

JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ CASARES

*CONSTRUCCIÓN GEOMÉTRICA DE CUBIERTAS*

*Geometrical roof construction*

## INTRODUCCIÓN

La resolución de cubiertas (fundamentalmente inclinadas) no debería de plantear mayor dificultad al tratarse, generalmente, de intersección de superficies básicas como planos, conos y esferas. Aún así existen ciertas reglas y técnicas que pueden facilitarnos tanto su trazado como su organización.

Este trabajo aspira ser una herramienta útil tanto para el aprendizaje del alumno como recordatorio para profesionales de la arquitectura y la construcción. Con este fin se han propuesto una serie de ejercicios similares a los que se proponen desde las Escuelas Técnicas en las asignaturas de Geometría Descriptiva o Construcción Arquitectónica.

Dentro de la parte correspondiente a la resolución geométrica se ha incluido una introducción con los conceptos básicos del sistema de representación de Planos Acotados, necesarios para abordar el posterior estudio.

## ACOTADOS

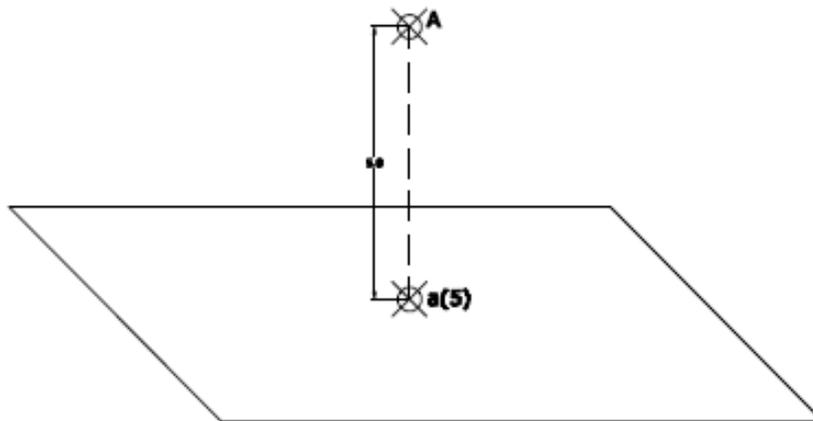
El sistema de planos acotados se usa fundamentalmente cuando proporcionalmente una de las dimensiones del objeto es mucho menor que las otras 2. Esto ocurre por ejemplo en el dibujo de terrenos o en el de cubiertas.

El sistema se basa en la proyección sobre un plano horizontal de proyección, indicando numéricamente las cotas de los puntos del objeto entre paréntesis.

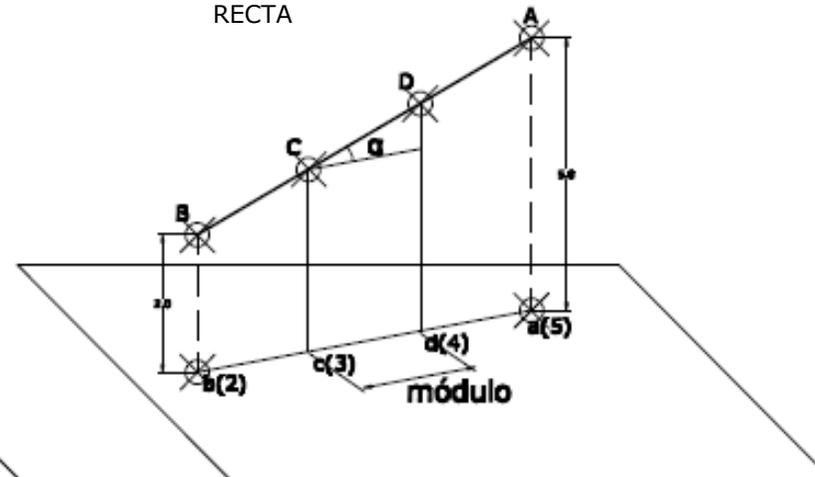
En general, se prefiere la indicación de las cotas enteras cada metro para la resolución de cubiertas.

Representación de elementos básicos.

PUNTO



RECTA



La recta se representa por dos o más puntos. La distancia en proyección entre dos puntos de cota consecutiva se denomina módulo o intervalo, y depende EXCLUSIVAMENTE de la pendiente.

La relación fundamental entre pendiente y módulo es:  $Pd = 1/\text{módulo}$

La pendiente puede venir expresada de diferentes formas y tendremos que obtener el módulo a partir de ellas. Esta obtención se puede hacer analíticamente o gráficamente, pasamos a describir ambas opciones con diferentes ejemplos.

Pendiente

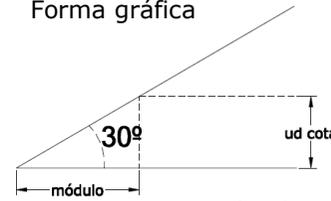
Forma analítica

Forma gráfica

Ángulo

Ej: 30°

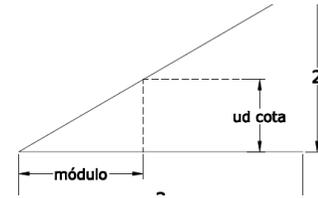
Módulo =  $1 / \text{tg } \alpha$



Fracción

Ej: 2/3

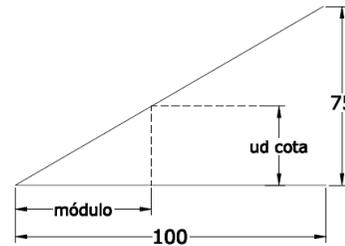
Módulo =  $3 / 2$



Porcentaje

Ej: 75%

Módulo =  $100 / 75$



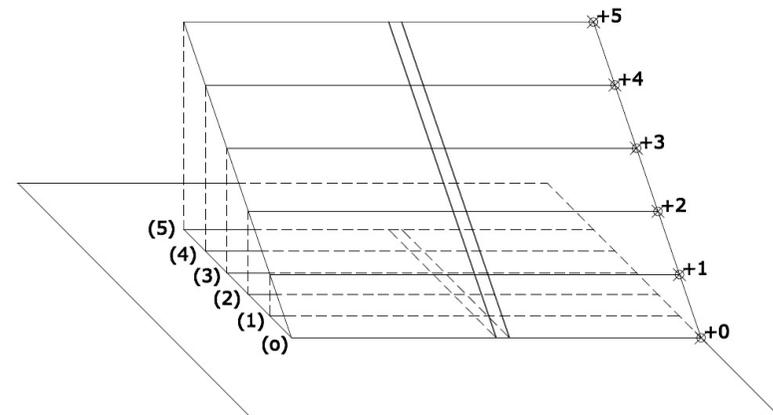
El **módulo** depende exclusivamente de la **pendiente** y de la **unidad de cota** considerada.

Para cada pendiente y unidad de cota el módulo es siempre el mismo, esa medida del módulo tendrá la misma unidad que la unidad de cota escogida (metros, centímetros etc...). El módulo habrá que representarlo a escala, por eso a diferentes escalas el módulo se dibujará con diferentes longitudes (de igual manera que un metro es siempre un metro, pero lo representamos más grande o pequeño en función de la escala del dibujo).

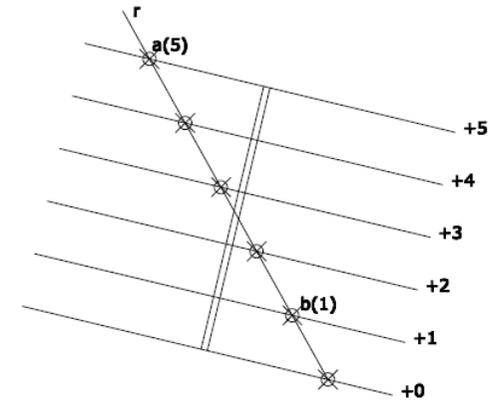
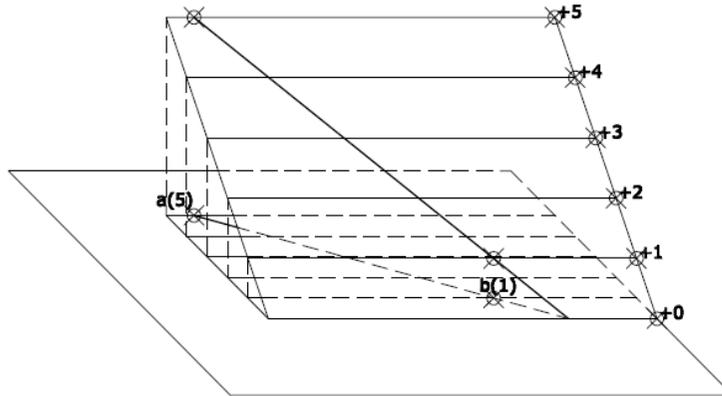
## PLANOS

El plano se representa por sus horizontales de cota entera, o por una de sus rectas de máxima pendiente (indicada con doble línea) que se proyecta siempre perpendicular a las horizontales.

La separación entre las líneas horizontales coincidirá con el módulo de la recta de máxima pendiente.

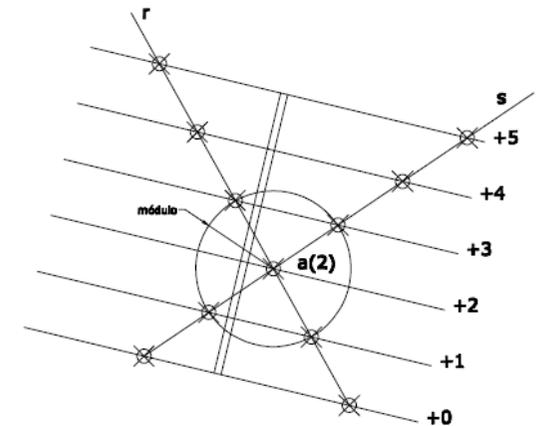


Una recta está contenida en un plano si dos de sus puntos están contenido en el plano (tienen igual cota que el plano).

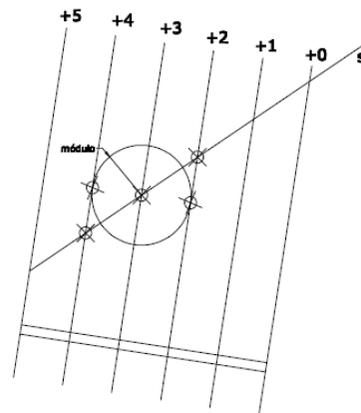
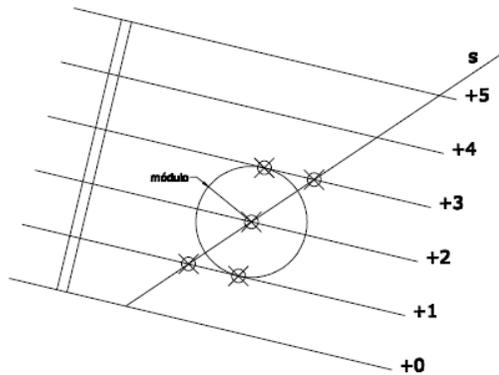


- Situar una recta en un plano: De la recta se conoce su pendiente y que pasas por un punto A del plano

Se halla el módulo de la recta y se traza la circunferencia de radio el módulo y centro en a (cota). Los puntos de intersección de esta con las líneas de nivel de una unidad superior e inferior (cota+1, cota-1) pertenecen a la recta buscada, existiendo dos soluciones posibles, identificadas como R y S, en el ejemplo.



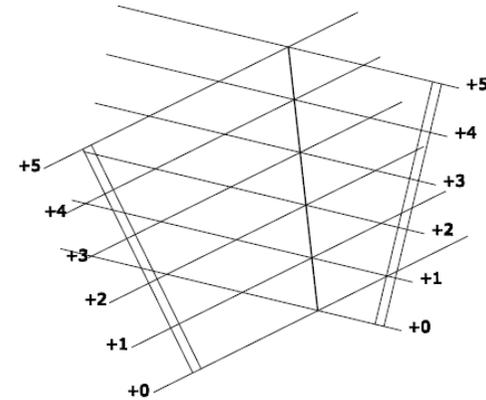
- Hallar un plano que contenga una recta: Del plano se conoce la pendiente.



El plano se halla trazando las tangentes a la circunferencia de radio el módulo del plano y centro en un punto de cota entera de la recta, desde los puntos de cota anterior y siguiente. Estas tangentes son horizontales del plano. Existen dos posibilidades ya que desde un punto se pueden hacer dos tangentes a una circunferencia.

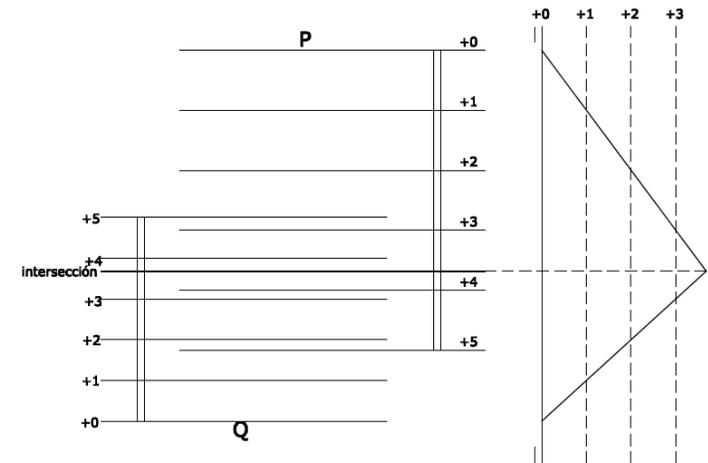
- Intersección de planos:

En el caso general la intersección de dos planos es una recta que pasa por los puntos de intersección de las horizontales de cota entera de los planos.



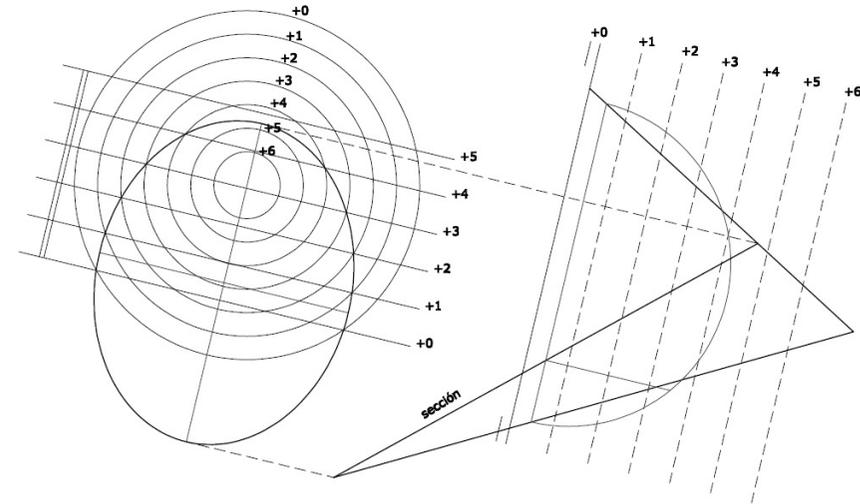
En el caso de planos con las líneas horizontales paralelas, nos auxiliamos de un cambio de plano vertical, con nueva línea de tierra perpendicular a las horizontales, así los planos quedarán "de canto" y la intersección se obtendrá directamente. La intersección entre estos dos planos será una paralela a las horizontales de los planos, por ser ella una horizontal también.

