción:

- Building (Edificio): Se tiene en cuenta todo el ciclo de vida del edificio (diseño/construcción/uso).
- Information (Información): Se incluye toda la información sobre el edificio y su ciclo de vida, de manera coherente y coordinada.
- Modeling (Modelado): La definición y simulación de la construcción, su entrega y su funcionamiento usando herramientas integradas.⁴

BIM contiene información sobre el edificio entero y un conjunto completo de documentos de diseño guardados en una base de datos integrada. Toda la información es paramétrica y, por tanto, interconectada. Cualquier cambio en un objeto del modelo se refleja al instante en el resto del proyecto en todas las vistas.⁵

Los modelos realizados siguiendo la filosofía de BIM no contienen representaciones en 2D del edificio proyectado, sino gráficos en 3D de los elementos constructivos reales y sus ensamblajes.⁶

⁴ BENTLEY SYSTEMS: *High Performance Building Design and Delivery*. [en línea]. Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2009 [ref. de 1 de julio de 2009]. Disponible en Web: <http://www.bentley.com/en-US/Promo/High+Performance+Building+Design>

⁵ KRYGIEL, Eddy; NIES, Bradley: *Green BIM. Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Indianapolis (Indiana), USA: Wiley Publishing, Inc., 2008. p. 26.

⁶ Ídem.

Según Krygiel y Nies (2008), "BIM se define como la creación y uso de información computable, consistente y coordinada acerca del proyecto de edificio en fase de diseño, información paramétrica usada para tomar decisiones de diseño, producción o documentos de construcción de alta calidad, predicción del funcionamiento del edificio, mediciones y planes de obra." ⁷

Usando BIM se crea un modelo paramétrico 3D, que se usa para generar automáticamente los dibujos de plantas, alzados, secciones y detalles. Como afirman Krygiel y Nies (2008), "los dibujos no son colecciones de líneas coordinadas a mano, sino representaciones interactivas del modelo," ⁸ porque los cambios que se realicen en una parte se propagan al resto.

Como consecuencia, se emplea menos tiempo en la elaboración del proyecto, se aumenta la calidad del producto, se incrementan la competitividad y la calidad, y se mejoran la coordinación y comunicación del equipo redactor entre sí y con los demás agentes (constructor, promotor...). En suma, se perfecciona el flujo de trabajo,⁹ incluso usando software proveniente de distintos fabricantes.

⁷ *Ibidem*, p. 27. Traducción del autor.

⁸ *Ídem*.

⁹ AUTODESK: *Modelado de información para la construcción*. [en línea]. San Rafael (California), USA: Autodesk, Inc., 2009 [ref. de 1 de julio de 2009]. Disponible en Web: <http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?id=10200355&siteID=455755>



Sistema de relaciones entre las distintas partes de un proyecto acorde con BIM.

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/04/30/sobre-la-b-la-i-y-la-m-en-bim-modelado-de-informacion-para-la-edificacion/>

1.1. JUSTIFICACIÓN

En este momento, ya no es recomendable limitarse a un simple *software*¹⁰ de dibujo asistido por ordenador ni a usarlo solamente como un lápiz electrónico, pues ocurrirá que no se tenga una estrategia viable a medio plazo. Cuando se entra en una era de posibilidades tecnológicas casi ilimitadas, hay que prever una manera en que la tecnología pueda dar un margen competitivo.

Sin embargo, “para la [...] mayoría de arquitectos que utilizan la informática, los instrumentos principales de trabajo siguen siendo [...] aquellos que posibilitan una definición precisa de perfiles y vistas planas de las formas que están proyectando.”¹¹ Y lo consideran así “porque la propia índole de la arquitectura confiere una importancia esencial a las plantas, los alzados, las secciones.”¹²

Por otro lado, la disparidad de criterios a la hora de representar los proyectos de arquitectura origina confusión en su interpretación por terceras personas: otros arquitectos que deben revisarlo, profesionales de otras disciplinas que deben completarlos, arquitectos que han de visarlo en el colegio profesional, clientes que deben promoverlo, constructores que deben edificarlo, usuarios que deben adquirirlo...

Cada estudio de arquitectura tiene sus propios criterios acerca de cómo quiere que aparezcan representados sus proyectos. A lo largo del periodo

¹⁰ El software, o *soporte lógico*, está formado por los programas informáticos que hacen funcionar a un ordenador, instalados sobre un *soporte físico*, o hardware.

¹¹ MONEDERO ISORNA, Javier: *Aplicaciones informáticas en arquitectura*. Barcelona: Edicions UPC, 1999. p. 91.

¹² Ídem.

formativo en la universidad, primero, y con la acumulación de experiencia posterior durante el desarrollo de la actividad profesional, se van destilando unos criterios a seguir para la representación de los proyectos de arquitectura. Cada despacho de arquitectura, o cada arquitecto, habrá llegado a unas conclusiones de cuál es su identidad corporativa.

Además, la influencia de los medios de comunicación del gremio, tales como libros y revistas de proyectos, de construcción, de concursos, etc., ya sean impresas, audiovisuales o en línea, incrementa el abanico de posibilidades de presentación. Plantean alternativas a la representación convencional, donde ya interesan poco las reglas y sí importa mucho la expresión plástica y la composición, como si de un cartel o un póster se tratase.



Presentación usando el CAD para imitar el grafismo tradicional.

Fuente: www.bdtukltd.com/cad.html



Presentación usando el CAD con técnicas de cartelera moderna.

Fuente: proyectoblogspace.wordpress.com/2009/02/04/propuesta-02anteproyecto-edificio-iii_esia-tecamachalco/

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

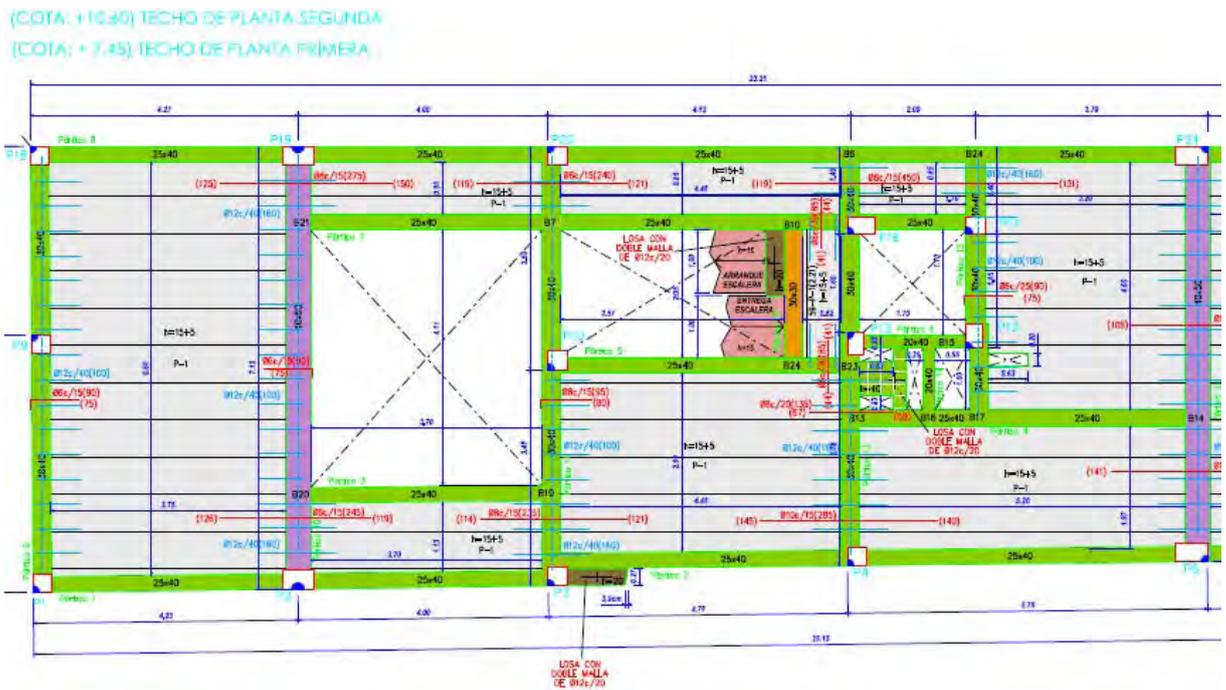
El lenguaje escrito o el hablado gozan de unas normas muy concretas que, aunque los distintos pueblos las alteran y personalizan a su manera, está estrechamente vigilado por un organismo nacional que lo protege, defiende, promueve y, sobre todo, define sus reglas de comportamiento y uso, como la Real Academia Española en el caso del español.

En general, el denominado Dibujo Técnico surge en la cultura universal como un medio de expresión y comunicación indispensable, tanto para el desarrollo de procesos de investigación sobre las formas, como para la comprensión gráfica de bocetos y proyectos tecnológicos, cuyo último fin sea la creación de productos que puedan tener un valor utilitario. La función esencial de estos proyectos consiste en ayudar a formalizar o visualizar lo que se está diseñando o creado y contribuye a proporcionar, desde una primera concreción de posibles soluciones, hasta la última fase del desarrollo donde se presentan los resultados en dibujos definitivamente acabados.

El Dibujo Técnico, que ha de ser un lenguaje *gráfico, universal y preciso*, está basado en la Geometría Descriptiva. Ésta fue definida y sistematizada por Garpar Monge en 1795, y abarca dos objetivos que siguen vigentes: “el primero, dar métodos para representar sobre una hoja de dibujo que no tiene más que dos dimensiones [...], todos los cuerpos de la naturaleza que tienen tres [...]. El segundo [...] es proporcionar la manera de reconocer, de acuerdo con una descripción

exacta, las formas de los cuerpos, y de ello deducir todas las verdades que resultan y su forma y sus posiciones respectivas.”¹³

Como afirman Gentil Baldrich y Rabasa Díaz (1996), “la geometría descriptiva es un lenguaje racional, lógicamente estructurado, que unifica procedimientos gráficos particulares de los oficios o gremios. Constituido con lengua técnica universal facilitaría la comunicación del proyectista y el ejecutor, como individuos distintos.”¹⁴



Dibujo Técnico aplicado a la Arquitectura: plano de estructuras.

Fuente: Elaboración propia.

¹³ MONGE, Gaspar: *Geometría Descriptiva. Lecciones dadas en las Escuelas Normales en el año tercero de la República*. Madrid: Imprenta Real, 1803. (Facsimil: MONGE, Gaspar: *Geometría Descriptiva*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1996. p. 105).

¹⁴ GENTIL BALDRICH, José María; RABASA DÍAZ, Enrique: *Sobre la Geometría Descriptiva y su difusión en España*. En: Facsimil cit. p. 61.

Las leyes españolas definen el lenguaje gráfico arquitectónico en sus términos generales, pero permiten muchas posibilidades en el ámbito particular y concreto de cada caso. El Organismo AENOR crea las normas correspondientes a la representación de los proyectos, pero se centra más en los de ingeniería que en los de arquitectura. Esto, unido a que en España dichas normas no son de obligado cumplimiento, origina una arbitrariedad preocupante en la representación de proyectos de arquitectura. Si añadimos el apoyo informático en la redacción del proyecto (memorias, planos, pliegos de condiciones, presupuestos...) la dispersión es aún mucho mayor, hasta el punto de llegar a ser desorientadora. Y en los últimos años, el uso del color en los planos alimenta más este problema.

Sería deseable obtener una sistematización a la hora de representar un proyecto de arquitectura. No debe haber tanta arbitrariedad en el diseño y composición de los planos.

1.3. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este trabajo de investigación se hará hincapié en el estudio y aplicación de las normativas existentes, ya sean obligatorias o recomendadas. Asimismo, se tendrá en cuenta lo que dicen otros autores sobre el tema. Los profesionales de la arquitectura también pueden aportar sus conocimientos y experiencia al tema de investigación.

Ya en 1990 se pasó del estilógrafo físico al estilógrafo electrónico, gracias a los programas de ordenador creados especialmente para arquitectos, diseñadores e ingenieros. El gran boom fue gracias a que se reveló más práctico dibujar por medio de un ordenador que usando lápiz y papel. El ratón y la pantalla se convirtieron entonces en herramientas clave para los arquitectos.



Estudio de Arquitectura de una época pasada.

Fuentes: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2006/11/24/bim-adios-al-cad/>

Se deja de dibujar en papel, principalmente, porque es más sencillo corregir. Eso fue el primer paso, porque ahora se busca que estas herramientas permitan el trabajo multidisciplinario en la construcción.¹⁵



Estudios de Arquitectura en la actualidad.

Fuentes: http://www.nb90arquitectura.com/quienes_somos.htm

¹⁵ TAKAHASHI, Hiroshi: "Adiós a la regla T". En: *Diario Milenio*, Sección Tecnología. Grupo Editorial Milenio. México, 6 de mayo de 2002.

1.4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Esta investigación tratará de proponer una sistematización eficiente, que permita rentabilizar el uso de la informática aplicada a la representación de la arquitectura. Además deberá ser práctica, es decir, que sea aplicable con sencillez y economía, pero también con rigor y buen criterio. Y, además, tendrá que servir tanto para su aplicación en la docencia de las Escuelas de Arquitectura como en la práctica profesional posterior.

El objetivo clave de esta investigación será, por tanto, establecer qué tareas pueden ser reguladas por unas directrices comunes de representación gráfica para los proyectos cuando se ha diseñado primero usando un modelo integral infográfico. En un segundo nivel se concretará una sistematización específica para el tipo de proyecto a representar. Será planteado con la intención de su puesta en práctica por los arquitectos, así como de la enseñanza del proceso para estudiantes universitarios, utilizando la tecnología informática, tanto equipos como programas, como herramienta indiscutible para su realización.

Hay que tener en cuenta que uno de los mayores beneficios del uso de herramientas informáticas de tres dimensiones para los arquitectos es la posibilidad de resolver los problemas de la construcción en el espacio virtual antes de que se conviertan en problemas en la obra:

“Construyendo el edificio virtual antes de construir el edificio real, las empresas que están implementando el modelado inteligente están reduciendo omisiones y errores de forma significativa.”¹⁶



Fotomontaje de un proyecto de arquitectura realizado mediante un edificio virtual.

Fuente: Elaboración propia

¹⁶ WORKMAN, Brad: “The challenges and opportunities in moving to an intelligent modeling paradigm” En: *MicroStation Manager*. Vol. 10, Nº 10 (octubre 2000). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2000. Traducción del autor.

2. MARCO PRÁCTICO

2.1. HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea en esta investigación es la **creación de un modelo de representación unificada** para un proyecto completo 3D + 2D de arquitectura. Para ello se relacionan a continuación las fases del proceso de la operación proyectual edificatoria, haciendo especial hincapié en las que son motivo de este trabajo, y tan sólo citando las fases que son ajenas.

2.2. METODOLOGÍA

La propuesta de esta investigación será el seguimiento de un proyecto arquitectónico desde su concepción inicial hasta su construcción, pasando por las diferentes etapas de desarrollo, edición, modificación, elaboración de planos y textos, apoyo en obra y archivado para su reutilización posterior. Se buscarán normas comunes, optimizadas para cada proceso, que rentabilicen el trabajo. Es decir, los proyectos son una tarea de ida y vuelta, y no son un proceso lineal unidireccional que termina con un punto y final. Cuando hay que retornar sobre los pasos anteriores, es preciso tener la información bien organizada para ser competitivo.

Se pretende poner en práctica varios métodos para llevar a cabo la recolección de datos. Por un lado está el método bibliográfico, que consistirá en buscar información publicada por otros autores sobre el tema, ya sea directa o indirectamente. El método de campo servirá para tomar datos complementarios de situaciones naturales, es decir, visitar estudios de arquitectura para tomar nota de cómo representan sus

proyectos. El método experimental se propone para la fase de estudio final de una sistematización de la representación, donde se redactará un proyecto de arquitectura para corroborar la hipótesis.

Se creará el modelo virtual integrado del edificio, desde donde se extraerá toda la información necesaria para la producción de planos e informes. Cualquier modificación del proyecto se realizará en el modelo virtual tridimensional, para a continuación regenerar de forma semiautomática los documentos que hubiesen cambiado.

2.2.1. FASE BIBLIOGRÁFICA

Se ha buscado en libros, revistas y documentos electrónicos que tratan sobre el tema de investigación de este trabajo, tanto de cómo se hace un proyecto, cómo se representa o cómo se utiliza el CAD para todo ello. Al final de este trabajo se relaciona la bibliografía relacionada con todos estos temas.

2.2.2. FASE DE CAMPO

Se han visitado algunos estudios de arquitectura para tomar muestras de cómo ellos crean y representan los proyectos. Cuando se describa en detalle el proyecto básico y de ejecución se tendrán en cuenta estos datos obtenidos y sus características.

2.2.3. FASE EXPERIMENTAL

En este trabajo de investigación se plantea realizar un proyecto completo, desarrollando todas sus fases, para ver qué necesidades hay de representación:

- Documentos a presentar según las normas
- Aspectos de usabilidad y accesibilidad
- Elementos necesarios, claramente dibujados y legibles
- Símbolos e iconos que destaquen, pero que no perjudiquen

- Realizado de partes del plano, sin distorsionar lo que no se quiere resaltar.

2.3. ETAPAS DEL PROYECTO

El proceso completo de actuación sobre el territorio, para diseñar un edificio y construirlo, consta de cuatro fases, según Quaroni (1980):

1. PROGRAMACIÓN

“Es la fase en la que se ponen a punto, después de los correspondientes análisis previos, las opciones básicas de las cuales deberá partir posteriormente la proyectación. Opciones que pueden afectar no sólo al programa a realizar y al terreno adecuado sino también a la cantidad y a la calidad que entrarán en el proyecto, a determinadas características propias irrenunciables y a cuanto comprenda posteriormente la realización del mismo, [...] así como a los criterios de disfrute [...] y de gestión.”¹⁷

2. PROYECTACIÓN

“Es la fase en la que se piensa, se estudia y se construye, por aproximaciones sucesivas y por aproximaciones cada vez más grandes, el diseño del objeto.”¹⁸

¹⁷ QUARONI, Ludovico: *Proyectar un edificio. Ocho lecciones de arquitectura*. Madrid: Xarait Ediciones, 1980. p. 28.

¹⁸ *Ibíd*em, p. 29.

3. ACTUACIÓN

“Es la fase durante la cual se pasa del proyecto a su realización. Es una fase tan delicada como las dos anteriores, ya que fácilmente pueden surgir problemas que lleven a alterar las conclusiones del proyecto.”¹⁹

4. GESTIÓN

“Esta última fase [...] se refiere a la relación entre el cliente y el usufructuario; en el caso de un barrio, por ejemplo, la relación podrá ser la existente entre una institución estatal y el inquilino al que se alquila un apartamento, quedando a cargo del cliente-propietario la contratación y la manutención; pero también podría ser la de una empresa que vende un apartamento a alguien que posteriormente vaya a alquilarlo.”²⁰

En los siguientes apartados se desarrollan estas etapas con más detalle, insistiendo con más profundidad en las que requieran dibujos del proyecto.

¹⁹ Ibídem, p. 30.

²⁰ Ibídem, p. 31.

2.3.1. PROGRAMACIÓN

2.3.1.1. PLANIFICACIÓN

En el momento de proponer un encargo se hace necesario rellenar un cuestionario que abarque todos los detalles, para acelerar el proceso y conocer de antemano las premisas de partida. En todos los proyectos se plantean casi siempre las mismas preguntas. A modo de resumen, se relacionan a continuación los capítulos que debería contener, según Neufert (1995):²¹

- Información sobre el cliente
- Honorarios
- Personas y empresas relacionadas con el encargo
- Generalidades
- Encargo arquitectónico
- Bases del diseño
- Características técnicas
- Documentación necesaria para el proyecto
- Documentos de contrata
- Plazos de entrega

²¹ NEUFERT, Ernst: *Arte de proyectar en arquitectura*. 14ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1995. p. 43-44.

2.3.1.2. ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

A poco que se empiece a trabajar en un proyecto se van creando documentos gráficos que es necesario clasificar y archivar para tenerlos accesibles durante cualquier fase del proyecto o para consultarlos y reutilizarlos en el futuro, para otro encargo. Se hace necesario homogeneizar criterios a la hora de dar soporte a dichos documentos para facilitar su control. Según sean en formato papel o en formato digital, la organización de la información es muy distinta.

2.3.1.2.1. Formato papel

Se llama *formato* a la lámina de papel cuyo tamaño, dimensiones y márgenes están normalizados.

Las dimensiones de los formatos se encuentran normalizadas de igual manera por las normas DIN 476, ISO 216 y UNE 1011. Según las dimensiones de los elementos a representar se han de elegir los formatos necesarios para su representación gráfica.

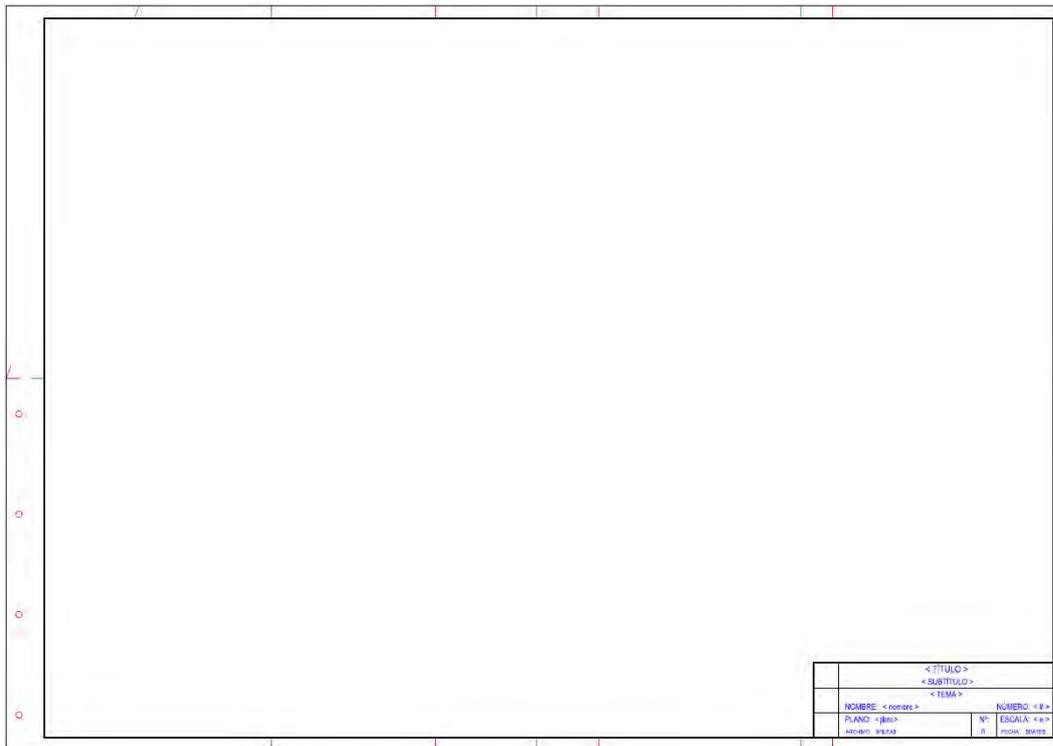
Las principales ventajas de utilizar un formato de dibujo normalizado son:

- La unificación del tamaño de los formatos para su posterior archivado.
- La construcción de posteriores muebles, del tamaño de los formatos normalizados, para un aprovechamiento total del espacio.
- Facilitar su manejo.
- Adaptar los dibujos a los diferentes tamaños.
- La reducción de un formato se realiza de forma uniforme y el formato resultante aclara totalmente la definición del elemento representado.
- La gestión de planos se realiza de forma eficiente y su plegado se realiza sin ningún problema.

Por lo anteriormente expuesto, no es conveniente usar tamaños de papel distintos a los normalizados, pero puede haber ocasiones en que reemplazar los formatos de las normas suponga mayores beneficios que no hacerlo.

Otro aspecto a tener en cuenta con los documentos en papel son los criterios de archivado y control de acceso. Lo más destacado es el doblado de planos para guardarlos en carpetas de proyecto. Los papeles mayores al A4 se reducen a este tamaño por medio del plegado.²² Los originales no se doblan nunca, para poder realizar copias del original sin marcas de plegado. Este aspecto, que hace dos décadas era una costumbre habitual, deja ya de tener sentido cuando los originales son archivos digitales y las versiones impresas son todas idénticas y con igual calidad entre ellas. Ha desaparecido, pues, la idea de separar el original y la copia entre documentos en papel.

²² RAMOS BARBERO, Basilio y GARCÍA MATÉ, Esteban: *Dibujo Técnico*. Madrid: AENOR, 1999. p. 47.



Formato DIN-A1 con marcas de doblado y encuadernado.

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.2.2. Formato digital

Siempre será necesaria una planificación general del proyecto para organizar la información digital. Esto implica que se han establecido de antemano unas normas sobre cómo denominar y ordenar los archivos de datos, los modelos de diseño, las láminas de dibujo, las capas, los colores, los estilos de línea, los grosores de línea y, también, las bibliotecas de símbolos que se usarán.²³

²³ MONEDERO ISORNA, Javier: Op. cit. p. 95.

2.3.1.2.2.1. ORGANIZACIÓN Y DENOMINACIÓN DE ARCHIVOS

Los archivos son los recipientes digitales donde se guarda la información para poder manipularla posteriormente, ya sea añadir o modificar datos, o transportarlos de un lugar a otro. Por esta razón, decidir cómo se organizan y cómo se nombran los archivos son dos aspectos clave para conseguir una gestión eficaz de un proyecto. En momento sólo se expondrán criterios generales de estos temas.

Cada proyecto debe tener una numeración y estar contenido en una carpeta principal dedicada sólo a sus archivos. Seguidamente, cada fase del proyecto tendrá su propia subcarpeta para distinguirse de las demás. Y a continuación, en subcarpetas interiores, se incluirán los distintos archivos de cada tema. En la tabla siguiente se representa un diagrama de árbol de directorios con la previsión que se ha hecho en este momento de la investigación, sin perjuicio de que se vayan haciendo ajustes a lo largo de su desarrollo.

PROYECTO	FASE	CARPETA	SUBCARPETA
054 PROYECTO BATÁN	1 EXPEDIENTE	11 contrato	
		12 honorarios	
		13 impresos	
		14 normativa	
		15 correo	
	2 DATOS	21 cartografía	
		22 ordenanzas	
		23 fotografías	
		24 topográfico	
		25 notas	
	3 ESTUDIO PREVIO	31 modelo	
		32 planos	
		33 memoria	
		34 borradores	
	4 ANTEPROYECTO	41 base de datos	
		42 modelo	
		42 planos	
43 memoria			
44 multimedia			
		45 borradores	

PROYECTO	FASE	CARPETA	SUBCARPETA
	5 PROYECTO BÁSICO	51 modelo	511 base de datos
			512 terreno
			513 edificio
			514 multimedia
			515 borradores
		52 planos	
		53 memoria	
	6 PROYECTO DE EJECUCIÓN	61 modelo	611 base de datos
			612 terreno
			613 edificio
			614 carpintería
			615 multimedia
			616 borradores
			62 estructura
			63 instalaciones
			64 detalles
			65 planos
	66 memoria		
	67 anejos memoria		
	68 mediciones y presupuesto		
69 pliego de condiciones			
7 DIRECCIÓN DE OBRA	61 expediente		
	62 modelo		
	63 planos		
	64 memoria		
	65 multimedia		
8 ESTADO FINAL	71 expediente		
	72 planos		
	73 libro edificio		
	74 multimedia		

El otro tema importante, el nombre de los archivos, también se irá viendo poco a poco, por las mismas razones. A priori, cabe decir que los archivos de un proyecto deben llevar todos un prefijo relativo al nombre del proyecto (o su código, a modo de apellido), seguido del indicador de la fase del proyecto, luego irá un texto alusivo a su contenido (a modo de nombre de pila) y, finalmente, un sufijo relativo a la versión del archivo. La fecha de revisión no es necesario incluirla, porque ya es un atributo propio de cada archivo y se guarda aparte. En la tabla siguiente se indican los valores sugeridos:

CÓDIGO	NOMBRE	FASE	DESCRIPCIÓN	VERSIÓN
054	BATÁN	EPR	estudio previo	01
		ANT	anteproyecto	
		PBA	proyecto básico	
		PEJ	proyecto de ejecución	
		DOB	dirección de obra	
		EFN	estado final	

Ejemplo: 054 BATÁN EPR estudio previo 01.

2.3.1.2.2.2. COPIAS DE SEGURIDAD

Tener una copia de respaldo de los archivos, de todo tipo, que se van utilizando a diario en distintos proyectos, o distintas partes de un proyecto, es una garantía de seguridad ante cualquier pérdida accidental. Lo recomendable sería hacer una copia de seguridad a diario, al final de la jornada. Al día siguiente, renombrar los archivos a utilizar y abrirlos para trabajar. De esta manera, además de tener copias incrementales diarias, se consigue un valor añadido: no se pierden estados intermedios del desarrollo de un proyecto, lo que equivale a no tirar bocetos o ideas que se van descartando.

2.3.1.2.2.3. CONTROL DE ACCESO A LOS ARCHIVOS

Es un tema tan importante como las copias de seguridad, porque si alguien modifica un archivo, lo cambia de sitio o se lo lleva al exterior sin permiso, está poniendo en peligro la integridad del proyecto. En proyectos desarrollados en equipo, el director establecerá los permisos necesarios y las instrucciones de seguridad a aplicar.

2.3.1.2.2.4. INTEGRIDAD DE LOS DATOS

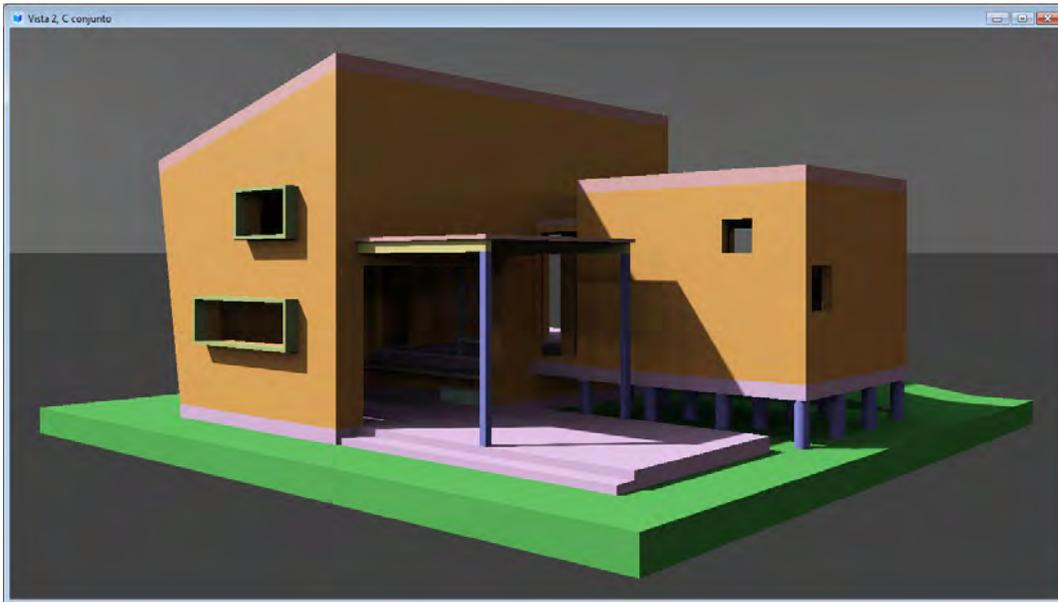
Los fallos en la integridad de los datos, provocada antaño por errores en los programas de CAD o por el sistema operativo, ya no es un problema. Hoy en día, tanto unos como otros se encuentran en unas versiones muy depuradas que resultan bastantes sólidas y consistentes, logrando que éste ya no sea un inconveniente relevante.

2.3.1.2.2.5. DENOMINACIÓN Y GESTIÓN DE MODELOS

Los modelos de un proyecto son los espacios virtuales donde se almacena la información vectorial del diseño. Existen de dos tipos:

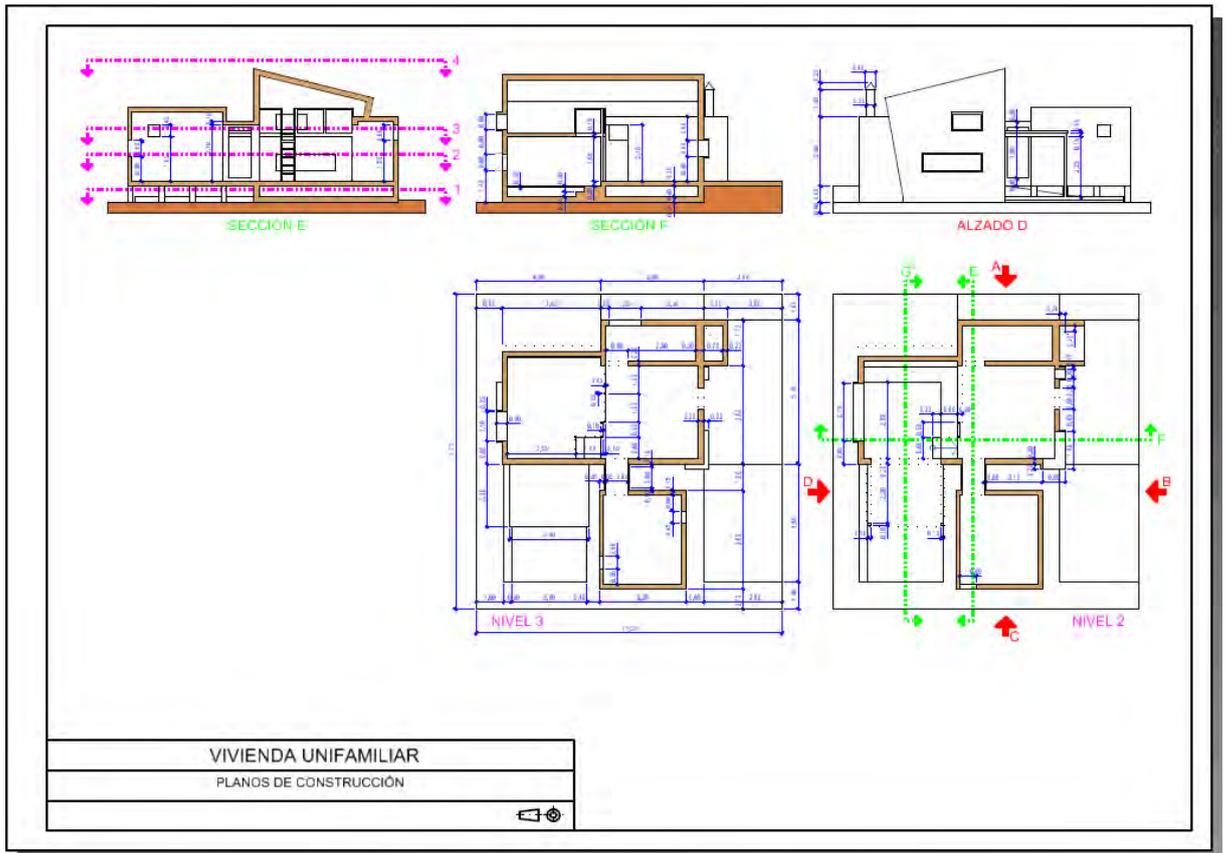
- **Modelos de diseño:** Son espacios modelo, utilizados para dibujar la geometría 3D y 2D del proyecto.
- **Modelos de hoja:** Son espacios papel, utilizados para componer dibujos, fotos, textos y otros elementos, en una simulación de una lámina de papel que luego se imprimirá.

En un proyecto se pueden utilizar tantos modelos de diseño y de hoja como hagan falta. Y, precisamente esto, ya supone dedicar un momento a su planificación, para ser productivos en el desarrollo del trabajo posterior.



Modelo de diseño.

Fuente: Elaboración propia a partir de la "Casa en Punta del Diablo", de Estudio RGB.arq (Uruguay, 2007)



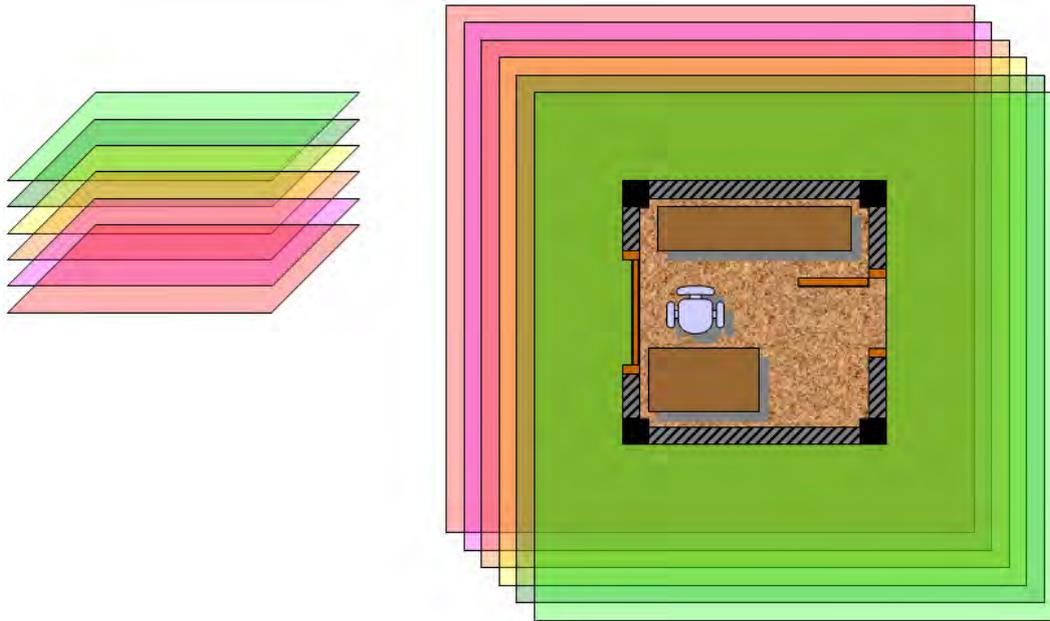
Modelo de hoja.

Fuente: Elaboración propia a partir de la "Casa en Punta del Diablo", de Estudio RGB.arq (Uruguay, 2007)

Como se verá más adelante, los modelos se crean por plantas o elementos esenciales del edificio, así como por láminas de presentación. A medida que sean necesarios, a lo largo de esta investigación, se irán introduciendo y describiendo con detalle.

2.3.1.2.2.6. DENOMINACIÓN Y GESTIÓN DE CAPAS

Cuando se dibujan elementos en un programa de CAD, se almacenan en capas. Las capas son como superposiciones transparentes de dibujos. A cada capa se le asigna un nombre y se guarda dentro del archivo de dibujo. La visualización de los elementos que se encuentran en las capas se puede activar o desactivar, según sea necesario, para ver sólo la información deseada. Haciendo diferentes combinaciones, facilitan la visualización de las distintas partes de un modelo.



Las capas como superposiciones transparentes.

Fuente: Elaboración propia

Las capas se pueden estructurar en listas y árboles, para manipular con mayor facilidad la visualización de los modelos. También es posible guardar la estructura de capas en un archivo aparte para utilizarla en otros proyectos.

Cada fase del proyecto tendrá unas necesidades distintas de crear dibujos. Por tanto, las capas a utilizar serán de muy diversa naturaleza. Al comenzar un proyecto como este, no se conoce de antemano la totalidad de las capas que harán falta para desarrollar todas sus fases, a menos que se haya hecho otro similar con anterioridad. No es el caso.

En esta investigación se pretende encontrar un sistema unificado de capas, entre otras cosas, válido para otros proyectos similares. Esto ocurrirá después de hacer los dibujos, por lo que en este momento sólo será posible, en todo caso, anticipar algunas de las capas que serán necesarias.

Al final de cada fase del proyecto se recopilarán las capas utilizadas, a modo de conclusión parcial.

2.3.1.3. ELECCIÓN DEL MODELO ARQUITECTÓNICO A INVESTIGAR

Se ha creado un proyecto nuevo expresamente para esta ocasión. La razón fundamental es porque al coincidir en la misma persona el investigador y el autor del proyecto, se descubren de primera mano los pormenores de la representación que conlleva cada fase del proyecto y cada elemento del diseño del edificio. Por este motivo se ha descartado estudiar un modelo histórico o uno de un autor de renombre, para evitar situaciones singulares se que alejen del proyecto cotidiano.

Y en cuanto al tipo de edificio, se ha optado por uno que cumpla varias características, sobre todo de operatividad dentro del campo de investigación de un trabajo como éste, además del tiempo que conlleva su desarrollo pormenorizado. Siendo esto así, se añade el hecho de que el uso más habitual en el desempeño de la labor de un arquitecto dedicado al proyecto y la dirección de obra es, precisamente, **la vivienda**, como una necesidad básica del ser humano que busca un lugar donde habitar.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto a desarrollar sería una vivienda unifamiliar. Y afinando más en el tipo, se opta por uno que contenga un amplio surtido de características a estudiar: una vivienda unifamiliar adosada, porque tiene dos medianeras, un jardín delantero y un gran patio-jardín trasero.



Casas adosadas.
Fuente: Fotografía del autor

2.3.1.4. ELECCIÓN DEL LUGAR

En cuanto al lugar concreto, se ha buscado un solar vacante en una zona donde las Ordenanzas Municipales permitieran las casas adosadas. También interesaba que los datos de partida (cartografía y ortofotos) fuesen actuales, así como que el planeamiento vigente fuese fácilmente accesible y aplicable. Otro dato de interés era que hubiese una cierta pendiente en el terreno, muy habitual en la mayoría de parcelas de una isla volcánica como ésta, lo que contextualiza este trabajo.

La periferia interna de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria cuenta con varias zonas donde las casas adosadas es la manera de intervención más habitual. En estos barrios ya se ha acabado la ciudad tradicional, con edificaciones en manzana cerrada, y todavía no ha empezado la edificación dispersa de las casas aisladas o, más lejos aún, las casas en medio de extensas fincas, propias de los ámbitos rurales.

De entre las diversas posibilidades se ha elegido un solar libre en el barrio de El Batán, a 3 Km de la ciudad compacta, por su fácil acceso y su cercanía con el Centro Universitario donde se ha llevado a cabo esta investigación.

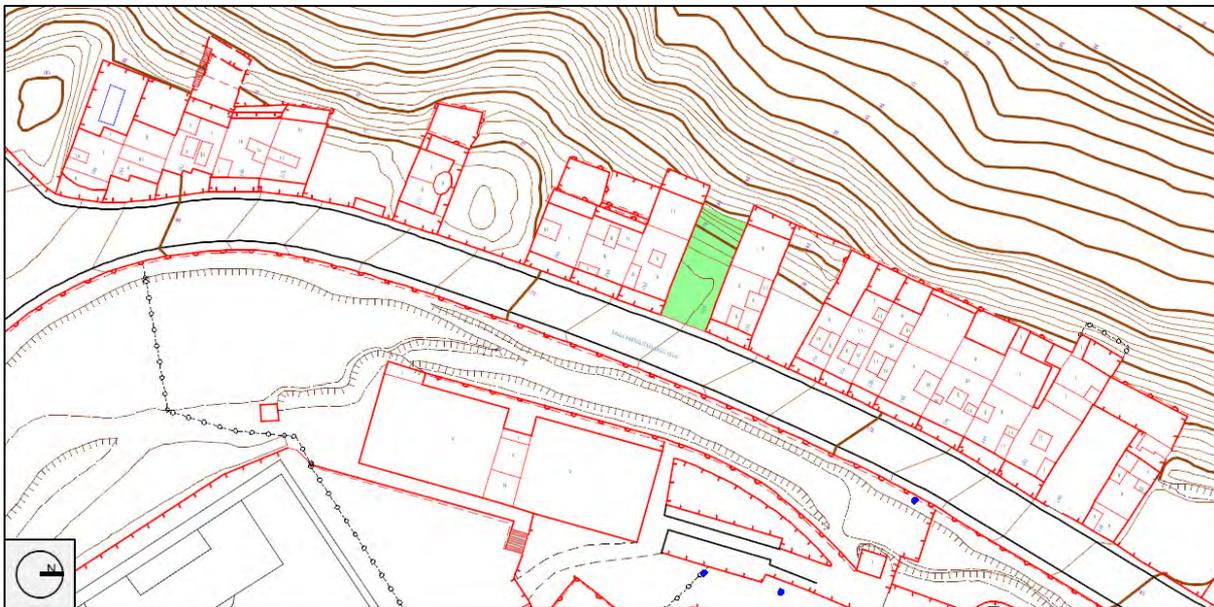
De esta manera, aplicando todos los criterios mencionados más arriba, se contextualiza este trabajo de investigación en el lugar donde se desarrolla el proyecto. El proyecto es de una sola vivienda, como paradigma de planteamientos de otro carácter más amplio y complejo, porque trata de generar instrumentos de representación de proyectos arquitectónicos de uso muy común y porque pretende ser un estudio apoyado en una situación muy real. El modelo está sujeto a todos los condicionantes normativos, topográficos, de uso, etc. de la parcela para la cual se diseña, lo que se constituye como un ámbito de experimentación.

2.3.1.5. DATOS DE PARTIDA

Son aquellos documentos necesarios para conocer la parcela del proyecto, desde el punto de vista físico (cartografía, topográfico, fotografías) y administrativo (planeamiento, ordenanzas).

2.3.1.5.1. Cartografía

La cartografía de Canarias, al igual que la del resto de España, se distribuye en hojas de 100 x 50 cm con varios niveles de detalle. Para este proyecto se usarán la de 1:5000 y la de 1:1000, con sus ortofotos correspondientes.



Cartografía del entorno de la parcela (resaltada ésta en verde).

Fuente: Cartográfica de Canarias, S.A.

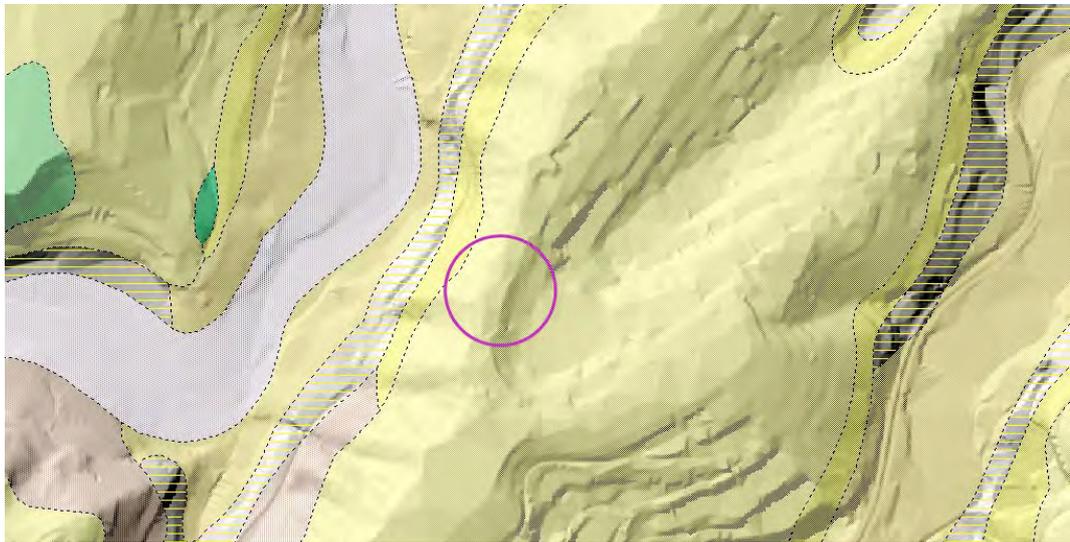
Asimismo se dispone de imágenes de síntesis de los mapas de elevación (MDE), hipsométrico (altitud) y clinométrico (pendientes).



Mapas de elevación, hipsométrico y clinométrico.

Fuente: Cartográfica de Canarias, S.A.

También se cuenta con el mapa geológico.



Mapa geológico.

Fuente: Cartográfica de Canarias, S.A.

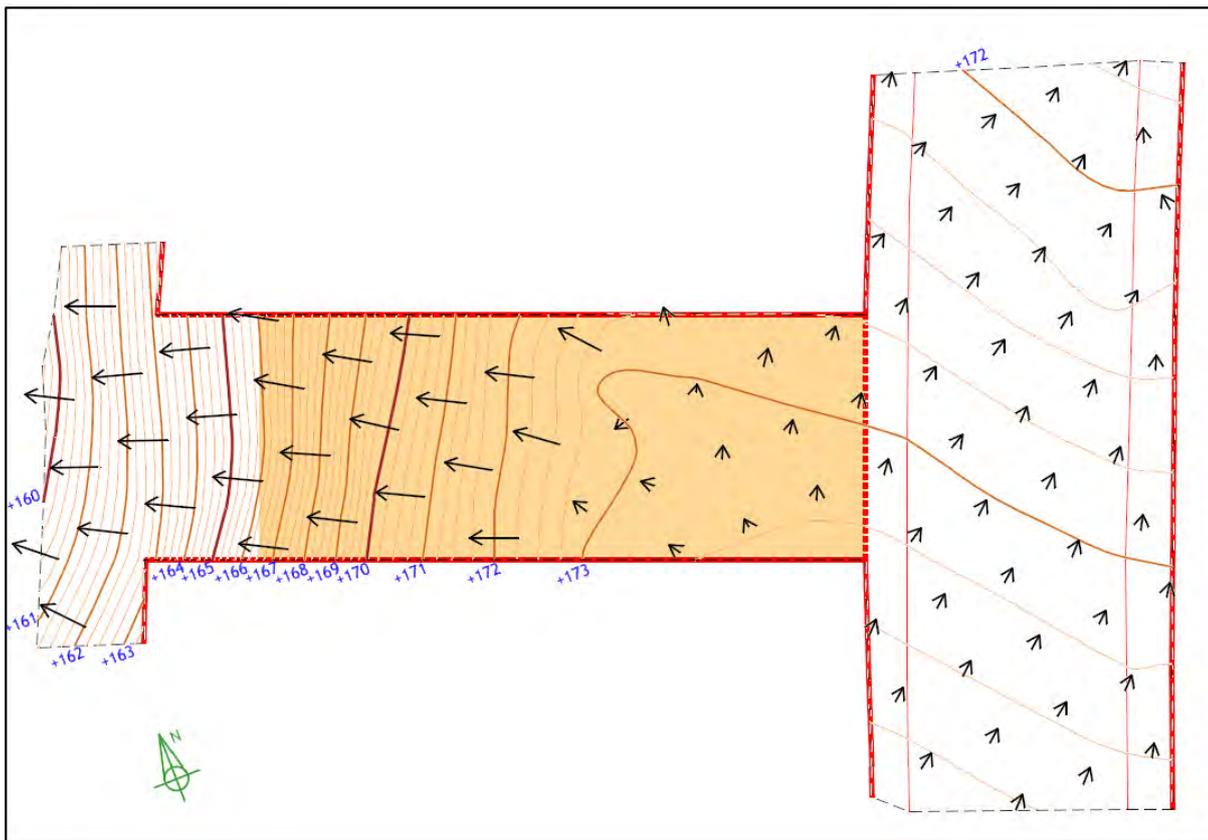
Según este último mapa, el terreno donde se encuentra esta parcela corresponde a sedimentos miocenos,²⁴ y más concretamente, formaciones detríticas de sedimentos aluviales: conglomerados y

²⁴ V.V.A.A.: *Gran Canaria*. Instituto Geológico y Minero de España (con la colaboración del Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas CSIC). Madrid: Servicio Cartográfico del Ejército, 1968.

arenas.²⁵ Esta composición del suelo se conoce localmente como "Terrazo Las Palmas".

2.3.1.5.2. Topográfico

El levantamiento topográfico al detalle es un encargo necesario para las fases más avanzadas del proyecto. Se grafían tanto los elementos naturales como los artificiales, con mucha más definición y detalle que el mostrado en la cartografía.



Levantamiento topográfico de la parcela.

Fuente: Encargo particular

²⁵ V.V.A.A.: MAPA. Visualizador General de Información Geográfica. Canarias: Gobierno de Canarias, enero 2009.

2.3.1.5.3. Fotografías

Además de las ortofotos, se hace imprescindible realizar varias visitas al solar del proyecto para realizar fotografías a pie del interior de la parcela, de su entorno y de su relación con otros elementos, construidos o naturales, que se encuentren en el lugar.

Es muy conveniente tomar nota del punto dónde se ha sacado cada fotografía, así como de la fecha y hora. Sin embargo, estos valores ya los guardan las cámaras digitales como metadatos en el archivo digital de cada imagen.



Ortofoto del lugar.

Fuente: Cartográfica de Canarias, S.A.



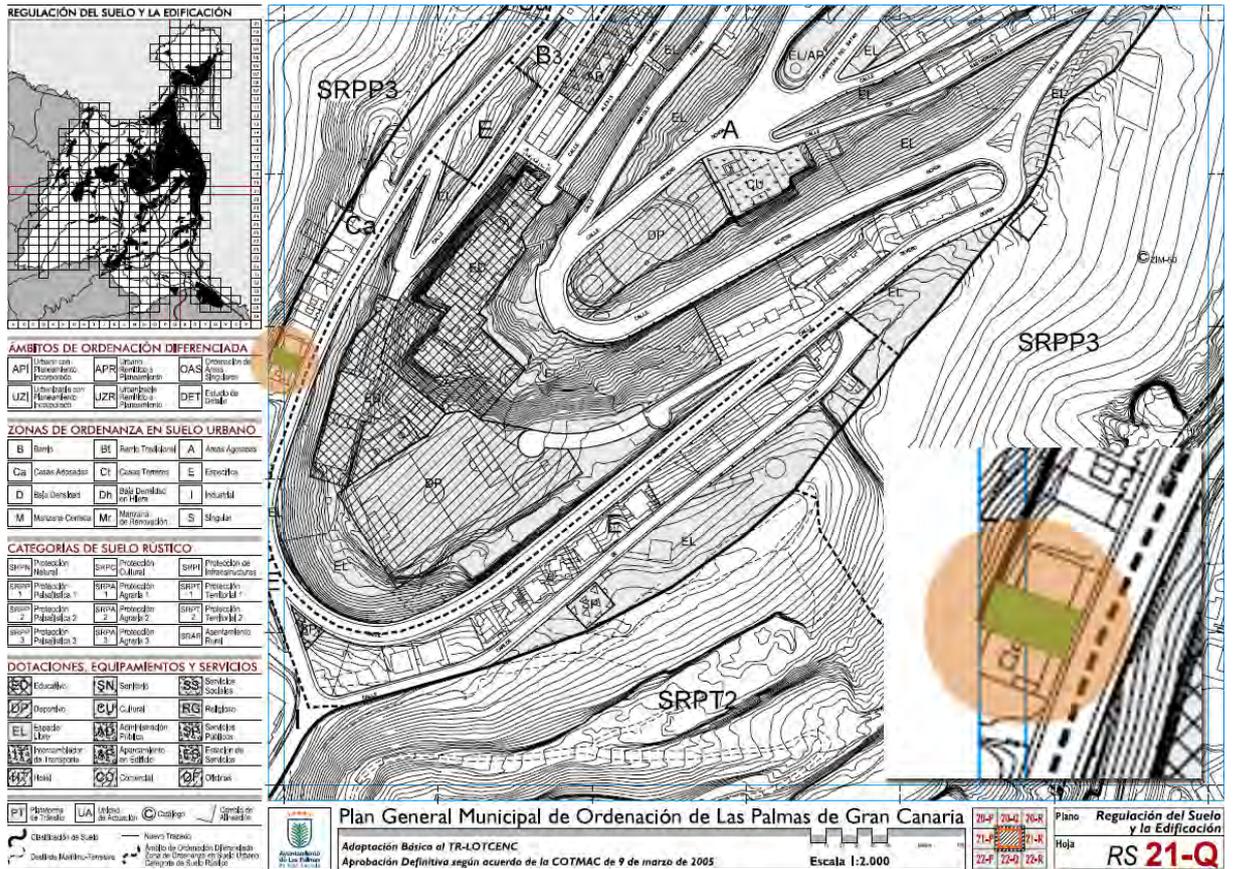
Fachada de la parcela.
Fuente: Fotografía del autor



Interior de la parcela.
Fuente: Fotografía del autor

2.3.1.5.4. Planeamiento

La parcela está regulada por el vigente Plan General Municipal de Ordenación de Las Palmas de Gran Canaria, aprobado el 9 de marzo de 2005. La parcela se localiza en la hoja RS 21-Q de los planos de Regulación del Suelo y la Edificación. Le corresponde una Clasificación de Urbano con una Calificación de Residencial.



Plano de Regulación del Suelo y la Edificación.

Fuente: Excmo. Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria

2.3.1.5.5. Ordenanzas

La Ordenanza que regula esta parcela es la "Ca" (Casas Adosadas) ²⁶:

"ORDENANZA Ca: Corresponde a áreas de la ciudad con edificaciones de vivienda unifamiliar, normalmente con retranqueos frontales y traseros que, debido al pequeño tamaño de las parcelas, dan como resultado un frente de casas adosadas, precisando cada una de ellas de un proyecto individual."

Básicamente, los parámetros son los siguientes:

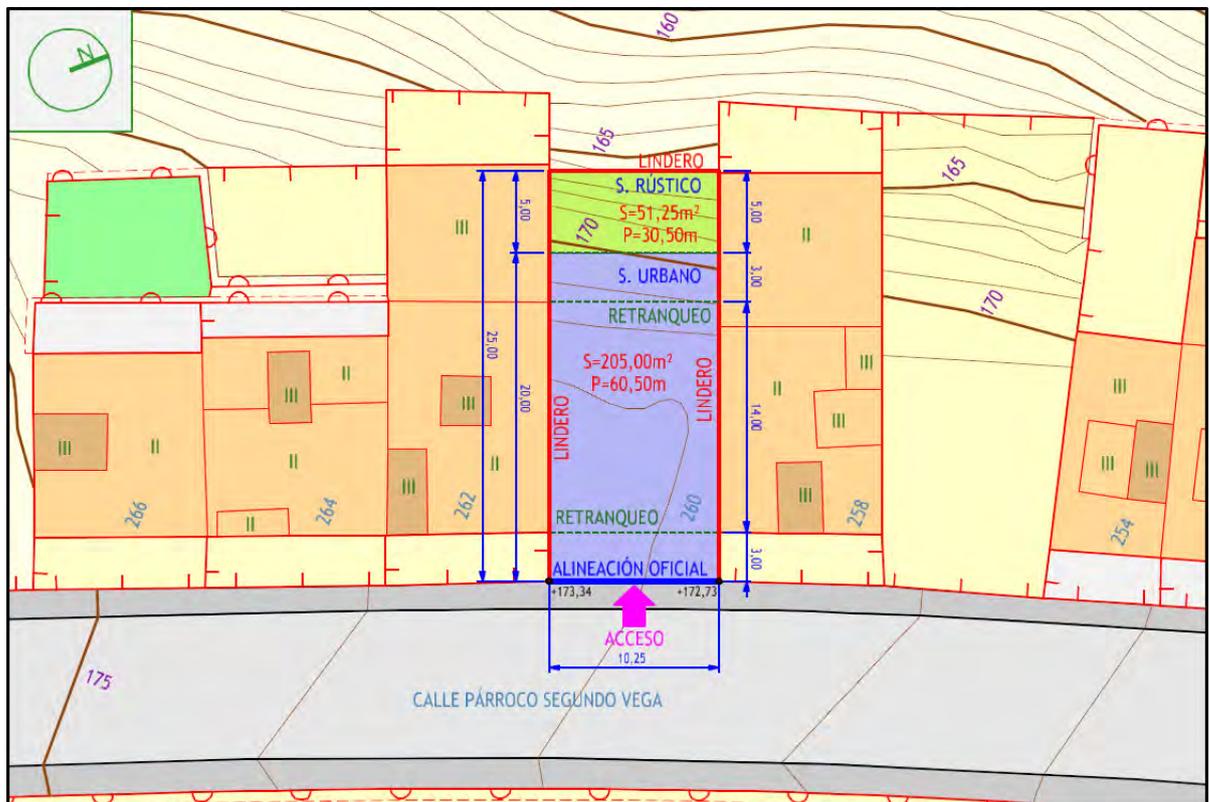
- Parcela máxima: 250 m²
- Frente mínimo: 6 m
- Retranqueos: 3 m frontal, 3 m trasero, 0 m laterales
- Número máximo de viviendas: 2
- Ocupación: no se limita
- Edificabilidad: no se limita
- Número de plantas: 2
- Altura de cornisa: 7,50 m con cubierta plana y 10,50 m a cumbre más alta
- Cubiertas: planas e inclinadas
- Superficie de jardín: 60% de los exteriores, con 1 árbol de porte.

²⁶ V.V.A.A.: *Normas Urbanísticas. Título VIII. Ordenanzas zonales*. Las Palmas de Gran Canaria: Excmo. Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria, 2005. p. 234.

2.3.1.5.6. Solar

Como conclusión del acercamiento al solar se crea el *plano de emplazamiento*, que se realiza mediante el compendio de la información citada más arriba. En este documento se dibujan los condicionantes físicos y administrativos de la parcela, tales como:

- Accesos y linderos
- Alineaciones oficiales y retranqueos
- Límites de clasificación y calificación del suelo
- Superficie y perímetro de cada zona
- Dimensiones parciales y totales de los linderos y retranqueos
- Cotas altimétricas de los puntos más significativos
- Nombres de calles y números de gobierno
- Norte geográfico



Plano de emplazamiento.

Fuente: Elaboración propia sobre base cartográfica

2.3.1.6. HERRAMIENTAS DE DISEÑO ASISTIDO

Para estas primeras etapas del proyecto, caracterizadas por la recogida de datos y los diseños preliminares, se ha elegido el programa de CAD llamado *MicroStation*, distribuido por la empresa *Bentley Systems, Inc.*²⁷

MicroStation es un programa de diseño asistido por ordenador de propósito general. En principio, servirá para todo tipo de necesidades, pero no está especializado en ninguna. Para esto, hay una serie de programas verticales que funcionan sobre MicroStation para todas las disciplinas de arquitectura e ingeniería. Más adelante se concretará este aspecto en relación con esta investigación.

En esencia, MicroStation es un programa de CAD concebido para proporcionar una serie de herramientas avanzadas de diseño que se podrían clasificar,²⁸ de forma breve, en:

- Diseño de planos y dibujos en dos dimensiones
- Modelado de sólidos y superficies en tres dimensiones
- Visualización y animación foto-realística
- Impresión y ploteado de todo tipo de planos y diseños.

MicroStation permite a los usuarios crear modelos en tres dimensiones de activos físicos. Los modelos y todos sus componentes son simulaciones electrónicas de objetos reales.

²⁷ Para más información, consultar en la Web: <http://www.bentley.com/es-ES/Products/microstation+product+line/>

²⁸ FRANCO, Jorge; CRUZ FRANCO, Juan: *Curso recomendado: MicroStation/J*. Madrid: Anaya Multimedia, 2001. p. 27.

2.3.1.7. ESTUDIO PREVIO

2.3.1.7.1. Normativa

“Constituye la fase preliminar del encargo, en la que se expresan las ideas que se desarrollan de modo elemental y esquemático, mediante croquis o dibujos, a escala o sin ella. Incluye la recogida y sistematización de la información precisa, el planteamiento del programa técnico de necesidades y una estimación orientativa de coste económico, que permitan al cliente adoptar una decisión inicial.”²⁹

Se compone de las siguientes fases:³⁰

1. Estudios de viabilidad
2. Análisis de las actividades
3. Necesidades espaciales
4. Análisis de circulaciones
5. Generación de organigramas
6. Creación de documentos para presentar

Y abarca los siguientes documentos:

²⁹ COAC: *Especificaciones Técnicas 2009. Guía para la redacción y visado de proyectos y de la dirección de obra*, citando al Real Decreto 2512/1977, de 17 de junio, por el que se aprueban las Tarifas de Honorarios de los Arquitectos en Trabajos de su Profesión (BOE 30/09/1977), Artículo 1.4.1. Las Palmas de Gran Canaria: Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias, 2009. p. 8.

³⁰ CANIVELL, Jacinto: “Diseño asistido por ordenador”. En: *Actas de las II jornadas de informática aplicada a la arquitectura*. Organizadas por la Demarcación de Sevilla del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, 1991. p. 67.

MEMORIA: *"Memoria expositiva que recoja y sistematice la información precisa, el planteamiento del programa técnico de necesidades..."*³¹

PLANOS: *Los planos del estudio previo llevarán una carátula igual para todos, incluyendo la fase del proyecto, el número del plano, el título del proyecto, el título del plano, la fecha de terminación (mes y año), el/los autor/es del proyecto, las escalas numérica y gráfica (si las hubiera) y la situación de la parcela del proyecto.*

Croquis de situación: *Se recomienda que el plano de situación esté referenciado a un punto localizado y con indicación del norte geográfico.*

Croquis o esquemas de plantas, alzados y secciones: *Irán a escala o sin ella, sin acotar. Se incluirán las suficientes para la comprensión de la idea propuesta o alternativas presentadas.*

Superficies: *Resumen aproximado de superficies construidas.*

Presupuesto: *"Estimación orientativa de coste económico que permita al cliente adoptar una decisión inicial."*³²

2.3.1.7.2. *Primera aproximación*

En el estudio previo cabe destacar, según las necesidades del encargo, una distribución de espacios, de usos y de circulaciones, con las medidas del solar y un diseño grosso modo.

