

Capítulo 13 CROQUIZACIÓN

Como ya expusimos en los capítulos iniciales, los dibujos sirven como medio de transmisión de información, tanto para recibirla y entenderla como para comunicarla, y también cumplen otra misión fundamental que es la de auxiliar a la mente en la generación de los diseños ingenieriles. Un diseño es una solución particular que resuelve un problema. La misión del ingeniero consiste en que esta solución sea económica y efectivamente funcione. En ocasiones primará uno de los aspectos sobre el otro, mientras que en otros casos primará la rapidez, la durabilidad o incluso simplemente los medios de que se dispone. En cualquier caso el diseño es un proceso creativo en el que la solución -conociendo las propiedades de los materiales y elementos, su funcionamiento, características y todo lo que decimos compone la ingeniería- acaba siendo formal. Esto es, se concreta en unos elementos dispuestos de una forma determinada y con instrucciones claras de cómo montarlas o construir las.

Croquizar es plasmar gráficamente esta generación de un diseño teniendo en cuenta todas las propiedades y condicionantes sobre éste. Es la parte gráfica del proceso creativo y ayuda a esta generación. Es por tanto un proceso flexible, en el que se dibujan formas y elementos progresivamente más determinados y que se va corrigiendo y modificando conforme se van considerando diversos factores. En este proceso de croquización se busca que la forma satisfaga los requerimientos funcionales, económicos, estructurales, tecnológicos, de fabricación, comercialización, normalización, etc. El croquis es al plano lo que los apuntes al libro.

La función que se busca que cumpla un elemento condiciona la forma y de hecho cada uno de los requerimientos antes citados va configurando el diseño óptimo. Cada uno va determinando la forma en diferentes escalas y etapas del proyecto, aunque el proceso diste de ser perfectamente lineal y ordenado. Se parte de una primera forma funcional y se van detallando sus partes y componentes conforme se consideran estos aspectos. A la forma inicial funcional se le denomina *protoforma*. Esta se encuentra definida en una escala conceptual lejana, sin una definición concreta de sus detalles, materiales o construcción. Curiosamente es esta forma la que finalmente, cuando el proyecto se ha ejecutado, queda en la mente del observador. Todos recordamos la forma de la torre Eiffel, de un excavadora o de un televisor; y sin embargo en ellos han sido fundamentales infinidad de detalles, la forma y características de sus componentes, su montaje, etc.

Imaginemos, por ejemplo, que deseamos proteger una zona del viento. La intuición y el sentido común nos hacen idear dos planos en ángulo que parapeten la zona sin caerse. Aún no hemos pensado en materiales, instalación ni dimensiones. Realmente sólo hemos considerado unos elementales conocimientos sobre el viento y la estabilidad de dos hojas.

A partir de esto se van concretando las dimensiones, la construcción y los materiales de forma que el proceso resulte viable e idóneo. Por ejemplo el espesor de los muros vendrá determinado por la resistencia del material a la flexión, por la fuerza del viento y por la altura del parapeto. Dimensionada así completamente la forma y elegido el material queda preveer la forma de así montarlo o construirlo. En ocasiones nos encontramos con que el montaje resultaría dificultoso o imposible, lo cual obligará a retomar el diseño y volver a empezar con ideas más claras sobre posibles soluciones. La reconsideración sucesiva del diseño hace que este vaya mejorando en las sucesivas iteraciones.

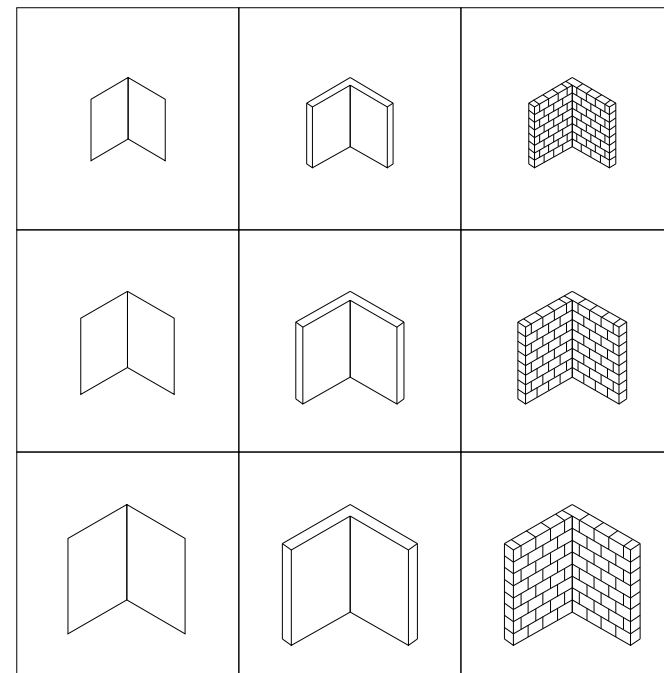


Figura 1

Hay que distinguir la escala conceptual del dibujo o croquis de la escala gráfica. Esta última es simplemente la relación de tamaños de los dibujado respecto de la realidad, mientras que la primera es la relación entre el concepto mostrado y la realidad, el grado de detalle mostrado. En la figura 1, cada columna es una escala conceptual mientras que cada fila es una escala gráfica.

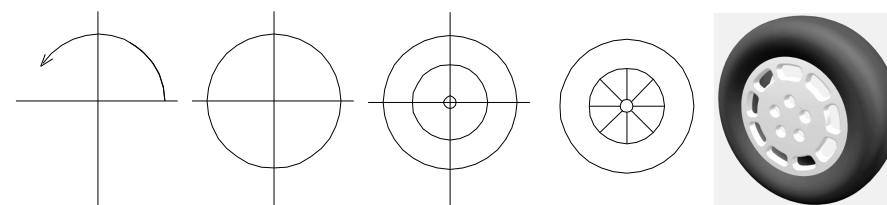


Figura 2

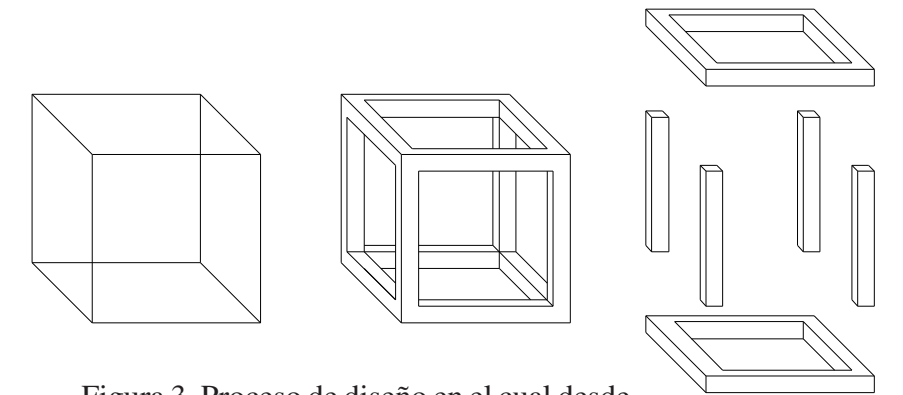


Figura 3. Proceso de diseño en el cual desde la forma inicial, se acaba concretando las piezas que se montarán para conseguirla. Por supuesto que las soluciones son múltiples. Este proceso es típico en cualquier diseño de máquinas, en que cada elemento va conformándose para la misión que le es encomendada.

La ventaja de realizar la croquización a mano alzada, con lápiz blando, es que permite conformar más libremente los objetos y no estar sujeto a la disciplina estricta de la línea recta. No obstante, también se puede -y en ocasiones hasta es obligado- croquizar haciendo uso de instrumentos gráficos, incluso el CAD en ordenador. Estas modernas herramientas CAD permiten establecer criterios muy potentes en la generación de las formas puesto que permiten variar todo en función de parámetros. Especialmente potentes en este sentido son los programas que hacen uso de descripciones paramétricas, puesto que en función de un conjunto mínimo de dimensiones o parámetros conforman todo el conjunto. Uno puede así variar el diámetro de una unión roscada sin más que variar un número, sin necesidad de dibujar todo de nuevo. Esto hace que la croquización con CAD aunque inicialmente lleve más trabajo que con lápiz, a la postre sea más eficaz por la facilidad de corrección y la simultaneidad de las escalas conceptuales que el ordenador es capaz de manejar.

La geometría es en este sentido una herramienta esencial en el diseño de los elementos móviles, por cuanto su función -recorridos y velocidades- impone su forma. El propio movimiento impone ciertas simetrías que determinan la forma global de la máquina. Pensemos por ejemplo en el sencillo caso de la rueda, en el que la simetría circular viene forzada por la esencia del movimiento que se pretende. Sería poco eficiente un diseño de rueda no circular si lo que se pretende en la uniformidad de la marcha y la permanencia en la misma altura del eje.

