UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

APORTACIÓN AL ESTUDIO DEL SOFTWARE NECESARIO PARA LA INFORMATIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE APRENDIZAJE DE LAS TÉCNICAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA, Y SU POSTERIOR IMPLEMENTACIÓN

Autor: Miquel Castillo i Ballarda
Director: Jordi Mestres i Sardà

1988

GEOMETRIA DE PUNTO, RECTA Y PLANO.

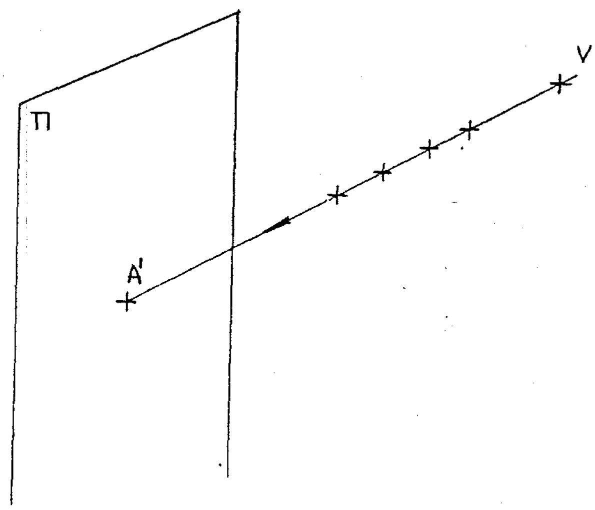
INTERSECCIONES.

Introducción.

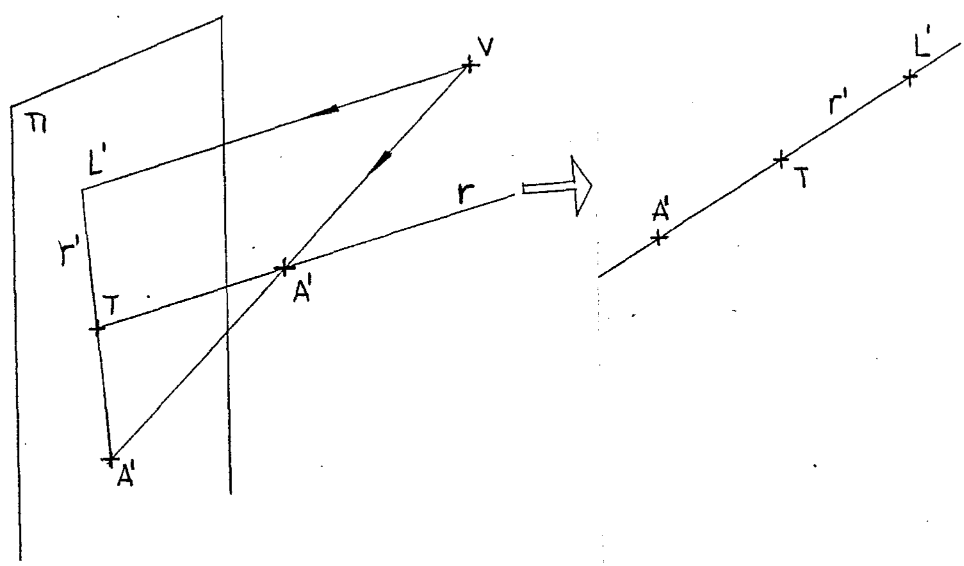
Nuevamente se hace necesário enmarcar la temàtica que vamos a abordar en este capítulo en comparación por un lado con los procesos tradicionales de Geometria, y por otro con los de la Informàtica Gráfica al uso.

El estudio de las intersecciones de rectas y planos, es objeto primordial de la Geometria, dado que se construyen los elementos geomètricos paso-a-paso, a base de apoyarse los unos en los otros y cumpliendo entre si unas determinadas relaciones de distancias, àngulos, ... e intersecciones. En Informàtica Gráfica, el proceso no es necesariamente el mismo a partir del momento en que abandonamos las 2D. Se puede afirmar que mientras estamos trabajando en el plano y èste se representa a si mismo y no a la proyección del espacio sobre èl, las operaciones programadas usualmente no difieren en mucho a las de la Geometria Plana tradicional. Es cuando nos planteamos el problema de las 3D cuando se aprecia un cambio cualitativo en el enfoque desde ambos puntos de vista.

Se opta, como ya hemos comentado anteriormente, cuando se trabaja en paquetes informàticos, por llegar lo màs "ràpidamente" posible a tener una figura, aunque sea bàsica, de referencia sobre la que se podràn realizar todas las operaciones requeridas, pero a la que se llega por procedimientos que no guardan una gran relación con la Geometria tradicional. La justificación de esta forma de trabajo la encontramos en el hecho de que cuando trabajamos en el plano no hay ninguna dificultad en tener figuras incompletas, y en agrupar varias entidades con un nombre determinado, dado que sabemos que todo se encuentra en dicho plano. Cuando pasamos al trabajo con representaciones planas del espacio el problema se complica dado que es necesàrio indicar en donde nos encontramos. Esto no es nuevo, la Geometria ha usado, a travès de su historia, varios sistemas para eliminar estas indeterminaciones; es sintomàtico de esta problemàtica la desasogante indeterminación que nos da un punto en el sistema Central:

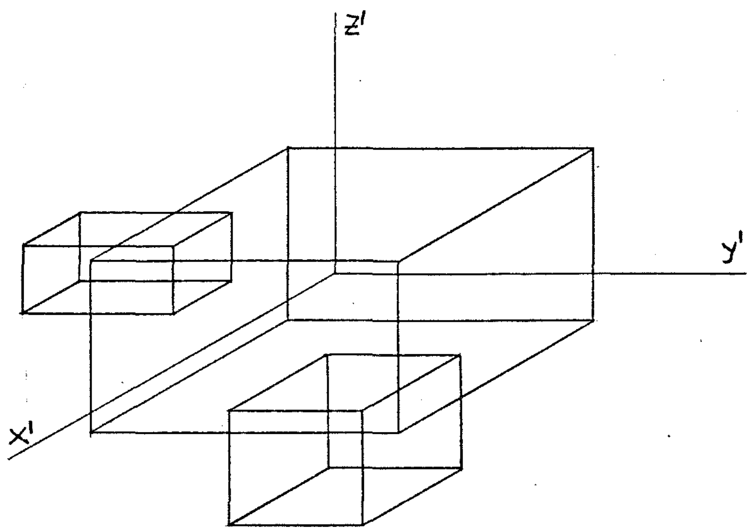


A' es la proyección de infinitos puntos, todos los que se encuentran sobre la dirección que lo une con el punto de vista del observador. En este caso la solución fue determinar una recta sobre la que se apoye el punto y desaparece la indeterminación:

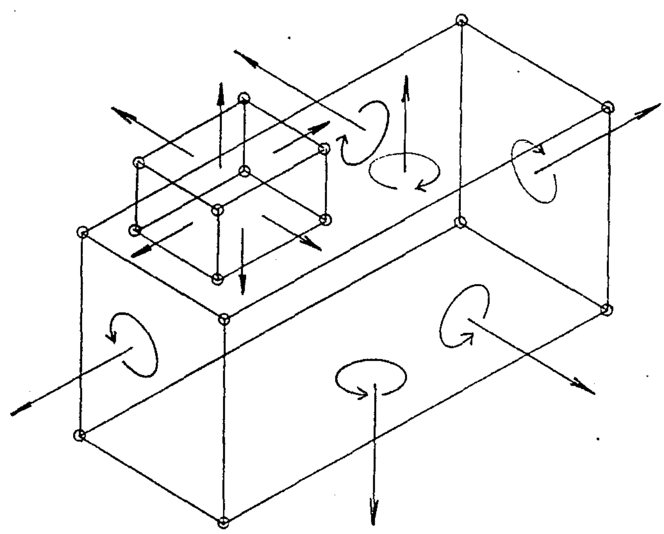


Pese a lo dicho anteriormente, cuando nos planteamos, trabajando sobre papel, el obtener un poliedro tampoco lo dibujamos directamente en 3D sino que vamos creándolo plano por plano, de forma que vamos cambiando la dirección de proyección a conveniencia para ver las verdaderas magnitudes de longitudes, áreas y ángulos. No tenemos, sin embargo, ningún problema de almacenamiento de información, dado que las convenciones a las que hemos llegado a través del estudio de la Geometría nos permiten **leer** en cualquier momento lo que tenemos dibujado. Esa coherencia que da el cuerpo de doctrina geométrico es sustituida en la Informática

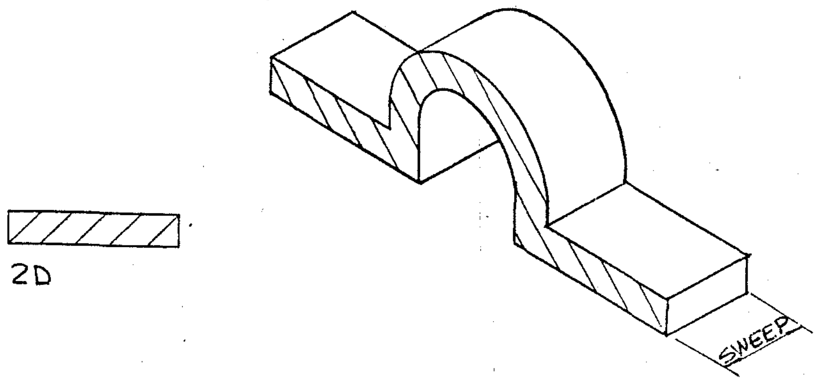
Gràfica por las condiciones de Euler; se entran pues por teclado las coordenadas de los vèrtices de un cuerpo y una vez comprobado que lo forman coherentemente lo tenemos en pantalla, y a èl podemos referirnos a partir de este momento. Supongamos que hemos definido un cubo bàsico, a partir de èl hemos dividido el espacio en cuatro zonas relativas según nos encontremos delante, detràs, encima o debajo de èl. A partir de este cubo original podemos ir edificando el cuerpo que nos interese, apoyàndonos en sus caras. Podemos incluso eliminarlo posteriormente dejando la figura que hemos obtenido sin rastro del procedimiento usado en su creaciòn.



El procedimiento de creaciòn informàtica de un cuerpo en 3D comentado en el pàrrafo anterior es relativamente antiguo y tenia algunas dificultades màs que el comprobar el nùmero de caras y vèrtices que se encontraban en juego; las coordenadas de los vèrtices debian entrarse en un determinado orden de forma que el vector normal de la cara fuera coherente con el cuerpo. Normalmente se exigia que el sentido fuera el antihorario para que el vector normal **saliera** siempre de la cara definida.

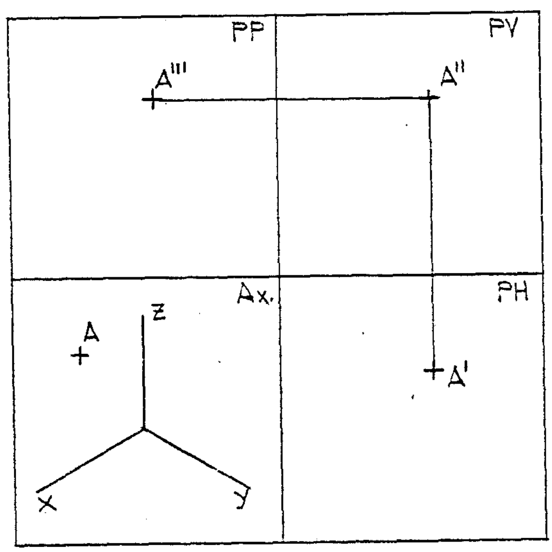


Posteriormente se pensò en un procedimiento de obtener 3D que fuera màs gràfico. Este procedimiento fuè llamado sorprendentemente 2 1/2D. Permitia definir el cuerpo enteramente de una forma interactiva, mediante teclado, tableta o ratòn, con sòlo definir en 2D una cara y dar posteriormente la informaciòn del valor de la profundidad del cuerpo del que formaba parte dicha cara. El valor de la profundidad recibia el nombre de sweep. Las manipulaciones que pudieran realizarse posteriormente ya dependian de la bondad del programa.



En ambos casos no han intervenido para nada los conceptos tridimensionales de intersecciòn en la creaciòn del cuerpo. Intervendran probablemente en la posterior manipulaciòn de èste. Puede darse el caso de que la construcciòn del cuerpo que queramos obtener implique algo màs que ir añadiendo partes a las caras de un cuerpo bàsico; nos puede interesar realizar intersecciones por un plano. Tendremos pues aqui justificado el estudio de intersecciòn de planos e intersecciòn de planos con aristas del cuerpo.

