

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 Ballardà
Director: Jordi Mestres i Sardà

1988

"Si hay un profesor que puede ser sustituido por una máquina, le estará bien empleado".

Philip Coombs. (1)

INTRODUCCION.

Jeffrey Booker en el último capítulo de su obra "A History Of Engineering Drawing" (2), usa el adjetivo "unwise" para calificar la pretensión de encarar cuál será el futuro de la Ingeniería, considerando el concurso de la Informática para la práctica de aquella. No obstante, no podemos dejar en manos solamente de sociólogos e informáticos la tarea de indagar un poco en ese futuro que nos tocará vivir; con más motivo si nuestro papel es el de formadores de esos ingenieros que deberán, de hecho deben ya, convivir con los ordenadores.

Es un lugar común la gran facilidad de las jóvenes generaciones en su adaptación a la Microinformática -no perdamos nunca de vista que se trata de la Informática Personal-, mientras que la máxima renuencia al uso de los ordenadores se da en el profesorado -reconociendo, no obstante, lo que de simplificador que tiene esta afirmación-. Es por ello interesante estudiar el uso de esas herramientas, a sabiendas de que cada conclusión que exponemos está siendo obsoleta prácticamente en el mismo instante en que es volcada al papel. Actúa a favor de la decisión adoptada, el hecho de que la misma cotidianeidad de la microinformatización exige que la relación usuario-ordenador sea cada vez

más convivencial (3), y además las sucesivas versiones de los programas que se va encontrando un usuario "conviven" también con versiones anteriores de forma bastante no traumática. Es por eso que cualquier consideración puede ser rebatida por el tiempo, pero no se ha perdido éste indagando en ella, ya que de antemano sabemos que estamos trabajando con un material muy cambiante.

Es por eso, que en capítulos precedentes he dedicado considerable espacio a las operaciones fundamentales del tratamiento analítico de la información; pues esos sí que permanecen constantes, dentro de unos límites lógicamente; las innovaciones tecnológicas lo que harán es aumentar la velocidad de computación, o la capacidad de almacenamiento, pero la matriz de la rotación, por ejemplo, seguirá siendo válida. Otra cosa es el mejoramiento del software, a lo que podemos ayudar emitiendo las opiniones que se desprendan de nuestra experiencia (4).

Como ejemplo de las dos consideraciones anteriores podemos nombrar el del conocido paquete AutoCAD. Autodesk, su fabricante, se encontró que a medida que su programa se iba imponiendo, cada vez era más necesaria la disponibilidad de un lenguaje para desarrollar en el seno de AutoCAD macros. Al adaptar esa posibilidad estaba realizando una mejora de su software, como hemos indicado anteriormente, debido a los comentarios de los usuarios. Pero la solución adoptada, como hemos comentado en otro lugar de esta tesis, no fue correcta por ser demasiado especializada: el lenguaje

escogido para programar las macros fue una variante del LISP, que es un lenguaje de Inteligencia Artificial (AI), llamado AutoLISP. Atendiendo a mejorar el grado de convivencialidad, ha anunciado recientemente que las macros podrán ser programadas en lenguaje C, con lo que ha ganado, nuevamente, una gran cantidad de mercado, y finalmente es el usuario el que sale beneficiado.

Nótese que estas conclusiones contemplan, nuevamente, la necesidad de la existencia de los Usuarios-Puente, pues son ellos los que deben tener nociones de programación para, mediante macros si es preciso, personalizar las prestaciones de un paquete comercial, sin menoscabo de realizar algún programa puntual. El lenguaje C parece que se va convirtiendo en el nuevo standard, luego que el combate entre Turbo Pascal y QuickBASIC ha resultado prácticamente nulo, aunque parece ser que con una ligera ventaja de este último (5). Es significativo que además de AutoCAD, sea CADKEY el otro paquete de CAD que usa el lenguaje C, siendo incluso más explícito al anunciar que ha sido elaborado con una serie de librerías de uso común de nombre HALO.

Esa sería una de las conclusiones que quisiera que se desprendieran de esta tesis: desacralizar la Informática para los enseñantes y convertirla en lo que, a mi juicio, es, un sofisticado compendio, en nuestro caso de operaciones entre elementos geométricos, que más que ser un enemigo se trata de un valiosísimo colaborador que añade rigor a las operaciones que nos planteamos.

Realizaciones prácticas.

Relación profesor/alumno.

En este punto, puede ser importante comparar el efecto de la aparición del microordenador con la introducción del video en la Enseñanza; en ninguno de los dos casos la máquina sustituye al profesor, sino que lo complementa. No creo que nadie considere lógico el sustituir un profesor por un aparato de televisión. El ejemplo puede ser discutible ya que la actitud ante el televisor es mucho más pasiva que ante el ordenador, -no me estoy refiriendo a videos interactivos, lógicamente-, en este último caso, la posición del alumno implicará una dedicación por parte del profesorado distinta pero no menor que la que se venía pidiendo hasta ahora. La actitud del profesorado deberá ser muy abierta a la experimentación, debido a ello la relación profesor-alumno será mucho más estrecha que hasta ahora. Es obvio, que la imagen del profesor dogmático quedará en el olvido, lo que no es en absoluto malo, según mi opinión. El profesor deberá intentar profundizar en las posibilidades, tanto de hardware como de software -aunque más en estas últimas-, de forma que pueda dar respuestas a posibles problemas que se planteen. El esquema de trabajo puede ser:

a) exponer un problema a resolver.

b) hacer una presentación de las herramientas que podemos usar para resolver el problema propuesto, así

Realizaciones prácticas.

como de la bibliografía dedicada al tema objeto de estudio.

c) establecer un diálogo para ver de unir los apartados a) y b).

Queda la opción de apuntar una posible solución o no hacerlo, cosa que dependerá de lo avanzado del curso. Se pueden formar grupos de trabajo de forma que las soluciones adoptadas queden implementadas, y en cursos sucesivos mejoradas en función de las sucesivas innovaciones de hardware y software que se vayan produciendo. Pensemos que el concepto de Usuario-Puente aplicado al profesorado, puede ser aceptado o no, según posiciones encontradas y todas ellas defendibles, pero lo que no hemos de olvidar es que la figura del Usuario-Puente estará muy extendida, sin duda, en el alumnado, y eso es algo sobre lo que no se puede interferir. Quiere esto decir que nos encontramos ante un problema clásico de Oferta y Demanda que hay que resolver de una forma lo más clara posible. Es por esto que la imagen que tengo de una clase en el futuro, se asemeja mucho a un laboratorio con una serie de personas sentadas alrededor de ordenadores, plotters, pantallas, digitalizadores, scanners, modems, etc., en donde la pizarra ha visto, claramente, reducir su tamaño y cuya disposición arquitectónica es mucho más casual que jerarquizada. Los pupitres dirigidos hacia la pizarra han desaparecido, y el horario de clase también como tal. Pensemos que el ritmo de aprendizaje es algo muy personal y es muy difícil de evaluar en el caso de la Microinformática, por lo que creo que el sistema de enseñanza deberá apo-

Realizaciones prácticas.

yarse en las tutorías, entendiéndose por tales el fijar unos objetivos, una bibliografía orientativa, unos medios informáticos, un profesor y un tiempo de realización en un sentido muy laxo. Básicamente, se tratará de realizar proyectos cuyo tamaño deberá ir aumentando según una planificación surgida de reuniones del profesorado en donde expongan sus experiencias y objetivos.

Los lenguajes.

Por el hecho de ser los programas informáticos una serie de puertas que permiten el paso al cumplirse determinadas condiciones, nos encontramos que una forma del comportamiento humano, comúnmente aceptada, como es la aproximación, carece de sentido una vez que pasa por el filtro de la formulación electrónica. Dicho de otra forma, más simplista si cabe, lo que debe contener la memoria de un ordenador son los teoremas en que basamos nuestras disciplinas científicas; más a menudo de lo que nos pensamos esos teoremas son aplicados de forma aproximada, cosa que no puede ocurrir con un ordenador. Cualquiera que haya programado sabrá de los problemas que conlleva que una condición "de paso" sea el que una operación matemática tenga un resultado nulo (cero), ya que es menester fijar cuando consideramos que una variable es nula en función del grado de precisión con que estemos trabajando, obligándonos a fijar criterios para decidir cuando un número es suficientemente pequeño para considerarlo así. Pensemos, asimismo, que dado que un ordenador es una máquina cuya máxima utilidad es el trabajo repetitivo según la programemos,

siempre comprobará que se cumplan aquellas condiciones de paso, dándose el caso de que el humano que la manipula puede quedar sorprendido al no razonar de forma tan sistemática. Un ejemplo algo antiguo ya, lo tenemos en los juegos programados para practicar el ajedrez, que tardaban gran cantidad de tiempo en realizar las jugadas dado que calculaban todas las posibilidades independientemente de la fase de la partida en que se encontrasen.

Cotidianidad de la Informática.

Por desacralizar la Informática también entiendo el situarla a su verdadero nivel, distinguiendo claramente el hardware del software. Es en este último estadio en donde nos hemos de fijar primordialmente. En los criterios que se usan para determinar si dos rectas en el espacio se cortan, por ejemplo; para conseguir nuestra participación activa, incluso a nivel de consultor/experto, en la creación de este software, a nivel universitario se entiende, de forma que los criterios de definición se aparten lo menos posible, sin que ello quiera significar inmovilismo, de una ciencia que, como hemos visto en la primera parte de la tesis, es tan vieja como el mundo. Dicho de otra forma: ¿qué necesitaría uno de los ilustres geómetras que nos han precedido para crear su propio software?, la respuesta, que espero que no escandalice por lo que tiene de simplificación, es: un buen compilador de C y unas librerías geométricas que lo complementen (6). Con este bagaje llegaría a crear su propio programa de Diseño. Es esta la actitud que yo propongo, introducir la Geometría Analítica y la

Realizaciones prácticas.

Programación en la enseñanza de las Técnicas de Expresión Gráfica (7). Esta posición presumo que está en clara oposición con otra que se ha producido recientemente -pensemos que aunque nos sorprenda estamos hablando de un periodo de tiempo de menos de seis años en U.S.A. y de cinco en Europa-, de pasar de una actitud beligerante a otra pasiva en la que se espera absolutamente todo del ordenador. La posición que preconizo es más activa y ausente de crítica, dentro de lo que cabe, frente a la máquina. Pensemos que si un programa tiene deficiencias, ellas serán las que nos permitirán adentrarnos más en su manejo; y cuando esas deficiencias hayan sido subsanadas por versiones posteriores nosotros ya habremos encontrado varios caminos alternativos, incluso, llegado el caso, podremos haber creado macros que resuelvan los problemas que no resolvía el programa original. Puede ser importante destacar que un tanto por ciento muy elevado de las mejoras sucesivas de los programas, no son más que macros sugeridas por las críticas recibidas; independientemente, como es lógico, de las ampliaciones reales, que coinciden con el cambio de dígito de la versión, que se vayan produciendo.

REALIZACIONES PRACTICAS.

Se ha dicho más arriba que es una necesidad clara el adaptar los sistemas de enseñanza a la nueva herramienta que es el microordenador. Siendo ésta la voluntad del Departamento en donde presto mis servicios, la aportación o utilidad de la tesis es justamente la implantación, definitiva, ya que

en el curso anterior se realizaron pruebas con grupos piloto al efecto, de esta nueva modalidad de enseñanza a partir de las conclusiones de dicha tesis, que de alguna manera puede adelantarse que son :

Potenciación del dibujo a mano alzada. - Es obvio que no se debe perder de vista el proceso creativo en donde se proyecta lo que desea dibujar. No obstante, y dado el carácter específico de la relación usuario-ordenador, este criterio no debe, no puede afirmarse, ser muy rígido, pues existen diferencias básicas con la relación usuario-papel.

La frontera que separa un croquis y un dibujo definitivo se hace, en el caso informatizado, muy difícil de delimitar, ya que dado su carácter interactivo se pueden ir haciendo variaciones sobre los distintos conceptos con los que nos vayamos encontrando, pero siempre la versión que tengamos en pantalla puede ser considerada como la definitiva; considerándola así en el sentido de que inmediatamente se pueden sacar copias o incluso en un sistema CAD/CAM traducirla a impulsos que nos la hagan trabajar en una máquina-herramienta.