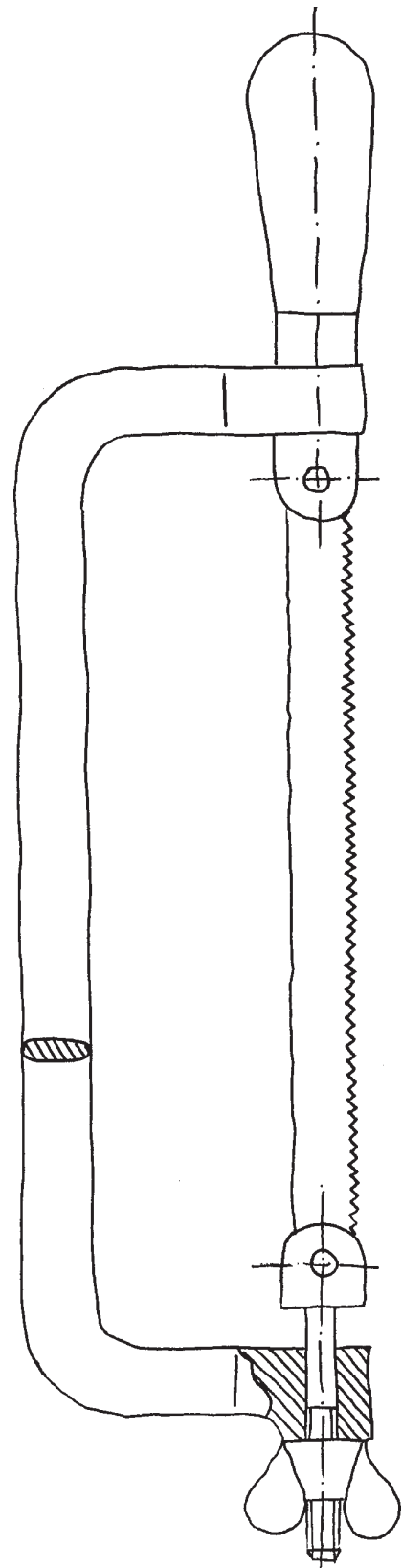


Figura 4. Dibujo realizado a mano alzada. No necesariamente un dibujo realizado a mano alzada es un croquis como ensayo de diseño sujeto a modificaciones, aunque sí en el sentido de apunte tomado quizá del modelo real. La ventaja del trazado manual es la posibilidad de salirse de las formas rectas sin demasiadas dificultades.

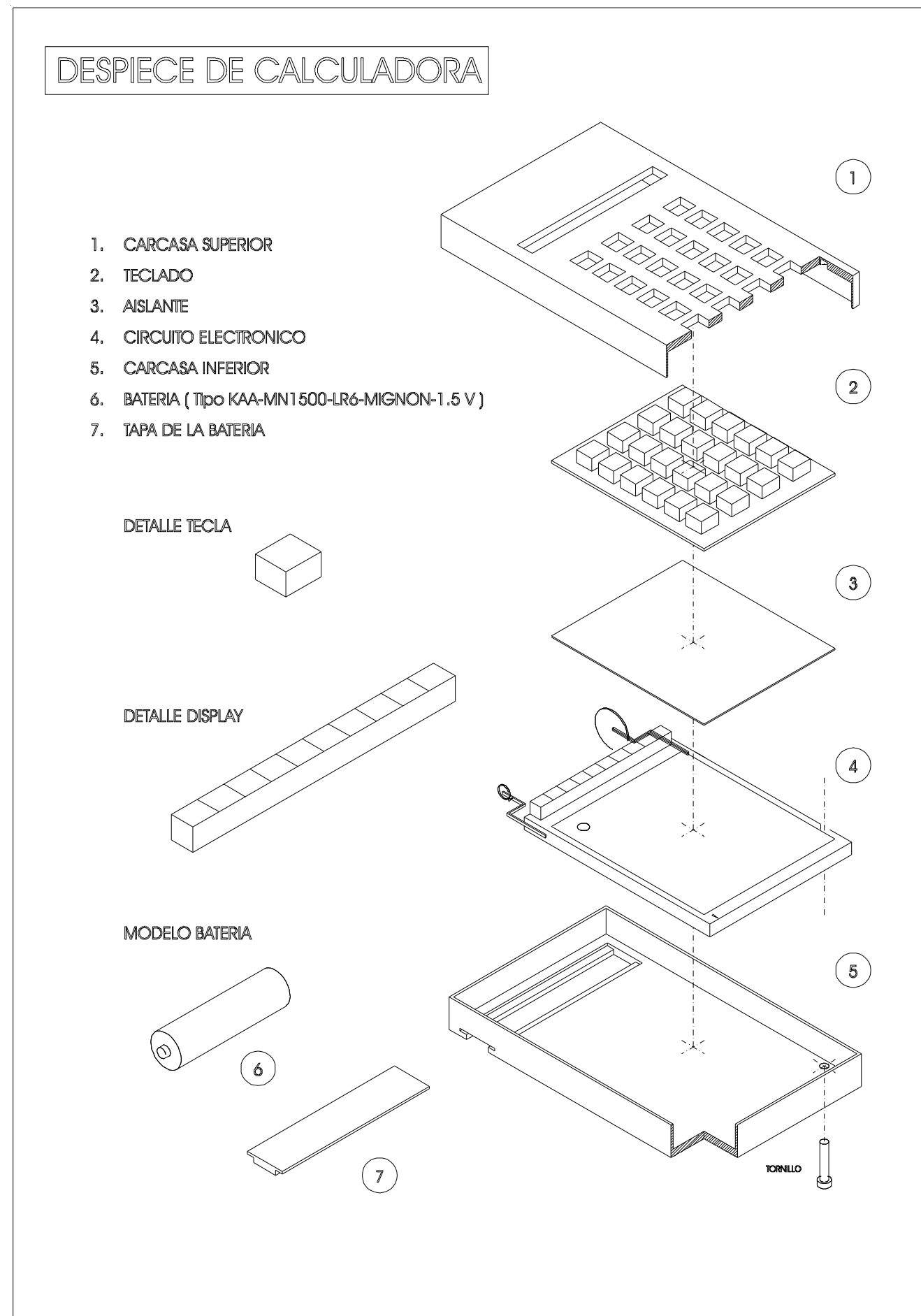


Figura 5. Podemos incluir en la categoría de croquis aquellos dibujos -independientemente de su ejecución- que explican o construyen diseños concretos. En este sentido un dibujo de explosionado sería un croquis puesto que muestra cómo está formado el interior de un sistema y explica su funcionamiento. Nótese que en el ejemplo mostrado se prescindir de detalles esenciales para la fabricación pero no para explicar este interior. por ejemplo no se muestra la forma de conectar el teclado con el circuito electrónico. De hecho no se muestra ningún detalle de este circuito electrónico. Lo que sí se definen son las formas, el espacio en que se aloja la batería y el rollo de papel, el hueco que deja la carcasa para el paso de la pila y la tapa para los botones y la pantalla de visualización, etc. Faltan muchos detalles pero estos se concretarán en otras fases conceptuales, estudiándolos por separado. De alguna forma dividimos así el problema en partes más pequeñas de las cuales hemos así definido sus condicionantes geométricos.