NOTA: En planta se utiliza el módulo (que es diferente para cada pendiente) pero en alzado estamos representando las cotas (alturas) que son las mismas para todos.

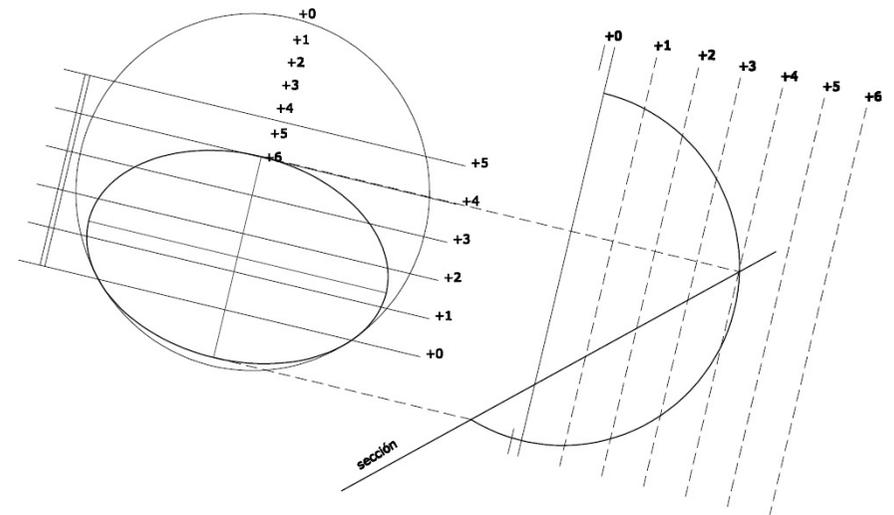


- Intersección plano cono/esfera: Esta intersección se da en cubiertas o plataformas con bordes curvos y pendiente constante (un cono)

La intersección de un plano con un cono es una cónica. Si el plano secciona completamente al cono, la sección será de tipo elíptica. Para poder hallar los ejes de la cónica, deberemos de obtener el alzado perpendicular a las horizontales del plano para que este, quede "de canto".



La sección de un plano a una esfera es una circunferencia, que si está sobre un plano inclinado, se deformará en una elipse de eje mayor igual al diámetro de la circunferencia sección.



## CUBIERTAS TERMINOLOGÍA

**Faldones:** son las superficies, generalmente planas que vierten el agua a un alero. También reciben el nombre de paños.

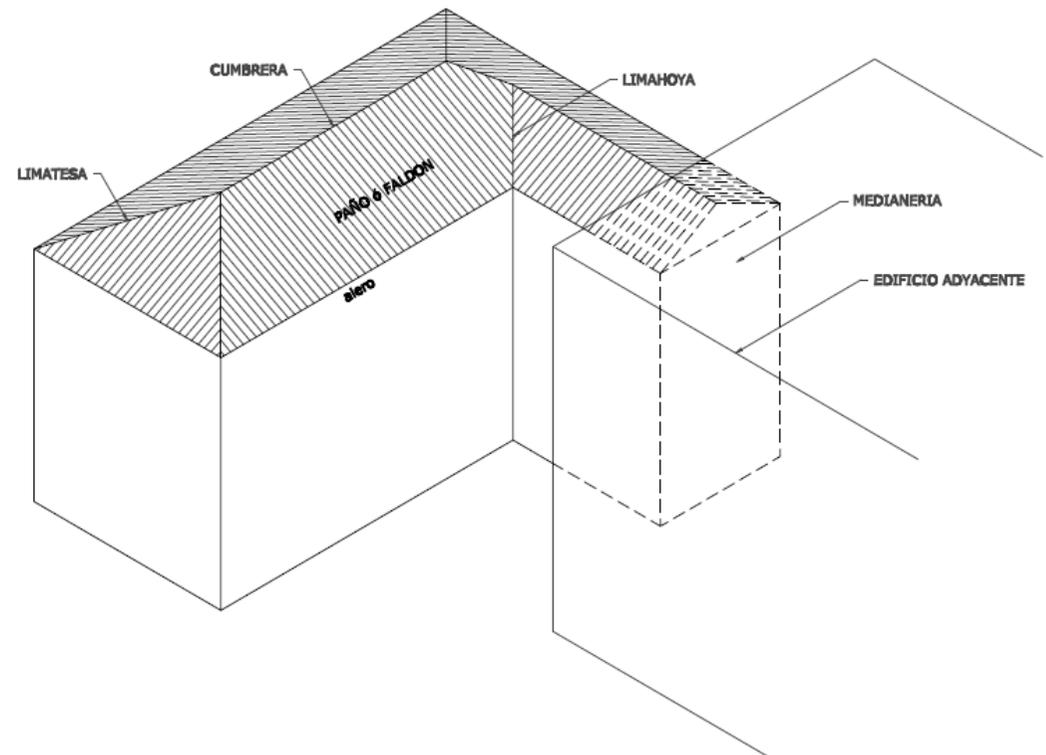
**Limatesas:** son las intersecciones de los paños en las que el agua tiende a alejarse de ellas.

**Limahoyas:** son las intersecciones de los paños en las que el agua tiende a recogerse.

**Cumbreras:** son intersecciones horizontales de paños que tienen las horizontales de sus planos paralelas. También se denominan caballetes.

**Medianería:** Zona de la cubierta donde no se puede verter agua.

**Equidistancia:** Es la diferencia de cota entre dos curvas de nivel sucesivas, en el caso de las cubiertas suele ser el metro. Esta unidad es la que se aprecia en los alzados y secciones verticales.

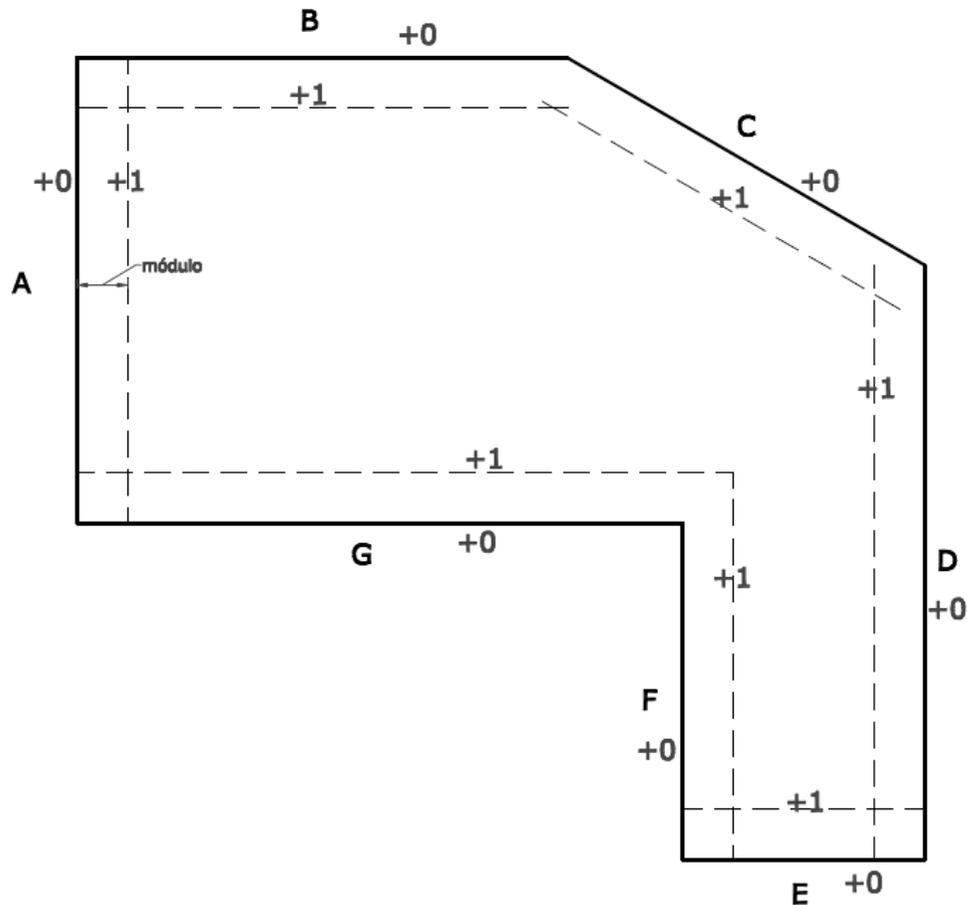


### CUBIERTAS METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN – CASO BÁSICO

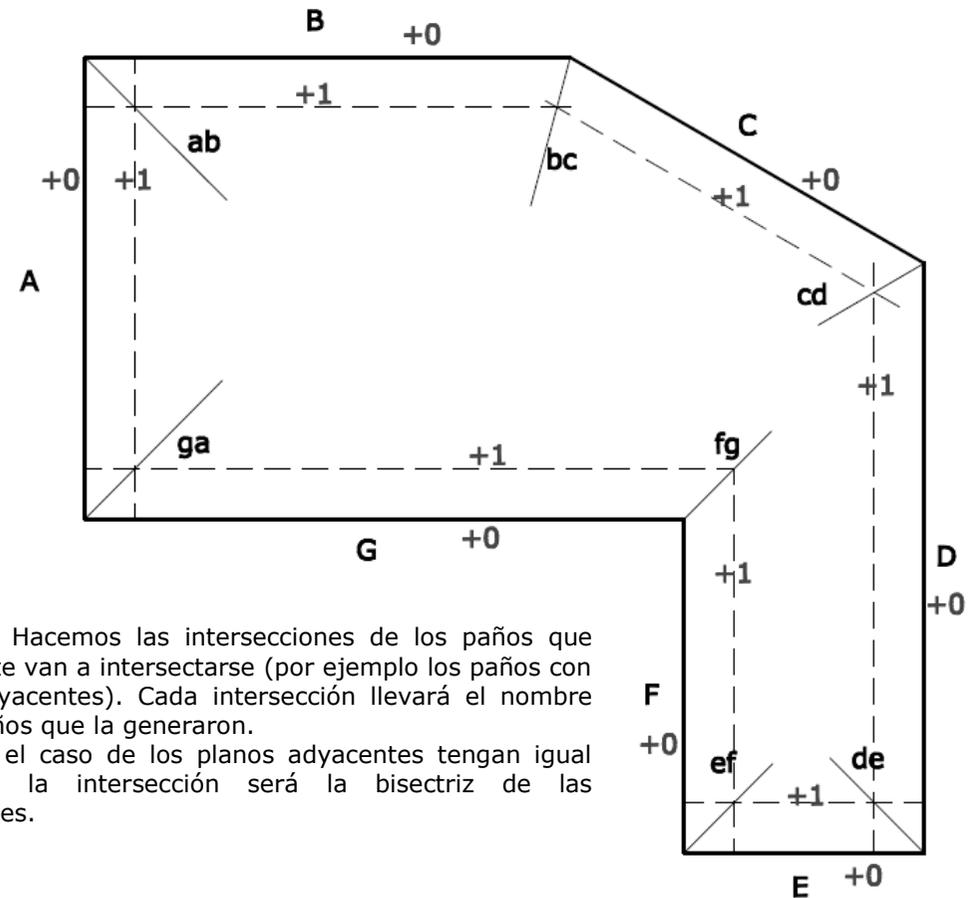
A continuación indicaremos los pasos básicos de resolución de cubiertas, aplicándolo posteriormente a un caso de cubierta básica. Tras este análisis comentaremos las variaciones que pueden producirse tales como: medianerías, plataformas a distinta cota etc...

**PASO 1:** Dada la/s pendiente/s de los distintos faldones, hemos de hallar el módulo y su tamaño a la escala del dibujo.

**PASO 2:** nombrar con letras los diferentes paños de la cubierta (cada alero genera un paño excepto los de medianería).

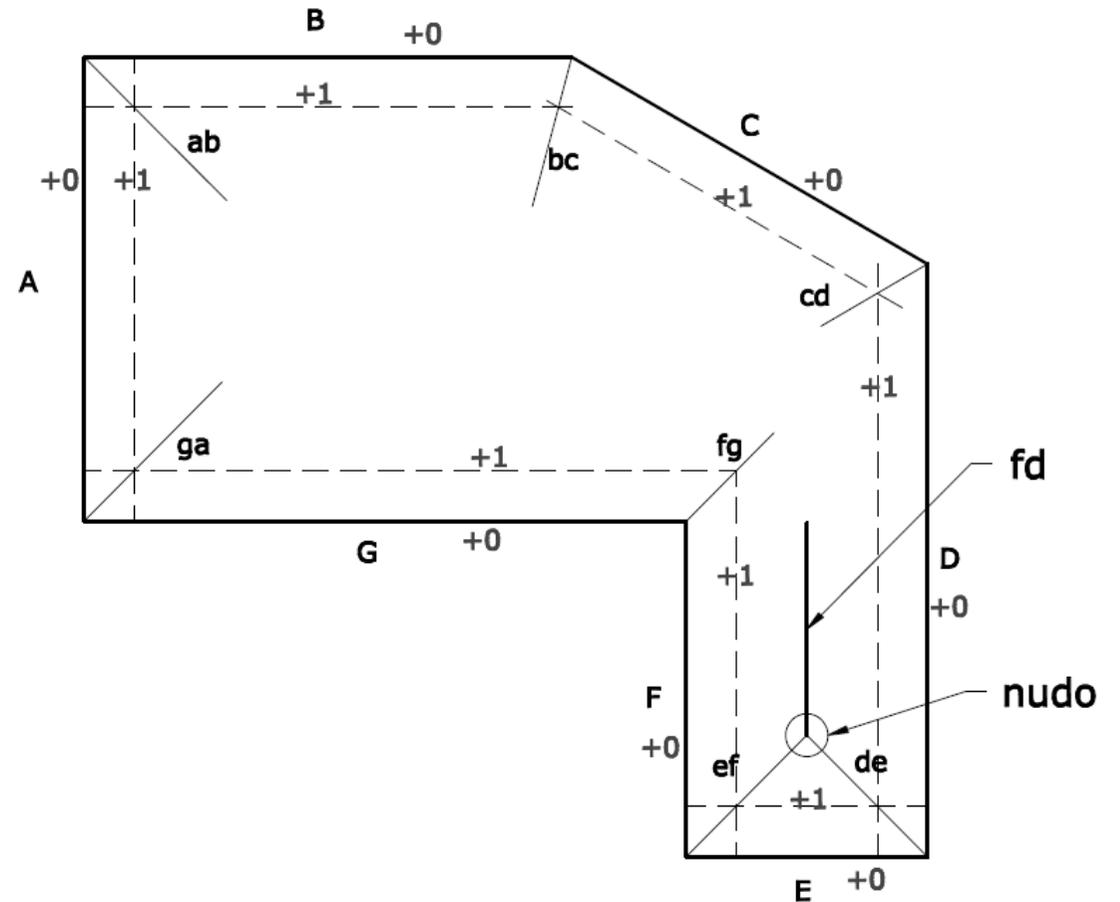


**PASO 3:** Hacemos las intersecciones de los paños que claramente van a intersectarse (por ejemplo los paños con aleros adyacentes). Cada intersección llevará el nombre de los paños que la generaron. SOLO en el caso de los planos adyacentes tengan igual pendiente la intersección será la bisectriz de las horizontales.