Es por todo lo dicho, que el croquis a mano alzada en vez de ser relegado a un segundo plano, debe ser potenciado. Dado que nos encontramos en un área cercana a la Informática, puede ser interesante hacer un comentario representativo de esta disciplina: En las clases de programación se usa un sistema pedagógico similar al que preconizo, exponiendo el problema a resolver y poniendo a dis-

posición del alumno, un ordenador, un compilador de algún lenguaje y PAPEL. Es menester inculcar al alumno, en este caso informático, que el primer paso que ha de hacer una vez que ha entendido el problema o ejercicio que se le ha propuesto, es hacer lo que se llama el análisis descendente del programa que quiere diseñar. Ciertos autores comentan irónicamente que los alumnos que lo primero que hacen es poner en funcionamiento el ordenador, normalmente tardarán más en resolver el problema y, afirman, lo harán peor. Algo parecido podemos aplicar a nuestro caso de La Expresión Gráfica, el diseñador debe trabajar con el lápiz mucho más que lo hacia hasta ahora, y hacerlo preferentemente en Axonométrico, con lo que este sistema de representación deja de ser, como hasta ahora, un mero sistema de "presentación" de resultados. Será en este croquis a mano alzada en donde se pensará cuales deben ser las operaciones que nos permitirán ver en verdadera magnitud tal recta o plano. Por decirlo de otra forma, trabajar a mano alzada en la fase previa de diseño es una técnica que usando un termino informático, podríamos adjetivar como device-independent, ya que no trabajamos constreñidos por el entorno más o menos estrecho de un programa. Es desde esta forma de trabajo, que podremos desarrollar un trabajo critico, si es necesario, al material informático que poseemos.

Otra ventaja de usar más y mejor el dibujo a mano alzada, es el familiarizarnos nuevamente con el manejo de las cónicas. Es sorprendente, por lo insatisfactorio, el resultado obtenido cuando a un alumno se le pide que realice un croquis a mano

alzada de un cuerpo en el que coexistan varias cónicas.

Mayor profundización del estudio de la geometría plana. - En relación con lo que se ha comentado de ciertas carencias de los programas gráficos, es necesario, cada vez más, que el usuario sepa desenvolverse con las herramientas que tenga en cada caso en dos dimensiones; no olvidemos que por muy sofisticado que sea el sistema de representación ya sea de papel o con soporte informático, hoy por hoy, trabajamos siempre en dos dimensiones como tales dos dimensiones o como proyección de las tres dimensiones sobre un plano, siendo este plano una lámina de papel o una pantalla. Por tanto, como serán operaciones en dos dimensiones las que tendrá a su disposición un usuario deberá saber que es lo que quiere para llamarlas, es obvio que esta profundización en la Geometría plana puede ser realizada directamente a mano alzada, si así se considera conveniente, con lo que enlazamos con lo dicho en la consideración expuesta anteriormente.

Piénsese que mientras que cada día es más fácil encontrar programas que resuelvan de forma satisfactoria los problemas inherentes a las tres dimensiones, la resolución de las dos dimensiones está implementada incluso a segmentos de más bajo nivel que los microordenadores. Es por eso que la Geometría Plana adquiere más relevancia, hasta el extremo de que se puede considerar que es la única que debería ser tratada en profundidad, dado que mediante las manipulaciones convenientes podemos

pasar de las 3D a las 2D y en ellas resolver los problemas.

Se puede objetar a lo dicho anteriormente, que el aprendizaje de las 2D no entra dentro de las atribuciones de la Enseñanza Superior. Este es un problema de programas de enseñanza, y dentro de él sería interesante, aceptando que la enseñanza de la geometría plana debe ser previa a la Universidad, el estudio de la programación de la forma de aprendizaje de dicha disciplina. Obviamente, y como una de las conclusiones firmes de esta tesis, continuamente debería hacerse una traducción analítica de cada concepto geométrico-gráfico que se presente, pensando que muchos de ellos, no todos, de esta forma, serán fácilmente traducibles a tres dimensiones con la adición de una tercera coordenada. La no inmediata generalización de algunos de los conceptos de 2D, puede dar lugar a la introducción de las coordenadas homogéneas, o a la forma más correcta de definir una recta como un punto de paso y un versor, etc.

Nuevo enfoque del estudio de determinadas técnicas relacionadas con los sistemas de representación. - Los sistemas de representación tales como Axonométrico y Diédrico, no pueden ser abandonados totalmente, al menos en una primera fase, pero si determinadas técnicas que los hacen operativos. Un ejemplo claro de esto es el procedimiento que usamos para determinar la verdadera magnitud de una cara de un poliedro; refiriéndonos solamente al sistema Diédrico, deberíamos resolverlo mediante la técnica del cambio de plano o del abatimiento del

plano donde se encuentra esta cara. Dado que informáticamente es posible escoger una vista de dicho poliedro que nos dé esa cara en verdadera magnitud, o, además, sin cambiar la vista, siendo ésta cualquiera, podemos consultar sencillamente la longitud, tanto proyectada como real, de cada uno de los lados que forman dicha cara, es obvio que no tiene mucho sentido perder tiempo en desarrollar la práctica de los sistemas tradicionales antes comentados.

Después de las afirmaciones categóricas realizadas en el párrafo anterior, permitaseme hacer unas reflexiones mucho más conservadoras. Cuando aparece una nueva herramienta, lo que primero que se hace para calibrar su bondad es ver cómo hace las mismas cosas que se hacían sin ella. Es por eso, que no me atrevo a asegurar rotundamente que se deba abandonar el estudio de determinadas técnicas de la Geometría Descriptiva dado que están, actualmente, automatizadas ya que la pregunta que se plantea es: ¿cómo calibrará un alumno de una Escuela Técnica la ventaja de consultar la verdadera magnitud de un polígono situado en un plano que no se encuentra en una posición singular?, o ¿cómo sabrá cual es la posición singular del plano en que el polígono se proyecta en verdadera magnitud?, como podemos responder a esas preguntas si el primer contacto del alumno con las proyecciones lo realiza directamente con el ordenador. Dicho de otra forma: ¿es menester aprender a realizar raíces cuadradas desde la aparición de las calculadoras de bolsillo?, si respondemos que no, nos quedamos sin un sistema de feed-back que nos sirva de compro-

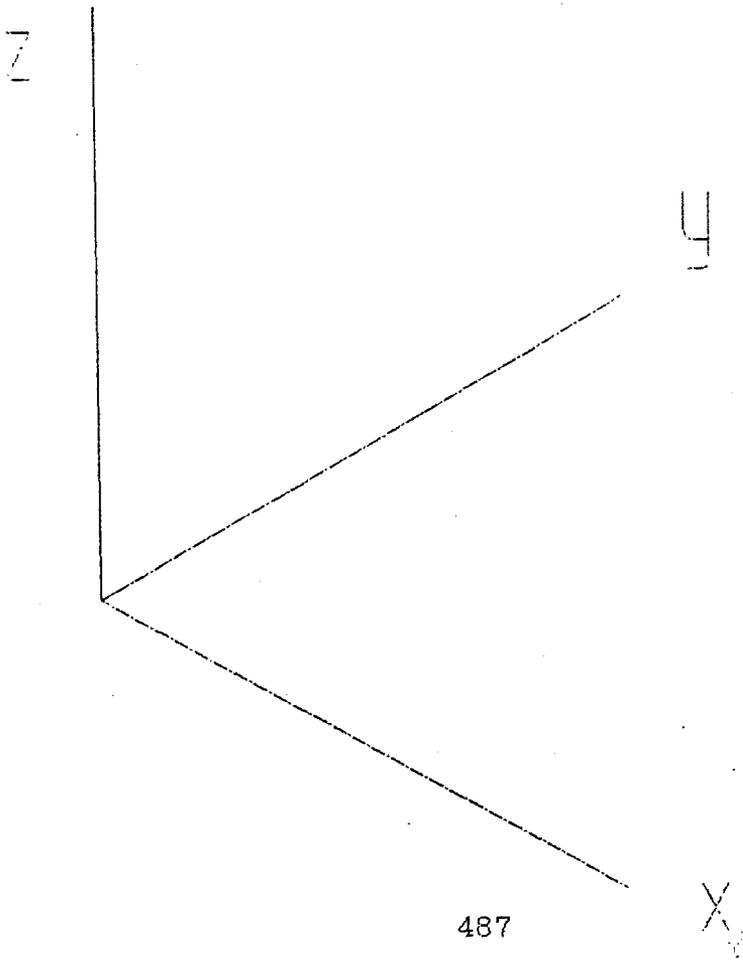
bación de que las operaciones que hemos programado se están cumpliendo correctamente. Hemos de conocer lo que estamos realizando y tener una idea del orden de magnitud de la operación consultada, también cuando trabajamos con un ordenador, pues éste siempre contesta lo que introducimos nosotros, pero ¿dónde está el criterio para saber si nos hemos equivocado al formular la acción que se está realizando?. Si nos encontráramos que el polígono anteriormente comentado tenía un tamaño mayor cuando estaba proyectado que en la posición espacial deberíamos repasar todo el proceso de consulta, para ver en donde habíamos cometido algún error; pero debíamos saber que la respuesta correcta era la de que el valor de la proyección debía ser menor.

Veamos como ilustración del tipo de manipulación que la herramienta que es el ordenador nos ofrece, un sencillo ejemplo de construcción de figuras. Para ello usaremos el paquete comercial CADKEY en su versión 2.02, en el que tenemos implementada una ayuda adicional: la materialización de los ejes coordenados. Como se ha comentado en el capítulo "Notiones de CAD", CADKEY provee de ocho vistas de cualquier cuerpo que se cree, trabaja siempre que no se diga lo contrario en 3D. El hecho de trabajar con varias vistas, que pueden ser invocadas sencillamente pero de las que no hay una constancia suficientemente clara en pantalla excepto el dígito que la identifica, unido a que la proyección en esas vistas no es la europea, crea una dificultad de comprensión que ya ha sido prevista por sus creadores y obviada con la introducción de las

Realizaciones prácticas.

coordenadas locales (9). En nuestro caso para acercarnos lo máximo posible al tratamiento habitual geométrico, trabajaremos con las llamadas coordenadas globales. Creando un cubo con estas coordenadas y mediante la consulta de las sucesivas vistas, se llega a la conclusión de cuales de las aristas del cubo son las que pueden considerarse como los ejes; eliminando las restantes y nombrando dichos ejes con las letras correspondientes, tenemos un dibujo del triedro de referencia que puede ser invocado previamente a la realización de cualquier dibujo y ser usado como apoyatura de trabajo. Quedando almacenado en el disco duro, en nuestro caso, como EIXOS.PRT.

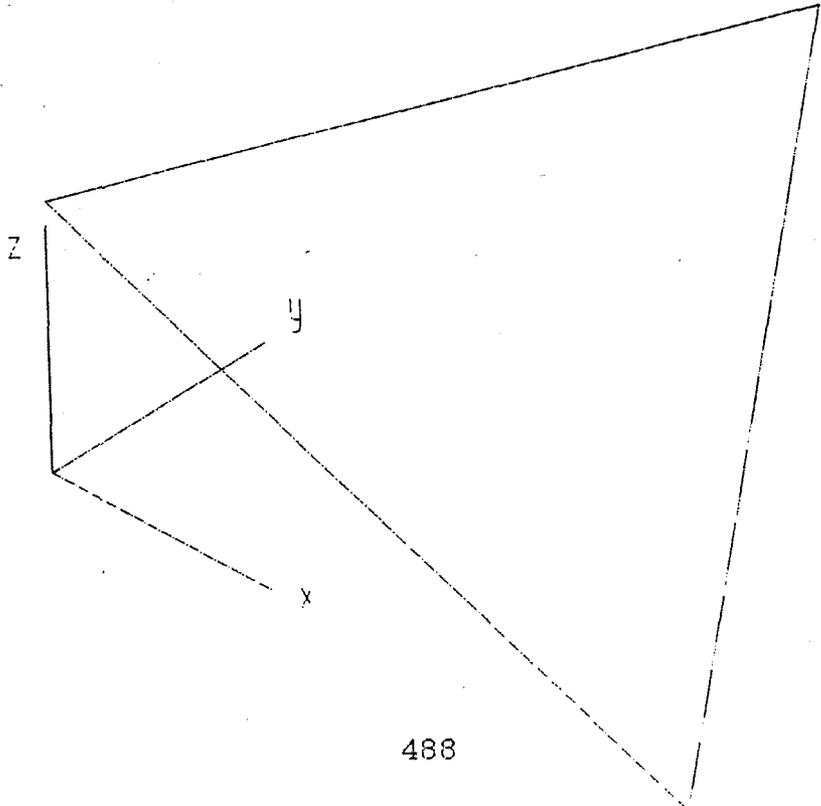
Los ejes, así obtenidos, son los de la figura:



La figura que queremos obtener es la formada por la "unión" de un tronco de prisma y una pirámide, ambos rectos, de forma que el plano común nos venga determinado por sus intersecciones con los ejes coordenados. Empecemos por materializar dicho plano por tres rectas que unen los puntos dados. Como los valores de las intersecciones del plano se nos dan numéricamente, los podremos introducir por teclado de la forma:

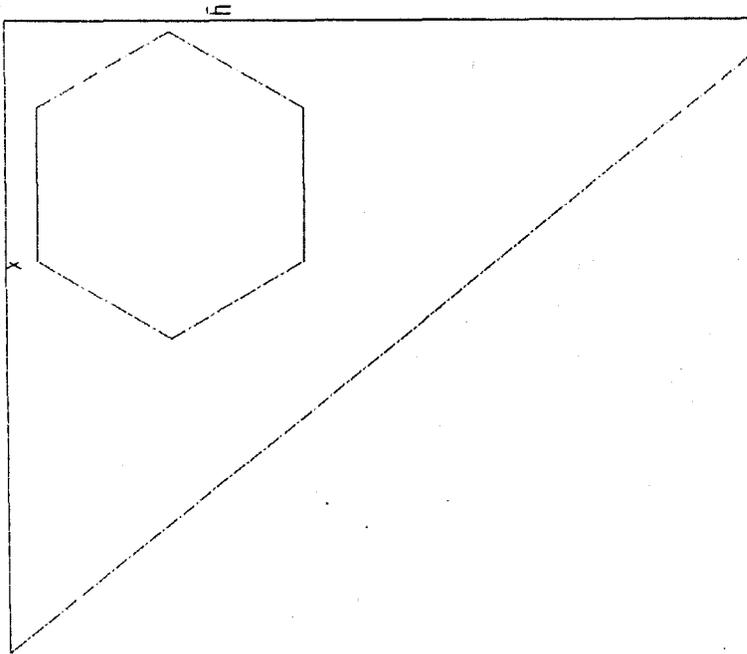
recta que une el punto $X=290, Y=0, Z=0$
con el punto
 $X=0, Y=360, Z=0$.
recta que une el punto $X=0, Y=360, Z=0$
con el punto
 $X=0, Y=0, Z=110$.
recta que une el punto $X=0, Y=0, Z=110$
con el punto
 $X=290, Y=0, Z=0$.

La vista axonométrica de dicho plano será:



El prisma es hexagonal regular, siendo sus características que su lado vale 70 y su se encuentra a 75 de los ejes horizontales. Obviamente, no podemos poner estas magnitudes directamente en Axonométrico de forma similar a como hemos hecho antes con el plano, dado que esas medidas sólo serán válidas en dicho plano horizontal.

Pasamos a la vista que ve la figura en la dirección del eje Z. Esta vista será la planta, en donde podremos operar normalmente en 2D, y en función de las utilidades implementadas hallaremos el hexagono regular que nos proponiamos. Veamos que aspecto tiene esta vista, a la que se ha arrastrado el plano definido anteriormente:



Volviendo a la vista axonométrica, ya tenemos la planta del prisma cumpliendo todas las condiciones que son necesarias al tratarse de una proyección

Realizaciones prácticas.

ortogonal. Vamos a materializar el prisma, de altura arbitraria, para después seccionarlo por el plano, obteniendo el tronco deseado.

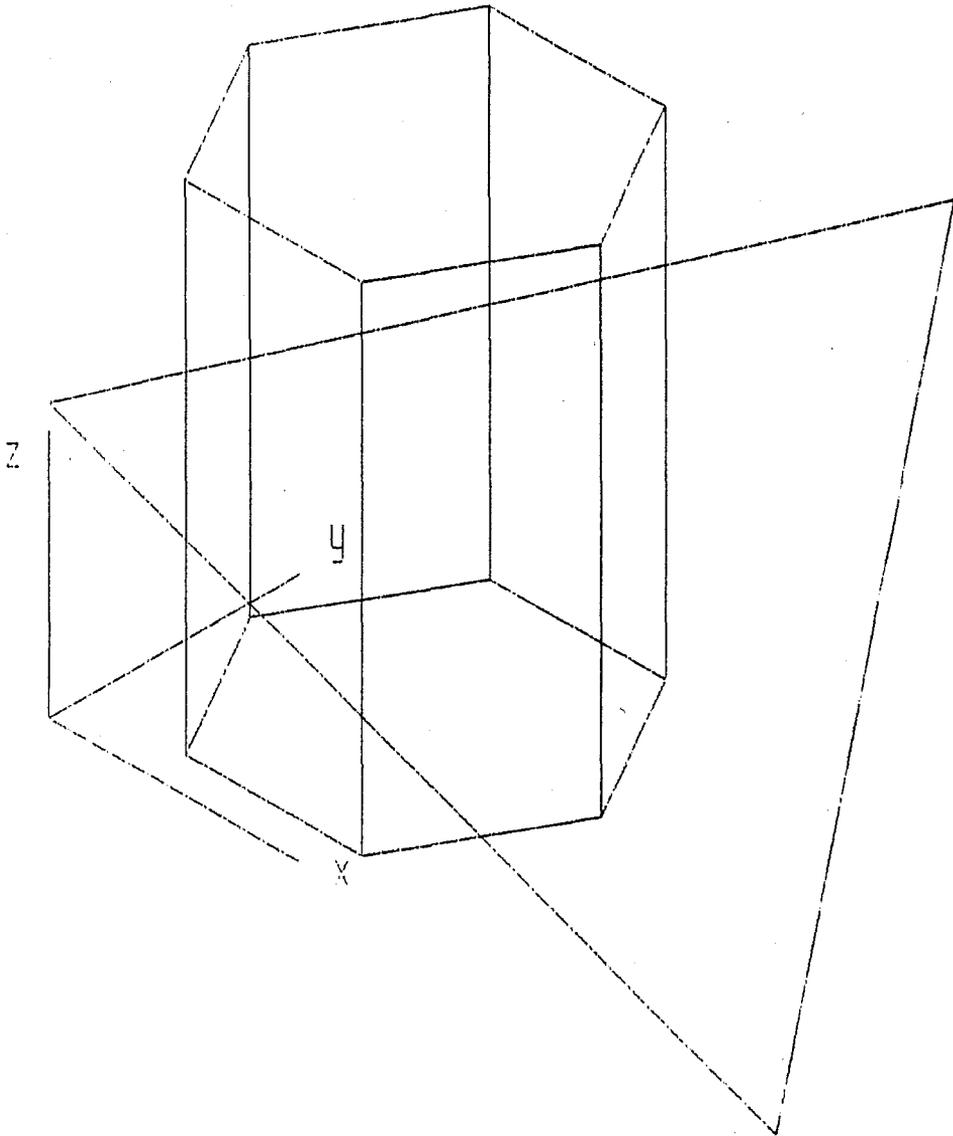
La operación de crear el prisma no tiene traducción en la Geometría Descriptiva usual, siendo una peculiaridad del programa en cuestión. Como se comentó en el capítulo correspondiente, CADKEY ofrece la posibilidad de desplazar partes del dibujo a nuevas posiciones, existiendo tres opciones: a) sencillamente hemos desplazado una parte del dibujo, borrando la que se encuentra en la posición original. b) análogamente al caso anterior, pero respetando el dibujo original y c) haciendo copias, una o varias, del dibujo original, uniéndolas con éste por sus vértices análogos mediante segmentos.

Usando la opción c), podemos crear, directamente en Axonométrico, otro hexágono igual al determinado previamente en la dirección que queramos, ya que ésta nos vendrá determinada por los valores de dX , dY y dZ que impongamos al desplazamiento. En nuestro caso:

$dX=0$, $dY=0$ y $dZ=200$ por ejemplo.

Con estos valores obtenemos la figura:

Realizaciones prácticas.

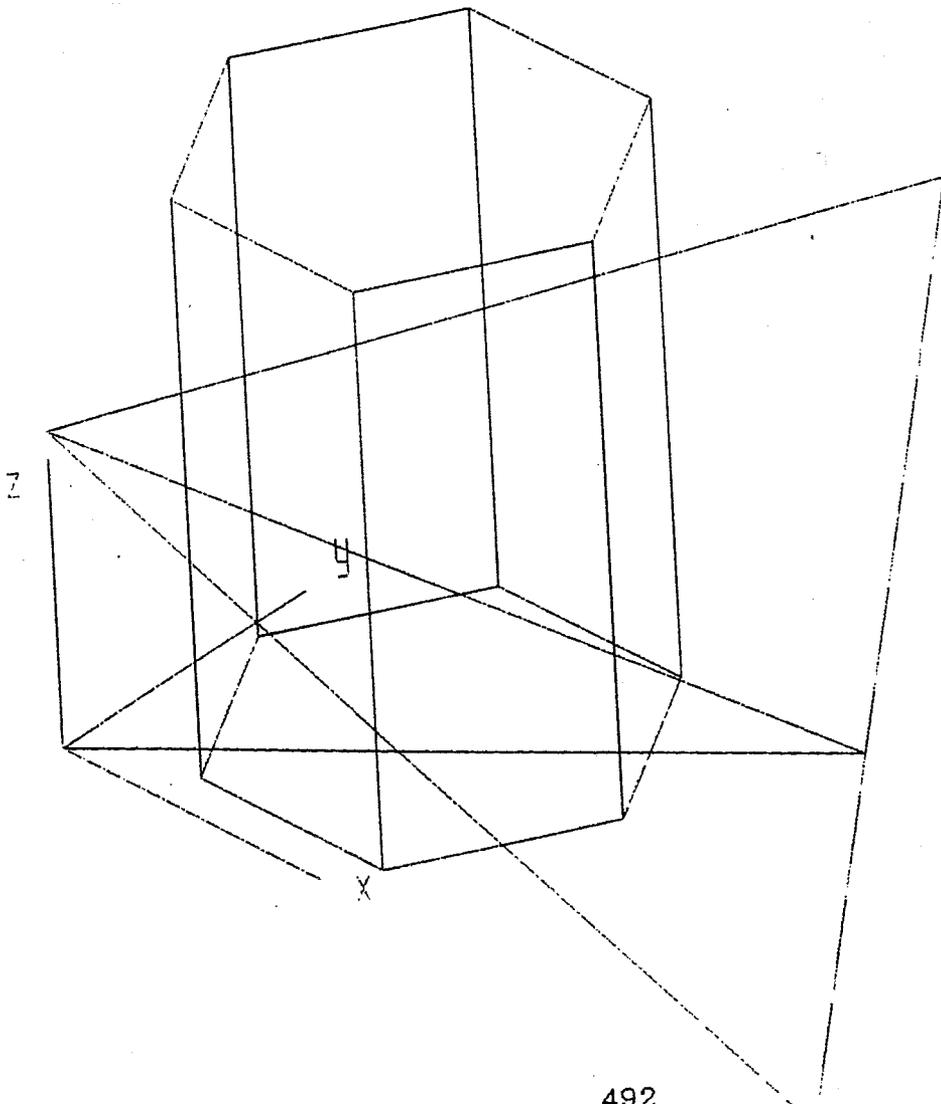


Llegamos ahora a un punto crucial del ejemplo: intersección de un plano con un prisma, materializado el plano por sus trazas. El procedimiento

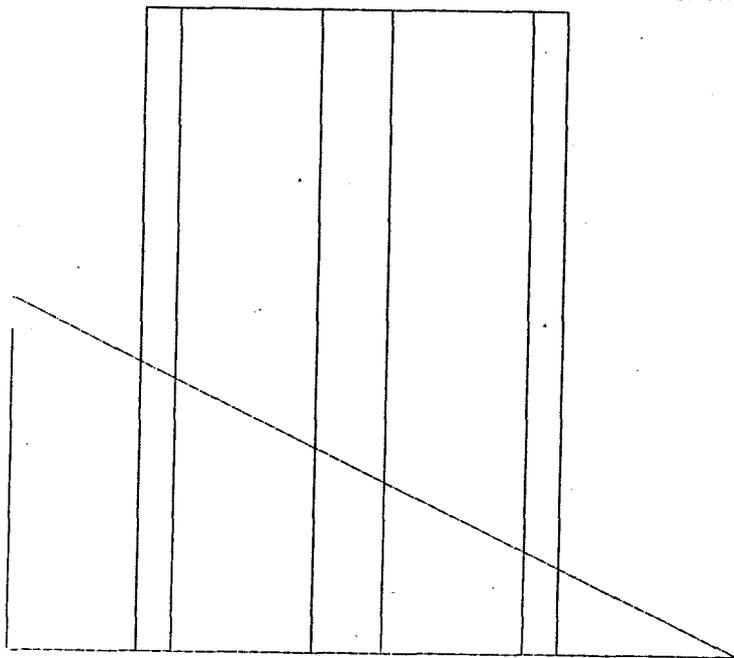
Realizaciones prácticas.

que usaremos es deudor del habitual de la Geometría Descriptiva, con lo que el objetivo de la realización del ejercicio es alcanzado.