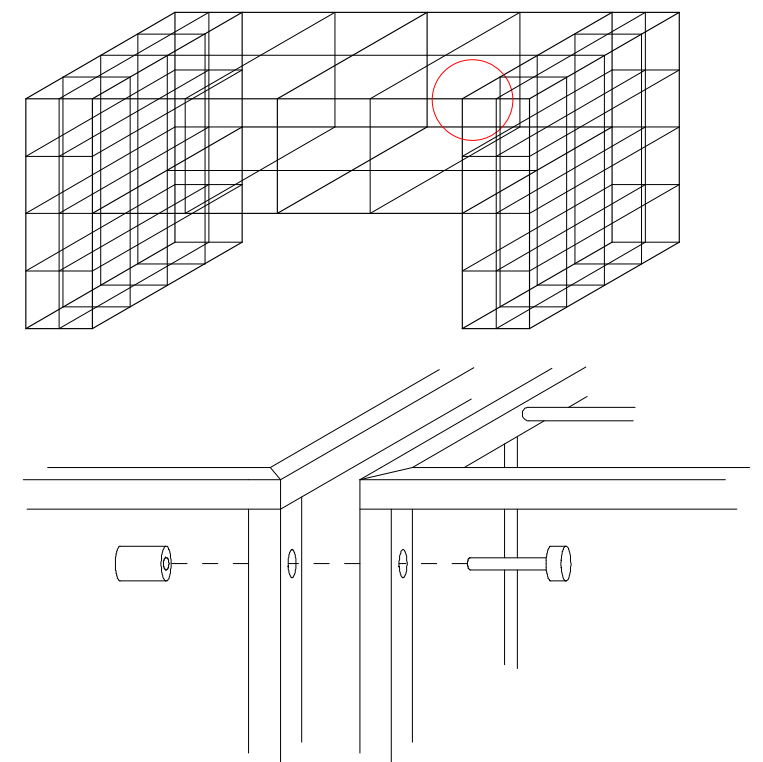
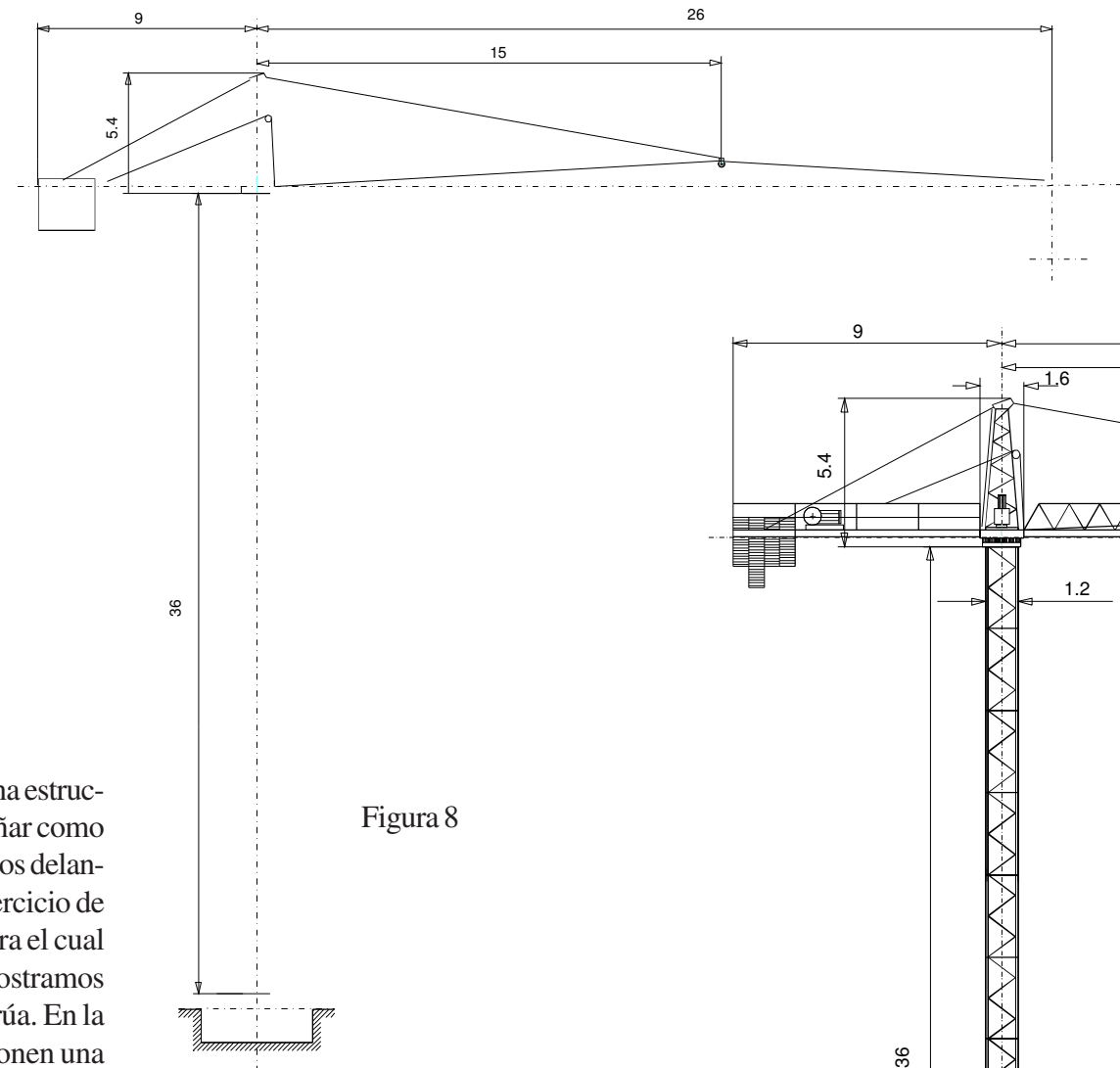


Figura 6. La concreción de un diseño se realiza en sucesivas fases que resuelven los problemas de cada escala conceptual. En una estructura primero es la forma global, luego las barras o elementos y su forma de colocarlos y finalmente los detalles de las uniones.

Figura 7



Cualquier conjunto o sistema realizado por el hombre tiene una estructura en torno de la cual se articula toda ella. De hecho, tanto al diseñar como simplemente cuando queremos representar una máquina que tenemos delante, lo primero que debemos dibujar es esta estructura. Esto es un ejercicio de abstracción que se aprende con la práctica y la experiencia pero para el cual es fundamental el conocimiento de las simetrías y la geometría. Mostramos en la serie de figuras 7, 8 y 9 este proceso constructivo para una grúa. En la figura 7 se muestra como los condicionantes funcionales nos imponen una estructura en torno de dos rectas principales vertical y horizontal. En torno de la vertical es necesario el giro de la horizontal por lo que habrá que prever esta simetría de rotación.

Una vez establecida la estructura formal, en la figura 8 se concretan las dimensiones según las necesidades. Aún no hemos pensado en qué va a haber en esas líneas inmatriciales que tenemos trazadas, ni cómo lo vamos a construir, ni qué materiales emplearemos; pero lo que sí hemos determinado es la estructura geométrica y dimensional fundamental de la máquina. Ya están definidas las cotas de posición y de forma general.

Figura 8

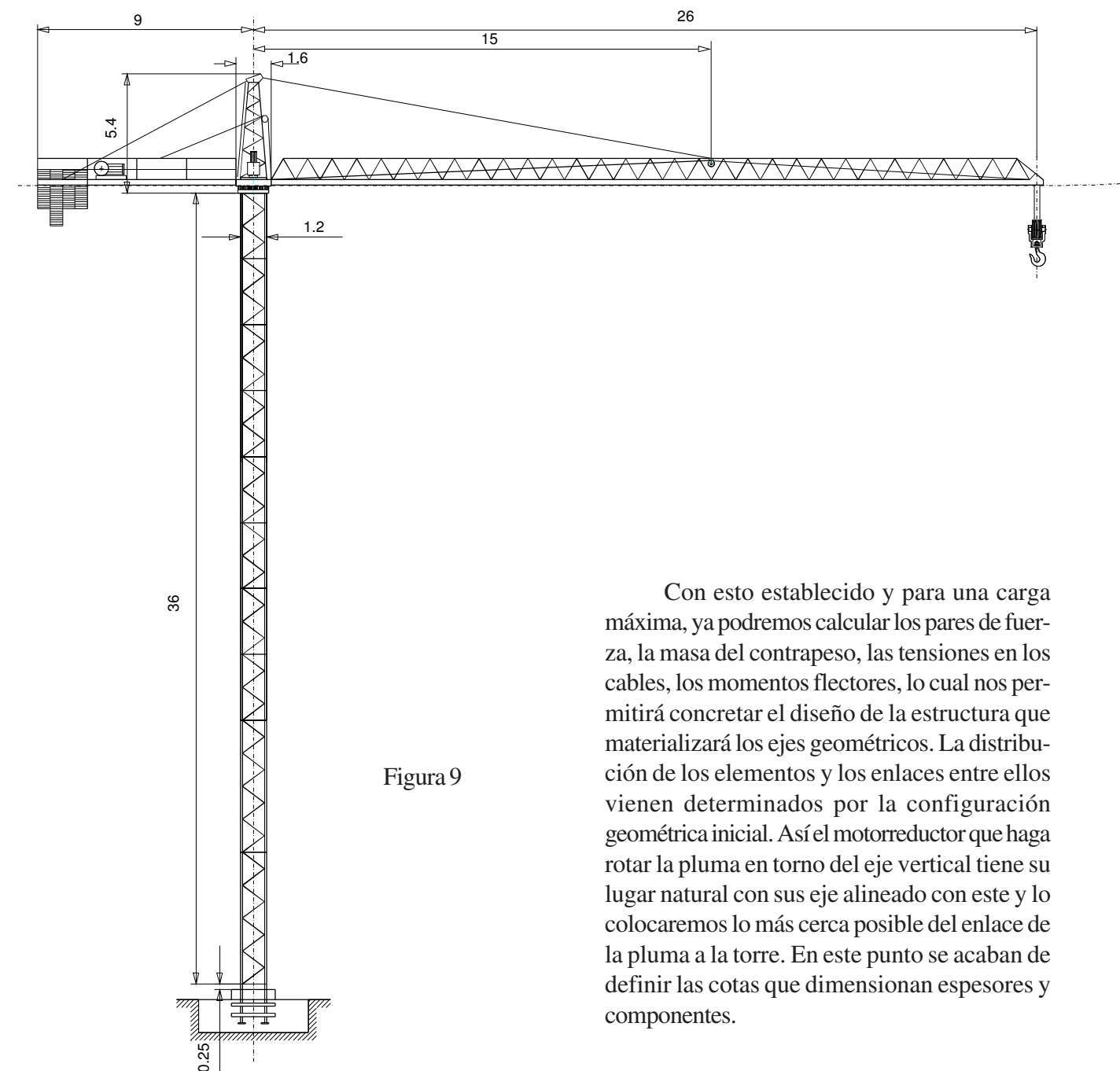


Figura 9

Con esto establecido y para una carga máxima, ya podremos calcular los pares de fuerza, la masa del contrapeso, las tensiones en los cables, los momentos flectores, lo cual nos permitirá concretar el diseño de la estructura que materializará los ejes geométricos. La distribución de los elementos y los enlaces entre ellos vienen determinados por la configuración geométrica inicial. Así el motorreductor que haga rotar la pluma en torno del eje vertical tiene su lugar natural con sus eje alineado con este y lo colocaremos lo más cerca posible del enlace de la pluma a la torre. En este punto se acaban de definir las cotas que dimensionan espesores y componentes.