**PASO 4:** Prolongamos las intersecciones hasta que toquen entre ellas, de las 4,6,8... letras que llegan al punto de convergencia, habrá iguales 2 a 2 que se eliminarán. La recta de intersección que seguirá desde el punto de convergencia vendrá dada por los planos cuyas letras queden sin eliminar.

La resolución ha de comenzarse por la zona en donde la intersección sea más clara, que suele darse en la zona "estrecha" de la cubierta por estar aquí las intersecciones más cercanas unas a otras. En el ejemplo se ha comenzado prolongando la línea "ef" y la "de" hasta tocar en el "nudo" como la letra "e" está repetida se elimina, y nos sobran "f" y "d", la línea de intersección que saldrá del nudo será la producida por esos planos, como los planos D y F tienen horizontales paralelas, la intersección será también una horizontal, y por supuesto, las intersecciones han de pasar SIEMPRE por los nudos que las generan.

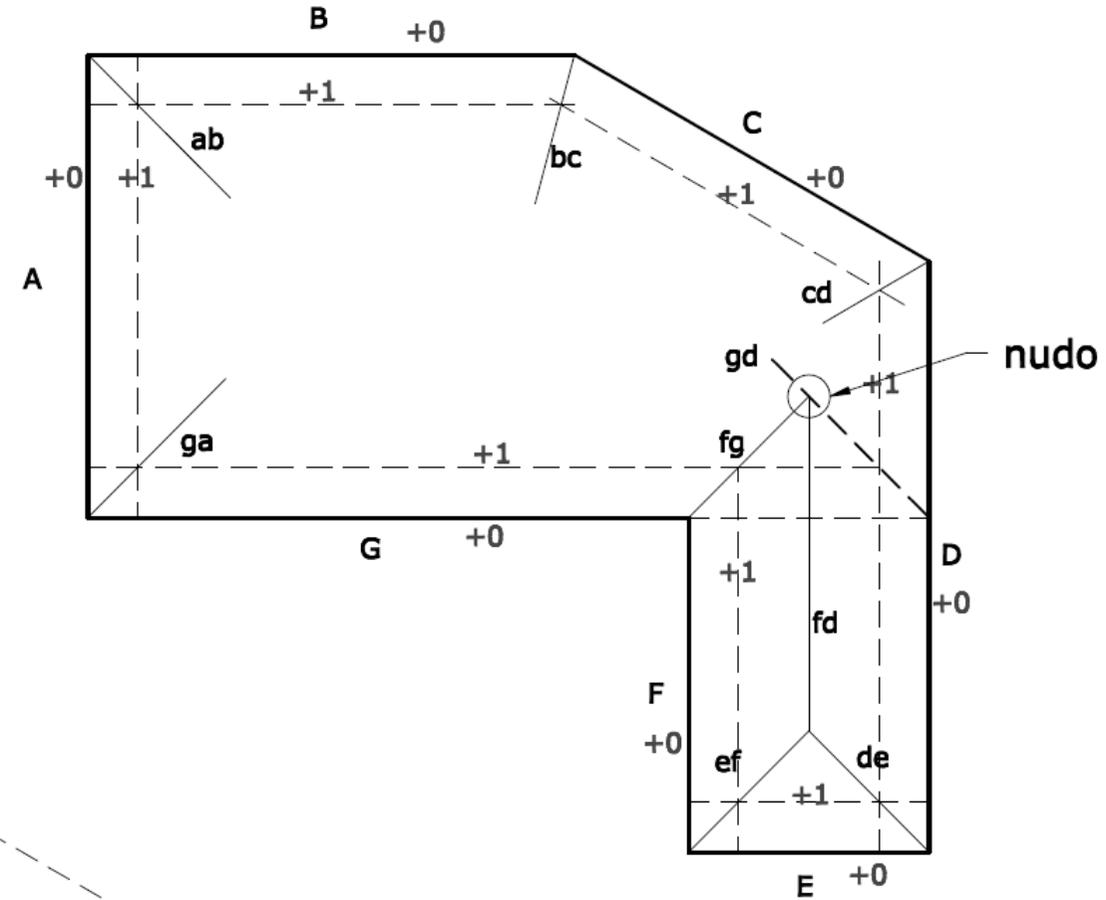
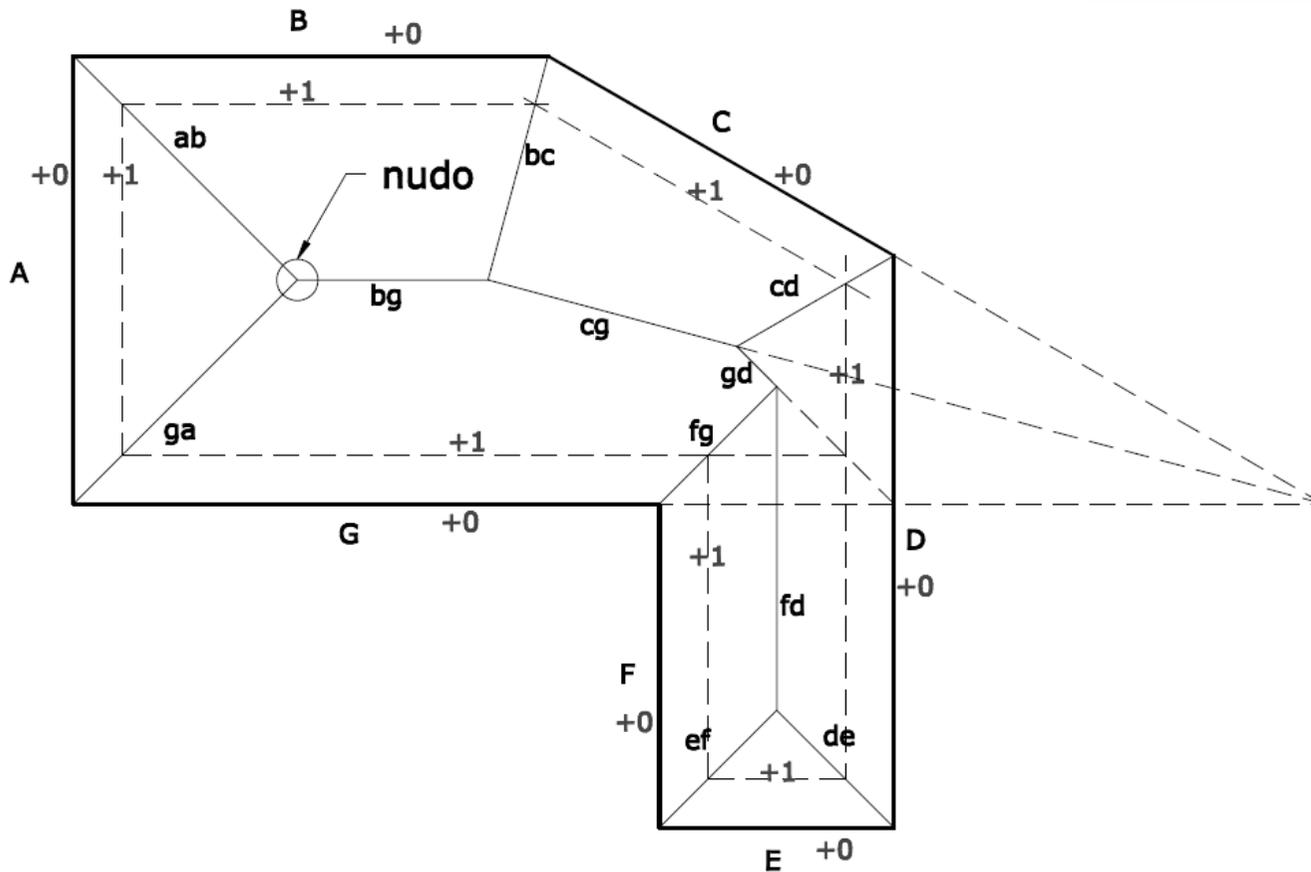


**PASO 5:** Si las horizontales de dos planos no tocan, pueden prolongarse lo que sea necesario (estamos tratando con intersecciones de planos que son infinitos) como en el caso del ejemplo para poder hallar la intersección "gd" hemos prolongado la línea de cota +0 y +1 del plano "G".

En estos casos hay que decidir desde el nudo con que lado de la intersección quedarnos, una regla que nos puede ayudar en la mayoría de los casos es quedarnos con el lado que se "aleja" del alero.

**PASO 6:** Si en un nudo todas las letras se eliminan, significa que de ese punto no surge ninguna línea más. En el nudo indicado en la figura las letras ab - ga - bg se eliminan dos a dos, se dice que la cubierta ha cerrado.

Cada faldón de la cubierta ha de estar delimitado por líneas que lleven su letra. Por ejemplo el faldón G está rodeado por ga-bg-cg-gd-fg.

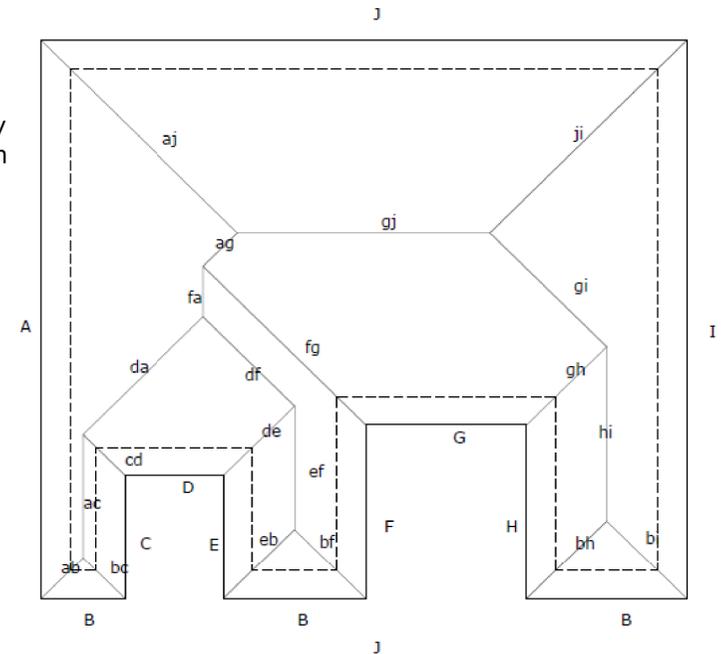


NOTA:

Se puede dar el caso que un mismo faldón tenga su alero dividido en distintas líneas, pero hay que tener en cuenta que lo que se nombran son los **planos (faldones)**, por lo tanto llevarán el mismo nombre. En la cubierta del ejemplo el plano (faldón) B tiene diferentes aleros.

Para que diferentes aleros tengan la misma letra han de:

1. estar alineados
2. tener igual cota
3. tener el plano que definen igual pendiente
4. aumentar de cota hacia el mismo lado



NOTA:

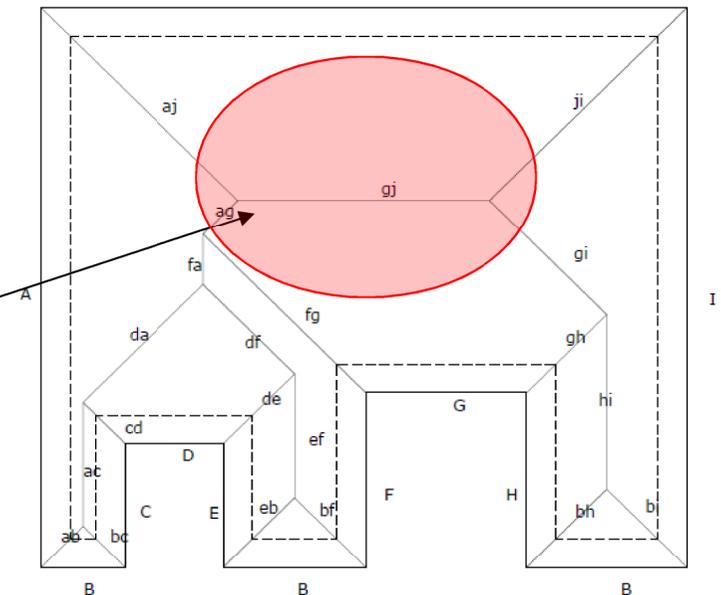
El sistema de resolución de cubiertas no es infalible, o sea, aún siguiéndolo paso a paso puede pasar que unamos dos líneas que no debiéramos, por desconocer la existencia de otra línea que aún no hemos hallado.

En el ejemplo, si hubiésemos empezado por la parte inferior, podríamos haber unido gj con fg si no supiésemos que existe aj que intercepta a gj antes.

Para evitar estos inconvenientes lo que debemos hacer es plantear desde el principio TODAS aquellas intersecciones seguras (por ejemplo cuando los aleros se tocan) y resolver la cubierta de los aleros hacia el interior (de menor a mayor cota), dejando las zonas de mayor cota del interior para el final.