El procedimiento que usaríamos trabajando con papel sería el de, mediante un cambio de plano, poner el plano-sección en una posición singular, de canto por ejemplo, encontrando así los puntos de las aristas que son seccionados por el plano. Veamos de traducir dicho mecanismo, para ello trabajaremos con una recta de máxima pendiente de dicho plano, la que materializaremos tanto en posición directa como en previa sobre el plano horizontal:



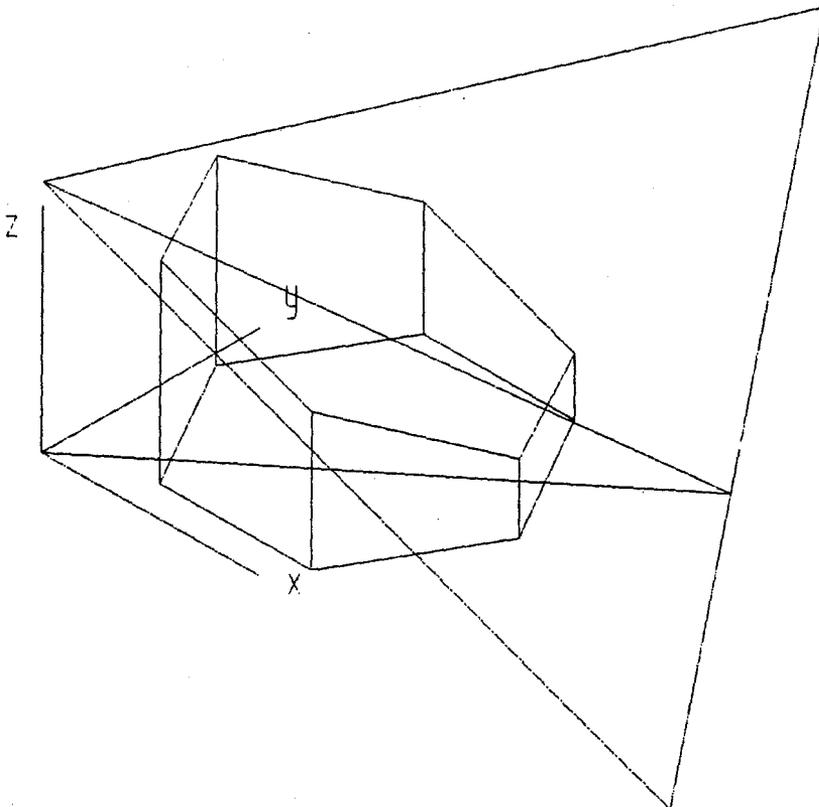
Existe la posibilidad de crear nuevas vistas además de las ocho implementadas originalmente. El proceso consiste en definir la vista de nuestra conveniencia, a continuación el programa comprueba si esta vista recién definida corresponde a una de las ocho o no; en cualquiera de los dos casos la respuesta textual nos indica si queremos pasar a ver aquella vista o no. Podemos de esta forma ver, de forma relativamente sencilla, la verdadera magnitud de caras inclinadas de cualquier tipo de superficies, planas eso sí, y en particular podremos poner el plano que nos ocupa de canto. Para definir una nueva vista existen dos sistemas, uno efectuar giros alrededor de los ejes de forma no muy claramente explicitada en el manual, o, que será el que nos convendrá a nosotros por su claro fundamento geométrico, el de definir tres puntos que nos definan un plano, con lo que el programa define la vista en la dirección perpendicular a este plano. Trabajando con las proyecciones de la recta de máxima pendiente, y definiendo en ellas tres puntos obtendremos la vista 9, que será:



Realizaciones prácticas.

Observemos que en esta vista, y en cualquiera otra de dígito superior a 8, han desaparecido las letras de los ejes, lo que es lógico pues aunque estamos trabajando con los restos del cubo original, lo estamos haciendo en posiciones no previstas de antemano, y era en aquellas en donde habíamos puesto manualmente las letras.

Una vez en este punto el proceso es el mismo que el habitual conocido por nosotros, cortamos las aristas de forma que lleguen desde el plano horizontal hasta el plano que tenemos de canto; uniendo, posteriormente en la vista axonométrica, los extremos de las aristas correspondientes obtendremos el hexágono que se encuentra sobre el plano sección, según vemos:



Nos queda ahora el obtener la pirámide de base común con el tronco de prisma. Para ello usaremos la posibilidad de poder escoger el trabajar en dos o tres dimensiones, y el concepto de profundidad, empecemos por éste último.

Como es lógico, estamos trabajando con la representación bidimensional del espacio tanto si trabajamos sobre papel como si lo hacemos sobre una pantalla de ordenador, pero si en nuestro ejemplo pasáramos nuevamente a la vista 1, que corresponde a la planta, cuando teníamos el prisma completo, veríamos un sólo hexágono aunque en realidad tenemos dos, ya que ambos se proyectan superpuestos, la única diferencia entre ellos estriba en que se encuentran en distintos planos que al ser determinados por sus normales, podemos medir sobre ellos el concepto de profundidad si conseguimos que alguno de ellos se proyecte como el plano del dibujo o pantalla, concepto parecido al abatimiento. CAD-KEY usa de esta propiedad para trabajar las tres dimensiones, ofrece la posibilidad, en cualquier vista, de variar la profundidad y trabajar en planos paralelos al definido en pantalla. Esa mecánica de trabajo es engorrosa en las vista 7 y 8, las axonométricas, a menos que sepamos muy bien que terreno pisamos, pero en las restantes vistas, las diédricas, el razonamiento es perfectamente asumible y coherente.

En nuestro ejemplo se trata de encontrar el vértice de la pirámide que nos falta para completar la figura, sabemos que se encuentra sobre la perpendicular al plano dado, en el que se encuentra

también el hexágono no regular. Si hacemos un nuevo cambio de vista de forma que en pantalla nos quede dicho hexágono no regular en verdadera magnitud, el vértice se encontrará en un plano paralelo a éste separado una distancia que será justamente la altura de la pirámide (170 en nuestro caso). Actuemos en consecuencia, y definamos la nueva vista, la 10, mediante tres puntos del hexágono no regular. Una vez en esta vista, consultemos a que profundidad nos encontramos, lo que haremos identificando entre los dos hexágonos que tenemos en pantalla cuál se encuentra en verdadera magnitud. Veámoslo, pero ahora de una forma no tan agradable como hasta ahora, sino sobre un volcado directo de pantalla en donde podemos ver el entorno operativo de CADKEY, y la respuesta textual a la pregunta de cuál es la profundidad de la vista que tenemos en verdadera magnitud (10). La profundidad, vemos en la columna inferior, vale 98.8930. Tendremos que trabajar en otro plano cuya profundidad valga $98.8930+170$.

1 VERIFIC
2 ATRIBUT
3 INTERRU
4 PROFUND
5 STATUS
6 IMPRIME
7 PLOT
8 COM DOS

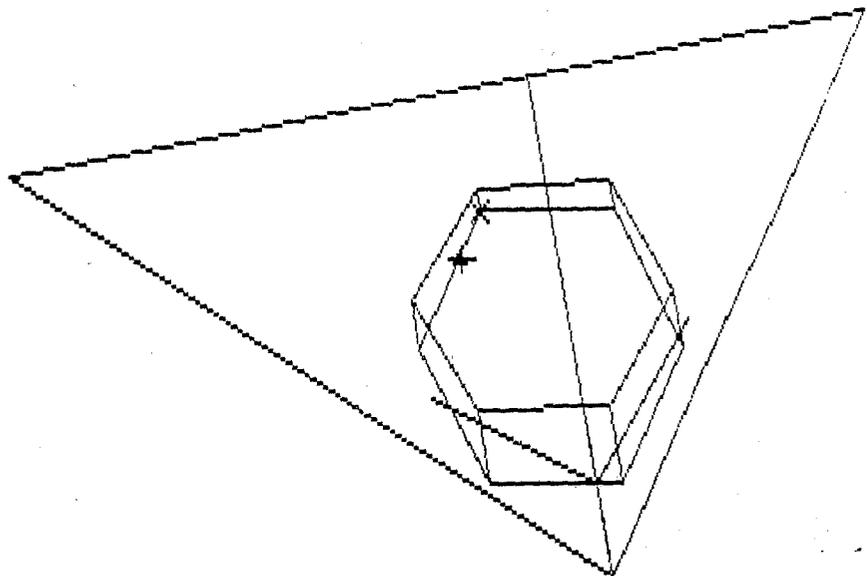
0 BACK-UP
ESCAPE

VISTA: 10
ANIV: 1
ONIV: 0
COLOR: 1
CONST: 3D
SALT: DES
E 0.41756
P 98.8930

---MAS---

X -69.2557
Y 110.132

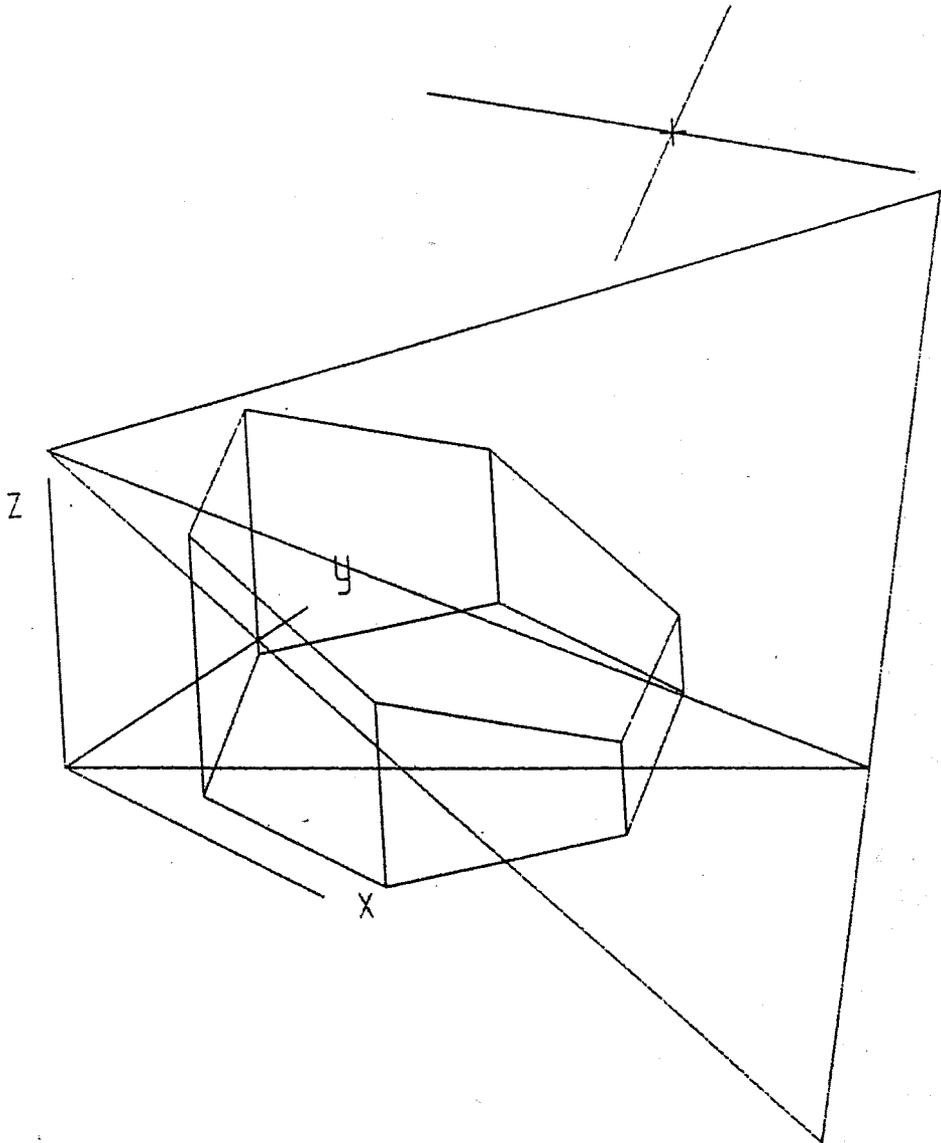
CONTROL



Elija opcion

En dicho plano encontraremos en que punto se cortan las diagonales del hexágono. Veamos, no obstante, que esta operación no es inmediata. Nos encontramos en un plano a una profundidad determinada, pero para determinar el centro de la cara de un hexágono, que se encuentra a otra profundidad, no hemos creado su "homólogo" sobre este plano sino que señalamos vértices del original. Se produce de esta forma una incongruencia de ordenes, mientras que obligamos al cursor a trabajar a una determinada profundidad, señalamos puntos a una profundidad distinta. El diseñador del programa optó que en casos como éste la opción que manda es la que señala puntos físicos, con lo que toda la operación de indicar por teclado cual debe ser la profundidad de trabajo ha resultado inútil.