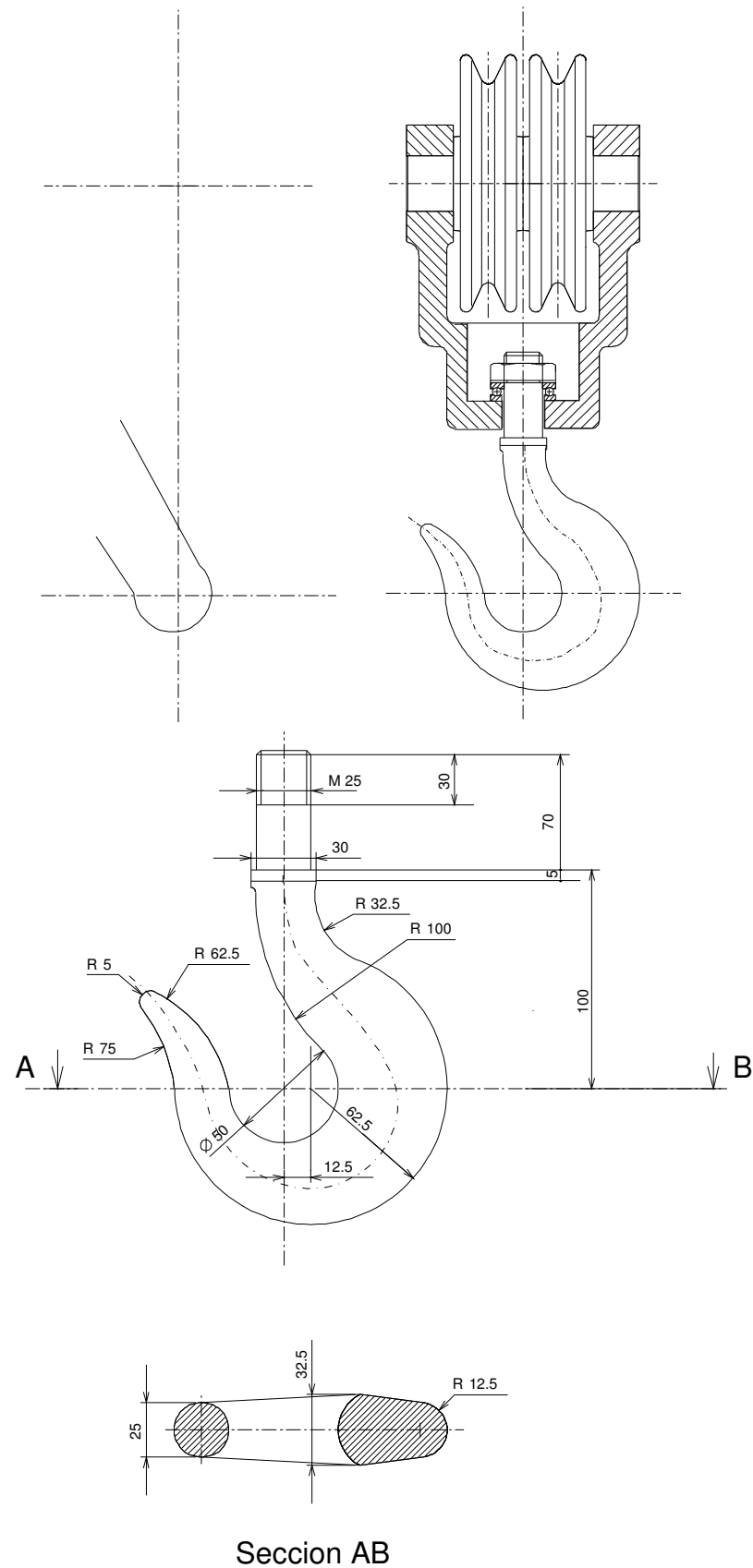


Figura 10. Generación por deformación continua de una forma. Después de definir las especificaciones geométricas fundamentales resulta obligada para el gancho una forma modelada en continuo, independientemente de la forma en que finalmente se fabrique.

No sólo las máquinas tienen una composición geométrica interna sino que también los propios elementos tienen una forma interna ordenada no caprichosa ni aleatoria. A partir de las formas elementales o de las simetrías y movimientos se pueden generar las formas de las piezas y elementos. De hecho, las formas elementales: esfera, cilindro, poliedros y pirámides surgen como consecuencia de la aplicación o composición de simetrías y formas.

Operaciones básicas de adición, sustracción e intersección, que en algunos casos coinciden con las operaciones de fabricación -aunque en otros no- pueden aplicarse para combinar formas elementales y construir la forma de la pieza deseada. En otras ocasiones las formas se van moldeando, curvando o plegando y la forma resultante guarda un simple halo de la inicial que tenía. La acotación de estas piezas es compleja puesto que existen infinitas posibilidades de variación entre una forma y otra. Este problema sin embargo se resuelve aceptablemente gracias a la incorporación a los programas CAD de las curvas paramétricas del tipo Bézier o flexibles. Estas curvas permiten unir formas de manera suave, conservando tangencias y continuidades y a la vez permitiendo la definición completa de cada forma intermedia. En definitiva se emplean unos pocos parámetros y no una cantidad infinita. Se renuncia a la infinita variedad de maneras de transitar de una forma a otra y se elige sólo una variedad menor pero esto no parece muy grave teniendo en cuenta que siempre intentamos que las transiciones sean suaves por lo menos en los dos primeros órdenes de la función.

Figura 11. Transición continua de una forma a otra. Los métodos de fabricación por deformación plástica efectúan transformaciones similares a estas: trefilados, laminaciones, extrusiones, estampados y plegados.