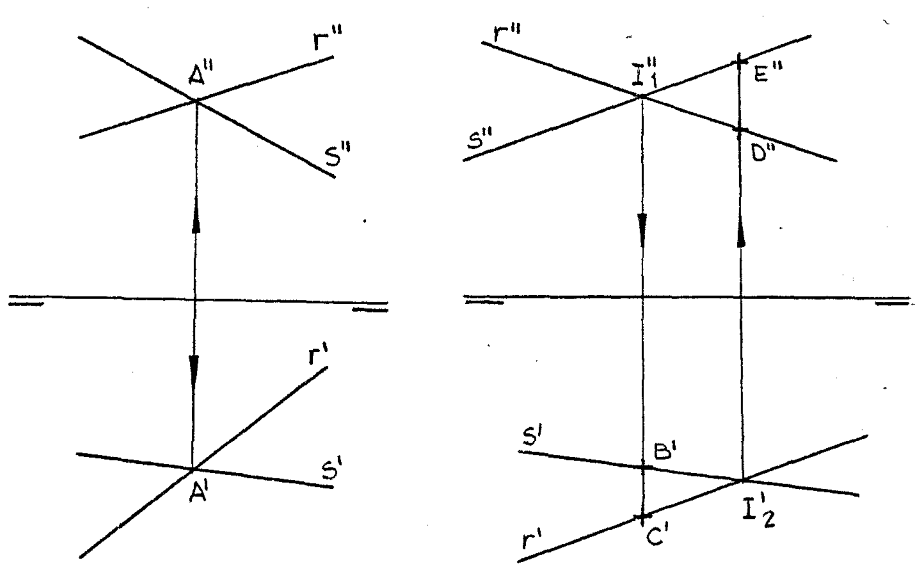
Antes de entrar en el estudio de las intersecciones no querria dejar colgado el estudio de las definiciones de un cuerpo sòlido. Es el objeto de esta tesis el estudio y discusiòn de los mètodos informàticos que nos permitan crear un cuerpo directamente en 3D, seleccionando puntos y rectas, relacionàndolos y obteniendo planos sobre los que obtendremos las caras que forman el cuerpo, etc. Existe la posibilidad, que no debe ser dejada de lado, y que ha sido usada por el que suscribe en algunos pequeños programas para uso de alumnos, de crear un programa que reuna claramente en una misma pantalla los dos sistemas de proyección que continuamente vamos relacionando a lo largo de nuestra exposición: Dièdrico y Axonomètrico.



El poder ver en cada instante las "cuatro" proyecciones de cualquier operación es una posibilidad que me planteo a menudo. El hecho de que me haya inclinado por la opción de trabajar en Axonomètrico y dejar opcional el paso a cualquiera de las vistas diédricas, redibujando la pantalla, se debe al temor de que la capacidad de memoria del ordenador para el que se realiza el estudio no sea suficiente. Pensemos que el hecho de que aparezcan las cuatro vistas de las operaciones que realizamos se consigue dividiendo la pantalla en cuatro partes y haciendo que cada una de ellas sea una nueva pantalla independiente, la información, pues, debe cuadruplicarse y un ordenador del tipo XT puede tener problemas con esa magnitud de información. De hecho es como si trabajasemos con cuatro ordenadores **independientes**, en cada uno de los cuales se resuelve el problema. La cuarta generación de ordenadores que se inaugurará en 1987 será la ideal para este tipo de operaciones (1).

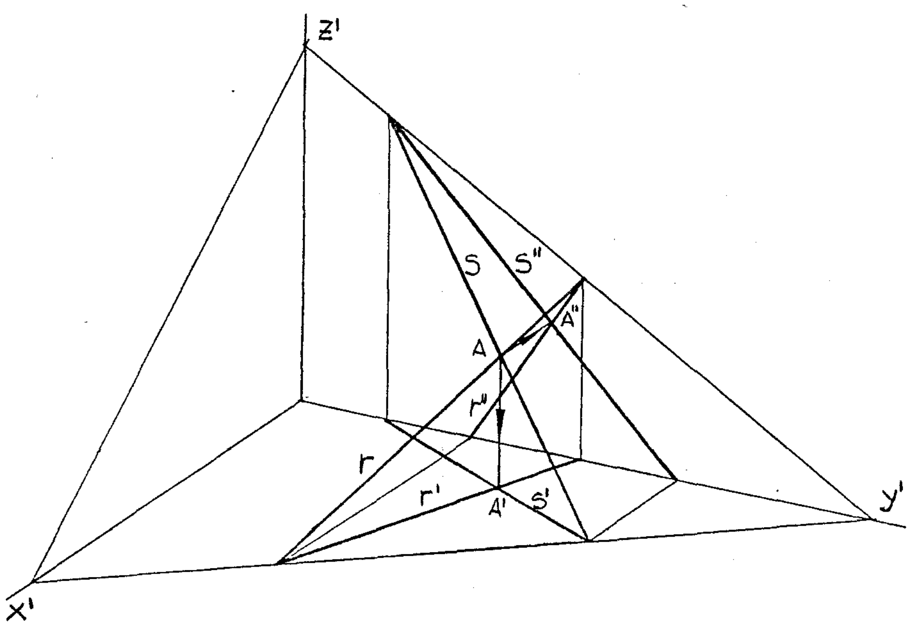
Intersección de rectas.

Dos rectas que se cortan definen un plano, y viceversa para que dos rectas se corten deben ser coplanarias. Es habitual en el Sistema Diédrico proponer como ejercicio sencillo el comprobar si se cortan dos rectas que en una visión rápida dan esa impresión, ya que si lo hacen sus proyecciones.



En la figura de la izquierda vemos que las rectas efectivamente se cortan, ya que las proyecciones del punto de **intersección** se encuentran sobre la linea de correspondencia. No ocurre asi en la figura de la derecha, en donde obviamente las rectas se cruzan. Es, pues, inmediato saber si dos rectas se cortan y cual es el resultado de dicha intersección.

En Axonomètrico se puede recurrir al uso de planos proyectantes para realizar el mismo tipo de comprobación.