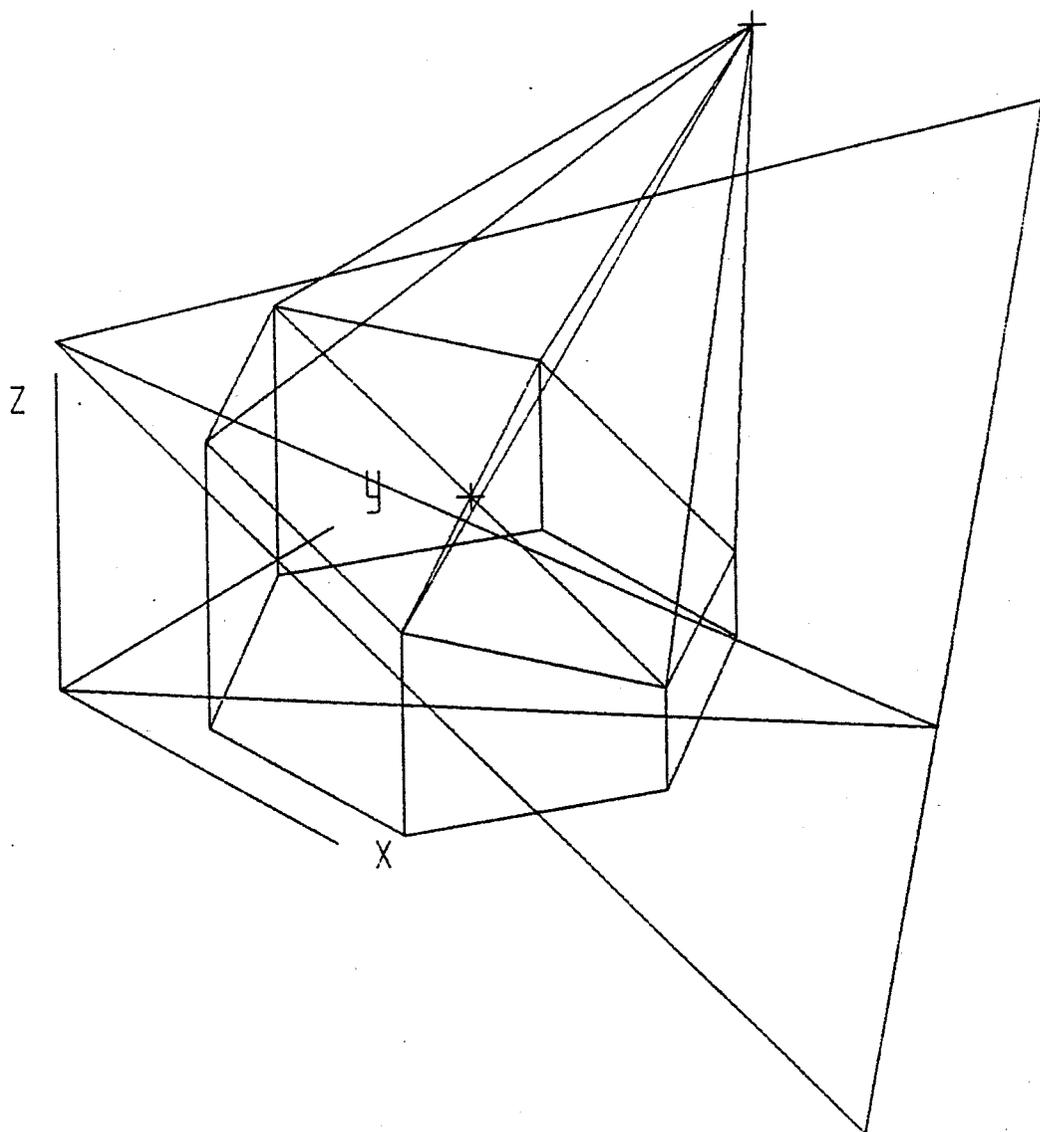
Para solucionar este problema, tenemos la opción de pasar de 3D a 2D. Estamos en la posición de la figura anterior con la profundidad elegida y en 3D, si realizamos lo dicho anteriormente trabajaremos a una profundidad distinta de lo que se nos indica en pantalla, pero si optamos por trabajar en dos dimensiones, TODO el dibujo estará a dicha profundidad y podremos efectuar las operaciones que nos convengan para, posteriormente, pasar a 3D. Haciéndolo así y trazando dos diagonales y obteniendo su punto de corte, tenemos determinado el vértice de la pirámide, como vemos en la figura:

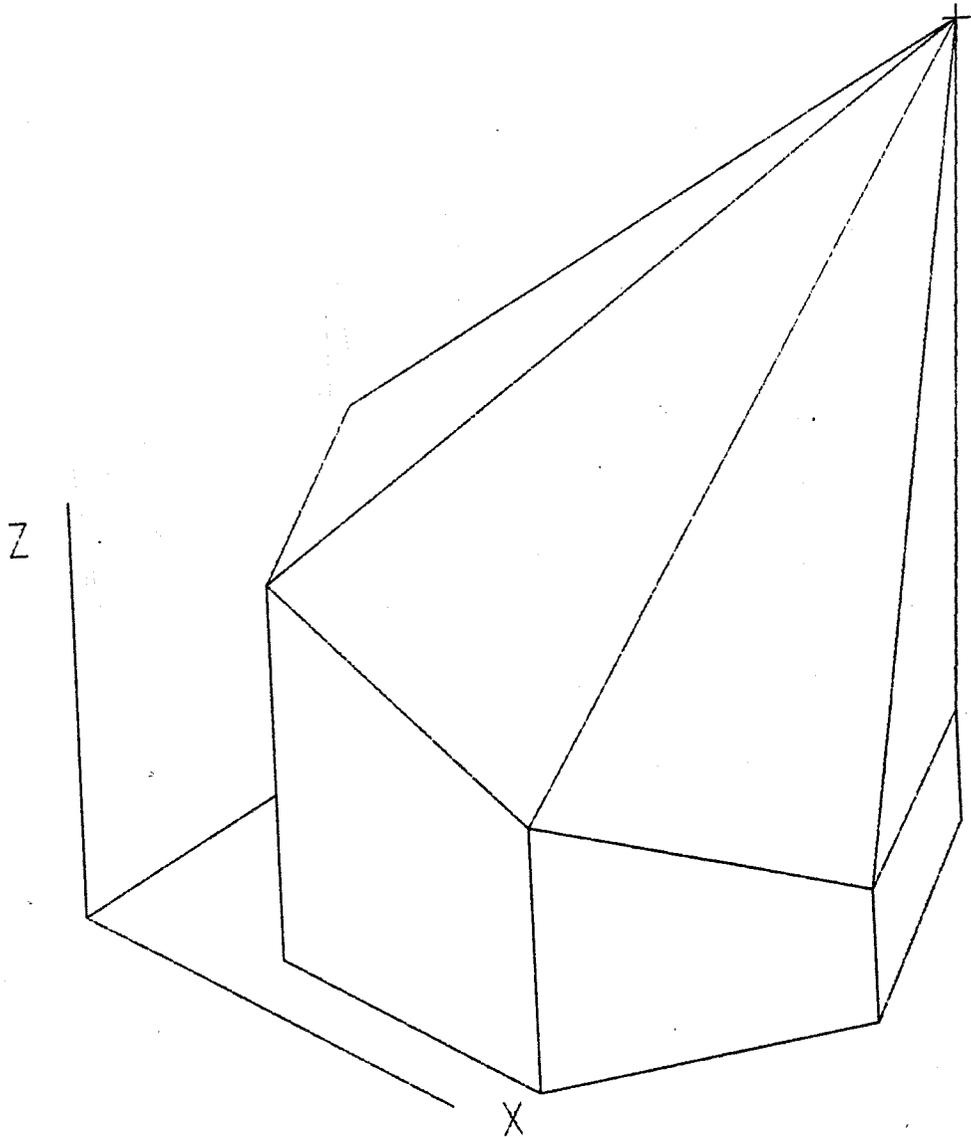


Obsérvese que he mantenido las dos diagonales en la posición del vértice para ejemplarizar lo dicho en el párrafo anterior. Pasando a las tres di-

Realizaciones prácticas.

mensiones, uniendo el vértice con los puntos de la vista, y eliminando, manualmente, aristas ocultas tenemos el cuerpo que estábamos diseñando:





Este cuerpo ha sido propuesto como ejercicio en el curso académico 87/88 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona.

Retomando lo dicho anteriormente, es necesario saber a que operaciones sustituyen las que hemos realizando en este ejemplo, para que su valor formativo sea completo. Así, aunque en ningún momento hemos realizado abatimientos, hemos ejecutados cambios de punto de vista con el mismo fin, por ejemplo, y sin tener que referirnos a los últimos pasos algo sofisticados, al necesitar colocar la base del prisma en un punto determinado, en una posición fijada y de tamaño dado.

Estudio analítico de las cónicas. - El manejo de las cónicas ha sido comentado muy a menudo en esta tesis, es objetivo del Departamento ayudar a superar la prevención que tradicionalmente se tiene a esas curvas. Para ello, en el curso 86/87 se constituyeron varios grupos-piloto para introducir el manejo de cónicas mediante el aporte del ordenador.

Primeramente, fue necesario variar la presentación del material teórico, que se hacía en paralelo con grupos que trabajaban de la forma usual, dando más relevancia al bagaje analítico y omitiendo referirse a instrumentos de tanto renombre como son los Teoremas de Pascal y Brianchon, dado que la utilidad última de dichos teoremas la encontramos en la determinación de las cónicas y ésta se hacía analíticamente.

Dado que nos encontrábamos en un primer estadio de la implementación de las cónicas desde un nuevo soporte, no se consideró oportuno dejar sin atender

una parte que, aunque luego parcialmente se atacó analíticamente, es importante que se sepa trabajar gráficamente. Me estoy refiriendo a la determinación de las tres cónicas a partir de sus elementos definidores como focos o vértices, o más concretamente a partir de diámetros conjugados, y a las operaciones con puntos y rectas, como puede ser el hallar intersecciones con éstas o trazar tangentes desde aquellos.

El procedimiento de aleccionamiento estuvo estructurado en dos etapas. En la primera se optó por hacerles efectuar todas las operaciones analíticas que hacia el ordenador, excepto clasificar la cónica (11), y comprobar posteriormente que su resultado coincidía con el de aquella. Posteriormente, se propuso el realizar operaciones con las cónicas basándose en los resultados obtenidos con el ordenador sin comprobarlos sistemáticamente, como en la primera fase.

He escogido como ejemplo de la sistemática de diálogo esta segunda opción. Al entrar en el programa correspondiente se encontraban las tres opciones que vemos:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

DETERMINACIO DE L'EQUACIO D'UNA CONICA DONADA

Per cinc punts

Per quatre punts i una tangent

Per tres punts i dues tangents

Amunt

— O.K.

<Esc> Fi

Realizaciones prácticas.

Supongamos que escogemos la primera:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per cinc punts

Coordenades en mm.

	X	Y
1er. Punt		
2on. Punt		
3er. Punt		
4rt. Punt		
5è. Punt		

Entremos los datos que se nos piden:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per cinc punts

Coordenades en mm.