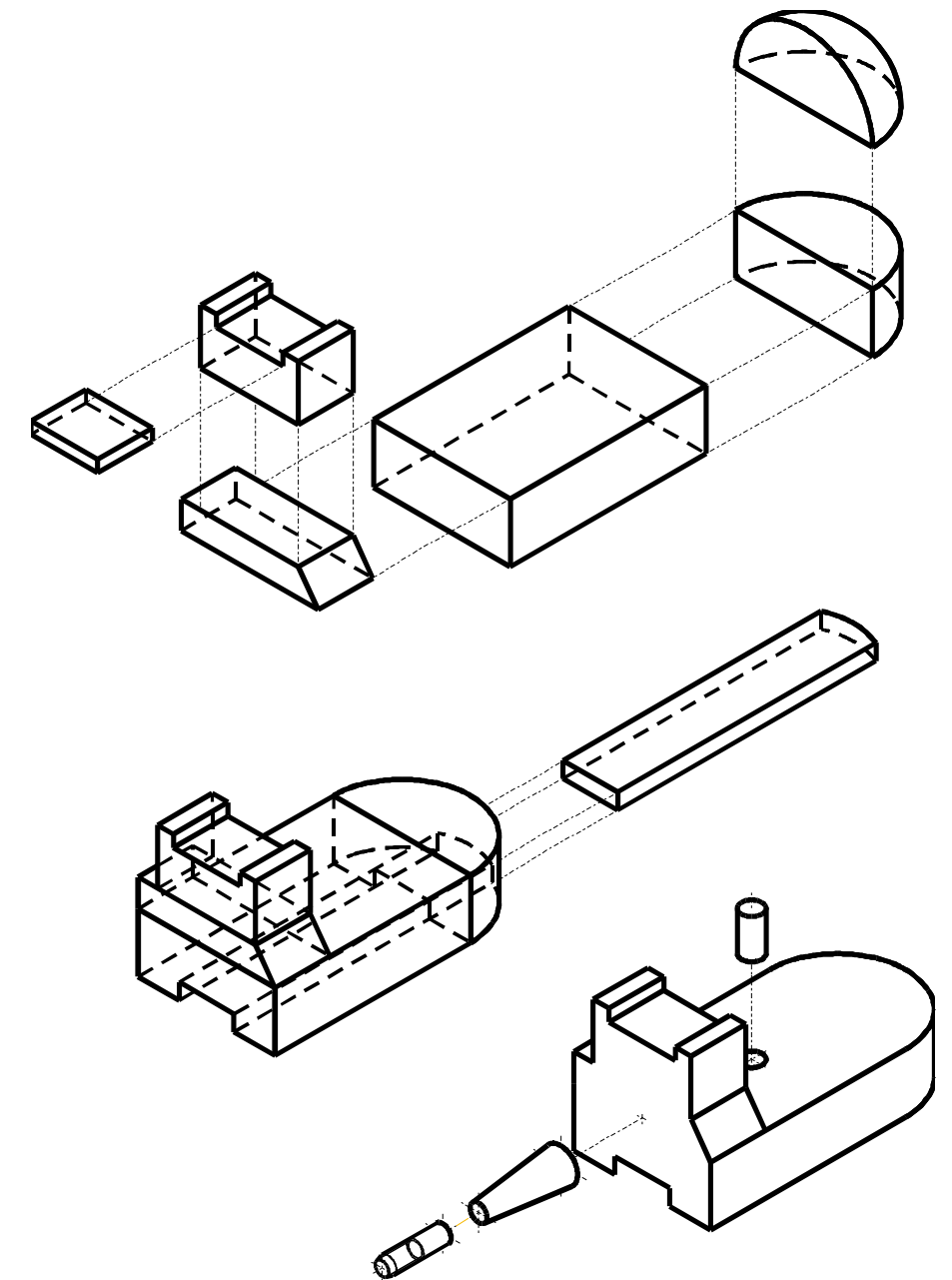
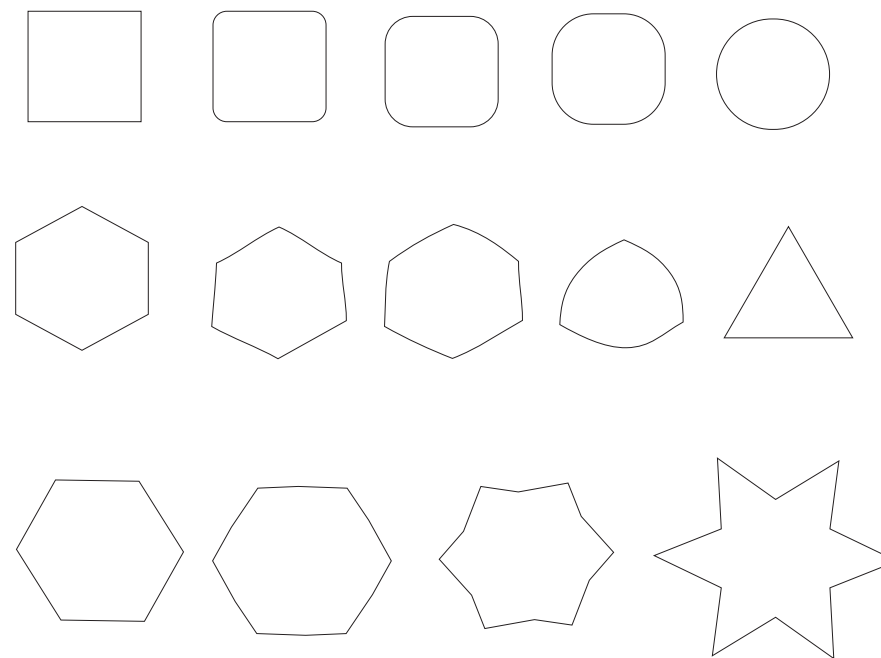


Figura 12. Composición mediante operaciones elementales de la forma de una pieza. El análisis formal permite determinar los parámetros que intervienen en la definición de una pieza y por tanto de las cotas que deben especificarse. Se reduce así el problema a otros más simples. Todos sabemos que para definir, por ejemplo, una esfera basta el diámetro o el radio, para definir un cilindro su diámetro y su altura, etc. Todas estas cotas habrá que definir las, teniendo en cuenta ciertas peculiaridades de sentido común. Por ejemplo: si la unión entre un cuarto de esfera y un semicilindro se hace de forma que sean tangentes, esto sólo puede lograrse si sus diámetros coinciden y basta definir uno de ellos. La especificación de la condición de «tangencia» o, si se prefiere, de ausencia de aristas; nos permite prescindir de definir uno de los diámetros. Por otro lado cuando taladramos eliminando un cilindro de material, podemos decir que restamos este de la pieza. Basta definir su diámetro puesto que su altura será el espesor de la pieza taladrada.

Como indicación práctica para la representación de máquinas, conjuntos y piezas, podemos decir que no solamente hay que seguir un proceso de composición de las formas y de separación de elementos en sus diferentes escalas conceptuales sino que, además, hay que desentrañar y comprender el funcionamiento del conjunto. Se debe escrudiñar la misión de cada pieza, el porqué de las uniones empleadas y los enlaces utilizados. Esta comprensión simultánea del funcionamiento y de la distribución permite deducir en numerosas ocasiones qué formas son posibles y qué formas son imposibles. Con frecuencia el alumno se encontrará con que ensaya posibles soluciones que finalmente se demuestran imposibles: máquinas que no pueden moverse, piezas móviles cuyo movimiento se ve impedido por las demás, pasadores mayores que los orificios por los que deben penetrar, etc.