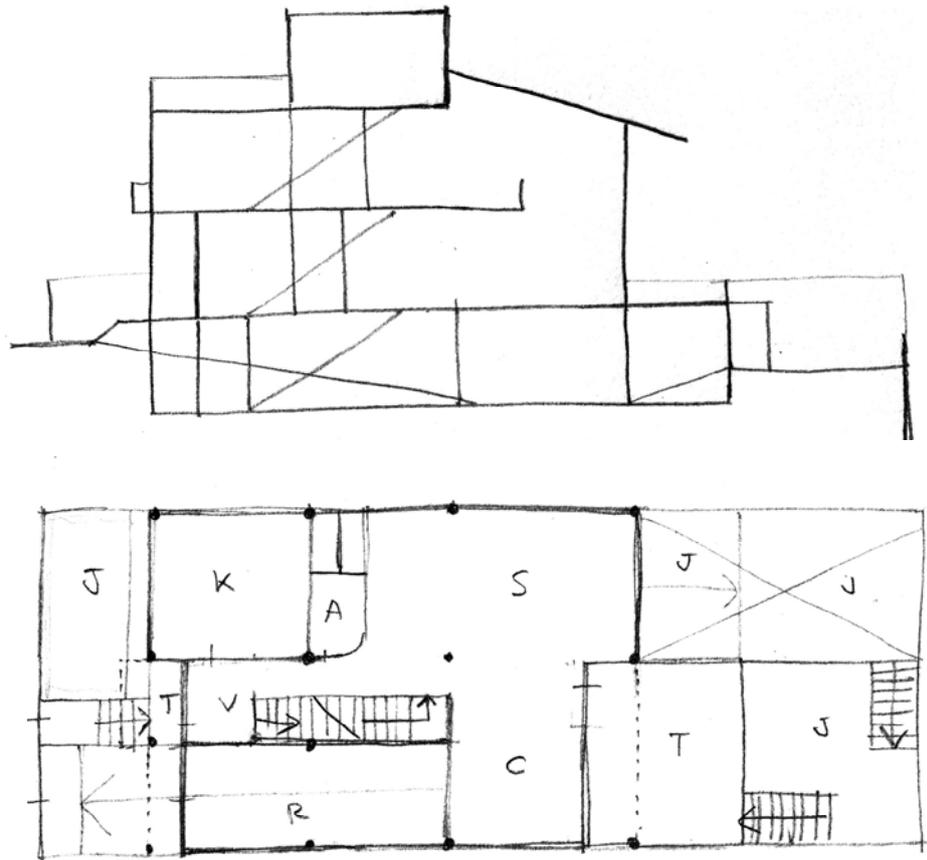
³¹ COAC, Ídem.

³² Ídem.

2.3.1.7.3. Bocetos iniciales

Para este trabajo, los bocetos se realizan en un cuaderno de papel blanco, dibujando con lápiz, goma y escalímetro.

El boceto, dependiendo del proyecto en curso y de las características del propio diseñador, necesitará un cierto número de dibujos. A partir de esos primeros esquemas, se pasa a buscar una representación cada vez más definida y clara.



Dos bocetos de la última propuesta.

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.7.4. Origen de coordenadas

Hay que organizar el trabajo definiendo primero un origen de coordenadas, que debe ser necesariamente el mismo para todos los modelos y dibujos de un proyecto. Así se pretende lograr que todas las partes encajen entre sí a la perfección y evitar problemas de última

hora. Esto tiene especial relevancia cuando el trabajo se hace en equipo por varios técnicos distintos (diseño, estructuras, instalaciones...).

Aunque sea posible desarrollar modelos y dibujar planos con su localización y orientación geográficas reales, de modo que coincidan con los datos del topógrafo, ello complicaría gravemente la producción de documentos al arquitecto, así como su utilización por parte de los propietarios del edificio. Los sistemas de CAD, en estos casos, podrían introducir molestas inexactitudes en geometrías giradas.³³

Las herramientas de los programas de CAD son más fáciles de usar si la geometría de un edificio es ortogonal respecto al sistema global de coordenadas que si está orientada de forma arbitraria.

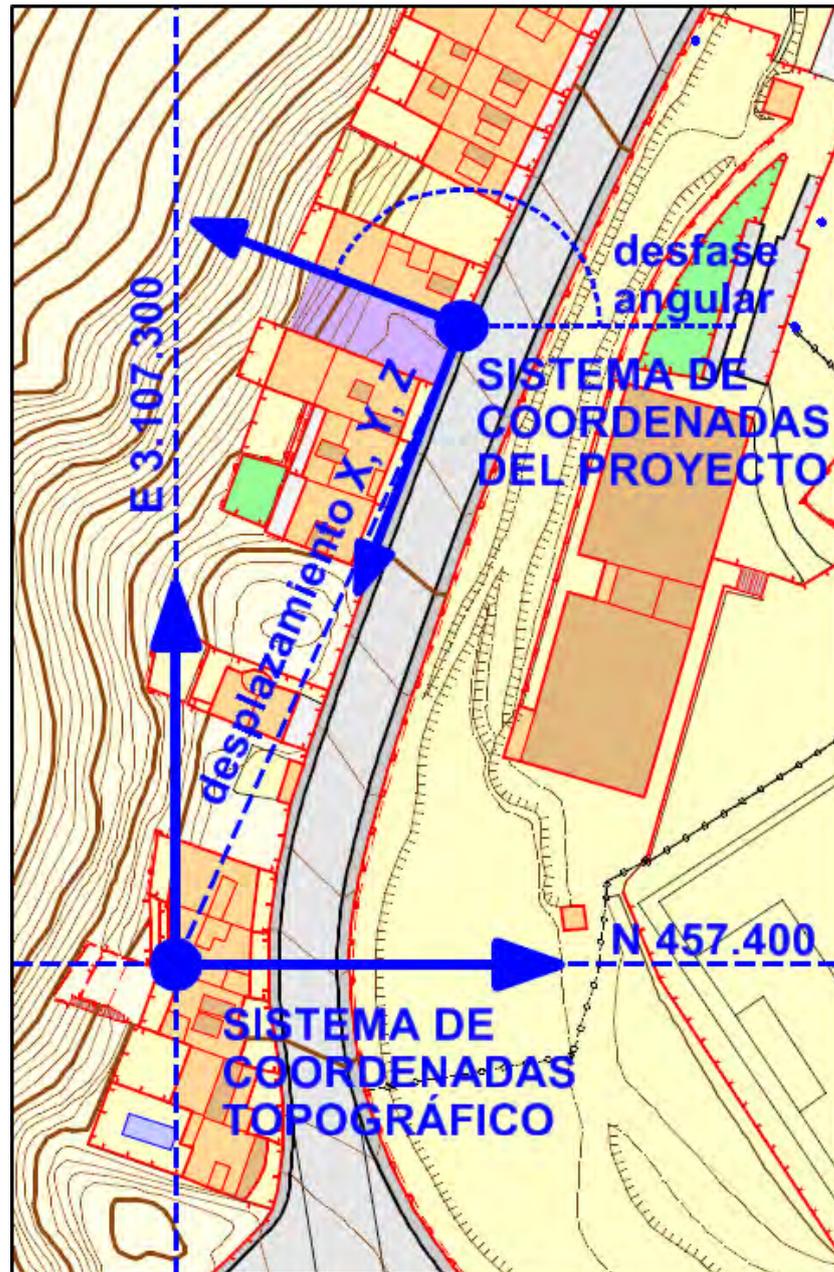
Así pues, conviene dibujar siempre los modelos y planos con un punto de origen y una orientación adecuados y familiares, de forma ortogonal respecto a la geometría principal del edificio. Esto supone normalmente alinear la dimensión más larga del proyecto en paralelo al eje horizontal X .³⁴

A continuación, este origen hay que referenciarlo a la cartografía oficial mediante la localización de un punto de la malla geográfica que esté próximo al solar.

En este caso, se ha fijado el origen en un punto de fácil reconocimiento en el proyecto y en la realidad: la esquina inferior derecha de la fachada, según se mira desde la calle.

³³ SANDERS, Ken: *El Arquitecto Digital*. Pamplona: EUNSA, 1998. p. 296.

³⁴ *Ibidem*, p. 297.

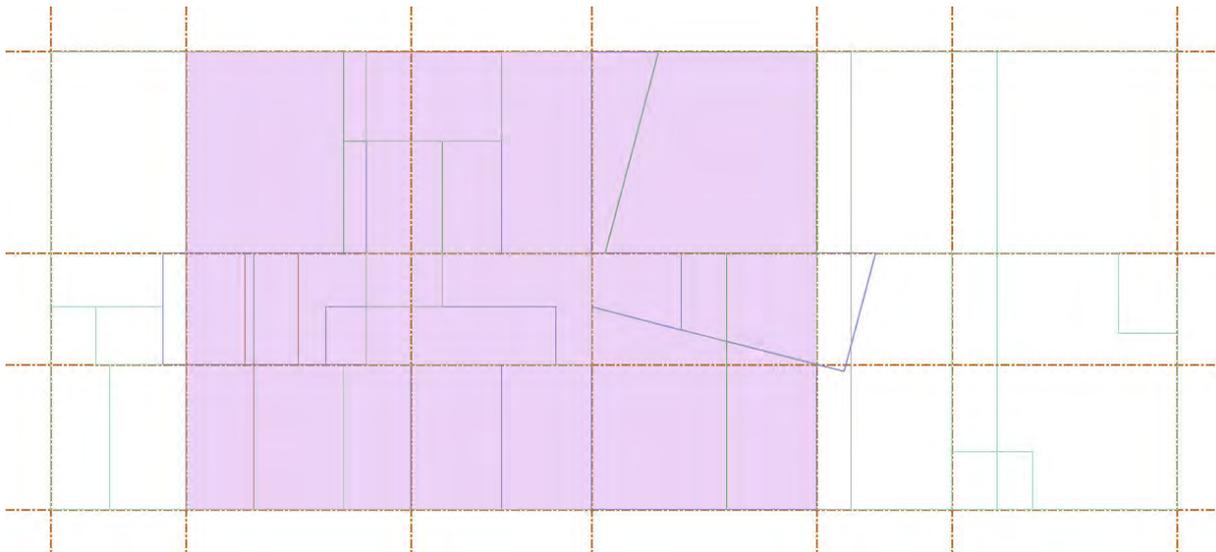


Origen de coordenadas topográfico y del proyecto.

Fuente: Elaboración propia sobre base cartográfica

2.3.1.7.5. Malla de replanteo

Después del origen se definió una malla de replanteo, ligada a las líneas principales de la forma del edificio, de acuerdo con lo dibujado en los bocetos.



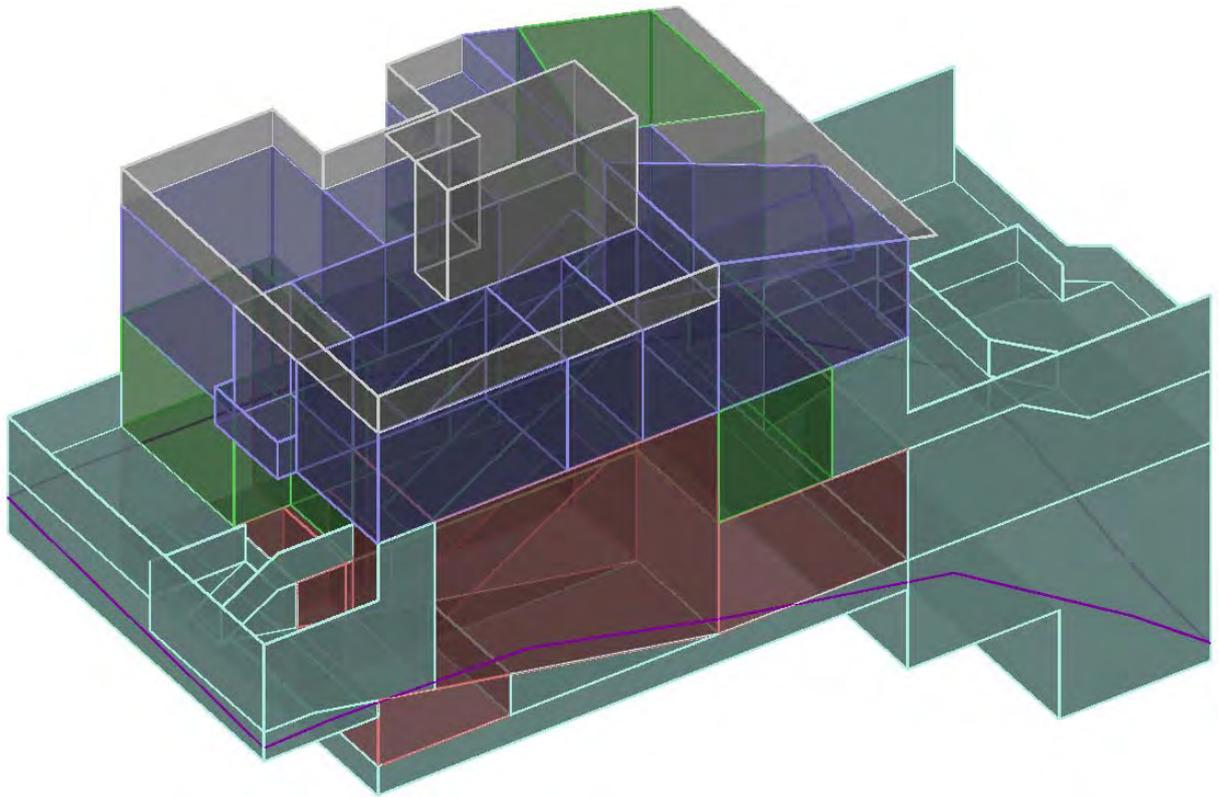
Malla inicial de replanteo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.7.6. Formalización digital

En un primer acercamiento al edificio, se dibuja lo que se denomina "modelo volumétrico". Se trata de una maqueta infográfica de volúmenes macizos, sin destacar elementos de detalle, como carpintería, cornisas, peldaños, etc. Aquí el diseñador se familiariza con la volumetría del edificio, antes de proceder a su despiece constructivo. En esta fase previa del proyecto es donde se modelan los distintos espacios: los exteriores, los interiores y el terreno.

En este caso, se ha hecho un modelo 3D virtual con sólidos transparentes, para, de un vistazo, conocer como se relacionan unos espacios con otros. La herramienta de CAD "rotar vista" es muy apropiada para orbitar el punto de vista alrededor del modelo. Se han estudiado los tonos de color y el grado de transparencia a representar para que sea legible.



Modelo volumétrico transparente.

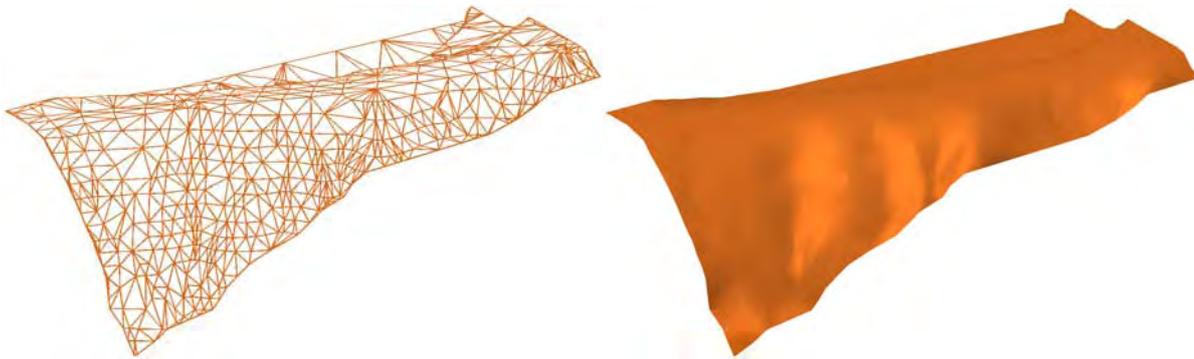
Fuente: Elaboración propia

Apoyándose sobre la malla de replanteo se dibujaron los distintos volúmenes, separados en capas por plantas. Los exteriores se dejaron para el final, por su dependencia de los espacios interiores.

Este modelo se dibuja directamente en 3D, apoyado sobre el plano de la parcela y con la malla como única referencia. No se requiere delinear plantas o secciones para pasar luego a tres dimensiones, porque, además de que supone un gasto de tiempo inútil, iría en contra de la hipótesis de esta investigación.

El modelado del terreno se hace con una herramienta CAD de "facetado", la cual permite crear un elemento superficial en forma de malla de triángulos a partir los elementos existentes que se seleccionen. Si se eligen las curvas de nivel, cada una dibujada a su cota correspondiente, se puede obtener una representación bastante aceptable del terreno. El grado de acercamiento a la realidad dependerá del nivel de datos de partida. En este caso se tenían curvas de nivel cada

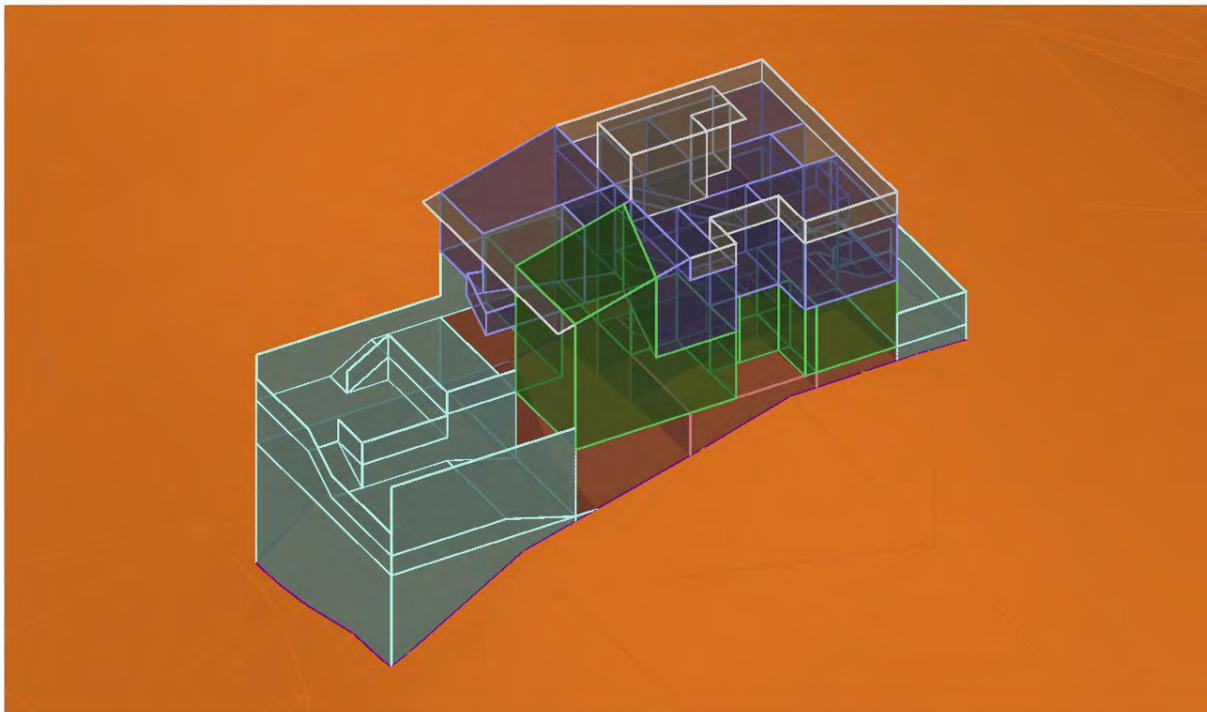
cinco metros de altura, lo que ha producido una superficie de calidad aceptable para esta fase del proyecto.



Modelo del terreno: vistas de triángulos (izquierda) y sombreada (derecha).

Fuente: Elaboración propia

Esta superficie del terreno permite, además de aparecer en las imágenes de síntesis, calcular el límite de contacto con lo proyectado en la parcela. Se obtiene mediante la intersección de la superficie con un prisma envolvente del mismo tamaño que la parcela.



Modelo de conjunto, con la línea de contacto terreno-edificio resaltada en color violeta.

Fuente: Elaboración propia

Después de montar el modelo digital, se extrajeron los documentos del proyecto: las perspectivas y axonometrías, y los planos de plantas, alzados y secciones. En base al modelo 3D se fueron haciendo secciones por donde hiciera falta.

Terminó el proceso con la maquetación de esta información, derivada del modelo 3D, en planos que posteriormente se pasarán a papel, tal como prescribe la legislación española para los proyectos arquitectónicos que han de construirse.

2.3.1.7.7. Presentación en papel

Se ha estudiado para cada fase del proyecto cuál es tamaño de papel más adecuado. Para el estudio previo, al no tener detalles ni necesidad de incluir grandes dibujos, se ha elegido el formato DIN-A3. Sus dimensiones son de 420 mm de largo por 297 mm de alto, colocado en posición apaisada. Estas dimensiones están normalizadas por las normas UNE³⁵, DIN³⁶ e ISO.³⁷

Para el anteproyecto, como aparecerán muros seccionados, espacios más definidos, perspectivas, textos... se usará el DIN-A2.

Para el proyecto básico y el de ejecución se ha optado por el formato DIN-A1, porque se hace necesario detallar el proyecto a escala mayor e incluir mucha información de cada parte. La escala grande se justifica

³⁵ RAMOS BARBERO, Basilio; GARCÍA MATÉ, Esteban. Op. cit., p. 49.

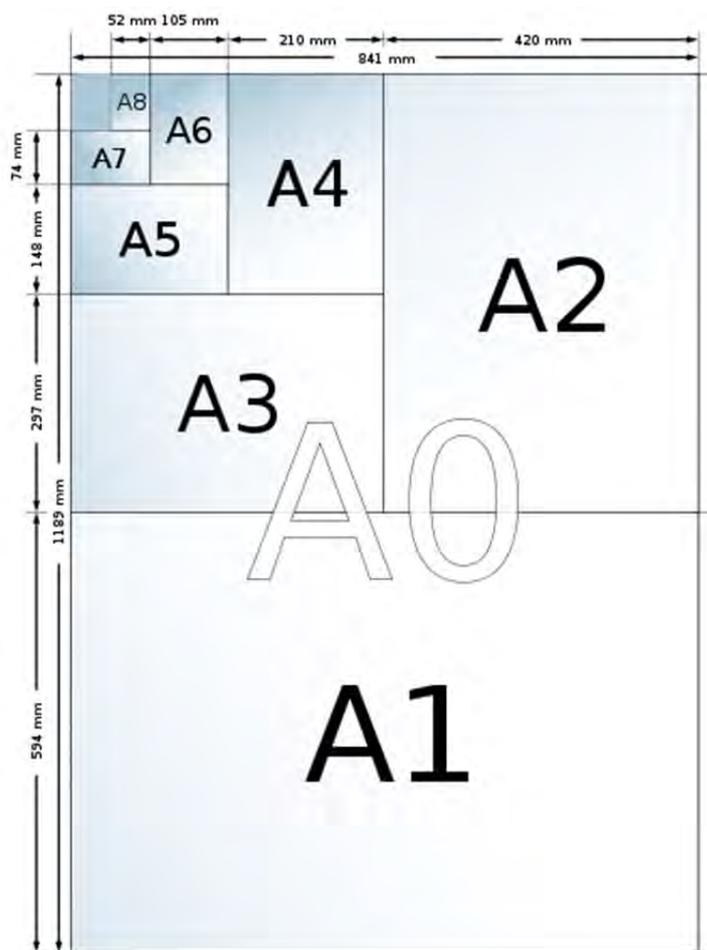
³⁶ COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *DIN 476* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2010 [ref. de 29 de junio de 2010]. Disponible en Web: http://es.wikipedia.org/wiki/DIN_476.

³⁷ COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *ISO 216* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2010 [ref. de 25 de junio de 2010]. Disponible en Web: http://es.wikipedia.org/wiki/ISO_216.

porque estos planos van dirigidos a varias personas, y no todas saben leer bien los dibujos de arquitectura. Si los dibujos son claros y nítidos, redundará en una mejor lectura y, por consiguiente, en una mejor ejecución posterior.

Volviendo al estudio previo, se ha realizado una propuesta de representación de láminas, compuesta por una carátula distribuida entre los bordes superior e inferior, con solapas arriba que indican qué plano se está mirando, pero que también dan a conocer cuáles son los demás y en qué orden se encuentran.

En la parte inferior se han colocado los datos fijos a lo largo de una franja gris. Los datos variables, distintos en cada lámina, van situados dentro de ventanas independientes con fondo blanco.

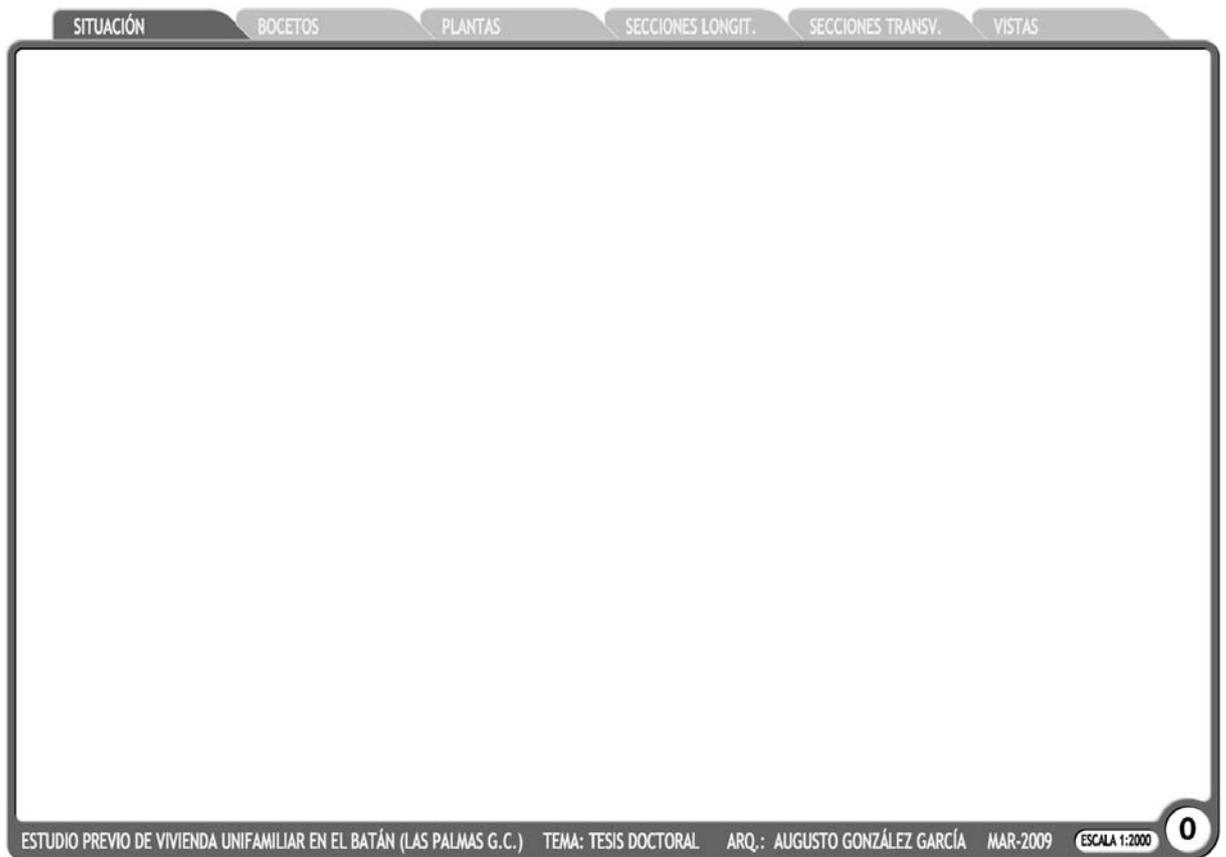


Dimensiones de los formatos ISO o DIN.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:A_size_illustration.svg

Se ha usado una escala para los dibujos que permita una imagen global, la 1:200.

Se ha procurado dar máxima usabilidad y legibilidad a los planos, introduciendo elementos aclaratorios. Por ejemplo: en el plano de las plantas aparece una sección, a escala pequeña, con los planos horizontales de corte marcados. Así se puede conocer por dónde están hechos los cortes horizontales de las plantas sin necesidad de buscarlos en otra lámina.



Plantilla de lámina de presentación.

Fuente: Elaboración propia

En esta fase de estudio previo no se detallan las estancias con sus muebles, por lo que se hace necesario otro código para nombrarlas. Así, se ha creado una leyenda de espacios con dos letras, para etiquetar cada recinto de acuerdo con su uso.

También se ha creado otro código, en este caso de colores, para diferenciar los distintos usos de cada parte del proyecto.

LEYENDA DE ESPACIOS		LEYENDA DE USOS	
AL	ALJIBE		CONSTRUIDO
AS	ASEO		TRANSITABLE
BÑ	BAÑO		INTRANSITABLE
CC	COCINA		RODADO
CM	COMEDOR		JARDÍN
DM	DORMITORIO		TERRENO
DP	DESPENSA		VACÍO
ET	ESTUDIO		TEJADO
GR	GARAJE		AGUA
IN	INSTALACIONES		
JD	JARDÍN		
LV	LAVADERO		
PT	PATIO		
RP	RAMPA		
SL	SALÓN		
TD	TENDERERO		
TR	TERRAZA		
TT	TRASTERO		
VB	VESTÍBULO		
VT	VESTIDOR		

Leyendas de espacios y de usos.

Fuente: Elaboración propia

La tabla de la leyenda está hecha con un programa de hoja de cálculo, con su estilo de texto y colores concordantes con los del proyecto. Esta leyenda está insertada en la lámina como un vínculo externo, con lo que se puede actualizar en origen y, tras guardarla, aparecerá cambiada en destino.

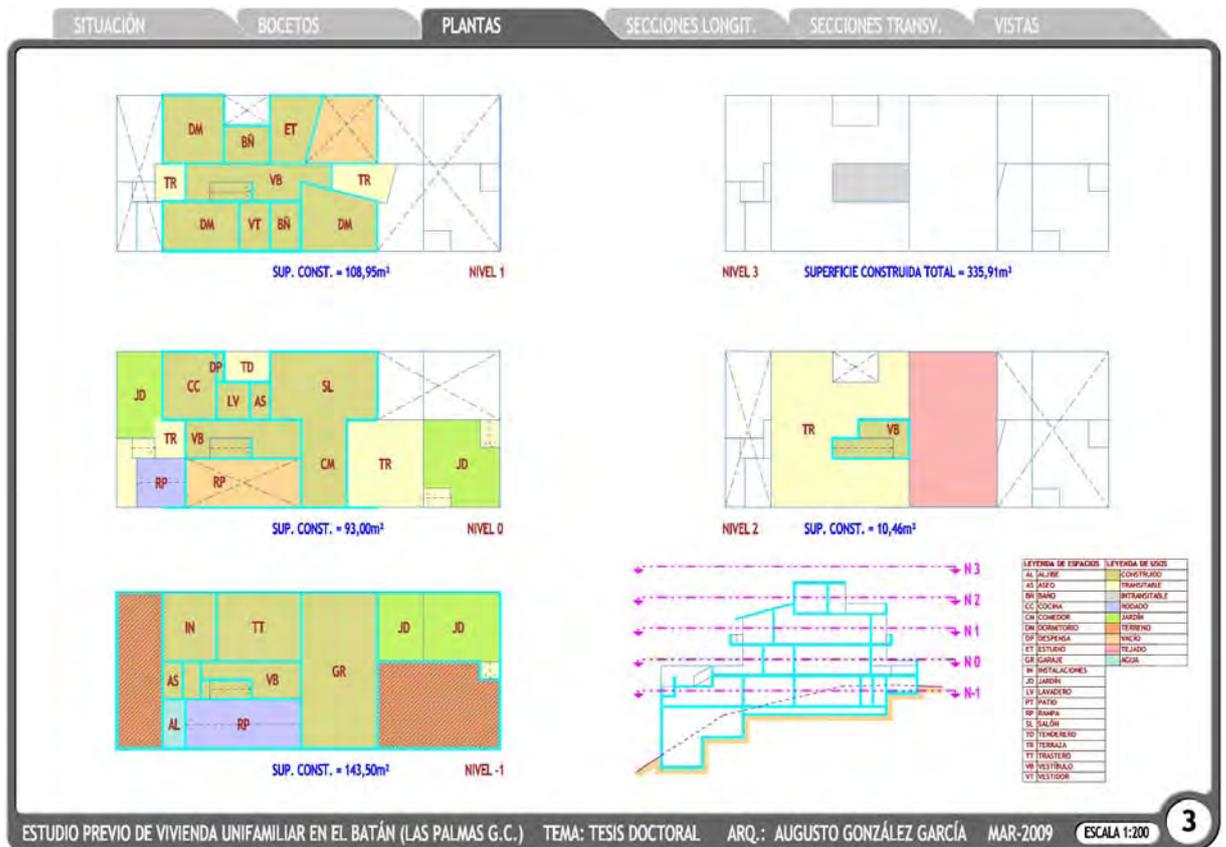
Para las representaciones de áreas en color, ya sea de la carátula o del contenido de los dibujos, se ha optado por usar los colores Pantone, por ser un estándar internacional en los trabajos de diseño gráfico que se envían a imprenta.

2.3.1.7.8. Planos resultantes

En el anexo documental que acompaña a esta memoria (tomo 2) se reproducen todos los planos elaborados para el estudio previo, a un tamaño aproximado de la mitad del original.

Los planos son los siguientes, de los cuales se incluye a continuación uno de ellos:

1. SITUACIÓN
2. BOCETOS
3. PLANTAS
4. SECCIONES LONGITUDINALES
5. SECCIONES TRANSVERSALES
6. VISTAS



Plano del anteproyecto correspondiente a las plantas de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia

En este punto, conviene aclarar que para un estudio previo no se exigen tantas secciones, pero hacerlas por el método propuesto no supone un esfuerzo extra desproporcionado. Es más, una vez hecho el modelo 3D, trazar muchos planos de corte es muy simple y apenas lleva tiempo. Esto redonda en que el diseñador tiene en sus manos una potente herramienta de control del proyecto. Normalmente conviene hacer muchas secciones y luego incluir en las láminas sólo las más significativas.

2.3.1.7.9. Sistema de capas utilizado

Antes de empezar el estudio previo, sólo se conocía la intención de dividir las capas en tres grupos:

- Capas para croquis, en 2D
- Capas para volumetría, en 3D
- Capas para láminas de dibujo, en 2D.

Al final del proceso, han resultado las siguientes:

CROQUIS	VOLUMETRÍA	LÁMINAS
EPc croquis	EPv -2 volumen	LAM borde fijo
EPc parcela	EPv -1 volumen	LAM borde variable
EPc trama pilares	EPv 0 volumen	LAM carátula fijo
EPc sección	EPv 1 volumen	LAM carátula variable
EPc -1 muros	EPv 2 volumen	LAM guías
EPc -1 aristas	EPv líneas de corte	LAM recuadros
EPc 0 muros	EPv cortes	LAM fotos
EPc 0 aristas	EPv superficie construida	LAM tablas
EPc 1 muros	EPv intersección terreno	LAM textos
EPc 1 aristas	EPv trama terreno	LAM superficies
EPc 2 muros		LAM líneas de corte
EPc 2 aristas		LAM norte

Los prefijos empleados permiten ordenar y filtrar las capas y, por tanto, usarlas más cómodamente. Su significado es el siguiente:

- **EPc:** Estudio previo, croquis

- EPv: Estudio previo, volumen
- LAM: Lámina

2.3.1.8. MODELO TRIDIMENSIONAL

2.3.1.8.1. *Justificación*

Los dibujos tradicionales de arquitectura se caracterizan por ser documentos estáticos, fragmentarios e inalterables. No pueden reflejar el movimiento más que con algunos artificios gráficos. No representan más que una parte de la realidad global de un objeto arquitectónico, y sólo dan la información relativa a unas determinadas condiciones espacio-temporales.

La imagen gráfica creada en el ordenador, por el contrario, puede incluir la dimensión temporal. También permite establecer un recorrido en torno a un edificio y en su interior.

En la pantalla se reproduce la experiencia perceptiva de un supuesto observador, generando una imagen infográfica que puede ser dinámica, global y cambiante. Se aproxima a la propia experiencia directa de la arquitectura.³⁸

Como se enuncia en el título de esta investigación, se va a realizar un proyecto de arquitectura utilizando los métodos informáticos como herramienta de producción de medios de expresión gráfica.

³⁸ GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "Modelo integral del proyecto: mitos, realidades, experiencias". En: *Actas del IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación*. (A Coruña 25-27 de abril de 2002). A Coruña: Departamento de Representación y Teoría Arquitectónicas (Universidad de A Coruña), 2002. p. 253.

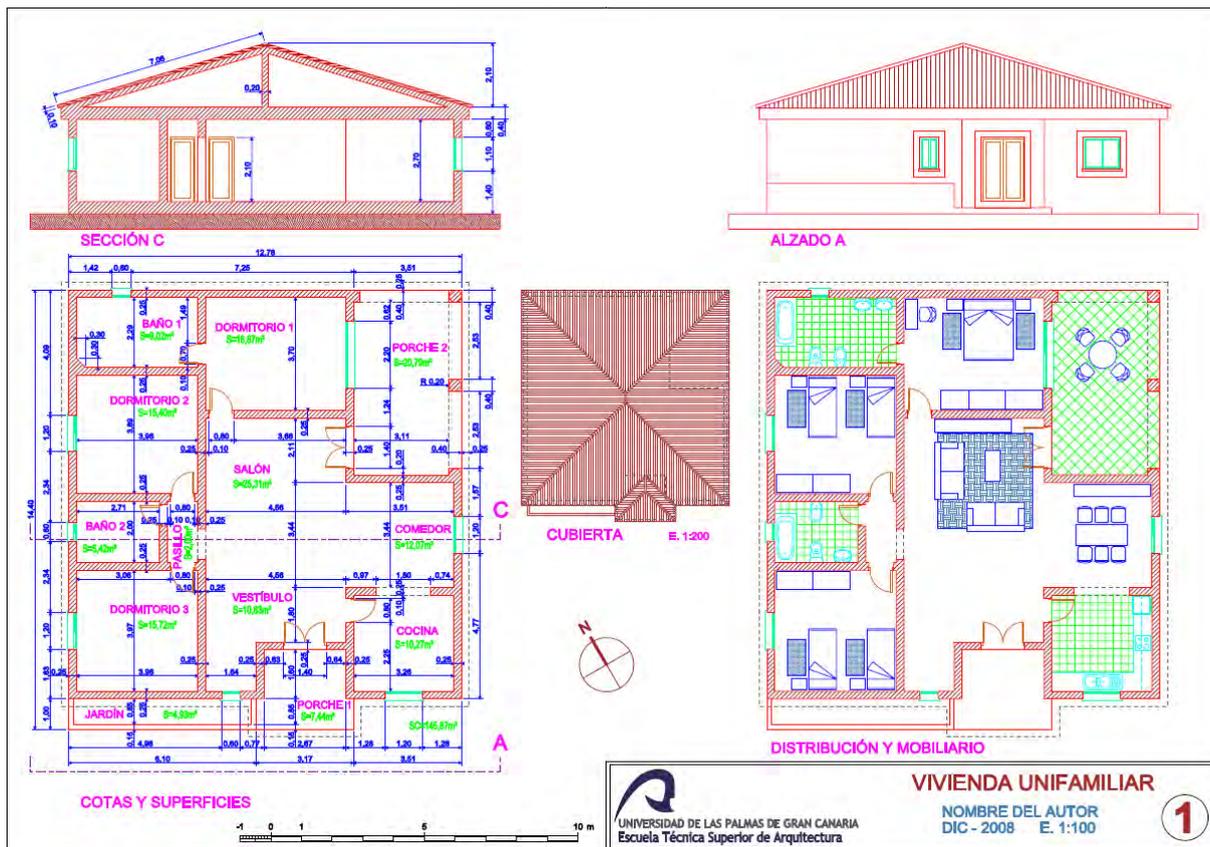
2.3.1.8.2. Varios sistemas

Ya se han descrito al principio de este trabajo las etapas de desarrollo por las que ha pasado y está pasando el diseño asistido por ordenador. Sin embargo, como puede leerse en la prensa especializada en este tema, hoy en día coexisten varios de los distintos modos de trabajar con ordenador en un proyecto de arquitectura:³⁹

- **Sistemas basados en Diseño Asistido por Ordenador (CAD):** Con casi 30 años de historia, el CAD en dos dimensiones se sigue usando en una proporción aún importante por los diseñadores de proyectos arquitectónicos, a pesar de su forma de trabajar por capas y de requerir de programas añadidos o externos para otras tareas complementarias. Además, gran parte de la información no forma parte de los archivos de dibujo, con la consiguiente y tediosa labor de la sincronización manual.

Su punto fuerte es que permite una automatización sencilla y económica del proceso de diseño, pero a costa de la calidad final.

³⁹ RUNDELL, Rick: *Building Information Modeling in Action. How CAD, object CAD, and parametric technologies support this new approach.* [en línea]. [s. l.]: Cadalyst, 17 de mayo de 2004 [ref. de 2 de julio de 2009]. Disponible en Web: <http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=99884>.



Proyecto realizado mediante Diseño Asistido por Ordenador.

Fuente: Elaboración propia

- **Sistemas basados en un Modelo Integrado del Proyecto (IPM):**
Esta opción es más sofisticada, pero ya cuenta con 15 años de historia, por lo que ha sido adoptada por bastantes arquitectos. El modelo se va construyendo con *objetos 3D* que representan *elementos constructivos* reales. Al trabajar en 3 dimensiones en un modelo integrado, se relega la obtención de dibujos y mediciones a un segundo plano. Este sistema de trabajo aumenta considerablemente la productividad respecto al CAD convencional, porque es muy fácil de aplicar y, ante cualquier cambio en el diseño, los planos y mediciones se actualizan casi automáticamente. Sin embargo, aún queda información del proyecto, aunque poca, separada en otros archivos que hay que sincronizar separadamente.



Proyecto realizado mediante un Modelo Integrado del Proyecto.

Fuente: Elaboración propia

- **Sistemas basados en el Modelado de Información para la Edificación (BIM):** Se está generalizando cada vez más su uso, a pesar de contar con unos 5 años de existencia. Al ser un sistema complejo, que no complicado, los arquitectos son más reacios a cambiar su forma de proyectar por otra que requiere un considerable aprendizaje. Pero quien lo ha intentado ha visto enseguida los beneficios. Al hacer cualquier cambio en alguna parte del proyecto, el sistema propaga dicho cambio a todo el conjunto. Toda la información relativa al proyecto está centralizada en una base de datos paramétrica, lo que, por otro lado, podría generar “cuellos de botella” en proyectos grandes.

Este sistema “puede transformar radicalmente el proceso de diseño, de construcción y de explotación de un edificio. Sus beneficios son [...] atractivos. Ofrece alta calidad de información sobre el alcance del diseño del proyecto, agenda de obra y presupuesto, cuándo y cómo se necesite. Ayuda a reducir drásticamente los riesgos y las ineficiencias en todo el proceso de

2.3.1.8.3. Características y ventajas

Para este trabajo se ha optado por usar el sistema de **modelo integrado del proyecto**, cuyas principales características son:

- Uso de modelado de sólidos utilizando objetos arquitectónicos
- Orientación hacia los componentes constructivos del edificio
- Interfaz del usuario no modal y muy flexible.

Esto permite a los arquitectos trabajar de acuerdo a la manera en que ellos piensan. A medida que se avanza en el diseño, se va conservando toda la información necesaria para más adelante desarrollar el proyecto y el posterior proceso de la construcción.⁴¹

Trabajar con un modelo integrado del proyecto tiene varias ventajas:

- Comprobar la lógica espacial del proyecto
- Asegurar la consistencia de planos
- Garantizar la exactitud de la asignación de materiales
- Generar imágenes y visualizaciones que puedan ser comprendidas por personas que no entiendan bien los dibujos de los planos
- Experimentar los espacios dinámicamente, a través de películas o de recorridos interactivos
- Producir estudios de iluminación solar o interior con relativa facilidad
- Entenderse con seguridad con las entidades involucradas en el proceso de la construcción.

⁴¹ GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: Op. cit. p. 253.

2.3.1.8.4. Beneficios del modelo 3D

Uno de los mayores beneficios de proyectar en 3D para los arquitectos es la posibilidad de resolver los problemas de la construcción en el espacio virtual antes de que puedan convertirse en problemas en la obra. Esto sería lo ideal, pero algunos arquitectos prefieren no comunicar sus intenciones claramente a los clientes y constructores.⁴²

El modelo es válido precisamente porque la mayor parte del diseño nunca va a producir automáticamente una respuesta óptima y única a una pregunta planteada. El método del ensayo y el error siguen siendo el motor de modelar un proyecto.

El ordenador proporciona un ambiente en el que pueden diseñarse modelos, ensayarse de acuerdo con las especificaciones del proyecto, modificarse y rediseñarse... todo ello rápidamente y sin mucho gasto económico.⁴³

Hace 20 años, ya se había asumido que los ordenadores eran los nuevos medios de comunicación, porque fácilmente representan tanto 3D como 2D. Los modelos 3D siguen siendo inequívocos, por lo que ya no tiene sentido obsesionarse con proyectar usando vistas y proyecciones. Si se quiere ver su otro lado, se gira el modelo o el punto de vista. El nivel de detalle a visualizar puede cambiarse a conveniencia, así como la cercanía o lejanía del campo de visión.⁴⁴

⁴² *Ibidem*, p. 254.

⁴³ ORR, Joel: "Your Unfair Advantage: Profitable Projects through EEM." En: *Enterprise Engineering Modeling World*. Vol. 5, Nº 3 (Tercer trimestre 1999). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 1999.

⁴⁴ GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: *Op. cit.* p. 253.

Antes se tenía el proyecto en la cabeza y ahora, además, se tiene el diseño entero al alcance de la mano. En aquellos términos lo afirmaba Le Corbusier:

*“La arquitectura está en el espacio, en extensión, en profundidad, en altura: es volumen y es circulación. La arquitectura se hace en la cabeza. Hay que llegar a concebirlo todo en la cabeza, con los ojos cerrados; entonces se sabe cómo será todo. La hoja de papel solamente sirve para fijar la concepción, para transmitirla a tu cliente y a tu contratista. Todo está en el plano y en la sección.”*⁴⁵

2.3.1.8.5. El control gráfico de los objetos

En los sistemas geométricos de representación no es posible proyectar un cuerpo por medio de las superficies que lo componen. Ello obliga a que la representación de las formas se realice necesariamente mediante líneas. Se debe al resultado de la propia reducción de las tres dimensiones que produce la proyección. Por lo tanto, las superficies siempre se tienen que definir en la imagen solamente a través de sus líneas, y en una determinada vista.

En los sistemas gráficos informáticos se accede al control de las propiedades de las superficies y de los sólidos que determinan los cuerpos del espacio. No se necesita recurrir a las características

⁴⁵ LE CORBUSIER: Precisiones respecto a un estado actual de la arquitectura y del urbanismo. Barcelona: Poseidón, 1978. p. 254. Citado en:

GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: “La infodidáctica y las asignaturas gráficas”. En: Actas del VIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Las nuevas tecnologías de la representación gráfica arquitectónica en el siglo XXI. (Barcelona 11-13 de mayo de 2000). Barcelona: Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I (Universidad Politécnica de Cataluña), 2000. p. 53.

bidimensionales de la imagen. Por lo tanto, se puede prescindir de la línea como único elemento capaz de definir los objetos.⁴⁶

Se pueden utilizar las superficies y los sólidos como nuevas categorías formales para generar la forma de cualquier cuerpo en el espacio. Esto permite un reconocimiento inmediato de las partes vistas y ocultas de cualquier escena espacial. Y es porque al utilizar estos dos tipos de asignación formal ya se establecen tridimensionalmente las partes vacías y ocupadas del espacio. Esto implica que la definición de un cuerpo en los sistemas informáticos sea mucho más estricta que en los sistemas convencionales.

No se admiten ambigüedades de carácter formal: línea, superficie o sólido; ni tampoco de carácter espacial: posición, dirección o tamaño. Justo esto les permite controlar los diversos problemas tridimensionales de forma directa y en su verdadera dimensión, sin necesidad de recurrir nada más que a los propios objetos y al espacio en el que se desenvuelven.⁴⁷

La imagen pasa de ser una herramienta de formalización a ser una herramienta de control y de verificación. Los objetos se desarrollan en función de la forma y dentro del espacio, y no a través de la imagen y sobre una superficie.

⁴⁶ REGOT MARIMÓN, Joaquín; DE MESA GISBERT, Andrés: "Diseño gráfico. La proyección sobre el plano y el modelado tridimensional" En: *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Año 5, Nº 5. Pamplona: Asociación Española de Departamentos Universitarios de Expresión Gráfica Arquitectónica, 1999. p. 68.

⁴⁷ *Ibídem*, p. 67.

2.3.1.8.6. Herramientas de diseño asistido

Al pasar de una fase a otra del proyecto es necesario dar un salto en su nivel de definición. En la siguiente fase, la de Anteproyecto, es el momento de introducir un nuevo programa de diseño asistido. Se va a usar de aquí en adelante en lo que resta de investigación, aumentando poco a poco la complicación y el detalle a medida que se avanza. De esta manera, se hace necesario hacer un paréntesis para explicar este método de trabajo.

No se trata de introducir un programa diferente, sino de una aplicación “vertical”, que funciona sobre el programa base de CAD y que introduce nuevas herramientas avanzadas, aplicadas al diseño de la arquitectura.

Para esta tarea se necesita una herramienta que ayude al arquitecto a elaborar sus proyectos. Debe cubrir diferentes fases y tareas: bocetos, diseño 3D, planos de obra, control de costes, cálculos técnicos, informes... hasta la entrega final del edificio terminado. Se ha elegido el programa *Bentley Architecture*,⁴⁸ que funciona sobre *MicroStation* y que está plenamente adaptado al diseño arquitectónico.⁴⁹

2.3.1.8.7. Flujo de trabajo

Es el proceso que transcurre al modelar. Se empieza por la definición de las piezas y sus familias, la colocación de formas dentro de cada modelo, para luego realizar los cortes y las vistas, que darán lugar a los

⁴⁸ Para más información, consultar en la Web: <http://www.bentley.com/es-ES/Products/Bentley+Architecture/>

⁴⁹ GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: “Diseñando un edificio paso a paso con Bentley Architecture”. En: *AutoCAD Magazine*. Nº 113, (febrero-marzo 2008). Barcelona: Edimicros S.L., 2008. p. 8.

planos de dibujo. El proceso se realimenta y puede continuar desde el principio otra vez.⁵⁰

2.3.1.8.1. Preparación del proyecto

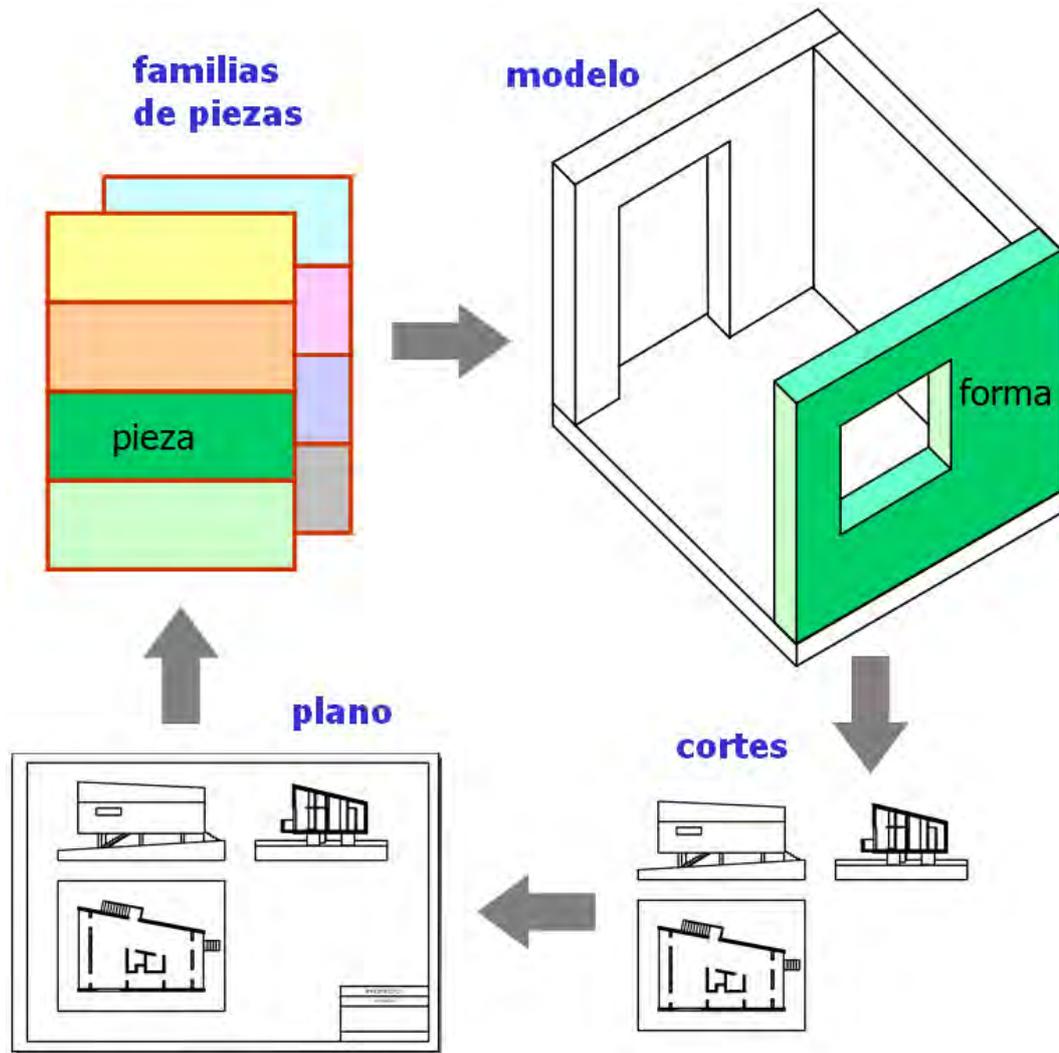
Primero se crea el **modelo principal**, que es el que relaciona a todos los demás.

Luego se le asocian los **modelos de diseño**, que le aportan geometría 2D y 3D al edificio. Van separados por disciplinas (terreno, estructuras, albañilería, instalaciones...) o por partes lógicas del edificio (planta sótano, baja, primera...).

Del conjunto de modelos de diseño se extraen los diferentes cortes, para utilizarlos como dibujos para componer los planos (**modelos de hoja**), afectados por un formato y una escala, en un proceso posterior que se explicará más adelante.⁵¹

⁵⁰ Ídem.

⁵¹ GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "Produciendo arquitectura con MicroStation TriForma". En: Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Funciones del dibujo en la producción actual de arquitectura. Sevilla: Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Sevilla, 2006. p. 116.

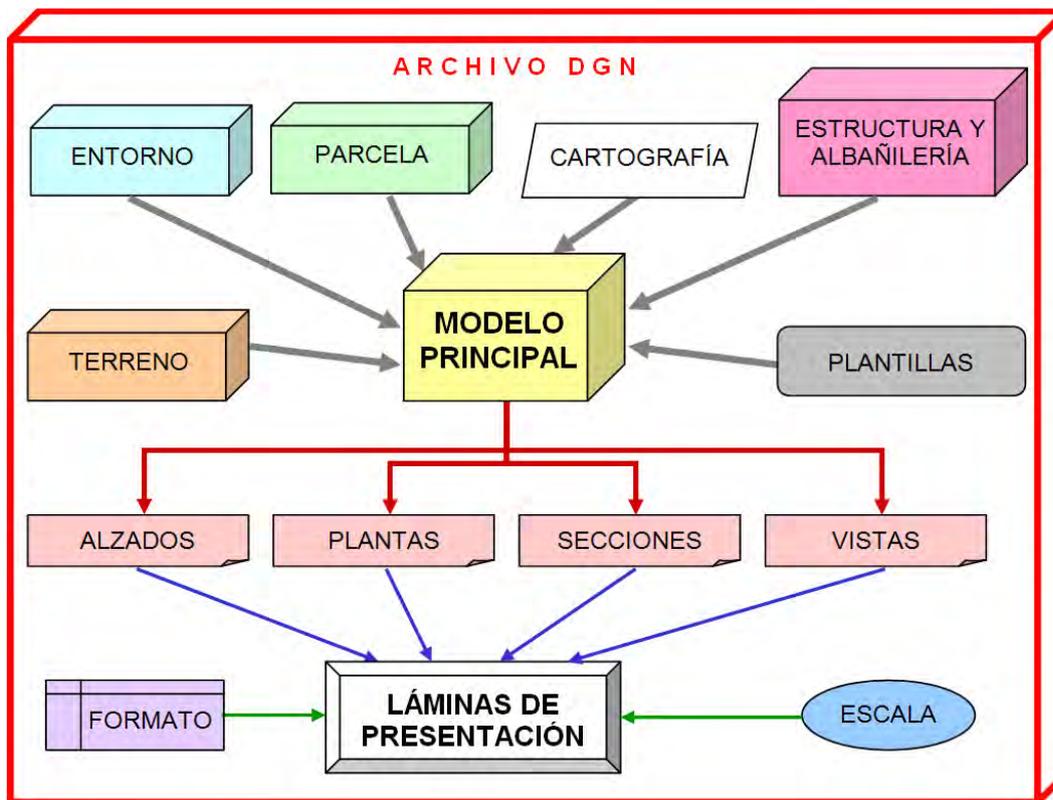


Flujo de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

Los modelos quedan todos integrados en un solo archivo. La principal ventaja es que se elimina el riesgo de extraviar algún dibujo o sector del edificio.

La manera más cómoda de separar los modelos es por plantas, sin apartar la estructura de la albañilería.



Modelos relacionados.
Fuente: Elaboración propia

Para una mejor visualización al crear y editar la geometría, se separan las plantas del edificio de manera que cada una comprenda los elementos propios de cada nivel, más el forjado de suelo.

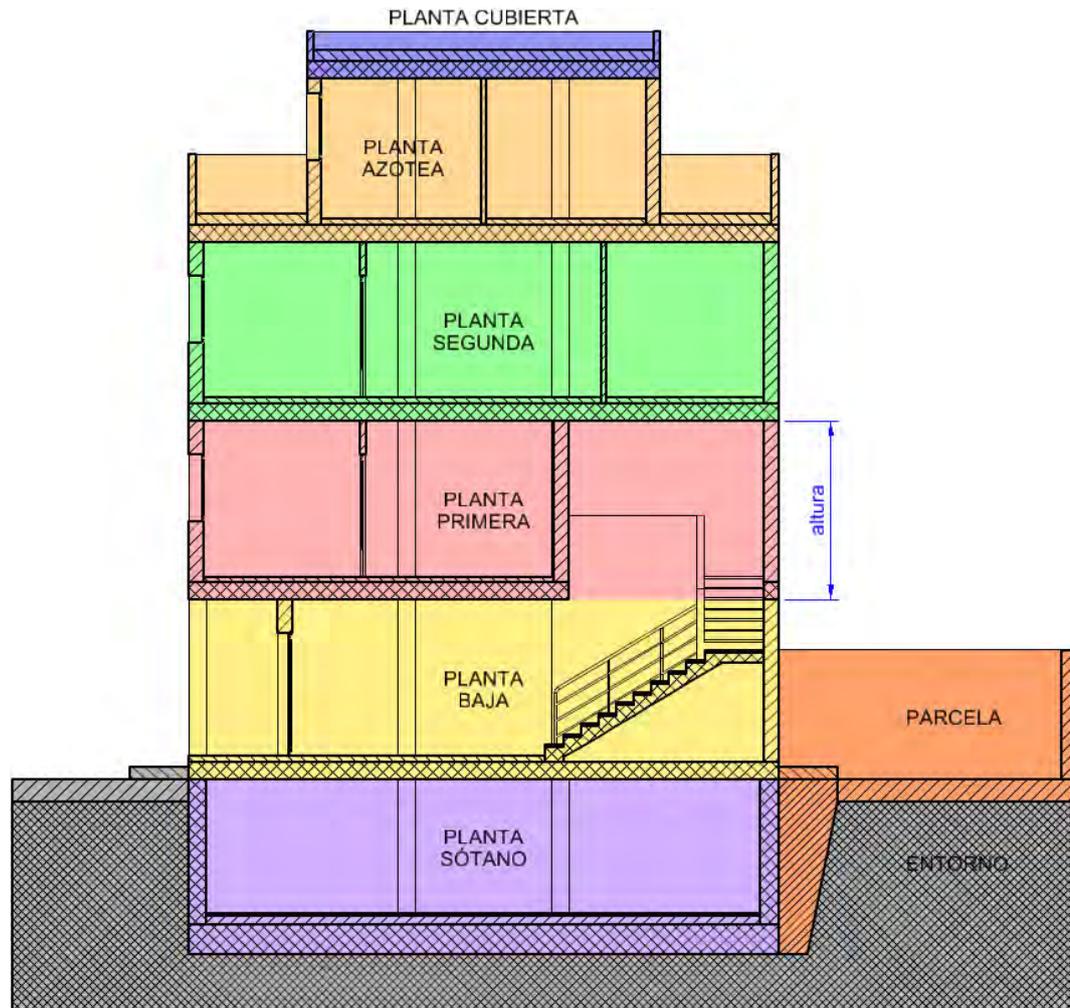
Este sistema permite que el número de capas no se multiplique por el número de niveles del edificio.

Cada modelo se referencia al inferior y al superior, para usarlos de guías al colocar los elementos constructivos.⁵²

⁵² *Ibíd*em, p. 117.

Antes de dibujar la geometría del edificio es necesario conocer, definir y ajustar las piezas que se van a utilizar, siguiendo criterios lógicos de orden y relaciones con los demás.

En cualquier caso, el programa permite editar o crear piezas en cualquier momento. Esto flexibiliza en gran medida el flujo de trabajo.



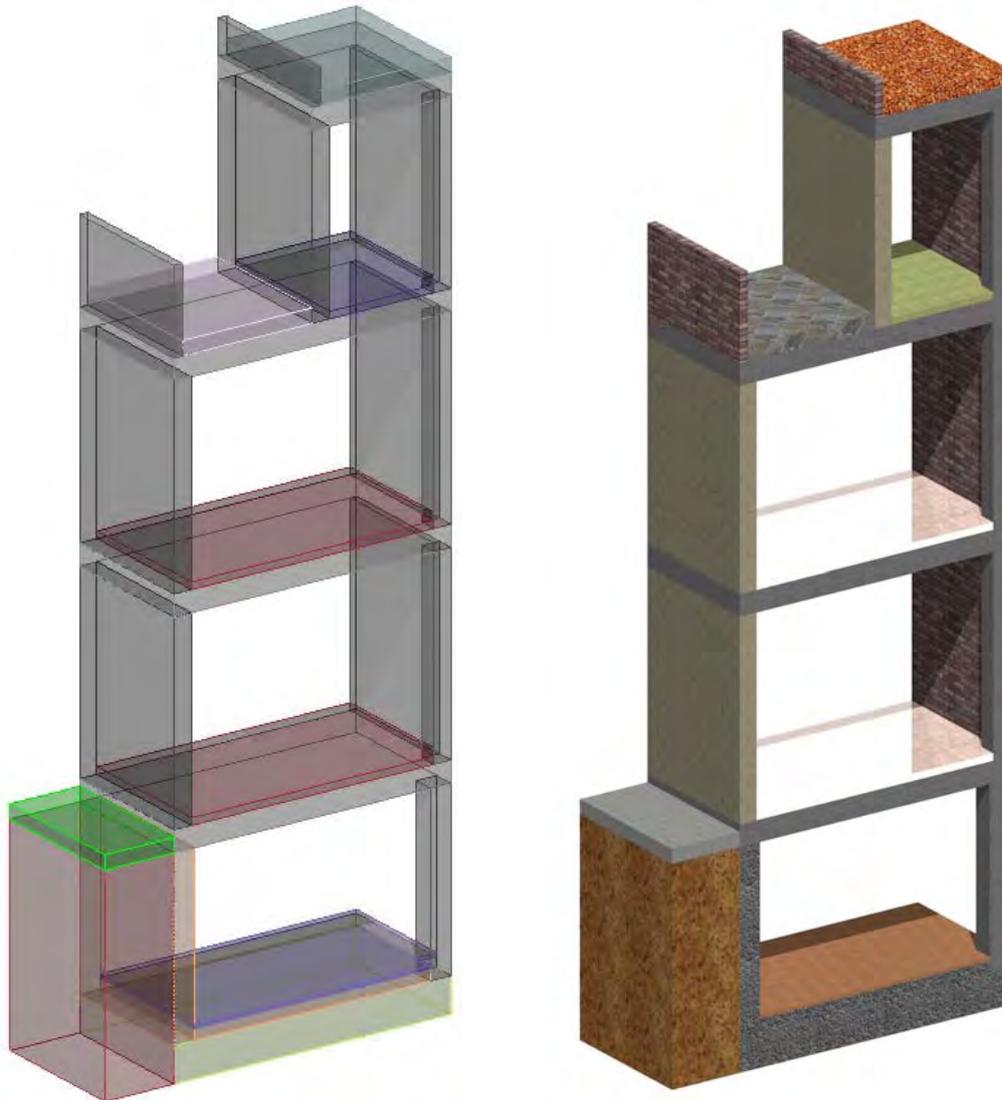
División de un proyecto en modelos.

Fuente: Elaboración propia

Las piezas (materiales compuestos), van agrupadas en familias de elementos similares (estructura, albañilería, carpintería, pavimentos...). Las familias se agrupan en bibliotecas, que forman la base de datos que se va creando al usar el programa.

Las formas (elementos constructivos), se dibujan siguiendo el orden que se propone más adelante. Antes de dibujarlas se selecciona la pieza

asignada y se van dibujando según su dependencia de las demás. Según el nivel de detalle que se quiera dar al modelo, se fijarán las diferencias entre materiales.⁵³



Formas dibujadas (izquierda) y piezas asignadas (derecha).

Fuente: Elaboración propia

⁵³ Ídem.