Analiticamente puede resultar interesante también, comprobar previamente si dos rectas se cortan antes de pasar a buscar su punto de intersección. No es probable que en un problema nos interese consultar si dos rectas previamente definidas se cortan, es necesàrio, no obstante, tener prevista la respuesta de que dichas rectas seleccionadas no se cortan y a nivel de simple programaciòn resolver los problemas de indeterminaciòn con que nos encontraremos cuando alguno de los coeficientes de la recta sea cero.

En definitiva, sòlo habrà que implementar un algoritmo de intersecciòn y usar adecuadamente el de seleccionar entidades, en este caso recta, que a esta alturas ya debemos tener comprobado su òptimo funcionamiento. La ùnica respuesta gràfica prevista serà un cruz sobre el punto determinado, y opcionalmente la apariciòn en la linea de diàlogo de las coordenadas del punto creado.

Puede existir otro motivo para intersecar dos rectas: definir un plano con ellas. El procedimiento a seguir serà el mismo, ver si se cortan y una vez obtenida la respuesta hallar y almacenar la informaciòn de dicho plano. Un ejemplo de diàlogo en esta operaciòn seria:

DEFINICION DE UN PLANO.

¿COMO QUIERE DEFINIRLO?

SELECCIONE LA PRIMERA RECTA.

SELECCIONE LA SEGUNDA RECTA.

LAS DOS RECTAS NO SE
CORTAN o

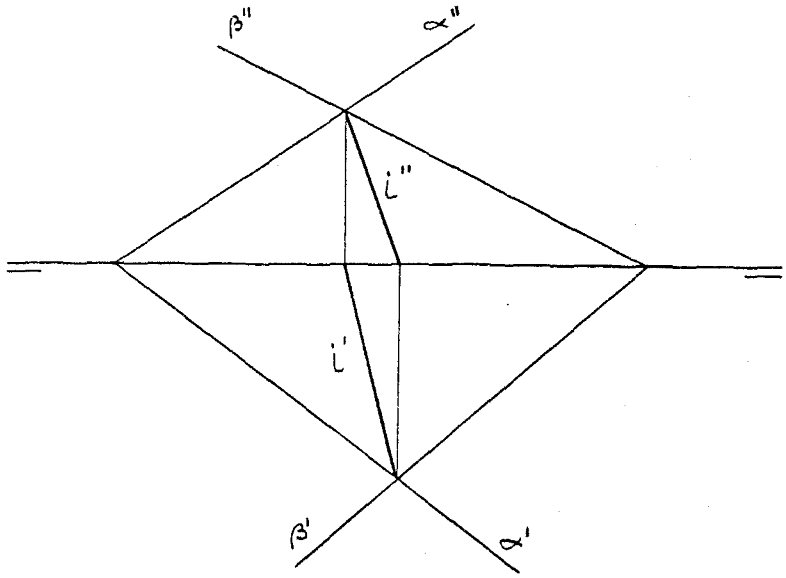
NOMBRE POR FAVOR EL
PLANO DEFINIDO.

Intersección de planos.

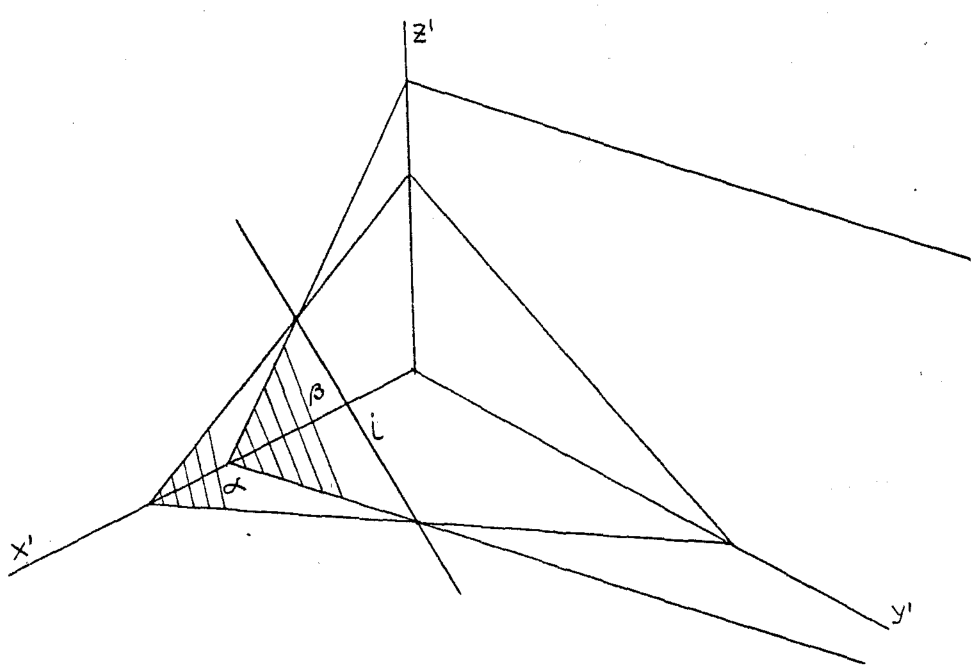
Mientras que cabia la posibilidad de comprobar, previamente a la operación de intersección, si dos rectas se cortaban en un punto; no existirá aqui la opción de comprobar si dos planos lo hacen según una recta, ya que dicha intersección tendrá lugar siempre.

Como la recta intersección de dos planos debe estar a la vez contenida en ambos, el proceso de determinación habitual de dicha recta es hallar dos puntos singulares de ella: los puntos traza. Dichos puntos traza deben encontrarse a la vez sobre los dos planos en cuestión, y tambien sobre un tercer plano: el de proyección en cada caso, luego son el resultado de la intersección de tres planos. El proceso a seguir es muy claro: encontrar los puntos de intersección de las trazas de los planos que serán los puntos traza de la recta de intersección.

Veámoslo en el Sistema Diédrico:



En Axonomètrico el procedimiento es anàlogo:



Como en nuestro sistema informatizado no usamos habitualmente las rectas traza para definir planos, el proceso no tendrà una implementaciòn inmediata.