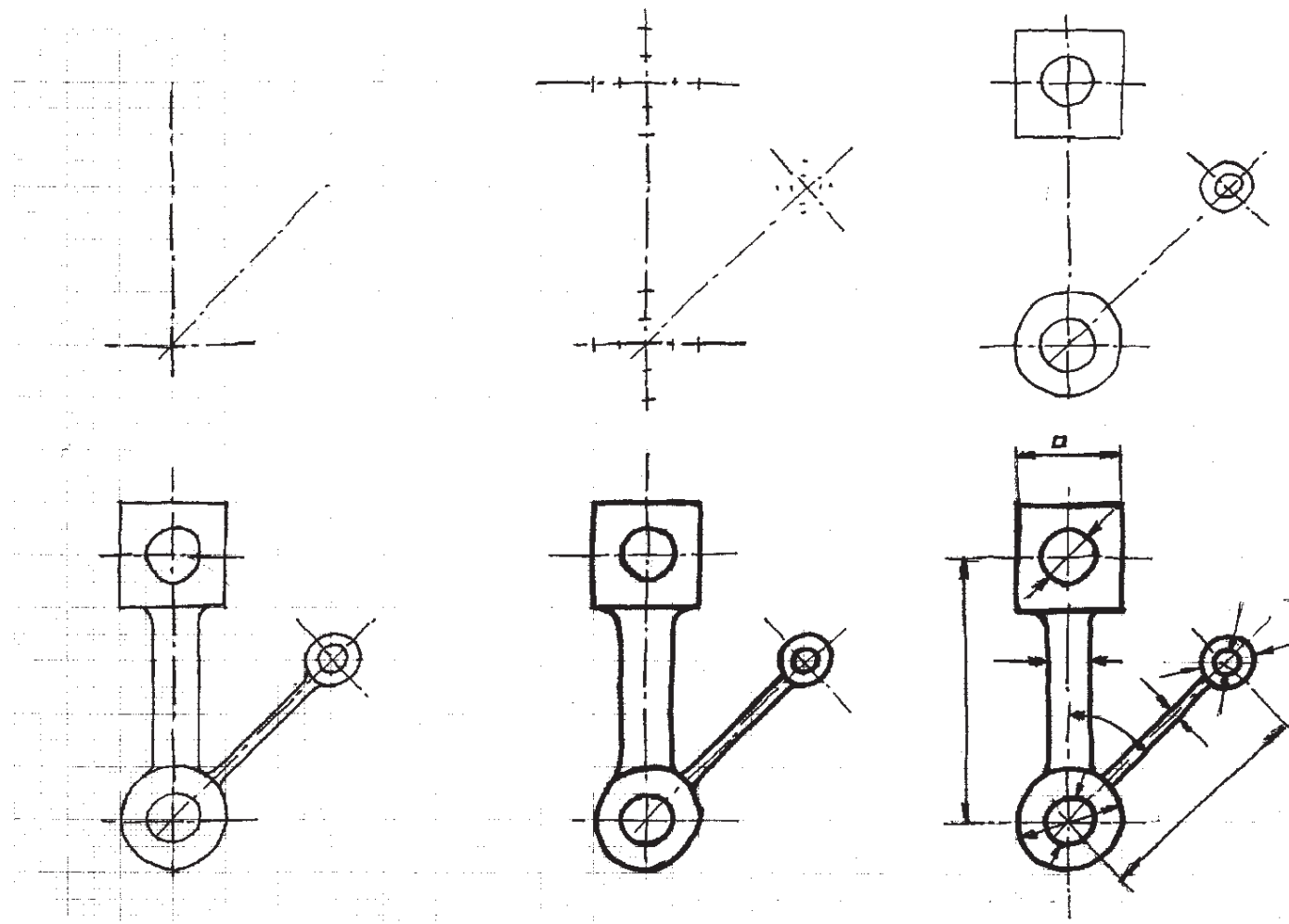
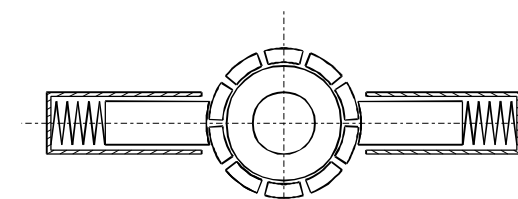
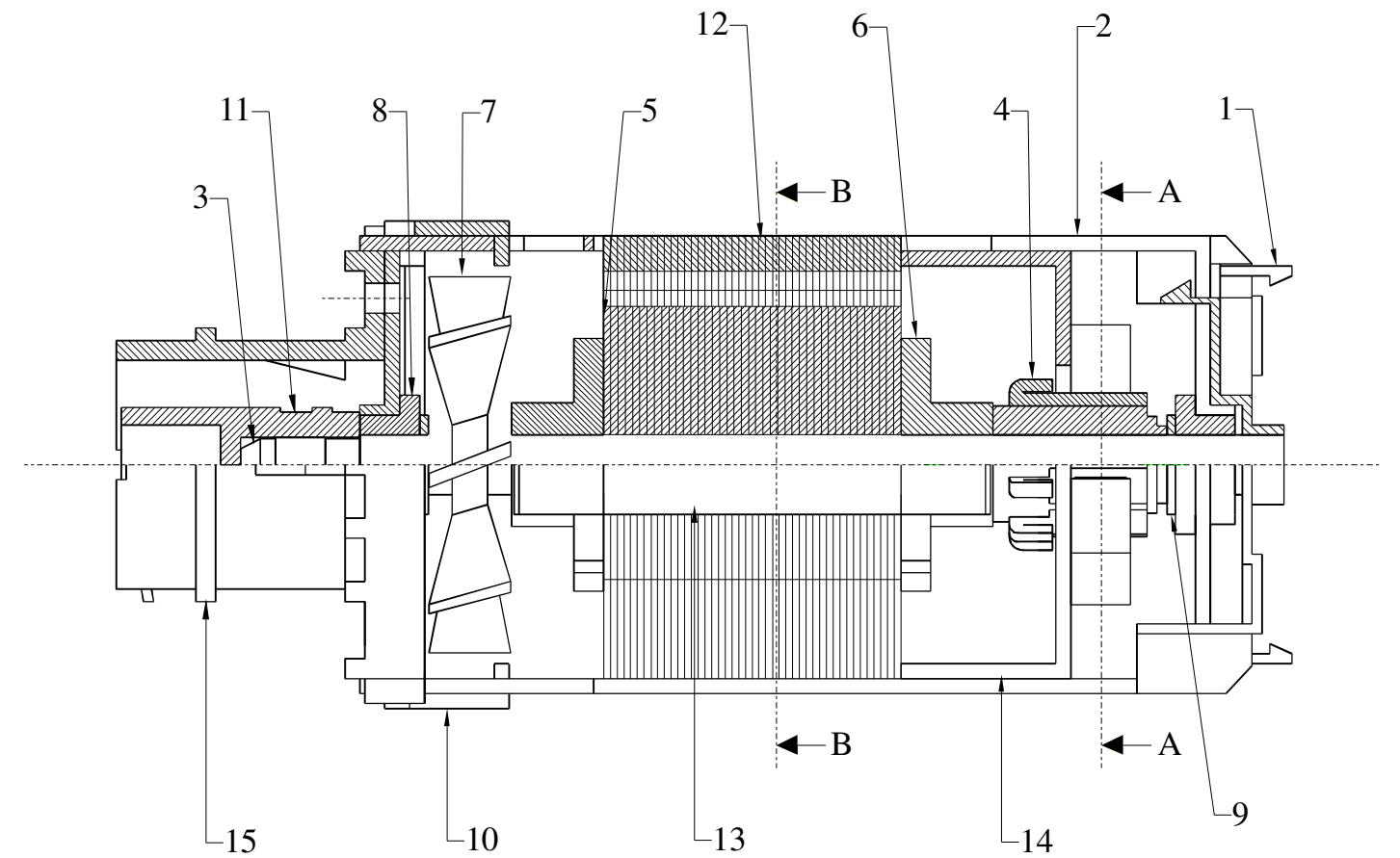
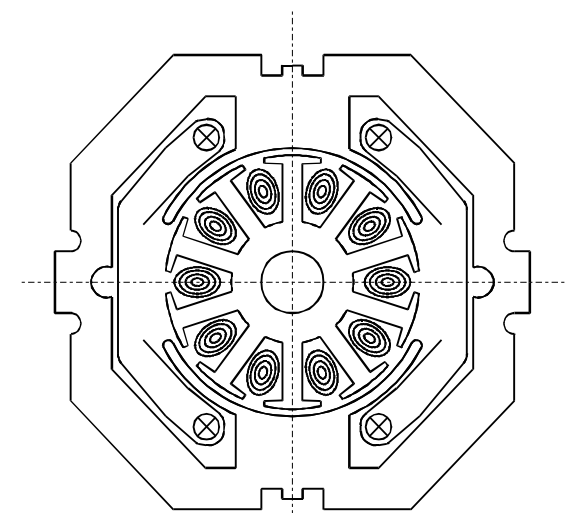


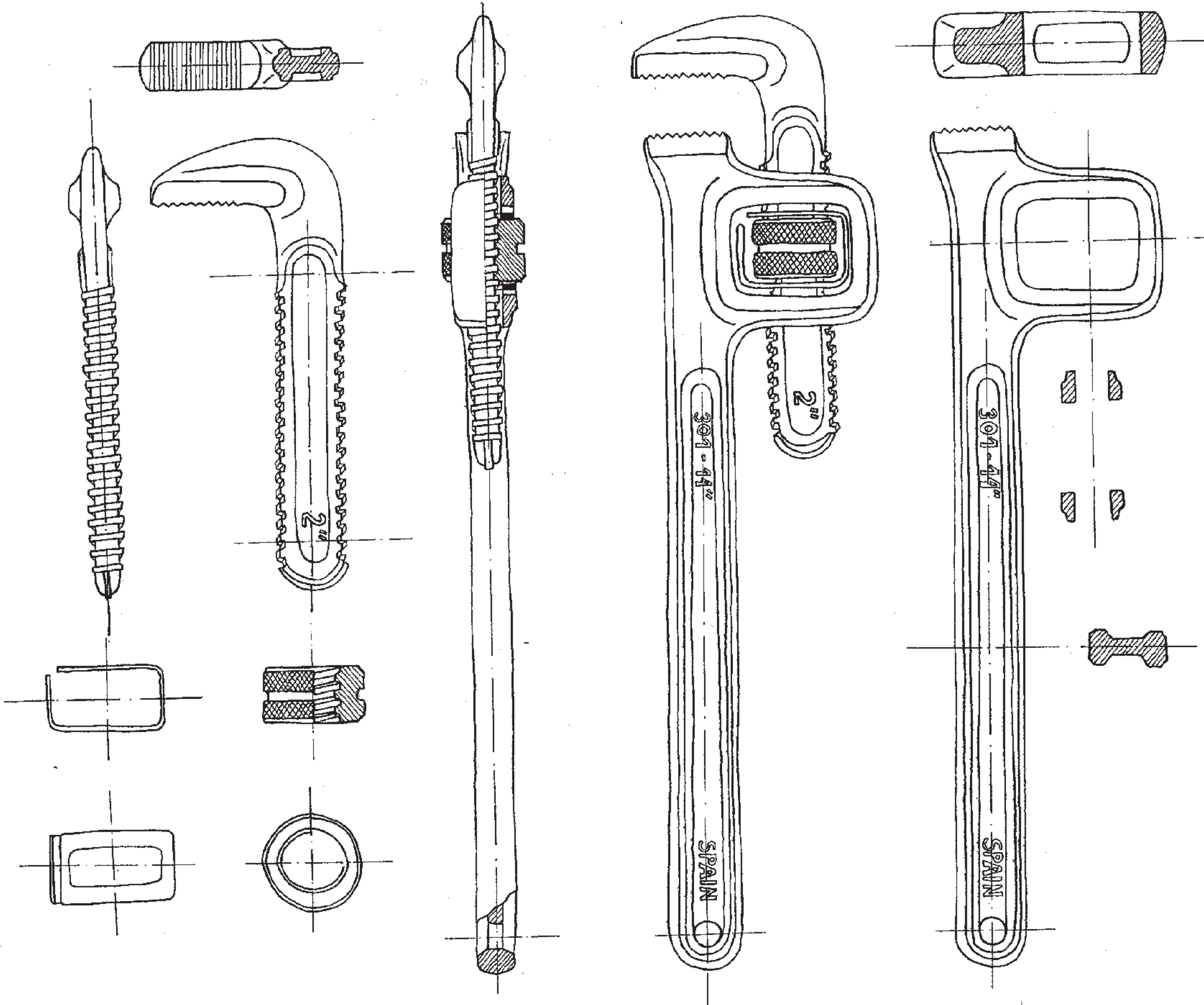
Figura 13 Se compone una pieza comenzando por el análisis de su distribución formal y las distancias a las que se encuentran los nodos significativos o funcionales, especialmente los de enlace con otras piezas. A continuación se conforman los elementos encargados de estas uniones y se materializa los enlaces mutuos. Se terminan de conformar y perfeccionar los diferentes elementos haciendo simultáneamente el análisis de la viabilidad de la pieza: ¿funcionaría con esta forma la pieza? Finalmente se terminan de definir los tamaños y distancias. Realmente la definición de las cotas de forma que afectan al esqueleto se ha realizado en las primeras fases y en la última queda realizar únicamente las que afectan a la escala conceptual del detalle final.