Los modelos para este proyecto se organizan de la siguiente manera:

TIPO DE MODELO	NOMBRE DEL MODELO	DIMENSIÓN	USO
de diseño, principal	conjunto	3D	vistas guardadas, líneas de corte
	plantilla	2D	plantillas de dibujo
de diseño, referenciados por el modelo principal	emplazamiento	2D	plano fotogramétrico
	entorno	3D	edificios y paisaje colindante
	terreno	3D	modelado del terreno
	parcela	3D	diseño interior de la parcela
	planta sótano	3D	diseño de la planta sótano
	planta baja	3D	diseño de la planta baja
	planta alta	3D	diseño de la planta alta
	planta azotea	3D	diseño de la planta azotea
	planta cubierta	3D	diseño de la cubierta
	de hoja, con vistas referenciadas del modelo principal	lámina 1	2D
lámina 2		2D	
lámina 3		2D	
lámina 4		2D	
lámina 5		2D	

Tabla de organización de los modelos.

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, aparecerán otros modelos auxiliares, como los cortes de plantas, alzados y secciones, o los grupos de referencia. A medida que se avance en las siguientes fases del proyecto, se verá el resultado del cuadro de modelos con más detalle.

2.3.2. **PROYECTACIÓN**

A la hora de proyectar con la intención de construir, es necesaria la presencia de un edificio y casi siempre la aportación específica y la colaboración de varios especialistas. Siempre deberá ser un trabajo coordinado y moderado por un director de proyecto, que sepa muy bien adonde se debe y se quiere llegar y que conozca los modos necesarios para establecer, regular, comprobar y corregir durante todo el proceso proyectual y de su ejecución las muchas relaciones entre las partes en juego.⁵⁴

En este sentido, la organización y normalización de la información que se va generando es clave para el control del proyecto.

⁵⁴ QUARONI, Ludovico: Op. cit., p. 7.

2.3.2.1. ANTEPROYECTO

2.3.2.1.1. Normativa

“Es la fase de trabajo en la que se exponen los aspectos fundamentales de las características generales de la obra: funcionales, formales, constructivas y económicas, al objeto de proporcionar una primera imagen global de la misma y establecer un avance de presupuesto.”⁵⁵

Se compone de las siguientes fases:⁵⁶

1. Acercamiento al lugar:

Situación administrativa, situación en el terreno, análisis de las pendientes, análisis de evacuación de aguas, desmontes y terraplenes, análisis visual, análisis de accesibilidad, síntesis de plano de situación óptimo.

2. Síntesis de esquemas de organizaciones:

Generación de distribuciones en planta, generación de organizaciones espaciales.

3. Análisis de ejecución y costos de las propuestas:

Esquemas estructurales preliminares, estudio de ganancias y pérdidas de calor, análisis del asoleo, iluminación natural, iluminación artificial, coeficientes de transmisión de sonido, costes estimativos preliminares.

4. Creación de documentos para presentar:

Dibujo de esquemas de plantas, secciones y alzados, dibujo de perspectivas y axonometrías, maqueta volumétrica.

Abarca los siguientes documentos:

MEMORIA: "Memoria justificativa de las soluciones de tipo general adoptadas en las que se exponen los aspectos

⁵⁵ COAC: Op. cit. Artículo 1.4.2, p. 9.

⁵⁶ CANIVELL, Jacinto: Op. cit., p. 67.

fundamentales de las características generales de obra: funcionales, formales, constructivas y económicas... " ⁵⁷

PLANOS: Los planos del anteproyecto llevarán una carátula igual para todos, incluyendo la fase del proyecto, el número del plano, el título del proyecto, el nombre del plano, la fecha de terminación (mes y año), el/los autor/es del proyecto, el promotor o el/los propietario/s, las escalas numérica y gráfica, la situación de la parcela del proyecto y el municipio y provincia donde se ubican.

Su contenido se desglosa en varios dibujos preceptivos:⁵⁸

Plano de situación: Se recomienda que el plano de situación esté referenciado a punto localizado y con indicación de norte geográfico.

Plano de parcela: Con indicación de sus características físicas más importantes, accesos y emplazamiento de la edificación proyectada.

Planos a escala sin acotar: O con acotaciones elementales para definir el tamaño global de la obra.

Plantas generales de distribución: Sin diseñar estructura ni esquemas de instalaciones, con indicación de usos de cada pieza.

Alzados esquemáticos de fachadas.

Mínimo una sección por el núcleo de comunicaciones verticales.

⁵⁷ COAC: Op. cit., p. 9.

⁵⁸ Ídem.

PRESUPUESTO: "Avance de presupuesto con estimación global por superficie construida u otro método que se considere idóneo." ⁵⁹

2.3.2.1.2. Preparación de modelos

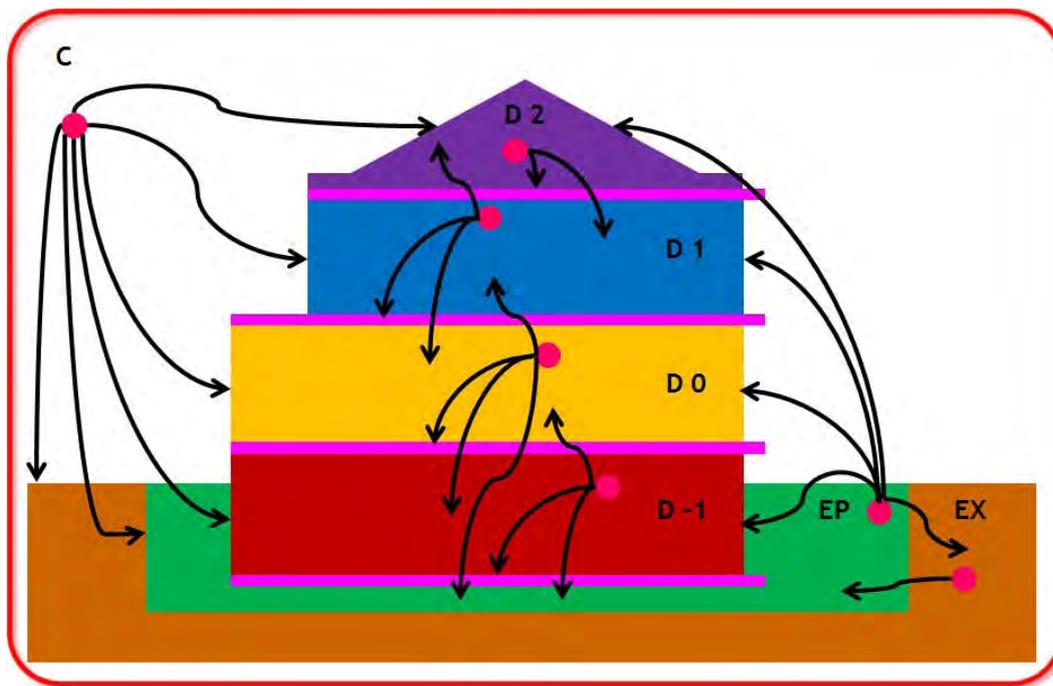
Para abordar el anteproyecto, lo primero que habrá que hacer será crear el archivo vacío del proyecto. Se trata del modelo 3D principal de diseño. A continuación se introducen los nuevos modelos de diseño asociados. Se trata de un modelo por planta, más la parcela, más el entorno.

Después se abre el modelo principal, de conjunto, y se vinculan los demás modelos de diseño con él.

Y, por último, se abre cada modelo de cada planta y se vinculan la plantilla de apoyo (el dibujo del estudio previo), el modelo de la planta superior, el de la planta inferior y los exteriores, en su caso. Este sistema de referencias cruzadas puede parecer complejo a simple vista, pero es la mejor manera que se ha encontrado de realizar un modelo coherente y bien estructurado, y fácil y cómodo de manipular a lo largo de un proceso de diseño más detallado, conducente a su puesta en obra final.

Para aclararlo, se incluye el siguiente esquema, donde cada color se corresponde con un modelo y las plantillas 2D de cada planta aparecen de color rosa.

⁵⁹ COAC: Op. cit., Artículo 1.5, p. 9.



Modelos vinculados.
Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.3. Preparación de materiales

Este tema trata de introducir una pequeña biblioteca de piezas adecuadas para el anteproyecto.

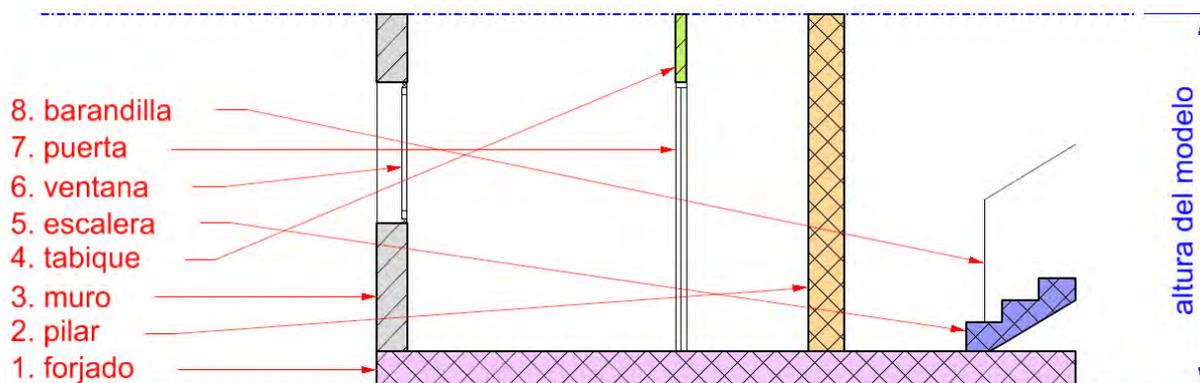
Será breve porque en esta fase del proyecto no se detallan materiales sino formas construidas y espacios delimitados por ellas. Por tanto, bastará con un material para muros, otro para estructuras, otro para terreno... Después de varios tanteos se ha visto que son suficientes los materiales listados en la tabla siguiente:

PIEZA (MATERIAL)	DESCRIPCIÓN (USO)
Terrenos	Terrenos
Forjados	Forjados y losas
Estructuras	Estructuras exentas
Muros	Muros exteriores
Tabiques	Tabiques interiores
Escaleras	Escaleras
Pretilas	Barandillas opacas
Barandillas	Barandillas diáfanos
Carpintería	Carpintería

PIEZA (MATERIAL)	DESCRIPCIÓN (USO)
Vidrios	Vidrios
Aceras	Aceras
Calzada	Calzada

2.3.2.1.4. Dibujo de elementos constructivos

Una vez preparado el modelo para dibujar la geometría del proyecto, se activa la plantilla de referencia y se introducen los elementos constructivos.



Proceso constructivo simple, a nivel de anteproyecto.

Fuente: Elaboración propia

Para cada planta se dibujan, por este orden y en su caso: forjado de piso, huecos de paso de escalera, pilares, muros de sótano, muros de fachada, pretilas, cimentación, tabiques y escaleras. Luego irán las puertas y las ventanas.

Los forjados y la cimentación se representan por *formas libres*; las puertas y las ventanas por *formas especiales*; y el resto lo hace por *formas lineales*. Todos ellos comparten la característica de que se dibujan con elementos independientes, yuxtapuestos, sin necesidad de unirlos. Este hecho facilita en buena medida cualquier edición posterior de cualquier forma introducida.

Atendiendo al objetivo de concentrarse en la maqueta infográfica tridimensional, se trabaja prácticamente siempre a través de vistas axonométricas. Las proyecciones en planta y alzado son pocas veces

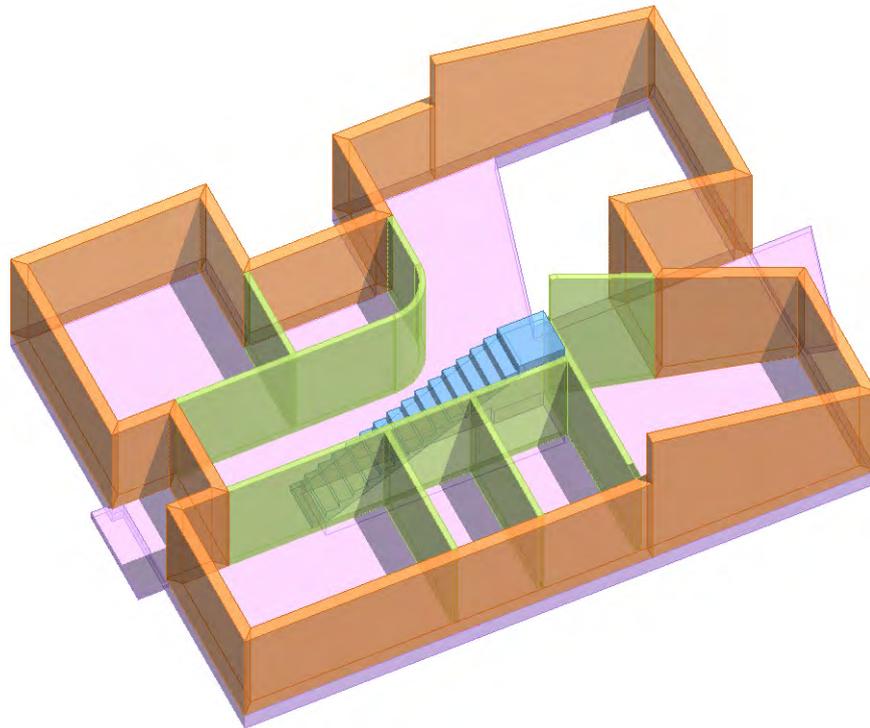
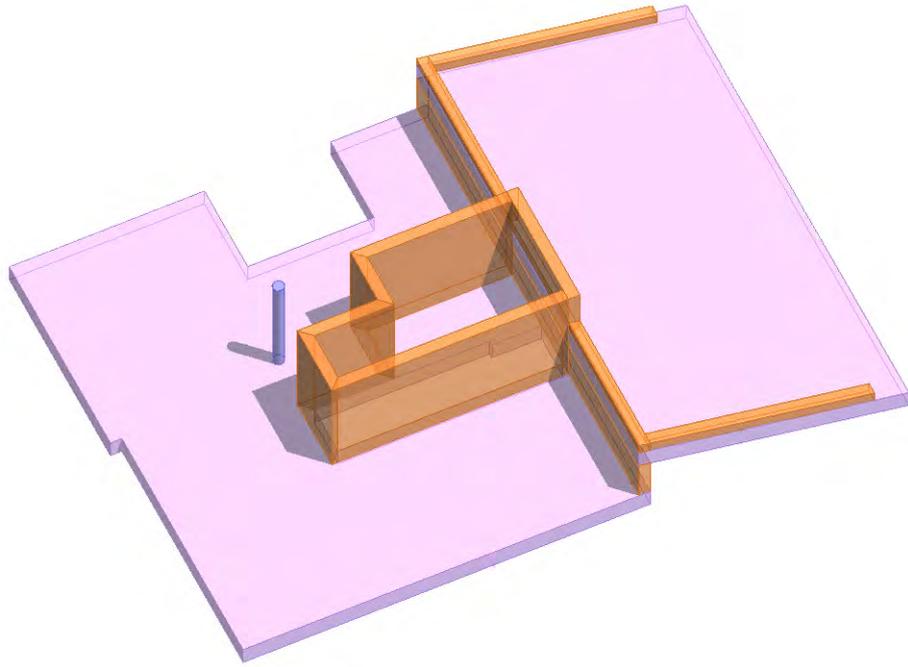
utilizadas; más bien para comprobar cómo va quedando el modelo. Aquí viene el cambio de procedimiento: se parte del diseño tridimensional para más adelante obtener los planos y las vistas.

2.3.2.1.4.1. Dibujo de la estructura y la albañilería

Como el proyecto tiene varias plantas, habrá que decidir por cuál se empieza a dibujar la geometría 3D. Al tratarse de una vivienda, los espacios que condicionan la distribución en planta suelen ser los dormitorios. Este criterio de comienzo, que ha sido heredado de épocas pasadas, sigue estando en vigor. Por tanto, la planta alta es la elegida para comenzar a introducir los elementos que representan a los reales: muros exteriores, tabiques, forjados, pilares exentos y cimentación.

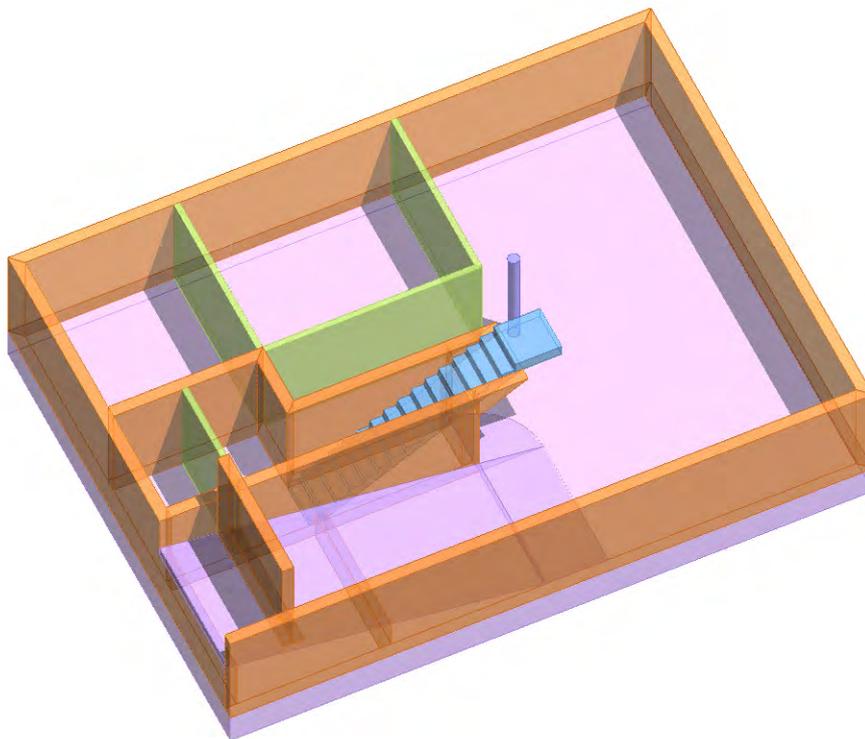
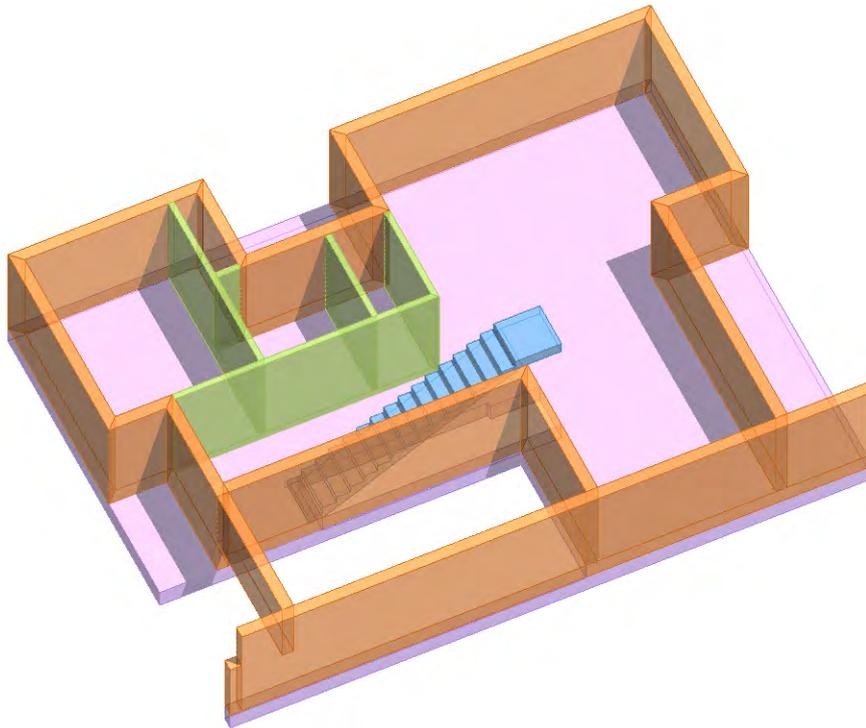
Una vez dibujados estos elementos de una planta, se pasa a las demás para hacer lo mismo. Lo lógico es saltar de una planta a la contigua, para apoyar unos elementos sobre otros. Por supuesto, al ser un modelo virtual, no es necesario seguir rigurosamente el orden del proceso constructivo real, que va de abajo arriba.

Ahora sería el momento de hacer los huecos en los forjados, para paso de escaleras, doble altura, patios... y de rematar los muros con borde superior inclinado o con alturas distintas.



De arriba hacia abajo: plantas azotea y alta, con los primeros elementos dibujados.

Fuente: Elaboración propia



De arriba hacia abajo: plantas baja y sótano, con los primeros elementos dibujados.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.4.1. Colocación de escaleras

Con los muros, los tabiques y los forjados colocados, es el momento de dibujar las escaleras.

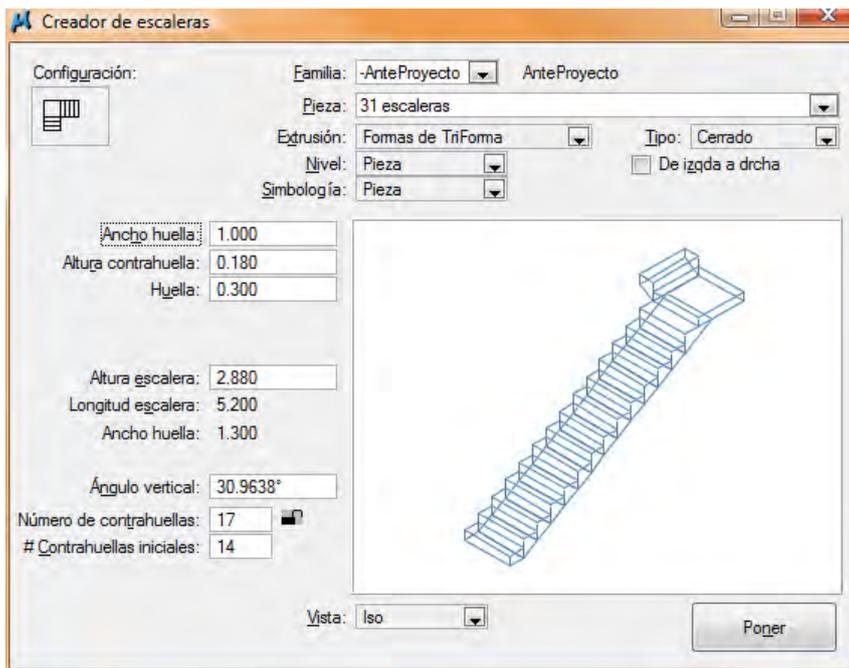
Todos los edificios de más de una planta han de contar necesariamente con escaleras para subir o bajar las personas. Al ser un tema tan repetido, ha suscitado una regulación normativa, basada en la dimensión del paso humano al caminar, de acuerdo a los estándares antropométricos, y también en el gasto mínimo de energía para recorrerla.

Como consecuencia, las escaleras en los proyectos de arquitectura se pueden tipificar, y sobre ello hay abundante bibliografía especializada. Para este trabajo interesa el hecho de que se cuenta con una herramienta paramétrica, ya incluida en el paquete CAD que se está usando, que permite fácil y cómodamente diseñarlas e introducirlas en el diseño en cualquier lugar y en cualquier momento. Como ventaja adicional, se pueden editar para cambiarlas posteriormente cuando haga falta, lo cual resulta muy útil en un flujo de trabajo basado en modelar por aproximaciones sucesivas.

Las variables a tener en cuenta son: ancho, huella, contrahuella, altura total, número de peldaños, etc.

Para este proyecto se ha optado por una escalera de paso cómodo: 30 cm de huella y 18 cm de contrahuella. El ancho es de 100 cm, para permitir el cruce de dos personas o el paso de objetos voluminosos. La altura de piso a piso de la vivienda se ha dimensionado en función de un número entero de peldaños, para simplificar su construcción posterior.

Conociendo la situación de las escaleras, los muros, los tabiques y los forjados, es ahora el momento de dibujar los pretilos, como muros finos y bajos que protegen de caídas al vacío.



Constructor de escaleras.

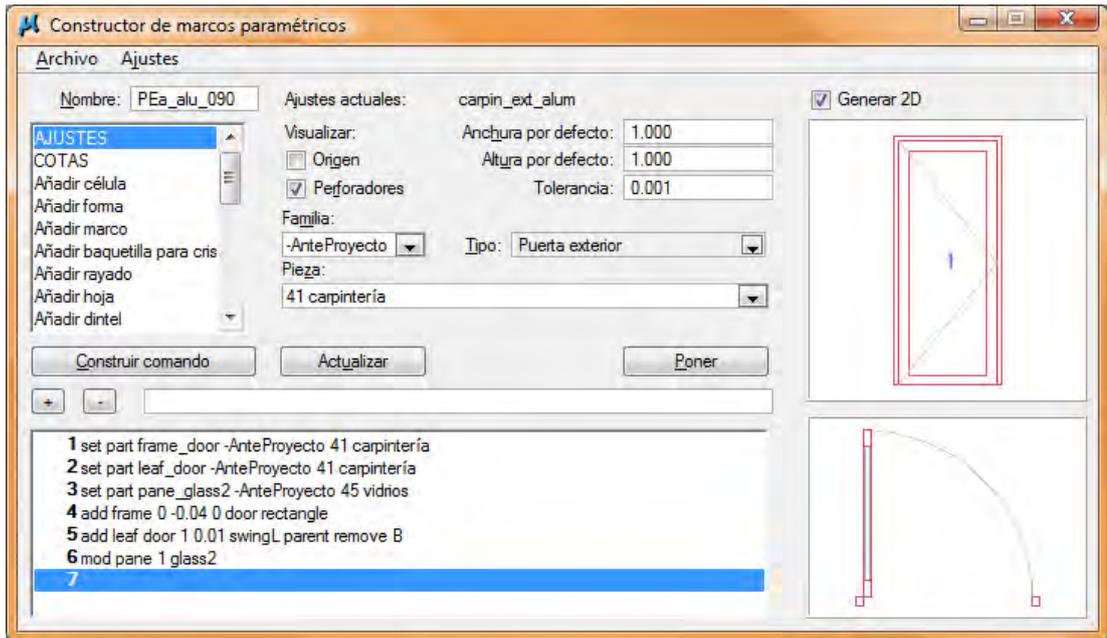
Fuente: Bentley Architecture

2.3.2.1.4.2. Colocación de puertas y ventanas

Después de los elementos anteriores, es el momento de situar puertas y ventanas. Cabe decir que en este instante del proyecto sólo son necesarias la posición y las dimensiones aproximadas de las distintas unidades de carpintería. No se han considerado los despieces ni las partes practicables.

De forma similar a lo descrito para las escaleras, los elementos de carpintería cuentan con una potente herramienta paramétrica para situarlos, bien en formas lineales o superficiales de un modelo ya dibujado, o bien como bloques independientes.

Se puede utilizar para crear, colocar o editar cualquier objeto de carpintería, como puertas, ventanas, armarios, muebles, muros cortina... Luego se guardan en una biblioteca de objetos, para uso futuro.



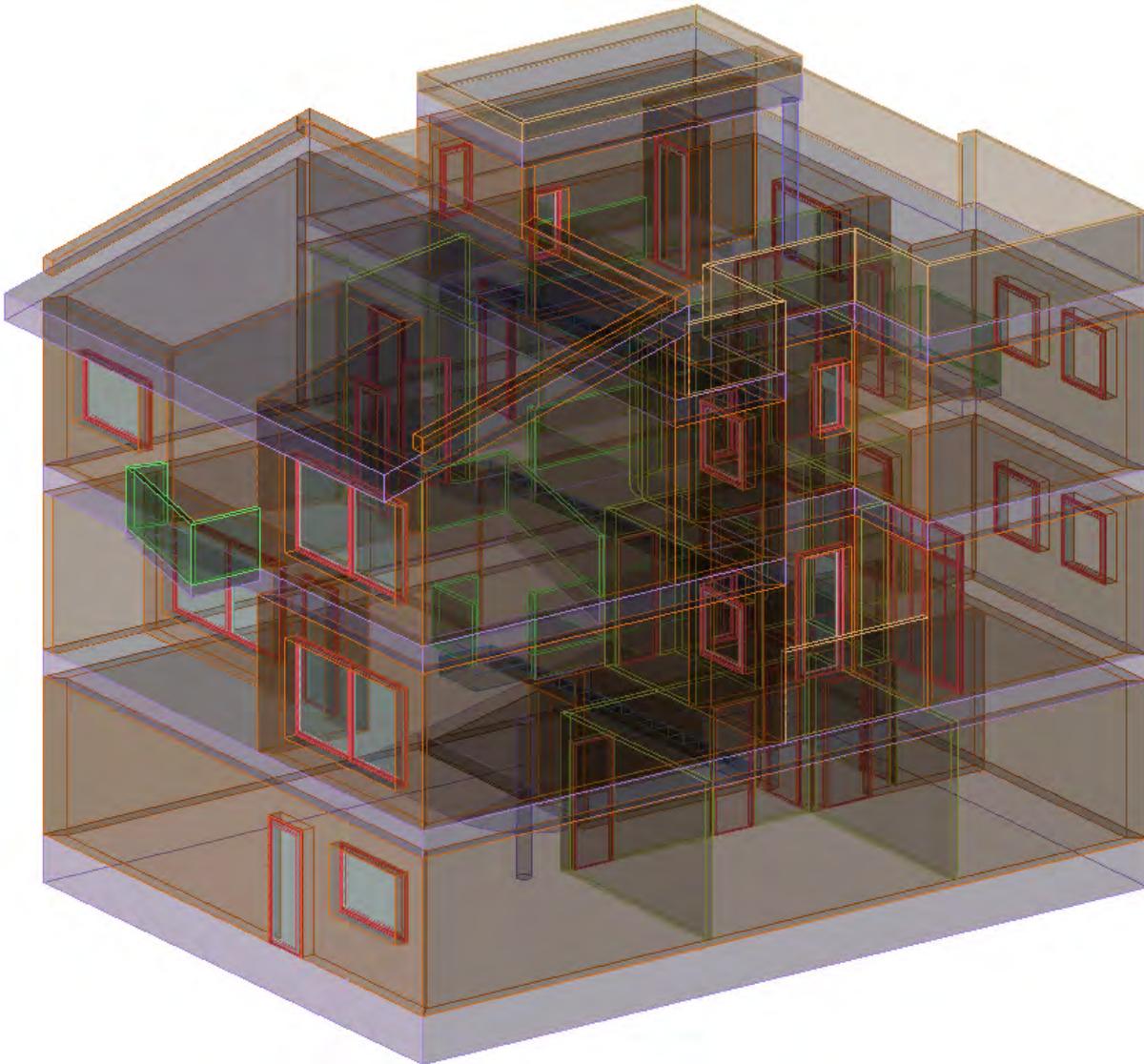
Constructor de marcos paramétricos.

Fuente: Bentley Architecture

Los nombres de los archivos de marcos deben tener una codificación para identificarlos leyendo su nombre, diferenciando distintos tipos de material, apertura, forma, etc. Más adelante se explicará en profundidad este aspecto.

Los principales parámetros de diseño son: ajustes generales, ajustes específicos, marcos, hojas, paneles y apertura de hojas.

Como vista previa de lo introducido hasta ahora, se muestra a continuación un modelo transparente:



Modelo transparente mostrando las 4 plantas.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.4.3. Dibujo de exteriores

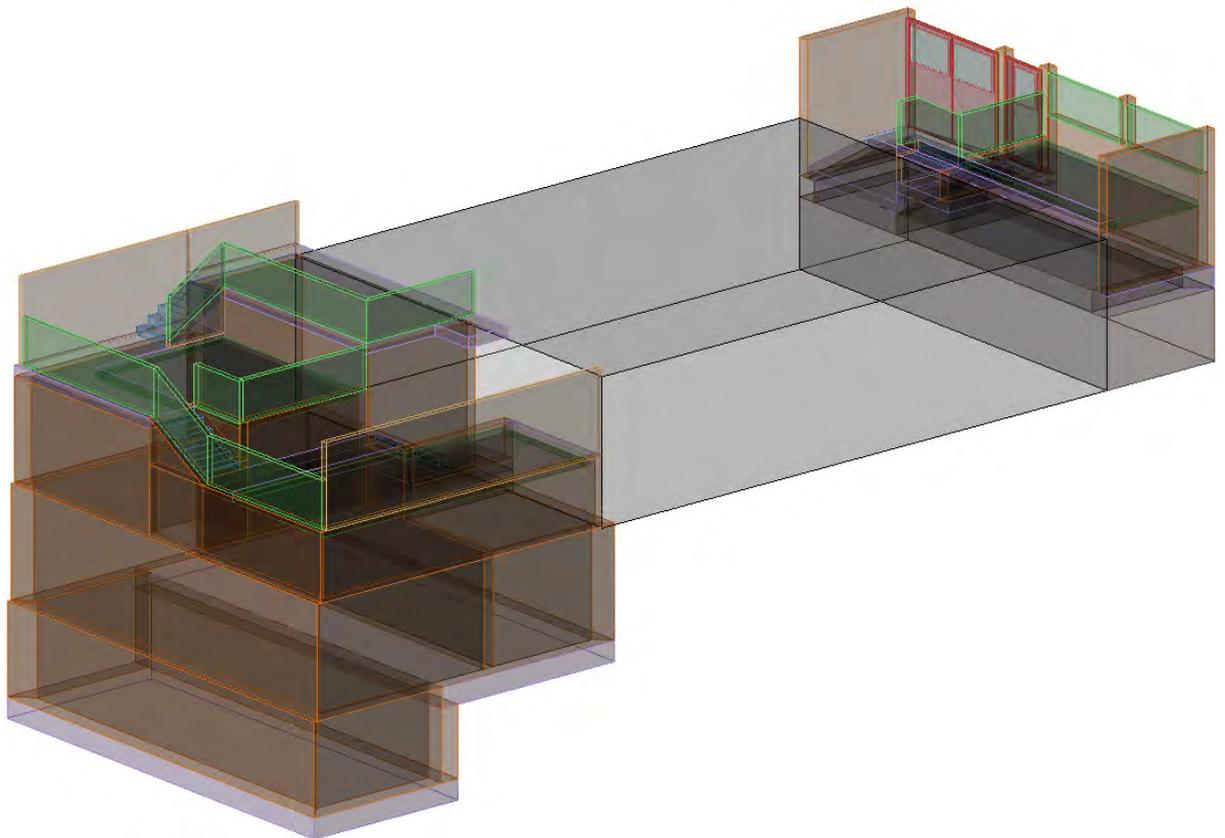
El dibujo de los elementos constructivos exteriores a la vivienda, dentro de la parcela, se hace después de los interiores, por estar supeditados aquellos a estos. Sin embargo, es frecuente que para diseñar los accesos o pasos de fuera hacia dentro y viceversa se hace necesario modelar en los dos ámbitos, por turnos.

El tema a dibujar en los exteriores, además de los ya vistos anteriormente, es el terreno de relleno. Como se dispone previamente de una superficie mallada que representa, aproximadamente, a la finca,

es posible modelar desde arriba hacia abajo, hasta profundizar lo suficiente como para asegurar un buen empotramiento de la cimentación en el terreno. Más adelante se comprobará con el plano topográfico detallado.

Al ir organizando los niveles de asentamiento de las distintas plataformas -recuérdese el fuerte desnivel en la parte posterior de la parcela- se va viendo la necesidad de colocar terreno de relleno, plataformas, escaleras y terreno de jardín. Los accesos a la vivienda, rodado y peatonal, son otro tema delicado, pues su altura depende de la fidelidad de la rasante de la acera.

Como vista previa de la parcela, se muestra a continuación un modelo transparente:



Modelo transparente mostrando la parcela.

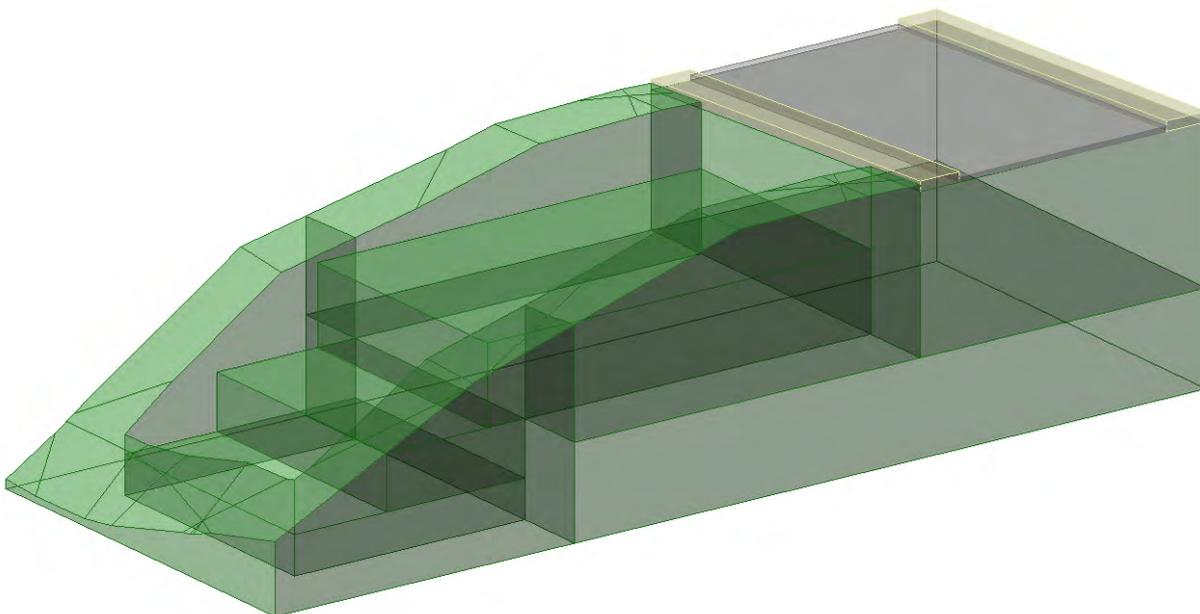
Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.4.4. Dibujo del entorno

En este espacio modelo, o modelo de diseño, se introduce la geometría del entorno, aquella que es ajena a la parcela del proyecto. En este caso se tiene la calzada, las aceras y el terreno natural.

El terreno bajo la propuesta se ha ido completando por el método de rellenar los huecos existentes entre las distintas cimentaciones y una cota inferior de referencia. Un asunto destacado ha sido recortar los volúmenes laterales de tierra para adaptarlos a la topografía existente. En otros casos podrían dibujarse también más elementos, como árboles, jardines, farolas, vehículos, edificios colindantes, personas...

Como vista previa de los exteriores, se muestra a continuación un modelo transparente:



Modelo transparente mostrando los exteriores a la parcela.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.4.5. Comprobaciones del conjunto

Como se recordará, se había creado un modelo llamado **conjunto** para ver a todos los demás modelos de diseño referenciados. Como se habían vinculado en el mismo sistema de coordenadas del proyecto, en cualquier

momento se puede abrir dicho modelo para consultar cómo va quedando el diseño. Y, además de esto, el principal motivo de revisión es la detección de interferencias geométricas, es decir, comprobar que no queden huecos (vacíos, separaciones) ni solapes de material (uno dentro de otro).

Esta **retroalimentación** es una de las principales ventajas de crear un diseño arquitectónico mediante un sistema informático basado en la idea de un **modelo de proyecto integrado**. Como se ha expresado anteriormente, en el espacio virtual del proyecto es muy fácil y cómodo darse cuenta de posibles incongruencias geométricas o de incompatibilidades de unos elementos con otros. Esto se debe a que se dibujan todos los elementos constructivos del proyecto, y no los que aparecen en una planta o una sección, como ocurre con los dibujos de detalles constructivos en los sistemas basados en el CAD 2D.

Como vista previa del conjunto, se muestran a continuación dos imágenes:



Imágenes de síntesis de la maqueta de conjunto, al final de la fase del anteproyecto.

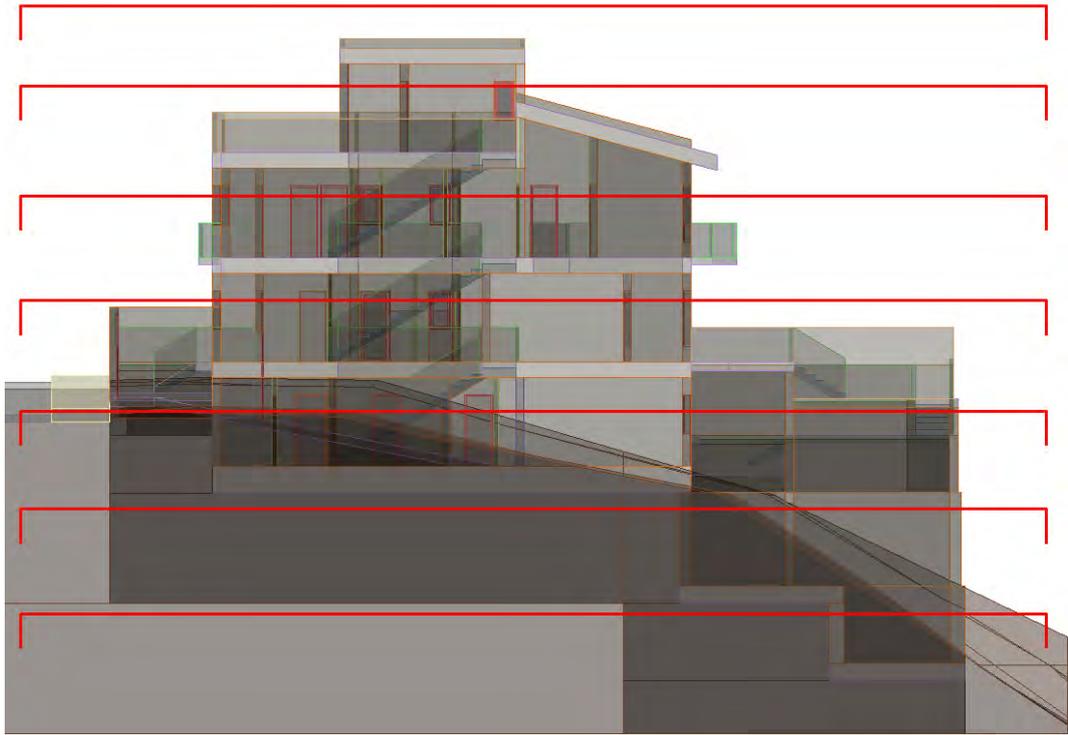
Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.5. Generación de cortes

La segunda parte del método de diseñar 3D + 2D es la obtención de documentos imprimibles. Y esto empieza con la operación de seccionar la maqueta por varios planos para obtener cortes horizontales (plantas) y cortes verticales (secciones). Desde el exterior se sacan vistas ortogonales (alzados), oblicuas (axonometrías) y cónicas (perspectivas).

El programa de CAD utilizado cuenta con una herramienta para administrar los cortes a realizar. Para crearlos, primero hay que abrir el modelo de conjunto y activar las capas de elementos construidos de los modelos referenciados, para ver todo el diseño. A continuación se dibujan, en una capa aparte, las trazas de los planos de corte:

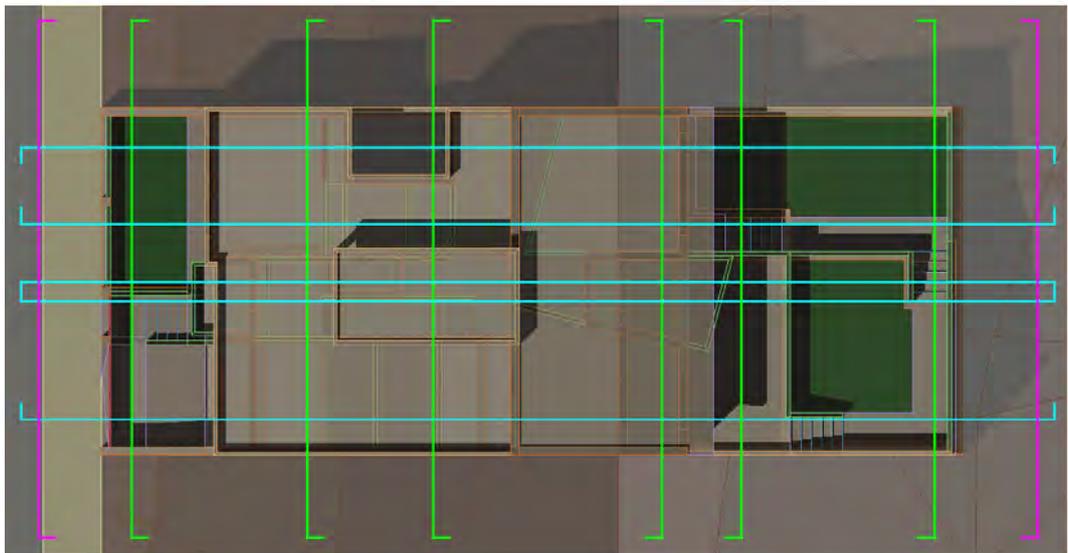
- En una vista en alzado, se dibujan las líneas de corte para las plantas



Trazas de los planos de corte en alzado.

Fuente: Elaboración propia

- En una vista en planta, se dibujan las líneas de corte para las secciones y alzados

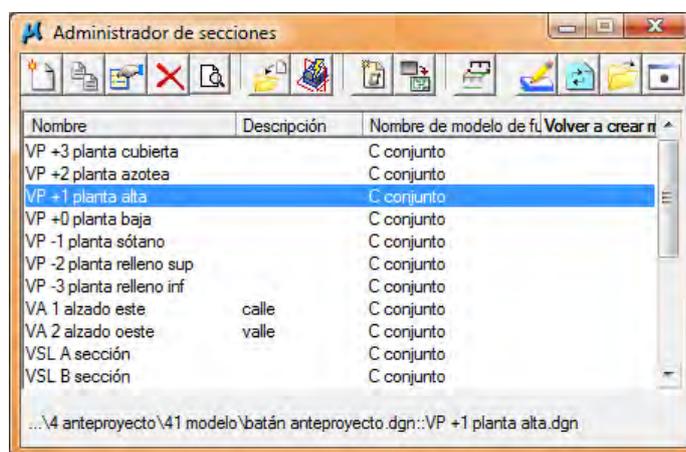


Trazas de los planos de corte en planta.

Fuente: Elaboración propia

Luego se abre el administrador de secciones para crear una nueva. Los datos más relevantes y necesarios son: nombre, traza del corte, modelos participantes, ajustes de unificación y rayado, vistas a incluir en el proceso y opciones de salida.

Una vez que se haya definido un corte, se procede de igual manera, copiando y cambiando datos de nombre y traza, para las demás secciones, alzados y plantas. Después se calculan todos los cortes definidos. Y por último, se abren los dibujos generados para comprobar los resultados, sobre todo la coherencia de lo representado.



Administrador de secciones.

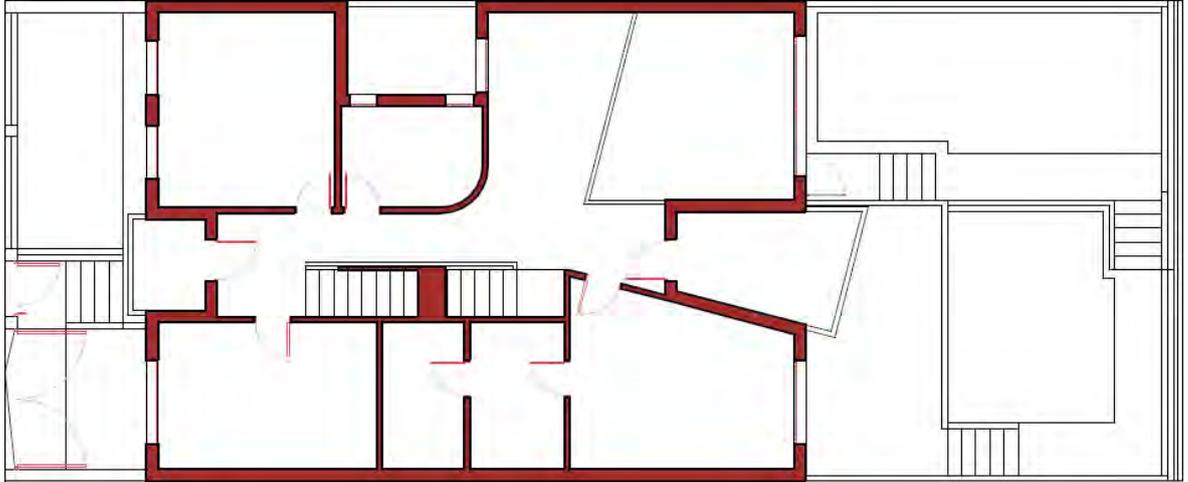
Fuente: Bentley Architecture

Si aparecieran huecos o solapes entre los elementos dibujados, se hace necesario acudir a los modelos de diseño afectados para subsanar dichos errores. Esta operación vuelve a ser, nuevamente, un punto de autocontrol del proyecto, porque permite verificar la coherencia geométrica del diseño.

Cuando se ha cambiado el modelo, se recalculan los cortes y se revisan nuevamente, en un proceso que se puede repetir todas las veces que se quiera hasta quedar conforme con los resultados.

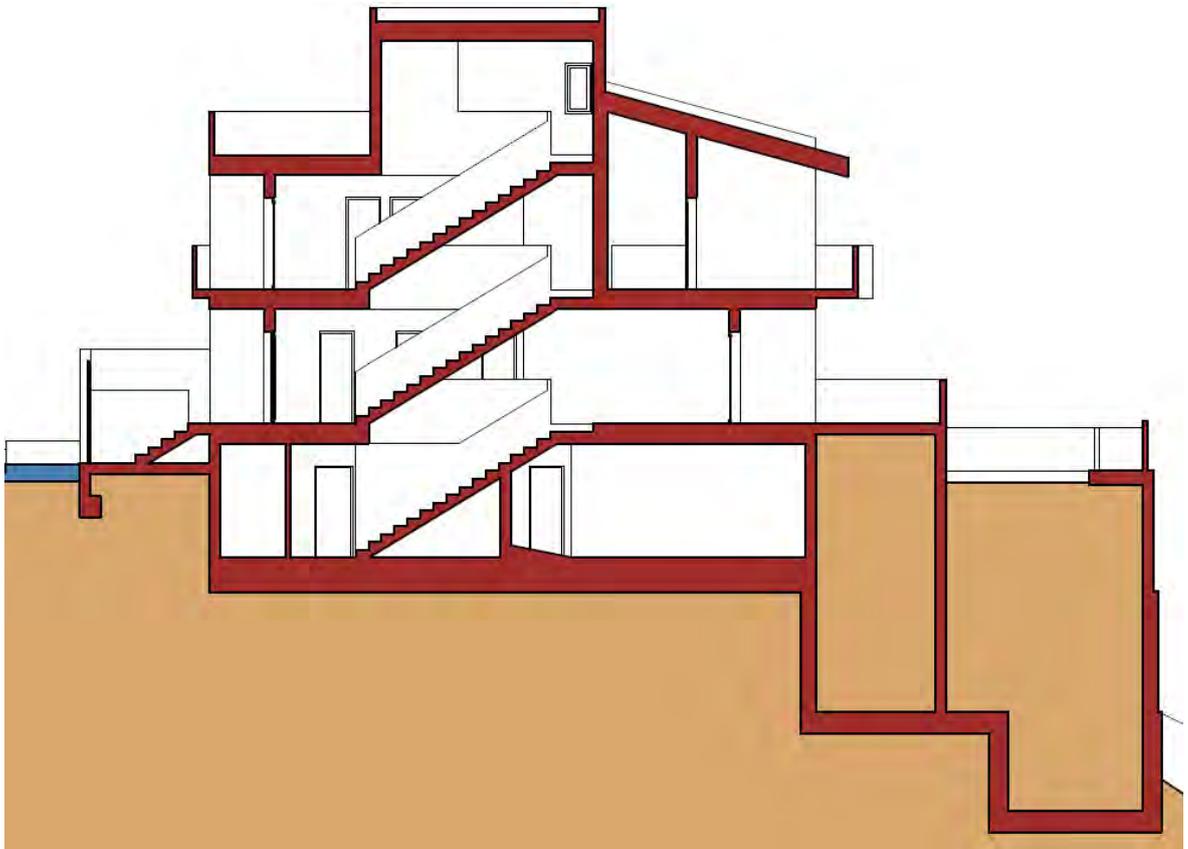
Es necesario insistir en el hecho de que los cortes no se trazan necesariamente al final de tener el modelo 3D completo. En cualquier fase intermedia, se pueden definir para ir viendo y analizando el diseño

arquitectónico mediante dibujos planos, como se ha hecho siempre. Por el hecho de cambiar las herramientas tradicionales de dibujo por las de apoyo informático no se deben perder los sistemas gráficos de representación que siempre han utilizado los arquitectos.



Dibujo de planta obtenido directamente a partir de la maqueta virtual.

Fuente: Elaboración propia



Dibujo de sección obtenido directamente a partir de la maqueta virtual.

Fuente: Elaboración propia

Otra característica importante de trabajar con los cortes que hace este programa es que son automáticos. Al trabajar con una base de datos de materiales, preexistentes y personalizables, con definiciones de atributos gráficos de salida para dibujos y para renders, se obtienen estos y aquellos de forma directa. Si se quisiera cambiar el delineado o una textura, se cambia en la base de datos y se actualiza el resultado.

2.3.2.1.6. Presentación en papel

De acuerdo a lo indicado sobre el formato a utilizar para cada fase del proyecto, el DIN-A2 será el utilizado para el anteproyecto, debido a que deben llevar una cierta cantidad de información por plano. Sus dimensiones son de 594 mm de largo por 420 mm de alto, colocado en posición apaisada.

Para esta ocasión se ha diseñado un prototipo de lámina con un borde cambiante en los cuatro lados:

- El borde superior, incluye el título del proyecto, para identificarlo rápidamente
- El inferior contiene la información escrita genérica del proyecto y relativa a cada plano
- El borde izquierdo está reservado a incluir elementos complementarios, tales como textos descriptivos, fotos, imágenes de síntesis, esquemas de planta y sección con las trazas de corte, etc.
- El derecho sirve para cerrar el recuadro interior que contendrá los dibujos principales.

Desde el momento en que deba utilizarse más de una lámina de dibujo para la presentación de un proyecto, se propone utilizar un sistema de lámina plantilla que contenga la carátula común a todos los planos, seguido de otras láminas con la plantilla referenciada y con sus textos propios aparte. De este modo, cualquier cambio que se desee incluir en

la plantilla quedará propagado hacia las demás láminas. Por añadidura se tiene garantizado que habrá coherencia y homogeneidad en el diseño de los planos.

Este hecho, basado en la idea que propone el autor de “cada elemento se dibuja una vez y las siguientes estará referenciado”, supone una considerable ayuda en la elaboración de los proyectos de arquitectura, por las razones ya expuestas y por las que se irán introduciendo a lo largo de este trabajo.



Lámina de plantilla con los elementos comunes a cada plano.

Fuente: Elaboración propia

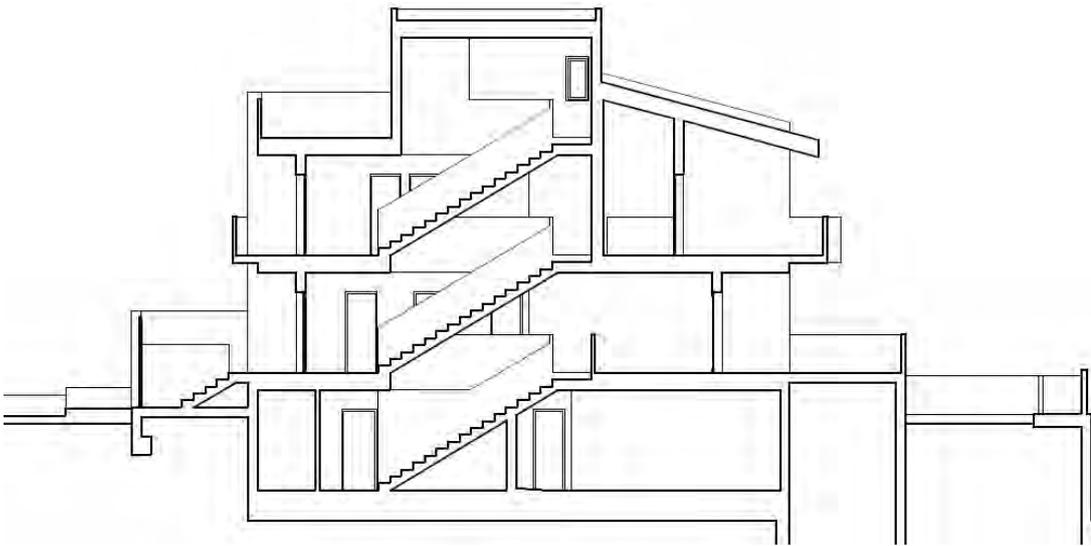
2.3.2.1.7. Pruebas de delineación

Los dibujos obtenidos de plantas, alzados y secciones pueden tener cualquier tipo de simbolismo gráfico, que, como ya se ha dicho, es automático. Sin embargo, para que los dibujos se lean con claridad se debe usar una representación adecuada. En este caso se propone

rescatar el método antiguo de los dibujos a tinta negra sobre papel blanco, pero con algunas mejoras. Las aristas vistas se representarán por líneas negras finas, las aristas seccionadas por líneas negras gruesas y el interior de elementos seccionados puede tener varias alternativas. A continuación se muestran algunas:

1. INTERIOR VACÍO

Es un ejemplo de dibujo sin trama ni fondo en el interior de los elementos seccionados.

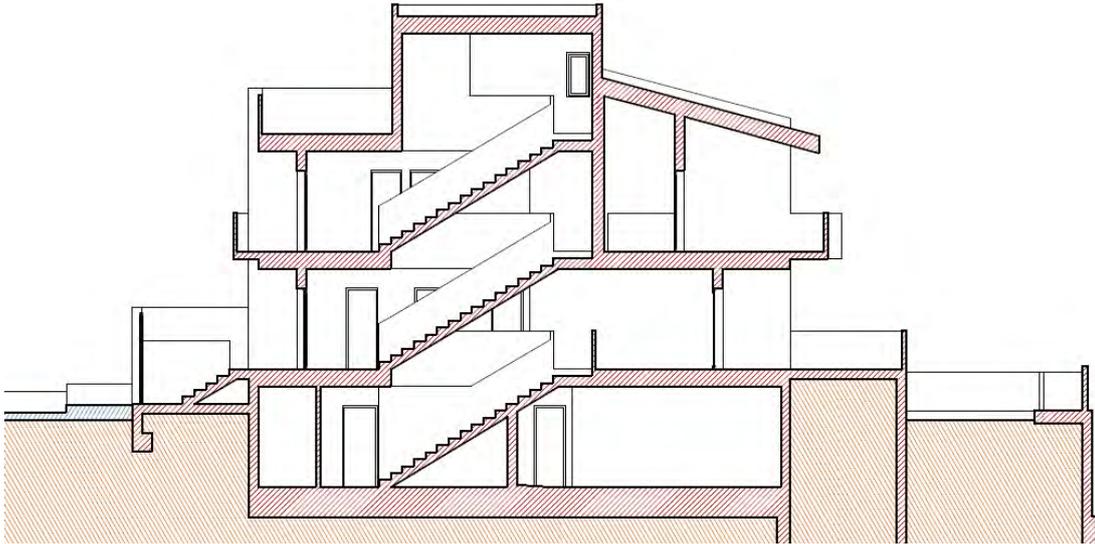


Pruebas de delineación con interior vacío.

Fuente: Elaboración propia

2. INTERIOR CON TRAMA SEPARADA

En este caso se incluye un rayado de líneas de color inclinadas a 45° y muy separadas.

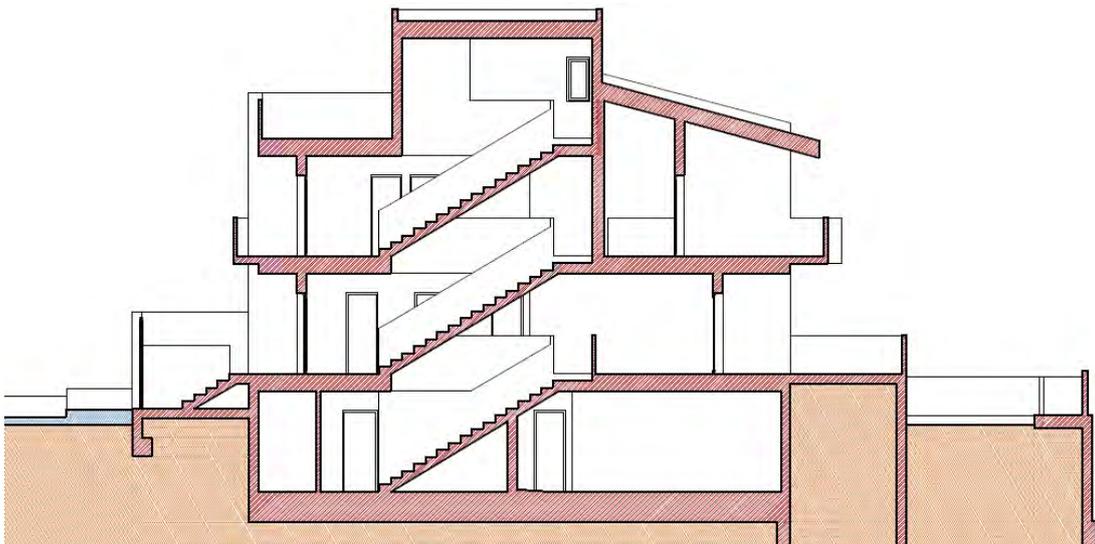


Pruebas de delineación con trama separada.

Fuente: Elaboración propia

3. INTERIOR CON TRAMA JUNTA

Es como el caso anterior pero con las líneas muy juntas.

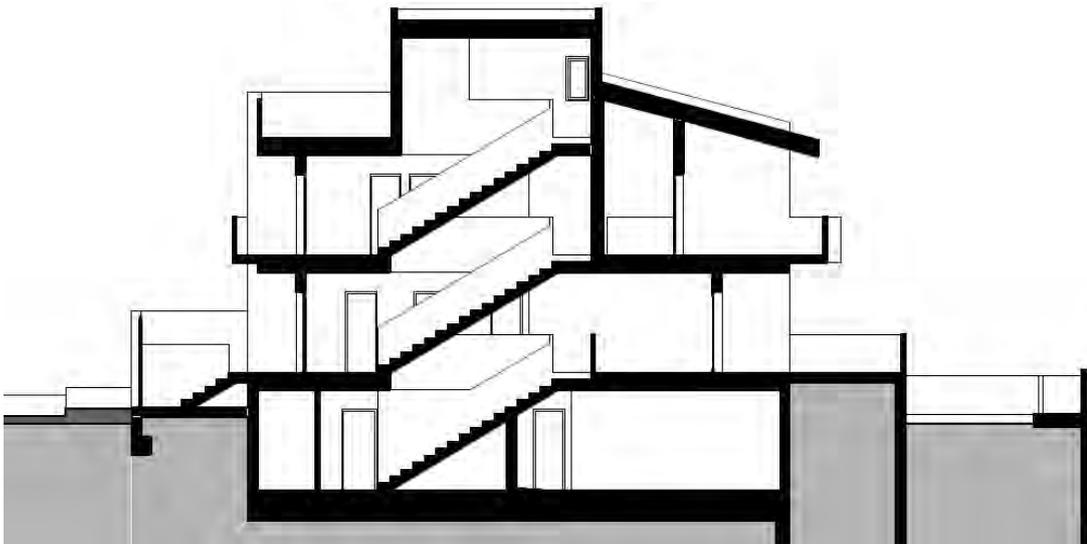


Pruebas de delineación con trama junta.

Fuente: Elaboración propia

4. INTERIOR CON FONDO NEGRO

En este dibujo no se incluye trama sino un fondo de color negro.

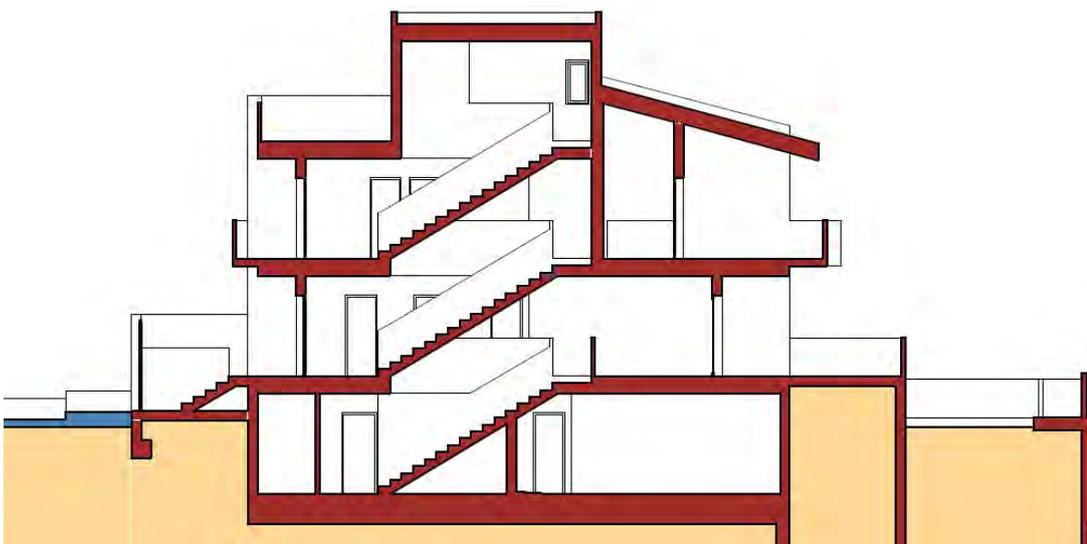


Pruebas de delineación con fondo negro.

Fuente: Elaboración propia

5. INTERIOR CON FONDO OSCURO

Éste es otro ejemplo de relleno con fondo de color, en este caso de rojo oscuro.