	X	Y
1er. Punt	5	12
2on. Punt	14	14
3er. Punt	12	7
4rt. Punt	5	5
5è. Punt	2	7

CORRECTE (S/N) : |||

Realizaciones prácticas.

Suponiendo que todos los datos son correctos:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per cinc punts

EL.LIPSE

	X	Y
1er. Punt	5	12
2on. Punt	14	14
3er. Punt	12	7
4rt. Punt	5	5

Aquesta Cònica queda emmagatzemada amb el No. 2

Xc :	8.75862491 a:	7.30135572 Eix 1	0.4670742 X - Y =	-5.5852403	
Yc :	9.67616834 b:	3.91794660 Eix 2	-2.1409873 X - Y =	-28.4282729	
Coef. X ² :	-0.80000000	Coef. Y ² :	-1.68000000	Coef. XY :	1.05142857
Coef. X :	3.84000000	Coef. Y :	23.30285714	Term. Ind.:	-100.00000000
CORRECTE (S/N) :					

Vemos que la respuesta nos da la clasificación de la cónica, extremo superior derecho, las coordenadas del centro de la cónica, los valores de a y b, las ecuaciones de los ejes y la ecuación. Además, y para posteriores manipulaciones de la cónica se nos indica con que valor se almacena en un archivo creado al efecto (12).

Supongamos que la operación que queremos efectuar con la cónica implica la intersección de ésta con una recta, entrando en el programa correspondiente, se nos pide identificar la cónica, sea 2, para seguir con el mismo ejemplo.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

INTERSECCIO D'UNA CONICA I UNA RECTA

Cònica No. : |||

Realizaciones prácticas.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

INTERSECCIO D'UNA CONICA I UNA RECTA

Cònica No. : 2

Coe. X ²	-0.80000000	Coe. XY	1.05142857	Coe. Y	23.30285714
Coe. Y ²	-1.68000000	Coe. X	3.84000000	T.ind.	-100.00000000

CORRECTE (S/N) : III

Podemos comprobar si efectivamente se trata de la cónica que hemos definido anteriormente; en caso afirmativo:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

INTERSECCIO D'UNA CONICA I UNA RECTA

Cònica No. : 2

Coe. X ²	-0.80000000	Coe. XY	1.05142857	Coe. Y	23.30285714
Coe. Y ²	-1.68000000	Coe. X	3.84000000	T.ind.	-100.00000000

Recta

Coe. X		Coe. Y		T.ind.	
--------	--	--------	--	--------	--

Se nos pide que entremos los coeficientes de la recta. Lógicamente, esta recta viene dada por unas

Realizaciones prácticas.

condiciones gráficas que es menester traducir analíticamente.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

INTERSECCIO D'UNA CONICA I UNA RECTA

Cònica No. : 2

Coe. X² -0.80000000 Coe. XY 1.05142857 Coe. Y 23.30285714
Coe. Y² -1.68000000 Coe. X 3.84000000 T.ind. -100.00000000

Recta

Coe. X ██████████1 Coe. Y ██████████0 T.ind. ██████████-3

CORRECTE (S/N) : █

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

INTERSECCIO D'UNA CONICA I UNA RECTA

Cònica No. : 2

Coe. X² -0.80000000 Coe. XY 1.05142857 Coe. Y 23.30285714
Coe. Y² -1.68000000 Coe. X 3.84000000 T.ind. -100.00000000

Recta

Coe. X ██████████1 Coe. Y ██████████0 T.ind. ██████████-3

PUNTS D'INTERSECCIO X1 ; 3.00000000 Y1 ; 5.62696210
X2 ; 3.00000000 Y2 ; 10.12133722

PRESS <RETURN>

Estos son los puntos de intersección.

Realizaciones prácticas.

Veamos ahora, con la misma cónica, el trazado de tangentes por un punto:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

TANGENTS A UNA CONICA

Cónica No. : 2
Coe. X² -0.80000000 Coe. XY 1.05142857 Coe. Y 23.30285714
Coe. Y² -1.68000000 Coe. X 3.84000000 T.ind. -100.00000000
Punt
XP18 YP15

CORRECTE (S/N) : III

Si todo es correcto:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

TANGENTS A UNA CONICA

Cónica No. : 2
Coe. X² -0.80000000 Coe. XY 1.05142857 Coe. Y 23.30285714
Coe. Y² -1.68000000 Coe. X 3.84000000 T.ind. -100.00000000
Punt
XP18 YP15
Polar de P -4.59428571 X -4.08571429 Y +109.33142857 = 0

PRESS <RETURN>

Realizaciones prácticas.

Vemos que lo primero que nos da es la polar del punto, no debemos perder de vista que nos encontramos ante un programa pedagógico no ante una calculadora. En ocasiones es interesante hacer más lento el proceso a cambio de hacer hincapié en ciertos conceptos. Pulsando <RETURN>.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

TANGENTS A UNA CONICA

```

Cònica No. : 2
Coe. X² -0.80000000   Coe. XY  1.05142857   Coe. Y  23.30285714
Coe. Y² -1.68000000   Coe. X  3.84000000   T.ind. -100.00000000

Punt
XP .....18           YP .....15
Polar de P -4.59428571 X -4.08571429 Y +109.33142857 = 0

Punts de Tg. X1 = 14.98362491 Y1 = 9.91072108 X2 = 11.04188590 Y2 =
14.34311012
RECTA TANGENT 1 5.08927892 X -3.01637509 Y
-46.36139436 = 0
RECTA TANGENT 2 0.65688988 X -6.95811410 Y
+92.54769350 = 0
    
```

PRESS <RETURN>

Tenemos tanto las ecuaciones de las tangentes, como los puntos de tangencia.

Veamos las otras formas de definir una cónica:

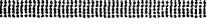
Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per quatre punts i una tangent

Coordenades en mm.

Tangent

Altres punts

Coefficient X 
 Coefficient Y 
 Terme indep. 

X 
 Y 

Punt de Tangencia

X 
 Y 

X 
 Y 

X 
 Y 

Realizaciones prácticas.

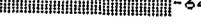
Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per quatre punts i una tangent

Coordenades en mm.

Tangent

Altres punts

Coefficient X  8
 Coefficient Y  -7
 Terme indep.  -64

X  3
 Y  8

Punt de Tangencia

X  13
 Y  12

X  15
 Y  7

X  7
 Y  4

CORRECTE (S/N) : 

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per quatre punts i una tangent

EL.LIPSE

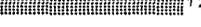
Tangent

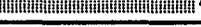
Altres punts

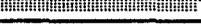
Coefficient X  8
 Coefficient Y  -7
 Terme indep.  -64

X  3
 Y  8

Punt de Tangencia

X  13
 Y  12

X  15
 Y  7

X  7
 Y  4

Aquesta Cònica queda emmagatzemada amb el No. 3

Xc : 9.37488550 a: 6.75191652 Eix 1 0.2629347 X - Y = -5.6177408
 Yc : 8.08272355 b: 3.84658986 Eix 2 -3.8032256 X - Y = -43.7375284

Coef. X² : -0.67110435 Coef. Y² : -1.74287218 Coef. XY : 0.60546879
 Coef. X : 7.68921599 Coef. Y : 22.49810747 Term. Ind. : -100.00000000

CORRECTE (S/N) : 

Realizaciones prácticas.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

TANGENTS A UNA CONICA

Cònica No. : 3

Coe. X² -0.67110435 Coe. XY 0.60546879 Coe. Y 22.49810747

Coe. Y² -1.74287218 Coe. X 7.68921599 T.ind. -100.00000000

Punt

XP6 YP15

Polar de P 4.35899784 X -13.07762261 Y +91.80345401 = 0

Punts de Tg. X1 = 3.00980290 Y1 = 8.02310798 X2 = 14.00935994 Y2 = 11.68945062

RECTA TANGENT 1 6.97689202 X -2.99019710 Y

+2.99160442 = 0

RECTA TANGENT 2 3.31054938 X +8.00935994 Y

-140.00369533 = 0

PRESS <RETURN>

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per tres punts i dues tangents

Coordenades en mm.

Tangent 1

Tangent 2

Coefficient X 
 Coefficient Y 
 Terme indep. 

Coefficient X 
 Coefficient Y 
 Terme indep. 

Punt de Tangència 1

Punt de Tangència 2

X 1 
 Y 1 

X 2 
 Y 2 

Tercer Punt X3 

Y3 

Realizaciones prácticas.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per tres punts i dues tangents

Coordenades en mm.

Tangent 1

Tangent 2

Coefficient X 1
 Coefficient Y -2
 Terme indep. -1

Coefficient X 1
 Coefficient Y -1
 Terme indep. 2

Punt de Tangencia 1

Punt de Tangencia 2

X 1 13
 Y 1 6

X 2 6
 Y 2 8

Tercer Punt X3 8

Y3 15

CORRECTE (S/N) :

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per tres punts i dues tangents

HIPERBOLA

Tangent 1

Tangent 2

Coefficient X 1
 Coefficient Y -2
 Terme indep. -1

Coefficient X 1
 Coefficient Y -1
 Terme indep. 2

Punt de Tangencia 1

Punt de Tangencia 2

X 1 13
 Y 1 6

X 2 6
 Y 2 8

Aquesta Cònica queda emmagatzemada amb el No. 4

Xc : 8.6575731 a : 3.0351416 Eix -0.8172824 X - Y = -13.4946980
 Yc : 6.4190159 b : 3.7026605 Eix 1.2235673 X - Y = 4.1741072

Coef. X² : 0.43712247 Coef. Y² : -0.00316351 Coef. XY : -2.16737566
 Coef. X : 6.34357938 Coef. Y : 18.80482640 Term. Ind. : -100.00000000

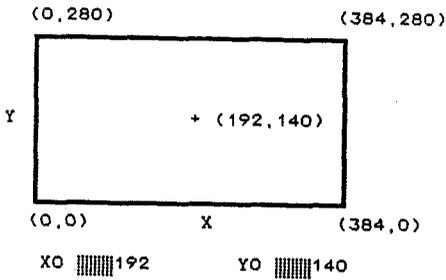
CORRECTE (S/N) :

Realizaciones prácticas.

DIBUIX D'UNA HIPERBOLA

COORDENADES DE L'ORIGEN DE COORDENADES

Les coordenades del plotter funcionen segons el croquis següent:



Centre de la Cònica	
XC	8.6575
YC	6.419
Semieixos	
a	30
b	37
Inclinació de l'Eix Focal (graus sexag.)	
B	39.25

No así el caso de la Parábola, definamos una cualquiera:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per cinc punts

Coordenades en mm.

	X	Y
1er. Punt	50	50
2on. Punt	50	-50
3er. Punt	100	100
4rt. Punt	100	-100
5à. Punt	1000000	0

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

Cònica per cinc punts

PARABOLA

	X	Y
1er. Punt	50	50
2on. Punt	50	-50
3er. Punt	100	100
4rt. Punt	100	-100

Aquesta Cònica queda emmagatzemada amb el No. 9

p : 74.98937535

Coef. X² : -0.00000300 Coef. Y² : -0.01999700 Coef. XY : 0.00000000
 Coef. X : 3.00000000 Coef. Y : 0.00000000 Term. Ind. : -100.00000000
 CORRECTE (S/N) : |||

Vemos que la respuesta difiere en que se nos da la información del parámetro. Su programa de dibujo será, por tanto:

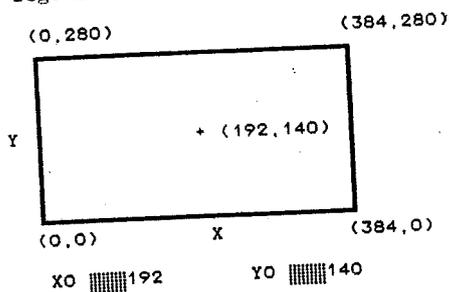
Realizaciones prácticas.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

DIBUIX D'UNA PARABOLA

COORDENADES DE L'ORIGEN DE COORDENADES

Les coordenades del plotter funcionen segons el croquis següent:



Centre de la Cònica	
XC	0
YC	0
Paràmetre	
P	74.989375
Inclinació de l'Eix Focal (graus sexag.)	
B	0

Si queremos incluir en el dibujo el punto exterior y las tangentes por dicho punto:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

DIBUIX D'UNA CONICA

Centre de la Cònica		Vèrtexs de l'Eix Focal		Punt Exterior	
XC	0	XF1	0	XP	0
YC	0	YF1	0	YP	0
Semieixos		XF2		Punts de Tangència	
a	0	YF2	0	XT1	0
b	0	Vèrtexs de l'Eix No Focal		YT1	0
Inclinació de l'Eix Focal (graus sexag.)		XV1	0	XT2	0
B	0	XV2	0	YT2	0
		YV2	0		

Como ejemplo del sistema propuesto por esta tesis, en cursos sucesivos se podría explicar a pequeños grupos el proceso seguido en la confección de dichos programas como puede ser consulta de textos, sistematización de la clasificación de las cónicas, etc., y posteriormente proponer su crítica -existen varias formas de definir cónicas no contempladas- y mejoramiento. A continuación y sobre el mismo material informático acometer otras metas como pueden ser el realizar arcos de cónica según un ángulo de abertura entrado interactivamente, dibujo previo en pantalla de las cónicas o sus arcos, para dar su aprobación antes de trasvasarlas a soporte máquina; o estudiar la posibilidad de realizar todas estas operaciones, u otras que puedan aparecer, dentro de un soporte informático distinto como sería dentro de un programa de CAD en donde se podrían implementar, etc.