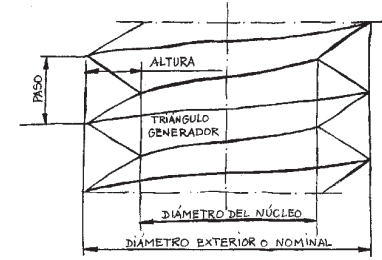
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:1



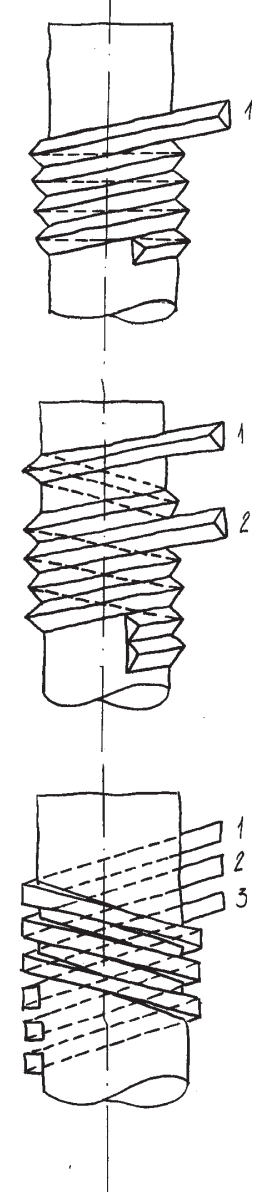
SECCIÓN B-B
ESCALA 1:1

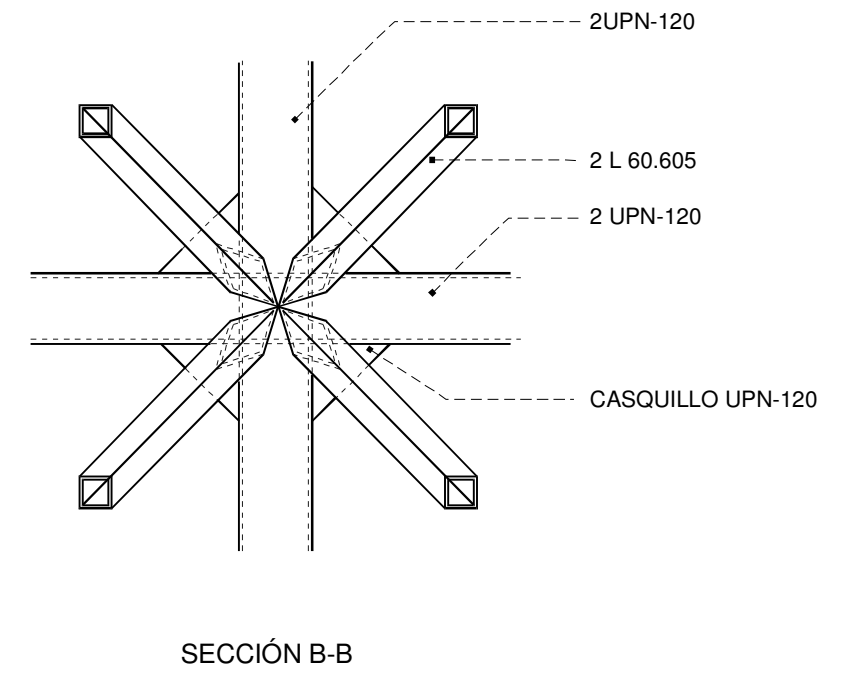
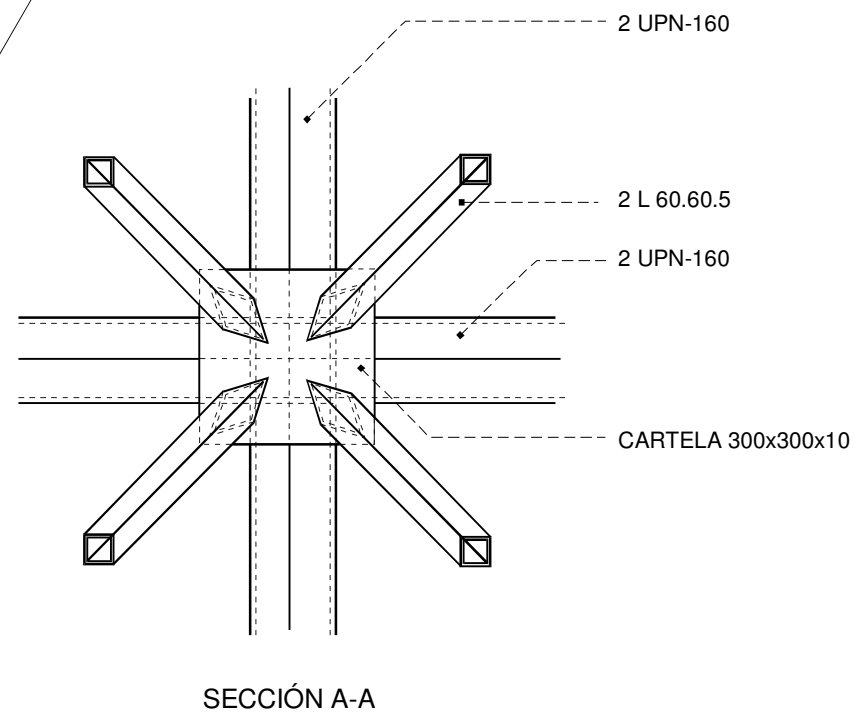
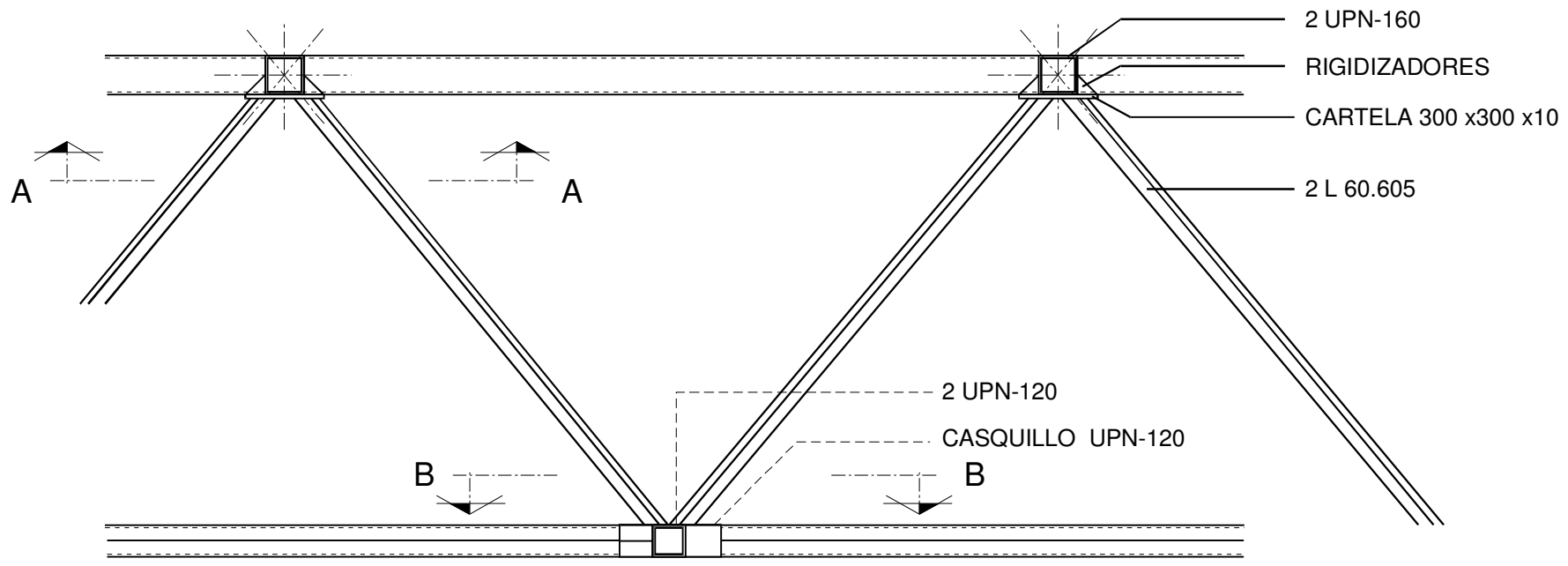
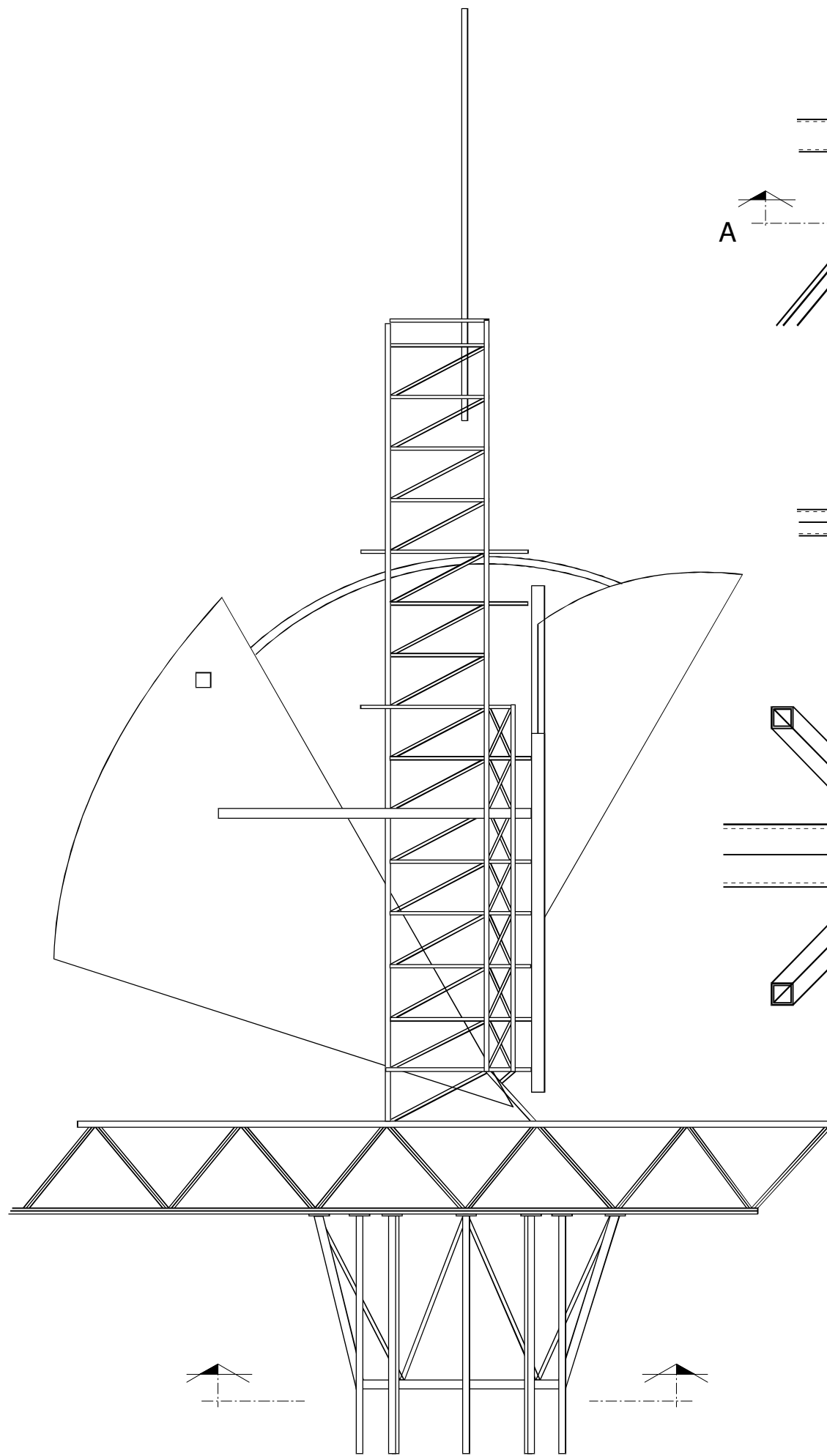