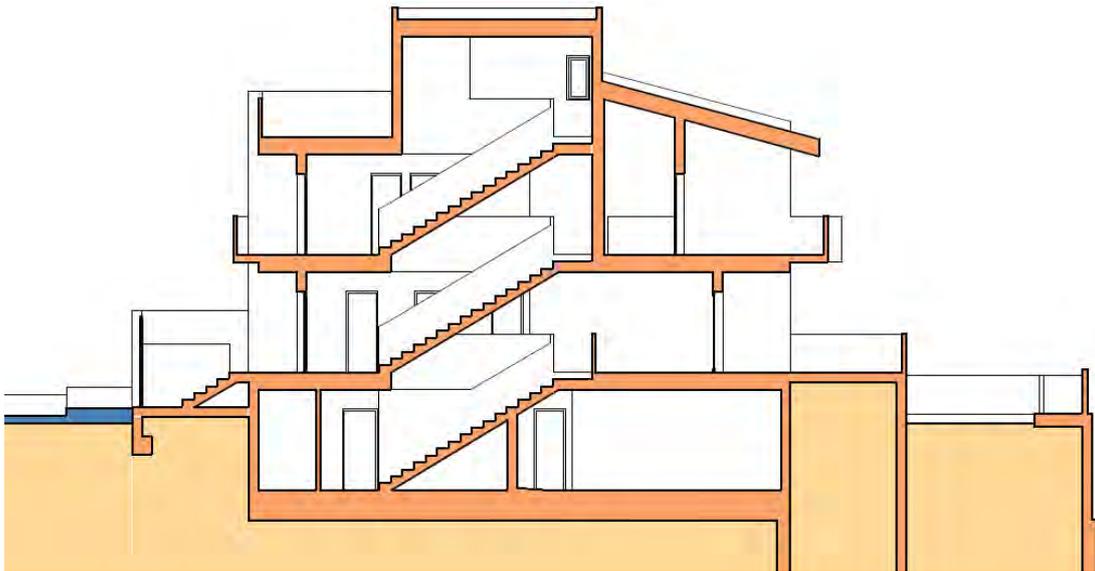


Pruebas de delineación con fondo oscuro.

Fuente: Elaboración propia

6. INTERIOR CON FONDO CLARO

Como el caso anterior pero con color claro: anaranjado.



Pruebas de delineación con fondo claro.

Fuente: Elaboración propia

De las seis pruebas presentadas anteriormente cabe decir que todas podrían ser válidas para presentar un proyecto. Sin embargo, se aprecian varias cuestiones:

- El uso del rayado proviene de una época en la que, para distinguir lo seccionado de lo visto en un dibujo, se necesitaba una técnica sencilla. Tenía la ventaja de que aportaba economía de trabajo y de tinta. Al pasar al trazador gráfico (plotter) sucedía lo mismo. Pero con los medios de impresión actuales, a base de aplicar un barrido de colores a todo lo ancho del papel, ya no se justifica el uso exclusivo de la trama como recurso gráfico para rayar las secciones.
- Las pruebas en negro sobre blanco se consideran válidas para publicaciones monocromáticas, sobre todo cuando se insertan los dibujos a pequeño tamaño. Las secciones con fondo negro pueden producir efectos visuales incómodos cuando se presentan en áreas muy anchas, como el caso de dibujos a escala de detalle.

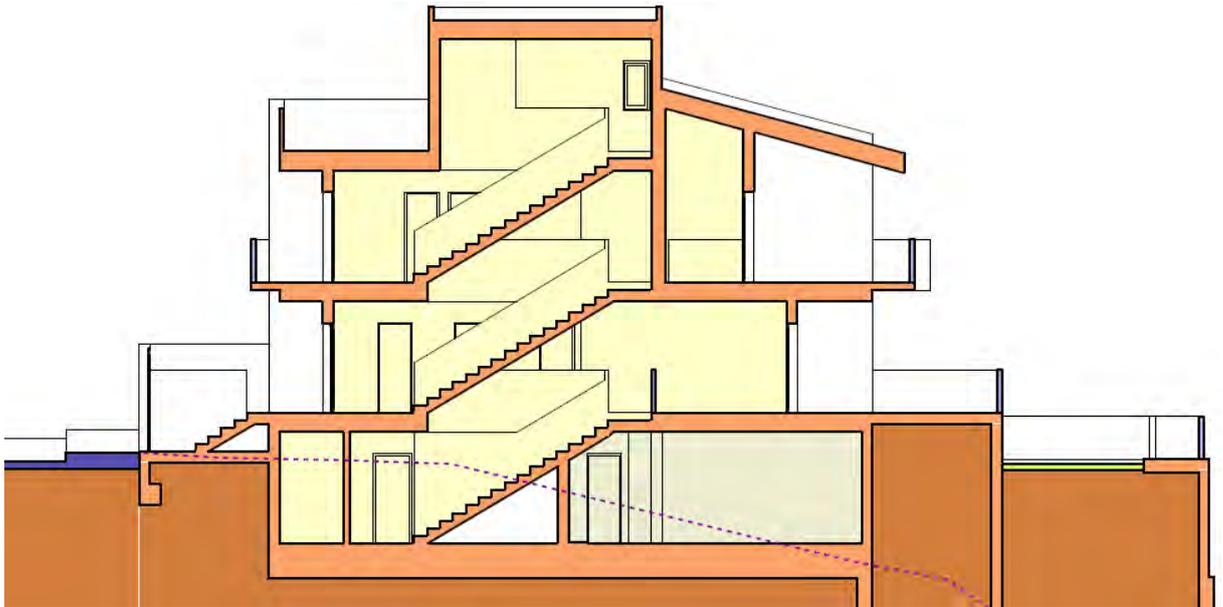
- Por último, introducir un toque de color en este tipo de dibujos, elimina el monocromatismo y ayuda visualmente a reconocer antes los espacios proyectados, pero sin el inconveniente del excesivo contraste que produce el blanco y negro. Según sea mayor o menor la escala de representación, se podrá elegir un color más claro o más oscuro para usar de fondo en los elementos seccionados.
- Para el relleno de superficies grandes, como en el caso del terreno cortado, se propone: bien usar colores aún más claros que para los muros y techos, o bien mucho más oscuros, para evitar competencias de color o ambigüedades.

Después de investigar los elementos seccionados, es el momento de ver cómo se simbolizan los elementos vistos. Ya se ha dicho que se usará la representación de líneas finas de color negro. En los ejemplos anteriores aparece dicho grafismo en todos ellos. Sin embargo se propone una mejora: introducir un fondo de color muy suave coincidiendo con los espacios interiores.

- Para las plantas, se colorearán las zonas transitables a un mismo nivel, distinguiendo si son interiores o exteriores. Para crear las interiores se ha recurrido a un artilugio de doble provecho: se ha dibujado una figura cerrada (con relleno de color) siguiendo el contorno de lo construido en cada nivel. De esta manera, en el dibujo de la planta se ve un fondo de color dentro de la casa que servirá para distinguir visualmente lo que está construido a un nivel determinado y para medir su área, que será la superficie construida de dicha planta. Y para los exteriores, siempre que se encuentren al mismo nivel, se han elegido colores suaves de Pantone Pastel.
- Para las secciones, se rellenan de color los espacios interiores, distinguiendo con colores distintos si son para vivienda o para servicios. Se muestra un ejemplo de ambos casos.

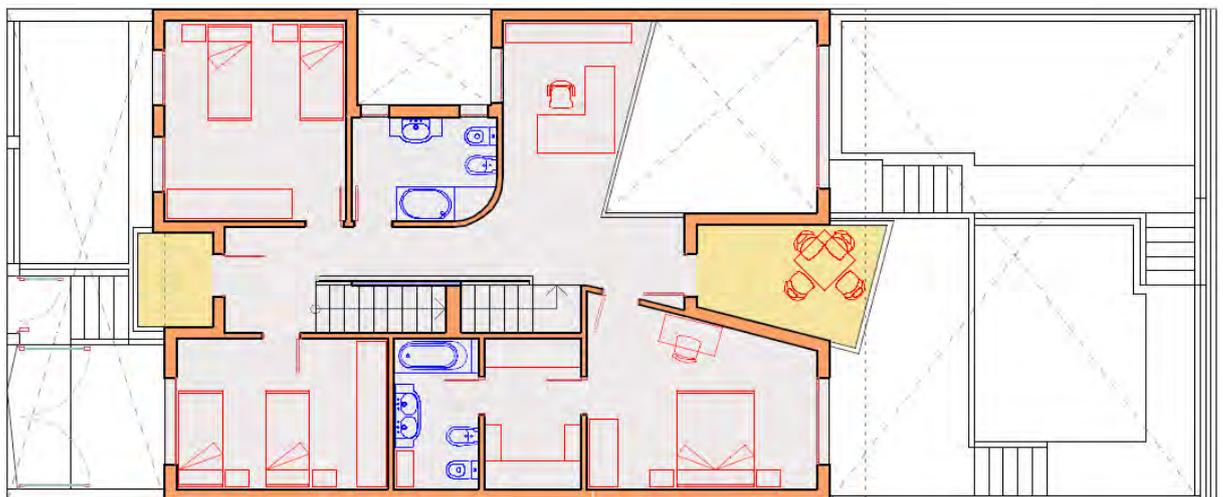
Pero claro, introducir manualmente fondos de color significa que no se integrarán en el proceso automático de la elaboración de cortes. En caso

de hacer cambios en el modelo y actualizar los cortes, habrá que revisar todos aquellos que tengan fondos de color manuales, para adaptarlos. Sin embargo, son fáciles de modificar utilizando los dimensionadores de los vértices de las líneas. Este pequeño inconveniente se ve compensado por el efecto gráfico obtenido, pues la comunicación aquí es importante.



Dibujo de sección, con fondos añadidos.

Fuente: Elaboración propia



Dibujo de planta, con fondos añadidos.

Fuente: Elaboración propia

Además de los fondos indicados anteriormente, habrá que realizar más tareas, como acotar los elementos significativos, rotular las superficies y, sobre todo, situar los muebles. Este último hecho puede suponer que

se tenga que rehacer parte del modelo 3D, para adecuarlo a los usos y distribuciones de las habitaciones, según la idea inicial que se tenía del proyecto. Por tanto, recién hecho un corte, se propone revisar su geometría y luego dibujar los muebles. Y todo ello antes de dibujar lo mencionado más arriba, para no avanzar en el dibujo de elementos que luego tengan que ser borrados o editados frecuentemente.

2.3.2.1.8. *Escala de definición de los dibujos*

Como para todo dibujo de arquitectura, cada escala de representación tiene un nivel de detalle determinado. En el estudio previo, donde se ha usado la escala 1:200, se han representado los muros por una línea gruesa, y nada más en las habitaciones. Para el anteproyecto, presentado a 1:100, ya se ven los muros como dos líneas con relleno, además de otros elementos como los muebles. Sin embargo, deberán ser dibujos simples, de pocas líneas. Más adelante, en el proyecto básico y en el de ejecución, que aparecerán a escala 1:50, habrá mucho más nivel de detalle, tanto para muebles como para pavimentos y demás elementos.



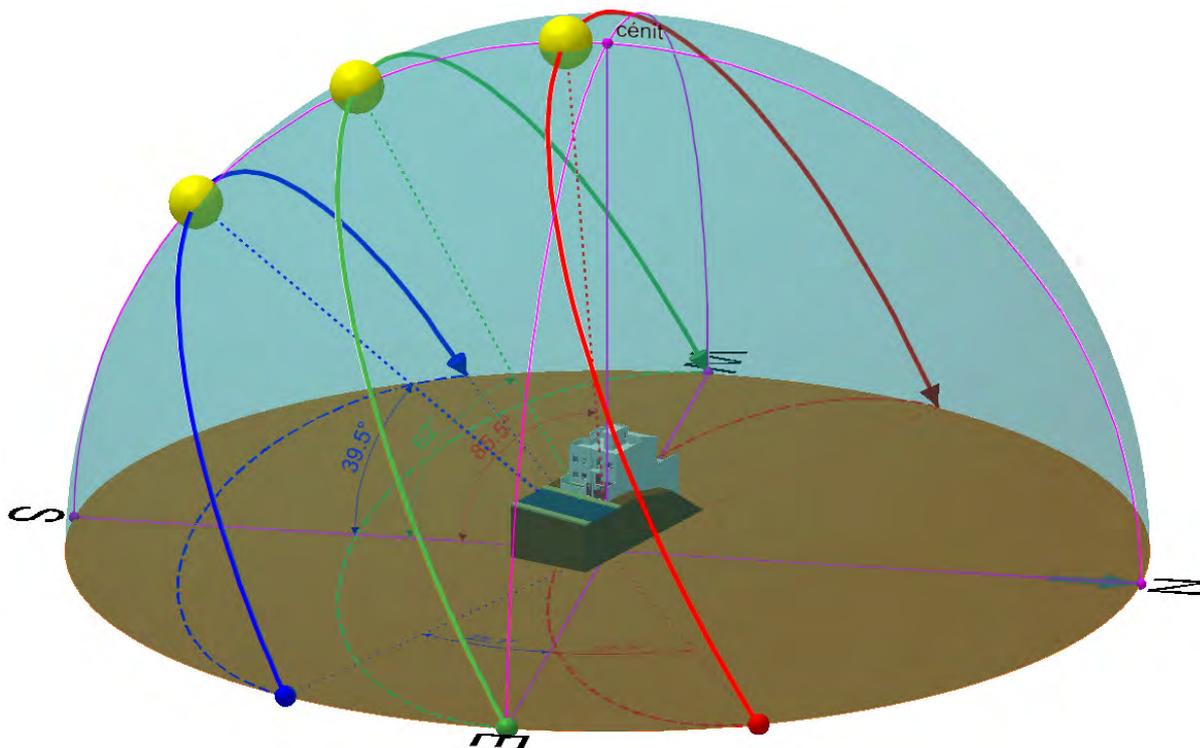
Tres escalas de dibujo (1:200, 1:100, 1:50) con sus correspondientes niveles de definición.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.9. Dibujos y elementos complementarios

Son aquellos componentes del anteproyecto que se colocan en las láminas de dibujo para completar su definición, tales como fotografías del lugar y el entorno, imágenes generadas por renderizado, tablas de datos o esquemas de funcionamiento. En este caso se han añadido varias cosas:

- Tabla de superficies construidas
- Tabla resumen de presupuesto estimado
- Renders exteriores e interiores
- Fotografías del lugar
- Estudio de asoleo de las dos fachadas, para las fechas del solsticio de verano (21 de junio), del equinoccio de primavera (21 de marzo) u otoño (21 de septiembre) y del solsticio de invierno (21 de diciembre), simuladas cada 30 minutos según hora local oficial.
- Esquemas de distribución de usos: público, privado, de servicio y de relación
- Esquema estructural, con ejes de replanteo de los elementos principales
- Texto descriptivo de las condiciones físicas de la parcela y su entorno
- Mapas de interpretación del suelo y el territorio
- Dibujos transparentes de planta y alzado para indicar los cortes
- Dibujos de vistas exteriores a línea fina



Movimiento aparente del sol en solsticios y equinoccios (28°N)
Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.10. Composición de planos

Una vez preparada la lámina plantilla y hechas las pruebas de impresión, llega el momento de incluir los dibujos en las láminas. Para cada lámina de presentación se van introduciendo los elementos que deba llevar con un orden similar a este:

1. Se vincula como referencia la lámina plantilla. Todas las láminas irán a escala 1:1 (tamaño real).
2. La plantilla incluye unos textos que varían de una lámina a otra (título del plano, escala y número). Hay que copiarlos a cada lámina, cambiarlos y ocultarlos de la plantilla referenciada.
3. Se insertan los dibujos vectoriales de plantas, alzados, secciones y vistas necesarios, cada uno a su escala correspondiente. Estos dibujos son los provenientes de los cortes hechos al modelo de conjunto, por lo que se ponen también como referencias. Este hecho es de vital importancia, porque cualquier cambio hecho en

el diseño 3D se puede propagar rápidamente a todos los cortes dependientes de él.

4. Se vinculan también las fotografías e imágenes de síntesis (renders) que deban ir, conservando su enlace al archivo fuente.
5. Se añaden los dibujos complementarios o explicativos, como los esquemas que indican por dónde se han trazado los cortes.
6. Se vinculan también las tablas u objetos externos que deban aparecer, como las tablas de materiales o de superficies construidas.
7. Cada dibujo deberá tener un título único, que se rotulará junto a él mediante un texto procedente de un estilo predefinido.
8. Si son necesarias las cotas en algún dibujo, se introducen en este momento, usando un estilo creado para ello.
9. Se dibujan otros elementos accesorios como tramas o fondos que se necesiten para completar la composición de cada lámina.
10. Se inserta una escala gráfica de un tamaño acorde con los dibujos.

2.3.2.1.11. Planos resultantes

En el anexo documental que acompaña a esta memoria (tomo 2) se reproducen todos los planos elaborados para el anteproyecto, a un tamaño aproximado de la mitad del original. Se han seguido las indicaciones descritas más arriba para esta fase, así como las aportaciones propias que se han creído convenientes.

Los planos son los siguientes, de los cuales se incluyen a continuación dos de ellos:

1. SITUACIÓN, EMPLAZAMIENTO Y DATOS
2. ALZADO ESTE Y PL. DE CUBIERTAS Y AZOTEA
3. ALZADO OESTE, PLANTA ALTA Y SECCIÓN A
4. PLANTA BAJA Y SECCIONES B, O

5. PLANTA SÓTANO Y SECCIONES D, M, N
6. SECCIONES C, E, J, K
7. ASOLEO E ILUMINACIÓN NATURAL (F. CALLE)
8. ASOLEO E ILUMINACIÓN NATURAL (F. VALLE)



Lámina de alzado oeste, planta alta y sección A.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1.12. Sistema de modelos utilizado

A medida que se va elaborando el anteproyecto, aparecen varios modelos nuevos para cubrir necesidades nuevas. Entre los previstos y los creados ahora, resultan los que se enumeran en la siguiente tabla:

TIPO	DIM.	PREFIJO	Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	MODELO
D.	3D	C		conjunto	modelo principal	C conjunto
D.	3D	EP		parcela	interior de parcela	EP parcela
D.	3D	EX		entorno	exterior de parcela	EX entorno
D.	3D	T		terreno	modelado del terreno	T terreno
D.	2D	T		emplazamiento	cartografía	T emplazamiento
D.	3D	P		plantilla	plantilla de plantas y sección	P plantilla
D.	3D	D	3	planta cubierta	modelado de cubierta	D 3 cubierta
D.	3D	D	2	planta azotea	modelado de planta azotea	D 2 planta azotea
D.	3D	D	1	planta alta	modelado de planta alta	D 1 planta alta
D.	3D	D	0	planta baja	modelado de planta baja	D 0 planta baja
D.	3D	P	-1	planta sótano	modelado de planta sótano	D -1 planta sótano
D.	3D	GR		TODO	grupo para cortes, todos elementos	GR TODO
D.	3D	GR		SIN EXT	grupo para cortes, sólo vivienda	GR SIN EXT
D.	3D	VA	1	alzado este	vista en alzado	VA 1 alzado este
D.	3D	VA	2	alzado oeste	vista en alzado	VA 2 alzado oeste
D.	3D	VP	+3	planta cubierta	vista en planta	VP +3 planta cubierta
D.	3D	VP	+2	planta azotea	vista en planta	VP +2 planta azotea
D.	3D	VP	+1	planta alta	vista en planta	VP +1 planta alta
D.	3D	VP	+0	planta baja	vista en planta	VP +0 planta baja
D.	3D	VP	-1	planta sótano	vista en planta	VP -1 planta sótano
D.	3D	VP	-2	planta relleno superior	vista en planta	VP -2 planta relleno sup
D.	3D	VP	-3	planta relleno inferior	vista en planta	VP -3 planta relleno inf
D.	3D	VSL	A	sección	vista en sección longitudinal	VSL A sección
D.	3D		...	sección	vista en sección longit	...
D.	3D	VSL	E	sección	vista en sección longit	VSL E sección
D.	3D	VST	J	sección	vista en sección transversal	VST J sección
D.	3D		...	sección	vista en sección transversal	...

TIPO	DIM.	PREFIJO	Nº	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	MODELO
D.	3D	VST	0	sección	vista en sección transversal	VST 0 sección
D.	3D	VTA	1	vista axonom	vista en axonométrica	VTA 1 noreste
D.	3D		...	vista axonom	vista en axonométrica	...
D.	3D	VTA	4	vista axonom	vista en axonométrica	VTA 4 suroeste
D.	3D	VTC	1	vista cónica	vista en persp. cónica	VTC 1 pasillo PB
D.	3D		...	vista cónica	vista en persp. cónica	...
D.	3D	VTC	5	vista cónica	vista en persp. cónica	VTC 5 comedor
H.	2D	L		CORTES	vista general de todos los cortes	L CORTES
H.	2D	L	0	plantilla	lámina de plantilla	L 0
H.	2D	L	1	lámina	lámina de presentación	L 1
H.	2D		...	lámina	lámina de presentación	...
H.	2D	L	8	lámina	lámina de presentación	L 8

Tabla definitiva de organización de los modelos.

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.1.13. Sistema de capas utilizado

Antes de empezar el anteproyecto ya se conocía la intención de dividir las capas en tres grupos:

- Capas para modelado, en 3D
- Capas para dibujos, en 2D
- Capas para láminas, en 2D.

Al final del proceso, han resultado las siguientes:

MODELADO	DIBUJOS	LÁMINAS
AP auxiliares	DIB alzado	LAM borde fijo
AP ejes estructuras	DIB construido	LAM borde variable
AP líneas de corte	DIB cotas	LAM carátula fijo
AP ACERAS	DIB curvas de color	LAM carátula variable
AP BARANDILLAS	DIB fondos de color	LAM dibujos de cortes
AP CALZADA	DIB líneas dibujo compl	LAM escala gráfica
AP CARPINTERÍA	DIB muebles	LAM fotos
AP ESCALERAS	DIB proyectado	LAM guías
AP ESPACIOS	DIB sanitarios	LAM líneas de corte
AP ESTRUCTURAS	DIB sección	LAM logo
AP FORJADOS	DIB superficies	LAM logo borde
AP JARDINES	DIB terreno natural	LAM norte
AP MUROS	DIB textos	LAM número diapos
AP PRETILES		LAM tablas
AP TABIQUES		LAM textos
AP TERRENO		LAM tira diapos
AP TERRENO MALLA		
AP VIDRIOS		

Los prefijos empleados permiten ordenar y filtrar las capas y, por tanto, usarlas más cómodamente. Su significado es el siguiente:

- **AP:** Anteproyecto, modelado 3D
- **DIB:** Dibujos extraídos del modelo
- **LAM:** Dibujos de las láminas

2.3.2.2. PROYECTO BÁSICO

2.3.2.2.1. Normativa

*“Es la fase del trabajo en la que se definen de modo preciso las características generales de la obra, mediante la adopción y justificación de soluciones concretas. Su contenido es suficiente para solicitar, una vez obtenido el preceptivo visado colegial, la licencia municipal u otras autorizaciones administrativas, pero insuficiente para llevar a cabo la construcción.”*⁶⁰

El Código Técnico de la Edificación añade:

*“Aunque su contenido no permita verificar todas las condiciones que exige el CTE, definirá las prestaciones que el edificio proyectado ha de proporcionar para cumplir las exigencias básicas y, en ningún caso, impedirá su cumplimiento.”*⁶¹

Se compone de las siguientes fases:

1. Modelado digital
2. Revisiones
3. Producción de documentos:
Planos, informes, memorias.

Abarca los siguientes documentos:⁶²

MEMORIA: Descriptiva y justificativa, que contenga la información siguiente:

⁶⁰ COAC: Op. cit., Artículo 1.4.3., p. 10.

⁶¹ España. Ministerio de Vivienda: *Código Técnico de la Edificación. Anejo I. Contenido del proyecto*. Madrid: Ministerio de Vivienda, 2006. p. 9.

⁶² Ídem, pp. 20 a 23.

Memoria descriptiva: Agentes, información previa, descripción del proyecto y prestaciones del edificio.

Memoria constructiva: Sustentación del edificio.

Cumplimiento del CTE: Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

Cumplimiento de otros reglamentos y disposiciones: Habitabilidad, accesibilidad.

PLANOS: Los planos del proyecto básico llevarán una carátula igual para todos, incluyendo la fase del proyecto, el número del plano, el título del proyecto, el título del plano, la fecha de terminación (mes y año), el/los autor/es del proyecto, el promotor o el/los propietario/s, las escalas numérica y gráfica, la situación de la parcela del proyecto, el municipio y provincia donde se ubican, logotipos de los agentes intervinientes (opcional), número de plano a sustituir (para cuando se realicen reformas), cuadro de firmas para el/los autor/es del proyecto y para el promotor o el/los propietario/s (recomendable), datos de localización de los agentes intervinientes (teléfonos, fax, dirección...) y texto referente a la autoría del trabajo.

⁶³

Plano de situación:

- *Dibujo de la parcela, referida al municipio o isla, donde se aprecie la situación de la parcela objeto del proyecto dentro de ellos. Irá a escala 1:500.000 y representado en el sistema acotado.*

⁶³ COAC: *Especificaciones Técnicas 2009*... El texto debe ser: "El presente documento es copia de su original del que es autor el arquitecto [indicar nombre]. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requerirá la previa autorización expresa de su autor, quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo."

- *Dibujo de la parcela, referida al territorio, donde se aprecie la red viaria, los núcleos de población, las vías de comunicación, los accidentes topográficos destacados (montañas, valles, costas, puertos...), etc. Irá a escala 1:10.000 y representado en el sistema acotado.*
- *Dibujo de la parcela, referida al planeamiento vigente, con referencia a puntos localizables y con indicación del norte geográfico. Irá a escala 1:2000 y representado en el sistema acotado.*
- *Fotografías del entorno, hechas a pie, y ortofoto general.*

Plano de emplazamiento:

- *Dibujo de la parcela, conteniendo la justificación urbanística, con alineaciones, retranqueos, etc., y otros datos, como los linderos, el nombre de las calles, el número de gobierno de las parcelas, las dimensiones del perímetro de la parcela (parciales y total), el ancho de las calles, los puntos de referencia, los accesos desde la vía pública, las servidumbres (si las hubiera) y la superficie de la parcela. Irá a escala 1:500 y representado en el sistema acotado.*
- *Dibujo de la parcela, conteniendo el levantamiento topográfico de la misma y sus alrededores, con curvas de nivel cada 50 cm, indicando los elementos urbanos que se encuentran próximos, las acometidas de las infraestructuras, la vegetación destacada, las construcciones existentes, etc. Irá a escala 1:250 y representado en el sistema acotado.*
- *Imágenes de síntesis, si fuese posible, sobre elevación, hipsométrico y clinométrico.*
- *Fotomontaje del proyecto dentro de su entorno, en planta de cubiertas y en perspectiva cónica.*

Plano de urbanización:

- *Dibujo de la parcela, conteniendo el trazado de la red viaria, las parcelas edificables y libres, las líneas de infraestructuras, las acometidas, etc. Irá a escala 1:1000 y representado en el sistema acotado.*

Plantas generales:

- *Plantas acotadas, con indicación de escala y de usos, reflejando los elementos fijos y los de mobiliario cuando sea preciso para la comprobación de la funcionalidad de los espacios.*

Planos de cubiertas:

- *Con indicaciones de pendientes, puntos de recogida de aguas, etc.*

Alzados y secciones:

- *Ambos tipos de dibujo irán acotados, con indicación de escala y cotas de altura de plantas, gruesos de forjado, alturas totales, para comprobar el cumplimiento de los requisitos urbanísticos y funcionales.*

Memorias gráficas:

- *Indicación de soluciones concretas y elementos singulares: carpintería, cerrajería, etc.*

PRESUPUESTO:

Presupuesto aproximado:

- *Valoración aproximada de la ejecución material de la obra proyectada por capítulos.*

2.3.2.2.2. Preparación de modelos constructivos

Los modelos de diseño a emplear para el proyecto básico son los mismos que para el anteproyecto. Sin embargo, el nivel de detalle será mayor para todos los elementos constructivos del proyecto.

Según esto, se procederá a crear una copia del anteproyecto como proyecto, manteniendo la misma estructura de modelos y los mismos elementos dibujados, para reconvertirlos en otros nuevos. Este reciclaje facilitará mucho el dibujo de los elementos en detalle y ahorrará mucho tiempo.

2.3.2.2.3. Preparación de materiales

En la fase de proyecto básico se define el edificio de manera precisa, por lo que habrá que utilizar una biblioteca de *piezas* mucho más desarrollada y completa que para la fase anterior. Se necesita contar con una extensa base de datos de materiales constructivos, con distintas dimensiones básicas, acabados superficiales, métodos de colocación y ajustes de resimbolización gráfica.

El programa de CAD utilizado cuenta con varias bases de datos de este tipo. Una de ellas está basada en las costumbres españolas de construir, ordenada según las Normas Tecnológicas de la Edificación. Sin embargo, para esta investigación se ha querido ir más allá de lo existente, proponiendo una nueva biblioteca de piezas, más acorde con las costumbres y sistemas constructivos locales y con el propio proyecto.

Es importante decir que no es imprescindible que todos los materiales estén definidos de antemano. Se pueden crear materiales nuevos *sobre la marcha*, bien copiando y cambiando alguno existente, o bien introduciendo todas sus características desde cero.

2.3.2.2.4. Elaboración de la base de datos

La creación de la base de datos llevó un proceso minucioso y laborioso que se detalla a continuación.

2.3.2.2.4.1. Estudio de bases de datos nacionales

Se ha hecho una recopilación de varias bases de precios de la construcción publicadas en España en los últimos años. Sólo se han

consultado las más usadas en la profesión y en las versiones disponibles al alcance del autor, que fueron las siguientes:

- Precios de edificación y obra civil en España PREOC 2009
- ITeC - Cuadro de Precios de referencia de Edificación 2001
- Banco de precios de CYPE Ingenieros 2003
- Banco de precios Junta de Extremadura 2005
- Banco de precios COAAT Ourense 2004
- Base de datos CIEC 2007
- Precio de la Construcción Centro 2005

Se pretende buscar una base de datos de materiales que abarque un buen número de elementos constructivos y que esté bien organizada según un orden lógico de las fases de la obra. No se entra en el valor numérico del precio de cada partida de obra, porque es irrelevante para este trabajo, así como cambiante de un año para otro.

La principal característica a encontrar es la organización de los datos, que tenga las categorías niveladas en los subniveles, pero sin perderse en las ramas finas.

2.3.2.2.4.2. Elección de la más apropiada

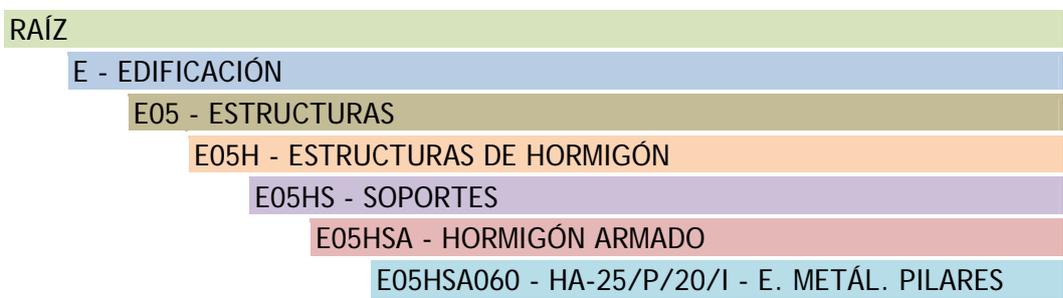
Tras estudiar la organización de las distintas unidades de obra en cada una de las bases de datos se ha elegido la denominada "*Precio de la Construcción Centro 2005*", editada por Soft., S.A., por ser la que, con diferencia, establece una clasificación variada y pormenorizada en cinco niveles. También es motivo de elección el que esta base de datos abarque todas las posibilidades del mundo de la construcción, ya sea edificación, urbanización, obra civil, rehabilitación o industria. En esta elección no se han tenido en cuenta las variantes regionales ni las costumbres locales de construcción.

2.3.2.2.4.3. Selección de elementos significativos

Las bases de precios están concebidas para introducir las mediciones y generar el presupuesto de un proyecto ya diseñado. En el caso del presente trabajo, se pretende adelantar el proceso final de seleccionar los materiales que formarán parte de la obra hasta el punto inicial del diseño de cualquier elemento constructivo. Es en este momento inicial donde realmente se decide de qué material está compuesto tal o cual elemento del proyecto, ya sea un pilar, un pavimento o una ventana.

En cualquier caso, siempre es posible iniciar el diseño con elementos genéricos, indefinidos materialmente, y concretarlos en una fase posterior. Igualmente, cambiar de uno a otro es muy sencillo, tanto respecto a geometría como a material de construcción.

Las unidades de obra vienen organizadas al final de una estructura en árbol, dependientes de una jerarquía de orden superior. Por ejemplo, un pilar de hormigón armado de sección 30x30 cm ejecutado con encofrado metálico, tiene el código E05HSA060, que proviene de:



El capítulo entero de E05 - ESTRUCTURAS, sin incluir las partidas finales, es así:

E05A	ESTRUCTURAS DE ACERO
E05AA	VIGAS Y PILARES
E05AC	CERCHAS Y FORMAS
E05AF	FORJADOS
E05AS	ESPACIALES
E05AW	VARIOS

E05H	ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
E05HF	FORJADOS UNIDIRECCIONALES
E05HFE	ENCOFRADO FORJADOS
E05HFM	HORMIGÓN EN FORJADOS
E05HFA	FORJADOS AUTORRESISTENTES
E05HFS	FORJADOS SEMIRRESISTENTES
E05HFI	FORJADOS IN SITU
E05HR	FORJADOS RETICULARES
E05HRE	ENCOFRADOS RETICULARES
E05HRB	RETICULAR BLOQUES ALIGERANTES
E05HRC	RETICULAR CASETONES RECUPERABLES
E05HP	FORJADOS PREFABRICADOS
E05HPN	FORJADOS PANEL NERVADO
E05HPA	FORJADOS PLACA ALVEOLAR
E05HL	LOSAS
E05HLE	ENCOFRADO
E05HLM	HORMIGÓN
E05HLA	HORMIGÓN ARMADO
E05HS	SOPORTES
E05HSC	ENCOFRADO CARTÓN
E05HSF	ENCOFRADO METÁLICO
E05HSD	ENCOFRADO MADERA
E05HSM	HORMIGÓN
E05HSA	HORMIGÓN ARMADO
E05HV	JÁCENAS/ZUNCHOS
E05HVM	HORMIGÓN
E05HVE	ENCOFRADO
E05HVA	HORMIGÓN ARMADO
E05HT	PREFABRICADOS DE HORMIGÓN
E05HTJ	VIGAS Y CORREAS
E05HTP	PILARES
E05HTM	MUROS
E05HTE	ESCALERAS
E05HZ	CONJUNTOS CONSTRUCTIVOS
E05HZE	ESTRUCTURAS MIXTAS
E05HZH	ESTRUCTURAS HORMIGÓN
E05HZN	ESTRUCTURAS NAVES HORMIGÓN
E05HW	FORJADOS VARIOS
E05HE	REPARACIONES EN ESTRUCTURAS HORM.

E05M	ESTRUCTURAS DE MADERA
E05MA	VIGAS Y SOPORTES
E05MC	CUBIERTAS
E05MF	FORJADOS DE MADERA
E05ML	LAMINADAS

2.3.2.2.4.4. Adaptación al formado adecuado

La base de precios "Centro 2005" viene estructurada en árbol con muchas ramificaciones, como se ha dicho anteriormente. Para extraer la información se han exportado dichos datos a un formato cómodo para trabajar con ellos: una hoja de cálculo. Se incluyen en la exportación los capítulos y los subcapítulos.

La hoja de cálculo se genera con todos los datos en una columna y los códigos en otra. Es preciso separarlo todo por ramas en distintas columnas, como en la tabla anterior.

Para el caso de este trabajo, queda simplificado a un tronco y tres escalones de ramas. En el ejemplo del pilar de hormigón sería:

E - EDIFICACIÓN
E05 - ESTRUCTURAS
E05H - ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
E05HS - SOPORTES

Ello se debe a que sólo interesa el elemento constructivo para dibujarlo en un modelo digital y que posea un indicador de referencia que lo conecte con la base de datos. A la hora de dibujar un pilar como el del ejemplo, es irrelevante que su encofrado sea de cartón, madera o metálico. Este matiz aparece a la hora de medir el proyecto, pero no antes.

Así pues, se han seleccionado aquellas ramas que son de interés para el dibujo de la geometría o su representación. Se han eliminado las que hacen mención a particularidades o atributos que no se dibujan. Con ello, el capítulo de estructuras queda como sigue:

ESTRUCTURAS
ESTRUCTURAS DE ACERO
PILARES
VIGAS
CERCHAS Y FORMAS
FORJADOS
ESPACIALES
APOYOS
VARIOS
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN
FORJADOS UNIDIRECCIONALES
FORJADOS RETICULARES
FORJADOS PREFABRICADOS
LOSAS
SOPORTES
JÁCENAS/ZUNCHOS
PREFABRICADOS DE HORMIGÓN
ESTRUCTURAS DE MADERA
SOPORTES
VIGAS
CUBIERTAS
FORJADOS DE MADERA
LAMINADAS

2.3.2.2.4.5. Creación de las capas para los elementos constructivos

Para cada uno de los elementos constructivos seleccionados anteriormente de la base de precios se le asignará una capa única donde será dibujado. El nombre de la capa estará formado por palabras, enteras o truncadas, alusivas a su contenido. Igualmente se propone un prefijo que coincida con el código de la base de precios, para facilitar y acelerar la elaboración de las mediciones del proyecto.

- E05HR - FORJADOS RETICULARES → E05HR ESTRUC HOR FORJAD RET

Se ha evitado el uso de nombres largos en las capas, por motivos de simplificar su búsqueda y no ocupar demasiada área al presentarlo en la pantalla del ordenador.

El nombre de las capas está formado por cuatro partes separadas por espacios:

1. E05HR → Prefijo que coincide con el código de la base de precios.
2. ESTRUC → Familia de elementos constructivos, coincidiendo con los capítulos de las mediciones.
3. HOR → Excepcionalmente puede aparecer una subfamilia por cambio de material principal o disposición constructiva.
4. FORJAD → Nombre del elemento constructivo a representar en el modelo tridimensional.
5. RET → Ocasionalmente puede aparecer un sufijo que pormenore aún más el elemento a dibujar, en base a su naturaleza constructiva.

Generalizando, una capa puede estar formada por las siguientes partes:

CÓDIGO	FAMILIA	SUBFAMILIA	ELEMENTO	VARIANTE
--------	---------	------------	----------	----------

Siguiendo con el ejemplo del capítulo de estructuras, sus capas serían:

SUBFAMILIA	ELEMENTO CONSTRUCTIVO	NOMBRE DE LA CAPA
ESTRUCTURAS DE ACERO		
	PILARES	E05AP ESTRUC ACE PILARES
	VIGAS	E05AV ESTRUC ACE VIGAS
	CERCHAS Y FORMAS	E05AC ESTRUC ACE CERCHAS
	FORJADOS	E05AF ESTRUC ACE FORJADOS
	ESPACIALES	E05AS ESTRUC ACE ESPACIALES
	APOYOS	E05AA ESTRUC ACE APOYOS
	VARIOS	E05AW ESTRUC ACE VARIOS
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN		
	FORJADOS UNIDIRECCIONALES	E05HF ESTRUC HOR FORJAD UNI
	FORJADOS RETICULARES	E05HR ESTRUC HOR FORJAD RET
	FORJADOS PREFABRICADOS	E05HP ESTRUC HOR FORJAD PREF
	LOSAS	E05HL ESTRUC HOR LOSAS
	SOPORTES	E05HS ESTRUC HOR PILARES
	JÁCENAS/ZUNCHOS	E05HV ESTRUC HOR VIGAS
	PREFABRICADOS DE HORMIG	E05HT ESTRUC HOR PREFABRIC

ESTRUCTURAS DE MADERA	
SOPORTES	E05MS ESTRUC MAD PILARES
VIGAS	E05MV ESTRUC MAD VIGAS
CUBIERTAS	E05MC ESTRUC MAD CUBIERTAS
FORJADOS DE MADERA	E05MF ESTRUC MAD FORJADOS
LAMINADAS	E05ML ESTRUC MAD LAMINADA

Las capas se han elaborado para los dos grupos de capítulos de *edificación* y de *urbanización y obra civil*. Los grupos de *rehabilitación e industria* escapan a los fines de este trabajo, aunque se pueden usar estas pautas para crearlos igualmente.

También se ha dotado de un código numérico a las capas. MicroStation lo genera automáticamente si no se define al crear una capa, pero se ha estimado muy conveniente dotar a las capas de su número correspondiente desde este momento, para así tener más control aún sobre ellas. Por ejemplo, se puede usar como criterio de búsqueda, orden del listado o filtrado para su consulta.

En la columna siguiente al nombre de capa aparece, en la hoja de cálculo, el código numérico de cada una, para los fines arriba mencionados.

A continuación se encuentra otra columna que contiene descripciones detalladas del contenido de la capa, así como posibles variantes o distintos elementos que puede contener.

2.3.2.2.4.6. Conversión en biblioteca de capas

Es un proceso unidireccional que habrá que hacer tantas veces como sea preciso actualizar la base datos. Los pasos son los siguientes:

1. Se seleccionan las tres columnas de nombre, número y descripción.
2. Se copian a una hoja de cálculo vacía.

...		
E07B CERRAM FÁBRICA BLOQ	701	ARCILLA - HORMIGÓN - TERMOARCILLA
E07L CERRAM FÁBRICA LADR	702	HUECO - PERFORADO - CARA VISTA
E07H CERRAM PREFABRICADO	703	HORMIGÓN - ACERO
E07M CERRAM BIOCLIMÁTICO	704	TROMBE - INVERNADERO
E07TB DIVISIÓN TABIQUES	721	LADRILLO - YESO - HORM. CELULAR - CON AISLAM.
E07TR DIVISIÓN RECIBIDOS	722	CERCOS - CERRAJERÍAS - PERSIANAS
E07N CERRAM FACH CERÁMICA	741	
...		

3. Se exporta esta nueva hoja a formato de *valores separados por comas* (CSV).

4. Se abre el archivo generado desde un bloc de notas, se cambia cada punto y coma (;) por una coma (,) y se guarda.

```
...
E07B CERRAM FÁBRICA BLOQ,701,ARCILLA - HORMIGÓN - TERMOARCILLA
E07L CERRAM FÁBRICA LADR,702,HUECO - PERFORADO - CARA VISTA
E07H CERRAM PREFABRICADO,703,HORMIGÓN - ACERO
E07M CERRAM BIOCLIMÁTICO,704,TROMBE - INVERNADERO
E07TB DIVISIÓN TABIQUES,721,LADRILLO - YESO - HORM. CELULAR - CON AISLAM.
E07TR DIVISIÓN RECIBIDOS,722,CERCOS - CERRAJERÍAS - PERSIANAS
E07N CERRAM FACH CERÁMICA,741,
...
```

2.3.2.2.4.7. Importación de las capas

Para dar de alta en MicroStation las capas creadas se recurre al *administrador de niveles*. Basta con importar el archivo en formato CSV que se había creado al efecto. Así permanecerán disponibles para situar los nuevos materiales a crear en la base de datos.

2.3.2.2.4.8. Creación de la nueva base de datos (biblioteca de piezas)

Éste es un proceso a iniciar una sola vez. Luego se irá completando, reformando y ampliando.

Primero se ejecuta el programa y se abre el *explorador de conjunto de datos* para crear dos nuevos:

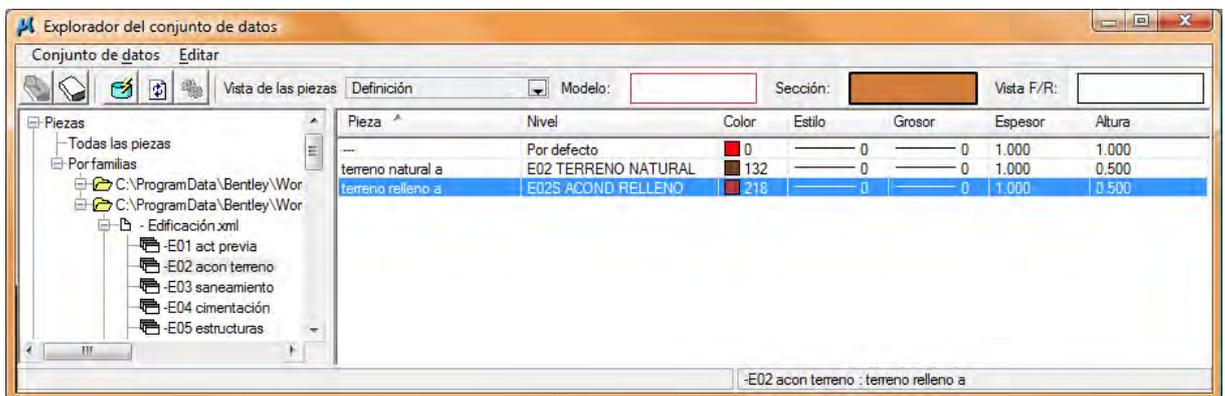
- - Edificación
- - Urbanización y obra civil

A continuación se crean todas las *familias de piezas* para cada conjunto de datos. Por ejemplo:

...	
-E05 estructuras	estructuras
-E06 cantería	cantería
-E07 muros	cerramientos y divisiones
-E08 revestimien	revestimientos y falsos techos
...	

2.3.2.2.4.9. Creación de elementos constructivos nuevos según grupo y familia

Dentro de cada familia se van creando los distintos materiales y sus variantes, llamados *piezas*.



Ejemplo de *pieza* en el explorador del conjunto de datos.

Fuente: Bentley Architecture

2.3.2.2.4.10. Asignación de atributos no gráficos a los elementos geométricos

Para cada pieza hay que detallar una serie de datos:

CATEGORÍA	DATO	VALOR
DEFINICIÓN	PIEZA	terreno relleno a
	DESCRIPCIÓN	terreno de relleno
	NIVEL	E02S ACOND RELLENO
	COLOR	 218
	ESTILO	— 0
	GROSOR	— 0
	ESPESOR	1,000
	ALTURA	0,500

CATEGORÍA	DATO	VALOR
SIMBOLOGÍA DE SECCIÓN		
	PIEZA	terreno relleno a
	CONMUTACIÓN DE SECCIÓN	✓
	NIVEL DE SECCIÓN	DIB sección
	COLOR DE SECCIÓN	 14
	GROSOR DE SECCIÓN	 1
	CONMUTACIÓN UNIFICACIÓN-SECCIÓN	✓
	UNIFICADOR DE SECCIÓN	*elementos propios*
	CONMUTACIÓN DE VISTA F-R	✓
	NIVEL DE VISTA F-R	DIB alzado
	COLOR DE VISTA F-R	 14
	GROSOR DE VISTA F-R	 0
	CONMUTACIÓN UNIFICACIÓN VISTA F-R	✓
	UNIFICADOR DE VISTA F-R	terreno relleno a
RAYADO DEL CORTE		
	PIEZA	terreno relleno a
	DESCRIPCIÓN	terreno de relleno
	CONMUTACIÓN DE RELLENO DE CORTE	✓
	COLOR DE RELLENO DE CORTE	 250
	PATRÓN	
	TIPO DE PATRÓN	Rayado lineal
	COLOR DE PATRÓN	 14
	ESTILO DE PATRÓN	 0
	GROSOR DE PATRÓN	 0
	ÁNGULO 1 DEL PATRÓN	45,000°
	ÁNGULO 2 DEL PATRÓN	-45,000°
	DISTANCIA 1 DEL PATÓN	0,050
	DISTANCIA 2 DEL PATRÓN	0,050
SIMBOLOGÍA DE LÍNEA CENTRAL		
	NO SE UTILIZA EN ESTE TRABAJO	
PROPIEDADES DE RENDERING		
	PIEZA	terreno relleno a
	DESCRIPCIÓN	terreno de relleno
	CONMUTACIÓN DE RENDERING	✓
	PALETA DE RENDERING	jardín
	MATERIAL DE RENDERING	Tierra 2
COMPONENTES DE INFORMES		
	NO SE UTILIZA EN ESTE TRABAJO	
ANOTACIÓN DE SECCIÓN		
	NO SE UTILIZA EN ESTE TRABAJO	

Por último, hay que validar los datos guardándolos en disco.

2.3.2.2.4.11. Formato XML

El *explorador del conjunto de datos* permite cortar, copiar, pegar, renombrar, editar, borrar... cualquier campo de la base de datos, lo cual resulta muy práctico para administrar los elementos constructivos que se van introduciendo.

La base de datos está escrita en lenguaje de marcado extensible (XML). Esto permite el intercambio de información con otros programas, así como la edición externa mediante un procesador de textos. En Wikipedia, se lo define como:

“XML, siglas en inglés de Extensible Markup Language (lenguaje de marcas extensible), es un metalenguaje extensible de etiquetas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C). Es una simplificación y adaptación del SGML y permite definir la gramática de lenguajes específicos (de la misma manera que HTML es a su vez un lenguaje definido por SGML). Por lo tanto XML no es realmente un lenguaje en particular, sino una manera de definir lenguajes para diferentes necesidades. Algunos de estos lenguajes que usan XML para su definición son XHTML, SVG, MathML.

XML no ha nacido sólo para su aplicación en Internet, sino que se propone como un estándar para el intercambio de información estructurada entre diferentes plataformas. Se puede usar en bases de datos, editores de texto, hojas de cálculo y casi cualquier cosa imaginable.

XML es una tecnología sencilla que tiene a su alrededor otras que la complementan y la hacen mucho más grande y

con unas posibilidades mucho mayores. Tiene un papel muy importante en la actualidad ya que permite la compatibilidad entre sistemas para compartir la información de una manera segura, fiable y fácil.” ⁶⁴

También permite que la información de proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción esté al alcance de quien lo requiera en Internet en vez de en libros. La información, de este modo, puede estar a la mano en tiempo real.

Su diseño facilita las comunicaciones y el comercio electrónico entre las distintas organizaciones involucradas en proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), que incluye a arquitectos, ingenieros, contratistas, promotores, operadores, consultores, proveedores de materiales, fabricantes de productos para la construcción y otros ⁶⁵.

Su estructura en árbol permite una visión clara de su contenido. A continuación se incluye un ejemplo para el material de *terreno de relleno*:

⁶⁴ COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *Extensible Markup Language* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2009. [ref. de 28 de septiembre de 2009]. Disponible en Web: http://es.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language.

⁶⁵ HERRERO, TOÑI: *Bentley lanza MicroStation V8. Combina archivos propios y de AutoCAD*. [en línea]. Madrid: IDG COMMUNICATIONS, S.A.U., 2001 [ref. de 28 de septiembre de 2009]. Disponible en Web: <http://www.idg.es/computerworld/articulo.asp?id=127505>.

Tree Structure	Values
xml	version="1.0" encoding="Windows-1252"
TriForma	
[COMMENT]	Generado por MicroStation TriForma, versión 08.09.03.55
Parts	
PartFamily	(name="E02 acon terreno") (version="B1")
Description	
[TEXT]	acondicionamiento del terreno
Units	(master="m") (sub="cm")
Part	(name="terreno relleno a")
Description	
Model	(thickness="1.000") (height="0.500")
Level	
[TEXT]	E02S ACOND RELENO
Symbology	(color="218") (style="0") (weight="0")
CutView	(activate="true") (cutInCompoundCells="false")
Level	
[TEXT]	DIB sección
Symbology	(color="14") (style="0") (weight="1")
Unifier	(activate="true")
[TEXT]	SELF UNIFIER
FrontAndRearView	(activate="true")
Level	
[TEXT]	DIB alzado
Symbology	(color="14") (style="0") (weight="0")
Unifier	(activate="true")
[TEXT]	SELF UNIFIER
CutPatterns	(activate="false")
FilledColor	(activate="true") (color="250")
Pattern	(mode="LINEARHATCH")
LinearHatching	(angle1="45.000000") (spacing1="0.050")
Symbology	(color="14") (style="0") (weight="0")
CrossHatching	(angle1="45.000000") (spacing1="0.050") (angle2="-45.000000") (spacing2="0.050")
Symbology	(color="14") (style="0") (weight="0")
Patterning	(rowSpacing="0.000") (columnSpacing="0.000")
Cell	(angle="0.000000") (scale="1.000000")
Centerline	(activate="false")
Rendering	(activate="true")
Palette	
[TEXT]	jardin
Material	
[TEXT]	Tierra 2
Notation	
Quantification	
PartFamily	(name="E03 saneamiento") (version="B1")

Árbol de datos XML para el material *terreno de relleno*.

Fuente: Peter's XML Editor

2.3.2.2.5. Cuadro de capas resultantes

Las capas creadas para edificación son las siguientes:

E01AA PREV CONSOL APEOS	E16A VIDRIO PLANO
E01AE PREV CONSOL ENTIBACIÓN	E16C VIDRIO TEMPLADO
E01AR PREV CONSOL REFUERZO	E16EC VIDRIO CÁMARA
E01AW PREV CONSOL VARIOS	E16EL VIDRIO LAMINADO
E01DC PREV DEMOL CUBIER	E16EU VIDRIO COLADO
E01DE PREV DEMOL REVEST	E16EW VIDRIO VARIOS
E01DF PREV DEMOL MUROS	E16FF VIDRIO PAVÉS
E01DI PREV DEMOL INSTAL	E16K VIDRIO MUROS CORTINA
E01DK PREV DEMOL CARPIN	E16L VIDRIO LUCERNARIOS
E01DP PREV DEMOL PAVIM	E16M VIDRIO CLARABOYAS
E01DS PREV DEMOL ESTRUC	E16T VIDRIO SINTÉTICOS FIBRA
E01DW PREV DEMOL VARIOS	E17BA INSTAL ELEC CAJAS GEN PROT
E02A ACOND LIMPIEZA	E17BC INSTAL ELEC CONTADORES
E02C ACOND EXCAV VACIADO	E17BD INSTAL ELEC TOMAS TIERRA
E02E ACOND EXCAV ZANJAS	E17CA INSTAL ELEC ACOMETIDAS
E02P ACOND EXCAV POZOS	E17CL INSTAL ELEC LÍNEAS GEN ALIM
E02Q ACOND EXCAV BATACHES	E17CI INSTAL ELEC DERIVAC INDIV
E02R ACOND PERFILADO	E17CB INSTAL ELEC CUADROS PROTEC
E02G ACOND GEOTEXTIL	E17CC INSTAL ELEC CIRCUITOS MONOF
E02S ACOND RELLENO	E17CT INSTAL ELEC CIRCUITOS TRIFÁS
E02 TERRENO NATURAL	E17CD INSTAL ELEC CANALETAS
E03M SANEAM ACOMETIDA	E17M INSTAL ELEC MECANISMOS
E03A SANEAM ARQUETAS	E17H INSTAL ELEC CAJAS MECANIS
E03Z SANEAM POZOS	E17S INSTAL ELEC SUMINISTRO AUX
E03OE SANEAM COLECTOR ENT	E17R INSTAL ELEC RED BT CONDUCT
E03OD SANEAM COLECTOR DREN	E17F INSTAL ELEC RED BT APOYO
E03OC SANEAM COLECTOR COLG	E17P INSTAL ELEC PROTECCIONES
E03EC SANEAM CALDERETAS	E17D INSTAL ELEC DOMÓTICA
E03EU SANEAM SUMIDEROS	E18E INSTAL ILUMIN EXTERIOR
E03EN SANEAM CANALETAS	E18I INSTAL ILUMIN INTERIOR
E03EI SANEAM IMBORNALES	E18G INSTAL ILUMIN EMERGENCIA
E03D SANEAM DRENAJE	E19TC INSTAL TELEC EQ CAPT
E04A CIMEN ACERO	E19TE INSTAL TELEC EQ CABEC
E04C CIMEN ZAPATAS	E19TP INSTAL TELEC CABLEADO
E04C CIMEN RIOSTRAS	E19TR INSTAL TELEC CANALIZ
E04R CIMEN RECALCES	E19TD INSTAL TELEC DISTRIB
E04L CIMEN LOSAS	E19TU INSTAL TELEC PTO ACC US

E04M CIMEN MUROS SÓTANO	E19TT INSTAL TELEC TOMA US
E04P CIMEN PILOTES	E19RO INSTAL TELEC RED FIB OPT
E04PS CIMEN PANTALLAS	E19RE INSTAL TELEC RED ELÉCT
E04S CIMEN SOLERAS	E19RI INSTAL TELEC RED INALÁMB
E04E CIMEN ENCEPADOS	E19M INSTAL TELEC MEGAFONÍA
E05AP ESTRUC ACE PILARES	E19P INSTAL TELEC PORTERO AUT
E05AV ESTRUC ACE VIGAS	E19IC INSTAL INFORM CANALIZ
E05AC ESTRUC ACE CERCHAS	E19IB INSTAL INFORM CABLE PAR
E05AF ESTRUC ACE FORJADOS	E19IL INSTAL INFORM CABLE COAX
E05AS ESTRUC ACE ESPACIALES	E19IP INSTAL INFORM PANEL CON
E05AA ESTRUC ACE APOYOS	E19IM INSTAL INFORM TOMAS
E05AW ESTRUC ACE VARIOS	E19IH INSTAL INFORM CAJAS MEC
E05HF ESTRUC HOR FORJAD UNI	E19EA INSTAL TELEC CONTR PUN
E05HR ESTRUC HOR FORJAD RET	E19EC INSTAL TELEC CONTR CEN
E05HP ESTRUC HOR FORJAD PREF	E20A INSTAL FONTAN ACOMETIDA
E05HL ESTRUC HOR LOSAS	E20C INSTAL FONTAN CONTADOR
E05HL ESTRUC HOR ESCALERAS	E20DD INSTAL FONTAN DEPÓSIT
E05HS ESTRUC HOR PILARES	E20DG INSTAL FONTAN GRUPO PR
E05HV ESTRUC HOR VIGAS	E20T INSTAL FONTAN TUBERÍAS
E05HT ESTRUC HOR PREFABRIC	E20V INSTAL FONTAN VÁLVULAS
E05MS ESTRUC MAD PILARES	E20WB INSTAL SANEAM TUBERÍA
E05MV ESTRUC MAD VIGAS	E20WG INSTAL SANEAM DESAG
E05MC ESTRUC MAD CUBIERTAS	E20WJ INSTAL SANEAM BAJANTES
E05MF ESTRUC MAD FORJADOS	E20WN INSTAL SANEAM CANALON
E05ML ESTRUC MAD LAMINADA	E21A INSTAL SANITAR APARATOS
E06C CANT CHAPADO	E21CG INSTAL SANITAR GRIFERÍA
E06F CANT CHAPADO VENTILADO	E21F INSTAL SANITAR FREGADER
E06M CANT MAMPOSTERÍA	E21M INSTAL SANITAR COMPLEM
E06S CANT SILLERÍA	E22D INSTAL CALEFAC DEPÓS COM
E06P CANT LABRADA	E22C INSTAL CALEFAC CALDERAS
E06R CANT REMATES	E22E INSTAL CALEFAC EQUIP AUX
E06W CANT VARIOS	E22NT INSTAL CALEFAC TUBERÍAS
E07B CERRAM FÁBRICA BLOQ	E22NV INSTAL CALEFAC VÁLVULAS
E07L CERRAM FÁBRICA LADR	E22H INSTAL CALEFAC CHIMENEAS
E07H CERRAM PREFABRICADO	E22S INSTAL CALEFAC EMISORES
E07M CERRAM BIOCLIMÁTICO	E22TA INSTAL ACS ACUMULAD
E07TB DIVISIÓN TABIQUES	E22TC INSTAL ACS CALENTAD
E07TR DIVISIÓN RECIBIDOS	E22WC INSTAL CHIMEN FRANCES
E07N CERRAM FACH CERÁMICA	E22WE INSTAL CHIMEN ESTUFAS
E07W DIVISIÓN VARIOS	E22M INSTAL SOLAR TÉRMICA
E08P REVEST PARAMENTOS	E23DC INSTAL AIRE CONDUCTOS

E08T REVEST FALSOS TECHOS	E23DD INSTAL AIRE DIFUSORES
E09CA CUBIER FORM LIGERAS	E23DP INSTAL AIRE COMPUERTAS
E09CF CUBIER FORM FALDONES	E23DR INSTAL AIRE REJILLAS
E09CT CUBIER FORM TABLEROS	E23EA INSTAL AIRE EQUIPO PROD
E09IC CUBIER INCL TEJAS	E23EB INSTAL AIRE BOMBA CALOR
E09IF CUBIER INCL FIBROCEM	E23EC INSTAL AIRE CONSOLAS
E09IK CUBIER INCL ASFÁLTICA	E23ET INSTAL AIRE OTROS
E09IM CUBIER INCL METÁLICA	E23V INSTAL AIRE VENTILADORES
E09IP CUBIER INCL PIZARRA	E23HH INSTAL AIRE HUMIDIFIC
E09IG CUBIER INCL POLIÉSTER	E23HD INSTAL AIRE DESHUMIDIF
E09IS CUBIER INCL REMATES	E24A INSTAL GAS ACOMETIDA
E09N CUBIER NO TRANSITABLE	E24B INSTAL GAS CONTADORES
E09NAJ CUBIER AJARDINADA	E24D INSTAL GAS DEPÓSITOS
E09P CUBIER TRANSITABLE	E24I INSTAL GAS INTERIOR
E10AA AISLAM ACÚSTICO	E24T INSTAL GAS TUBERÍAS
E10AT AISLAM TÉRMICO	E24V INSTAL GAS VÁLVULAS
E10AK AISLAM CANALIZACIONES	E24R INSTAL GAS CONTROL
E10AE AISLAM ECOLÓGICO	E24X INSTAL GAS DETECCIÓN
E10IA IMPERM ASFÁLTICA	E25TA INSTAL ELEVAC ASCENSOR
E10IN IMPERM NO ASFÁLTICA	E25TM INSTAL ELEVAC MONTACAR
E11CC PAVIM CEMENTO	E25TE INSTAL ELEVAC ESCAL MEC
E11CT PAVIM TERRAZO	E25TC INSTAL ELEVAC ANDENES
E11EX PAVIM CERÁMICO	E25TW INSTAL ELEVAC VARIOS
E11EP PAVIM GRES	E25M INSTAL ELEVAC MINUSVÁL
E11G PAVIM GRANITO	E26FA INSTAL PROT FUE DETECT
E11M PAVIM MÁRMOL	E26FD INSTAL PROT FUE AB AGUA
E11P PAVIM PIEDRA	E26FE INSTAL PROT FUE EXTINT
E11R PAVIM MADERA	E26FH INSTAL PROT FUE FIJOS
E11S PAVIM SINTÉTICO	E26FJ INSTAL PROT FUE SEÑALIZ
E11T PAVIM TEXTIL	E26FK INSTAL PROT FUE ESTRUC
E11V PAVIM ELEVADO	E26FL INSTAL PROT FUE PUERTA
E11W PAVIM REMATES	E26FM INSTAL PROT FUE INTUMES
E11 PAVIM RELLENO	E26FN INSTAL PROT FUE SELLADO
E12A ALICAT CERÁMICO	E26RC INSTAL PROT ROB CENTR
E12C CHAP INTERIOR	E26RD INSTAL PROT ROB DETEC
E12P PREFAB ELEMENTOS	E26RS INSTAL PROT ROB ACESOR

E13 CARPIN APERTURA	E26RT INSTAL PROT ROB CIRC TV
E13C CARPIN MAD PRECERC	E26PD INSTAL PROT RAY DESCARG
E13EE CARPIN MAD PUERTAS EXT	E26PI INSTAL PROT RAY PARARRAY
E13EP CARPIN MAD PUERTAS INT	E26PJ INSTAL PROT RAY FARADAY
E13M CARPIN MAD ARMARIOS	E27E PINTURA PARAMEN INT
E13K CARPIN MAD MAMPARAS	E27G PINTURA PARAMEN EXT
E13PC CARPIN MAD CAPIALZADOS	E27H PINTURA METALES
E13PP CARPIN MAD PERSIANAS	E27M PINTURA MADERA
E13PE CARPIN MAD CELOSÍAS	E27R PINTURA REVESTIM INT
E13RS CARPIN MAD VENTANAS	E28B SEGUR INSTAL BIENESTAR
E13RX CARPIN MAD VENTAN TEJ	E28E SEGUR SEÑALIZACIÓN
E13SC CARPIN MAD CONTRAVEN	E28P SEGUR PROTEC COLECT
E13SB CARPIN MAD BARANDILLAS	E28R SEGUR EQUIP PROTEC IND
E13N CARPIN MAD ENCIMERAS	E29A CALIDAD AISLAMIEN
E14AAC CARPIN ALU VENTANAS	E29B CALIDAD ESTRUC HORM
E14AAU CARPIN ALU PUERTAS	E29C CALIDAD ESTRUC ACERO
E14AAM CARPIN ALU MAMPARAS	E29D CALIDAD ESTRUC MADERA
E14AAE CARPIN ALU CERRAMIEN	E29E CALIDAD MORTEROS
E14AAD CARPIN ALU DEFENSAS	E29H CALIDAD PREFAB HORM
E14ALX CARPIN ALU MALLORQUIN	E29I CALIDAD INSTALACIONES
E14AP CARPIN ALU PERSIANAS	E29K CALIDAD MAT CERÁMICOS
E14AP CARPIN ALU CELOSÍAS	E29M CALIDAD BALDOSAS
E14PA CARPIN PVC VENTANAS	E29Q CALIDAD CARPINTERÍA
E14PE CARPIN PVC PUERTAS	E29S CALIDAD GEOTECNIA
E14PM CARPIN PVC MALLOQUIN	E29W CALIDAD VARIOS
E14PV CARPIN PVC PERSIANAS	E30C EQUIPAM CLÍNICO
E14PS CARPIN PVC CELOSÍAS	E30E EQUIPAM CENTR EDUCAT
E14G CARPIN ALU PUERTA GARAJE	E30D EQUIPAM DEPORTIVO
E15CC CARPIN ACE CANCELAS	E30O EQUIPAM OFICINA
E15CB CARPIN ACE PUERTAS EXT	E30T EQUIPAM TEATRO
E15CP CARPIN ACE PUERTAS INT	E30R EQUIPAM RELIGIOSO
E15CPF CARPIN ACE PUERTAS RF	E30B EQUIPAM CENTR COMERC
E15CV CARPIN ACE VENTANAS	E30H EQUIPAM HOSTELERÍA
E15CM CARPIN ACE MAMPARAS	E30S EQUIPAM SALA ESPERA
E15CG CARPIN ACE PUERTA GARAJE	E30VC EQUIPAM VIVIEN COCINA
E15CGP CARPIN ACE BARRERAS	E30M EQUIPAM VIVIEN MUEBLES

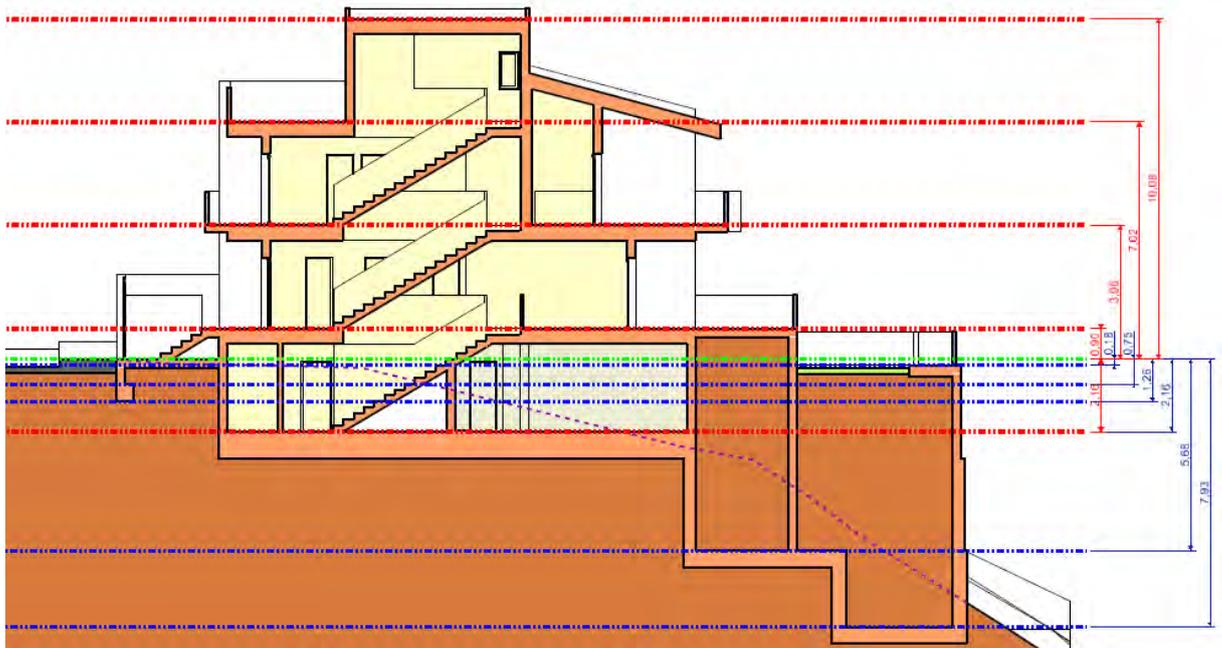
E15CGM CARPIN ACE ACCESORIOS
E15DB CARPIN ACE BARANDILLAS
E15DC CARPIN ACE CELOSÍAS
E15DM CARPIN ACE CERRAMIEN
E15DR CARPIN ACE REJAS
E15DV CARPIN ACE CONTRAVENT
E15EE CARPIN ACE ESCAL EMERGEN
E15EC CARPIN ACE ESCAL CARACOL
E15EM CARPIN ACE ESCAL ESCAMOT
E15EP CARPIN ACE ESCAL PELDAÑOS
E15EV CARPIN ACE ESCAL VERTICAL
E15V CARPIN ACE VALLAS
E15W CARPIN ACE VARIOS

E30VB EQUIPAM VIVIEN BUZÓN
E30IS EQUIPAM CAJA FUERTE
E30IE EQUIPAM CORTINAS
E30IC EQUIPAM CABINAS BAÑO
E30IO EQUIPAM TOLDOS
E30M EQUIPAM COCINAS

2.3.2.2.6. Planos de referencia de alturas

En este punto del proyecto, y antes de dibujar los elementos constructivos al detalle, es preciso concretar a qué altura sobre el plano de referencia va cada uno de los niveles, en especial forjados, pavimentos, muros, falsos techos, cimentación, soleras, terrazas... Es decir, las formas horizontales.

