

CAPÍTULO 8

LOS PLANOS

Fernando Cañizal Berini / M^a Antonia Pérez Hernando

OCW UNIVERSIDAD DE CANTABRIA • Licencia: CC BY-NC-SA

1. GENERALIDADES

1.1. Formatos

Las Normas UNE establecen varios tipos de formatos de hojas, de las cuales la más utilizada, para planos de proyecto, es la serie "A", que tiene las siguientes características:

- La superficie de cada plano es igual a la mitad de la del inmediato superior.
- La relación entre el lado menor (x) y el lado mayor (y) de cada plano es:

$$\frac{X}{Y} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

La serie A parte de un plano base (AO), de superficie 1 metro cuadrado. Las dimensiones, en milímetros, de los distintos formatos de la serie son:

AO	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594

A3	297 x	420
A4	210 x	297
A5	148 x	210
.	.	.
.	.	.
.	.	.
A10	26 x	37

Los **formatos alargados**, se obtienen partiendo longitudinalmente los formatos normales, de modo que el lado mayor se conserva.

Ejemplo: -Mitad alargada A4: 105 x 297
 -Cuarto alargado A4: 52 x 297

La UNE 1.026 define las dimensiones de la hoja en bruto, hoja cortada, margen del rótulo y ancho de rollo, para los distintos tamaños de hoja. No obstante, por sus adecuadas dimensiones, el formato más utilizado en planos de proyecto es el A1, y conviene sujetarse a él. Los formatos alargados suelen emplearse para representación de obras lineales (trazado de carreteras, ferrocarriles, tuberías, etc.), aunque sigue siendo aconsejable la utilización del formato A1.

1.2. Escalas

La escala de un plano es la relación entre la longitud de un segmento del dibujo y su longitud real. Una escala será, evidentemente, tanto mayor, cuanto menor sea el denominador.

La adopción de una determinada escala será función del tamaño real del elemento que quiera representarse y del grado de definición que se pretenda. Tendrá relación también con el formato adoptado y el número de representaciones distintas que convenga introducir en la misma hoja. Con todo, conviene que la escala adoptada sea sencilla, de modo que la conversión de dimensión de dibujo a dimensión real (o viceversa) pueda realizarse mentalmente, de modo inmediato.

Son escalas típicas en planos de detalle:

1:10 - 1:20 - 1:50 - 1:100

y en planos de definición general:

1:100 - 1:200 - 1:500 - 1:1.000 - 1:2.000 - 1:5.000

En todos los planos deberá figurar, de modo expreso, la escala adoptada. En caso de representación única, o cuando todos los dibujos existentes en la hoja estuvieran a la misma escala, convendrá indicar ésta en el cajetín del plano. En caso contrario, al pie de cada dibujo deberá figurar la escala empleada. Esta puede ser numérica o gráfica. Conviene incluir las dos, teniendo la última gran interés en el caso de que el plano vaya a ser sometido posteriormente a ampliaciones o reducciones.

1.3. Líneas, acotaciones, rotulación y simbología

El grosor de las líneas que componen el dibujo será función del tipo y dimensión del mismo. Las líneas gruesas continuas suelen utilizarse para representar contornos o aristas visibles, mientras que las líneas finas se emplean para rayados, líneas de cota o aristas ficticias. Las aristas ocultas se representan en trazo fino y, mediante líneas finas de trazos y puntos suelen representarse los ejes. Este mismo tipo de línea, terminada en sus extremos

mediante trazos gruesos, se utiliza para indicar la situación de los *planos de corte* que dan origen a la representación de secciones.

A pesar de que por la mera inclusión de la escala en el plano puede determinarse la dimensión de cualquier elemento, es sin embargo obligatorio **acotar** todas las dimensiones haciendo constar, numéricamente, la magnitud real de cada una de ellas. A tal fin se dibujan las denominadas *líneas de cota*, paralelas al elemento a acotar, terminadas mediante flechas, trazos inclinados o puntos, y las *líneas de referencia*, perpendiculares a las anteriores. La cota numérica deberá ir colocada sobre la línea de cota o a su derecha y deberá poder ser leída desde la parte inferior del plano. Conviene que todas las cotas de un plano estén expresadas en las mismas unidades. En caso contrario se hará constar tal circunstancia.