Introducción del estudio de las curvas de enlace. - Tradicionalmente, no solía ser muy usual en un curso de Dibujo el dar mucha importancia a la representación de curvas que nos vinieran definidas por una ecuación, ya que su materialización era rutinaria al quedar reducida a la introducción de pares de valores de coordenadas. Actualmente, los Polinomios de Lagrange, los B-Splines y las curvas de Bezier han puesto sobre el tapete la necesidad del estudio de estas curvas que pueden resolver eficazmente muchos problemas de diseño.

Puede ser ilustrativo, en este punto, ver el proceso de trabajo de el programa CANAL creado en el Departamento, como he dicho anteriormente, para

la familiarización de los alumnos con esa forma de trabajo. Antes creo necesario destacar el aspecto formal de dicho programa, dado que eso es algo que no hay que negligir, hagamos para ello un poco de historia.

Básicamente, se pretendía que los alumnos diseñaran una solución a un problema determinado y que el ordenador tuviera un rol de calculadora sofisticada, en el sentido en que no sólo hacía las operaciones sino que nos daba las desviaciones de los resultados respecto de los deseados. El ordenador usado en un primer momento era un "clon" de Apple II fabricado por Unitron, y el lenguaje empleado para su programación fue BASIC. La realización de la práctica se iniciaba con prolijas explicaciones mías justo en el momento de repartir los distintos datos a los varios grupos formados; posteriormente en la realización de la manipulación del ordenador, también era necesaria la presencia de un profesor. La poca potencia del ordenador hacía que la mayor parte del tiempo no ocurriera absolutamente nada en pantalla, lo que hizo necesario recurrir a la introducción de señales acústicas en algunos pasos del programa para saber que, efectivamente, éste se estaba ejecutando.

El alumno, o grupo de alumnos, en papel milimetrado diseñaba una solución aproximada que cumpliera las condiciones de curvatura y pendiente requeridas. Posteriormente, entraba en el ordenador, por coordenadas, tanto los datos como los valores de los puntos-directores que él había hallado. Este momento del proceso evolucionó en función de la

reacción del alumnado. Primeramente se adjudicó a las teclas X, Y y Z la posibilidad de ir desplazando puntos paralelamente a los ejes del mismo nombre, con la posibilidad de alterar tanto la magnitud del desplazamiento como el sentido de éste. Una tecla determinada servía para aprobar la posición del "cursor", siendo distinta según se tratará de introducir un centro <C>, el extremo de la normal <N> o un punto director <D>. Posteriormente, se consideró la posibilidad de que dichas coordenadas se introdujeran directamente por teclado, dejando, no obstante, la posibilidad de introducción manual. En honor a la verdad, a partir del momento en que la introducción de coordenadas por teclado estuvo disponible, la introducción manual no fue usada por ningún alumno, con la consiguiente sorpresa del que suscribe como veremos a continuación.

El programa, como es lógico, daba la posibilidad de modificar los puntos hallados por los alumnos, no así los datos, se debía especificar que punto director se quería modificar y posteriormente se entraba un punto que pasaba a ocupar en la matriz correspondiente la posición del seleccionado; por esto, tanto antes como en la versión actual, los puntos sólo pueden ser modificados de uno en uno. Cuando sólo existía la posibilidad de modificar los puntos manualmente, el efecto en pantalla era el idóneo desde el punto de vista gráfico ya que teníamos la curva y desplazábamos el punto, por ejemplo, primero sobre el plano XY (recordemos que el sistema de representación de las tres dimensiones es el preconizado en HYPATIA, "ver" la directa del punto y una de sus previas, la que se en-

cuentra sobre el plano XY) para posteriormente, y a voluntad, ir subiendo la coordenada Z, en cualquier sistema además de en Axonométrico si lo consideráramos necesario, por lo que el carácter de diseño gráfico interactivo quedaba cumplido. Al introducir la posibilidad de entrar coordenadas por teclado, la idea que nos guiaba era de que éste fuera usado en la introducción de los datos, mucho menos enojosa de esta forma, y de los puntos calculados por el estudiante; dejando la manipulación directa para el caso de tener que variar algún punto. No obstante, la experiencia nos indica que el alumno-usuario, al no tener otro medio de entrar datos, como sería un ratón o una tableta, prefiere con ventaja el uso indiscriminado del teclado.

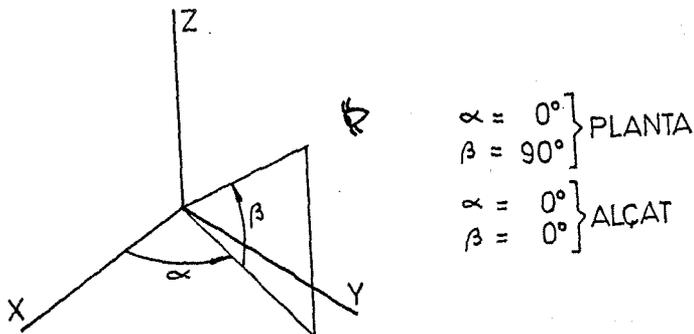
Quedaba un último desafío para considerar el programa acabado, y era el poder dejar al alumno solo con el ordenador con la única ayuda de las explicaciones de presentación de un profesor, para lo que el programa tenía que ser mucho más dialogante y, sobre todo, más rápido. En este momento ya se disponía de un PC, con lo que la mayor velocidad era un factor introducido por hardware. El primer paso fue traducir el programa-base a un lenguaje compilado que no obligara a recurrir a efectos sonoros por su gran lentitud, pese a trabajar con PC. El paso menos traumático fue traducirlo a QuickBASIC. Es menester reconocer que el primer lenguaje previsto fue Turbo Pascal, con lo que el proceso seguido fue el mismo que en el resto del mundo de los Usuarios-Puente, pero su dificultad de aprendizaje unido a la necesidad de que el programa estuviera hecho en un plazo determinado, así como

el hecho de que el principal traductor, Xavier Codina i Muñoz, estuviera más habituado a él, hizo que el lenguaje escogido fuese QuickBASIC 2.0. Una vez se tuvo el programa-base funcionando, se planteó como debería establecerse el diálogo, nuevamente fue Codina el que con su experiencia en este campo ideó el juego de pantallas que veremos a continuación. Es de destacar que el carácter académico del programa hace que sea difícil compararlo con un programa comercial, primero por la magnitud de los manuales, en este último caso, que aquí se sustituyeron por información en la misma pantalla, y segundo por que frente a la indefensión ante un programa comercial, tenemos el ambiente de una Cátedra a la que se acude ante cualquier dificultad en más ocasiones de las necesarias.

El ejercicio que vamos a ver a continuación, realmente fue propuesto a un grupo formado por tres alumnos en el curso 86/87 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona, lo destaco, entre otros, por que al determinar aquellos una solución que no cabía cómodamente en pantalla, usaron la posibilidad de ir moviendo los ejes, tanto en planta como en alzado, hasta que la resolución gráfica del problema quedara en la forma deseada, demostrando de esta manera la ductilidad del programa en la faceta de la interactividad.

Los datos son las coordenadas del primer centro, (9,236,4), del segundo, (244,-4,153) y la dirección del canal a diseñar determinada por los ángulos que forma ésta con el eje de las X, 315° y con el plano

XY, 23°. Veamos uno de los esquemas orientativos que se les hacia llegar a los alumnos:



El programa está almacenado en el disco duro del ordenador como CANAL.EXE, por lo que pulsando la palabra CANAL entra en ejecución, la primera pantalla que nos aparece es:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

PRACTICA D.A.O. Curs 86/87	
GRUP No.	FORMAT PELS ALUMNES

↵ per Confirmar <ESC> per Corregir

Se nos pide el número del grupo, que se archiva para tener constancia de la realización de la práctica, y los nombres de los alumnos que componen dicho grupo; en nuestro caso, vamos a dar al grupo el

Realizaciones prácticas.

número 1 y los nombres de los alumnos compondrán la frase: VERSION PARA LA TESIS, como sigue:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

PRACTICA D.A.O. Curs 86/87
GRUP No. 1 FORMAT PELS ALUMNES
VERSION
PARA
LA
TESIS

↵ per Confirmar

<ESC> per Corregir

A continuación tenemos la pantalla:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DELS ANGLES DEL PUNT DE VISTA

Angles a introduir

* Per un Axonòmetric : Es recomanen els angles : 45 - 45

* Per una Planta : 0 - 90

* Per un Alçat : 0 - 0

Angle respecte l'eix X : 45

Angle respecte el pla XY : 45

↵ per Confirmar

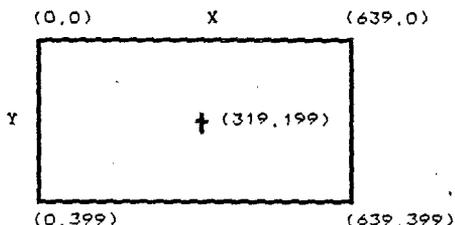
<ESC> per Corregir

Vemos que se nos recuerdan los valores que se pueden dar al punto de vista según queramos obtener un Axonométrico o proyecciones diédricas independientes, es interesante destacar que obtenemos planta o alzado no los dos a la vez. Escogemos empezar el problema en Axonométrico, entrando los valores 45 y 45.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE LES COORDENADES DE PANTALLA DE L'ORIGEN DE COORDENADES

Les coordenades de pantalla funcionen segons el croquis següent:



Posicions Recomanades

- * Per un Axonòmetric : (319,199)
- * Per una Planta : (20,20)
- * Per un Alçat : (20,380)

X0 : █

Y0 : █

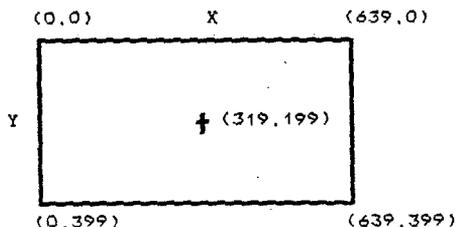
↵ Confirmar <ESC> Corregir

Debemos indicar donde queremos situar el centro de coordenadas, en función del sistema de representación escogido. Dichas coordenadas de pantalla están especificadas esquemáticamente en la parte izquierda de la pantalla.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE LES COORDENADES DE PANTALLA DE L'ORIGEN DE COORDENADES

Les coordenades de pantalla funcionen segons el croquis següent:



Posicions Recomanades

- * Per un Axonòmetric : (319,199)
- * Per una Planta : (20,20)
- * Per un Alçat : (20,380)

X0 : 319

Y0 : 199

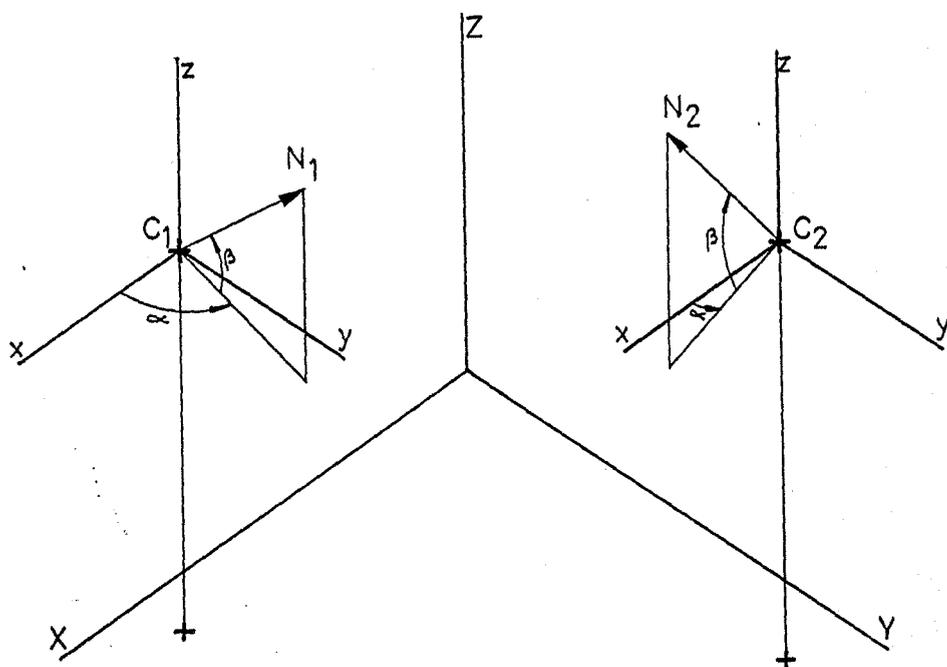
↵ Confirmar <ESC> Corregir

Como se trata de empezar el problema en Axonométrico, actuaremos en consecuencia.