Para ello se hace necesario definir dichos niveles en sección. Basta con elegir una de las ya trazadas e incorporarle los elementos que aparecen ahora. También es muy práctico diferenciar los niveles exteriores de los interiores, para no mezclarlos y así tener una lectura más clara y cómoda, evitando errores de dibujo.



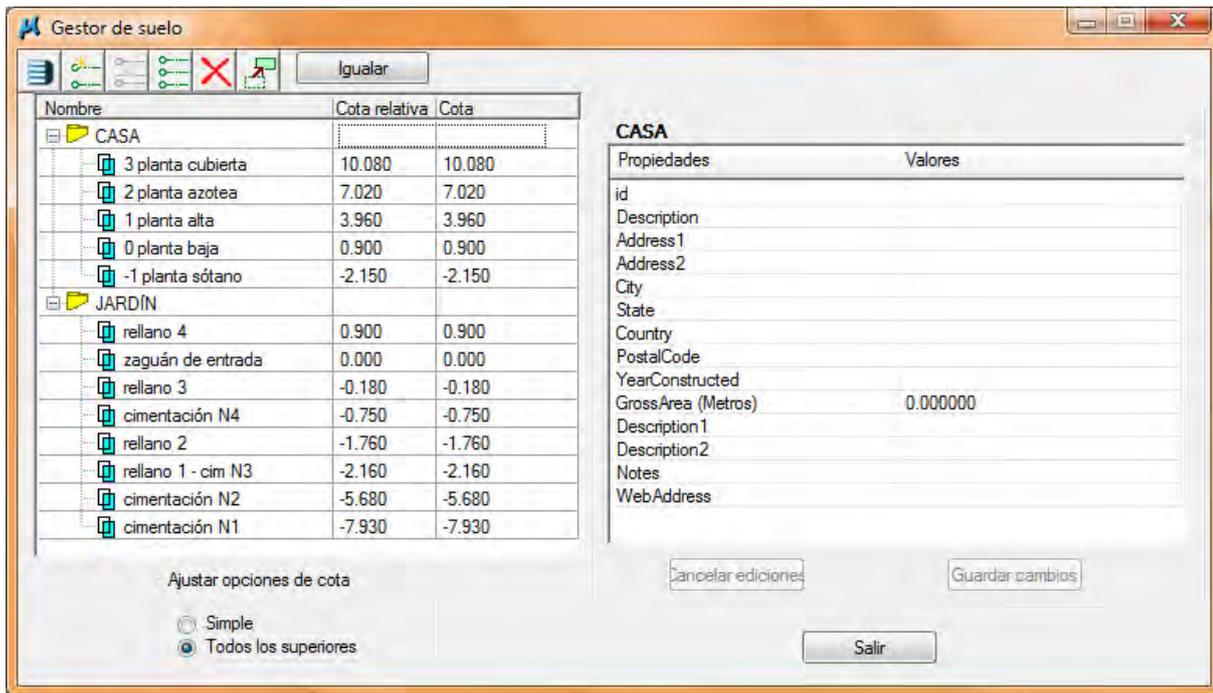
Distintos niveles de referencia de alturas.

Fuente: Elaboración propia

El programa de CAD que se está utilizando dispone de una herramienta para introducir (y editar) estos niveles. Se trata del **Gestor de Suelo**, que opera sobre un archivo aparte dentro de la misma carpeta del proyecto. El procedimiento es sencillo:

1. Se crean dos **grupos**, uno para la vivienda y otro para los exteriores.
2. Se crean los **planos de suelo principales**, coincidiendo con los definidos en el anteproyecto para los niveles de piso terminado de cada planta. Su altura va en coordenadas absolutas respecto al sistema de coordenadas del proyecto.
3. Si hubiese plantas tipo se introducen en este momento.
4. Si fuese necesario, se añaden los **planos de referencia** de los subniveles que haya en cada planta. Su altura va en coordenadas relativas a cada plano principal.
5. Se guardan los ajustes

Las cotas de todos los niveles y subniveles hacen referencia al plano base de los elementos a dibujar a continuación.



Cuadro de planos de suelo.
Fuente: Bentley Architecture

2.3.2.2.7. Reciclaje de formas anteriores

En general, se aprovechan todas las formas dibujadas previamente en la fase de anteproyecto: muros, tabiques, escaleras, suelos, tejados, carpintería... La tarea ahora será reconvertirlos en alguno de los necesarios y dibujar los que faltan. Para ello se realizan varios temas:

- Predimensionar la estructura: forjados y losas, pilares, cimentación...
- Predimensionar los cerramientos y las particiones: fachadas a calle, fachadas a patios, medianeras, tabiques...
- Adaptar los elementos heredados del anteproyecto: suelo como forjado, muro como hoja exterior de fachada, carpintería simple como compuesta...
- Dibujar los nuevos elementos: pilares, hojas interiores de fachada, pavimentos, tejados...

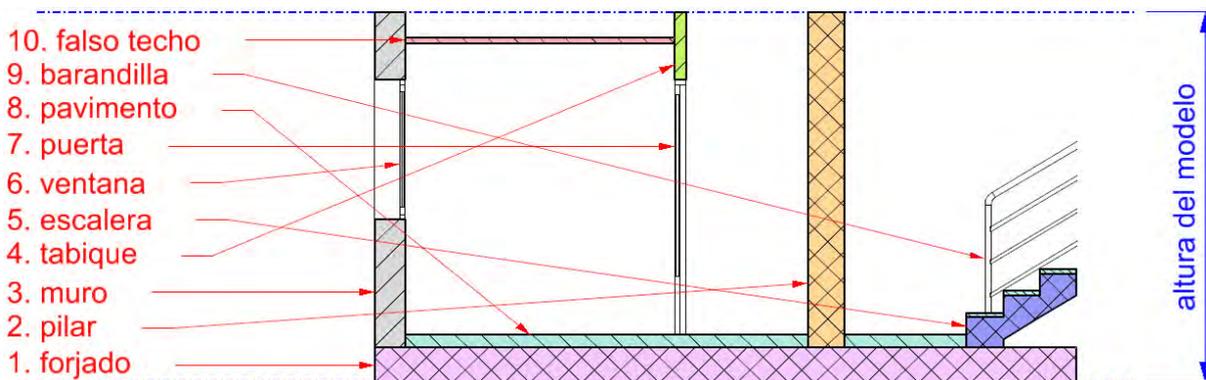
Y el desarrollo de este cometido se hará con el siguiente orden:

1. Se adapta la forma del suelo ya dibujada al nuevo forjado, comprobando huecos de paso de escaleras y ascensores
2. Se introducen los pilares en su sitio correspondiente
3. Se reconvierten los muros de contención en muros de sótano, rodeando los pilares
4. Se crean las zapatas corridas y aisladas, vigas riostras, terreno de relleno, soleras, losas de cimentación y vigas descolgadas
5. Se dibujan las hojas interiores de los cerramientos, respetando los pilares
6. Se adaptan los muros existentes como nueva hoja exterior, cambiando su espesor y dejando hueco a los pilares
7. Se estudian los pretilos de azoteas y terrazas
8. Se revisan los tabiques y se resuelve su encuentro con los muros y pilares
9. Se dibuja el macizado de jambas entre las dos hojas del cerramiento
10. Se reconvierten las escaleras en su estructura y se copian abiertas como pavimento
11. Se edita la carpintería para definirla con mayor detalle: paños, hojas, aperturas, despieces... para ventanas, puertas y armarios
12. Se añaden los pavimentos, quicaleras y rellenos
13. Se cambian los pretilos diáfanos por las barandillas correspondientes
14. Se introducen los falsos techos
15. Se adapta el techo inclinado como forjado con cubierta de tejas
16. Se detallan, en los jardines, los muros de contención, los forjados, los cerramientos, los rellenos y la cimentación
17. Se ajusta el entorno exterior a la parcela, en su relación con el edificio: acera rebajada, excavación...
18. Se completa el modelo con otros elementos de remate, como pasamanos, cornisas...

19. Y se termina introduciendo muebles, sanitarios y decoración, en su caso.

2.3.2.2.8. Dibujo de elementos constructivos

Una vez elegido un modelo para dibujar la geometría pormenorizada del proyecto, se activan sólo las capas de los elementos a procesar, y se introducen los elementos constructivos con todo detalle apoyándose en los dibujados en la fase anterior, tal como se acaba de relatar.

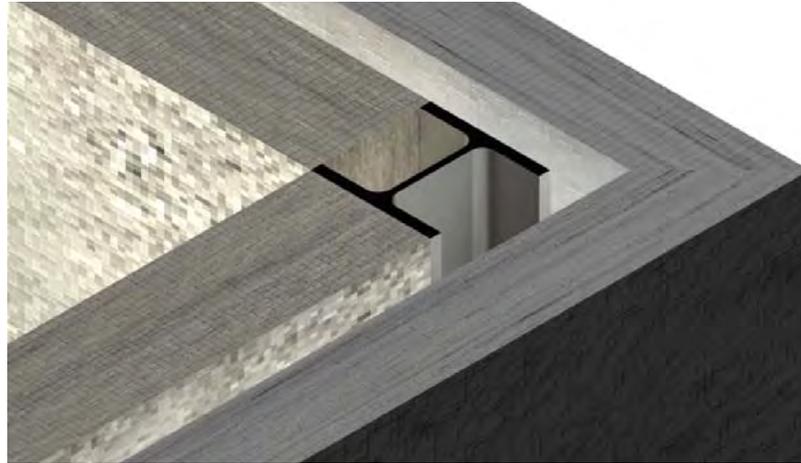


Proceso constructivo detallado, a nivel de proyecto básico.

Fuente: *Elaboración propia*

Los forjados, las losas, los rellenos y las soleras se representan por *formas libres*; las escaleras, las ventanas, las puertas y las cerchas, por *formas especiales*; y el resto lo hace por *formas lineales*. En cualquier caso, todos se dibujan con elementos independientes, uno junto a otro, sin necesidad de unirlos. De esta manera se simplifica y se facilita cualquier edición posterior de cualquier *forma* introducida.

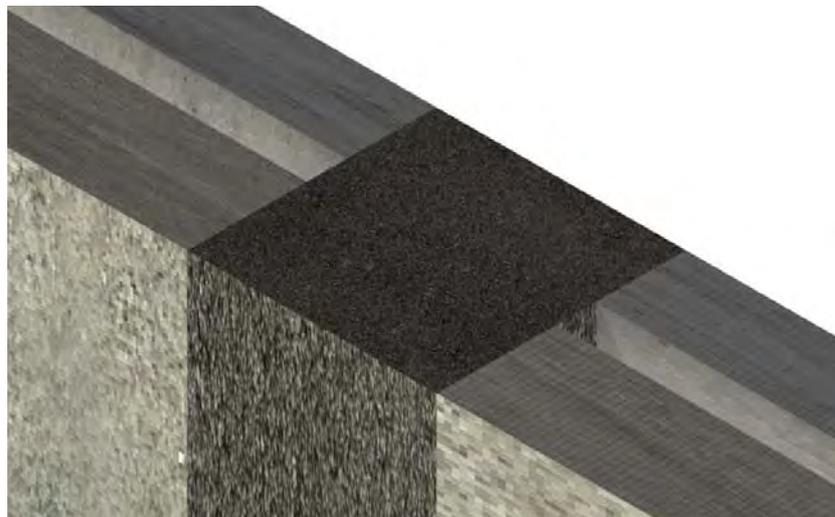
Para la estructura se introducen **soportes** con secciones de hormigón en el interior de la vivienda y de acero en el perímetro. Al retranquear los pilares de acero, se consigue que la hoja exterior de cerramiento y el aislamiento de la cámara sean continuos, evitando los puentes térmicos que producen los pilares de hormigón en fachada.



Soporte metálico y cerramiento.

Fuente: Elaboración propia

Los **muros** exteriores se reconvierten, en esta fase del proyecto, en una hoja exterior de 9 cm, una cámara de 4 cm con aislante de 3 cm y una hoja interior de 12 cm.



Soporte de hormigón y cerramiento.

Fuente: Elaboración propia

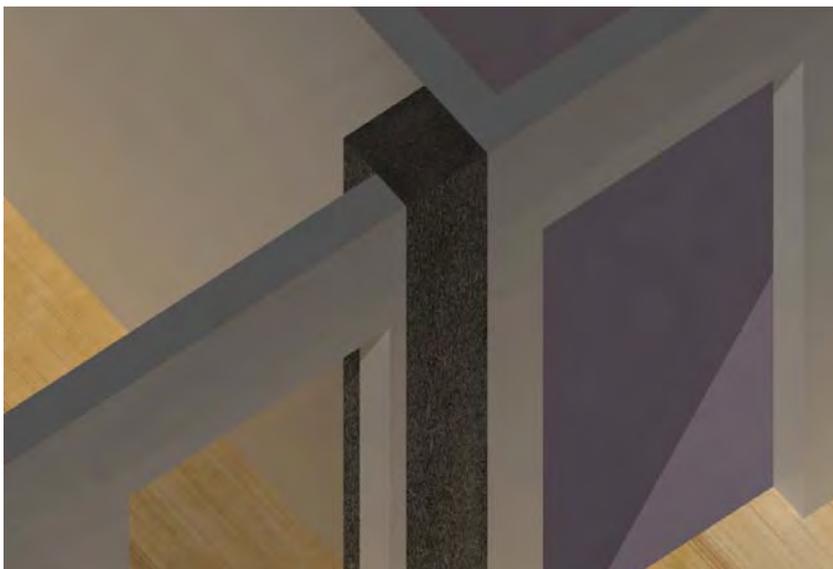
Los **forjados** se predimensionan como de $25 + 5 = 30$ cm, por motivos de estabilidad, durabilidad y aislamiento acústico.

En el dibujo de los pavimentos se incluye también el encascado o relleno inferior, como un todo que se coloca sobre el forjado de piso. En los baños y escaleras son de mármol, en los exteriores son de gres y en el resto de los interiores son de madera. La rampa se diseña en hormigón lavado.



Forjados y pavimentos.
Fuente: Elaboración propia

Los tabiques interiores permanecen de 12 cm de espesor, para asegurar un buen aislamiento acústico.



Soporte y tabiques.
Fuente: Elaboración propia

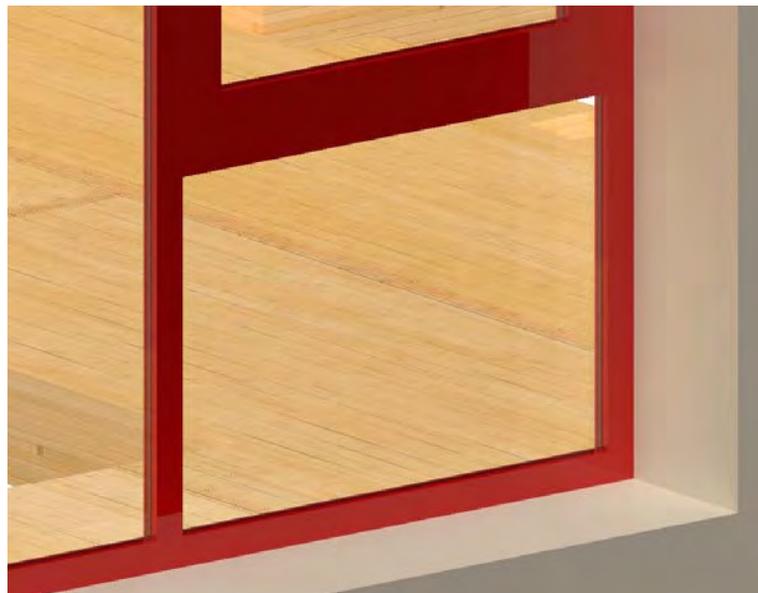
Las escaleras se plantean como losas inclinadas de hormigón armado, con su peldañado correspondiente y pavimento, en todos los interiores y como losas de hormigón armado, con peldañado incluido con acabado lavado, en exteriores.



Escaleras.

Fuente: Elaboración propia

La carpintería exterior (puertas y ventanas) se plantea en aluminio anodizado, con divisiones simples que permitan su mantenimiento y limpieza. Se tienen en cuenta también las exigencias de aislamiento térmico, acústico y protección contra impactos.



Carpintería exterior.

Fuente: Elaboración propia

Y en cuanto a la interior (puertas y armarios), se utiliza la madera maciza, con acabado natural.



Cabe señalar que los elementos de carpintería, al ser paramétricos, tienen un archivo de datos asociado. Para identificarlos con facilidad se ha creado una nueva nomenclatura alfanumérica que identifica a cada uno.

Por ejemplo: **PEa_mad_100x210p** que se corresponde con una puerta exterior abatible de madera de 100 cm de ancho por 210 cm de alto y con parteluces.

SIGLA	GRUPO	ELEMENTO	ABREVIATURA
P	tipo	puerta	P
		ventana	V
		armario	A
		mueble	M
E	ámbito	exterior	E
		interior	I
a	apertura	fija	f
		abatible	a
		corredera	c
		basculante	b
mad	material principal	madera	mad
		acero	ace
		aluminio	alu
		PVC	pvc
100	ancho (cm)		x
210	altura (cm)		z
p	variante (opcional)	con parteluces	p
		con baquetillas	b
		con enrejado	r

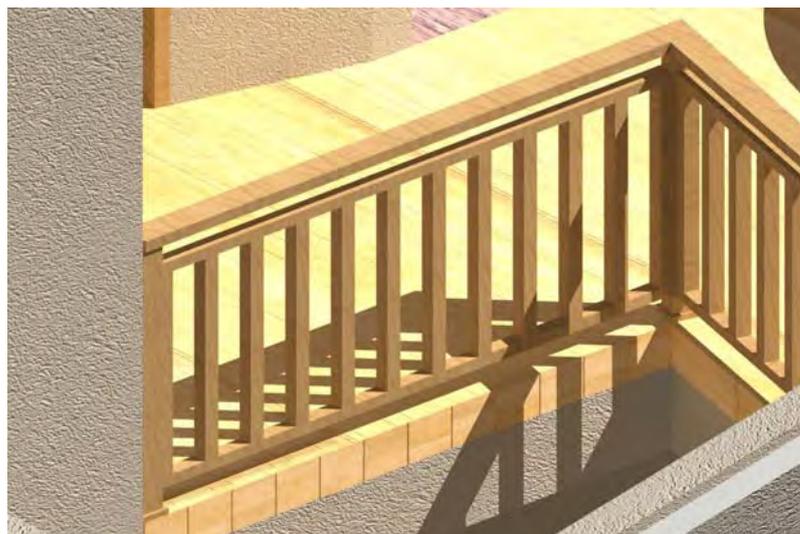
Para las **barandillas exteriores** se elige igual material que para la carpintería de fachadas. Se busca un diseño sencillo, de fácil fabricación y montaje en obra. Las posibilidades de modulación también se tienen en cuenta. Se elige el aluminio anodizado color burdeos.



Barandillas exteriores.

Fuente: Elaboración propia

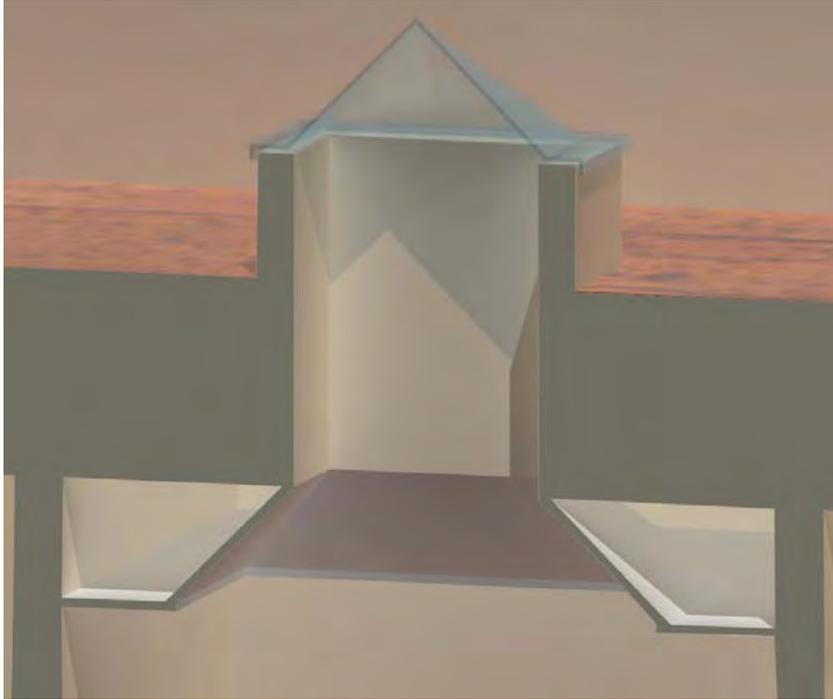
Igual ocurre para las **barandillas interiores**, donde se aplica el mismo material elegido para las puertas de las habitaciones: madera maciza.



Barandillas interiores.

Fuente: Elaboración propia

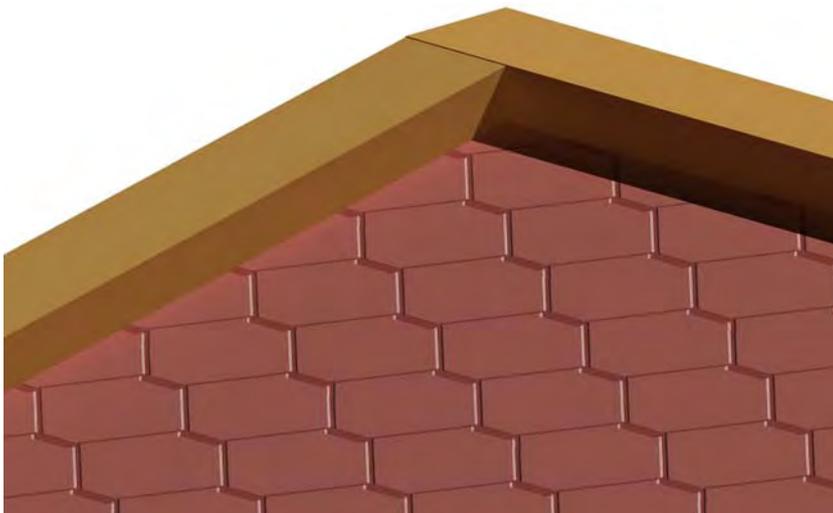
Los baños tienen un falso techo de placas de escayola, para albergar instalaciones de fontanería y de iluminación.



Falsos techos.

Fuente: Elaboración propia

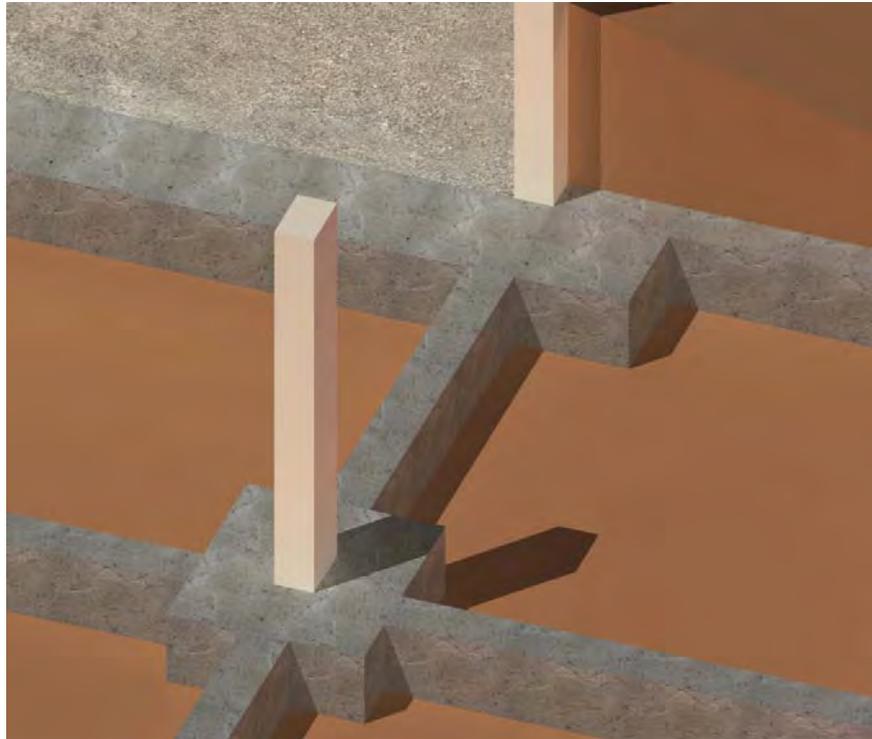
Los tejados se solucionan con láminas de pizarra sobre una placa con aislante, y anclada ésta al forjado inclinado.



Tejados.

Fuente: Elaboración propia

La **cimentación**, en principio, se establece como zapatas aisladas arriostradas en el interior y corridas bajo muros de sótano en el contorno del edificio y muros de jardín.



Cimentación.

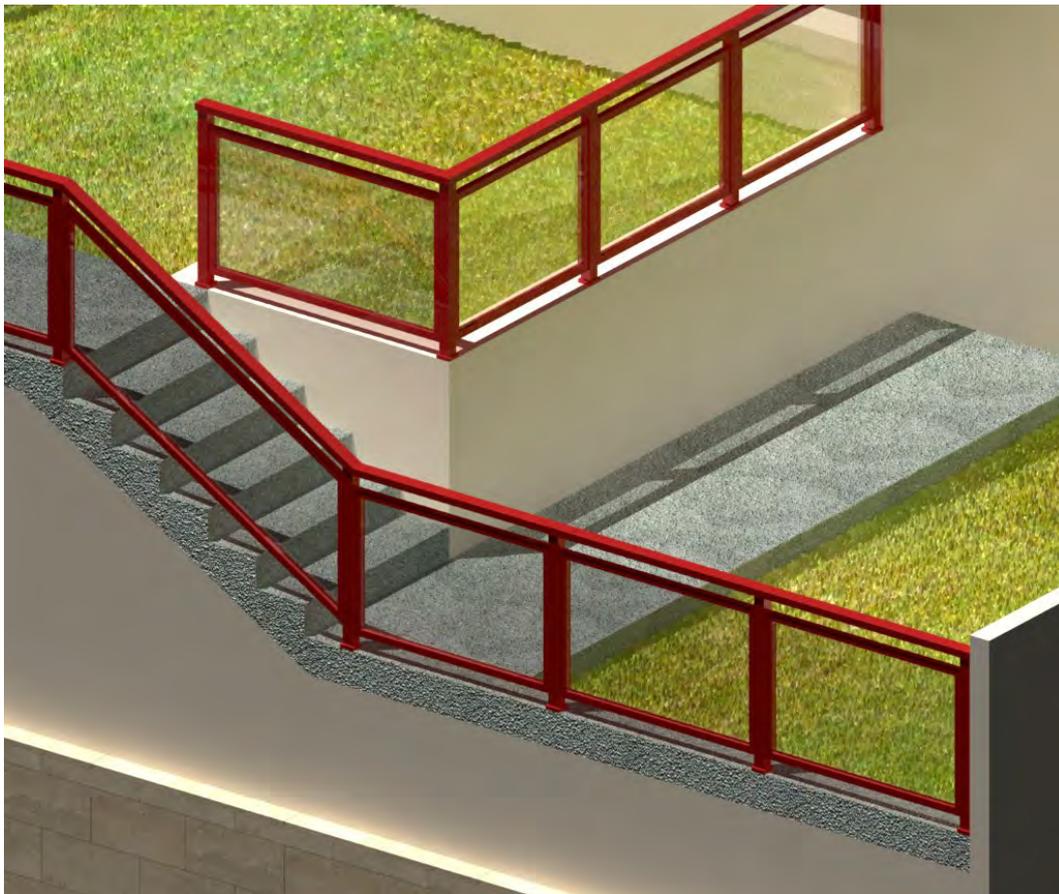
Fuente: Elaboración propia

Después de dibujar los elementos principales ya se pueden situar los **remates**, que son elementos secundarios que acompañan a aquellos, tales como cornisas, aleros, molduras, albardillas... y demás elementos fijos necesarios.

Se ha dejado para el final la colocación de **sanitarios** y **muebles**, que terminan de organizar el interior de la vivienda y dan escala de los espacios que ocupan.

En los **exteriores** de la envolvente a la casa, en los jardines y accesos de la parcela, también son varios los elementos en los que hay que profundizar en su definición: albañilería, pavimentos, jardines, terreno de relleno, escaleras, barandillas...

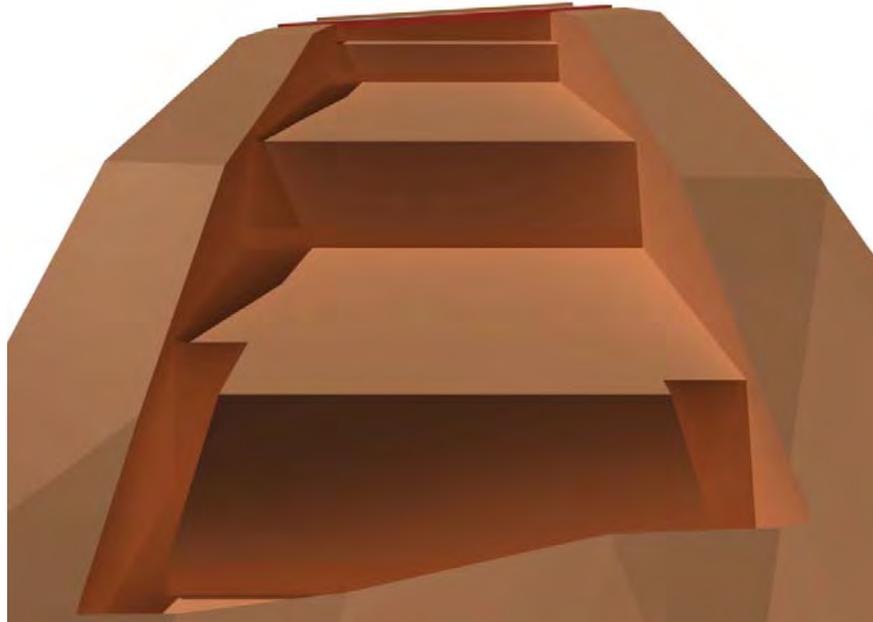
Al fondo de la parcela, en el frente que da al barranco, hay un gran desnivel entre el terreno natural y el plano de acabado del proyecto, por lo que se propone un sistema de forjado autoportante, que permite aliviar los muros de contención perimetrales y reducir el coste de manera significativa. Esta solución es compatible con las especies vegetales a plantar en los jardines.



Jardines.

Fuente: Elaboración propia

Por fuera de la parcela, y sobre todo bajo la cimentación, es preciso ajustar el terreno natural al resultado de introducir el proyecto completo en el solar, a modo de excavación teórica.



Excavación.

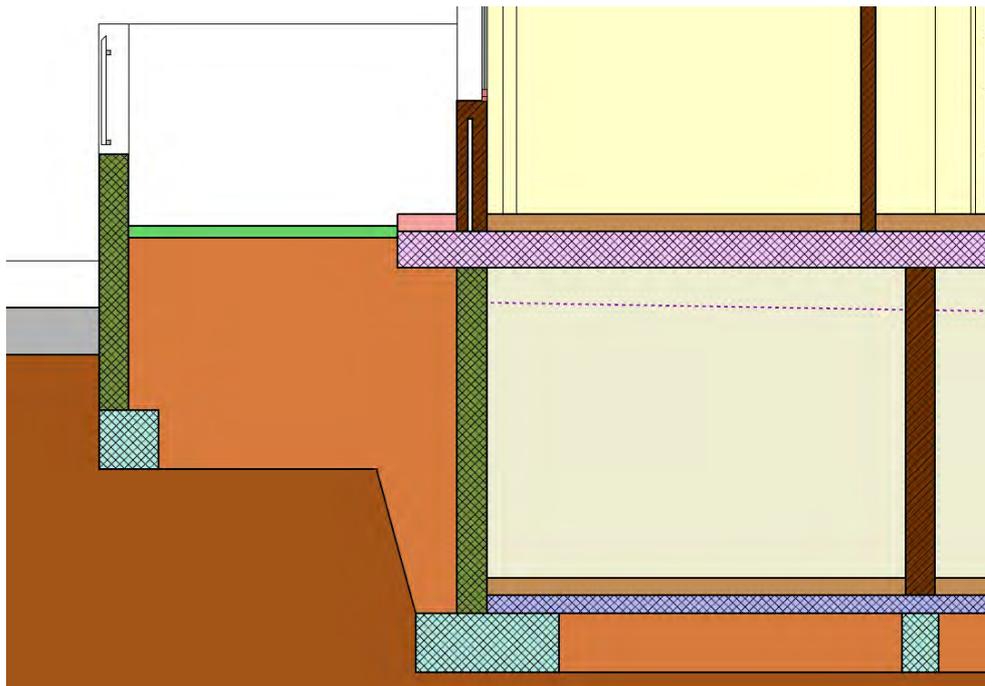
Fuente: Elaboración propia

A medida que se va dibujando todo lo anterior, es conveniente hacer comprobaciones del conjunto de los elementos, no sólo de lo que se está trabajando en cada momento. Esto es, diseñar a escala global y local. Los procedimientos más cómodos para ello son ir haciendo renders parciales y, sobre todo, regenerando y revisando los cortes hechos al edificio.

2.3.2.2.9. Generación de cortes

En la fase del anteproyecto se explicó qué significan los cortes. Ahora se añade que son imprescindibles por dos motivos, principalmente:

- Obtener dibujos a escala en el sistema diédrico de representación, para luego poder medir y, más adelante, construir el edificio objeto del proyecto.
- Chequear el estado de los elementos constructivos dibujados, asegurando coherencia y compatibilidad entre ellos. Esto se refiere tanto a evitar vacíos o superposiciones de material como a ordenar el proceso constructivo de forma lógica y realizable.



Distintos elementos constructivos utilizados en el proyecto

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, en esta fase de proyecto básico, los cortes vuelven a ser un potente recurso de retroalimentación. En este caso, se han realizado numerosos controles y revisiones de elementos en el modelo 3D para satisfacer el diseño deseado que debe aparecer en los dibujos de los cortes.

Cuando los ajustes anteriores se den por buenos, habrá que actualizar todos aquellos añadidos que aparecen para complementar los cortes: los fondos de color, las cotas, los muebles, los sanitarios, la rotulación de superficies, las líneas de proyección o los símbolos de subida de las escaleras.

2.3.2.2.10. Presentación en papel

Para el proyecto básico se ha elegido el formato DIN-A1, debido a la gran cantidad de información y de detalle que debe llevar por plano. Sus dimensiones son de 841 mm de largo por 594 mm de alto, colocado en posición apaisada. Esta afirmación no impide que, según las necesidades,

se utilice otro formato menor o mayor, eliminando o añadiendo franjas verticales a la izquierda de ancho 210 mm.

Para esta fase se ha diseñado una lámina tipo, preparada para ser doblada en un formato de menor tamaño, con un borde sencillo en los cuatro lados. La carátula, o cuadro de rotulación, irá en el lado inferior derecho, con unas dimensiones que permitan leer toda su información con el plano plegado.⁶⁶ También reservará espacio en blanco para los sellos de conformidad que, en su caso, estamparán los organismos oficiales de visado y licencia. Los márgenes se han reducido a 10 mm, puesto que todos los planos serán originales impresos. Para presentar el proyecto de esta manera no es necesario fijar unos márgenes mayores, pues no hay que encuadernarlos, ni enfundarlos, ni manipularlos para hacer copias.

Al igual que en las fases anteriores del proyecto, se usará una lámina plantilla que contenga el borde y la carátula, comunes a todos los planos. Estos planos tendrán referenciada dicha lámina prototipo.

El plegado de planos adopta, en este caso, un formato DIN-A4 (210 x 297 mm). Esto es así porque se pretende que estos documentos acompañen a la memoria empaquetados en una carpeta de proyectos capaz para dicho formato, que es el mismo que usaría la memoria del trabajo. Se comienza por un marcado en los bordes, con separaciones de ancho y alto del DIN-A4. El doblado se empieza transversalmente a lo largo, en zigzag, y luego a lo alto, hacia atrás.⁶⁷

⁶⁶ RAMOS BARBERO, Basilio; GARCÍA MATÉ, Esteban. Op. cit., p. 57.

⁶⁷ LOZANO APOLO, Gerónimo: *Dibujo Técnico de Ingeniería y Arquitectura. 1-Normativa*. Gijón: Estudio 17. Consulting de forjados y estructuras, 1982. p. 55.

Además, estos planos van sueltos dentro de la caja, para facilitar su desdoblado y redoblado. Por el contrario, si fuesen en fundas transparentes, cambiaría el formato de doblado y haría su apertura y cierre algo más lento y pesado. En todo caso, la calidad y el gramaje del papel a utilizar es esencial para que al cabo de varios ciclos de doblado-desdoblado el dibujo no se deteriore o se desvanezca en los pliegues.

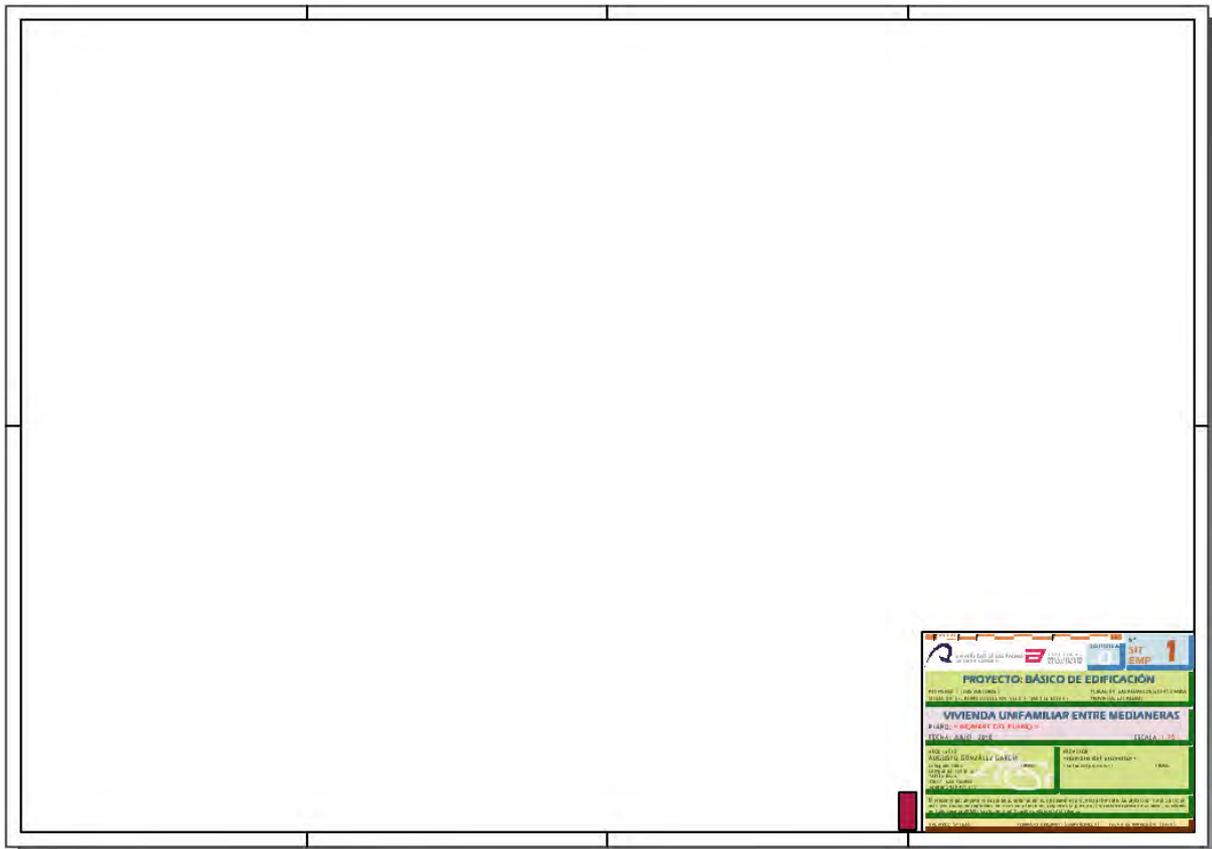


Lámina plantilla con los elementos comunes a cada plano.

Fuente: Elaboración propia

 UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA		 ESCUELA DE ARQUITECTURA DE LAS PALMAS		SUSTITUYE A: 		Nº: SIT EMP 1			
PROYECTO: BÁSICO DE EDIFICACIÓN									
PROPIEDAD: [TESIS DOCTORAL] SITUACIÓN: C/. PÁRROCO SEGUNDO VEGA, Nº 260 (EL BATÁN)				POBLACIÓN: LAS PALMAS DE GRAN CANARIA PROVINCIA: LAS PALMAS					
VIVIENDA UNIFAMILIAR ENTRE MEDIANERAS									
PLANO: < NOMBRE DEL PLANO >				ESCALA: 1:75					
FECHA: JULIO - 2010									
ARQUITECTO: AUGUSTO GONZÁLEZ GARCÍA Colegiado 1603 Campus de Tafira, s/n TAFIRA BAJA 35017 - LAS PALMAS Teléfono 928 451 315				PROMOTOR: < nombre del promotor > < señas del promotor >				FIRMA:	
El presente documento es copia de su original del que es autor el arquitecto firmante. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requerirá la previa autorización expresa de su autor, quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.									
ARCHIVO: \$FILEA\$		FORMATO ORIGINAL: \$TAMAÑOHOJAS\$			FECHA DE IMPRESIÓN: \$DATES\$				

Carátula de la lámina plantilla.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2.11. Delineación de dibujos

Los dibujos resultantes de plantas, alzados y secciones pueden adoptar un variado simbolismo gráfico. Buscando una representación adecuada y teniendo en cuenta que en esta fase hay más elementos que representar, se propone representar las aristas vistas por líneas negras finas, las aristas seccionadas por líneas negras gruesas y el interior de elementos seccionados puede tener varias posibilidades en función del material que represente. Así, usando fondos de color variados, conjuntamente o no con tramas de líneas negras, se alcanza un elenco de posibilidades, necesario para diferenciar los diversos materiales utilizados en el proyecto.

Se han probado varias opciones de impresión, variando el uso de los colores de fondo, las tramas de muros y estructura y los colores de elementos seccionados.

A modo de conclusión, se dirá que:

- Los elementos constructivos seccionados quedan mejor representados mediante línea gruesa y fondo de color oscuro, pero sin trama de líneas.
- Los fondos de color en el interior de la vivienda se sustituyen por tramas de línea fina, imitando el pavimento.
- Solamente en los exteriores se introducen áreas de color suave, con o sin tramas, para realzar los espacios colindantes con cada planta de la vivienda.
- Las secciones siguen manteniendo sus fondos de color claro para resaltar dónde hay espacios interiores.
- En los planos de cotas resulta confuso el uso de muros rellenos de color, por lo que se cambian por tramas finas.
- Igualmente, en los planos de cotas, no se aportan fondos de color para indicar dónde hay suelo, pues no aporta información relevante.



Plano de mobiliario.
Fuente: Elaboración propia

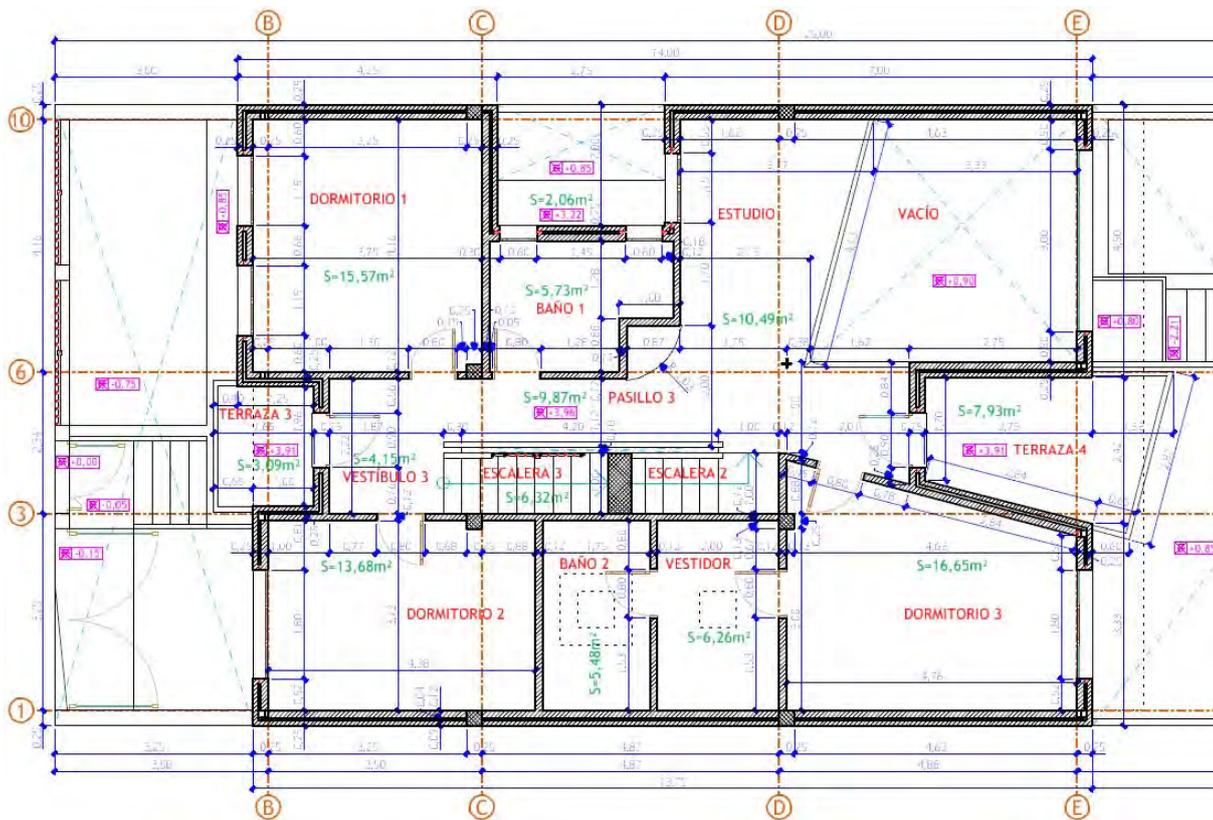
2.3.2.2.12. Escala de los dibujos

Tal y como se había adelantado, para el proyecto básico se pretendía utilizar la escala 1:50, porque habría mucho más nivel de detalle al dibujar muros, techos, muebles, pavimentos, etc. Sin embargo, es el momento de hacer pruebas de impresión a varias escalas y reflexionar sobre el resultado.

Después de probar tres escalas se observa lo siguiente:

- 1:100. Esta escala se eligió para el anteproyecto porque era adecuada para el nivel de detalle que se pretendía representar, pero es pequeña para incluir toda la información que lleva el proyecto básico. Aparecen elementos confusos y difíciles de apreciar a simple vista.
- 1:50. Es la escala que se ha venido usando históricamente para los planos de visado y obra. Se aprecian bien los detalles y se ve todo el dibujo con claridad. Eso sí, conlleva el empleo de formatos mayores. Permite medir de forma directa con bastante precisión, por lo que es interesante para los planos de obra. Por contra, los dibujos de mobiliario se ven demasiado grandes.
- 1:75. Esta es una escala intermedia entre las dos anteriores que no es muy utilizada porque no pertenece a la serie 10, 20, 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1000... de uso corriente entre los profesionales del dibujo de arquitectura. Sin embargo, tiene la ventaja de requerir menos papel, que siempre es un recurso a preservar. Y si el formato puede ser menor, redundará en planos más manejables. Los elementos dibujados aparecerán más pequeños que los habituales a 1:50, pero las técnicas actuales de impresión a chorro de tinta o láser permiten dibujar líneas con grosores lo suficientemente finos y personalizables que aquellos inconvenientes de densidad o de imprecisión ya están superados.

Concluyendo, se usará la escala de 1:75 para los dibujos de mobiliario y secciones; y la de 1:50 para los de albañilería y cotas.



Plano de albañilería.
Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2.13. Dibujos y datos complementarios

También en esta fase hay que incluir ciertos datos que completan la información de los dibujos. Algunos de ellos serán heredados de la fase anterior y otros serán nuevos:

- Tabla actualizada de superficies construidas
- Tabla resumen de presupuesto estimado
- Tabla de tipos de huecos de piezas habitables
- Renders exteriores e interiores
- Fotografías del lugar
- Mapas de interpretación del suelo y el territorio (geológico, elevación, hipsométrico y clinométrico)

- Fotomontajes del proyecto dentro de su entorno
- Dibujos transparentes de planta y alzado para indicar los cortes
- Dibujos de vistas exteriores a línea fina
- Plano topográfico
- Planeamiento urbanístico

En el caso concreto de las superficies que hay que medir para luego rotular, cabe decir que se pueden incluir hasta tres tipos de superficie en los planos:

1. **La superficie construida.** Se trata de la superficie envolvente de un recinto (una o varias habitaciones, o toda una planta) incluyendo muros y espacios.
2. **La superficie de obra.** Es la superficie interior que poseen las habitaciones o espacios cuando sólo están edificados los muros, los tabiques y la estructura. Es la que aparece rotulada, normalmente como útil, en los planos de albañilería.
3. **La superficie útil o neta.** Es la superficie resultante final, después de terminar la obra. Es decir, descontando los revestimientos (enfoscados, alicatados, chapados, barandillas...).

La unidad de medida será el metro cuadrado con dos decimales, separando enteros y decimales por una coma. Por ejemplo: 12,45 m². La expresión correcta de las unidades es m². No deben usarse m2 ni M2.



Imagen de síntesis de la fachada del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2.14. Composición de planos

La composición de los planos para presentar se hace siguiendo los apartados enumerados en el mismo orden que en la fase de anteproyecto, incluyendo los elementos que deban ir en cada caso.

A modo de resumen, se irán incluyendo: lámina plantilla, textos de carátula, dibujos vectoriales de todo tipo, fotografías, renders, esquemas de cortes, tablas auxiliares, cotas, tramas, fondos de color, textos...

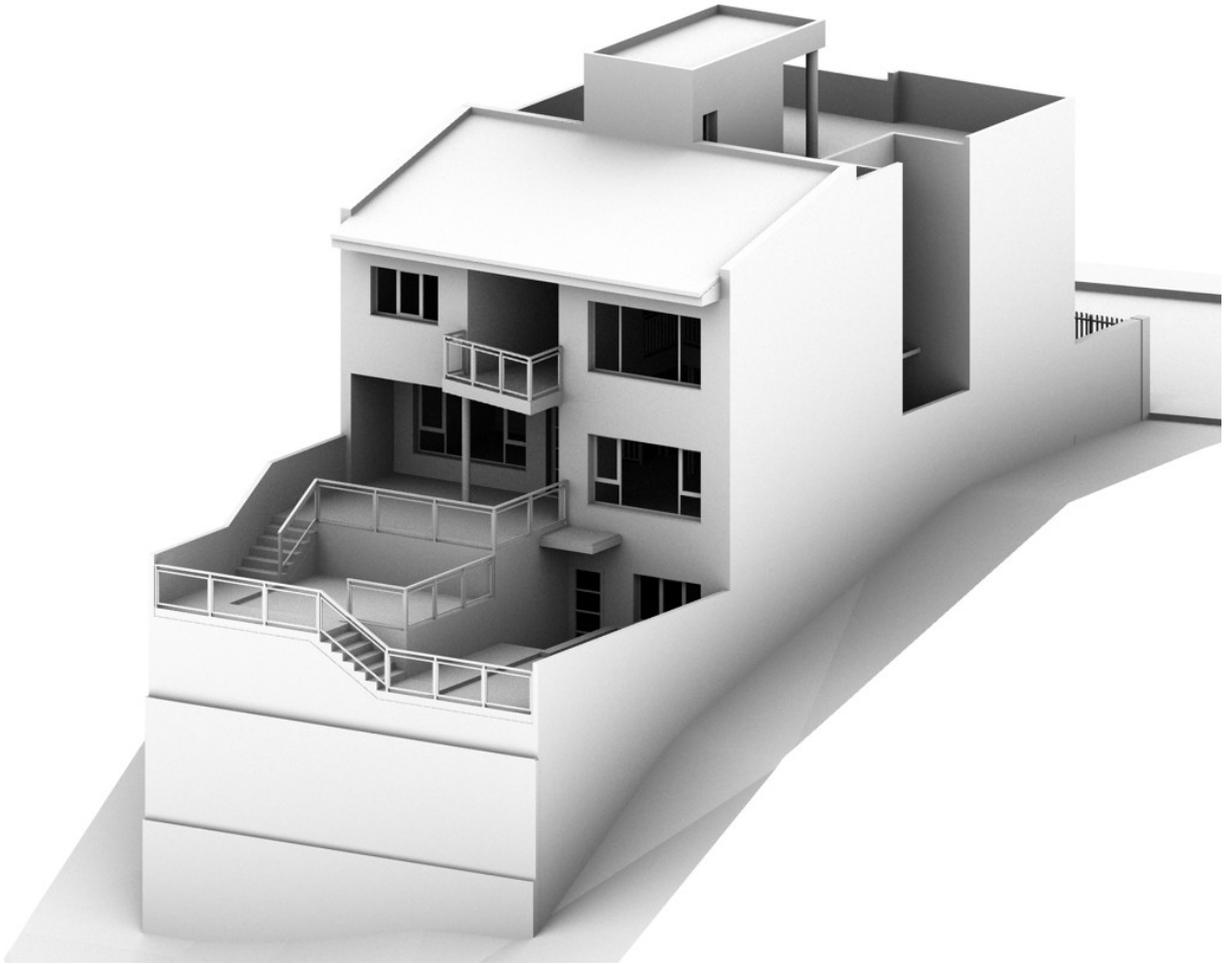


Imagen de síntesis de la maqueta del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2.15. Planos resultantes

En el anexo documental que acompaña a esta memoria (tomo 2) se reproducen todos los planos elaborados para el proyecto básico, a un tamaño aproximado de la mitad del original.

Los planos son los siguientes, de los cuales se incluyen a continuación dos de ellos:

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. MOBILIARIO DE PLANTAS CUBIERTA, AZOTEA; ALZADOS ESTE, OESTE; SECCIONES J, K
3. MOBILIARIO DE PLANTAS ALTA, BAJA, SÓTANO; SECCIONES A, O
4. SECCIONES B, C, M, N

5. SECCIONES D, E, L
6. ALBAÑILERÍA. PLANTAS AZOTEA, ALTA, SÓTANO -3
7. ALBAÑILERÍA. PLANTAS BAJA, SÓTANO -1, SÓT. -2

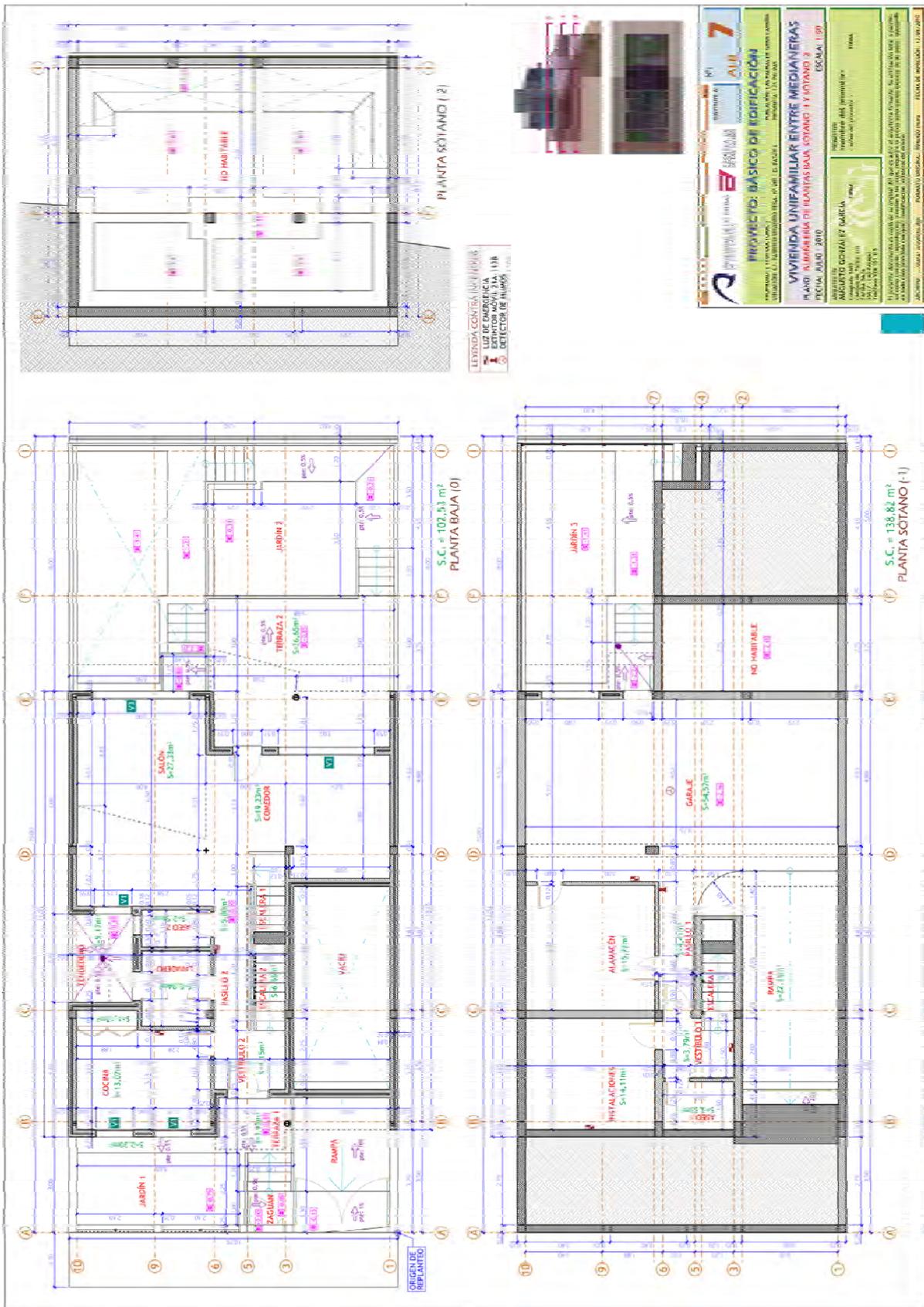


Lámina de albañilería.
Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2.16. Sistema de modelos utilizado

Los modelos de diseño empleados en el proyecto básico son los mismos que se habían creado para el anteproyecto, si bien contendrán más información que aquellos.

Los modelos de hoja son completamente nuevos, pues cambia el tamaño del papel y los contenidos a insertar. Se ha creado uno por cada lámina a imprimir.

2.3.2.2.17. Sistema de capas utilizado

A medida que se avanza en el proyecto básico van apareciendo nuevas capas, al introducir materiales. En la confección de los dibujos también suelen surgir nuevas necesidades, al igual que en las láminas de composición. Al final del proceso, han resultado las siguientes:

AUXILIARES PARA MODELADO		DIBUJOS		LÁMINAS	
PBA auxiliares	■	DIB alzado	■	LAM borde fijo	■
PBA ejes estructura	■	DIB construido	■	LAM borde variable	■
PBA líneas de corte	■	DIB cotas	■	LAM carátula fijo	■
PBA planos de suelo exteriores	■	DIB saneamiento	■	LAM carátula variable	■
PBA planos de suelo vivienda	■	DIB fondos de color	■	LAM dibujos de cortes	
		DIB líneas dibujo compl	■	LAM escala gráfica	■
		DIB muebles	■	LAM fotos	
		DIB proyectado	■	LAM contornos	■
		DIB puntos de cota	■	LAM dibujos	■
		DIB replanteo	■	LAM guías	■
		DIB sanitarios	■	LAM líneas de corte	■
		DIB sección	■	LAM logo	■
URBANIZACIÓN Y OBRA CIVIL		DIB superficies	■	LAM logo earq	■
U03 FIRMES SECCIÓN FLEXIBLE		DIB terreno natural	■	LAM logo ulpgc	■
U04 PEATONAL BORDES		DIB textos	■	LAM textos	■
U04 PEATONAL PAVIMENTOS		DIB tramas	■		
U14 JARDIN PRADERAS		DIB vegetación	■		
		DIB carpintería	■		

EDIFICACIÓN		
E02 TERRENO NATURAL	E06C CANT CHAPADO	E13EE CARPIN MAD PUERTAS EX
E02S ACOND RELLENO	E07B CERRAM FÁBRICA BLOQ	E13EP CARPIN MAD PUERTAS IN
E04C CIMEN RIOSTRAS	E07TB DIVISIÓN TABIQUES	E13K CARPIN MAD MAMPARAS
E04C CIMEN ZAPATAS	E07W DIVISIÓN VARIOS	E13M CARPIN MAD ARMARIOS
E04M CIMEN MUROS SÓTANO	E08T REVEST FALSOS TECHOS	E13RS CARPIN MAD VENTANAS
E04S CIMEN SOLERAS	E09IC CUBIER INCL TEJAS	E14AAC CARPIN ALU VENTANAS
E05AP ESTRUC ACE PILARES	E09N CUBIER NO TRANSITABLE	E14AAD CARPIN ALU DEFENSAS
E05AW ESTRUC ACE VARIOS	E09P CUBIER TRANSITABLE	E14AAU CARPIN ALU PUERTAS
E05HF ESTRUC HOR FORJAD UNI	E10AT AISLAM TÉRMICO	E15CB CARPIN ACE PUERTAS EX
E05HL ESTRUC HOR ESCALERAS	E11 PAVIM RELLENO	E15CC CARPIN ACE CANCELAS
E05HL ESTRUC HOR LOSAS	E11EX PAVIM CERÁMICO	E15CPF CARPIN ACE PUERTAS R
E05HL ESTRUC HOR LOSAS LAV	E11M PAVIM MÁRMOL	E16EC VIDRIO CÁMARA
E05HP ESTRUC HOR FORJAD PREF	E11W PAVIM REMATES	E16EL VIDRIO LAMINADO
E05HS ESTRUC HOR PILARES	E13 CARPIN APERTURA	E16M VIDRIO CLARABOYAS
E05HV ESTRUC HOR VIGAS	E13 CARPIN AUXILIAR	

El significado de los prefijos utilizados es el siguiente:

- **E:** Elementos constructivos de edificación
- **U:** Ídem de urbanización y obra civil
- **PBA:** Proyecto básico, auxiliares de modelado 3D
- **DIB:** Dibujos extraídos del modelo
- **LAM:** Dibujos de las láminas

Nota: El color de las capas de Edificación y de Urbanización y Obra Civil es irrelevante, porque el material a dibujar toma el color que se ha especificado en la base de datos.