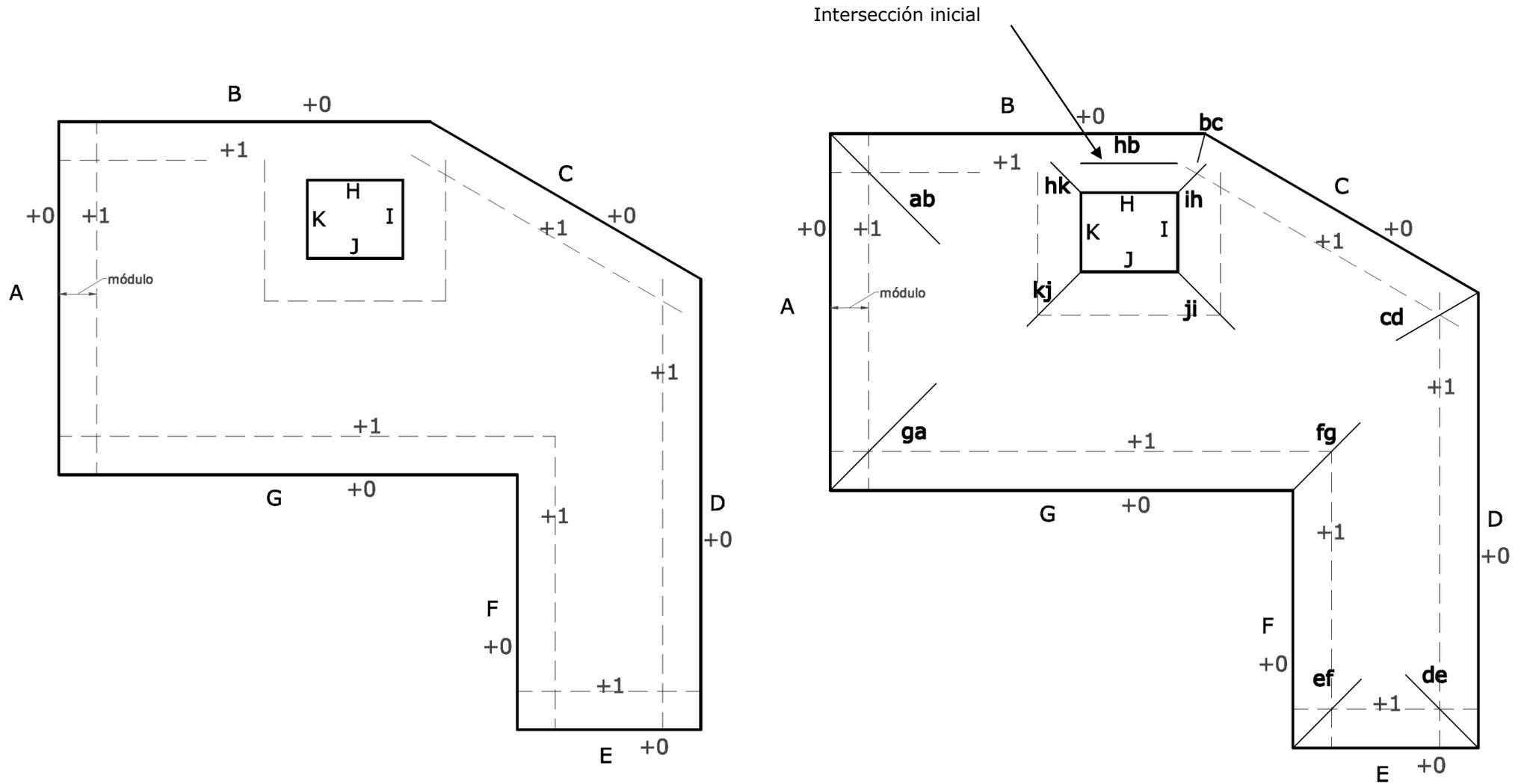
Última zona en ser resuelta

Si encontramos confusión acerca de que línea hay que unir con cual, el problema suele resolverse sin más que ir prolongando las intersecciones de forma uniforme (o sea, prolongándolas por las mismas cotas)



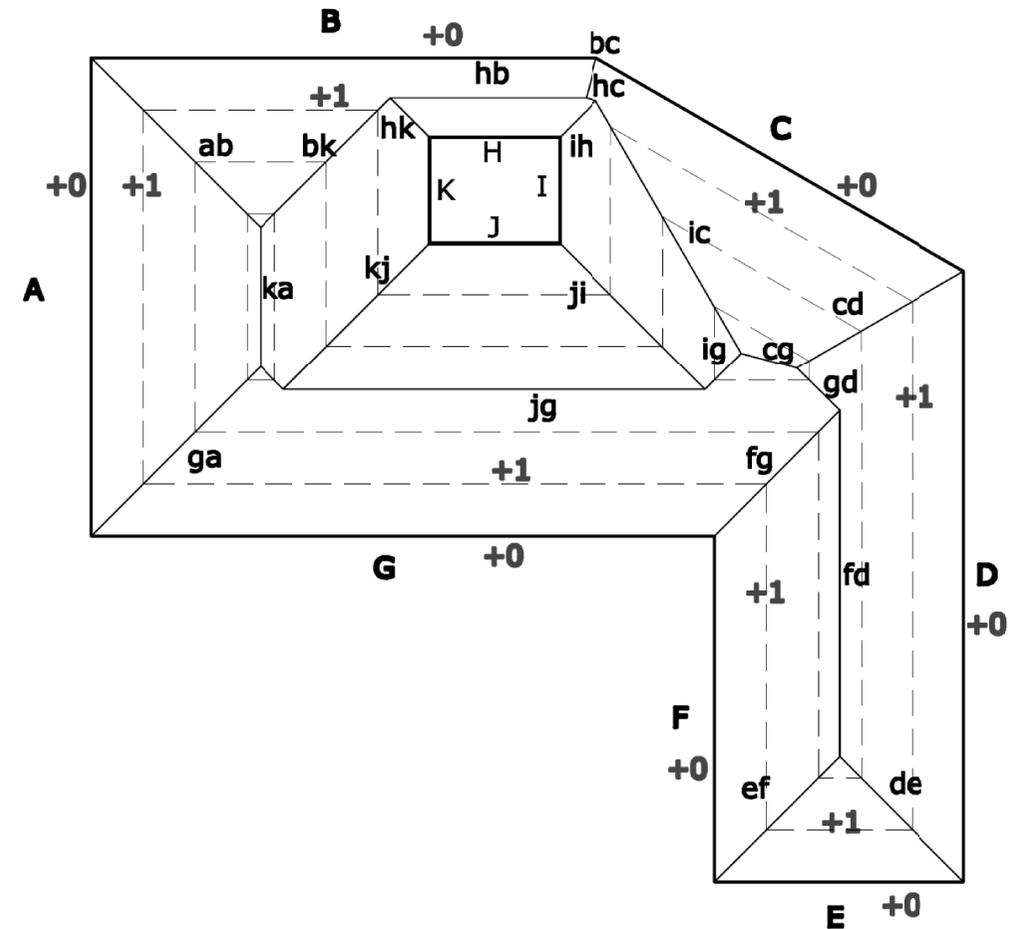
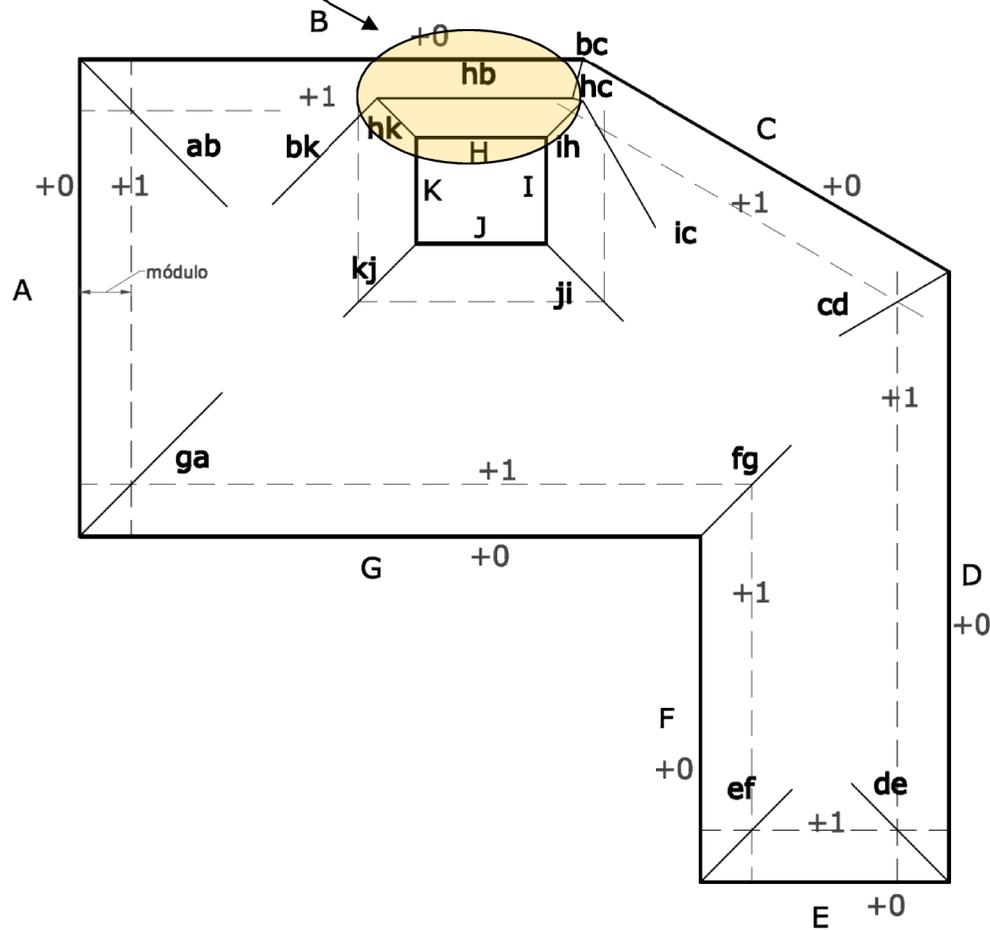
**PATIOS**

En realidad, la existencia de patios no altera la forma de proceder en la resolución de la cubierta, lo único a tener en cuenta es que en el patio también hay aleros y por lo tanto estos generarán faldones (y su letra correspondiente) que intersectarán con los faldones de la zona exterior de la cubierta. Dichas intersecciones habrá que plantearlas inicialmente (si el patio está cercano a un lateral de la cubierta se comenzará por esta zona "estrecha" ya que los faldones del patio y los exteriores están más cercanos y serán de los primeros planos en cortar).



Al plantear las intersecciones iniciales hay que plantear también la "hb" aunque los aleros no estén tocándose, pero entre ellos no hay otro faldón y es seguro que esa intersección se va a producir.

Zona "estrecha" donde comenzar a resolver



Si el patio deja una zona "estrecha" es recomendable comenzar por ahí. El resto de la cubierta se resuelve como el caso básico analizado anteriormente. En el ejemplo los planos del patio (H I J K) intersectan con los planos que tienen en frente (A B G C).

## ALEROS INCLINADOS

Este tipo de forjados generan superficies de tipo cuadrilátero alabeado (paraboloide ó hiperboloide) que son poco frecuentes, y en caso de darse no suelen rematarse con cubierta inclinada. Aún así son frecuentes como ejercicio en las escuelas técnicas.

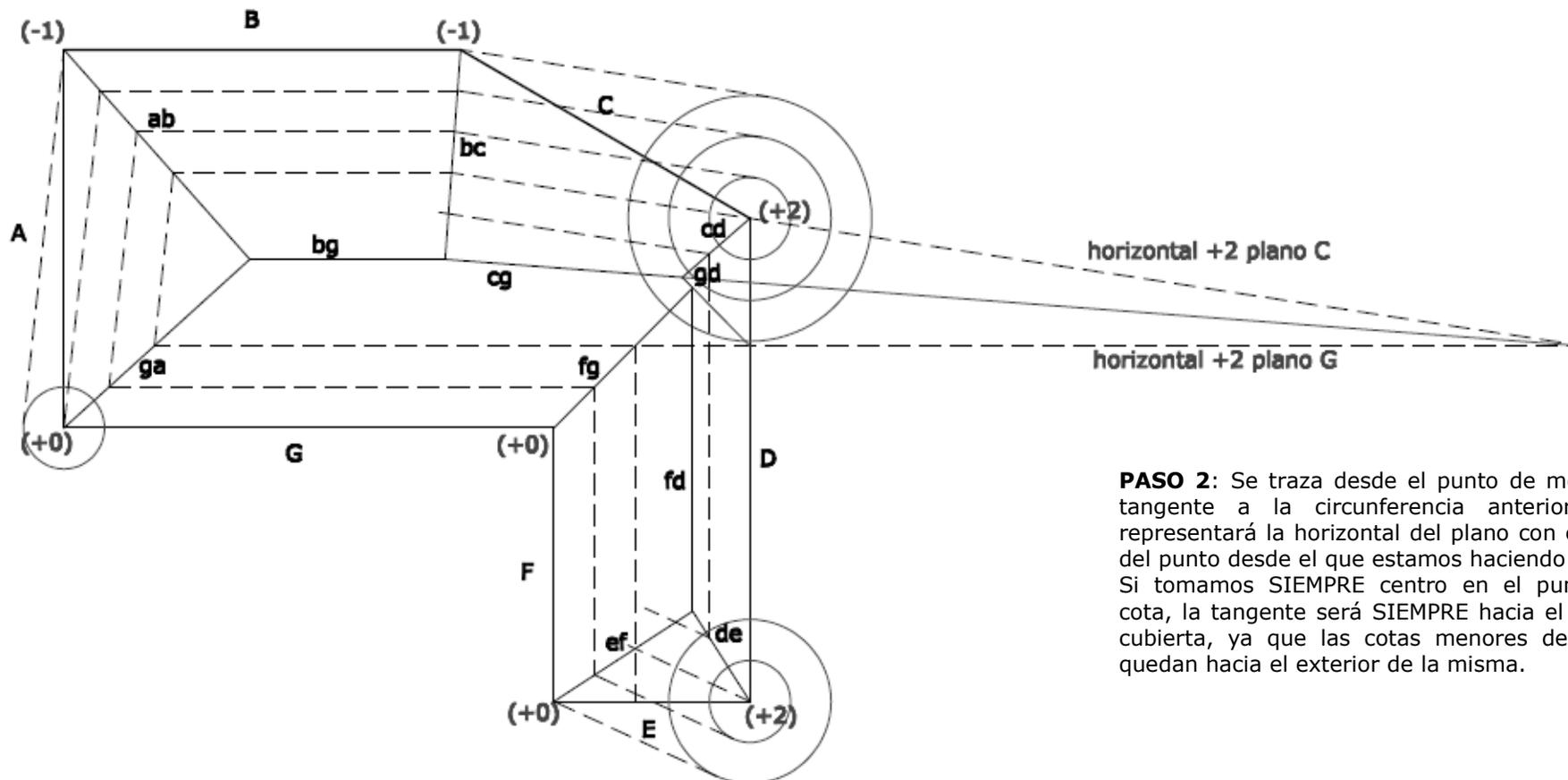
El ejercicio se basa en contener con un plano de pendiente determinada a una línea (alero) inclinada (véase la introducción teórica de PLANOS ACOTADOS).

El plano habrá de ser tangente a un cono que tenga la pendiente del plano y vértice en un punto de la recta.

Para indicar que una cubierta tiene aleros inclinados, se indica la cota de los vértices de la cubierta.

Creación de planos en aleros inclinados:

**PASO 1:** Se toman dos puntos del alero de cota conocida (suelen ser los extremos del alero) y se traza desde el vértice de **mayor cota** una circunferencia con radio igual a tanto módulos (de la pendiente del plano que estamos formando) como diferencia de cota exista entre ambos puntos.