En la confección de los planos no sólo existe una labor de representación gráfica (delineación) sino también de escritura (rotulación). Tal es el caso de la inscripción de las cotas, confección del cajetín, títulos de los distintos dibujos y una serie de cuadros expositivos. Al igual que en lo relativo a líneas y acotaciones, en la rotulación convendrá atenerse a lo dispuesto en las Normas UNE, en lo referente a la relación entre la altura de letra, ancho del trazo, separación entre caracteres y separación entre líneas. Todo ello guardará relación con el tipo y dimensiones del dibujo. En cualquier caso deberá preverse una dimensión mínima si el plano va a ser objeto de futura reducción.

Además de los dibujos y de los rótulos suelen incluirse en algunos planos ciertas representaciones convencionales de elementos que se repiten con frecuencia (instalaciones, uniones, etc.). Algunos de estos símbolos están normalizados. Su uso está muy desarrollado en planeamiento y equipamiento urbano.

1.4. Cajetines y cuadros expositivos

Constituye el cajetín la *tarjeta de presentación* del plano. En los formatos "A" suele colocarse en el ángulo inferior derecho de la hoja, mientras que en los formatos alargados suele hacerse a modo de franja, cubriendo toda la parte inferior de la misma.

No suelen aplicarse reglas fijas en cuanto a las dimensiones y forma del cajetín, ni tampoco en lo que respecta a su contenido. Aún con todo, como mínimo deberá figurar en él:

- Título del proyecto.
- Número y título de la hoja.
- Escala, si es ésta común a todo el plano.
- Fecha, nombre del autor del proyecto y firma.

Suelen complementarse con los siguientes datos:

- Nombre de la Propiedad y del Director del Proyecto (que representa a la misma).
- Nombre de los que intervienen directamente en la confección del plano.
- *Sustituye a....., Sustituido por.....*, aspectos que resultan interesantes en caso de posibles modificaciones.

Con independencia de los cajetines, es fundamental introducir en los planos una serie de **cuadros expositivos**, que complementan lo definido gráficamente o hacen hincapié en aspectos tratados en otros documentos del proyecto, favoreciendo así la relación entre ellos y la comprensión del mismo.

Son aspectos típicos a tratar, mediante estos cuadros:

- La definición geométrica de la situación de un determinado elemento, por puntos, mediante uso de coordenadas (p.e.: los cables de pretensado de una viga).

- La definición de las características a cumplir para ciertos materiales y los niveles de control que vayan a exigirse. La inclusión de este cuadro es obligatoria en todos los planos en que se representen elementos de hormigón armado o pretensado.
- La definición de una determinada secuencia de ejecución (p.e.: programa de tesado).
- Y, en general, cualquier aspecto que convenga resaltar en el plano, como tolerancias en ejecución, tamaño de los cantos de los distintos mantos de un dique, composición de un filtro, de las capas de un firme, etc.

2. TIPOS Y CONTENIDO DE LOS PLANOS DE UN PROYECTO

Los distintos planos de un Proyecto pueden resumirse en tres grandes grupos:

A) Planos de situación, cuya misión es indicar la ubicación de la futura obra. Dependiendo de cuál sea ésta, suele iniciarse la serie con un plano a nivel provincial, incluso regional o nacional. A continuación se adjuntará un plano a nivel comarcal, (E:1/25.000 - 1/50.000) en el que queden reflejados los núcleos de población próximos, las comunicaciones existentes, las posibles ubicaciones de canteras, vertederos, etc. Habrá que dejar constancia de la situación de la futura obra, si bien, salvo que ésta sea de tipo lineal con desarrollo importante, quedará tan solo reflejada en la hoja como una zona rayada.