Imagen de síntesis del interior del edificio.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3. PROYECTO DE EJECUCIÓN

2.3.2.3.1. Normativa

“Es la fase del trabajo que desarrolla el proyecto básico, con la determinación completa de detalles, y especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos y puede llevarse a cabo, en su totalidad, antes del comienzo de la obra o parcialmente, antes y durante la ejecución de la misma. Su contenido reglamentario es suficiente para obtener el visado colegial necesario para iniciar las obras.”⁶⁸

El Código Técnico de la Edificación puntualiza:

“El proyecto de ejecución desarrollará el proyecto básico y definirá la obra en su totalidad sin que en él puedan rebajarse las prestaciones declaradas en el básico, ni alterarse los usos y condiciones bajo las que, en su caso, se otorgaron la licencia municipal de obras, las concesiones u otras autorizaciones administrativas, salvo en aspectos legalizables. El proyecto de ejecución incluirá los proyectos parciales u otros documentos técnicos que, en su caso, deban desarrollarlo o completarlo, los cuales se integrarán en el proyecto como documentos diferenciados bajo la coordinación del proyectista.”⁶⁹

Se compone de las siguientes fases:⁷⁰

1. Elección detallada de materiales constructivos
2. Dimensionado del sistema estructural
3. Diseño y cálculo de las instalaciones

⁶⁸ COAC: Op. cit., Artículo 1.4.4., p. 10.

⁶⁹ España. Ministerio de Vivienda: Op. cit., p. 9.

⁷⁰ CANIVELL, Jacinto: Op. cit., p. 68.

4. Diseño de detalles
5. Revisiones
6. Mediciones y presupuesto
7. Producción de documentos:

Planos, informes, memorias.

Abarca los siguientes documentos:⁷¹

MEMORIA: Descriptiva de las características generales de la obra y justificativas de las soluciones concretas, que contenga la información siguiente:

Memoria descriptiva: Agentes, información previa, descripción del proyecto y prestaciones del edificio.

Memoria constructiva: Sustentación del edificio, sistema estructural, sistema envolvente, sistema de compartimentación, sistema de acabados, sistema de acondicionamiento y de las instalaciones, equipamiento.

Cumplimiento del CTE: Seguridad estructural, seguridad en caso de incendio, seguridad en caso de utilización, salubridad, protección contra el ruido, ahorro de energía.

Cumplimiento de otros reglamentos y disposiciones: Habitabilidad, accesibilidad, telecomunicaciones.

Anejos a la memoria: Información geotécnica, cálculo de la estructura, protección contra el incendio, instalaciones del edificio, eficiencia energética, estudio de impacto ambiental, plan de control de calidad, estudio de seguridad y salud

Pliego de condiciones

⁷¹ España. Ministerio de Vivienda: Op. cit., pp. 20 a 23.

Mediciones

Presupuesto

*PLANOS: Los planos del proyecto de ejecución, al igual que en el básico, llevarán una carátula igual para todos, incluyendo la fase del proyecto, el número del plano, el título del proyecto, el título del plano, la fecha de terminación (mes y año), el/los autor/es del proyecto, el promotor o el/los propietario/s, las escalas numérica y gráfica, la situación de la parcela del proyecto, el municipio y provincia donde se ubican, logotipos de los agentes intervinientes (opcional), número de plano a sustituir (para cuando se realicen reformas), cuadro de firmas para el/los autor/es del proyecto y para el promotor o el/los propietario/s (recomendable), datos de localización de los agentes intervinientes (teléfonos, fax, dirección...) y texto referente a la autoría del trabajo.*⁷²

En relación con la propiedad intelectual del proyecto, cabe recordar que:

*“Las ideas presentadas en los planos y demás documentación elaborada por el arquitecto son, en todo caso, de su propiedad intelectual, salvo pacto expreso en contrario y conforme a la legislación en vigor.”*⁷³

⁷² COAC: *Especificaciones Técnicas 2009...* El texto debe ser: “El presente documento es copia de su original del que es autor el arquitecto [indicar nombre]. Su utilización total o parcial, así como cualquier reproducción o cesión a terceros, requerirá la previa autorización expresa de su autor, quedando en todo caso prohibida cualquier modificación unilateral del mismo.”

⁷³ PADRÓN DÍAZ, Carmelo: *La profesión de arquitecto. Formación, atribuciones y responsabilidades*. Las Palmas de Gran Canaria: Demarcación de Gran Canaria del COAC, 1996. p. 345.

Plano de situación:

- *Referido al planeamiento vigente, con referencia a puntos localizables y con indicación del norte geográfico.*

Plano de emplazamiento:

- *Incluye la justificación urbanística, alineaciones, retranqueos, etc.*

Plano de urbanización:

- *Con indicaciones de red viaria, acometidas, etc.*

Plantas generales:

- *Plantas acotadas, con indicación de escala y de usos, reflejando los elementos fijos y los de mobiliario cuando sea preciso para la comprobación de la funcionalidad de los espacios.*

Planos de cubiertas:

- *Con indicaciones de pendientes, puntos de recogida de aguas, etc.*

Alzados y secciones:

- *Ambos tipos de dibujo irán acotados, con indicación de escala y cotas de altura de plantas, gruesos de forjado, alturas totales, para comprobar el cumplimiento de los requisitos urbanísticos y funcionales.*

Planos de estructura:

- *Descripción gráfica y dimensional de todo del sistema estructural (cimentación, estructura portante y estructura horizontal). En los relativos a la cimentación se incluirá, además, su relación con el entorno inmediato y el conjunto de la obra.*

Planos de instalaciones:

- *Descripción gráfica y dimensional de las redes de cada instalación, plantas, secciones y detalles.*

Planos de definición constructiva:

- *Documentación gráfica de detalles constructivos.*

Memorias gráficas:

- *Indicación de soluciones concretas y elementos singulares: carpintería, cerrajería, etc.*

2.3.2.3.2. *Flujo de trabajo de la fase de ejecución*

El flujo de trabajo son una serie de pasos, unos a continuación de otros, que van recorriendo todos los apartados de esta fase del proyecto. No es necesariamente un camino lineal de ida, sino que lo normal es ir tratando varios temas a la vez, o unos después de otros, y recomenzar con parámetros actualizados.

Después de estudiar varios proyectos de ejecución y, más concretamente, el día a día en su elaboración, se ha llegado a establecer un protocolo de actuación para aplicarlo al proyecto de esta investigación.

Antes de nada, es necesario analizar el resultado de la fase anterior: el proyecto básico. Su objetivo, como ya se ha descrito, era adelantar el trabajo, presentando sólo los documentos necesarios para obtener las correspondientes autorizaciones legales para su puesta en obra. Pues bien, si hay reparos impuestos o voluntarios, es preciso corregir el trabajo antes de continuar. Una manera de hacerlo es presentando un **proyecto básico reformado** o, si las modificaciones no afectan a los aspectos legales importantes (superficie edificada, ocupación, altura máxima...) se puede presentar directamente un *proyecto básico reformado y de ejecución*. Este último caso es el que se aplicará a este

proyecto en desarrollo, pues se desea cambiar algunos elementos del proyecto, tales como los cerramientos o los pilares.

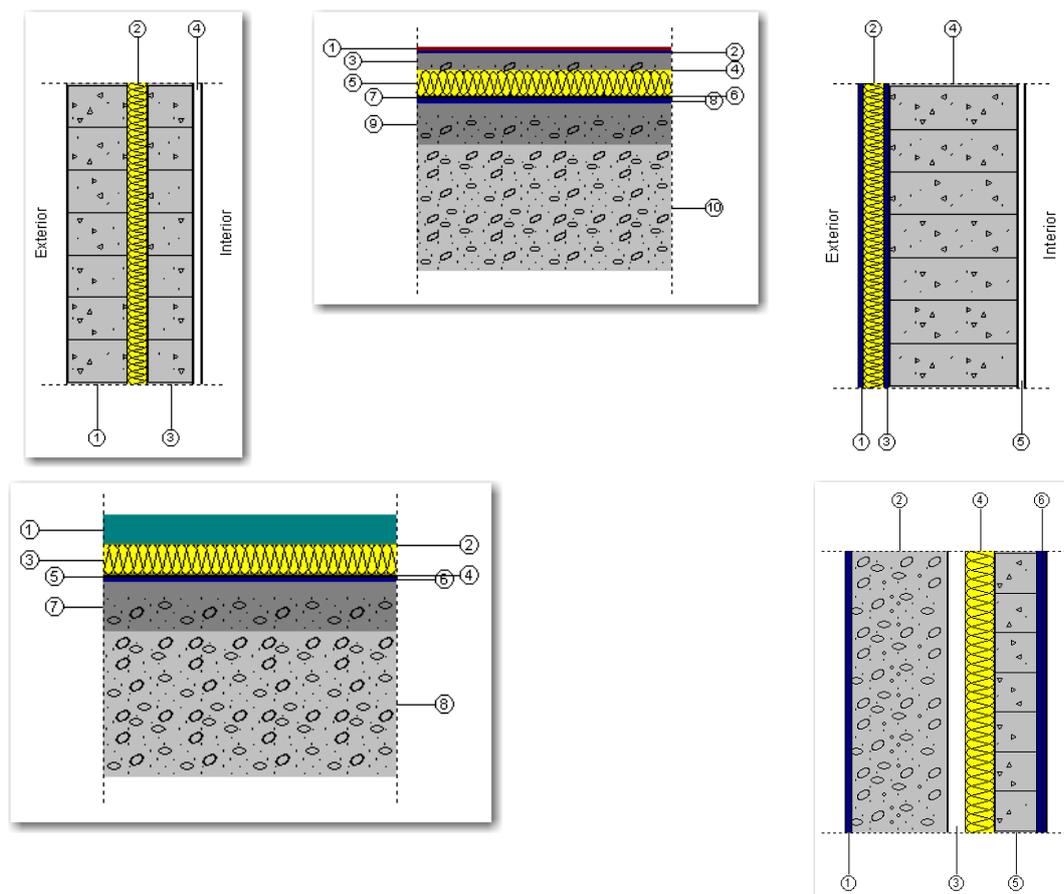
Así pues, las fases a seguir serán:

1. Modificación de elementos ya contenidos en el proyecto básico.
2. Elección del tipo de cerramiento a efectos de su repercusión en la estructura, sobre todo el tipo y situación del aislamiento.
3. Cálculo inicial de la estructura, para conocer las dimensiones de los elementos principales, sobre todo de los soportes.
4. Definición precisa de los cerramientos (fachadas, patios, medianeras, cubiertas, sótanos...) y de las particiones (tabiques, cortafuegos...).
5. Diseño y cálculo de los conductos de ventilación verticales, a efectos de prever patinillos de paso en forjados.
6. Cálculo final de la estructura, teniendo en cuenta el peso de los elementos constructivos modificados y su nueva disposición.
7. Cálculo de los aislamientos acústico y térmico, y de la protección contra la humedad, con la correspondiente limitación de demanda energética.
8. Diseño y cálculo de las instalaciones de protección contra incendios.
9. Diseño y cálculo de las instalaciones de ventilación mecánica.
10. Diseño y cálculo de las instalaciones de fontanería.
11. Diseño y cálculo de las instalaciones de saneamiento.
12. Diseño y cálculo de las instalaciones de climatización, incluyendo la comprobación de la eficiencia energética del edificio.
13. Diseño y cálculo de las instalaciones de aprovechamiento solar térmico.
14. Diseño y cálculo de las instalaciones de electricidad.
15. Diseño y cálculo de las instalaciones de telecomunicaciones.

16. Dibujo de la memoria gráfica de carpintería.
17. Dibujo de los detalles constructivos.
18. Elaboración de mediciones, presupuestos y pliegos de condiciones.
19. Redacción de la memoria del proyecto.

2.3.2.3.3. *Modificación de elementos constructivos*

Los materiales a utilizar en la construcción de este proyecto ya se han elegido en la fase de proyecto básico, mientras se construía el modelo tridimensional. Sin embargo, se van a introducir ahora algunos cambios propiciados por la adecuación de los cerramientos a la normativa con más precisión que la tenida en cuenta anteriormente. Aparecerán más adelante en los detalles constructivos.



Varios elementos constructivos introducidos en la fase de ejecución.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3.4. Dimensionado del sistema estructural

Calcular la estructura de un edificio representa uno de los momentos más delicados y comprometidos de todas las fases del proyecto, debido a la responsabilidad que supone en materia de seguridad, estabilidad y durabilidad de dicha estructura, de acuerdo con la normativa aplicable⁷⁴.

Se desarrolla en varias fases:

1. **Estudio del edificio:** interpretación de datos, creación de plantilla geométrica
2. **Cálculo de la estructura:** introducción de datos, cálculo, examen de resultados, recálculo, simplificación, obtención de resultados
3. **Elaboración de los planos:** importación de dibujos, edición, maquetación, inclusión de detalles, acabado, impresión
4. **Elaboración de la memoria:** importación de plantilla, inserción de datos, inserción de resultados del cálculo, aplicación de estilos de textos y tablas, impresión

Hoy en día, las estructuras se calculan haciendo uso de programas de cálculo por ordenador. Para esta ocasión se utilizará el denominado CYPECAD, suministrado por la empresa CYPE Ingenieros, S.A.⁷⁵

⁷⁴ NORMAS APLICADAS EN EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS:

- Código Técnico de la Edificación
- Instrucción de Hormigón Estructural
- Instrucción de Acero Estructural

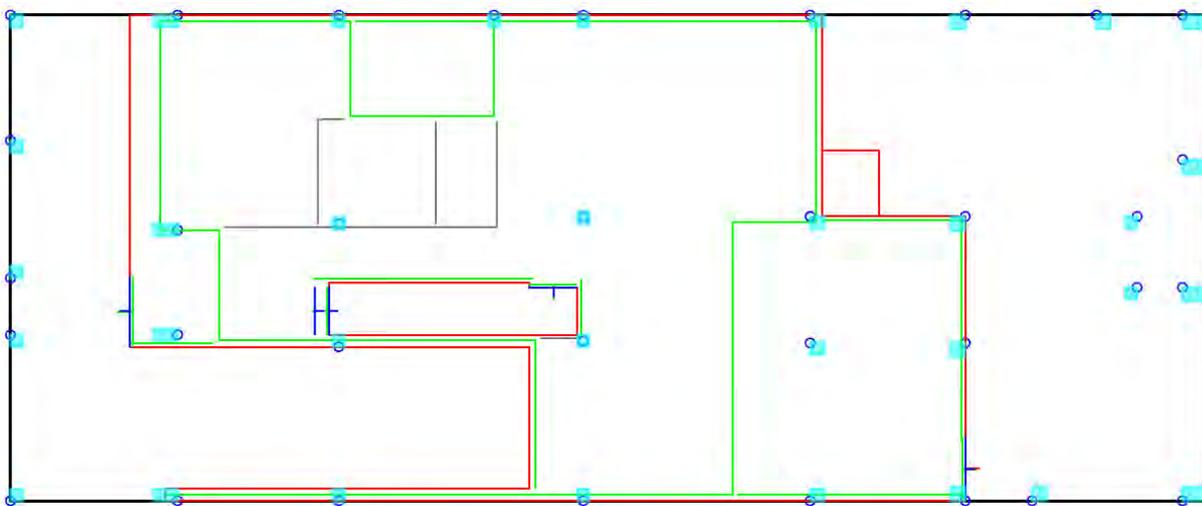
⁷⁵ Para más información, consultar en la Web: <http://cypecad.cype.es/>

La complejidad de las estructuras, la introducción coherente de los datos, los ajustes iterativos y la seguridad de unos resultados correctos justifican sobradamente su uso. Así pues, la utilización de CYPECAD garantiza la máxima fiabilidad de cálculo y el mejor diseño de planos.

A los efectos de esta investigación, son relevantes sólo las tareas de *creación de la plantilla geométrica* y todas las de *elaboración de los planos*. Sin embargo, se realizarán todas las fases para obtener resultados reales calculados con los datos del proyecto.

2.3.2.3.4.1. Creación de la plantilla geométrica

La plantilla geométrica es un archivo de dibujo que contiene sólo aquella información relevante del proyecto para calcular la estructura. Normalmente se calca dicha geometría a partir de los dibujos de los planos de cada planta y una de las secciones, tomados del Proyecto Básico, y vinculados como archivos de referencia.



Plantilla de planta baja para la introducción de la estructura en el programa de cálculo.

Fuente: Elaboración propia

Los elementos a extraer del proyecto son:

- Puntos fijos para replanteo
- Pilares, pantallas y muros
- Contornos de forjados

- Huecos y patinillos
- Arranques de escaleras
- Límites de la parcela
- Desniveles de forjados o cimentación

El formato de este archivo plantilla debe ser legible por el programa de cálculo, por lo que se dibuja directamente en DWG. Cualquier edición posterior conlleva redibujar la plantilla, guardarla y recargar desde el programa de estructuras.

2.3.2.3.4.2. Elaboración de los planos

Una vez calculada, comprobada y simplificada la estructura llega el momento de componer los planos. El programa de estructuras permite editar y componer los dibujos para imprimir directamente, pero es más cómodo y productivo importar los dibujos desde un archivo de diseño, mediante un programa de CAD.

El proceso ya se ha apuntado más arriba y se desarrolla en varios pasos:

1. **Importación de dibujos:** cimentación, cuadro de pilares y muros, detalles, forjados de techo (uno por grupo), forjados de ascensor (foso y techo), cargas en forjados, cargas a cimentación, muros de fábrica, uniones, escaleras.
2. **Edición:** introducción de pequeños huecos, tipificado de zunchos, resituado de textos, adición de armados de refuerzo, simplificación de despieces de zapatas y muros, racionalización del armado de nervios de forjado según ámbitos, dibujo de fondos de color en elementos destacados, completado del cuadro de pilares, organización del cuadro de muros, zapatas, encepados, riostras y arranques de pilares, ordenado de los textos de las cargas, completado del cuadro de cargas.
3. **Maquetación:** elección del formato, selección de los cuadros comunes de datos, multicopiado del formato más los cuadros

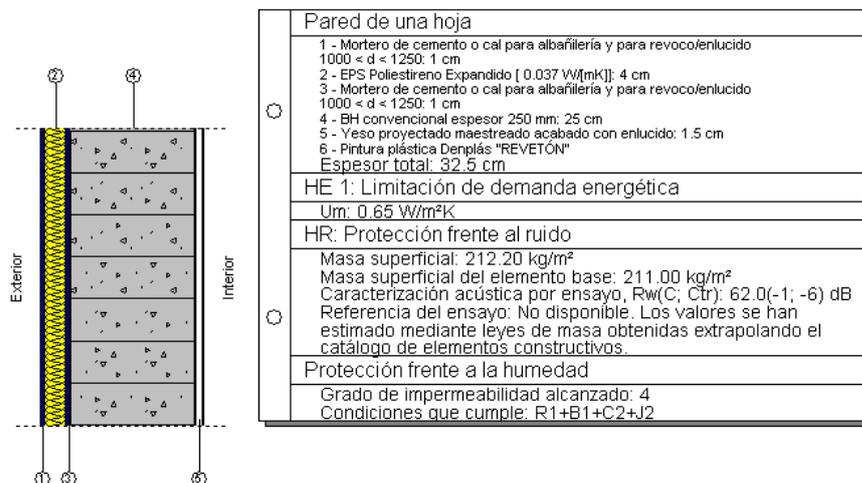
La manera práctica de afinar en la disposición de materiales y espesores de las distintas capas será ir experimentando con el programa de cálculo, ya que así se ahorra mucho tiempo de ensayo-error. Partiendo de una idea general, se van añadiendo los distintos componentes de un cerramiento (vertical u horizontal), hasta que el programa da *luz verde* con el cálculo. Esto ocurre cuando se cumplen todas las exigencias básicas establecidas en el Código Técnico de la Edificación para *aislamientos*:

- CTE DB HE 1, sobre aislamiento térmico de la edificación
- CTE DB HR, sobre aislamiento acústico
- CTE DB HS 1, sobre protección frente a la humedad.

Se han dispuesto los siguientes cerramientos:

2.3.2.3.5.1. Fachadas

Sistema de aislamiento térmico exterior (SATE).

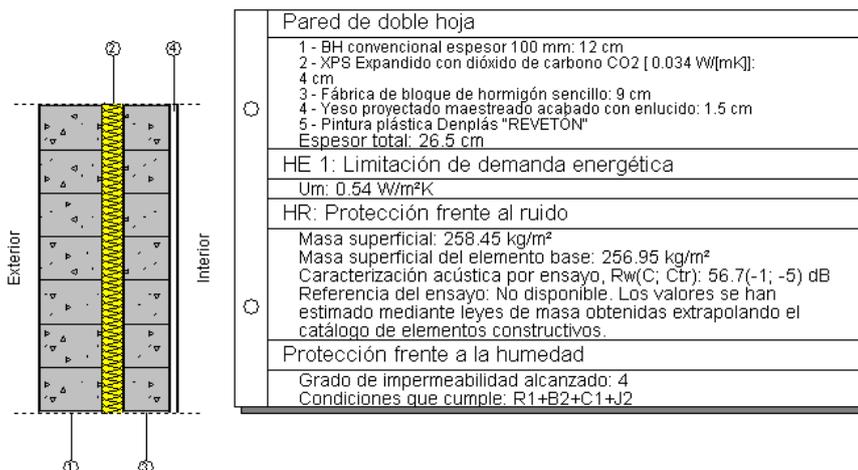


Despiece del cerramiento de las fachadas.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.5.2. Medianeras

Muro de doble hoja con aislamiento interior.

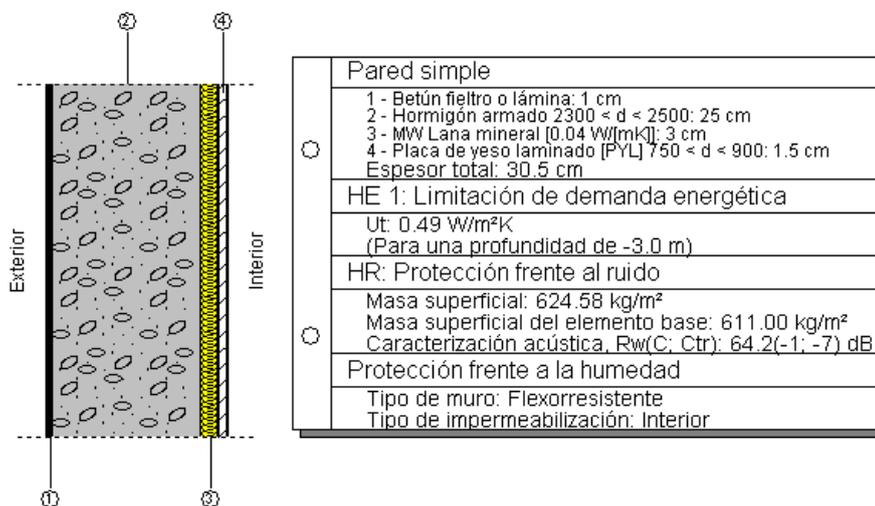


Despiece del cerramiento de las medianeras.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.5.3. Sótanos

Muro de hormigón impermeabilizado con trasdosado interior aislante.

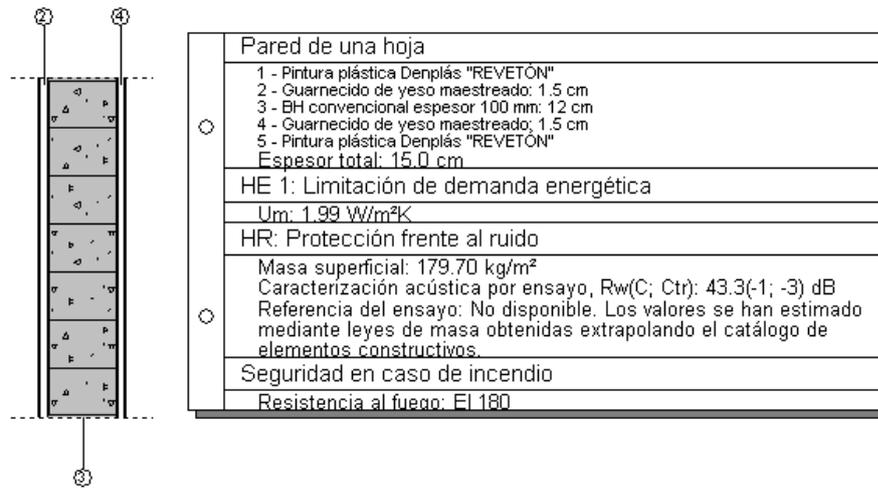


Despiece del cerramiento de los sótanos.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.5.4. Tabiques normales

Muro de bloques con acabado de yeso proyectado y refilo de escayola.

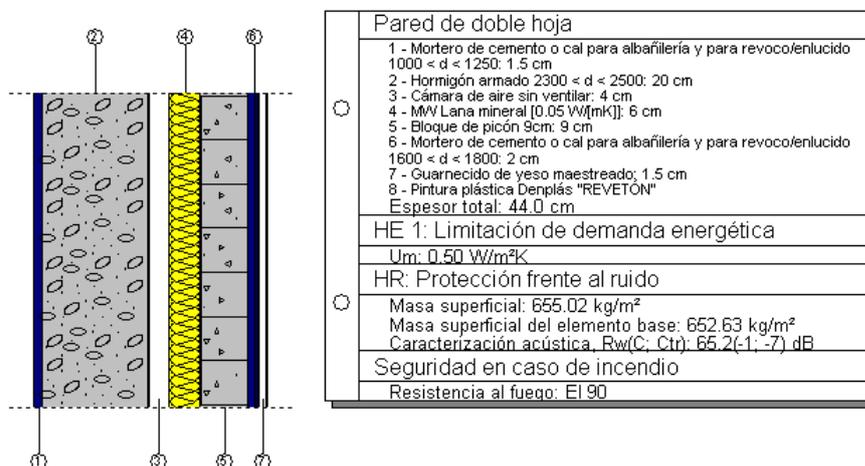


Despiece del cerramiento de los tabiques normales.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.5.5. Tabiques aislantes

Muro de hormigón con cámara de aire y trasdosado interior de aislante acústico con hoja de fábrica al interior.

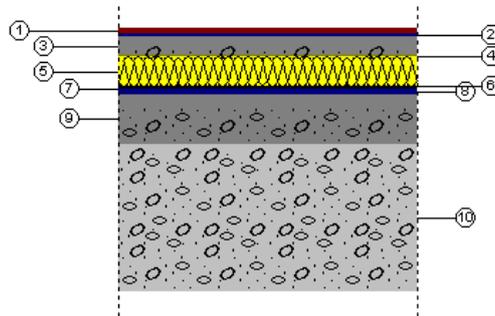


Despiece del cerramiento de los tabiques aislantes.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.5.6. Cubiertas transitables

Cubierta invertida transitable.



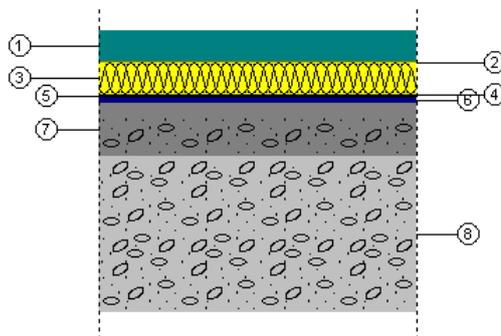
	Tipo: Transitable, peatonal, con solado fijo
	1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1 cm
	2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 0,5 cm
	3 - Hormigón con otros áridos ligeros d 2000: 4 cm
	4 - Subcapa fieltro: 0,2 cm
	5 - MW Lana mineral [0,05 W/(mK)]: 6 cm
	6 - Subcapa fieltro: 0,2 cm
	7 - Asfalto: 0,5 cm
	8 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 1 cm
	9 - Hormigón con otros áridos ligeros d 2000: 10 cm
	10 - FU Entrelazado de hormigón -Canto 300 mm: 30 cm
	Espesor total: 53,4 cm
	HE 1: Limitación de demanda energética
	U refrigeración: 0,54 W/(m²K)
	U calefacción: 0,57 W/(m²K)
	HR: Protección frente al ruido
	Masa superficial: 702,26 kg/m²
	Masa superficial del elemento base: 593,75 kg/m²
	Caracterización acústica, Rw(C, Ctr): 63,7(-1; -7) dB
	HS 1: Protección frente a la humedad
	Tipo de cubierta: Transitable, peatonal, con solado fijo
	Tipo de impermeabilización: Material bituminoso/bituminoso modificado

Despiece del cerramiento de las cubiertas transitables.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.5.7. Cubiertas no transitables

Cubierta invertida no transitable con acabado de grava.



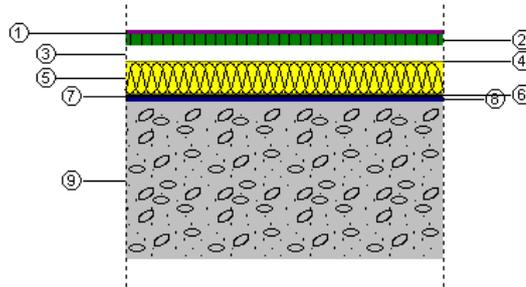
	Tipo: No transitable, con gravas
○	1 - Piedra pómez natural [d < 400]: 6 cm 2 - Subcapa fieltro: 0.2 cm 3 - MW Lana mineral [0.05 W/(mK)]: 6 cm 4 - Subcapa fieltro: 0.2 cm 5 - Asfalto: 0.5 cm 6 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 1 cm 7 - Hormigón con otros áridos ligeros d 2000: 10 cm 8 - FU Entregado de hormigón -Canto 300 mm: 30 cm Espesor total: 53.9 cm
	HE 1: Limitación de demanda energética
	U refrigeración: 0.44 W/(m²K) U calefacción: 0.45 W/(m²K)
	HR: Protección frente al ruido
○	Masa superficial: 620.03 kg/m² Masa superficial del elemento base: 593.75 kg/m² Caracterización acústica, $R_w(C; C_{tr})$: 63.7(-1; -7) dB
	HS 1: Protección frente a la humedad
	Tipo de cubierta: No transitable, con gravas Tipo de impermeabilización: Material bituminoso/bituminoso modificado

Despiece del cerramiento de las cubiertas no transitables.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.5.8. Tejados

Tejado inclinado sobre forjado con acabado de pizarra.



	Tipo: Faldón formado por forjado de hormigón
○	1 - Esquistos Pizarra [2000 < d < 2800]: 1 cm 2 - Paneles de fibras con conglomerante hidráulico 350 < d < 450: 2 cm 3 - Cámara de aire: 3 cm 4 - Subcapa fieltro: 0.2 cm 5 - MW Lana mineral [0.05 W/(mK)]: 6 cm 6 - Subcapa fieltro: 0.2 cm 7 - Asfalto: 0.4 cm 8 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 1 cm 9 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm: 30 cm Espesor total: 43.8 cm
	HE 1: Limitación de demanda energética
	U refrigeración: 0.51 W/(m²K) U calefacción: 0.52 W/(m²K)
	HR: Protección frente al ruido
○	Masa superficial: 426.53 kg/m² Masa superficial del elemento base: 391.65 kg/m² Caracterización acústica, Rw(C; Ctr): 57.1(-1; -7) dB
	HS 1: Protección frente a la humedad
	Tipo de cubierta: Faldón formado por forjado de hormigón Tipo de impermeabilización: Material bituminoso/bituminoso modificado

Despiece del cerramiento de los tejados.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.6. Certificación energética

Cuando los cerramientos sean aptos para cumplir las exigencias de aislamiento, se procederá a verificar su limitación de demanda energética. Se realiza mediante el programa informático LIDER ⁷⁶.

Cuando, además de lo anterior, se dispongan instalaciones que consuman energía para producir agua caliente sanitaria, se comprobará la idoneidad del edificio para la obtención de la Certificación Energética. Se realiza mediante el programa informático CALENER-VYP ⁷⁷.

2.3.2.3.7. Cálculo final de la estructura

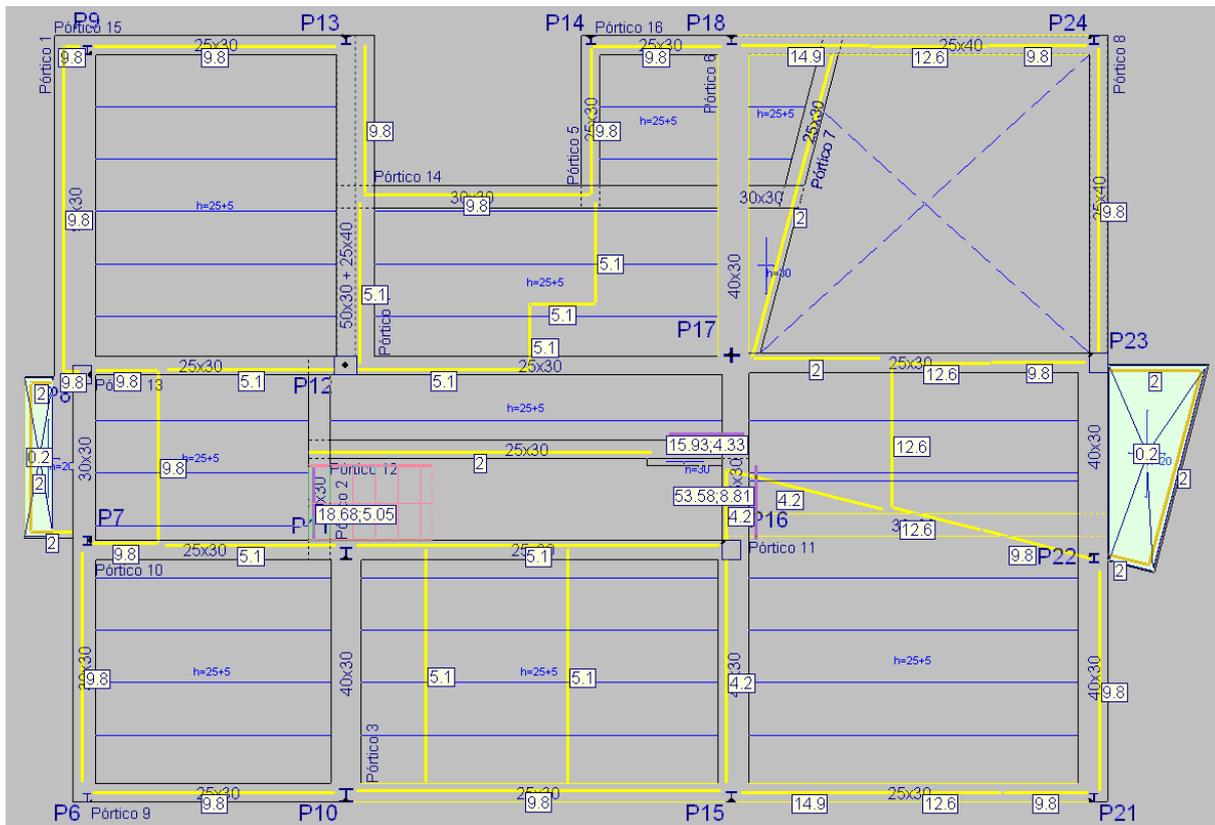
Una vez asegurada la envolvente del edificio, es necesario volver a calcular la estructura con los pesos definitivos de los cerramientos, considerados como cargas permanentes. Igualmente, se consideran los huecos de paso de instalaciones que supongan un zunchado perimetral, tal como prescribe el CTE.

El programa informático de simulación y cálculo de estructuras es una potente herramienta que asegura un producto de calidad y seguridad, con una presentación adecuada, siempre y cuando se conozcan las normas y se sepan ajustar los múltiples parámetros que intervienen en el proceso. De acuerdo con el profesor J. Calavera Ruiz, "...el cálculo de

⁷⁶ Más información en : http://www.codigotecnico.org/web/recursos/aplicaciones/contenido/texto_0002.html

⁷⁷ Más información en: <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx>

estructuras por ordenador está reservado para que, quienes conocen el tema, puedan hacerlo más rápido y más cómodo...”⁷⁸



Muestra de la estructura de techo de la planta baja.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPECAD

2.3.2.3.8. Diseño y cálculo de las instalaciones

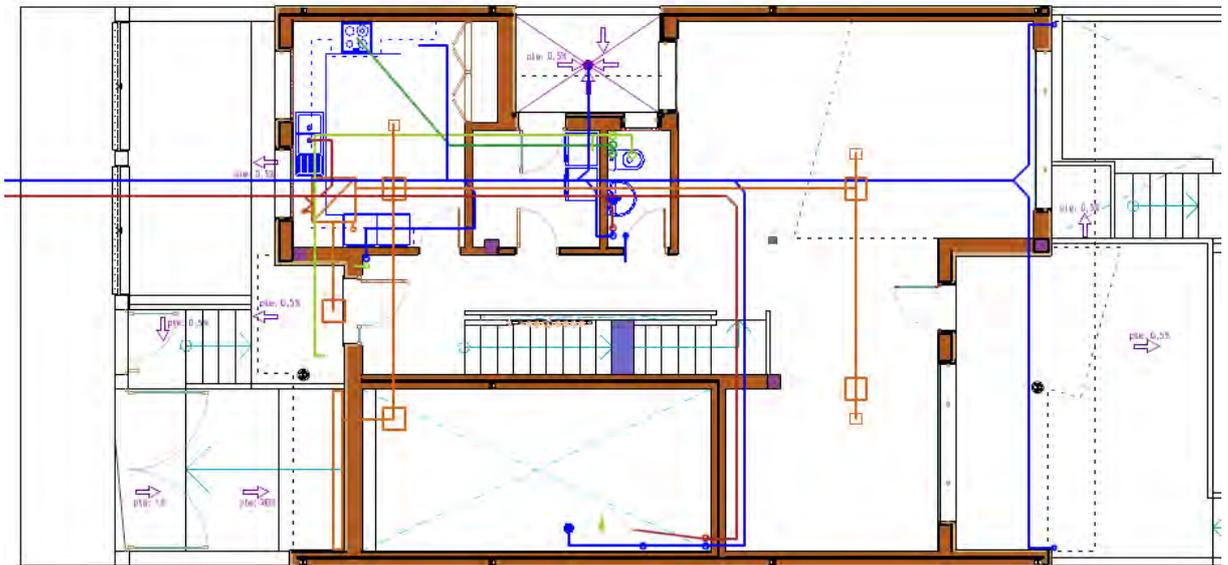
Las distintas instalaciones hay que diseñarlas en cuanto a consumos, cargas o servicios y en cuanto a trazados, para luego calcularlas según las normas vigentes⁷⁹ y luego dibujar los planos de cada una por

⁷⁸ Conferencia del Dr. José Calavera Ruiz en la Escuela de Arquitectura de Las Palmas de Gran Canaria, con motivo de su 40º aniversario, el 18 de noviembre de 2009.

⁷⁹ NORMAS APLICADAS EN EL CÁLCULO DE INSTALACIONES:

- Código Técnico de la Edificación

separado, así como las correspondientes memorias escritas. Por tanto, hay que dibujar una plantilla de recorrido para cada red, que luego se usará para trazar la definitiva en el programa de cálculo.



Plantilla para instalaciones de saneamiento.

Fuente: Elaboración propia

Al igual que ocurría en el caso de los cerramientos, el programa usado permite introducir elementos mientras se comprueba su idoneidad, conexión o capacidad para ser factible su colocación y funcionamiento en el edificio en servicio.

-
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
 - Sistemas de calefacción en edificios
 - Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
 - Reglamento de Infraestructuras de Telecomunicaciones.

A continuación se describen las diferentes disciplinas contempladas en el apartado de instalaciones ⁸⁰.

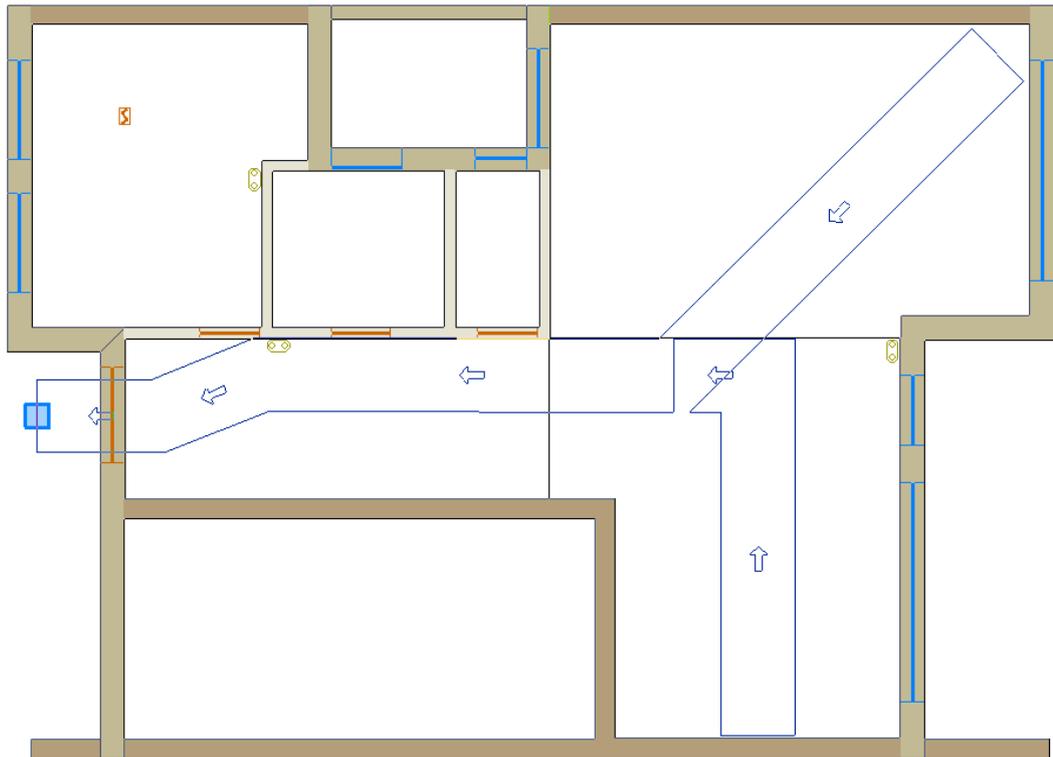
2.3.2.3.8.1. Protección contra incendios

Se tienen en cuenta los siguientes elementos de la instalación:

- Sectores de incendios
- Vías de evacuación
- Iluminación de emergencia
- Equipos portátiles de extinción
- Puertas cortafuego
- Detectores de humos.

En los planos se recogen los elementos prescritos, ya dibujados en su lugar.

⁸⁰ El preceptivo cumplimiento del Código Técnico de la Edificación se ha tenido en cuenta solamente en lo que atañe al proyecto de la vivienda unifamiliar objeto de este trabajo. No se hace una puesta en práctica de todos los casos posibles para todo tipo de proyectos.



Muestra de la instalación de protección contra incendios.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.8.2. Salubridad. Recogida y evacuación de residuos

En este caso, sólo será necesario disponer los cinco contenedores de residuos de almacenamiento inmediato en la cocina, en el lugar señalado en los planos.

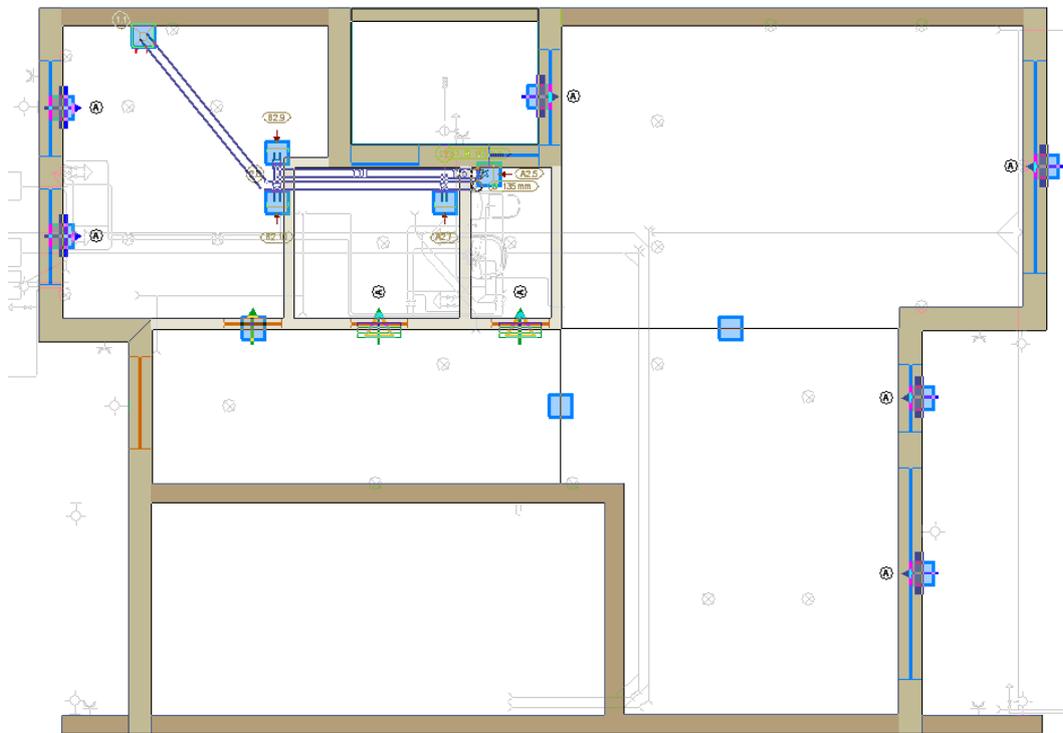
2.3.2.3.8.3. Salubridad. Ventilación. Calidad del aire interior

Se dispondrán los conductos y mecanismos necesarios para la correcta aireación y consecuente calidad del aire interior de la vivienda.

La red está formada por:

- Conductos de circulación de aire
- Aparatos de extracción e impulsión de aire
- Rejillas de paso, admisión e extracción.

Igualmente, en los planos aparecen dibujados los resultados.



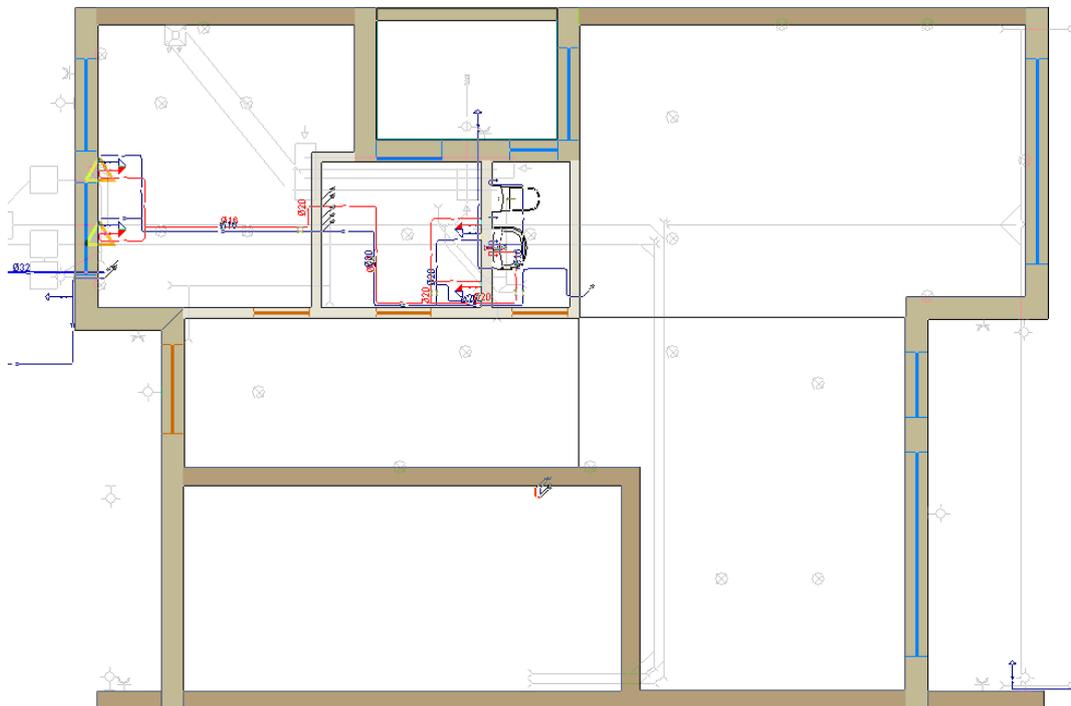
Muestra de la instalación de ventilación.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.8.4. Salubridad. Suministro de agua. Fontanería

La instalación se compone de:

- Acometida con toma y llave de corte
- Preinstalación de contador
- Llave de corte general
- Depósito regulador (aljibe)
- Grupo de presión
- Llave de abonado
- Conductos de agua fría, caliente y retorno, tanto horizontales como verticales
- Llaves de cuartos húmedos
- Puntos de consumo
- Aparatos sanitarios.



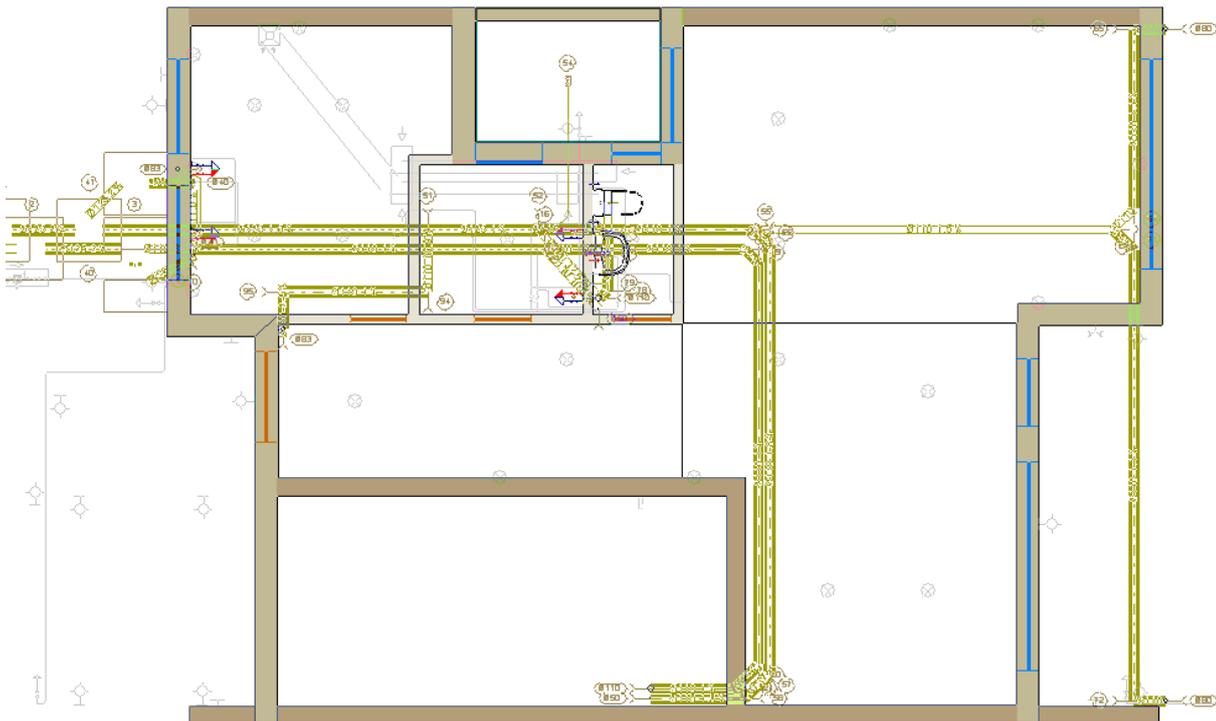
Muestra de la instalación de fontanería.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.8.5. Salubridad. Evacuación de aguas. Saneamiento

Los elementos que componen esta instalación son:

- Conexión con la red general de saneamiento
- Arquetas de paso
- Arquetas de bombeo
- Registros de limpieza
- Sumideros sifónicos puntuales y longitudinales
- Canales en tejados
- Botes sifónicos
- Conductos de evacuación, horizontales y verticales
- Terminales de aireación.



Muestra de la instalación de saneamiento.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

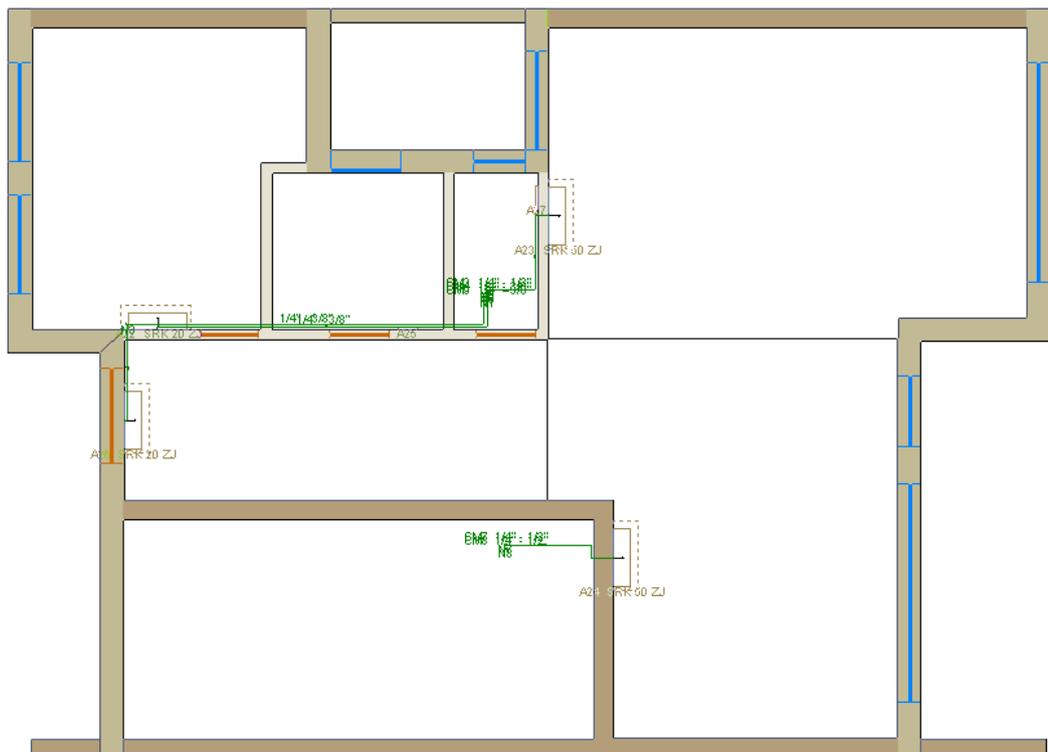
2.3.2.3.8.6. Climatización

Para este proyecto se elige un sistema aire-aire formado por varias unidades de bombas de calor reversibles instaladas en la azotea, con canalizaciones hasta los puntos de uso mediante tuberías aisladas.

Son sus partes:

- Unidades exteriores productoras (compresor)
- Unidades interiores de splits directos murales
- Tuberías horizontales y verticales de conducción del gas refrigerante

En los baños se utilizan toalleros radiantes.



Muestra de la instalación de climatización.

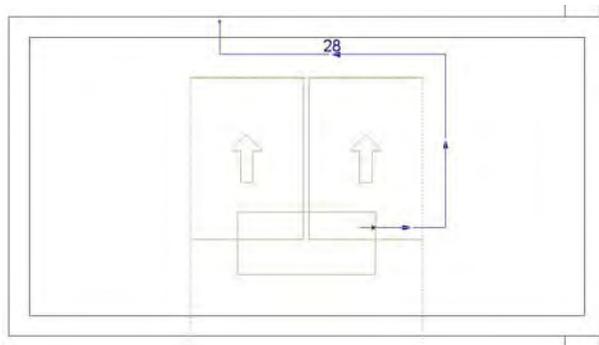
Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.8.7. Energía solar térmica

Se opta por un captador solar térmico compacto, equipado con panel y depósito elevado. Dispone de entrada de agua fría y salida de agua caliente. Esta se dirige a un calentador eléctrico para completar la temperatura de uso.

Los elementos que la integran son:

- Captador solar térmico compacto
- Tuberías horizontales y verticales de conducción de agua fría y caliente.



Muestra de la instalación solar térmica.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.8.8. Pararrayos

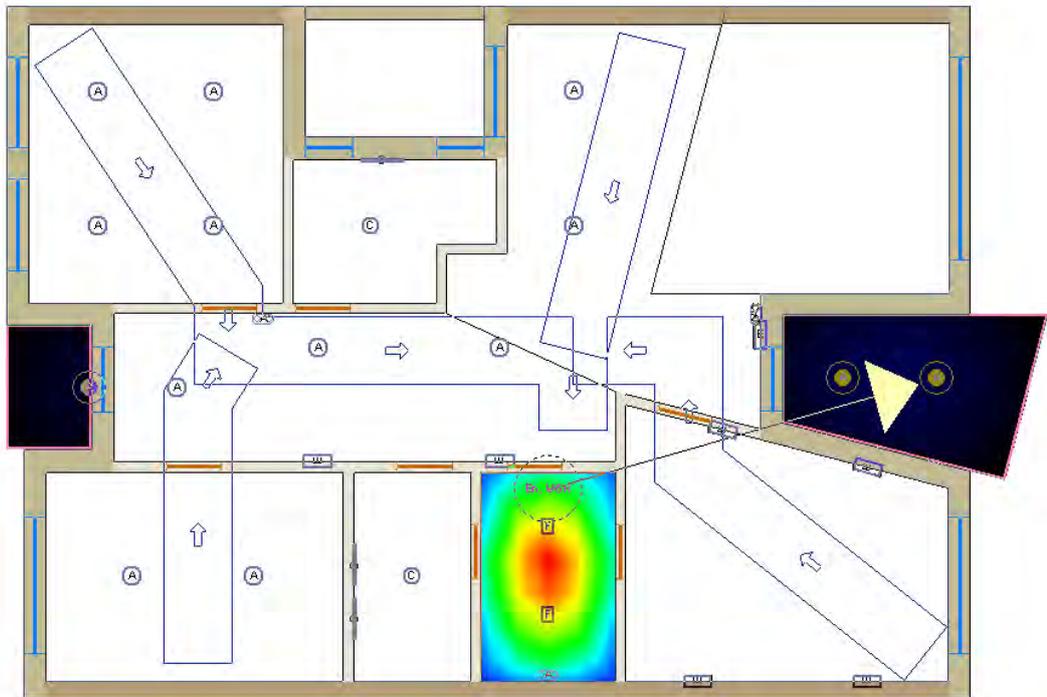
Según los cálculos del programa de instalaciones no es necesaria la instalación de pararrayos en la vivienda, por lo que no se genera ningún dibujo sobre este apartado.

2.3.2.3.8.9. Iluminación

Se trata de comprobar los niveles de iluminación en los exteriores y en las vías de evacuación.

Se compone de:

- Luminarias interiores normales
- Luminarias interiores estancas
- Luminarias de emergencia normales
- Luminarias de emergencia estancas
- Luminarias exteriores.



Muestra de la instalación de iluminación.

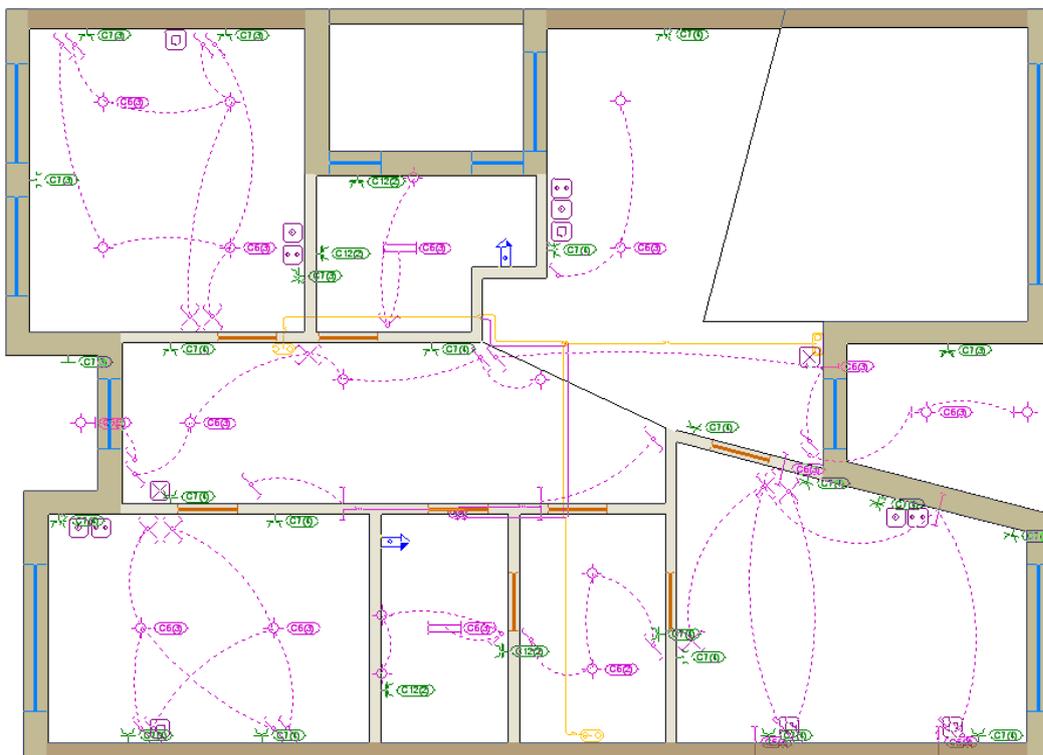
Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.8.10. Electricidad

Será la encargada de proporcionar energía eléctrica a los consumos de la vivienda, ya sean motores, electrodomésticos o alumbrado.

Tiene varias partes:

- Caja de protección y medida
- Acometida
- Cuadro general de mando y protección
- Canalizaciones horizontales y verticales
- Puntos de luz
- Tomas de corriente
- Mecanismos de accionado
- Consumos particulares.



Muestra de la instalación de electricidad.

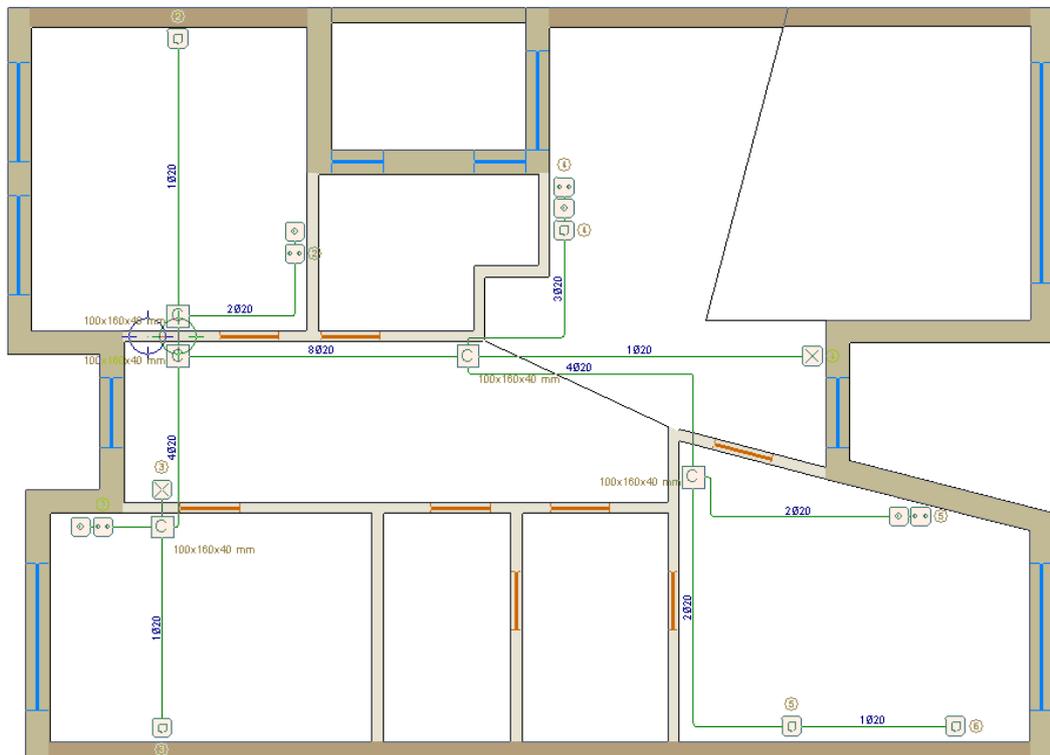
Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.8.11. Telecomunicaciones

Como en este caso no se requiere Proyecto de ICT, solamente se diseñará y calculará la red para dar servicio de telecomunicaciones a la vivienda.