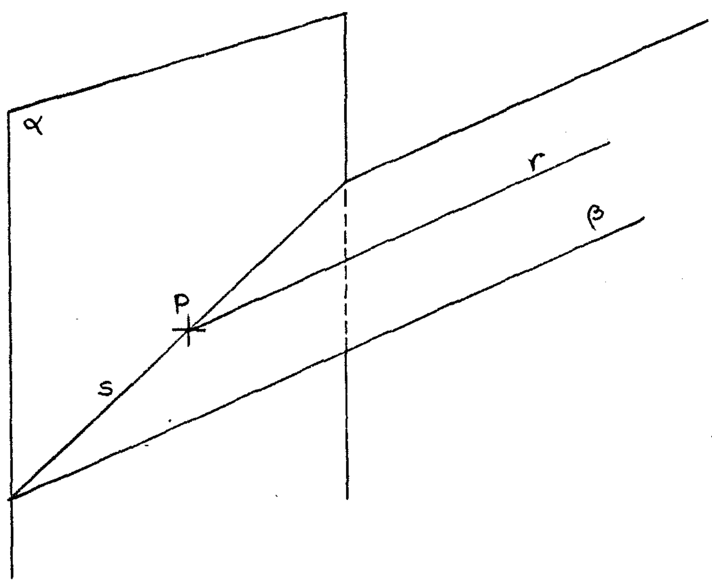
El calcular la ecuaciòn de la recta intersecciòn de los dos planos no implicarà ninguna dificultad analitica distinta de las otras operaciones realizadas hasta el momento (2). Veamos la respuesta gràfica a la pregunta de intersecar dos planos. Hemos decidido anteriormente que debido a posibles utilizaciones posteriores de la informaciòn contenida en una recta, almacenaremos de ella los tres puntos traza. Usaremos esa informaciòn para dibujarla, uniendo dichos puntos de forma correcta, para que la recta que nos aparezca en pantalla sea la proyecciòn directa de la que buscamos. Para ello deberemos tener realizado el estudio que se apuntò en el Capitulo 4, sobre los posibles tipos de rectas. Posteriormente podremos manipular el aspecto de la recta aparecida, prolongàndola o alargàndola a conveniencia del resto del dibujo.

Destaquemos aqui la paradoja de que en algunos casos, como el que estamos comentando, llegamos a las mismas conclusiones de resoluciòn de problemas pero mediante planteamientos, en principio, dispares. Los puntos traza de una recta son usados para definirla gràficamente en ambos casos, pero mientras que en el caso de la Geometria tradicional esta definiciòn es ya necesaria y suficiente, en nuestro caso es sòlo necesaria ya que para que estè completamente definida hemos de tener su informaciòn analitica. De hecho cuando tenemos la informaciòn analitica la **traducimos** gràficamente. Es el mismo proceso del razonamiento humano, la recta expresa un concepto que nosotros representamos gràficamente. La información que le hace falta al dibujo para ser efectivamente el soporte de las propiedades de una recta, en un caso se encuentra en una abstracción basada en una aprendizaje geomètrico y en el otro en una matriz dentro de la memoria del ordenador.

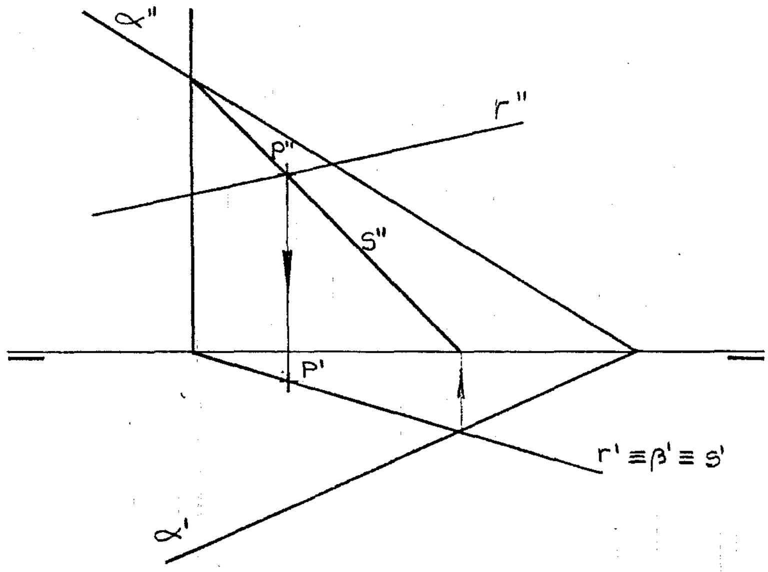
Intersección de Recta y Plano.

Usualmente este es un caso que no se resuelve de una forma inmediata, sino que requiere varias operaciones previas.

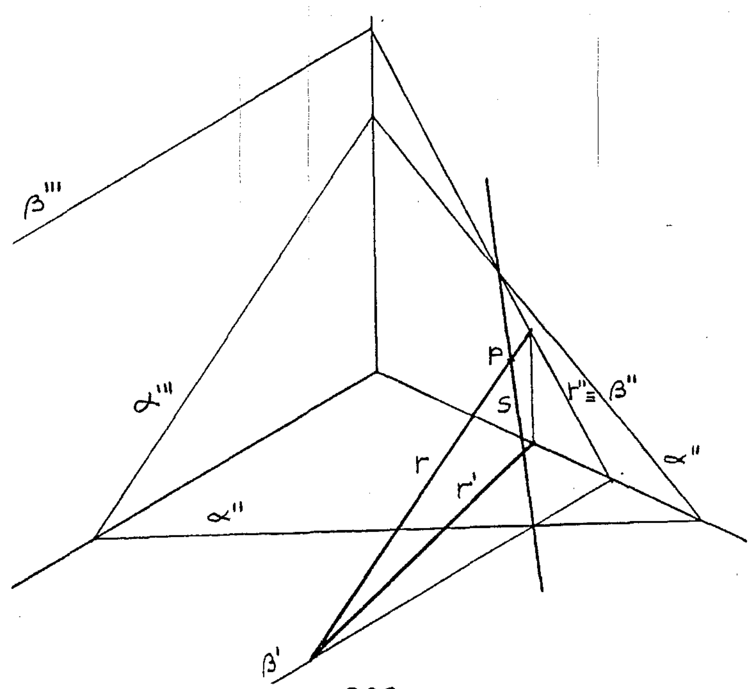
Sean r y α los elementos a intersecar, su intersección debe ser un punto, que se obtiene definiendo un plano auxiliar β de forma que contenga a r, e intersecando α y β. De la intersección de los dos planos obtenemos la recta s, que por su misma definición es coplanaria con r y se corta en el punto P que buscàbamos.