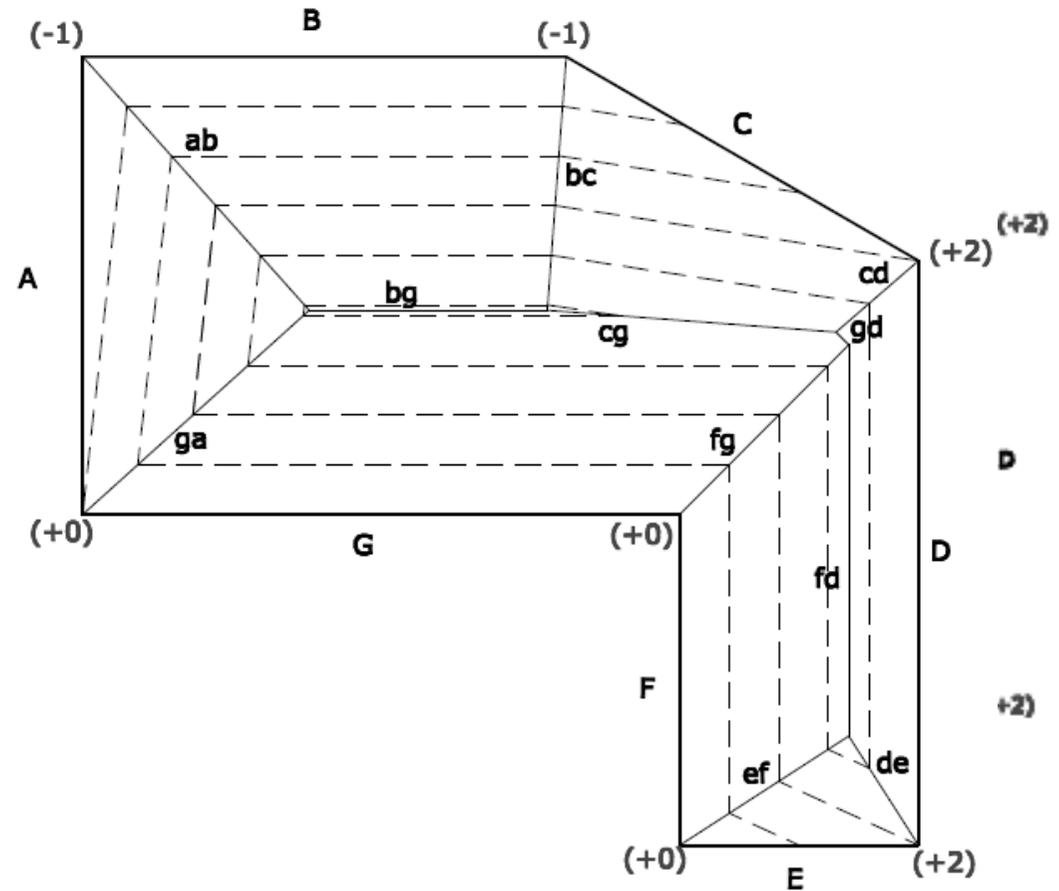


**PASO 2:** Se traza desde el punto de menor cota una tangente a la circunferencia anterior, esta línea representará la horizontal del plano con cota igual a la del punto desde el que estamos haciendo la tangente. Si tomamos SIEMPRE centro en el punto de mayor cota, la tangente será SIEMPRE hacia el exterior de la cubierta, ya que las cotas menores de una cubierta quedan hacia el exterior de la misma.

Una vez que tenemos las horizontales de los diferentes planos, podemos resolver la cubierta normalmente.

NOTA: Puede que dos planos contiguos tengan pendientes diferentes por lo tanto el radio de las circunferencias será diferente cuando vamos a hacer las tangentes para un faldón u otro.

horizontales Solución con



## MEDIANERÍAS

Los casos de medianería se nos presentan siempre que tengamos una zona a la que no podamos verter agua, puede ser una zona de un alero, o una zona interior de la cubierta.

El impedimento de verter agua puede ser por una medianería propiamente dicha (solar de otra propiedad), por una plataforma a diferente cota, por una chimenea, un ascensor etc...

Lo común a todos estos casos es que no se puede verter agua directamente, el agua ha de alejarse de las medianerías, o discurrir en paralelo a ellas.

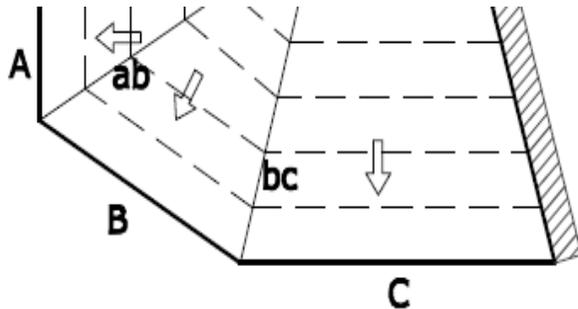
En los ejercicios las zonas de medianería se identifican rallando el área correspondiente, o indicando el elemento del que se trata (ej. chimenea)

Las medianerías se resuelven creando PLANOS DE MEDIANERÍA, estos planos tienen **sus horizontales perpendiculares a la medianería**, de manera que el agua (que siempre discurre según la línea de máxima pendiente que es perpendicular a las horizontales) vaya en paralelo a la medianería.

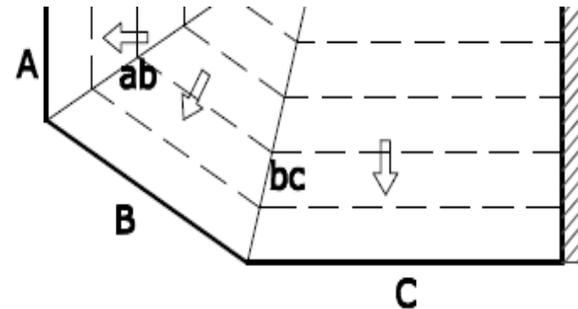
El plano de medianería ha de ir aumentando de cota hacia el interior de la medianería.

El plano de medianería tiene su primera horizontal a la cota del plano que lo genera (que no siempre tiene que ser a cota del alero, véase el caso de plataformas a distinta cota por ejemplo)

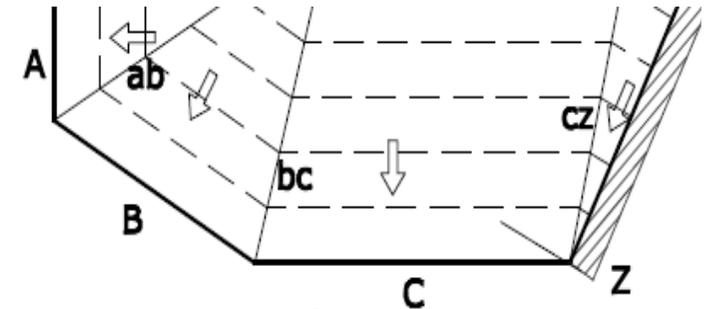
No todas las medianerías necesitan plano medianero, tan solo aquellas en donde se vierte agua.



El plano C no necesita plano medianero

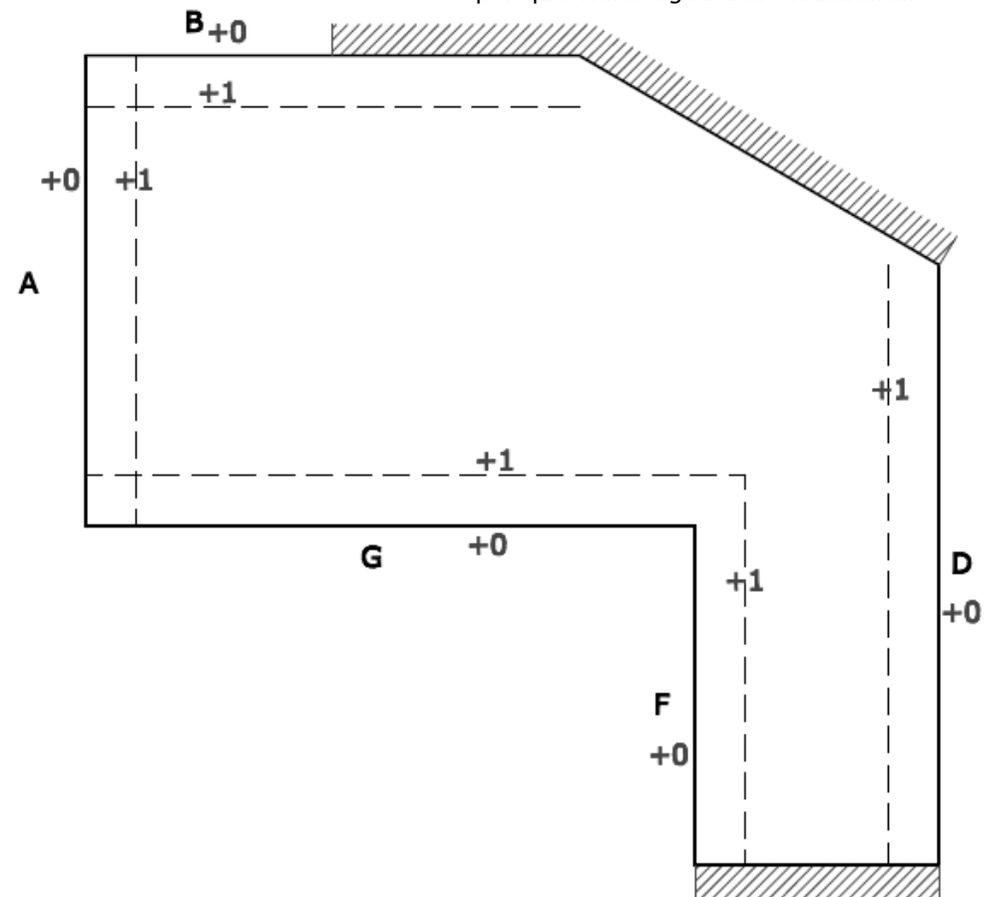


El plano C no necesita plano medianero



El plano C SÍ necesita plano medianero por que vierte agua a la medianería.

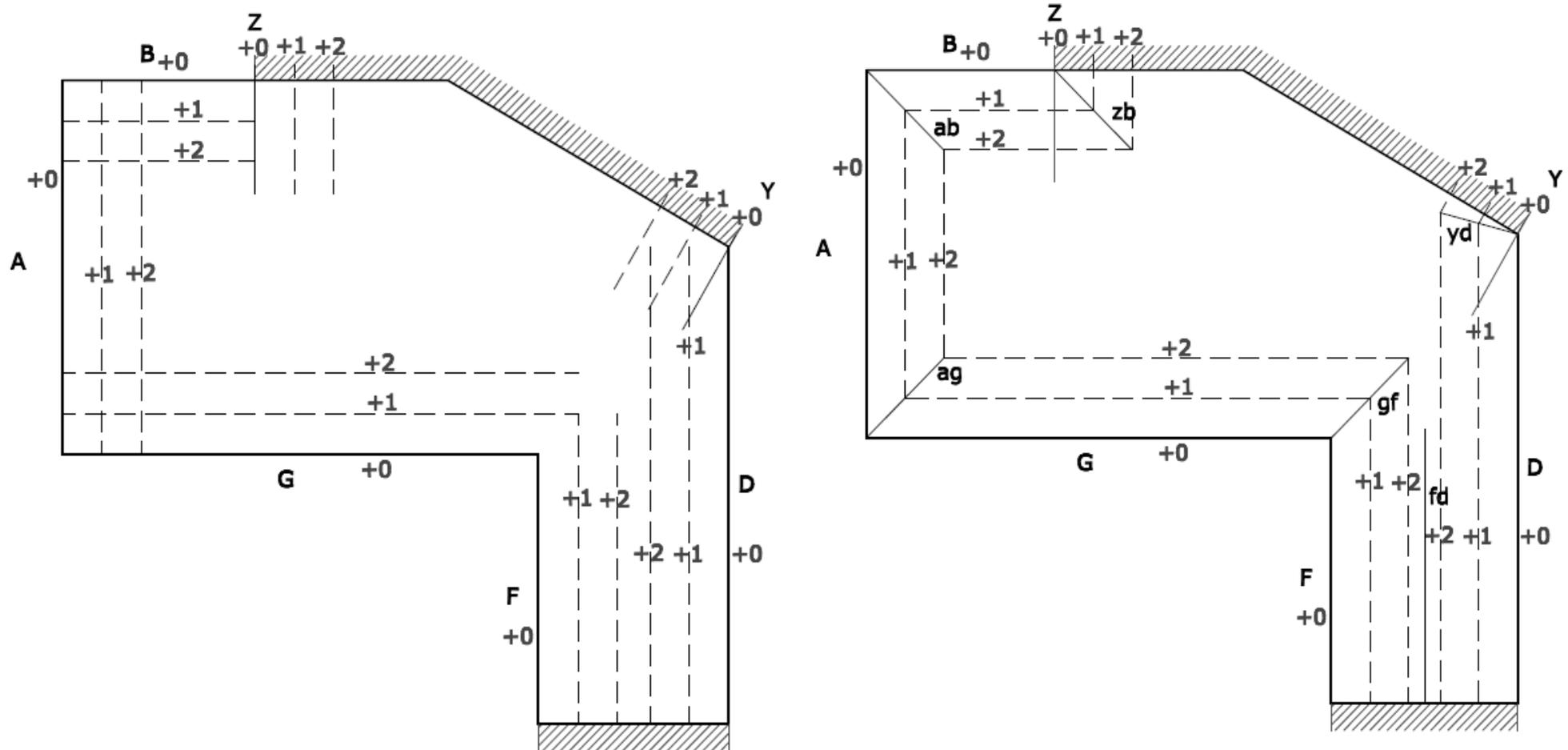
**PASO 1:** Al nombrar los faldones de una cubierta, hay que tener en cuenta que las medianerías no tienen letra, ya que hacia ellas no queremos que haya ningún plano que vierta agua. En el ejemplo no existen los planos C y E del caso básico.



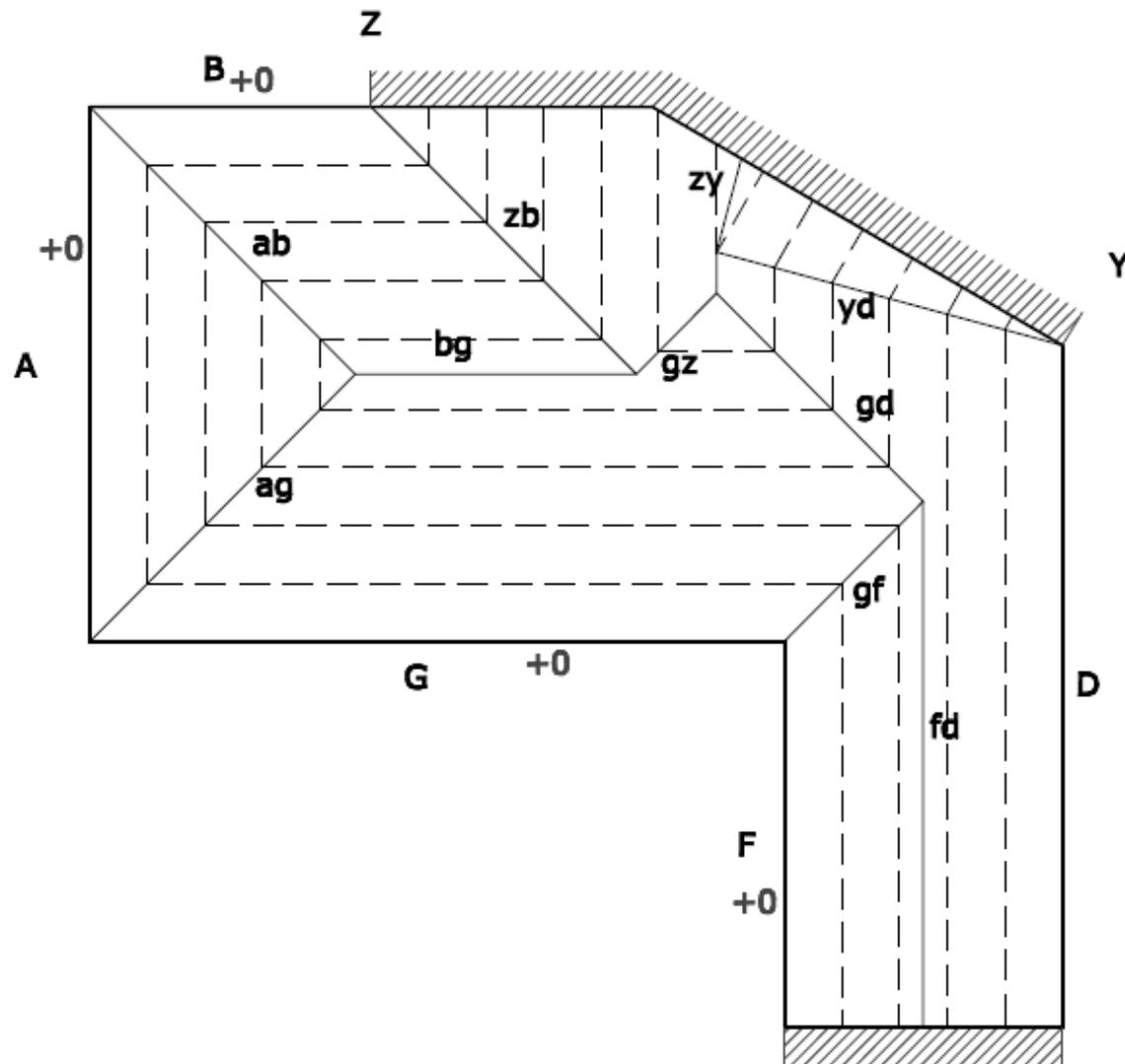
**PASO 2:** Plantear los planos de medianería necesarios para aquellos faldones que viertan agua sobre alguna medianería. El plano B genera al plano medianero Z y el plano D genera al plano medianero Y

Hay medianerías que no generan plano ya que la dirección del agua de los planos que la "tocan" es paralela o se alejan de la medianería. Los planos D y F no generan planos medianero para la medianería inferior por que sus direcciones de agua (direcciones de máxima pendiente) discurren en paralelo a la medianería.