La instalación tiene varios dispositivos:

- Arquetas de entrada y registro
- Armarios de enlace inferior y superior
- Canalizaciones horizontales y verticales
- Registros de terminación de red y de paso
- Tomas de televisión, televisión por cable y teléfono
- Conjunto receptor
- Acceso a la cubierta.



Muestra de la instalación de telecomunicaciones.

Fuente: Elaboración propia a través de CYPE Instalaciones

2.3.2.3.9. Diseño de detalles

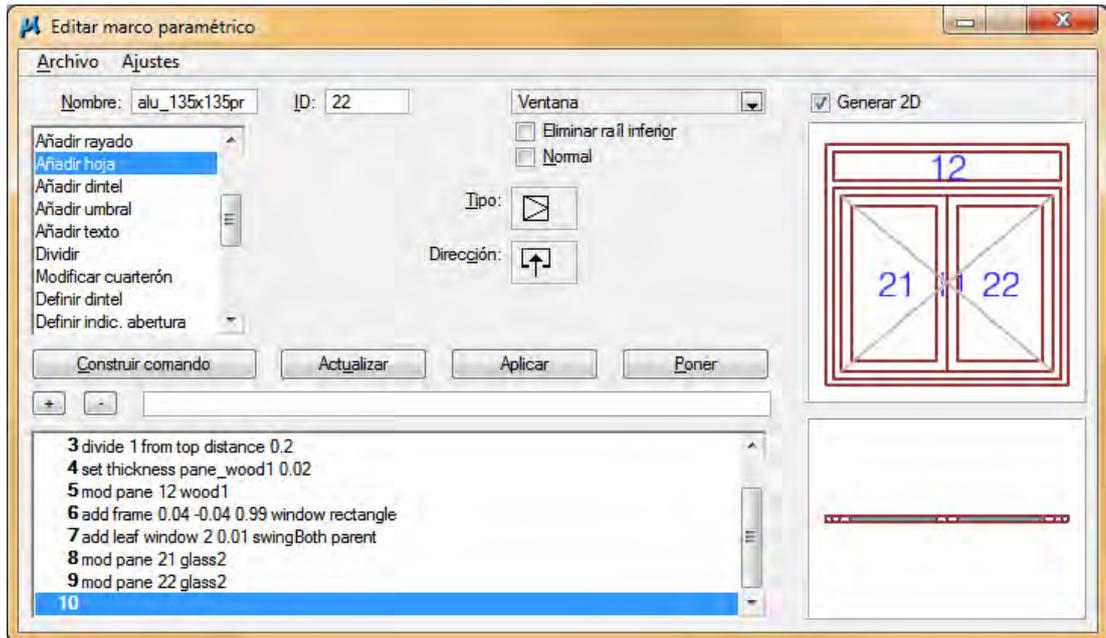
Tradicionalmente, la confección de detalles de carpintería y de encuentros diversos entre elementos constructivos se suele dejar para el final de la redacción del proyecto. Esto no significa que se diseñen en el último momento, sino que se trabaja el proyecto con soluciones prefijadas y convenidas, pero sin dibujarlas aún.

En el caso de esta investigación, los elementos constructivos se adelantan en la fase de proyecto básico y se concretan en la de ejecución, a la hora de resolver la envolvente del edificio.

2.3.2.3.9.1. Memoria gráfica de carpintería

Los planos de carpintería consisten en el dibujo en alzado de cada tipo de puerta, ventana, o barandilla, a escala grande, con todas las especificaciones técnicas necesarias para su construcción y puesta en obra.

En el modelo infográfico de este proyecto, la carpintería se ha introducido como elementos paramétricos, es decir, son bloques o células que se generan con unas dimensiones y formas específicas a partir de una configuración previa. Implica muchas ventajas, como su rediseño sobre la marcha o su reutilización posterior.

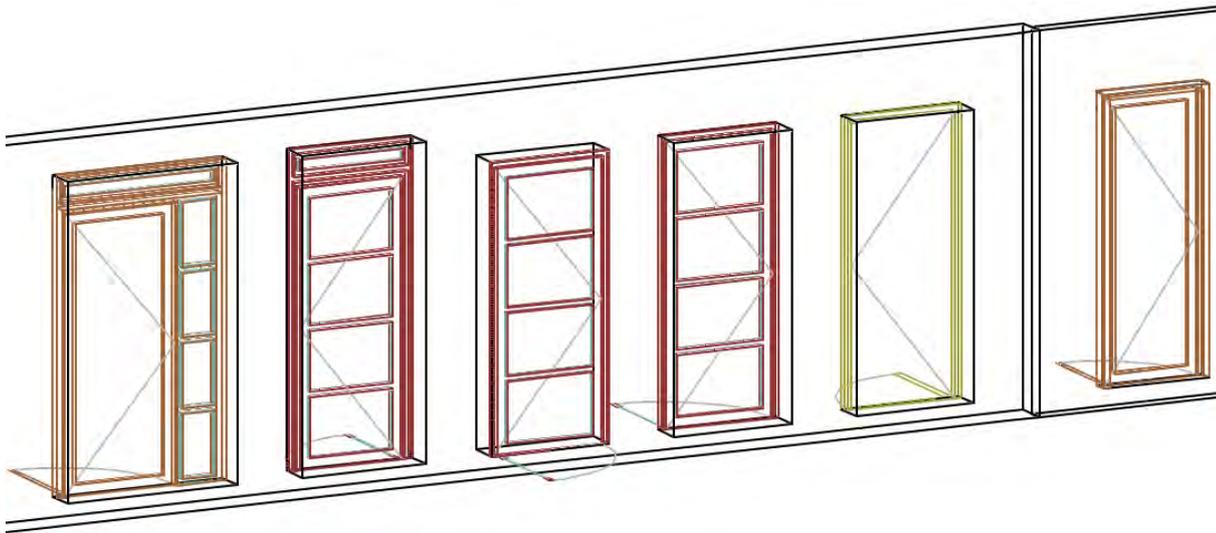


Creación y edición de marcos paramétricos de carpintería.

Fuente: Elaboración propia a través de Bentley Architecture

Ahora se van a utilizar nuevamente para elaborar la memoria gráfica de carpintería. Para ello se ejecuta un sencillo proceso que será de gran ayuda:

1. Se crea un archivo 3D nuevo para la carpintería
2. Se dibuja un muro de altura similar a los del proyecto
3. Se introduce en él un elemento de carpintería de cada tipo
4. Se plantean dos cortes, vertical y horizontal, así como una vista en alzado
5. Se obtienen los dibujos de planta, alzado y sección de la carpintería
6. Se componen las láminas necesarias con dichos dibujos
7. Se completan las láminas con los datos necesarios para su fabricación.

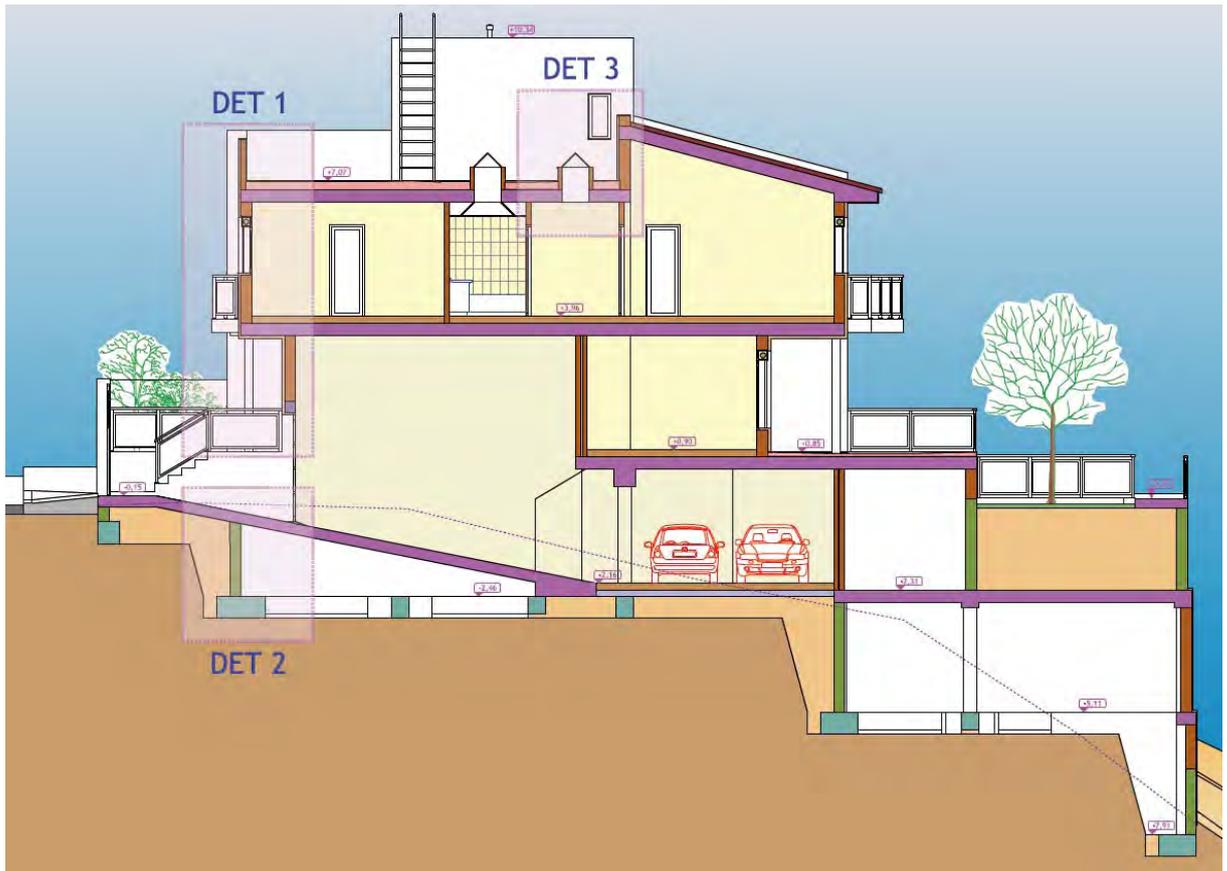


Muro con distintos tipos de carpintería.

Fuente: Elaboración propia

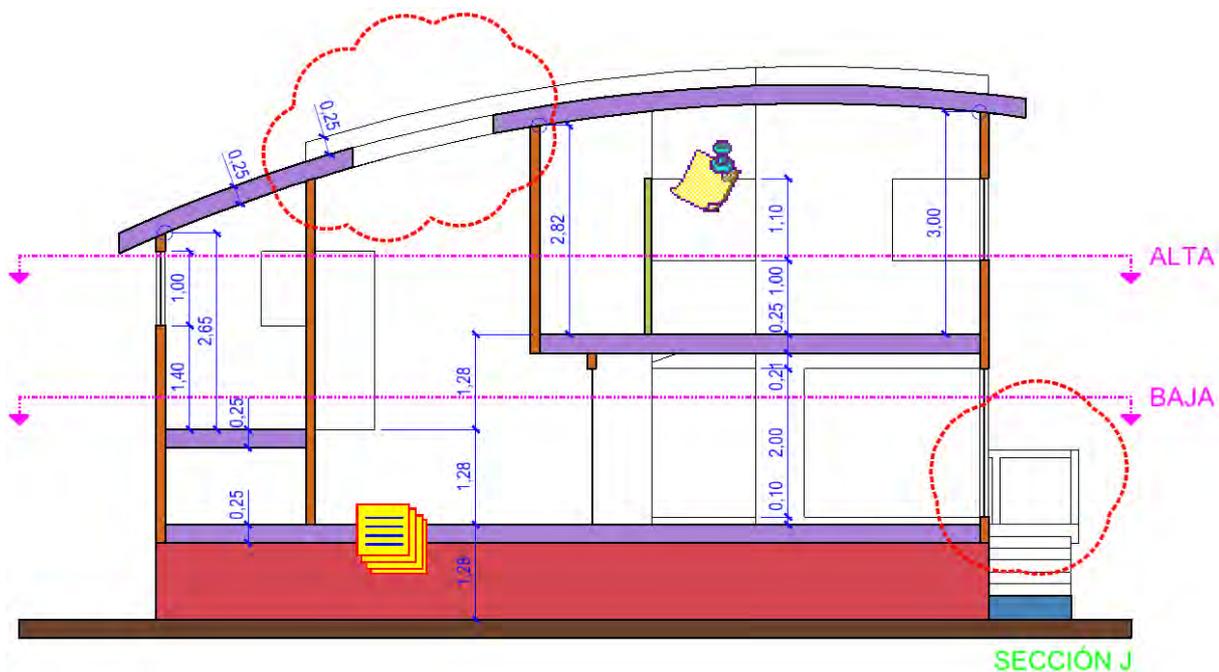
2.3.2.3.9.2. Detalles constructivos

Como se ha adelantado más arriba, la relación entre los elementos constructivos y sus encuentros se realiza mediante dibujos en detalle, donde se resuelven los puntos más relevantes que conlleven una adecuada construcción del edificio. Para este proyecto se van a desarrollar los siguientes:



mucho si el proyectista no controla el espacio y los cerramientos que conforman el proyecto.

Hay herramientas informáticas que permiten anotar comentarios en los diferentes tipos de archivos digitales que intervienen en el proyecto. En los de CAD se puede hacer mediante etiquetas, similares a los de papel adhesivo amarillo, o mediante nubes (contornos y textos), como los trazos y notas a rotulador.



Comentarios mediante etiquetas y nubes.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3.11. Mediciones y presupuesto

No se contemplan en este trabajo, que está limitado a la producción gráfica de documentos.

2.3.2.3.12. Memoria

Tampoco se contempla en este trabajo, por los mismos motivos.

2.3.2.3.13. Representación de planos

En este punto del recorrido hay que hacer una reflexión, más o menos profunda, de los componentes del dibujo como representación del proyecto que se pretende construir. Si lugar a dudas, los planos del Proyecto de Ejecución, convenientemente visados y con licencia, son los documentos del contrato entre Promotor y Constructor para llevar a cabo la obra, bajo la supervisión de la Dirección Facultativa.

Con objeto de generar unos documentos impresos que permitan una fácil interpretación, reproducción y puesta en obra del proyecto, se necesita crear un lenguaje gráfico homogéneo a emplear en todos esos planos. Así, se echa mano de la **normalización**, con la que, en general, se puede obtener ⁸¹:

- Aumento de la productividad
- Mejora de la producción en cuanto a calidad, cantidad y homogeneidad
- Orden en los datos técnicos, los procesos de construcción y los intercambios comerciales
- Simplificación de los diseños y los cálculos
- Reducción de costes y amortización de inversiones.

Bajo esta perspectiva se contemplan a continuación varios elementos de dibujo empleados en los planos.

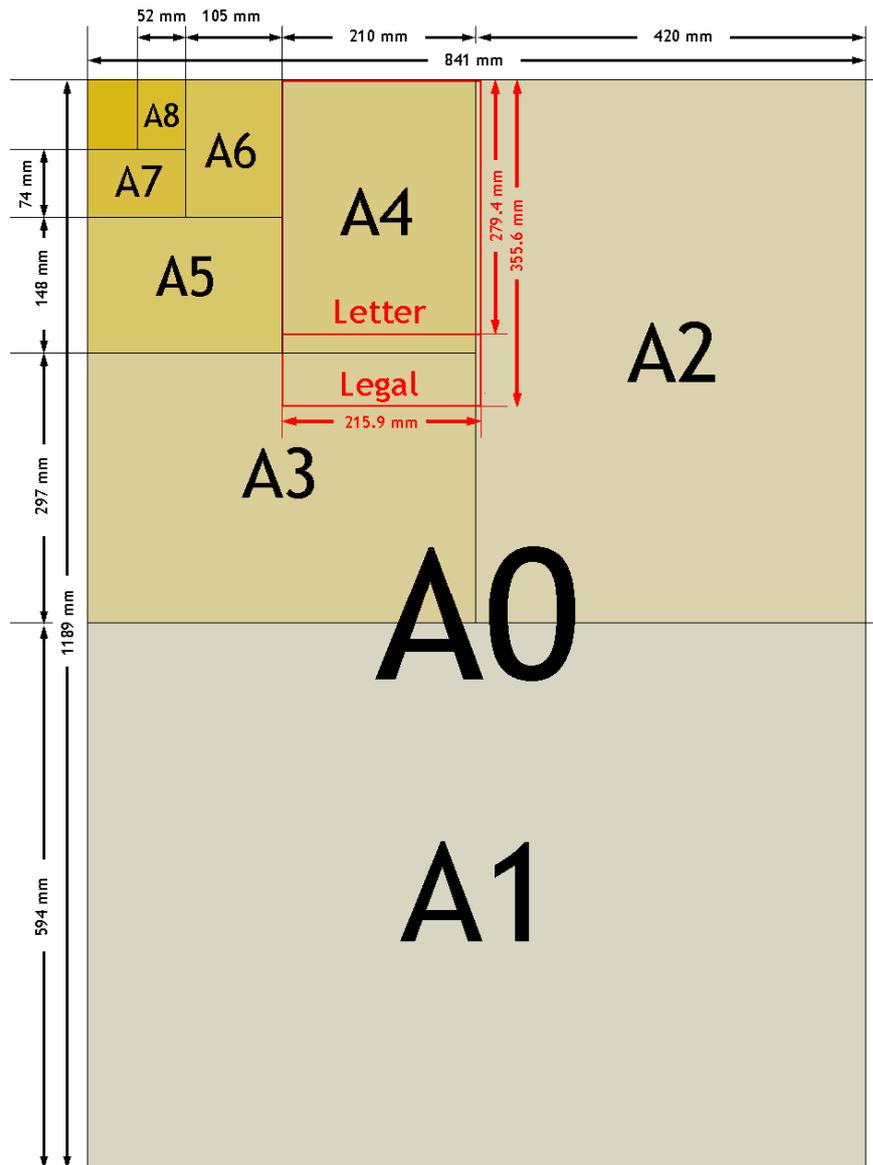
⁸¹ LOZANO APOLO, Gerónimo.: op. cit. p. 21.

2.3.2.3.13.1. Formatos de papel

El papel se fabrica a base de celulosa, con algunos aditivos, y se presenta en rollos grandes. Para usarlos con el fin de imprimir un proyecto se precisa cortarlo en trozos de dimensiones manejables y almacenables.

Aquí se propone el uso de los tamaños reconocidos internacionalmente en la norma ISO 216⁸², con algunas variantes. En la imagen siguiente se relacionan los formatos ISO, que son equivalentes a los DIN y los UNE.

⁸² COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *ISO 216*. op cit.



Relación de formatos ISO entre sí.

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/A_size_illustration.png

La relación entre cada uno y el inmediatamente inferior es que su superficie se reduce a la mitad y sus dimensiones se reducen proporcionalmente en $\sqrt{2}$.

Partiendo de un formato, al reducirlo a la mitad (50%) se obtendrá otro de la serie, pero 2 escalones por debajo, pues tendrá la cuarta parte de superficie y la mitad de largo y de ancho.

Esto es importante conocerlo a la hora de hacer ampliaciones y reducciones de formato. Igualmente ocurre al insertar dibujos a escala dentro de una lámina.

Para representar este proyecto se han empleado varios formatos, como el A3, A2 y A1. Las variantes consisten en añadir franjas verticales de ancho 210 mm al A2 y al A1. Esto se justifica porque se ahorra papel con estos formatos alargados en lugar de pasar al formato superior. En la carátula de cada plano se indican las dimensiones originales.

Usar el papel extendido sobre una mesa de dibujo o tablero en obra es la manera de ver todo su contenido de un vistazo o hacer consultas. Sin embargo, para archivar estos planos es necesario doblarlos en tamaños pequeños para introducirlos en carpetas que los protejan.

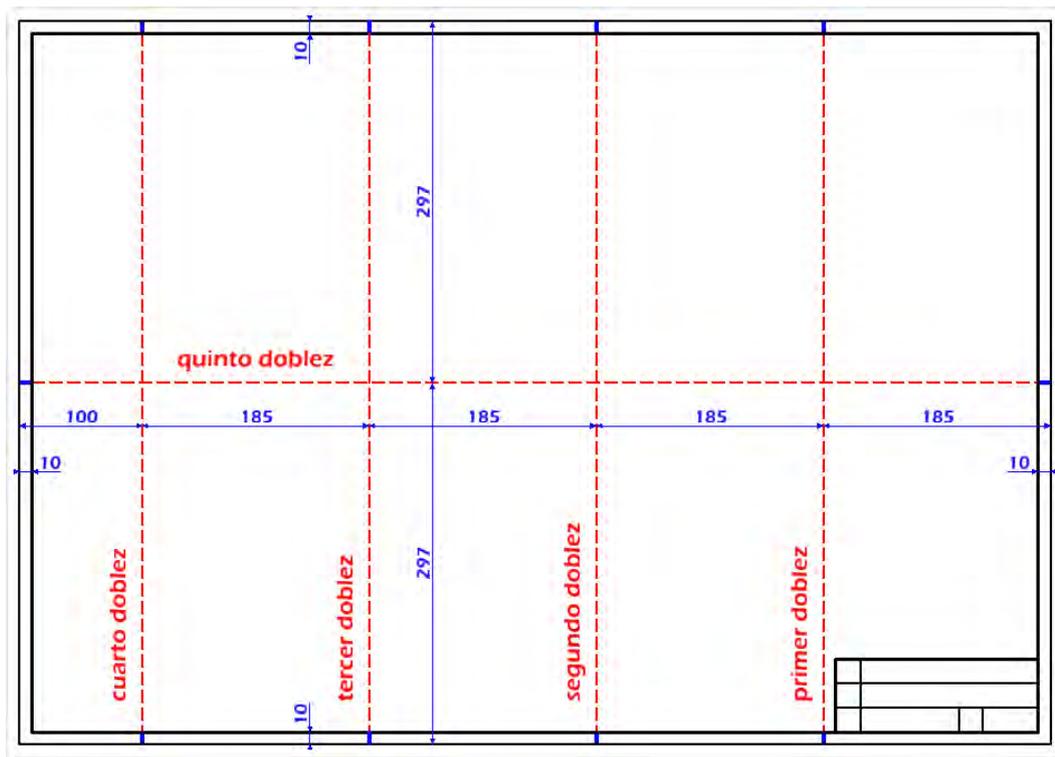
Las tres opciones más frecuentes son:

- Doblado para introducirlos en fundas transparentes individuales, agrupadas en carpetas de anillas
- Doblado para encuadernarlos por el borde izquierdo, formando un libro o archivador
- Doblado para guardarlos sueltos dentro de una caja de proyectos.

Así pues, para este trabajo se propone la tercera opción, eligiendo el conocido formato ISO-A4 como patrón de doblado para encarpetar. Todas las láminas llevan en sus márgenes unas marcas para guiar este doblado.

Sin embargo, se ha optado por el encuadernado, después de comprobar su idoneidad al imprimir todos los planos a escala. Se presentan reducidos para su adecuación y manejo en el documento de la tesis doctoral.

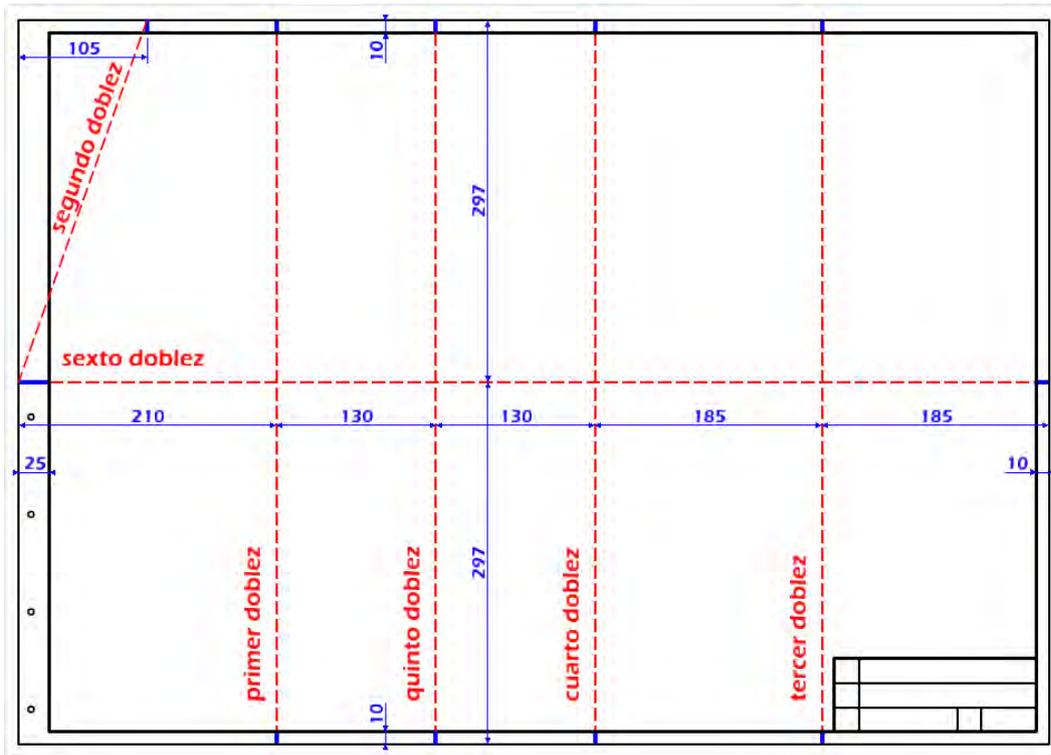
A modo de ejemplo, se ilustra a continuación el doblado de un plano ISO-A1⁸³ para los tres casos:



Marcas y líneas de doblado para introducir un plano ISO-A1 en fundas A4.

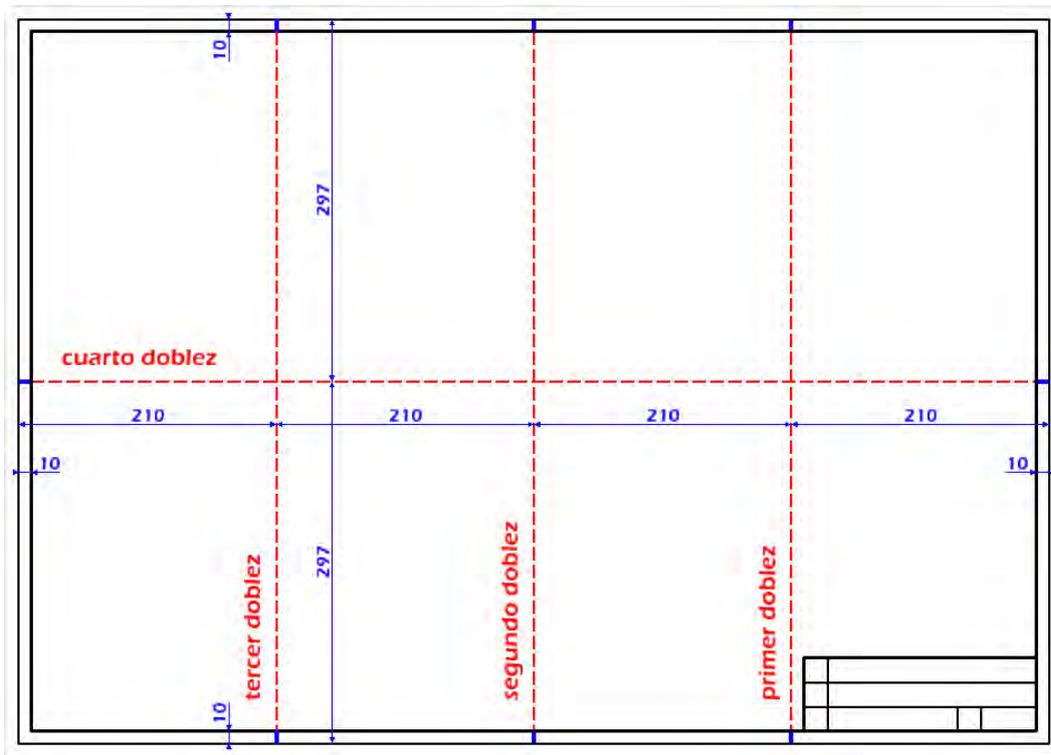
Fuente: *Elaboración propia*

⁸³ LOZANO APOLO, Gerónimo.: op. cit. p. 53.



Marcas y líneas de doblado para encuadernar un plano ISO-A1 en carpetas A4.

Fuente: Elaboración propia



Marcas y líneas de doblado para introducir un plano ISO-A1 en cajas para A4.

Fuente: Elaboración propia

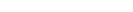
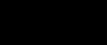
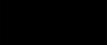
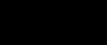
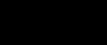
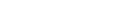
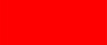
2.3.2.3.13.2. Líneas normalizadas

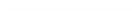
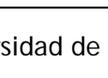
Al dibujar un objeto arquitectónico surge la necesidad de utilizar líneas de distinto grafismo para representar diferentes situaciones. Por ejemplo: los muros seccionados y los vistos se dibujarán con líneas de distinto grosor. Atendiendo a las distintas situaciones, se han utilizado las *líneas* en este trabajo adecuándose a lo que quieren representar. Variando *color*, *estilo* y *grosor* se establecen unas pautas de comunicación que facilitan la comprensión de los dibujos para poder luego construir lo que simbolizan:

- Los **colores** se han elegido como resultado de una serie pruebas impresas, tomando los que resultaron más legibles en los planos, debido a su contraste con el resto de elementos dibujados.
- Los **estilos** se seleccionan según las recomendaciones para el dibujo técnico:
 - Líneas *continuas* para los elementos reales vistos.
 - Líneas discontinuas para los elementos reales ocultos o proyectados.
 - Líneas de trazos cortos y largos para símbolos de ejes de escalera, huecos, etc.
- Los **grosos** se escogen atendiendo a cuánto debe destacar una línea sobre las demás, según su importancia en el dibujo, optando por la serie normalizada siguiente, con proporción $\sqrt{2}$, en mm:

0,13	0,18	0,25	0,35	0,50	0,70	1,00
------	------	------	------	------	------	------

Con todo lo anterior se ha creado una serie de especificaciones para el dibujo de líneas según su empleo. A continuación se muestran las más importantes:

TIPO	COLOR	ESTILO	GROSOR	DISCIPLINA	USO	MUESTRA
1		continua	0,50	emplazamiento	límite de parcela	
2		continua	0,35	emplazamiento	límite de subparcela	
3		continua	0,25	emplazamiento	límite de acera	
4		continua	0,70	emplazamiento	alineación oficial	
5		trazos cortos	0,25	emplazamiento	retranqueo	
6		continua	0,35	emplazamiento	curvas de nivel maestras	
7		continua	0,25	emplazamiento	curvas de nivel normales	
8		continua	0,35	secciones, plantas, alzados, albañilería	elementos cortados	
9		continua	0,18	secciones, plantas, alzados, albañilería	elementos vistos	
10		trazos cortos	0,18	secciones, plantas, albañilería	elementos proyectados	
11		continua	0,18	secciones, plantas	puntos de cota	
12		trazos	0,25	secciones	terreno natural	
13		continua	0,18	secciones, plantas	vegetación	
14		continua	0,18	secciones, plantas	tramas, arcos de puertas	
15		continua	0,18	plantas, albañilería	ejes de escaleras y rampas	
16		trazos corto y largo	0,18	plantas, albañilería	huecos en el suelo	
17		continua	0,18	secciones, plantas	muebles y coches	
18		continua	0,18	secciones, plantas	sanitarios y muebles de cocina	
19		trazos corto y largo	0,35	secciones, plantas	líneas de replanteo	
20		continua	0,18	secciones, plantas, estructuras	acotación	
21		continua	0,35	estructuras	pilares	
22		continua	0,25	estructuras	vigas, zapatas y muros	
23		continua	0,50	estructuras	armaduras de acero	
24		continua	0,18	estructuras	escaleras	
25		continua	0,18	estructuras	placas alveolares	

TIPO	COLOR	ESTILO	GROSOR	DISCIPLINA	USO	MUESTRA
26		continua	0,18	estructuras	ámbitos de armaduras iguales	
27		trazos cortos	0,18	estructuras	huecos en forjados	
28		continua	0,35	estructuras	líneas de cargas permanentes	
29		continua	0,35	estructuras	líneas de cargas variables	
30		continua	0,18	albañilería	desagües	
31		trazos largos	1,00	instal. protección incendios	vías de evacuación	
32		trazos cortos	1,00	instal. protección incendios	recintos de incendios	
33		continua	0,25	instal. ventilación	conductos de ventilac. mecánica	
34		continua	0,25	instal. ventilación	conductos de ventilac. adicional	
35		continua	0,35	instal. fontanería	tuberías de agua fría	
36		continua	0,35	instal. fontanería	tuberías de agua caliente	
37		continua	0,35	instal. fontanería	tuberías de retorno agua caliente	
38		continua	0,35	instal. fontanería	tuberías de riego	
39		continua	0,35	instal. fontanería	tuberías de agua caliente solar	
40		continua	0,35	instal. saneamiento	tuberías de aguas pluviales	
41		continua	0,35	instal. saneamiento	tuberías de aguas fecales	
42		continua	0,35	instal. saneamiento	canalones	
43		continua	0,35	instal. saneamiento	bajantes	
44		continua	0,35	instal. climatización	tuberías de gas refrigerante	
45		continua	0,35	instal. electricidad	lámparas y mecanismos	
46		continua	0,35	instal. electricidad	tomas de corriente	
47		trazos cortos	0,35	instal. electricidad	conexiones puntos/mecanismos	
48		continua	0,35	instal. telecomunic.	tomas de TV, cable y teléfono	

TIPO	COLOR	ESTILO	GROSOR	DISCIPLINA	USO	MUESTRA
49		continua	0,35	instal. telecomunic.	registros	
50		continua	0,35	instal. telecomunic.	conductos de comunicaciones	
51		continua	0,35	instal. protección robo	elementos colocados	

2.3.2.3.13.3. Rotulación

El texto es otro de los complementos necesarios en los dibujos. Todo lo que se pueda expresar con un dibujo en lugar de una descripción, tanto mejor, pero siempre habrá que poner títulos a los dibujos, dimensiones de los elementos constructivos, superficies de estancias o totales, marcas de replanteo o de secciones, etc.

Con el empleo masivo de la impresión por chorro de tinta o láser, han ganado terreno las fuentes vectoriales TrueType⁸⁴, con gran cantidad de tipos distintos. Aquí hay que hacer pruebas y encontrar fuentes que, además de no destacar sobre los dibujos, sean claramente legibles en tamaños pequeños o sobre fondos de color. Para los planos se ha elegido el tipo *Eras Medium*, con sus propias variantes.

La altura de los textos es otra característica determinante de un estilo apto para un plano, pues dependiendo de la escala final de impresión, saldrá un resultado adecuado (legible) o no. Se ha usado una serie de tamaños de texto acordes con los grosores de líneas y con la proporción

⁸⁴ COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *TrueType* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2011 [ref. de 4 de enero de 2012]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/TrueType>

$\sqrt{2}$ entre ellos, para que al cambiar de formato o escala se mantengan dentro de la serie. Estas alturas de texto, en mm, serían las siguientes:

0,18 0,25 0,35 0,50 0,70 1,00 1,40 2,00 2,80 4,00

Estas alturas del texto se corresponden con otros tantos estilos propios, creados para esta ocasión, que se guardan en los archivos de diseño para futuros proyectos.

En algunos planos también aparecen tablas con datos alfanuméricos y dibujos, tales como superficies construidas o detalles de instalaciones. Estas tablas están creadas en un procesador de texto y en una hoja de cálculo y se han insertado vinculadas a las originales. Cualquier cambio que se quiera hacer, basta con realizarlo externamente, pues al abrir el plano donde se encuentra aparecerán actualizadas.

2.3.2.3.13.4. Escalas

La escala aparece al representar la Arquitectura desde el momento en que un objeto no se pueda dibujar a escala natural en un papel manejable.

Al tratar de representar todo o parte de un edificio en el espacio virtual 3D que brindan los programas de diseño asistido no aparece el concepto de escala, pues no hay referencia de un resultado tangible de salida de documentos. Todo se dibuja a una unidad por metro, normalmente.

Cuando se pretenda imprimir un dibujo, se descubre que no cabe a escala natural (1:1), por lo que habrá que reducirlo para que quepa en el papel. Esta situación tan obvia aparece solo en este momento, el de pasar a papel (ya sea físico o PDF).

Así pues, la escala es la relación entre el dibujo y la realidad. Se expresa mediante un cociente o fracción:

$$Escala = \frac{Dibujo}{Realidad}$$

En los planos se incluyen dos tipos de escala:

- *Escala numérica*: se representa por un cociente de dos números. Por ejemplo: E. 1:50 (por cada unidad del dibujo hay cincuenta en la realidad).
- *Escala gráfica*: se representa por un segmento acotado según la escala numérica.



Escala gráfica 1:50, incluyendo la contraescala.

Fuente: Elaboración propia

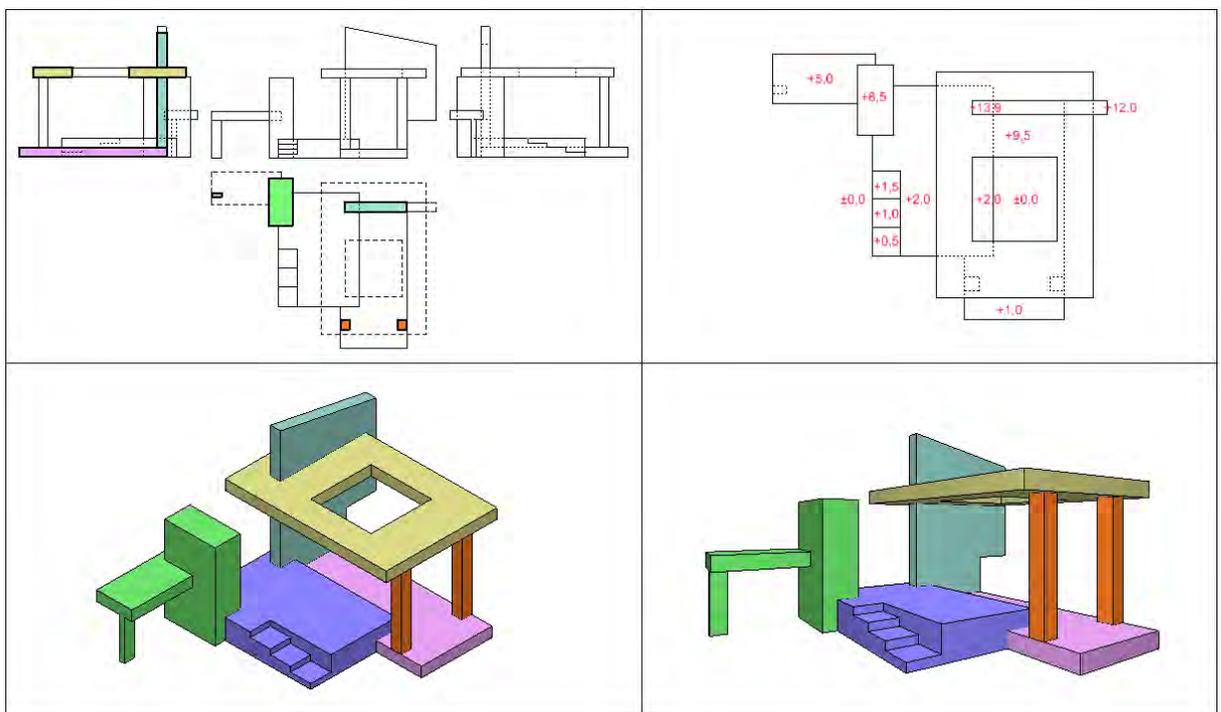
2.3.2.3.13.5. *Sistemas de representación*

Los sistemas de representación son un conjunto de normas fijas y convenciones sobre la manera de dibujar objetos reales o ideados, de forma exacta y clara. A la hora de representar la Arquitectura se pueden utilizar todos ellos:

1. Sistemas de proyecciones cilíndricas ortogonales:
 - a. **Sistema diédrico**. Ampliamente utilizado por los arquitectos, se compone de vistas planas ortogonales al objeto, normalmente *plantas, alzados y secciones*.
 - b. **Sistema acotado**. Utilizado en Cartografía y Topografía, tiene también un amplio uso en Arquitectura y Urbanismo.
2. Sistemas de proyecciones cilíndricas oblicuas ⁸⁵:

⁸⁵ GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "Axonometrías en el Dibujo Asistido por Ordenador". En: *Actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Organizado por la Universidad de Granada. Granada: Departamento EGAEI, 2004. p. 496.

- a. Axonometría ortogonal. Formada por los sistemas **isométrico**, **dimétrico** y **trimétrico**. Se usan para ver aspectos tridimensionales del objeto que se representa.
 - b. Axonometría oblicua. Constituida por la **caballera** y la **militar**, principalmente.
3. Sistema de proyección cónica:
- a. **Perspectiva cónica**. Al basarse en las propiedades representativas de la fotografía, se utiliza para simular vistas exteriores o interiores de los espacios y objetos.



Sistemas de representación: diédrico, acotado, isométrico y cónico.

Fuente: *Elaboración propia*

Tal como afirma Gutiérrez Labory⁸⁶:

“El sistema de proyecciones ortogonales de plantas, alzados y secciones, se muestra como el más apropiado para recoger con mayor exactitud las medidas y geometría de los edificios. Esta representación fidedigna del mismo implica, que las tres proyecciones, planta, alzado y sección se presenten como documento único, pues todos ellos se encuentran relacionados en cuanto a medida y posición.”

Así pues, se ha empleado este sistema para representar la vivienda objeto de este proyecto en todos aquellos casos en que se requiera de medición directa de las distintas disciplinas: construcción, estructura, instalaciones...

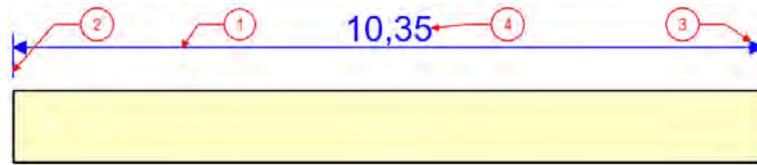
En otros momentos se han empleado el sistema axonométrico y el cónico para aportar vistas de cómo puede quedar el edificio terminado. En estos sistemas no es posible la medición directa, pues la aplicación del sistema de escalas visto más arriba es muy compleja, haciéndolo desaconsejable para tal fin.

2.3.2.3.13.6. Acotación

Acotar un plano de arquitectura supone rotular las medidas que los elementos dibujados tendrán en la realidad construida. Como se trabaja a una determinada escala, hay que definir con detenimiento los grafismos que se emplean, para poder adecuarlos al plano que se pretende dibujar.

⁸⁶ GUTIÉRREZ LABORY, Elsa: “La Geometrización del Modelo Arquitectónico: Planimetría”. En: *Actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Organizado por la Universidad de Granada. Granada: Departamento EGAel, 2004. p. 107.

Las cotas tienen básicamente 4 partes:



Componentes de las cotas.

Fuente: Elaboración propia

4. **Línea de cota:** es la línea paralela al elemento que se acota, de igual dimensión que éste.
5. **Línea de referencia:** es la línea perpendicular a la línea de cota que parte del punto a acotar y llega al inicio o fin de la línea de cota.
6. **Terminador:** es una marca que señala dónde empieza y acaba una cota. Puede ser una flecha, un trazo grueso, un círculo, etc.
7. **Texto:** indica el valor numérico de la dimensión que se está acotando. Puede llevar prefijos o sufijos, según se necesiten (diámetro, radio, tolerancia, unidades...).

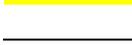
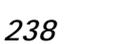
El empleo de las cotas ofrece las siguientes ventajas:

- Pueden modificarse fácilmente.
- Pueden asociarse al elemento o elementos que acota. Dicha cota asociada se actualiza automáticamente cuando se modifica alguno de los elementos acotados.
- El uso de cotas puede reducir de manera significativa el tamaño de un archivo de diseño que tenga muchas cotas, ya que un elemento de cota es, normalmente, más pequeño que los elementos individuales correspondientes.
- Cuando se cambien las unidades de trabajo de un archivo de diseño, las cotas se actualizarán a las nuevas unidades de trabajo.

2.3.2.3.13.7. Identificación de los planos

Un proyecto de ejecución se caracteriza por la gran cantidad de planos. En aras de organizar la información, se propone un código formado por un recuadro de color y unas siglas para distinguir las hojas por temas. Cuando los planos vayan sueltos dentro de una carpeta, mirando el lomo de las hojas dobladas se podrá distinguir cada disciplina o grupo de planos por su color, sin necesidad de rebuscar en toda la pila de láminas plegadas.

El índice de colores de este código se incluirá en el interior de la carpeta de planos:

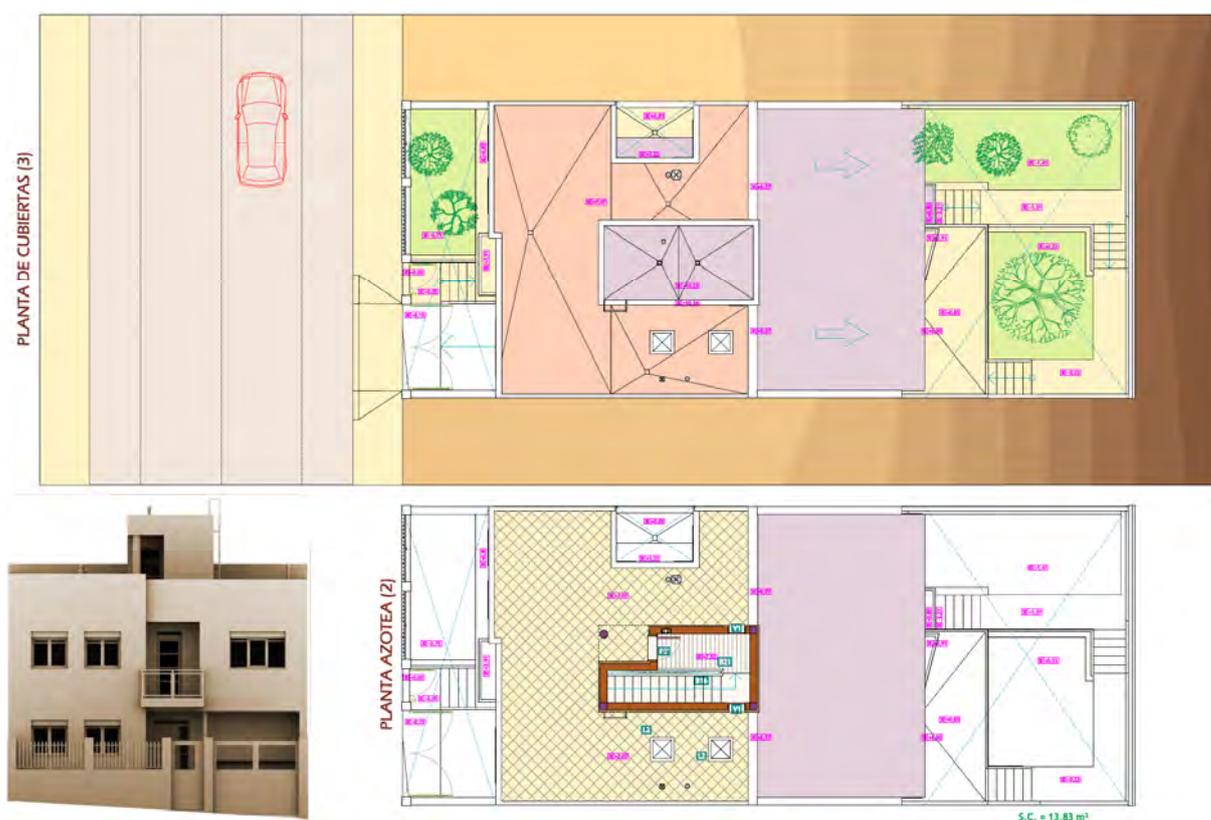
COLOR	CÓDIGO	TEMA	ESCALA
	SIT	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	1:10000, 1:250
	EAC	ESTADO ACTUAL	1:100
	DEM	DEMOLICIÓN	1:100
	MOB	DISTRIBUCION Y MOBILIARIO	1:75
	ALZ	ALZADOS	1:75
	SEC	SECCIONES	1:75
	EXC	EXCAVACIÓN	1:100
	EST	ESTRUCTURA	1:50
	ALB	ALBAÑILERIA	1:50
	INS.DE	INS. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA	1:75
	INS.RD	INS. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	1:75
	INS.HM	INS. PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD	1:75
	INS.CI	INS. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	1:75
	INS.RS	INS. RESIDUOS	1:75
	INS.VT	INS. VENTILACIÓN	1:75
	INS.FT	INS. FONTANERÍA	1:50
	INS.SN	INS. SANEAMIENTO	1:50
	INS.CL	INS. CLIMATIZACIÓN	1:50
	INS.ST	INS. SOLAR TÉRMICA	1:50
	INS.PR	INS. PARARRAYOS	1:75
	INS.IL	INS. ILUMINACIÓN	1:75
	INS.EL	INS. ELECTRICIDAD	1:50
	INS.TC	INS. TELECOMUNICACIONES	1:75
	CAR	CARPINTERÍA	1:25
	DET	DETALLES	1:20

2.3.2.3.14. Planos resultantes

Los planos generados para la fase de ejecución del proyecto están formados por los que ya se crearon para la fase anterior, con sus correspondientes ajustes, más los nuevos planos obtenidos con los cálculos de estructuras e instalaciones, más los de detalles gráficos.

2.3.2.3.14.1. Planos anteriores

Los planos generados para el proyecto básico se adaptan a los cambios constructivos de la fase actual, necesitando una revisión de fondos de color y cotas, principalmente.



Ejemplos de dibujos adaptados al Proyecto de Ejecución.

Fuente: Elaboración propia

En cualquier caso, estos planos revisados mantienen su vínculo con el modelo infográfico del que proceden, para que se actualicen cuando se hagan cambios en aquel.

2.3.2.3.14.2. Planos de estructuras

El programa de cálculo de estructuras que se ha empleado genera los planos con abundante detalle y precisión, pero se hace necesario mejorar la calidad gráfica de la presentación. Otra tarea habitual es revisar los dibujos para reorganizar los textos, evitando superposiciones con las líneas del dibujo. También hacen falta otros dibujos, detalles y tablas adicionales que completen lo generado, pues un edificio casi nunca se adapta 100% al programa de cálculo.

En cuanto a la mejora de la calidad gráfica, se han ensayado distintas versiones de representación de los planos de estructuras en diversas obras reales ejecutadas por el autor en años anteriores. Se recoge aquí el estilo final de presentación que se ha ido decantando en ese proceso.

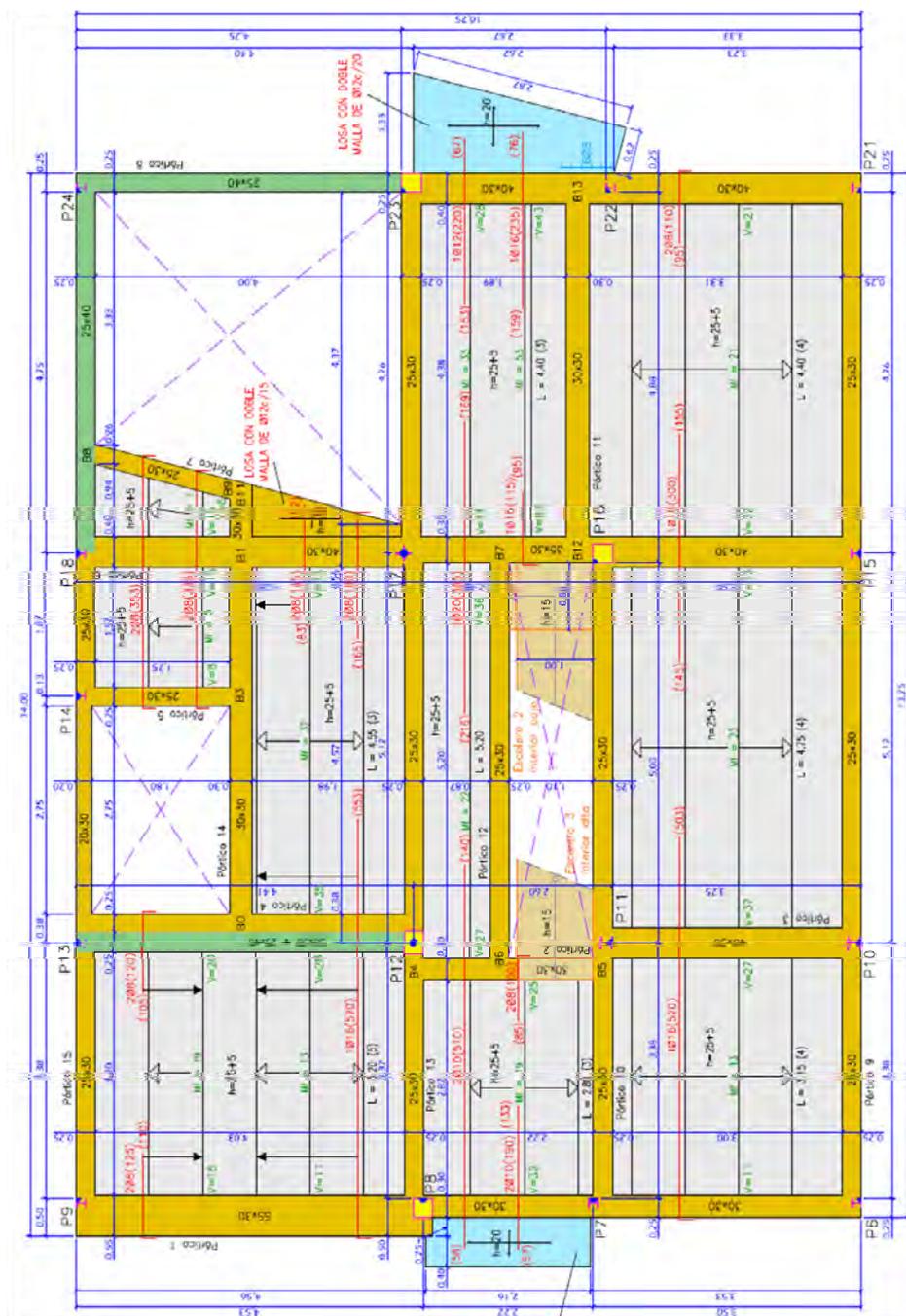
La legibilidad de los planos, motivo de esta investigación, es un tema de vital importancia en la construcción de una obra. Es así que se han incorporado diversas mejoras gráficas en los planos de estructuras, como son:

- **Planos de forjado autónomos:** cada nivel de techo puede combinar todos los dibujos relacionados con dicho nivel, o bien, ordenarlos por temas (plano de techos, de pilares, de muros, de escaleras...). Se ha elegido la primera opción porque facilita la consulta de los planos de obra: para un mismo forjado se consultan pocos planos, o incluso uno solo, en comparación con la segunda opción, que requiere de muchos más, con el consiguiente deterioro.
- **En general:** se sigue optando por una impresión de los planos a todo color, donde todas las copias serán originales impresos. El auténtico *original* será el archivo digital que contenga los dibujos. Esto implica hacer pruebas de impresión con diferentes variantes, hasta conseguir unos colores aptos para usar, ya sea en líneas o en fondos rellenos.

- **Cuadro de pilares:** se ha añadido un fondo de color en las celdas donde no había pilares, para resaltar el resto. Además, se aclara el significado de las cotas de altura de los diferentes forjados de obra.
- **Cimentación:** se enmarcan los despieces de todos los elementos de cimentación: zapatas aisladas, zapatas corridas, vigas de atado, vigas centradoras... y se resalta su cabecera con un fondo de color específico para cada tipo. También se rediseñan los cuadros de cimentación, para conseguir regularidad en sus dimensiones.
- **Muros de contención:** igualmente se enmarcan y separan por tipos, por los mismos motivos que en la cimentación.
- **Forjados:** se complementan con un fondo de color que señala cada paño distinto. Se distinguen los diferentes tipos de forjado con distintos colores.
- **Vigas y losas:** en las pruebas realizadas en años anteriores con casos reales de estructuras se ha constatado que la técnica de resaltar con un fondo de color distinto a las vigas, losas, zapatas, riostras, etc. según su canto, ha supuesto una fácil y rápida comprensión del plano de desniveles de cada forjado, sobre todo para disponer los encofrados horizontales. Lógicamente, se ha incluido aquí esta técnica, incluso con algunas mejoras.
- **Cargas:** se han unificado todas las cargas en un solo dibujo por planta. Solo cuando haya alternancias se precisa desdoblarlo.
- **Despiece de pilares:** se incluyen los detalles y despieces en cada planta, bajo el forjado que sustentarán.
- **Cuadros de características:** son de obligado cumplimiento y se han homogeneizado en cuanto a tamaño y estilos, ocupando una franja a la derecha de cada plano de estructuras.

Los dibujos de las estructuras, al no estar vinculados con el modelo infográfico, no será necesario independizarlos en modelos de hoja separados. Además, para su correcta elaboración es imprescindible

trabajar con todos los dibujos en una misma pantalla. De esta manera, las láminas resultantes estarán unas junto a otras en un modelo de diseño 2D. Y por último, el uso de nombres de capas muy específicos desaconseja mezclar los dibujos de estructuras con los de otras disciplinas, tales como albañilería, instalaciones o detalles. Así pues, irán en un archivo aparte.



Ejemplo de dibujo en un plano de estructuras.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3.14.3. Planos de instalaciones

Estos planos se generan a partir de la simulación y cálculo hechos por el programa de instalaciones. Como en el caso de las estructuras, se van realizar una serie de mejoras que faciliten su comprensión, tales como reorganizar los textos, añadir dibujos, detalles y tablas, y cambiar la simbología de las líneas para que cobren protagonismo.

Los dibujos de las instalaciones no están vinculados con el modelo infográfico, por lo que tampoco irán en hojas separadas. Se dispondrán en un solo archivo para todas las instalaciones, pero separándolos en láminas diferentes por disciplina.

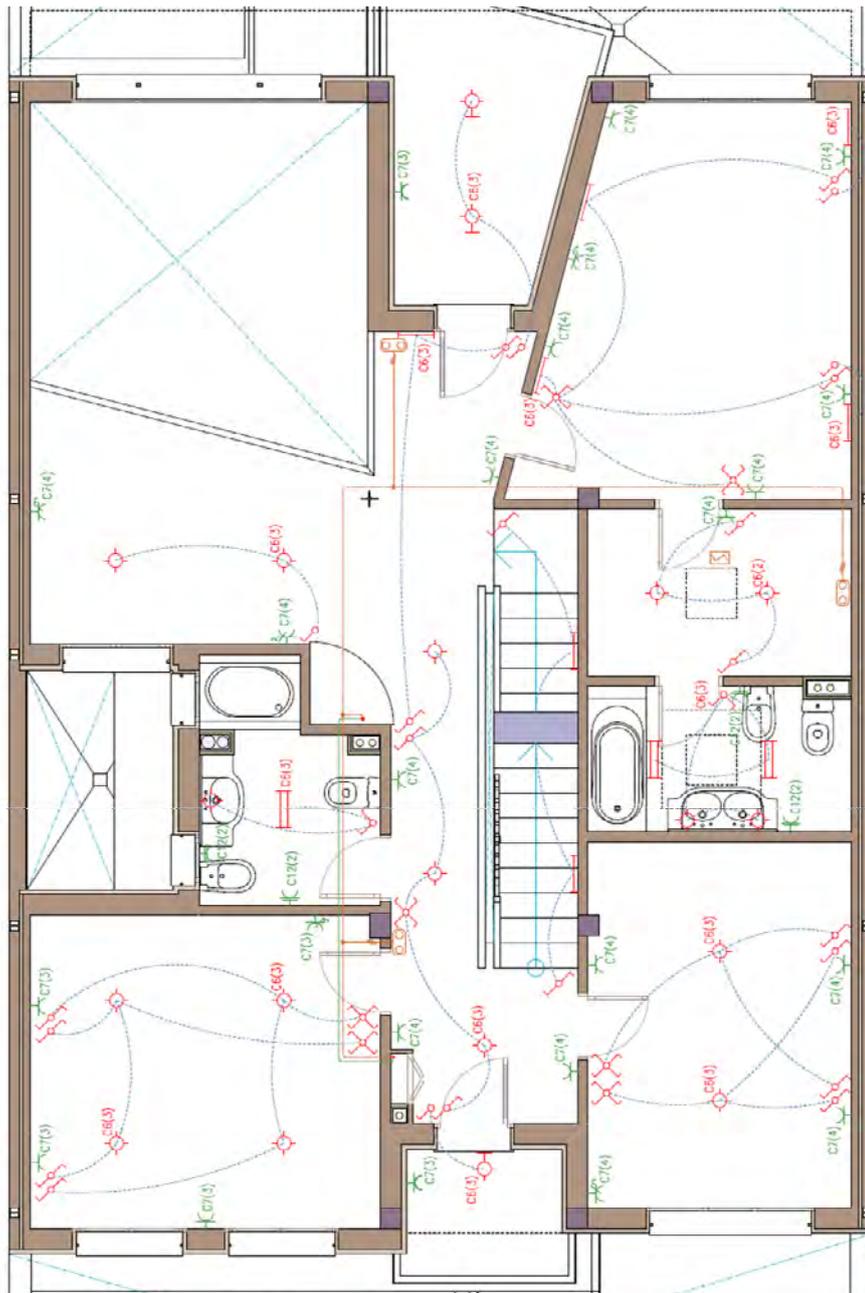
Tradicionalmente, estos planos estaban formados por una copia del plano de albañilería sobre el que se dibujaban las instalaciones correspondientes. Trasladando esto al dibujo asistido por ordenador, se propone utilizar como base los planos de albañilería, con una atenuación tonal cercana al blanco y negro, para permitir luego introducir los elementos de las instalaciones con vivos colores. Lógicamente, estos planos base estarán vinculados con los obtenidos a partir del modelo infográfico, para que se actualicen con los cambios que se produzcan en el proceso de diseño.

Se ha estudiado cada disciplina, dentro de las diversas instalaciones, para establecer con qué grafismo deben aparecer las líneas y los textos, así como la escala del plano. Los resultados pueden verse en los planos impresos, con los criterios de normalización establecidos más arriba.

2.3.2.3.14.4. Iconos y símbolos

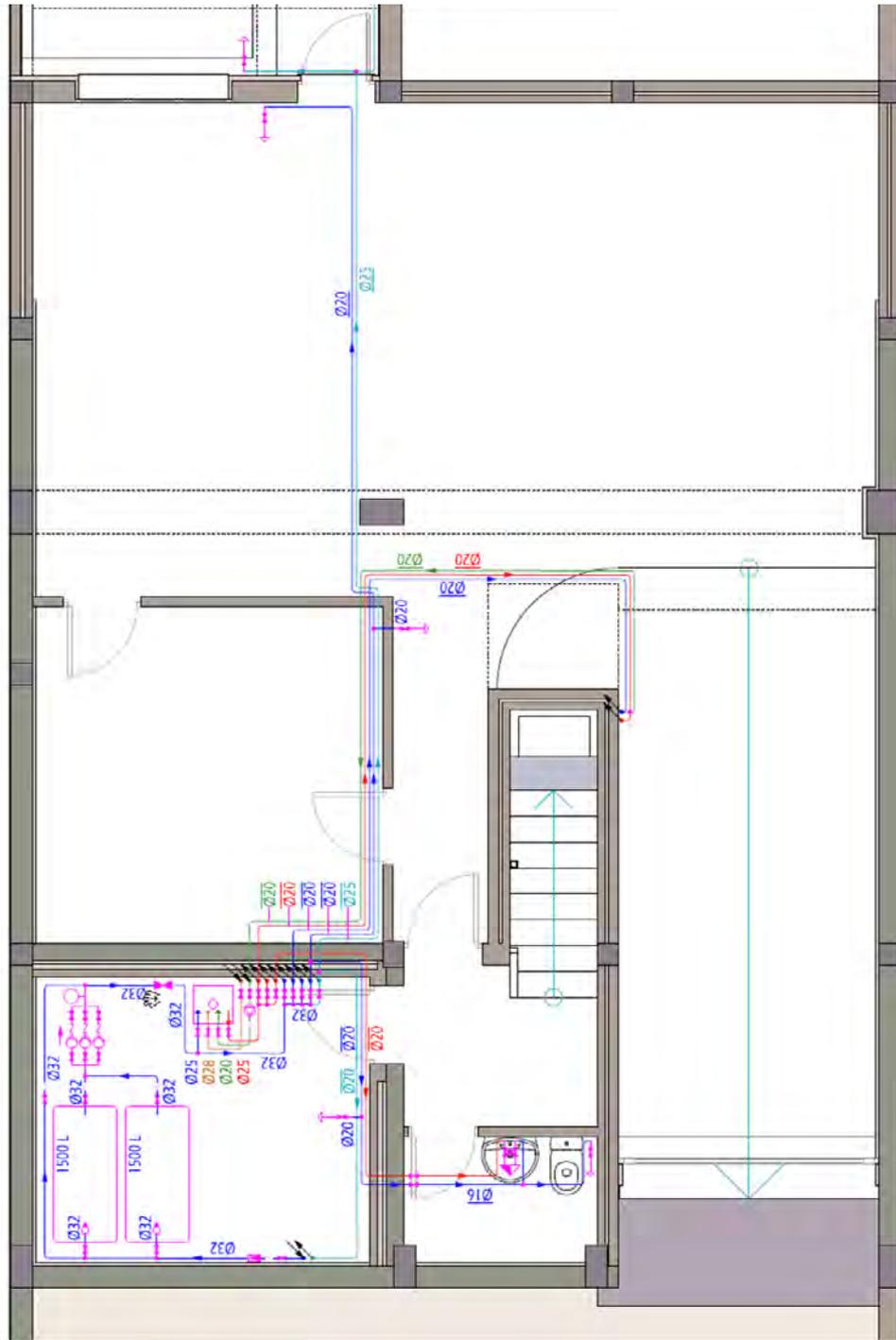
Los planos, como se ha visto en los apartados anteriores, están formados por líneas, textos, tablas de datos, dibujos insertados, cotas y otros. Mención especial merecen los denominados *iconos* y *símbolos*, que abundan sobre todo en los planos de albañilería e instalaciones. Su empleo es el siguiente:

- **Iconos:** son dibujos pequeños que representan un objeto real con su misma geometría. Es el caso de una puerta, una cama, un lavabo o un coche.
- **Símbolos:** también son dibujos de pequeño tamaño que representan objetos reales, pero su grafismo no deriva de su forma real, generalmente porque no se puede o porque generaría confusión. Es el caso de un enchufe, un grifo, un extintor o un punto de cota.