Cróquis de una llave de grifa. Obsérvese cómo el mismo dibujo podría ser creado por alguien que quiera entender el funcionamiento del conjunto o quiera comunicarlo o incluso por aquel que pretende crearlo, diseñarlo.

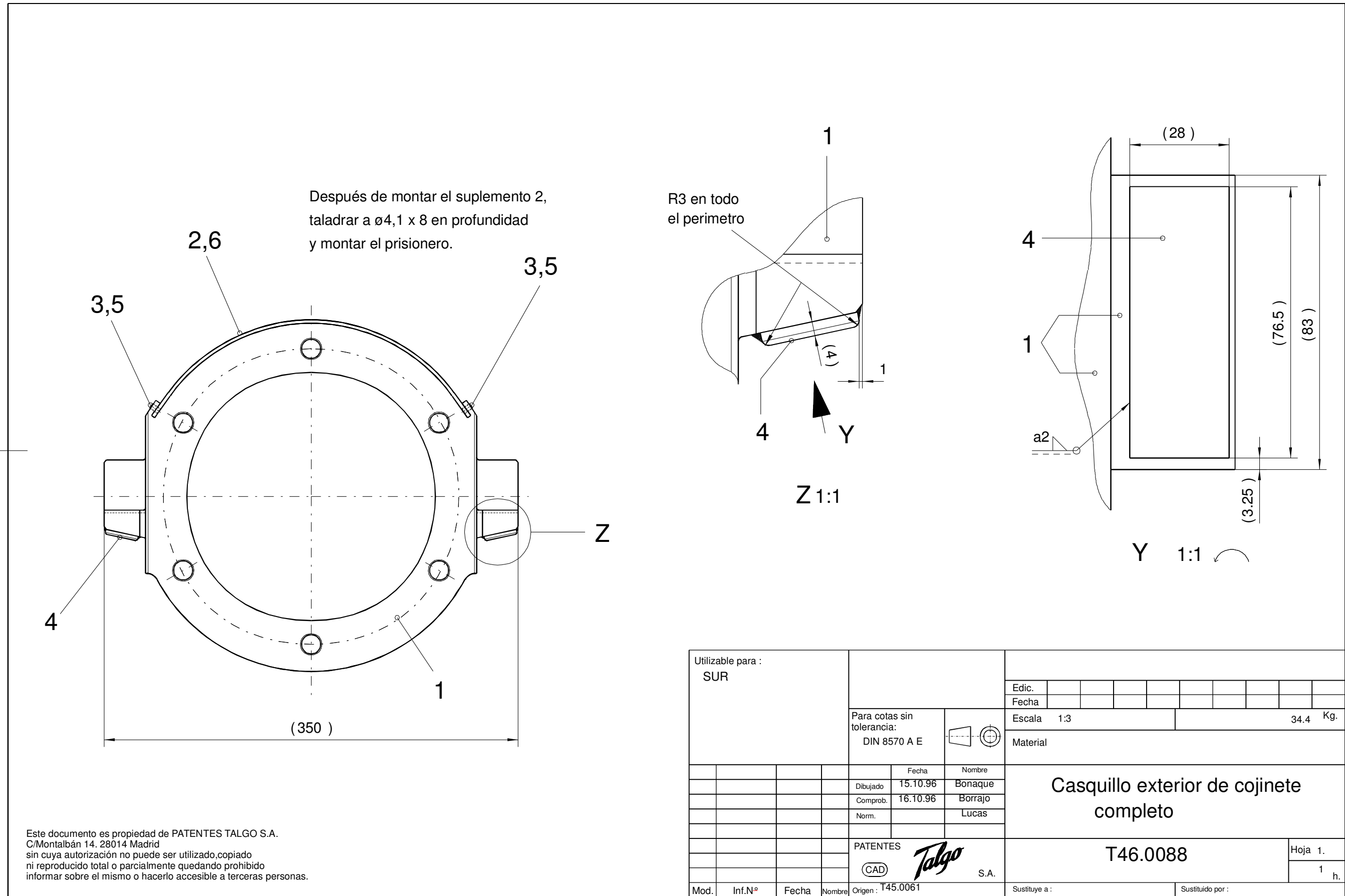


Cróquis explicativo de la nomenclatura de una rosca y cróquis explicativo del número de hilos que puede tener. Como se ve se abstrae de lo innecesario para, con el mínimo de elementos materiales se entienda el mensaje que se pretende transmitir.






Fecha: 12-09-97	Dibujado por:	Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Carlos III de Madrid	
<i>EXPRESIÓN GRÁFICA</i>			
Escala: 1 : 25	ESTRUCTURAS METÁLICAS		Plano: 12



Este documento es propiedad de PATENTES TALGO S.A.
 C/Montalbán 14. 28014 Madrid
 sin cuya autorización no puede ser utilizado, copiado
 ni reproducido total o parcialmente quedando prohibido
 informar sobre el mismo o hacerlo accesible a terceras personas.

Utilizable para : SUR		Edic.		Fecha		Escala 1:3		34.4 Kg.	
Para cotas sin tolerancia: DIN 8570 A E		Material		Dibujado 15.10.96 Bonaque		Comprob. 16.10.96 Borrajo		Norm. Lucas	
PATENTES  S.A.		T46.0088		Hoja 1.		1 h.			
Mod.	Inf.Nº	Fecha	Nombre	Origen: T45.0061	Sustituye a :	Sustituido por :			

Ejemplo de acotación de pieza. Plano cortesía de Patentes Talgo S.A. Es propiedad de Patentes talgo, S.A. sin cuya autorización no puede ser utilizado, copiado ni reproducido total ni parcialmente.