B) Planos Generales, o de replanteo, que tienen la misión de definir la obra en su conjunto y en cuanto a sus partes integrantes. Es fundamental que en estos planos quede totalmente definida la ubicación de la misma, lo que se hará mediante referencia a ciertos hitos que, situados realmente sobre el terreno, han sido llevados al plano. En estos planos (que serán dibujados sobre soporte topográfico) deberá haber información suficiente sobre aspectos como accesos a la obra, terrenos a ocupar, zonas de excavaciones y rellenos, etc.. En este grupo se incluyen la *Planta General de la Obra*, plantas de las distintas partes, y alzados de las mismas. En obras

longitudinales, los planos generales estarán constituidos por la planta y perfil longitudinal. Las escalas suelen estar comprendidas entre 1:1.000 y 1:5.000.

C) Planos para la construcción (y planos de detalle), en los que los diferentes elementos de que consta la obra deben ser definidos con la precisión y detalle suficiente para ser construidos. Es válido aquí lo expuesto en el apartado anterior sobre la necesidad de acotar todas las dimensiones, y el interés de incluir los cuadros expositivos. Suelen ser escalas adecuadas las comprendidas entre 1:100 y 1:500. En ocasiones es preciso dibujar ciertos elementos (estructurales, instalaciones) a escala mayor, dando origen a los llamados **Planos de Detalle** (E: 1/10 - 1/50).

La representación gráfica de los distintos elementos y partes de la obra suele hacerse mediante proyección diédrica, obteniéndose así distintas *vistas* (o proyecciones), como las plantas y los alzados. Generalmente deben completarse dichas representaciones con las *secciones*, obtenidas mediante corte del elemento a representar, por una serie de planos.

En la medida de lo posible deben incluirse en una misma hoja el conjunto de vistas, secciones y detalles necesarios para la correcta definición del elemento en cuestión. En caso contrario deberá quedar constancia expresa en la hoja de cual es el plano al que hay que remitirse. Análogamente, es fundamental que todo lo descrito en un plano guarde relación directa entre sí, y se establezca, mediante los adecuados rótulos, dicha relación.

Las obras longitudinales deben definirse mediante *plantas*, *perfiles longitudinales* y *perfiles transversales*.

Las plantas (proyección), reflejan la situación de la traza en el terreno. Los perfiles longitudinales dan a conocer las cotas de los distintos puntos del trazado junto con las cotas del terreno. No son una proyección, sino el desarrollo de una determinada línea (generalmente la central), de la traza. Conviene en los perfiles longitudinales, para mejor representación, distorsionar el dibujo, en el sentido de que la escala vertical sea mayor que la horizontal (p.e.: 10 veces).

Los perfiles transversales son la representación de secciones perpendiculares a la traza de la obra. Proporcionan una información complementaria a la de la planta y perfil longitudinal, y tienen gran interés para la confección de las cubicaciones. Con independencia de la presentación de un conjunto de planos con la totalidad de los perfiles transversales (generalmente a distancias entre 10 y 50 metros), suelen adjuntarse otras hojas bajo la denominación de *secciones tipo*, en el que se reflejan, a escala mayor, los perfiles transversales más característicos para distintas situaciones (condiciones del suelo, trazados en desmonte, terraplén o media ladera, inclinaciones distintas de taludes, diferentes características de las capas o rellenos, etc.).

Cada vez es más frecuente (y conveniente, por su mayor claridad) la representación, en una misma hoja de la planta (parte superior) y del perfil longitudinal (parte central). Sobre la planta deberá marcarse con trazos la situación de las distintas secciones transversales elegidas, que tendrán su correspondencia (bien que no siempre en la misma línea vertical) en el dibujo representativo del perfil longitudinal. El tercio inferior de la hoja estará ocupado por un cuadro expositivo conocido popularmente como "guitarra", y que refleja, para cada una de las secciones transversales dadas sobre la planta, las distancias parciales y al origen, las cotas del terreno y de la rasante (o generatriz inferior de la tubería, etc.). En caso de carreteras suele adjuntarse información relativa a los acuerdos (en planta o verticales) y de los peraltes (inclinación transversal).