Ejemplo de plano de instalaciones de electricidad, con iconos y símbolos.

Fuente: Elaboración propia



Ejemplo de plano de instalaciones de fontanería, con iconos y símbolos.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3.14.5. Planos de carpintería

Una vez ejecutado el proceso de insertar un elemento de carpintería de cada tipo en un muro, tal como se ha descrito más arriba, se procede a insertar los dibujos resultantes de los cortes planteados en varias láminas que, añadidos los textos y cotas necesarios, dan como resultado los planos de carpintería. Por cada tipo de carpintería aparecen un alzado, un corte vertical y otro horizontal. Se acotan las distintas partes que lo componen y se rotulan las propiedades físicas necesarias para su fabricación y puesta en obra.

Los elementos de carpintería se agrupan, según el material más representativo, en láminas separadas:

- Acero
- Plástico
- Aluminio
- Madera

De esta manera se puede entregar la documentación completa e independiente a los distintos talleres para su elaboración y entrega.

DETALLES DE ALZADO Y SECCIÓN	
DETALLES DE PLANTA	
REFERENCIA	V6
NÚMERO DE UNIDADES	2
MATERIAL DE CARPINTERÍA	ALUMINIO EXTRUIDO
ACABADO DE CARPINTERÍA	ANODIZADO, ROJO BURDEOS
DIMENSIONES DEL HUECO (mm)	2000 x 1350
DIMENSIONES DE LA HOJA (mm)	640 x 990
SEGÚN CTE	2 AIREADORES
HOJAS	1 ABATIBLE + 2 FIJAS
MATERIAL DE HERRAJES	ALUMINIO FUNDIDO
ACABADO DE HERRAJES	LACADO, NEGRO
HERRAJES DE COLGAR POR HOJA	2
HERRAJES DE SEGURIDAD	MANIVELA CON CREMONA
TIPO DE VIDRIO (EXT + INT)	CLIMALIT [(STADIP 4+4) + 6 + (6)]
MATERIAL DEL PRECERCO	ALUMINIO EXTRUIDO
TIPO DE TAPAJUNTAS	INTEGRADO O CLIPADO
MATERIAL DEL TAPAJUNTAS	ALUMINIO EXTRUIDO
ACCESORIOS	PERSIANA ENROLLABLE, LAMAS ALUMINIO
SITUACIÓN	DORMITORIOS 2 Y 3
PLANTAS	ALTA

Ejemplo de plano de carpintería.

Fuente: Elaboración propia

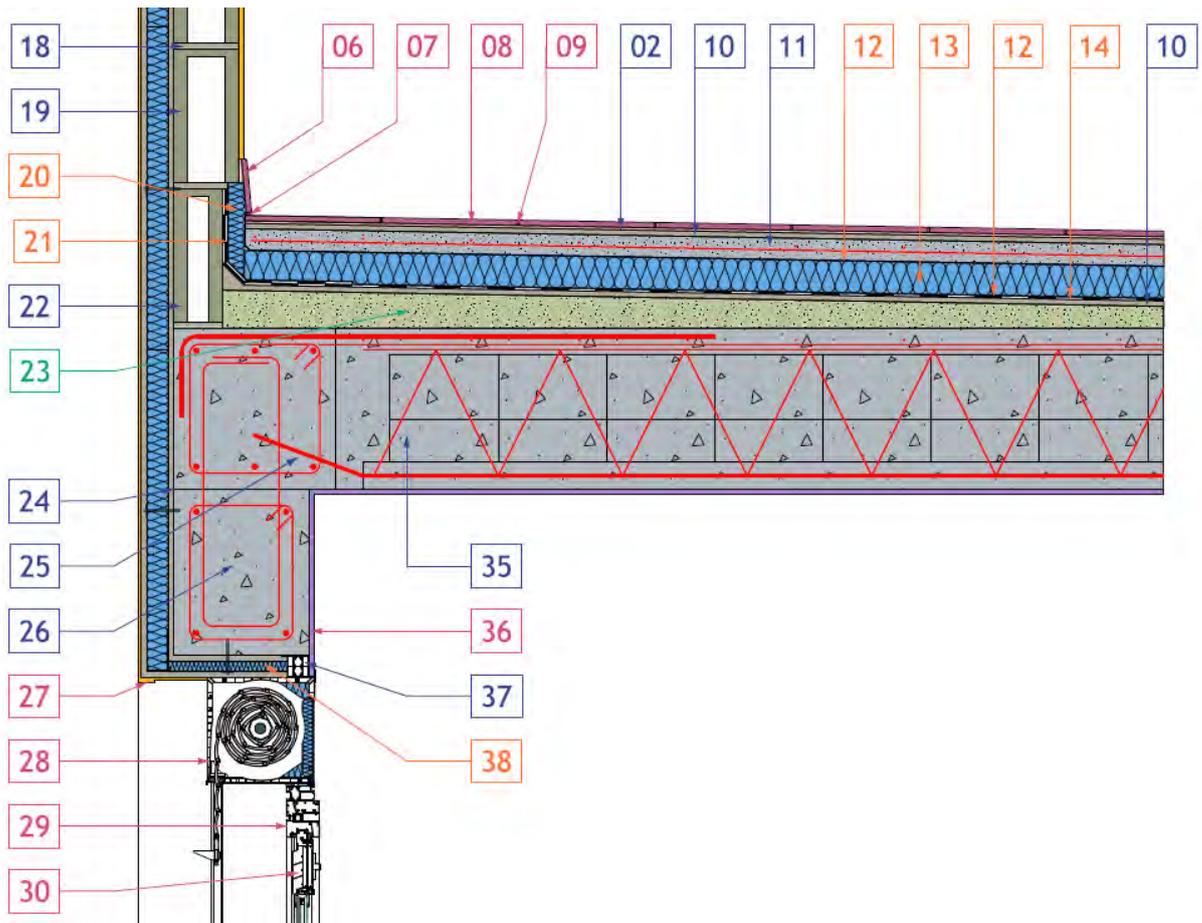
2.3.2.3.14.6. Planos de detalles constructivos

Los dibujos que forman los planos de detalle están compuestos por secciones a escala grande del modelo principal, que se han elaborado para explicar gráficamente la resolución de los encuentros de los distintos elementos constructivos. Para dibujar estos detalles se ha usado el ventajoso método de los archivos de referencia. Sobre un marco de lámina se vinculan partes recortadas de la sección que se quiere detallar. Luego se calcan las líneas necesarias y se oculta la sección maestra. Más tarde se añaden fondos y textos.

De forma complementaria, cada material que aparezca en un detalle debe estar etiquetado con sus características geométricas y descriptivas, para poder ser construido posteriormente.

También se ha querido regularizar el uso de los textos descriptivos. Usando varios colores se pueden distinguir mejor, según sean de soporte, relleno, protección o acabado.

Otro aspecto importante a destacar es la lista de materiales. A semejanza con varios casos anteriores, esta lista se elabora en un archivo aparte, como una tabla de texto o una hoja de cálculo, para insertarla posteriormente en la lámina de dibujo, pero siempre vinculada con la original. Así se podrá luego actualizar rápida y fácilmente con los cambios que puedan surgir en el proceso de elaboración del proyecto.



Ejemplo de plano de detalles constructivos.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3.14.7. Planos de ejemplo

En el anexo documental que acompaña a esta memoria (tomo 2) se reproducen todos los planos elaborados para el proyecto de ejecución, a un tamaño aproximado de la mitad del original.

Los planos son los siguientes, de los cuales se incluyen a continuación nueve de ellos:

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. MOBILIARIO DE PLANTAS CUBIERTA, AZOTEA; ALZADOS ESTE, OESTE; SECCIONES J, K
3. MOBILIARIO DE PLANTAS ALTA, BAJA, SÓTANO; SECCIONES A, O
4. SECCIONES B, C, M, N
5. SECCIONES D, E, L

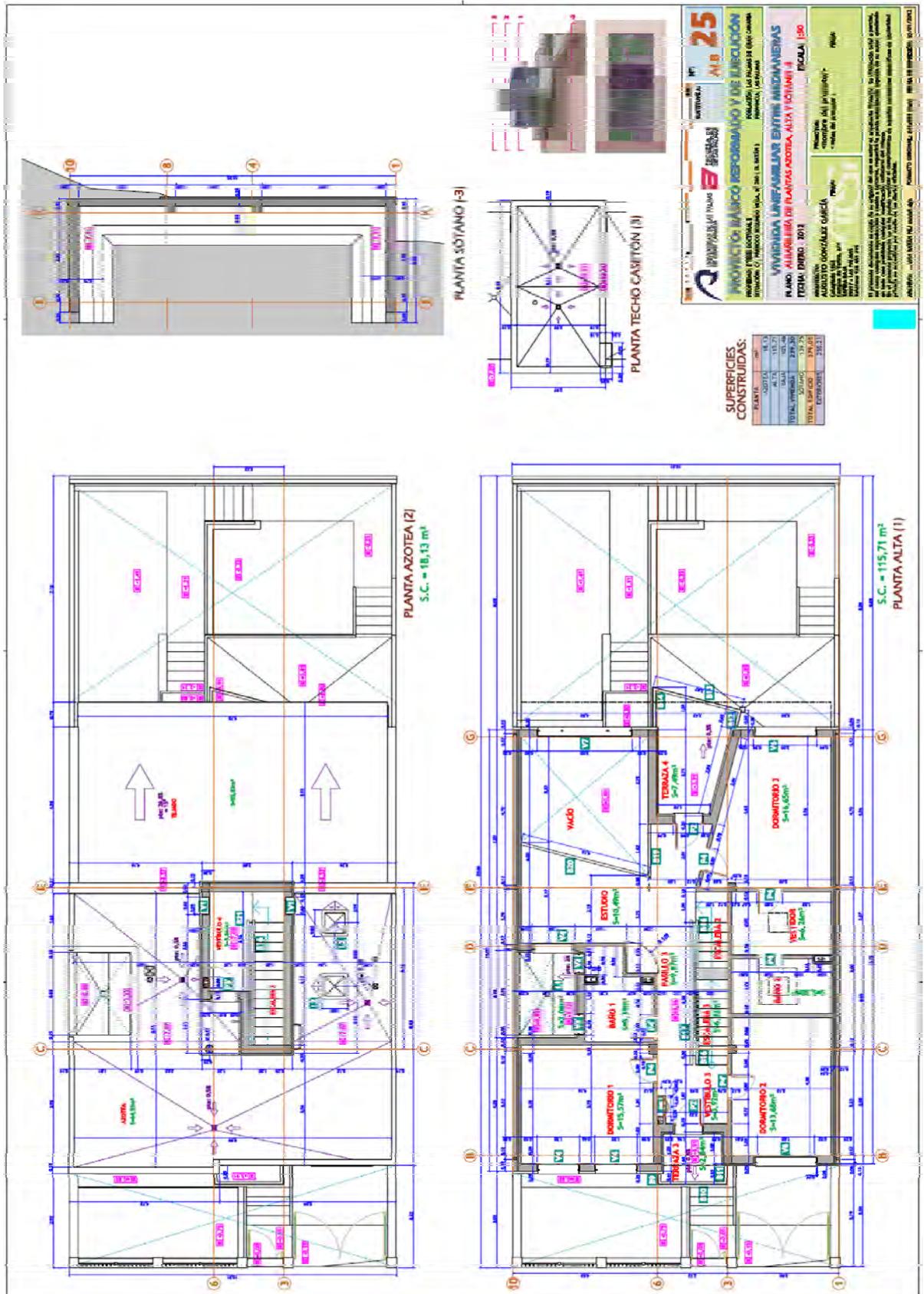
6. EXCAVACIÓN DE LA PARCELA
7. ESTRUCTURA. CUADRO DE PILARES
8. ESTRUCTURA. CUADRO DE PILARES
9. ESTRUCTURA. CUADRO DE PILARES
10. ESTRUCTURA. CIMENTACIÓN -3
11. ESTRUCTURA. CIMENTACIÓN -2
12. ESTRUCTURA. CIMENTACIÓN -1
13. ESTRUCTURA. CIMENTACIÓN -1
14. ESTRUCTURA. CIMENTACIÓN -1
15. ESTRUCTURA. RELLENO JARDÍN 1
16. ESTRUCTURA. RELLENO JARDÍN 2
17. ESTRUCTURA. TECHO DE PLANTA SÓTANO
18. ESTRUCTURA. TECHO DE PLANTA SÓTANO
19. ESTRUCTURA. TECHO DE PLANTA BAJA
20. ESTRUCTURA. TECHO DE PLANTA BAJA
21. ESTRUCTURA. TECHO DE PLANTA ALTA
22. ESTRUCTURA. CUMBRERA DE TEJADO
23. ESTRUCTURA. CARGAS EN FORJADOS
24. ESTRUCTURA. PROTECCIONES COLECTIVAS
25. ALBAÑILERÍA. PLANTAS AZOTEA, ALTA, SÓTANO -3
26. ALBAÑILERÍA. PLANTAS BAJA, SÓTANO -1, SÓT. -2
27. HE1. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA
28. HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO; HS1. PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD
29. SI. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
30. HS 2. RECOGIDA Y EVACUACIÓN DE RESIDUOS; HS 3. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR
31. HS 4. SUMINISTRO DE AGUA. PL. SÓTANO, BAJA; HE 4. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. PL. SÓTANO, BAJA

32. HS 4. SUMINISTRO DE AGUA. PL. ALTA, AZO, CUB; HE 4. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. PL. ALTA, AZO, CUB
33. HS 5. EVACUACIÓN DE AGUAS. PL. SÓTANO, BAJA
34. HS 5. EVACUACIÓN DE AGUAS. PL. ALTA, AZO, CUB
35. HE 2. CLIMATIZACIÓN. PLANTAS SÓTANO, BAJA
36. HE 2. CLIMATIZACIÓN. PLANTAS ALTA, AZOTEA
37. SUA 4. ILUMINACIÓN
38. REBT. ELECTRICIDAD. PLANTAS SÓTANO, BAJA
39. REBT. ELECTRICIDAD. PLANTAS ALTA, AZOTEA
40. REBT. ELECTRICIDAD. CUADRO GENERAL
41. ICT. TELECOMUNICACIONES; PROTECCIÓN ANTIRROBO
42. MEMORIA DE CARPINTERÍA. ACERO Y PLÁSTICO
43. MEMORIA DE CARPINTERÍA. ALUMINIO PUERT, VENT
44. MEMORIA DE CARPINTERÍA. ALUMINIO BARANDILLAS
45. MEMORIA DE CARPINTERÍA. MADERA
46. DETALLES CONSTRUCTIVOS. FACHADA A LA CALLE

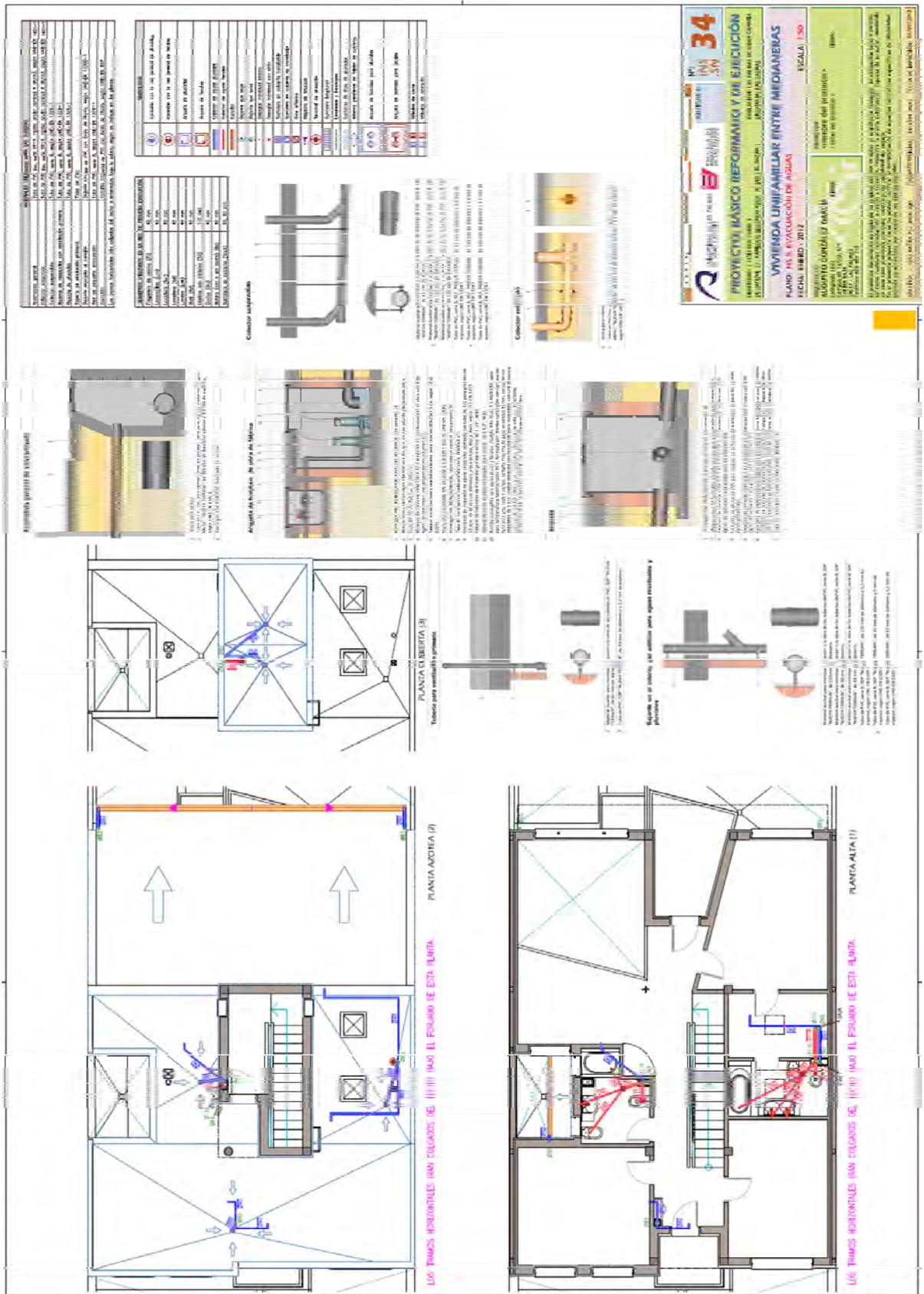


Plano de mobiliario y secciones.

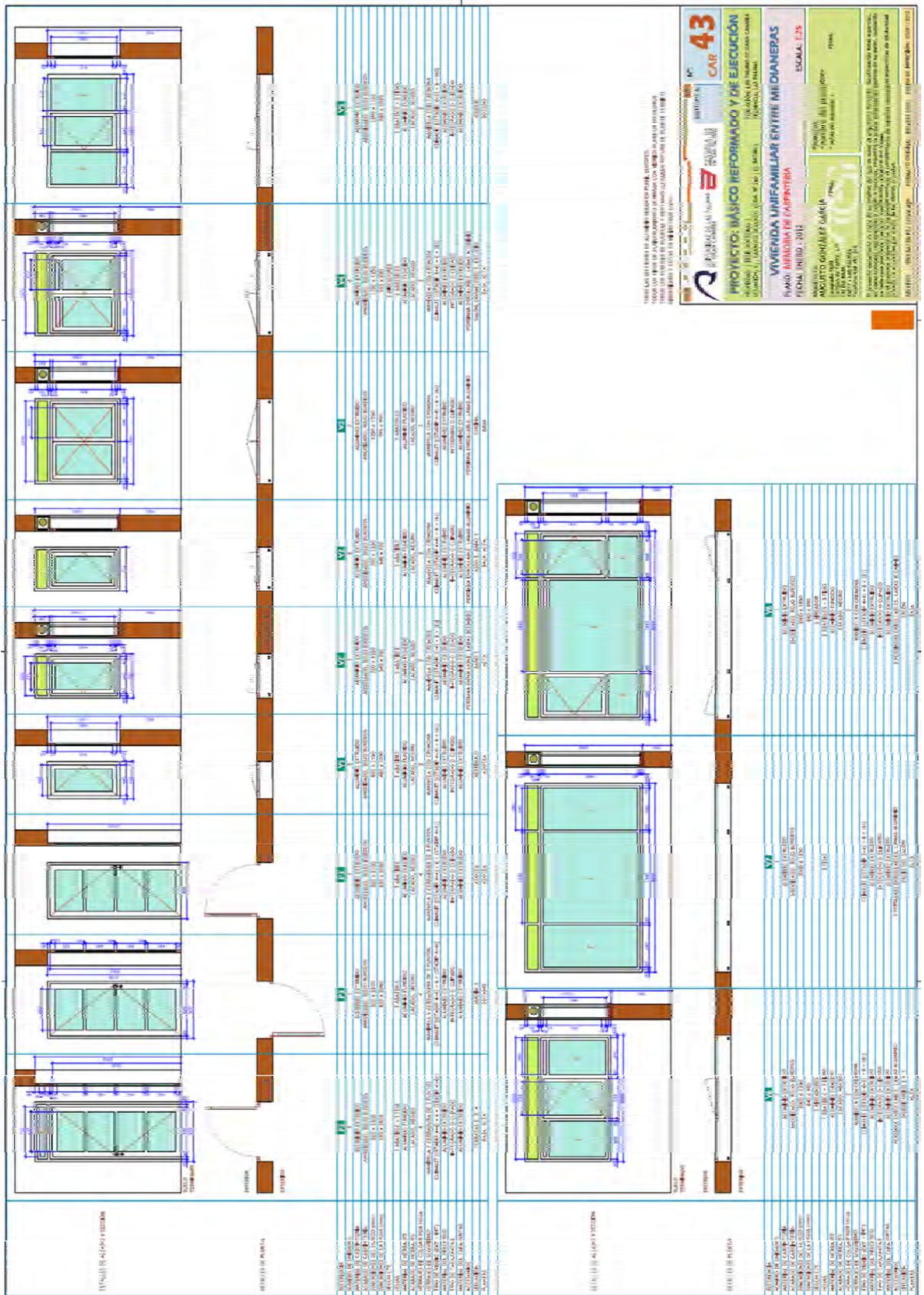
Fuente: Elaboración propia



Plano de albañilería.
 Fuente: Elaboración propia



Plano de saneamiento.
 Fuente: Elaboración propia



Plano de carpintería.
Fuente: Elaboración propia

2.3.2.3.15. Sistema de capas utilizado

El proyecto de ejecución es una continuación del básico, por lo que las capas se heredan de aquél. Además, a medida que avanza esta fase van apareciendo otras nuevas para las disciplinas que se introducen ahora. En la confección de los dibujos también suelen surgir nuevas necesidades, al igual que en las láminas de composición. Al final del proceso, han resultado las siguientes:

AUXILIARES MODELADO		DIBUJOS		LÁMINAS	
PEJ auxiliares	■	DIB alzado	■	LAM borde fijo	■
PEJ líneas de corte	■	DIB construido	■	LAM borde variable	■
PEJ volumen excavación	■	DIB cotas	■	LAM carátula fijo	■
		DIB saneamiento	■	LAM carátula variable	■
		DIB fondos de color	■	LAM tramas	■
		DIB líneas dibujo compl	■	LAM escala gráfica	■
		DIB muebles	■	LAM fotos	■
		DIB proyectado	■	LAM contornos	■
		DIB puntos de cota	■	LAM dibujos	■
		DIB replanteo	■	LAM guías	■
		DIB sanitarios	■	LAM líneas de corte	■
		DIB sección	■	LAM logo	■
URBANIZACIÓN Y OBRA CIVIL		DIB superficies	■	LAM logo earq	■
U03 FIRMES SECCIÓN FLEXIBLE		DIB terreno natural	■	LAM logo ulpgc	■
U04 PEATONAL BORDES		DIB textos	■	LAM textos	■
U04 PEATONAL PAVIMENTOS		DIB tramas	■		
U14 JARDIN PRADERAS		DIB vegetación	■		
U20 EDIFICIO COLINDANTE		DIB carpintería	■		

EDIFICACIÓN		
E02 TERRENO NATURAL	E07B CERRAM FÁBRICA BLOQ	E13EP CARPIN MAD PUERTAS IN
E02S ACOND RELLENO	E07H CERRAM PREFABRICADO	E13K CARPIN MAD MAMPARAS
E04C CIMEN RIOSTRAS	E07TB DIVISIÓN TABIQUES	E13M CARPIN MAD ARMARIOS
E04C CIMEN ZAPATAS	E08P REVEST PARAMENTOS	E13RS CARPIN MAD VENTANAS
E04M CIMEN MUROS SÓTANO	E08T REVEST FALSOS TECHOS	E14AAC CARPIN ALU VENTANAS

EDIFICACIÓN		
E04S CIMEN SOLERAS	E09IC CUBIER INCL TEJAS	E14AAD CARPIN ALU DEFEN
E05AP ESTRUC ACE PILARES	E09N CUBIER NO TRANSITABLE	E14AAU CARPIN ALU PUERTAS
E05AW ESTRUC ACE VARIOS	E09P CUBIER TRANSITABLE	E15CB CARPIN ACE PUERTAS EX
E05HF ESTRUC HOR FORJAD UNI	E10AT AISLAM TÉRMICO	E15CC CARPIN ACE CANCELAS
E05HL ESTRUC HOR ESCALERAS	E11 PAVIM RELLENO	E15CPF CARPIN ACE PUERTAS R
E05HL ESTRUC HOR LOSAS	E11EX PAVIM CERÁMICO	E15DB CARPIN ACE BARANDIL
E05HL ESTRUC HOR LOSAS LAV	E11M PAVIM MÁRMOL	E16EC VIDRIO CÁMARA
E05HP ESTRUC HOR FORJAD PREF	E11W PAVIM REMATES	E16EL VIDRIO LAMINADO
E05HS ESTRUC HOR PILARES	E13 CARPIN APERTURA	E16M VIDRIO CLARABOYAS
E05HV ESTRUC HOR VIGAS	E13 CARPIN AUXILIAR	E20WJ INSTAL SANEAM BAJAN
E06C CANT CHAPADO	E13EE CARPIN MAD PUERTAS EXT	

ESTRUCTURAS			
EST ALV BARRAS		EST CUADPIL CONTORNO	
EST ALV BARRAS TEXTO		EST CUADPIL ARRANQUES	
EST ALV BORDES		EST CUADPIL TEXTO	
EST ALV DATOS		EST CUADPIL ESTRIBOS	
EST ALV DISTRIBUCIÓN		EST CUADPIL Ø 6	
EST ARMADO		EST CUADPIL Ø 12	
EST ARMADO TEXTO		EST CUADPIL Ø 16	
EST CARÁTULA TEXTO		EST CUADROS CARACT	
EST CARGA PERMAN G		EST DETALLES	

ESTRUCTURAS					
EST CARGA PERMAN LIN		EST ESC BARRAS LONG		EST FONDO PÓRT 35 cm	
EST CARGA SOBRECAR F1		EST ESC BARRAS TRANS		EST FONDO PÓRT 40 cm	
EST CARGA SOBRECAR LIN		EST ESC CONTORNO		EST FONDO PÓRT 50 cm	
EST CARGA SOBRECAR N1		EST ESC COTAS		EST FONDO PÓRT 60 cm	
EST CARGA SOBRECAR Q0		EST ESCALONES		EST FONDO PÓRT 70 cm	
EST CARGA SOBRECAR Q1		EST GEOMETRÍA APOYOS		EST FONDO PÓRT 80 cm	
EST CARGA SOBRECAR Q2		EST ESC LÍNEA HUELLA		EST LAM BORDE FIJO	
EST CARGA SOBRECAR Q3		EST ESC LÍNEA CORTE		EST LAM BORDE VARIABLE	
EST CIM BARRAS		EST ESC REFER ARMADO		EST LAM CARÁT VARIABLE	
EST CIM CONTORNO		EST ESC TABLAS		EST LOSA ARMADO	
EST CIM COTAS		EST ESC SECCIONES		EST MURO TRAMA	
EST CIM TEXTOS		EST ESC TEXTO APOYO		EST MURO CARA FÁBRICA	
EST CIM ZAP ARMADO		EST ESC TEXTO ARM LONG		EST MURO CARA HORM	
EST CIM ZAP CONTORNO		EST ESC TEXTO ARM TRANS		EST MURO REFERENCIA	
EST CIM ZAP DIMENSION		EST ESC TEXTO TABLAS		EST PAÑO ARM PUNZO	
EST CONT MURO		EST ESC TÍTULO RECUADRO		EST PAÑO DATOS	
EST CONT MURO TEXTO		EST FONDO FORJ PLACA		EST PAÑO DATOS LOSAS	
EST COTAS		EST FONDO FORJ UNIDIR		EST PAÑO DESNIVEL	
EST PAÑO HUECOS		EST SS PESCANTE HORCA		EST UNI LONGITUDES	
EST PAÑO NERVIOS		EST SS PROT HUECOS TEXTO		EST UNI MOMENTOS	
EST PILAR TEXTO		EST SS RED SEGURIDAD		EST UNI NEGATIVOS DIÁM	
EST PILAR CONTORNO		EST SS TABLA LÍNEAS		EST UNI NEGATIVOS LONG	

ESTRUCTURAS					
EST PILAR PUNTO FIJO		EST SS TABLA TEXTO		EST UNI NEGATIVOS BARRA	
EST PÓRTICO ARMADO		EST SS TABLÓN MADERA		EST UNI SEPAR MOMENTO	
EST PÓRTICO COTAS		EST SS ZONA ACOPIO BORDE		EST VIGA ARTICULACIÓN	
EST PÓRTICO ESTRIBOS		EST SS ZONA ACOPIO TEXTO		EST VIGA BROCHALES	
EST PÓRTICO TEXTO		EST SS ZONA ACOPIO TRAMA		EST VIGA DIMENSIÓN	
EST SECCIÓN EDIFICIO		EST SS GRÚA CAP TORRE		EST VIGA INTERIOR	
EST SS BORDE FORJADO		EST SS GRÚA CONTRAPESO		EST VIGA PÓRTICOS	
EST SS ESCAL ELEM HOR		EST SS GRÚA PLUMA		EST VIGA CONTORNO	
EST SSESCAL ELEM VERT		EST SS GRÚA REJILLA		EST ZAPATA CONTORNO	
EST SS FORJ ELEM HOR		EST SS GRÚA TENSORES		EST ZAPATA DIMENSIÓN	
EST SS FORJ ELEM VERT		EST TEXTOS		EST ZAPATA ESQ ARMADO	
EST SS MALLAZO METÁLICO		EST UNI CORTANTES		EST ZAPATA TEXTO	

INSTALACIONES					
INS AISL CAMPO SONORO		INS FPL PL BAJANTES HS5		INS ILUM TABLA SÍMBOLOS	
INS AISL NUDOS		INS FPL PL MONTANTES HS4		INS ILUM VÍAS EVACUAC	
INS AISL NUDOS FONDO		INS FPL PL ESQ CANALIZ		INS INCE RESISTEN PUERTA	
INS AISL TABLA SÍMBOLOS		INS FPL PL ESQ TELEFONÍA		INS INCE SALIDAS PLANTA	
INS ALARMA ELEMENTOS		INS FPL PL ESQ TELEVISIÓN		INS INCE VÍAS EVACUAC	
INS ALARMA TABLA SÍMBOLOS		INS FPL PL LEYEN ESQ CAN		INS INCE ZONAS INCENDIO	
INS CLIM NUDOS		INS FPL PL LEYEN ESQ TV		INS INCE NUDOS	
INS CLIM NUDOS FONDO		INS FPL PL REJILLA ADM EX		INS INCE TABLA SÍMBOLOS	
INS CLIM REFRIGERACIÓN		INS FPL PL REJILLA ADM HO		INS LAM BORDE FIJO	

INSTALACIONES				
INS CLIM TABLA TUBOS COND		INS FPL PL REJILLA PASO		INS LAM BORDE VARIABLE
INS CLIM TUBOS CONDUCTOR		INS FPL PL REJILLA PASO MX		INS LAM CARÁT VARIABLE
INS CLIM TXT DESC NUDOS		INS ICT CANALIZ ENLACE		INS LAM TABLAS
INS CLIM TXT DIÁM REFRIGER		INS ICT CANAL EST ENTER		INS LAM TEXTOS
INS CLIM TXT NUDOS		INS ICT CANAL INT USUARIO		INS SALU TBL LIN SEP CU H
INS RESID CONTENEDORES		INS ICT CANALIZ VERTICAL		INS SALU TBL LIN SEP IN IN
INS ELEC CANALIZ HORIZ		INS ICT NUDOS		INS SALU TBL MARCO CU H
INS ELEC CANALIZ VERT		INS ICT NUDOS REGISTROS		INS SALU TBL MARCO IN IN
INS ELEC CONECTORES		INS ICT NUDOS TOMAS		INS SALU TBL RETORNO
INS ELEC ESQUEMA UNIFILAR		INS ICT TABLA SÍMBOLOS		INS SALU TBL TEXTO
INS ELEC ESQ UNIFILAR TXT		INS ICT TXT DIÁM CANAL HR		INS SALU TBL TÍTULOS
INS ELEC NUDOS		INS ICT TXT NUDOS		INS SALU TBL TUB AGUA C
INS ELEC NUDOS EMERGENCIA		INS ILUM CONTORNO		INS SALU TBL TUB AGUA F
INS ELEC NUDOS LUMINARIAS		INS ILUM EQUIPO PROTEG		INS SALU TBL LEYENDA
INS ELEC NUDOS TOMAS		INS ILUM LUMINAR EMERGEN		INS SALU TBL TEXTO AC
INS ELEC TABLA SÍMBOLOS		INS ILUM LUMINARIA EXT		INS SALU TBL TEXTO AF
INS ELEC TXT NUDOS		INS ILUM LUMINARIA INT		INS SALU TUBO AGUA CAL
INS FPL PL ABERTURAS PASO		INS ILUM CÁLCULO PÉSIMO		INS SALU TUBO AGUA FRÍA
INS SALU ÁREA PLUV CONTOR		INS SALU TUBO RED RIEGO		INS SALU TXT DIÁM COND
INS SALU ÁREA PLUV PENDIEN		INS SALU TUBO RETORNO AC		INS SALU TXT DIÁM FECAL
INS SALU CANALONES		INS SALU TABLA SÍMBOLOS		INS SALU TXT DIÁM PLUV
INS SALU CONDUCTOS		INS SALU TUBO FECALES		INS SALU TXT ELEMENTOS

INSTALACIONES			
INS SALU CONDUCTOS FONDO		INS SALU TUBO PLUVIALES	
INS SALU ELEMENTOS		INS SALU TXT DIÁM AGUA CA	
INS SALU NUDOS		INS SALU TXT DIÁM AGUA FR	

CARPINTERÍA	DETALLES CONSTRUCTIVOS		
CAR DIB AIREADORES		DET ACA ALUMINIO	
CAR DIB ALZADO		DET ACA CERÁMICA	
CAR DIB APERTURA		DET ACA ESCAYOLA	
CAR DIB COTAS		DET ACA MADERA	
CAR DIB FONDO		DET ACA MORTERO MONOC	
CAR DIB PERSIANAS		DET ACA PAVIMENTO EXT	
CAR DIB SECCIÓN		DET ACA PAVIMENTO INT	
CAR DIB VIDRIOS		DET ACA TEXTOS	
CAR LAM BORDE FIJO		DET ACA TIERRA JARDÍN	
CAR LAM BORDE VARIABLE		DET ACA VIDRIO	
CAR LAM CARÁTULA VARIABLE		DET PRO AISLANTE TÉRMICO	
CAR LAM GUÍAS		DET PRO IMPERMEABILIZAN	
CAR LAM TABLAS		DET PRO TEXTOS	
CAR LAM TEXTOS		DET REL HORMIGÓN LIGERO	
		DET REL TEXTOS	
		DET REL TIERRA RELLENO	
		DET SOP BLOQUE	
		DET SOP HORMIGÓN ARM	
		DET SOP MORTERO AGAR	
		DET SOP MORTERO COLA	
		DET SOP TEXTOS	
		DET SOP TIERRA NATURAL	
		DET CONTORNOS	
		DET LÍMITES DIBUJO	
		DET LAM BORDE VARIABLE	
		DET LAM CARÁT VARIABLE	

El significado de los prefijos utilizados es el siguiente:

- E: Elementos constructivos de edificación
- U: Ídem de urbanización y obra civil
- PEJ: Proyecto de ejecución, auxiliares de modelado 3D
- DIB: Dibujos extraídos del modelo
- EST: Estructura
- INS: Instalaciones
- CAR: Carpintería
- DET: Detalles
- LAM: Dibujos de las láminas

Nota: El color de las capas de Edificación y de Urbanización y Obra Civil es irrelevante, porque el material a dibujar toma el color que se ha especificado en la base de datos.

2.3.3. ACTUACIÓN

Esta nueva etapa del proyecto empieza normalmente cuando está terminado y tiene licencia, aunque a veces se ha pretendido adelantar por motivos de mercado, sobre todo para captar clientes compradores. Consta de dos partes: promoción del proyecto y construcción de la obra.

2.3.3.1. PROMOCIÓN DEL PROYECTO

Este apartado consiste en preparar documentos sobre el futuro edificio, de aspecto más comercial y atractiva para el futuro comprador. Aquí el arquitecto no interviene más que en la cesión de documentos base para que otro equipo elabore la información de venta de cara al mercado inmobiliario. Se aleja, por tanto, de la intención de esta investigación y no se desarrolla.

2.3.3.2. CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA

Esta es una de las fases más delicadas del proyecto y obra. Por un lado se emplean los documentos generados en la fase de ejecución para construir el edificio, con la consiguiente verificación de la idoneidad de todo lo expresado en los planos para ser edificado, y por otro, la continua atención que debe prestar la Dirección Facultativa sobre el ritmo y buen hacer de las obras.

De las diversas tareas que se realizan en estos momentos, corresponden al Arquitecto Director las de elaborar los *dibujos de detalles y complementos*, así como los *planos finales de la obra*, una vez que se termine de construir. Otras tareas, tales como el programa de ejecución de las obras, el control de costes, la supervisión de la ejecución, son más bien responsabilidad del Director de la Ejecución de la Obra.

2.3.3.2.1. Detalles y complementos

Durante la ejecución de una obra de arquitectura surgen, en mayor o menor medida, dudas o imprevistos que es necesario resolver mediante aclaraciones verbales y dibujos. En la medida que el proyecto se ha simulado previamente por ordenador, en lo que se ha denominado *proto-edificio*⁸⁷, los imprevistos y las dudas serán menores.

2.3.3.2.2. Planos finales de obra

Una vez terminada de construir la obra objeto del proyecto, entre los correspondientes trámites administrativos es preceptivo entregar la documentación final de obra, de tal modo que refleje los posibles cambios o reformas que se hayan hecho durante su ejecución.

A los efectos de este trabajo, bastaría con modificar el modelo infográfico (una copia del usado en el proyecto de ejecución), generar los cortes, rehacer los planos y documentos derivados, en un proceso similar al que se hubiese hecho con la edición del proyecto en marcha, en las fases anteriores.

A este respecto cabe decir, una vez más, que usar el edificio virtual traería ahorro de tiempo y esfuerzo al autor del proyecto, con lo cual se justifica el uso del proceso de diseño 3D + 2D que se ha desarrollado en este trabajo de investigación.

⁸⁷ TOBIN, John: *Proto-Building: To BIM is to Build*. [en línea]. USA: AECbytes, 2008 [ref. de 30 de septiembre de 2008]. Disponible en Web: <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>.

2.3.4. **GESTIÓN**

La última fase y más desarrollada en el tiempo es la de ocupación del edificio por parte de los compradores o arrendatarios.

La documentación gráfica que se le entrega al usuario estará elaborada por el arquitecto, a partir de los planos finales de obra, es decir, el estado en el que finalmente ha quedado materializado el edificio.

Para el correcto mantenimiento del ya ocupado inmueble también se usan planos, sobre todo para las revisiones de las instalaciones, estructuras o cerramientos.

3. CONCLUSIONES

1. Los sistemas de dibujo asistido por ordenador pueden ser sustituidos por los sistemas de proyecto asistido.

El trabajo del Arquitecto puede ser ahora la definición del proyecto en su conjunto aplicando el *modelo integrado del proyecto*. Ya no se tiene que dedicar a la delineación, puesto que se realiza en un proceso posterior, de manera semiautomática por el sistema de CAD utilizado.

2. El diseño se desarrolla directamente con elementos constructivos.

Los muros, los huecos, los forjados, las escaleras, las cubiertas, etc. son los elementos que se van a dibujar en el proyecto, y no las líneas o las superficies que los representan. Estos elementos constructivos pueden ser modificados simultáneamente en planta, alzado y axonometría. Así se facilita la definición del proyecto y se reduce la obtención de los planos de ejecución a un pequeño esfuerzo, al tiempo que se asegura la coherencia de todos los planos. Se pueden modificar tipos de muros, alturas entre plantas, pendientes de cubierta... sin dibujar una sola línea.

3. El uso de elementos constructivos, en lugar de líneas, supone muchas ventajas.

Además de la desvinculación del resultado como imagen buscada, hay otras mejorías, como que la asignación de materiales reales

supone obtener una medición completa, que puede ser recuperada por un programa de presupuestos. Cualquier modificación que se haga del modelo 3D se refleja automáticamente en planos y mediciones. Lo mismo ocurre con la estructura, las instalaciones, los estudios de seguridad, etc. La introducción de datos puede realizarse en el sistema integrado de CAD y adaptar automáticamente el proyecto a los cambios realizados por el sistema de cálculo de estructuras y de instalaciones, en un proceso de ajuste de ida y vuelta.

4. El proyecto completo se puede hacer con la ayuda del ordenador.

Además de los planos tradicionales, conformados por plantas, alzados y secciones, se cuenta con abundantes recursos gráficos que pueden dotar a estos dibujos de mayor definición, precisión y calidad. Y como complemento indiscutible, las axonometrías y perspectivas desde cualquier punto de vista, que pueden llegar a producir imágenes casi fotográficas de cómo quedará la arquitectura, o recorridos en torno al edificio y en su interior. Todas las imágenes generadas pueden estar aderezadas con texturas superficiales, colores y sombras. Ello hace que sean atractivas a ojos no sólo del profano, sino también del propio arquitecto.

5. Las cualidades volumétricas y espaciales de la arquitectura proyectada se ponen de manifiesto antes de que se construya.

A medida que se va desarrollando el proyecto, en sus distintas fases, se puede ir comprobando y ajustando lo necesario para lograr que la idea inicial se pueda materializar en un objeto construible. Al simular la arquitectura en un entorno 3D se tiene la ventaja de que su percepción es muy similar a la visión que se tendrá luego del natural. Otro beneficio es la posibilidad de

resolver los problemas de la construcción en este espacio virtual antes de que puedan convertirse en complicaciones en la obra.

6. La imagen pasa de ser una herramienta de formalización a ser una herramienta de control y de verificación.

Se trabaja con objetos arquitectónicos que se desarrollan en función de su forma y ocupan un espacio. El diseñador ya no está atado a ver su proyecto a través de imágenes sobre una superficie, tales como los dibujos sobre papel. Sin embargo, la mayoría de las imágenes de síntesis generadas por ordenador (infografías), aunque puedan parecer auténticas fotografías, no reflejan en absoluto la realidad, sino a una representación de la misma. La imagen generada es una herramienta de control.

7. La informática en un Estudio de Arquitectura puede ser una colección de programas conectados de dibujo, presupuestos y cálculos.

Sin entrar en los beneficios futuros del BIM, los programas informáticos de ayuda a la arquitectura se han convertido en herramientas completas e integradas. Abarcan todos los aspectos del proyecto, desde el croquis inicial a la presentación final, pasando por la delineación y los cálculos de estructuras e instalaciones. Y todo de forma interrelacionada entre programas y con el resto de profesionales y empresas que intervienen en el proyecto y la construcción. Se puede reducir el tiempo dedicado a las tareas rutinarias que pueden resolver los programas automáticamente y permitir más tiempo al diseño y calidad del proyecto, en beneficio del cliente y de la Arquitectura.

8. El modelado virtual del edificio es una herramienta de diseño válida para acometer un Proyecto de Arquitectura.

El modelo 3D es efectivo precisamente porque en la mayor parte del proceso de diseño no se produce una respuesta óptima y única a una cuestión planteada. Hay que hacer ensayos y resolver errores en el camino de modelar un proyecto, pero sin llegar a la definición de todo al 100%. No vale la pena afinar hasta el último detalle, pues muchas veces aparecen imprevistos en obra que hacen desviarlo de su camino inicial, o que hacen replantear una determinada solución constructiva. La fase de la ejecución material, dentro del proceso de la operación proyectual completa, conlleva aceptar una serie de indeterminaciones del proyecto, que se deben resolver en dicha fase. Tal es el caso de la relación del edificio con el terreno, con las infraestructuras existentes, con la recepción de materiales, etc.

9. Los programas informáticos utilizados deben ser pocos, amigables y polivalentes.

La cada vez más abundante cantidad de programas de ayuda a los profesionales del diseño y la construcción puede generar ansiedad y desconcierto a la hora de elegir cuál usar en cada momento, en cada fase. En el desarrollo de este proyecto, como se ha visto, se han utilizado 4 tipos de programas, cada uno con sus utilidades específicas:

- **Diseño asistido:** cartografía, topografía, volumetría, elementos arquitectónicos 3D, cortes, renders, dibujos, composición de planos, impresión digital y en papel.
- **Cálculo de estructuras:** soportes, vigas, forjados, escaleras, cimientos, contenciones, seguridad estructural. Buena relación con los programas de CAD en el intercambio de información.
- **Cálculo de instalaciones:** ahorro de energía, protección frente al ruido, salubridad, seguridad en caso de incendio, seguridad de utilización y accesibilidad, electricidad, teleco-municaciones. Buena relación con los programas de CAD en el intercambio de

información.

- **Ofimática:** tratamiento de textos, hojas de cálculo, recortes y notas, correo electrónico.
- **Tratamiento de imágenes:** calibración, recorte, efectos, superposición de objetos.
- **Mediciones y presupuestos:** está fuera del ámbito de esta investigación, pero se hace imprescindible.

10. El diseño arquitectónico tridimensional, integrado en un solo programa, resulta muy eficiente a la hora de abordar un proyecto.

Son muchos los procesos que se pueden llevar a cabo con el programa que se ha utilizado:

- El análisis del territorio
- La toma de datos topográfica
- Los primeros bocetos de diseño volumétrico conceptual
- La definición de espacios vacíos y cerramientos
- La concreción de estos en elementos construibles
- La generación de cualquier tipo de corte del modelo para obtener dibujos planos
- La terminación de estos dibujos con textos, tramas, fondos, cotas, iconos, símbolos
- La creación de imágenes de síntesis de diferentes escenarios del proyecto, con texturas e iluminación reales
- La retroalimentación producida en el modelo principal al examinar los dibujos planos
- La composición de láminas de presentación, vinculando los dibujos y las imágenes creados
- La exportación controlada hacia los programas de cálculo
- La importación desde los resultados de los cálculos con sus correspondientes revisiones del modelo 3D
- La incorporación de los dibujos de estructuras e instalaciones a

nuevas láminas de presentación, con su consiguiente resimbolización de atributos gráficos

- La preimpresión en formato digital y sus revisiones
- Las correcciones finales del proyecto
- La impresión final en papel, preparada para doblar, archivar y entregar.

Si se usasen distintos programas, el trasvase de información para relacionar estas tareas supone arriesgarse a perder información en las traducciones de formatos o verse limitado en las posibilidades que ofrecen, por querer tener máxima compatibilidad.

11. El cálculo de las estructuras requiere de un programa completo, flexible, potente y responsable.

A medida que evoluciona la tecnología de los programas de cálculo y diseño, se van abriendo más posibilidades para hacer simulaciones de las condiciones de estabilidad y seguridad de las estructuras de edificación. En edificios con espacios complejos se puede simular una estructura adecuada a dicha situación, con la tranquilidad de poder controlarla. Lo que antes suponía cálculos separados, integrados manualmente a la hora de los dibujos finales, ahora se puede hacer con un solo programa y de forma fiable, cumpliendo con las normas vigentes. O bien, lo que suponía renunciar a ciertas arquitecturas con espacios y estructuras atrevidas, ahora es posible, usando un programa como el utilizado aquí.

12. Las instalaciones de edificación son abordables con un programa integral de simulación y cálculo.

Desde la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, con su larga y lógica lista de prescripciones para garantizar la seguridad y confort de los usuarios, han ido apareciendo herramientas de ayuda para cumplir con dicha norma obligatoria. Sin embargo, la

larga lista de apartados y disciplinas que hay que simular, calcular, ajustar, comprobar si son compatibles con el diseño, graficar y documentar, hace de las instalaciones una labor larga, molesta y delicada.

Así pues, eligiendo un programa que aglutine todas las instalaciones y prescripciones en un grupo de programas integrado, ha supuesto una ayuda indispensable para resolver este tema, incluso en un proyecto pequeño como el de una vivienda.

13. La ofimática es un complemento indispensable en la redacción de un proyecto de arquitectura.

El tratamiento de textos fue una de las primeras tareas que se trasladaron al ordenador, puesto que permitía editarlo en pantalla para luego imprimirlo. Le siguieron las hojas de cálculo, para automatizar procesos reiterados. Ahora han evolucionado mucho y permiten crear documentos profesionales con una gran variedad de recursos gráficos, como tipos de letra, colores, dibujos, fotografías, etc. Las hojas de cálculo también son de gran ayuda cuando se trata de automatizar procesos matemáticos frecuentes, tales como predimensionados, facturas, cómputo de superficies, edificabilidad, etc. En este trabajo se han usado sobre todo para la elaboración de tablas y listados, puesto que era más cómodo acudir a un programa especialista que dibujarlas directamente en el CAD.

14. El flujo de trabajo en el diseño arquitectónico es iterativo.

Cualquier proyecto, de cualquier materia, se desarrolla siguiendo un guion más o menos establecido de antemano. Pero no es un proceso lineal, sino que se avanza, se retrocede, se vuelve a avanzar con lo aprendido (retroalimentación) y así varias veces hasta que el resultado sea satisfactorio. Los proyectos de arquitectura encajan bien en esta lógica. El diseño es un transcurso

donde hay que avanzar para luego retroceder, corregir y seguir adelante.

15. La presentación de los planos en papeles doblados sigue siendo una meta importante.

Los edificios que dan cabida a las actividades humanas son de un tamaño tal que hay que diseñarlos previamente y presentarlos en papeles a escala. Estos documentos, a su vez, precisan de una manipulación para que su almacenaje, consulta y transporte sean cómodos y útiles. Aquí aparece el doblado de los planos en formatos reconocibles más pequeños, que permiten su archivado en cajas normalizadas.

16. La representación en color de los dibujos permite una rápida lectura y una fácil comprensión.

La continua evolución de las impresoras ha permitido que el ploteado de planos sea una tarea cada vez más sencilla, automatizada y controlable, que redunde en resultados de alta calidad. Añadirle colores a un plano, comparado con imprimirlo en negro, añade un sobrecoste que es pequeño en comparación con las ventajas que genera. Así, un plano en color:

- Gana en legibilidad de los elementos dibujados,
- Aumenta la coherencia de lo representado,
- Crea homogeneidad con otros planos,
- Permite evitar los datos superfluos,
- Facilita la creación de planos autónomos.

Teniendo en cuenta que los documentos del proyecto los utilizan personas muy diversas y de distinta preparación académica, el uso

del color contribuye a poner la comprensión de los planos al alcance de todos.

17. El formato PDF resulta válido como soporte digital de intercambio y almacenaje de documentos de arquitectura.

Desde hace años, el uso generalizado de crear y comunicar documentos digitales hizo necesaria la aparición de un formato de intercambio protegido, universal y comprimido. El más extendido de todos es el PDF de Adobe. Desde cualquier programa se puede imprimir en PDF, generando así una copia impresa simulada, sin coste alguno. El programa de CAD utilizado aquí dispone de controladores propios para crear los PDFs, tanto 2D como 3D. Investigando en este tema, cabe decir que se ha reformado su funcionamiento para este proyecto, normalizando los grosores y estilos de línea, los formatos de papel y la calidad de las imágenes.

De esta manera han resultado unos archivos PDF que, conteniendo la información que se necesita, ocupan muy poco espacio en disco. Esto redundaba en simplicidad y rapidez a la hora de imprimir, así como que reduce el espacio necesario para su almacenaje en los dispositivos de memoria. Por supuesto, el factor económico también tiene un importante descuento, pues se pueden crear PDFs a medida que avanza el proyecto, abrirlos para comprobar su idoneidad, y reformar lo necesario. Todo esto sin gastar papel ni tinta. Al final sí que habrá que imprimirlos en papel, con alguna posible modificación, pero de mucho menor coste que hacer todas las pruebas en papel.

4. BIBLIOGRAFÍA

4.1. LIBROS

BONET SAUMENCH, Elisenda; MORET CHESA, Jánice y SOLANELLAS BERTRAN, Gemma.: *Rendering para arquitectos*. Barcelona: Parramón, 2009.

EASTMAN, Chuck et al.: *BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling*. New Jersey (USA): John Wiley & Sons, 2008.

FEIJÓ MUÑOZ, Jesús: *Proyectos Arquitectónicos asistidos por ordenador*. Valladolid: Universidad de Valladolid, 1992.

FRANCO, Jorge; CRUZ FRANCO, Juan: *Curso recomendado: MicroStation/J*. Madrid: Anaya Multimedia, 2001.

FRANCO TABOADA: José Antonio: *El dibujo, forma esencial del pensamiento arquitectónico. Lección inaugural del Curso Académico 1990-1991*. A Coruña: Universidad de A Coruña, 1990.

GENTIL BALDRICH, José María; RABASA DÍAZ, Enrique: "Sobre la Geometría Descriptiva y su difusión en España". En: *Geometría Descriptiva. Lecciones dadas en las Escuelas Normales en el año tercero de la República*. Madrid: Imprenta Real, 1803. (Facsimil: MONGE, Gaspar: *Geometría Descriptiva*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1996).

KRYGIEL, Eddy; NIES, Bradley: *Green BIM. Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. Indianapolis (Indiana), USA: Wiley Publishing, Inc., 2008.

LE CORBUSIER: *Precisiones respecto a un estado actual de la arquitectura y del urbanismo*. Barcelona: Poseidón, 1978.

LOZANO APOLO, Gerónimo: *Dibujo Técnico de Ingeniería y Arquitectura. 1-Normativa*. Gijón: Estudio 17. Consulting de forjados y estructuras, 1982.

MONEDERO ISORNA, Javier: *Aplicaciones informáticas en arquitectura*. Barcelona: Ed. Reverté, S.A., 2008.

MONGE, Gaspar: *Geometría Descriptiva. Lecciones dadas en las Escuelas Normales en el año tercero de la República*. Madrid: Imprenta Real, 1803. (Facsimil: MONGE, Gaspar: *Geometría Descriptiva*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1996).

MUÑOZ COSME, Alfonso: *El proyecto de arquitectura. Concepto, proceso y representación*. Barcelona: Edicions UPC, 1999.

NEUFERT, Ernst: *Arte de proyectar en arquitectura*. 14ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1995.

PADRÓN DÍAZ, Carmelo: *La profesión de arquitecto. Formación, atribuciones y responsabilidades*. Las Palmas de Gran Canaria: Demarcación de Gran Canaria del COAC, 1996.

PÉREZ CARABIAS, Vicente: *Grafoje y creatividad*. Guadalajara (México): Interfaz, 2006.

QUARONI, Ludovico: *Proyectar un edificio. Ocho lecciones de arquitectura*. Madrid: Xarait Ediciones, 1980.

RAMOS BARBERO, Basilio y GARCÍA MATÉ, Esteban: *Dibujo Técnico*. Madrid: AENOR, 1999.

SAINZ, Jorge: *El Dibujo de Arquitectura. Teoría e historia de un lenguaje gráfico*. Madrid: Nerea, 1990.

SAINZ, Jorge; VALDERRAMA, Fernando: *Infografía y Arquitectura. Dibujo y Proyecto asistido por ordenador*. Madrid: Nerea, 1992.

SANDERS, Ken: *El Arquitecto Digital. Guía para utilizar (con sentido común) la tecnología informática en el ejercicio de la arquitectura*. Pamplona: EUNSA, 1998.

TUNSTALL, Gavin: *La gestión del proceso de edificación. Del croquis a la ejecución*. Barcelona: Ed. Reverté, S.A., 2009.

UDDIN, M. Saleh: *Diseño de Composición. Técnicas de representación de diseño arquitectónico*. México: McGraw-Hill, 1997.

V.V.A.A.: *Normas Urbanísticas. Título VIII. Ordenanzas zonales*. Las Palmas de Gran Canaria: Excmo. Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria, 2005.

4.2. ARTÍCULOS DE REVISTAS

CARNE, Jeremy; SPOHRER, Richard: "The Third Dimension" En: *MicroStation World*. Vol. 3, Nº 3 (Tercer trimestre 1997). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 1997.

ETIEL, Yoav: "Time, Timing and the Year 3000" En: *MicroStation World*. Vol. 4, Nº 3 (Tercer trimestre 1998). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 1998.

DALTON, Rachael: "Rendered Essential" En: *Enterprise Engineering Modeling World*. Vol. 5, Nº 3 (Tercer trimestre 1999). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 1999.

ETIEL, Yoav: "Projectivity: Passing the Point of Diminishing Return" En: *Enterprise Engineering Modeling World*. Vol. 5, Nº 3 (Tercer trimestre 1999). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 1999.

FLETCHER, Paul: "What's holding back the Single Building Model" En: *MicroStation Manager*. Vol. 10, Nº 10 (octubre 2000). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2000.

GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "Diseñando un edificio paso a paso con Bentley Architecture". En: *AutoCAD Magazine*. Nº 113, (febrero-marzo 2008). Barcelona: Edimicros S.L., 2008.

MONTERO, Ramón: "Programas de Diseño Arquitectónico: AllPlan, DIBAC, Eicad, TriForma y UrbiCAD". En: *PC World*. Nº 130 (marzo 1997).

NEWTON, Randall S.: "Say goodbye to the 2D ball and chain" En: *MicroStation Manager*. Vol. 12, Nº 3 (marzo 2002). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2002.

ORR, Joel: "Architects and 3D: Is Resistance Futile?" En: *MicroStation World*. Vol. 4, Nº 3 (Tercer trimestre 1998). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 1998.

ORR, Joel: "Farewell to Drawings" En: *MicroStation Manager*. Vol. 10, Nº 11 (noviembre 2000). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2000.

ORR, Joel: "The "End" of CADD" En: *MicroStation Manager*. Vol. 11, Nº 8 (agosto 2001). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2001.

ORR, Joel: "Your Unfair Advantage: Profitable Projects through EEM." En: *Enterprise Engineering Modeling World*. Vol. 5, Nº 3 (Tercer trimestre 1999). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 1999.

REGOT MARIMÓN, Joaquín; DE MESA GISBERT, Andrés: "Diseño gráfico. La proyección sobre el plano y el modelado tridimensional" En: *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Año 5, Nº 5. Pamplona: Asociación Española de Departamentos Universitarios de Expresión Gráfica Arquitectónica, 1999.

SOLANA SUÁREZ, Enrique: "Dibujo y Proyecto: Mística, Emoción, Razón e Interpretación" En: *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Año 6, Nº 6. Valencia: Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la U. P. V., 2001.

TAKAHASHI, Hiroshi: "Adiós a la regla T". En: *Diario Milenio*, Sección Tecnología. Grupo Editorial Milenio. México, 6 de mayo de 2002.

THEIN, Volker: "The rise of the Integrated Project Model" En: *MicroStation Manager*. Vol. 11, Nº 11 (noviembre 2001). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2001.

VILLAMOR, Miguel: "Informática en un estudio de Arquitectura". En: *Hechos, Noticias y Actualidad*. Nº 5, (enero-abril 2001). Madrid: HNA, 2001.

WEISBERG, David E.: "Are you planning for the future?" En: *MicroStation Manager*. Vol. 12, Nº 3 (marzo 2002). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2002.

WORKMAN, Brad: "The challenges and opportunities in moving to an intelligent modeling paradigm" En: *MicroStation Manager*. Vol. 10, Nº 10 (octubre 2000). Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2000.

4.3. PONENCIAS EN CONGRESOS

CANIVELL, Jacinto: "Diseño asistido por ordenador". En: *Actas de las II jornadas de informática aplicada a la arquitectura*. Organizadas por la Demarcación de Sevilla del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, 1991.

GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "La infodidáctica y las asignaturas gráficas". En: *Actas del VIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Las nuevas tecnologías de la representación gráfica arquitectónica en el siglo XXI*. (Barcelona 11-13 de mayo de 2000). Barcelona: Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I (Universidad Politécnica de Cataluña), 2000.

GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "Modelo integral del proyecto: mitos, realidades, experiencias". En: *Actas del IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Re-visión: Enfoques en docencia e investigación*. (A Coruña 25-27 de abril de 2002). A Coruña: Departamento de Representación y Teoría Arquitectónicas (Universidad de A Coruña), 2002.

GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "Axonometrías en el Dibujo Asistido por Ordenador". En: *Actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Organizado por la Universidad de Granada. Granada: Departamento EGAel, 2004.

GONZÁLEZ GARCÍA, Augusto: "Produciendo arquitectura con MicroStation TriForma". En: *Actas del XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. Funciones del dibujo en la producción actual de arquitectura*. Sevilla: Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universidad de Sevilla, 2006.

GUTIÉRREZ LABORY, Elsa: "La Geometrización del Modelo Arquitectónico: Planimetría". En: *Actas del X Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica*. Organizado por la Universidad de Granada. Granada: Departamento EGAel, 2004.

4.4. CONSULTAS EN LÍNEA

AUTODESK: *Modelado de información para la construcción*. [en línea]. San Rafael (California), USA: Autodesk, Inc., 2009 [ref. de 1 de julio de 2009]. Disponible en Web:

<http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?id=10200355&siteID=45575>
[5.](#)

BENTLEY SYSTEMS: *High Performance Building Design and Delivery*. [en línea]. Exton (Pennsylvania), USA: Bentley Systems, Inc., 2009 [ref. de 1 de julio de 2009]. Disponible en Web:

<http://www.bentley.com/en-US/Promo/High+Performance+Building+Design>.

COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *DIN 476* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2010 [ref. de 29 de junio de 2010]. Disponible en Web: http://es.wikipedia.org/wiki/DIN_476.

COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *Extensible Markup Language* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2009. [ref. de 28 de septiembre de 2009]. Disponible en Web:

http://es.wikipedia.org/wiki/Extensible_Markup_Language.

COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *Historia del CAD (Computer Aided Design)* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2009 [ref. de 8 de abril de 2009]. Disponible en Web:

[http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia_del_CAD_\(Computer_Aided_Design\)](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia_del_CAD_(Computer_Aided_Design)).

COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *ISO 216* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2010 [ref. de 25 de junio de 2010]. Disponible en Web: http://es.wikipedia.org/wiki/ISO_216.

COLABORADORES DE WIKIPEDIA: *TrueType* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2011 [ref. de 4 de enero de 2012]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/TrueType>.

HERRERO, TOÑI: *Bentley lanza MicroStation V8. Combina archivos propios y de AutoCAD*. [en línea]. Madrid: IDG COMMUNICATIONS, S.A.U., 2001 [ref. de 28 de septiembre de 2009]. Disponible en Web: <http://www.idg.es/computerworld/articulo.asp?id=127505>.

RUNDELL, Rick: *Building Information Modeling in Action. How CAD, object CAD, and parametric technologies support this new approach*. [en línea]. [s. l.]: Cadalyst, 17 de mayo de 2004 [ref. de 2 de julio de 2009]. Disponible en Web: <http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=99884>.

TOBIN, John: *Proto-Building: To BIM is to Build*. [en línea]. USA: AECbytes, 2008 [ref. de 30 de septiembre de 2008]. Disponible en Web: <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>.

V.V.A.A.: *MAPA. Visualizador General de Información Geográfica*. Canarias: Gobierno de Canarias, enero 2009.

4.5. OTROS

España. Ministerio de Vivienda: *Código Técnico de la Edificación. Anejo I. Contenido del proyecto*. Madrid: Ministerio de Vivienda, 2006.

COAC: *Especificaciones Técnicas 2009. Guía para la redacción y visado de proyectos y de la dirección de obra*, citando al Real Decreto 2512/1977, de 17 de junio, por el que se aprueban las Tarifas de Honorarios de los Arquitectos en Trabajos de su Profesión (BOE 30/09/1977), Artículo 1.4.1. Las Palmas de Gran Canaria: Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias, 2009.

V.V.A.A.: *Gran Canaria*. Instituto Geológico y Minero de España (con la colaboración del Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas CSIC). Madrid: Servicio Cartográfico del Ejército, 1968.