Su traducción diédrica es inmediata dado que, una vez más, no hemos impuesto ninguna condición restrictiva al plano auxiliar ß, por lo que éste puede ser uno de los proyectantes, de fácil uso, que hemos visto antes.



El procedimiento a seguir en Axonométrico es obvio.



Veamos, en función de sus motivos de uso, cual será su implementación informática. No es necesário repetir que su traducción analitica es inmediata, una vez solventados algunos pequeños problemas de indeterminación que pueden surgir.

Aunque pueda parecer extraño, la intersección de plano y recta (por este orden), es complementaria y yo diria sustitutoria en algunos casos a la intersección de planos. Veamos por que.

Si lo que nos interesa es materializar el concepto geomètrico de intersección de dos planos desde un punto de vista teórico, incluso como apoyo de una disertación didáctica, es obvio que lo dicho en el apartado dedicado a intersección de planos es completamente válido. Pero si lo que pretendemos es, como en nuestro caso, usar dichas operaciones para la obtención y manipulación de objetos poliédricos, su enfoque puede ser distinto.

Supongamos que tenemos definido un cuerpo sólido como el de la figura:

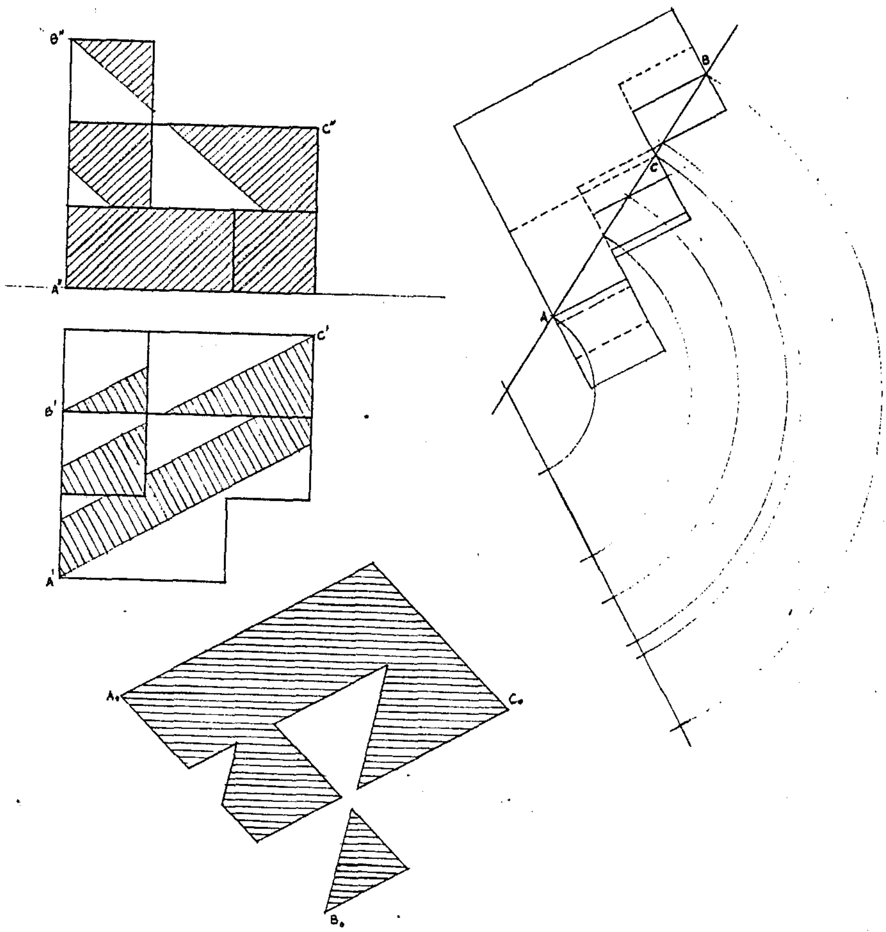


FIGURA A.

y queremos cortarlo por un plano determinado; nos será necesário conocer cuales de los planos que lo forman son cortados por dicho plano. Este no es un problema obvio, sino que requiere una serie de operaciones complementarias. Normalmente se resuelve en Diédrico y si queremos hacerlo en Axonométrico dada su dificultad, hacemos la operación en Diédrico y luego traducimos los resultados a este sistema. Nos interesará, pues, ver el proceso de resolución en el Sistema Diédrico.

Sòlo con las dos proyecciones dièdricas del sòlido y las de las trazas del plano secciòn nos es imposible saber cual serà la secciòn que buscamos; hemos de recurrir a un cambio de plano: VER FIGURA A.

Ahora ya nos es màs sencillo saber que caras del cuerpo son cortadas por nuestro plano. Procediendo ordenadamente, y volviendo la informaciòn a las vistas dièdricas **cara por cara y por caras consecutivas**, podemos laboriosamente encontrar la secciòn que estamos buscando. VER FIGURA A.

De hecho, al trasladar la informaciòn obtenida en el cambio de plano, lo que hacemos es buscar que punto de cada arista es el de intersecciòn del plano que buscamos, serà este sencillo concepto el que usaremos a continuaciòn.

Como los distintos planos o caras (polìgonos segùn nuestra notaciòn) que forman un cuerpo se intersecan entre sì, de hecho cuando buscamos la intersecciòn del cuerpo por un plano, el resultado gràfico es el obtenido de intersecar el plano con las aristas del cuerpo. Esta operaciòn informàticamente es muy sencilla, sòlo tendrà la dificultad del tiempo que tarde el microprocesador en realizar todas las intersecciones. Como tenemos almacenadas en matrices las aristas (rectas-segmentos) que forman el cuerpo, sòlo es necesàrio diseñar un programa que ordenadamente las corte todas por un plano determinado y una los puntos de intersecciòn obtenidos tambièn ordenadamente.

Esta opción de trabajo tambien existia cuando trabajábamos en el Sistema Diédrico, pero por razones obvias no se usaba nunca. (Implicaria realizar la operación de intersección de plano con recta para todas y cada una de las aristas del cuerpo, mientras que con el método del cambio de plano, la operación a realizar es única). El modo repetitivo de trabajar del ordenador lo hace ideal para resolver estos casos.