Es evidente que serán precisos varios planos de los indicados (perfil longitudinal y planta) para representar toda la longitud de la obra. Será fundamental establecer una relación entre las distintas hojas, lo que se logra, por un lado, mediante la representación simbólica de las mismas sobre el trazado en un plano de Planta General y, por otro, mediante el dibujo del perfil de solape en dos hojas, como último perfil en la anterior y como primer perfil en la posterior.

3. ELABORACIÓN DE LOS PLANOS

Antes de iniciar el trabajo de elaboración de los planos es preciso establecer un índice de los mismos. Evidentemente tendrá éste un carácter provisional, pues irá retocándose en base a los resultados de los cálculos y al encaje de las representaciones en las hojas, hasta llegar al índice definitivo.

Ya en fase avanzada de los cálculos, se iniciará la elaboración de los planos, que tendrán el carácter de **borradores**. Tras los retoques necesarios, darán lugar a los **planos definitivos** de los que se obtendrán tantas **copias** como sean necesarias.

En ocasiones un mismo plano ha de servir de base para la confección de otros, que estarán superpuestos a él. Tradicionalmente se elaboraban los llamados “copiativos”, pero hoy resulta enormemente simple con los procedimientos de dibujo informatizado, al cofeccionarse una serie de “capas”, imprimiendo (o reproduciendo), en cada caso, el plano que interese.

Obtenidas las copias oportunas y una vez firmadas éstas, deberá procederse al plegado para su presentación. En el caso en que hayan de ser encuadernadas con el proyecto (formato A4) deberán plegarse en ese formato, pero con un margen suficiente para su cosido, y de forma que sea factible su extensión. A este respecto la Norma UNE 1.027 establece las condiciones del plegado, partiendo de distintos formatos (serie A y formatos alargados). Este procedimiento tiene el inconveniente de la dificultad en su extensión y nuevo plegado así como en la comparación entre distintas hojas archivadas en el mismo volumen y está totalmente en desuso.

Mucho más práctico es el plegado de las hojas a estricto tamaño A4, para su introducción en fundas de plástico. El procedimiento es inmediato, por las propias características de la serie A. La parte inferior derecha (cajetín), deberá quedar siempre vista. Evidentemente, las fundas deberán tener un tamaño algo superior para que sea factible la introducción y extracción del plano. El hecho de que sobresalgan de las demás hojas del proyecto, hace que a veces se doblen los planos a tamaño menor.

En ocasiones se exige la presentación de todo el proyecto en formato A3. En este caso habrá que reducir los planos a ese tamaño para su encuadernación directa. No será preciso plegado, pero habrá que cuidar en modificar la escala numérica.

En cualquier caso, y como hoja previa al conjunto de los planos, deberá adjuntarse el **índice definitivo** de los mismos, que se incluirá también en el apartado *Documentos de que consta el Proyecto*, de la Memoria Descriptiva.

4. EL DISEÑO Y DIBUJO DE PLANOS MEDIANTE ORDENADOR

Se ha comentado en el capítulo anterior el papel fundamental que tiene el ordenador en la elaboración de los distintos Anejos a la Memoria de un proyecto, tanto en aquellos que hacía referencia al conocimiento de los datos de partida, como en los relativos a los cálculos justificativos del dimensionamiento, como en los que se ocupan del estudio de los precios. Sin embargo, los resultados de la ejecución de los distintos programas de cálculo utilizados pueden constituir unos listados enormemente engorrosos de manejar, por lo que resulta en ocasiones fundamental dar una salida gráfica a los mismos, en forma de curvas, diagramas, etc..

Ello es posible gracias a la informática gráfica, pudiendo ser representados estos gráficos mediante una impresora convencional u otro tipo de periféricos que más adelante se describirán.

Pero en los proyectos de ingeniería no sólo aparecen datos numéricos sino que es necesario definir gráficamente la solución adoptada, es decir, elaborar un conjunto de planos. Más aún, para optimizar esa solución se hace preciso tantear distintas alternativas, las cuales, para una mejor evaluación y análisis, deben ser previamente dibujadas. Es ahí donde la informática gráfica tiene un enorme campo de aplicación, extendiéndose en estos últimos años gracias a una importante coordinación entre ordenador, periféricos y software gráfico,

dando lugar al CAD (Computer Aided Design, Diseño Asistido por Ordenador), hoy ampliamente extendido.