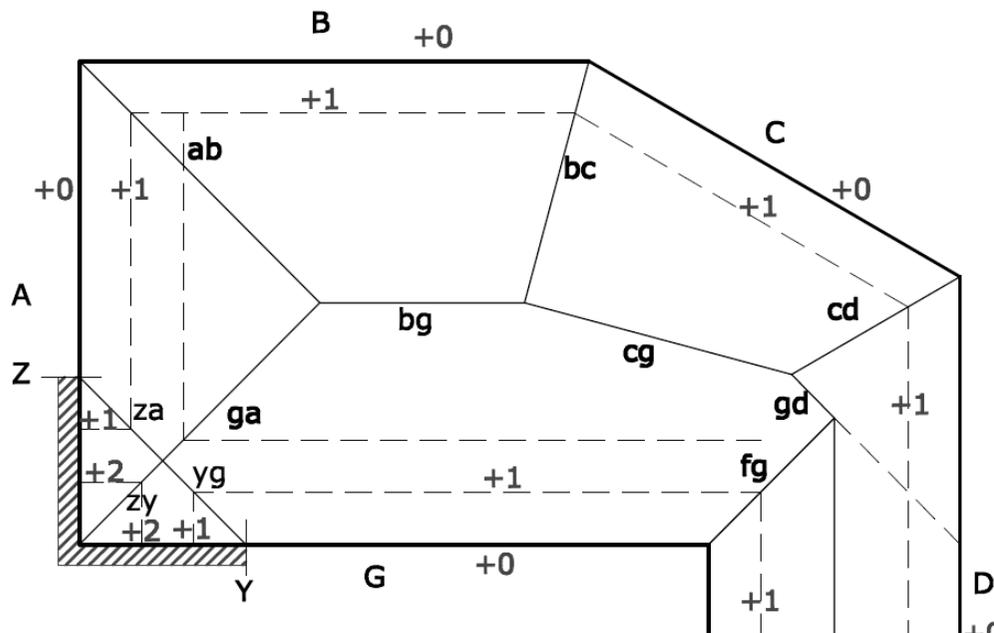
**PASO 3:** Comenzar por las intersecciones "seguras" incluyendo los planos de medianería, que son tratados como unos faldones más de la cubierta.



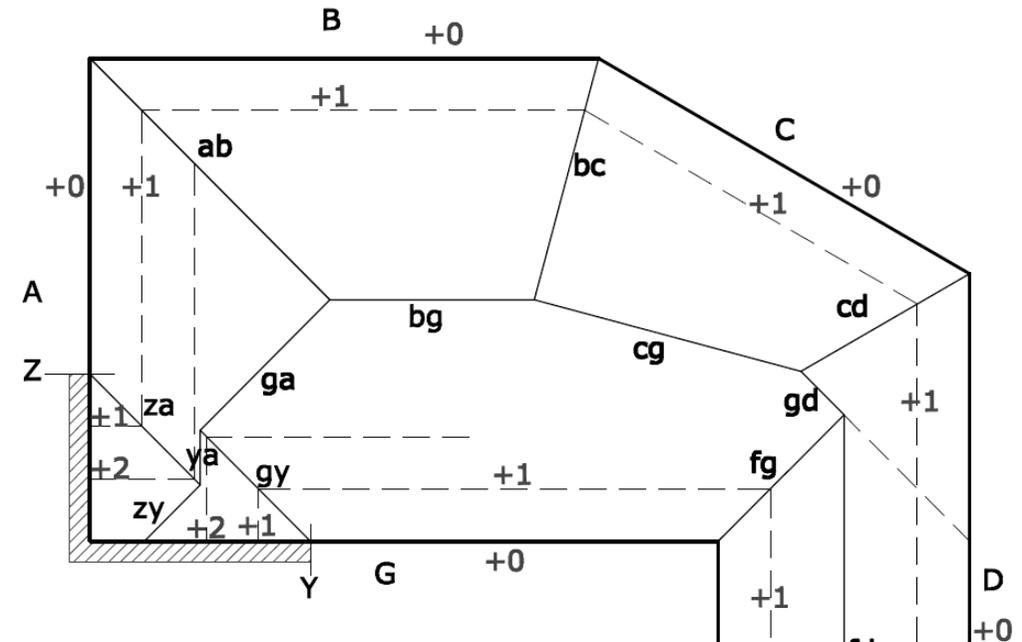
Solución con indicación de horizontales



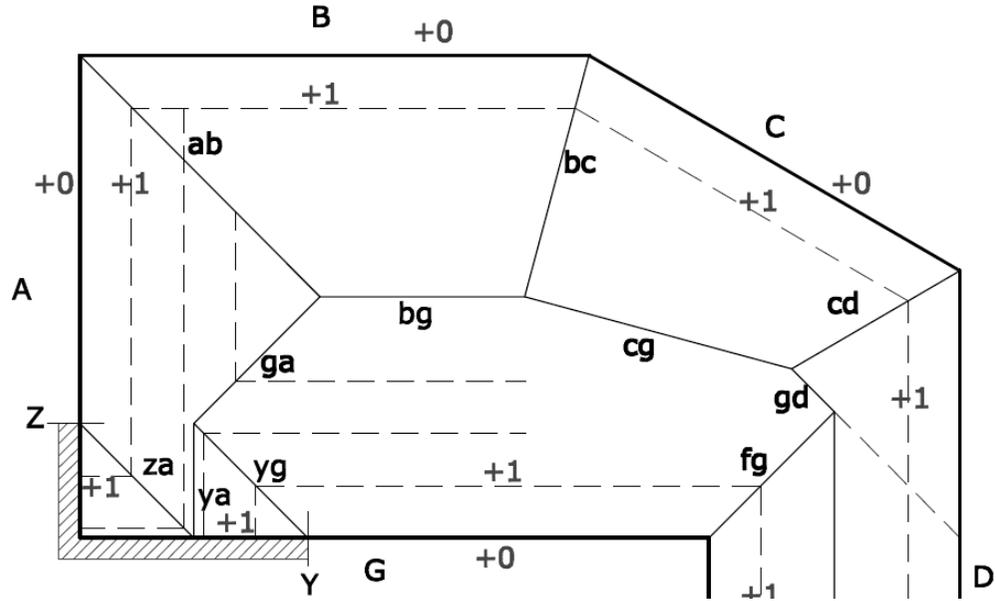
Las medianerías en esquina pueden presentar básicamente 4 casos cuya resolución responde a los parámetros anteriormente expuestos. En el primer caso la longitud de medianería es igual, en el resto de casos la longitud de la medianería inferior va aumentando, produciendo las 3 variantes siguientes. En las siguientes imágenes tenemos resueltos los 4 casos.



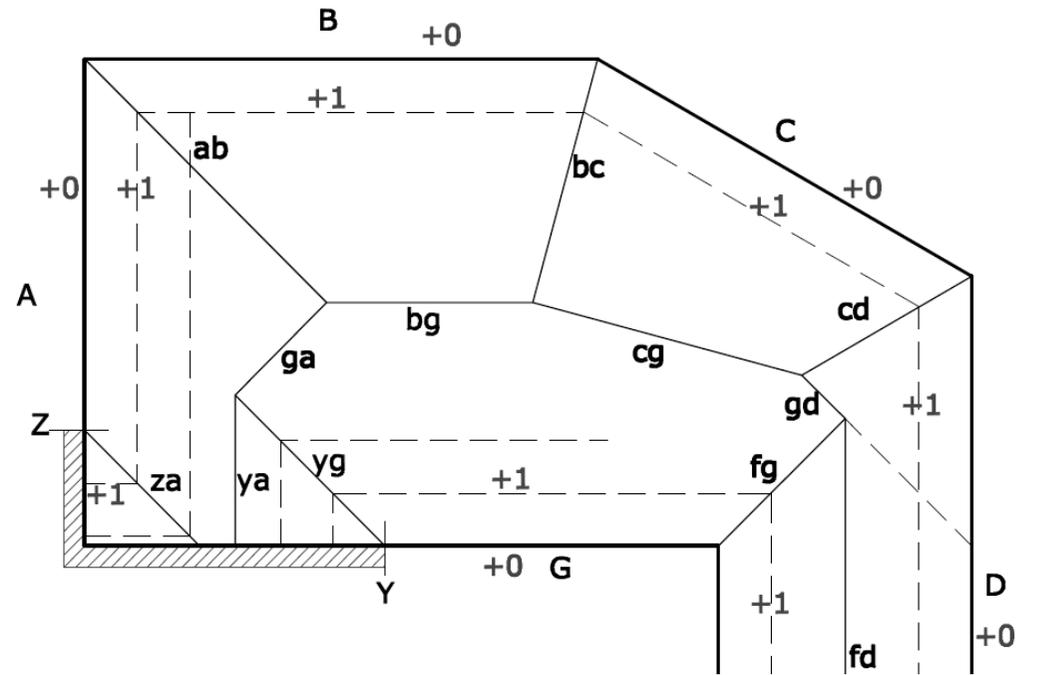
longitudes iguales



longitud superior < longitud inferior



longitud superior=2Xlongitud inferior

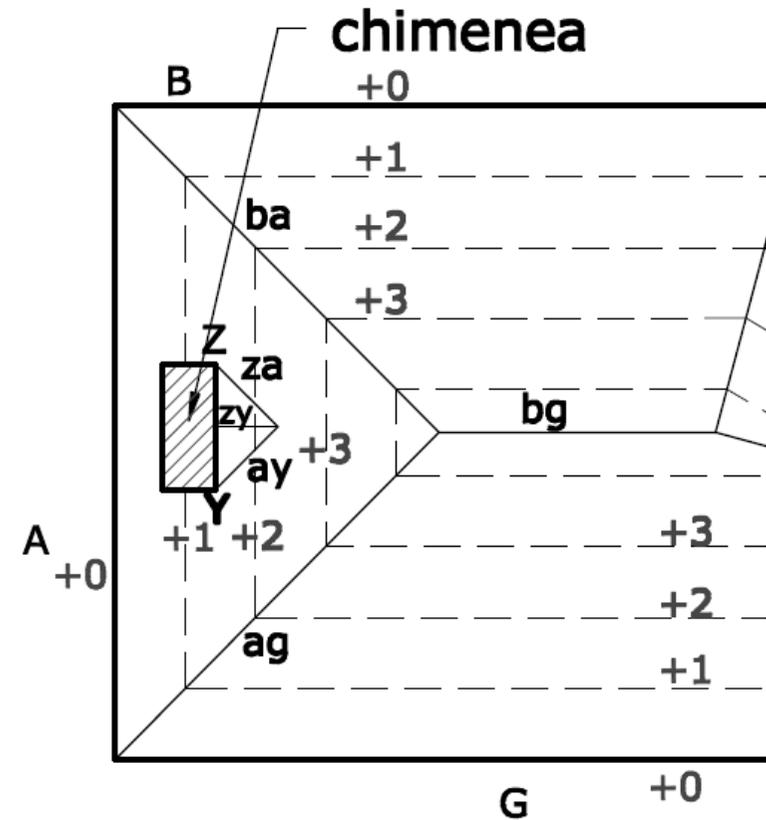
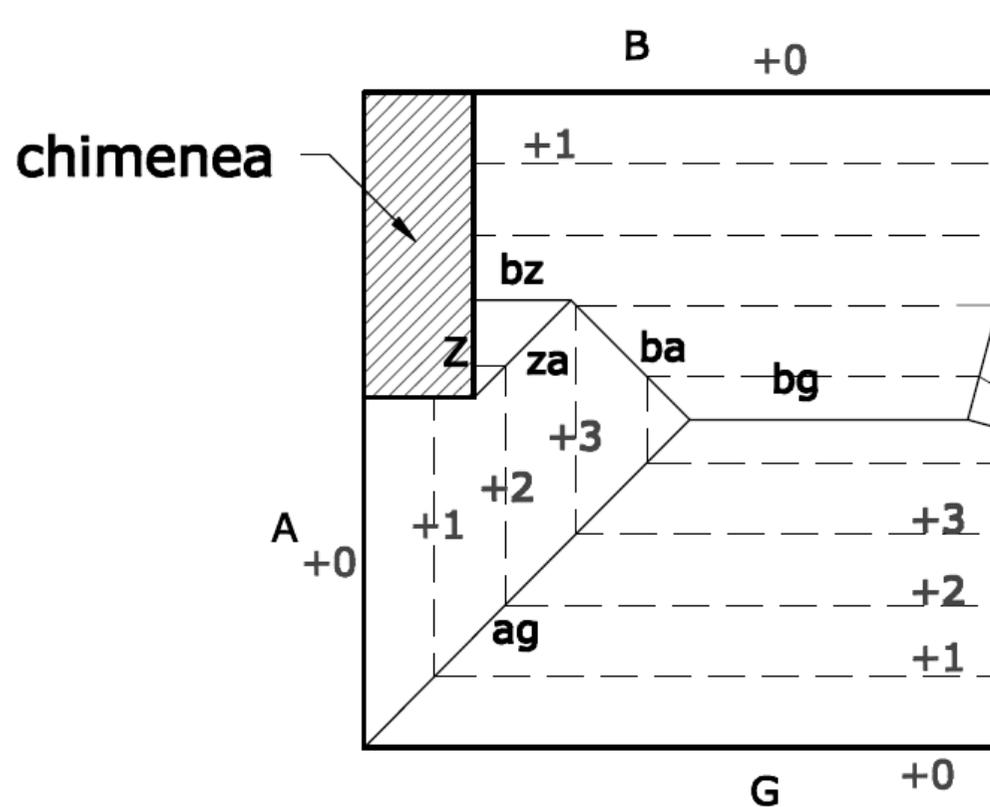


longitud superior<<longitud inferior

También se nos presentan casos de medianerías que inicialmente no generan plano medianero, pero que al cambiar de dirección comience a generarlo en un punto interior de la cubierta. Este caso se da con frecuencia en las plataformas a diferente cota, torreones y chimeneas.