Una vez obtenidos todos los puntos de la intersección, y unidos ordenadamente, tenemos una serie de rectas coplanarias que nos dividen la unidad formada anteriormente por el cuerpo sólido en dos nuevas unidades que es menester poder distinguir. Normalmente existen tres posibilidades de presentar el resultado (considerando que el cuerpo aunque no sea de estructura de alambre, aparece sin lineas ocultas): con el cuerpo completo al que se le ha añadido la sección, y sólo la parte superior o sólo la inferior. El concepto de inferior o superior nos viene determinado por el mismo plano sección que divide a todo el espacio en dos semiespacios; podemos encontrarnos en uno o en otro según definamos el vector normal del plano. De hecho esta operación puede ser posterior, y resolverse mediante una pregunta de si se pretende ver la parte de cuerpo que queda en el lado positivo del semiespacio, asociándolo al que se encuentra en el sentido de la normal al plano, o en el negativo. Si como es muy habitual el plano sección viene definido por tres puntos del sólido dado, nos será muy sencillo tener en cuenta el orden de entrada de la situación de los puntos en el ordenador, para asi saber cual es el sentido de la normal del plano que estamos definiendo.

Como tenemos perfectamente definida la secciòn por las aristas que la forman, podrìamos preveer algùn tipo de subrayado del area que enmarcan, con lo que la respuesta gràfica es muy orientadora del tipo de secciòn que hemos obtenido. Para complementar dicha informaciòn nos interesa muy a menudo conocer la verdadera magnitud de la secciòn que hemos obtenido. En Dièdrico implicaba, en el cambio de plano, realizar un abatimiento y unir correspondientemente los puntos abatidos con sus proyecciones, horizontales por ejemplo. VER FIGURA A.

En nuestro caso el problema està resuelto aplicando los conceptos que hemos comentado en capitulos anteriores, de substituir las operaciones de cambios de plano y abatimiento por los de cambio de punto de vista de la proyecciòn. Como sabemos la orientaciòn del vector normal al plano, basta proyectar en dicha direcciòn y en el sentido que nos convenga, para ver el cuerpo de tal forma que la secciòn plana nos quede en verdadera magnitud. Si ademàs hemos previsto anteriormente que la secciòn quede diferenciada del resto mediante un rayado, por ejemplo, el resultado puede ser, con ventaja, satisfactòrio. En pantalla aparecerà tambien el resto del cuerpo no seleccionado, si lo que pretendieramos es tener sòlo la proyecciòn del plano secciòn, podemos usar el concepto, que debemos tener implementado, de selecciòn de una cara señalando aproximadamente en el c.d.g. de dicha cara. Si esta ùltima operaciòn da lugar a confusiones, se puede usar encadenada con la anterior, primero seleccionamos una vista del cuerpo que nos la ponga en verdadera magnitud y luego seleccionamos dicha cara, con lo que el único efecto será el de que desaparecerá el resto del sólido.

Si lo único que nos interesa es obtener el punto de intersección de una recta y un plano sin vernos envueltos en las operaciones de las que hemos hablado más arriba, no parece lógico introducir todas las complicaciones gráficas que implicaria hacer una traducción estricta de los procesos utilizados en el Sistema Diédrico, por lo que la respuesta informática será dibujar una cruz sobre el punto correspondiente de la recta seccionada.

Comentarios y puntualizaciones.

En la exposición anterior han quedado algunos conceptos puntuales que merecen un comentario diferenciado, ya que de ser hecho dicho comentario alli, hubieran enturbiado una serie de conceptos muy válidos y claros.

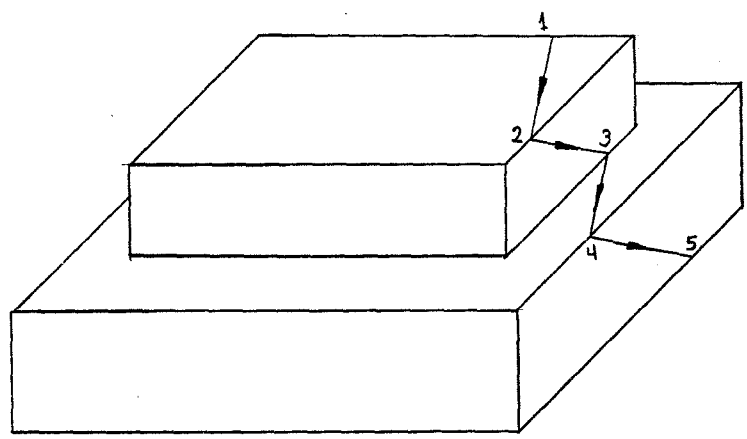
Es obvio que el concepto más importante de este capitulo es el de la intersección de un plano, ya sea con otro plano o con una recta. Cuando tratamos el tema de seccionar un cuerpo por un plano hemos recurrido al camino de, en vez de hallar las secciones de cada plano con el dado, usar el concepto de sección de plano y arista. Como un plano y una recta siempre se cortan, todas las aristas de un sólido serán cortadas por un plano seccionador, deberemos pues implementar un criterio que nos compruebe la posiciòn del punto de intersecciòn respecto de los puntos que definen el segmento. Si dicho punto de intersecciòn se encuentra entre los dos extremos, la intersecciòn es vàlida, en caso contrario se pasa a la siguiente arista.

En el pàrrafo anterior han aparecido dos conceptos sencillos, obvios incluso, sobre los que se apoya el nudo de la manipulaciòn de objetos considerados estos como sòlidos, no como modelos de alambre. Dichos conceptos son: extremos de una arista y siguiente arista. Si hemos introducido el cuerpo no de una forma geomètrica interactiva como pretendemos, sino mediante teclado y con todas las seguridades de que el cuerpo està completo y forma un sòlido con un nùmero definido de caras y vèrtices; podemos llegar a tener un programa tan sofisticado que nos pida incluso que entremos las caras por un orden determinado, (por caras contiguas, por ejemplo), de forma que se vaya formando un sòlido que tenga respuestas muy claras a las preguntas que le vamos a plantear en el caso de intersecciòn por un plano. Tendremos una matriz con todos los vèrtices del cuerpo, y un orden de creaciòn de dicho sòlido. Con estas informaciones no existirà dificultad ninguna.