4.1. Periféricos básicos de un equipo CAD

Cabe destacar las pantallas (gráfica y auxiliar), la tarjeta gráfica, el digitalizador, el plotter, el ratón y el scanner. Todos estos periféricos se describen a continuación.

La **pantalla gráfica** puede tener una calidad (y por tanto un precio) muy diverso. La calidad viene dada por la *resolución*, es decir, el número de puntos de la pantalla que pueden tratarse como una unidad de información. Cuantos más puntos existan en cada línea (horizontal y vertical) más claro será el dibujo. Con independencia de la pantalla gráfica es precisa una *tarjeta gráfica*, que procesa el dibujo y lo prepara para presentarlo en pantalla. Según las características de la tarjeta podrá obtenerse una mayor o menor resolución y un número mayor o menor de colores simultáneos. Por otra parte, además de la pantalla gráfica resulta interesante disponer de una **pantalla auxiliar**, que permita la realización de cálculos y operaciones simultáneos al dibujo. Naturalmente, esta pantalla puede ser simplemente alfanumérica, o gráfica de inferior resolución.

El **digitalizador** está constituido por una superficie sensible que posibilita la transmisión al ordenador de un dibujo previamente ejecutado, mediante apoyo, sobre esta superficie, de un lápiz o de un cursor. Con el lápiz la información debe transmitirse punto a punto, captando el ordenador las coordenadas del mismo. Con el cursor las posibilidades de transmisión son mayores.

El digitalizador más utilizado es el de tamaño A3, pero en los planos de los proyectos es preciso a veces mayores dimensiones (generalmente tamaño A1). Es usual en las oficinas de proyectos disponer de varios digitalizadores de tamaño A3 (uno para cada equipo CAD) y uno de tamaño A1 ó A0, conectado a todos ellos.

El **plotter** realiza la función opuesta al digitalizador, ya que transcribe a una superficie el dibujo existente en la memoria del ordenador, tanto si ha sido previamente dibujado en pantalla, como si proviene de un cálculo efectuado por el propio ordenador.

Existen diversos tipos de plotter en el mercado. Pueden tener o no memoria local, optimizador de trazado, más o menos colores, etc.. El plotter tradicional es el de plumillas, pero en la actualidad se va imponiendo el plotter electrostático, con un sistema de barrido similar al de las fotocopiadoras. Es mucho más rápido que el de plumillas y se hace necesario para aquellas representaciones con gran densidad de líneas (rayados, sombreados, tramas) en las que el plotter tradicional, además de consumir un tiempo enorme, puede acabar rompiendo el papel. Por otra parte, y en lo que respecta al tamaño que puede alcanzarse en los dibujos, es válido lo expuesto anteriormente para el digitalizador.

El **ratón** es un sencillo elemento que permite desplazar el cursor por una pantalla gráfica, con lo que será posible dibujar en ella puntos y líneas. Es también muy cómodo para elegir funciones en un menú.

Por último, el **scanner** es capaz de leer un plano o un texto, incluso una fotografía, y transferirlo al ordenador, en forma de puntos. La lectura de fotografías tiene gran interés, pues permite analizar por pantalla el efecto que la futura obra tendrá sobre el entorno, su impacto estético y ambiental.

4.2. El software gráfico. Aplicaciones

El software gráfico existente en el mercado puede clasificarse en dos grandes grupos: el de carácter general, y el específicamente preparado para ciertos tipos de proyectos.

Los **programas de tipo general** contienen una serie de funciones gráficas, gracias a las cuales el usuario puede efectuar dibujos de gran complejidad y con gran precisión, pero sin

llegar a las posibilidades de diseño (o proyecto) que pueden alcanzarse con programas específicos. Mediante aquellos se pueden dibujar rectas, curvas, círculos, elipses, poligonales, rayados, etc., todo ello en diversos colores y, si se quiere, en distintas capas de información. Pueden también incorporarse rótulos y simbología, ya sea proporcionada por el propio programa o incorporada por el usuario. Con estos programas suelen poderse ejecutar algunos cálculos y mediciones elementales.