Los pasos de resolución son análogos a los de cualquier medianería.

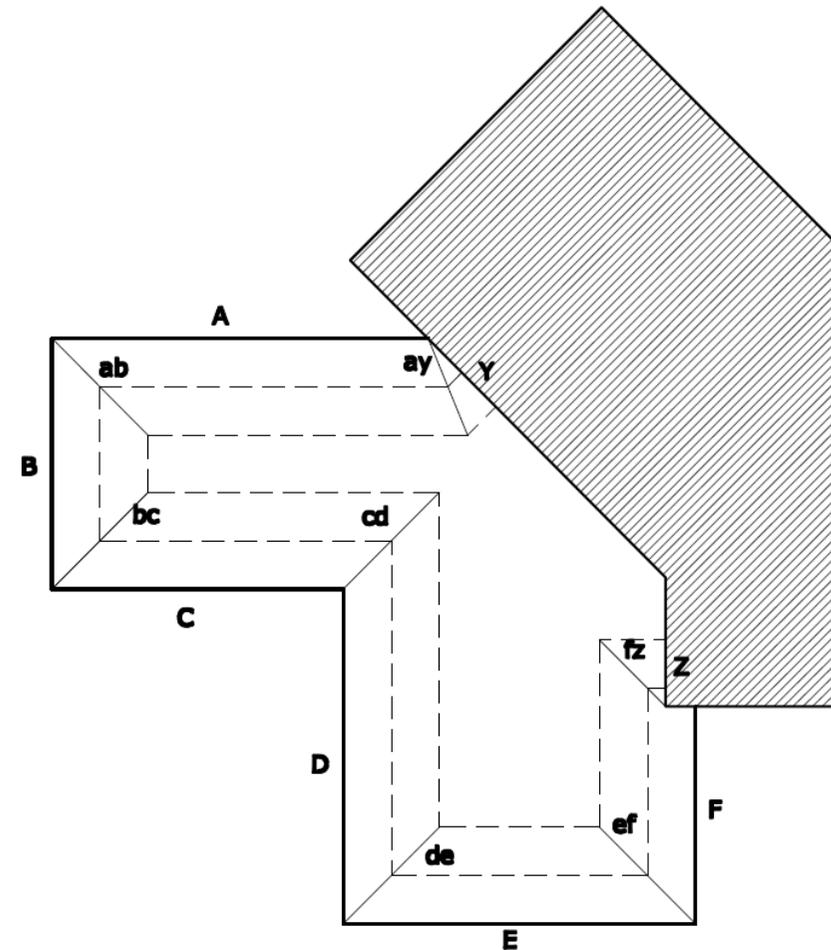
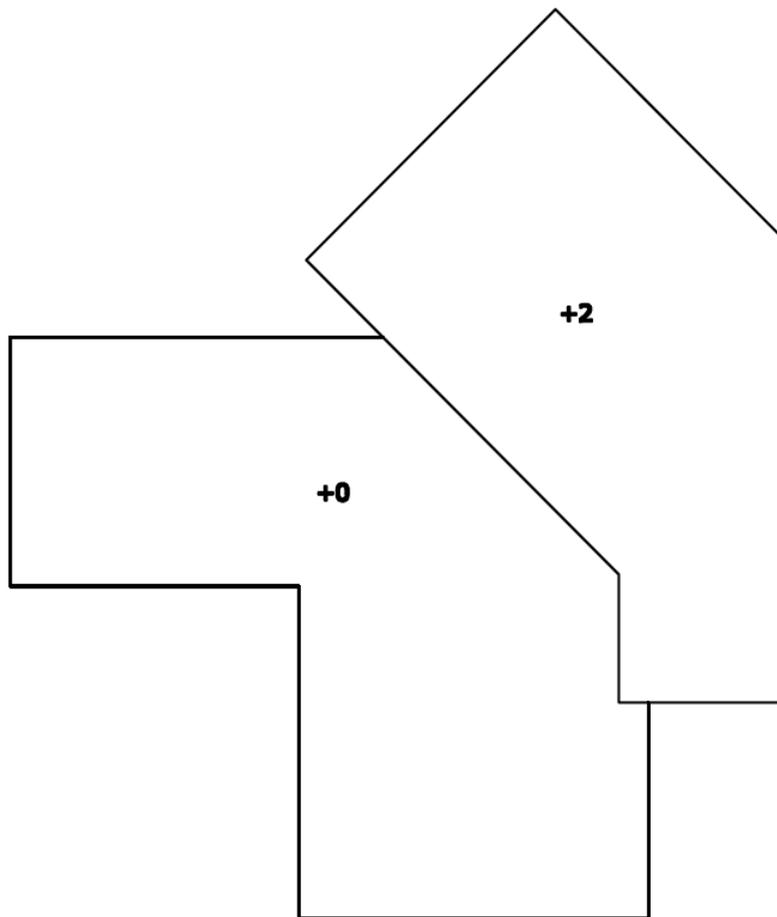
A continuación exponemos la resolución de dos casos típicos.



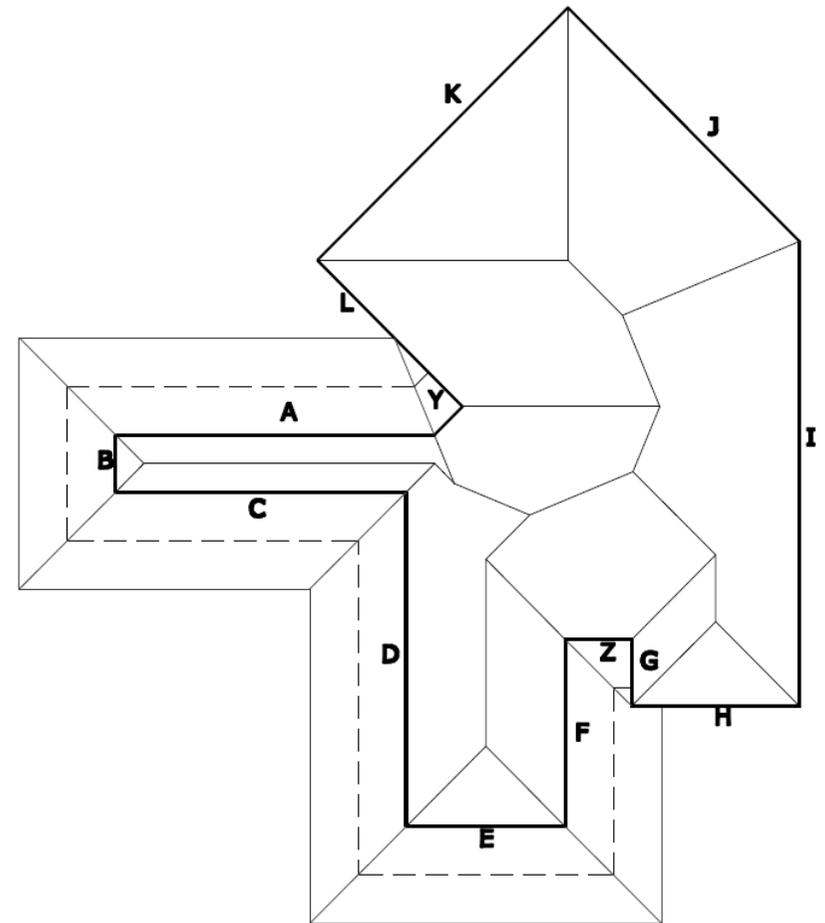
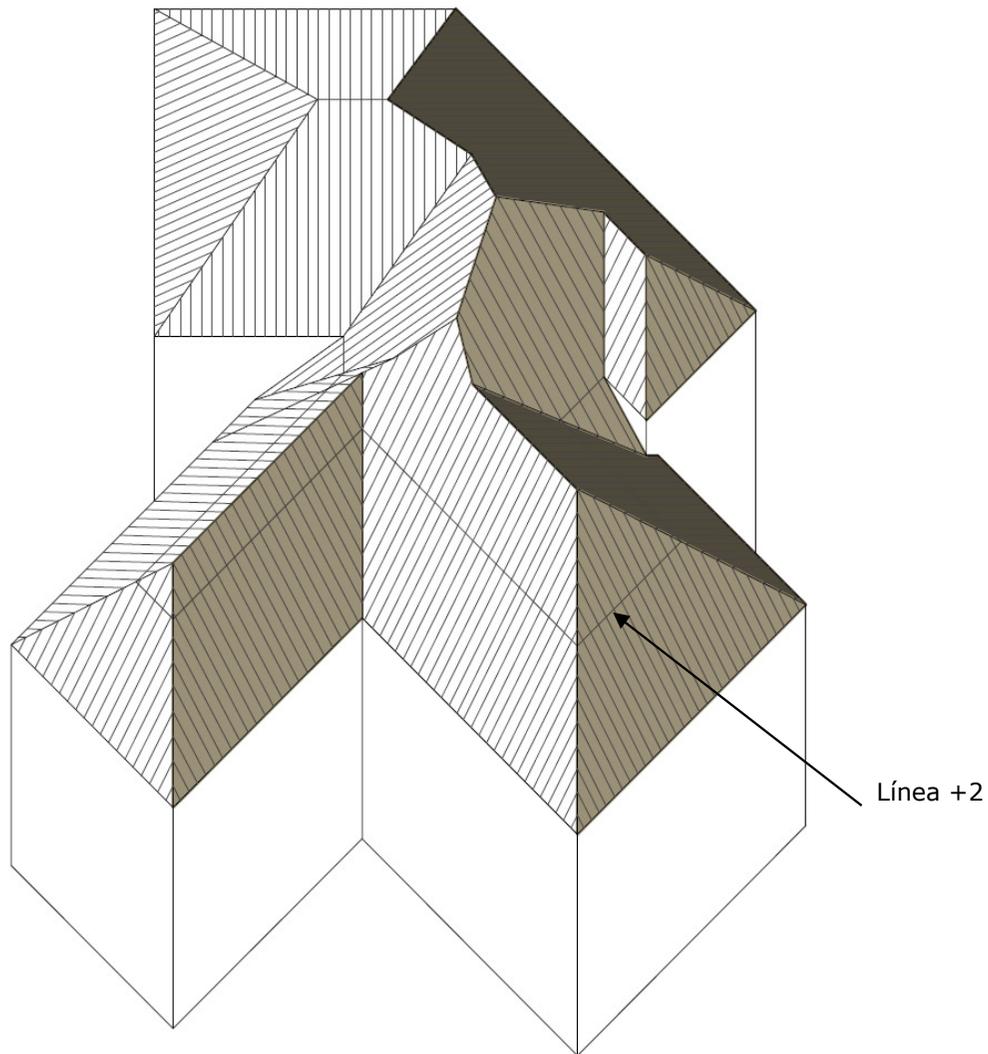
### PLATAFORMAS A DIFERENTE COTA - TORREONES

Cuando tenemos forjados (plataformas) a diferente cota, pero se van a resolver con CUBIERTA ÚNICA, tenemos dos opciones para resolverlo:

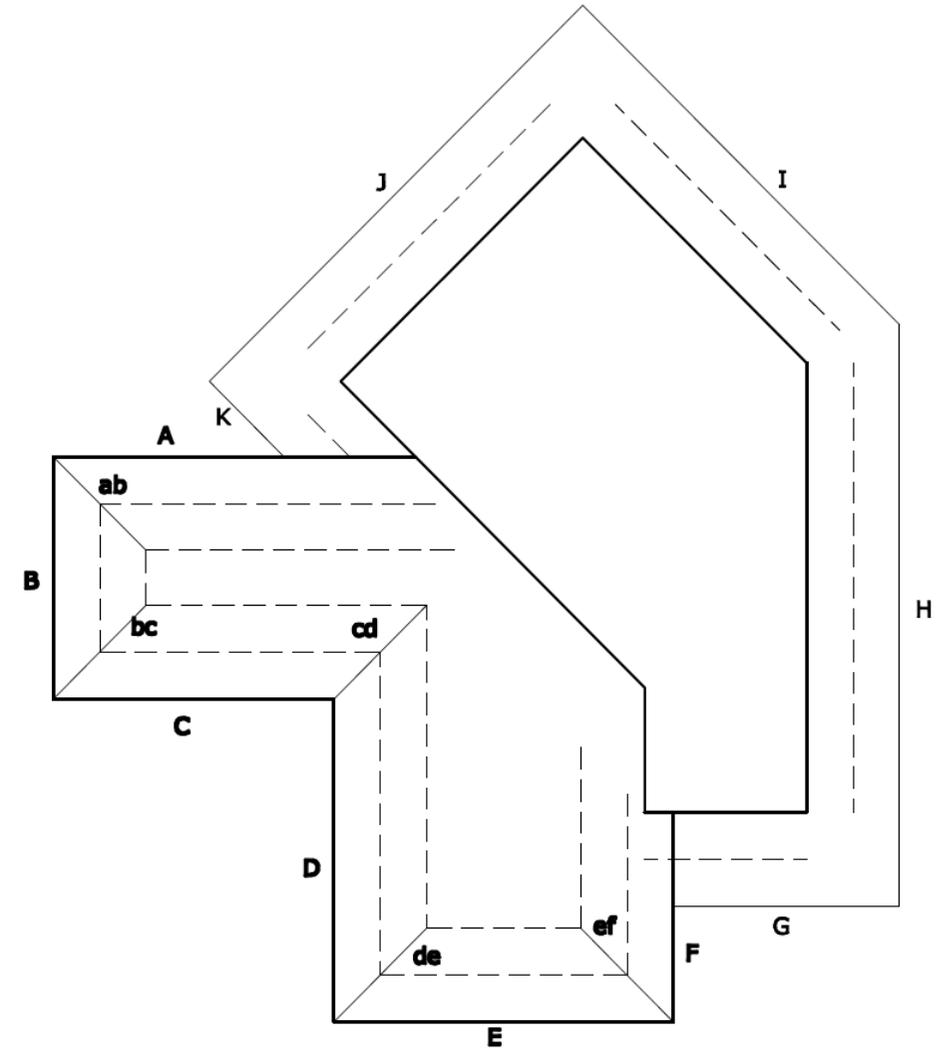
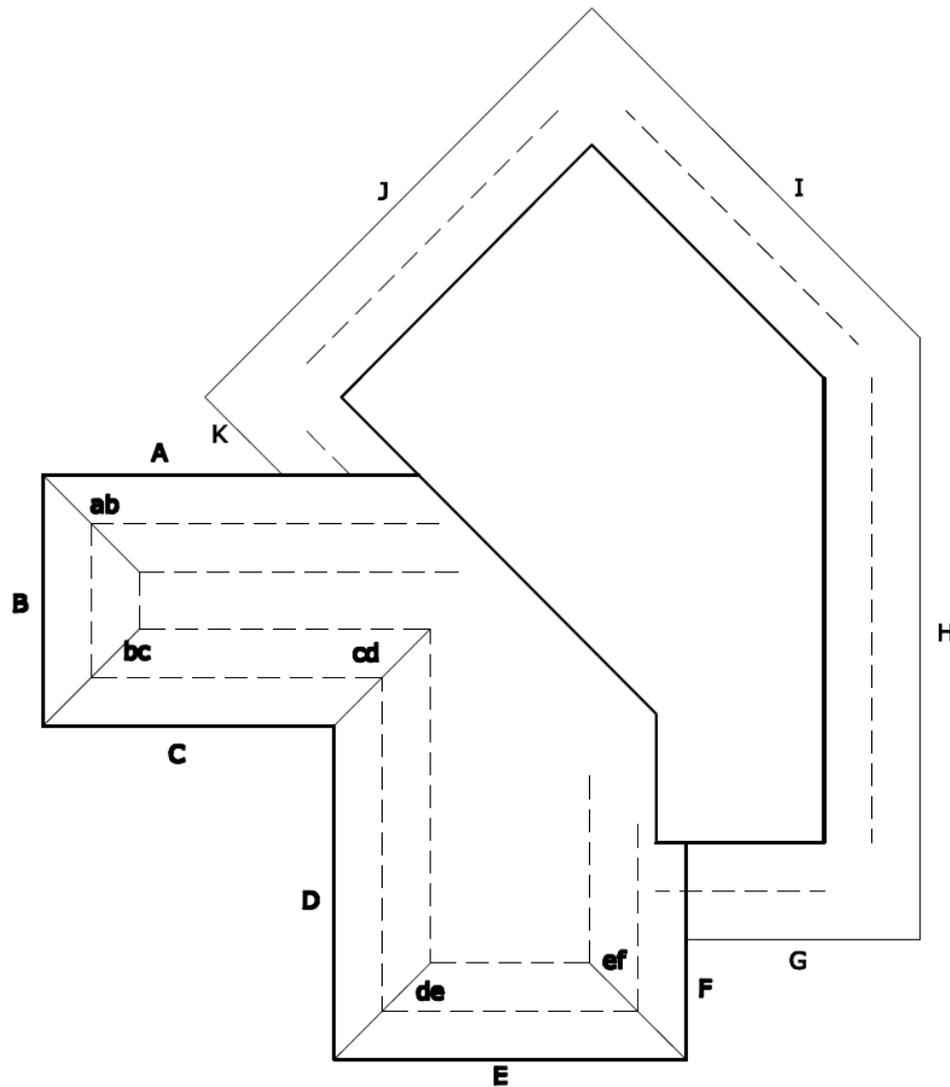
1. Comenzando a resolver por la plataforma inferior resolviéndola hasta la cota de la plataforma inmediatamente superior, considerando a las plataformas superiores como si fuesen medianerías a todos los efectos. En nuestro ejemplo el faldón A ha generado el plano medianero Y desde su cota +0, y el faldón F ha generado a Z en un punto con cota intermedia entre +0 y +1, ya que es al quebrar la línea de medianería cuando dicho plano vierte agua sobre el paramento medianero.

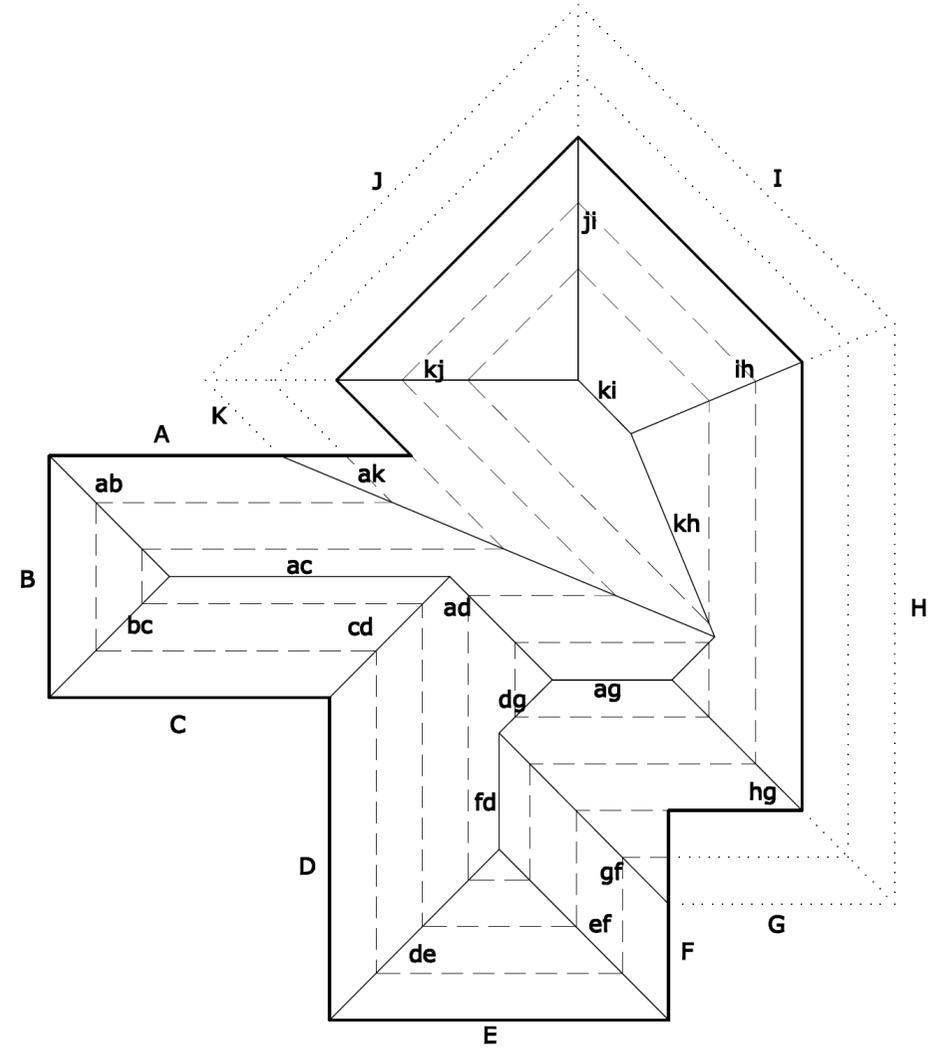
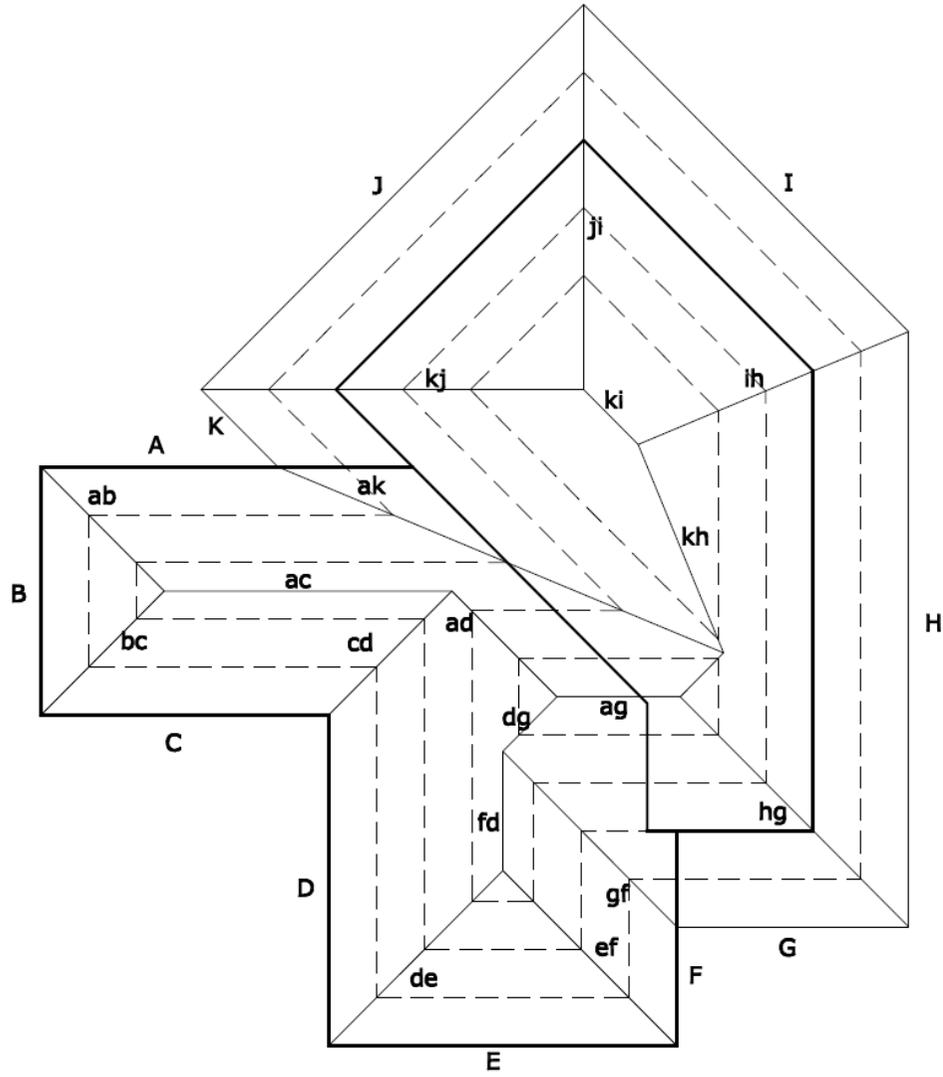


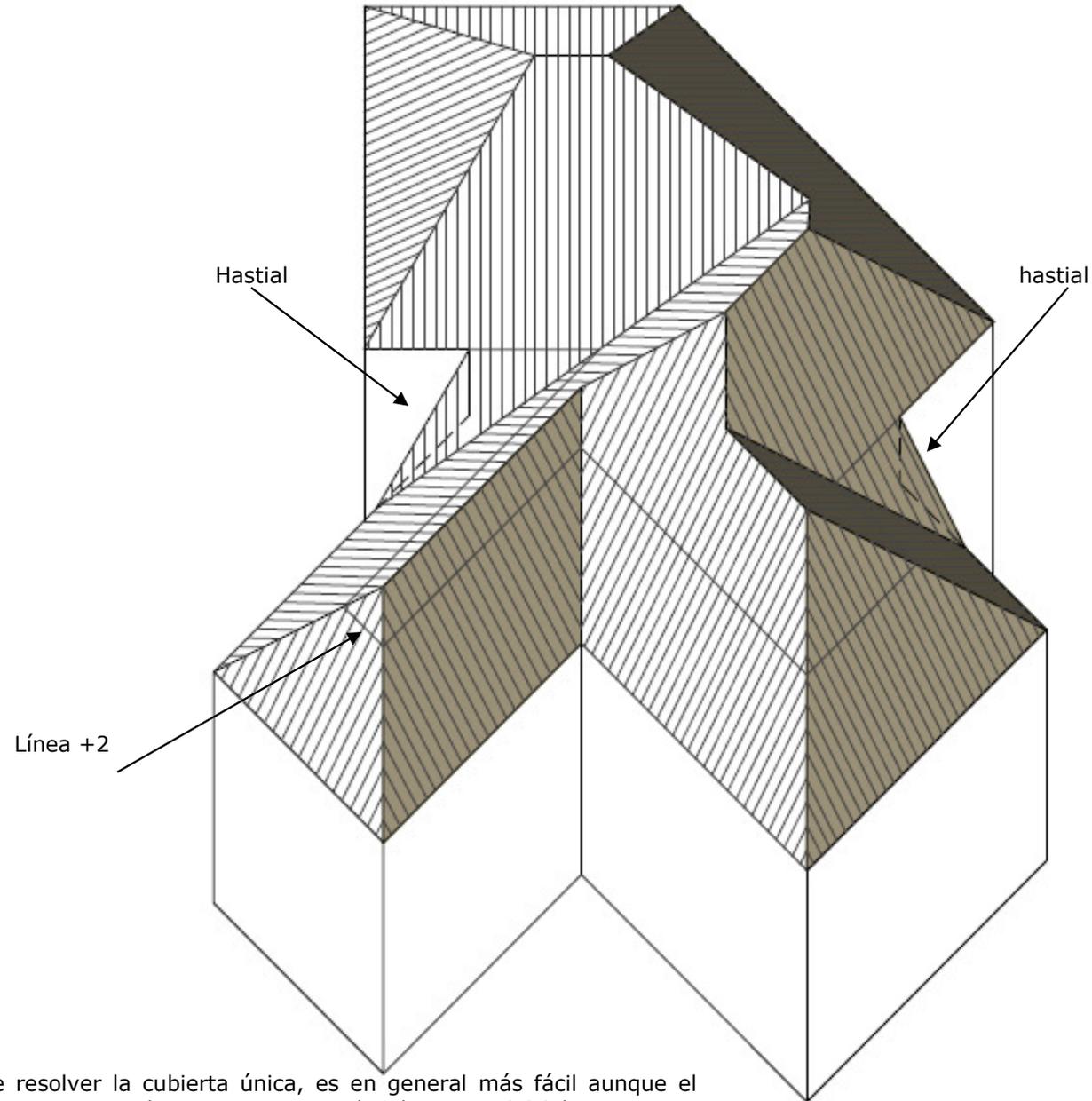
Una vez que hemos resuelto hasta la cota superior (+2 en nuestro ejemplo), creamos un nuevo borde de aleros con las líneas de cota +2 de los planos anteriores y con los nuevos aleros de cota +2. Resolvemos esta cubierta sin tener en cuenta lo que queda por debajo de ella.



2. Prolongando (ficticiamente) los faldones superiores hasta la cota inferior, se resuelve como si la cubierta fuese el perímetro de igual cota a la plataforma inferior, y una vez resuelta se elimina todo lo sobrante de los aleros iniciales, esto dejará una serie de hastiales en los paramentos exteriores que suelen considerarse poco estéticos.







Esta segunda forma de resolver la cubierta única, es en general más fácil aunque el resultado suele ser peor, ya que algunos segmento de alero que inicialmente eran horizontales, ahora son inclinados en la zona de los hastiales.



- ESFERA: Como la pendiente de una esfera va cambiando, hay que obtener un alzado de la misma, y seccionarla por planos horizontales de cota entera, que nos dará los radios de las curvas de nivel de la esfera, si obtenemos un alzado donde el plano se ve proyectante, también podremos obtener los ejes reales de la elipse en que se proyecta la circunferencia sección. (Una esfera es siempre cortada según una circunferencia por un plano, pero dicha circunferencia se verá deformada en elipse si no es paralela al plano de proyección)