En nuestro caso tenemos varios problemas: vamos añadiendo partes del cuerpo hasta dar con el cuerpo acabado, y trabajamos con planos infinitos, cosa que ya hemos solucionando definiendo tan pronto como sea posible en cada caso polìgonos que son planos **delimitados**. La formaciòn de estos polìgonos no es siempre la misma y es gracias a esto que el programa es flexible y creativo. En el pàrrafo correspondiente hemos determinado que cuando queramos definir un lado de un poligono por la intersección de dos planos, èste nos vendrà determinado por la uniòn de los dos puntos traza necesàrios en cada caso, de forma que tengamos en pantalla la proyecciòn directa de dicha recta. Queda la posibilidad de recortar o alargar dicha recta, ya sea por cursor o por el hecho de que se deban cumplir otras condiciones geomètricas como intersecciòn por un tercer plano, para que cumpla las caracteristicas que sean necesàrias; una vez obtenidos dichos puntos-vèrtices deben ser almacenados como tales tanto en la matriz de la recta como en la de los (dos) poligonos de los que forma parte.

Veamos que ocurre cuando dichos poligonos, de hecho sus lados, son cortados por un plano. Dicho plano debe cortar ordenadamente a todos los lados de cada poligono; cuando "acaba" con uno de estos poligonos debe pasar al contiguo. Este ùltimo hecho no representa ninguna dificultad adicional por cuanto el orden ya vendrà preestablecido por el hecho de que cada arista del cuerpo pertenece a dos poligonos forzosamente . Pero, ¿en que orden cortarà a las aristas dentro de un mismo plano?. Para dar una coherencia a la figura deberiamos reordenar los vèrtices en modo anti-horario, de forma que situàndonos hipotèticamente en su centro de gravedad (c.d.g.) el vector normal del plano salga hacia nosotros. Serà en el sentido dado por esta ordenaciòn de los vèrtices en el que se deberà hacer la secciòn por el plano.

He destacado con comillas la palabra acaba, por que encierra un apasionante problema de software. Ayudèmonos de la figura en donde tenemos una proyecciòn axonomètrica de un problema de intersecciòn de sòlido con un plano.

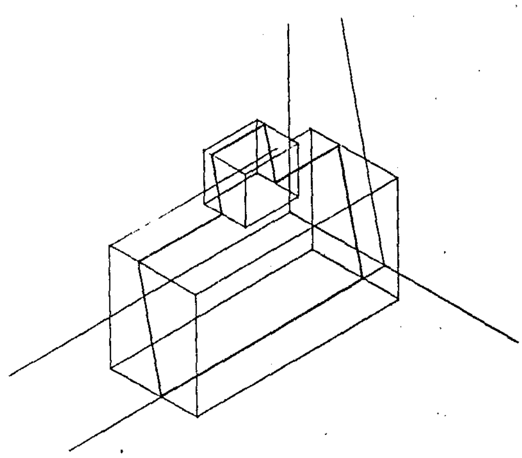


Podemos dejar arbitraria la elecciòn de cual sea la primera arista a cortar, a continuaciòn el plano debe cortar a todas las aristas que se encuentran en el plano de la primera hallada. No debemos olvidar que aunque usemos el concepto de intersecciòn de plano y recta, el resultado es la intersecciòn de dos planos, consecuentemente nuestro plano **solo** puede cortar a dos aristas del poligono. Una vez cortadas todas las aristas debemos tener dos puntos de intersecciòn vàlidos (entre los extremos de los vèrtices de una arista), el plano debe pasar a cortar a un poligono contiguo, ¿cuàl?. Debemos establecer un orden, sea en este caso el horario por contraposición con el de corte. El programa debe volver a la última intersección y pasar al plano contiguo a la arista intersecada. Una vez realizada la intersección con esta segunda cara ya no existe ninguna dificultad, pues sólo puede obtener un nuevo punto de corte y es a este al que se referirá para pasar al plano contiguo. Lógicamente el último punto de corte debe coincidir con el primero.

Por último, puede resultar conveniente preguntarse porque resolvemos una operación, intersección de planos, mediante el uso reiterado de otra, intersección de recta y plano, y ver cuales son sus ventajas. Ya he dicho anteriormente que el realizar una serie de operaciones reiterativas es una de las grandes facilidades que nos da la herramienta que es, en definitiva, el ordenador, sin por eso representar una disminución apreciable en la velocidad de respuesta. La intersección de un plano con las distintas caras de un poliedro implica, lógicamente, menos operaciones que si cortamos el plano con las aristas, pero su respuesta requiere también una manipulación posterior.

Supongamos que tenemos ya la recta intersección de dos planos, esta recta es infinita y hay que ver que porción de ella se apoya sobre la cara en cuestión, lo que se puede obtener hallando la intersección de la recta con dos de las aristas de la cara. En nuestro caso no es necesário representar la recta por sus trazas como paso previo, sino que resolveremos todo el problema analiticamente y devolveremos gráficamente la sección buscada. Como la recta es coplanaria con las aristas que forman la cara, no nos será necesário hacer un test previo para saber si existe intersección. Deberíamos, claro está, implementar también aquí el programa que nos conteste si el punto de intersección se encuentra entre los vértices de una arista. Resumiendo, es necesário hallar la intersección del plano seccionador con cada cara y posteriormente realizar la intersección de la recta sección con los correspondientes polígonos para hallar los puntos que una vez unidos convenientemente, nos darán la sección buscada. En cambio en la opción plano-recta en una sola operación obtenemos los puntos deseados de la sección.

Finalmente, y desde un punto de vista puramente estético quisiera apuntar que debería estar prevista la posibilidad de materializar físicamente en pantalla los planos singulares vistos en el capítulo anterior, cuando sean usados para seccionar un cuerpo, previamente a la ejecución propiamente dicha de la sección. Esta opción está pensada como un método de consulta de si es esta la sección que teníamos en mente cuando estabamos entrando sus características.



Quizás seria interesante que esta opción estuviese implementada siempre que se defina un plano sección de un poliedro.

Notas y Referencias.

(1) El trabajo en modo virtual del microprocesador 80386 permite crear multiples regiones de 1 Mbyte, comportándose cada una de ellas como si se tratara de un ordenador independiente. Ver el articulo "Seis años de compatibilidad" por Fernando Lara en la Revista de Microinformática Personal, número 15. Marzo de 1987.

(2) Para algunos autores, de hecho, la intersección de planos es la forma básica de definición de una recta. Ver "Geometria Analitica" de Leopoldo Crusat Prats. Editorial Bosch. 1951.