Pero el interés de la aplicación del CAD a los proyectos de ingeniería surge, fundamentalmente, con la aparición de **programas específicos** para las distintas técnicas. Mediante ellos, una línea pasa a ser una conducción, o una superficie el talud de un desmonte, con unas características y unas propiedades físicas interpretadas por el programa con el que se está trabajando.

Este software gráfico de carácter específico está constituido en ocasiones por paquetes de diversos programas de cálculo que, operados individualizadamente, proporcionan resultados numéricos, pudiendo obtenerse también resultados gráficos al estar conectados a programas CAD de tipo general. En otros casos, los programas han sido confeccionados expresamente para su salida gráfica.

Sin entrar a analizar las prestaciones de los distintos paquetes comerciales, se considera interesante comentar, brevemente, las posibilidades del diseño gráfico específico en ingeniería civil, según dos grandes tipologías de proyectos: las obras estructurales y las obras lineales.

En **obras estructurales** existen programas para cálculo de cimentaciones, muros, pórticos, forjados, emparrillados, etc.. Admiten entrada gráfica de datos y se obtienen los resultados gráficamente, con dibujo de planos de planta de pilares, secciones tipo, armado de vigas, pilares, zapatas, despiece de armaduras, detalles de nudos, etc.. También proporcionan gráficas de las leyes de esfuerzos, desplazamiento de nudos y deformaciones en las barras. Y, por supuesto, permiten la medición de todos los elementos.

Pero donde quizás la evolución ha sido mayor es en las **obras lineales**, dado que existen en la actualidad programas que permiten introducir la superficie del terreno, lo que

tiene enorme interés para proyectos de ingeniería civil, así como para trabajos de topografía, geología o minería.

Mediante estos programas, y a partir de las coordenadas de diversos puntos del terreno, el ordenador establece un modelo tridimensional del mismo, permitiendo, por tanto, obtener planos con curvas de nivel, obtener un dibujo en tres dimensiones, así como conocer el efecto sobre el terreno de cualquier obra de tierra que se efectúa, como una presa, una excavación, un vertedero, etc..

Junto con estos módulos de cartografía y modelación del terreno se encuentran otros de trazado. Mediante estos programas puede el usuario definir el trazado en planta y perfil longitudinal de acuerdo con varios métodos. El programa generalmente avisa en caso de solapes en los acuerdos o no cumplimiento de condiciones mínimas, proponiendo pequeñas variantes alternativas.

Con la información del terreno y del eje de la traza, estos programas obtienen automáticamente los perfiles transversales, de acuerdo con los taludes definidos previamente (suelen admitir varias capas del terreno con características geológicas distintas), definiendo los peraltes y la línea de pie de taludes. Permite la representación del conjunto terreno-trazado en perspectiva, lo que tiene un gran valor para la coordinación del trazado en planta y en perfil.

Lógicamente estos programas elaboran de forma automática de las cubicaciones de las distintas unidades de obra relativas al movimiento de tierras, superficie de taludes y diagramas de masas. Análogamente diseñan y cubican las distintas capas del firme.

La gran ventaja de estos programas es que el diseño es interactivo, pudiendo el usuario ver al instante el efecto que produce en el trazado o en las cubicaciones la modificación de cualquier dato.

1. GENERALIDADES	1
1.1. FORMATOS	1
1.2. ESCALAS.....	2
1.3. LÍNEAS, ACOTACIONES, ROTULACIÓN Y SIMBOLOGÍA.....	3
1.4. CAJETINES Y CUADROS EXPOSITIVOS	4
2. TIPOS Y CONTENIDO DE LOS PLANOS DE UN PROYECTO	6
3. ELABORACIÓN DE LOS PLANOS	9
4. EL DISEÑO Y DIBUJO DE PLANOS MEDIANTE ORDENADOR.....	10
4.1. PERIFÉRICOS BÁSICOS DE UN EQUIPO CAD	11
4.2. EL SOFTWARE GRÁFICO. APLICACIONES.....	12