Realizaciones prácticas.

Ahora se ha producido el paso de la pantalla de texto a la pantalla gráfica, en donde nos quedan reflejados los ejes.

Si todo queda como preveíamos (8), pulsamos "A" para volver a la pantalla de texto. En ésta se nos piden las coordenadas del primer centro, mientras se nos recuerda cual ha de ser el proceso de introducción de datos destacando, por ejemplo, que el tercer punto no es el segundo centro, como sería lógico dado el orden de entrada, sino el primer punto director, primando que el orden de trabajo coincida con el orden de almacenamiento. Otro esquema orientativo de esta cuestión que se repartía a los alumnos era:



Este sería un punto a revisar en futuras versiones del programa; podríamos decir que la versión actual es demasiado "transparente" respecto a cual es el proceso de cálculo, obligando al usuario a hacer consideraciones algo forzadas y en cierto modo poco lógicas. Esta será la forma que tendrá dicha pantalla:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

- 1.- Primer Centre (Punt 1)
- 2.- Primera Normal (Punt 2)
- 3.- Segon Centre (Punt N)
- 4.- Segona Normal (Punt N-1)
- 5.- Primer Punt Director (Punt 3)
- 6.- Segon Punt Director (Punt 4)
-
- N.- Ultim Punt Director (Punt N-2)

COORDENADES DEL PRIMER CENTRE XC1 : ██████████ YC1 : ██████████ ZC1 : ██████████

↵ per Confirmar

<ESC> per Corresir

Introduciendo los valores (9,236,4).

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

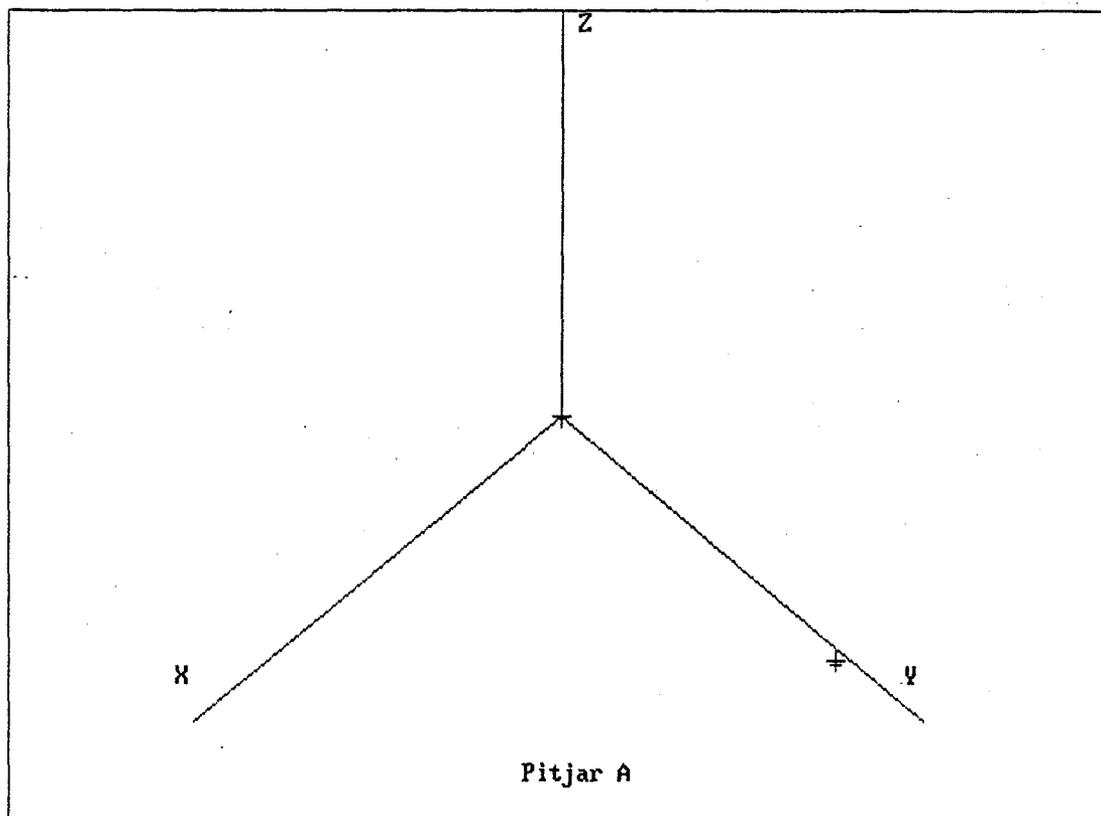
- 1.- Primer Centre (Punt 1)
- 2.- Primera Normal (Punt 2)
- 3.- Segon Centre (Punt N)
- 4.- Segona Normal (Punt N-1)
- 5.- Primer Punt Director (Punt 3)
- 6.- Segon Punt Director (Punt 4)
-
- N.- Ultim Punt Director (Punt N-2)

COORDENADES DEL PRIMER CENTRE XC1 : 9 YC1 : 236 ZC1 : ████4

┐ per Confirmar

<ESC> per Corregir

La pantalla nos indica la posición, tanto directa como previa horizontal, del punto entrado. Pulsando "A" nuevamente tendremos la siguiente pantalla de texto:



Realizaciones prácticas.

Aquí se nos piden los valores de los ángulos y el módulo de la primera normal:

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

- 1.- Primer Centre (Punt 1) XC1 : 9 YC1 : 236 ZC1 : 4
- 2.- Primera Normal (Punt 2)
- 3.- Segon Centre (Punt N)
- 4.- Segona Normal (Punt N-1)
- 5.- Primer Punt Director (Punt 3)
- 6.- Segon Punt Director (Punt 4)
-
- N.- Ultim Punt Director (Punt N-2)

DADES DE LA PRIMERA NORMAL α : ██████████ B : ██████████ Mòdul : ██████████

↵ per Confirmar

<ESC> per Corregir

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

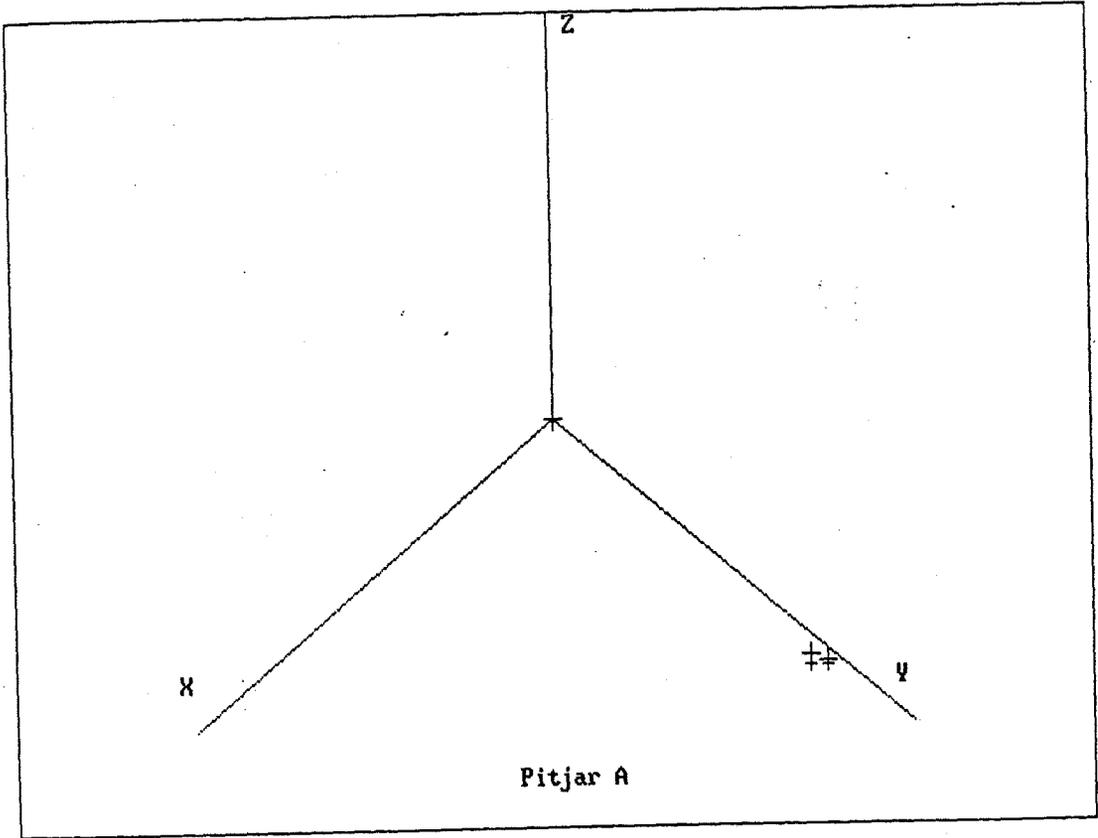
- 1.- Primer Centre (Punt 1) XC1 : 9 YC1 : 236 ZC1 : 4
- 2.- Primera Normal (Punt 2)
- 3.- Segon Centre (Punt N)
- 4.- Segona Normal (Punt N-1)
- 5.- Primer Punt Director (Punt 3)
- 6.- Segon Punt Director (Punt 4)
-
- N.- Ultim Punt Director (Punt N-2)

DADES DE LA PRIMERA NORMAL α : 315 B : 23 Mòdul : ██████████10

↵ per Confirmar

<ESC> per Corregir

Una vez introducidos, tendremos:



Pulsando "A":

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

- 1.- Primer Centre (Punt 1) XC1 : 9 YC1 : 236 ZC1 : 4
- 2.- Primera Normal (Punt 2) α : 315 β : 23 mod : 10
- 3.- Segon Centre (Punt N)
- 4.- Segona Normal (Punt N-1)
- 5.- Primer Punt Director (Punt 3)
- 6.- Segon Punt Director (Punt 4)
- N.- Ultim Punt Director (Punt N-2)

RADI DE LA CIRCUMFERENCIA : |||||

NOMBRE DE PUNTS DIRECTORS : |||

↵ per Confirmar

<ESC> per Corregir

Se nos pide, sin pasar a modo gráfico, la información del radio de la circunferencia del canal y el número de puntos directores calculado (este número no puede ser variado, una vez introducido, más que empezando de nuevo el programa, pensemos que en función de él trabajamos con una matriz de datos de un tamaño mayor o menor; variar el valor del número de puntos directores en cualquier momento implicaría variar dicho tamaño dentro del programa, o sobredimensionar dicha matriz. Ambas opciones fueron desestimadas en su momento). Una vez introducidos dichos valores, se nos piden las coordenadas del segundo centro y se representa dicho punto.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

1.- Primer Centre (Punt 1)	XC1 :	9	YC1 :	236	ZC1 :	4
2.- Primera Normal (Punt 2)	α :	315	β :	23	mod :	10
3.- Segon Centre (Punt N)						
4.- Segona Normal (Punt N-1)						
5.- Primer Punt Director (Punt 3)						
6.- Segon Punt Director (Punt 4)						
N.- Ultim Punt Director (Punt N-2)						

RADI DE LA CIRCUMFERENCIA : 20

NOMBRE DE PUNTS DIRECTORS : 3

↵ per Confirmar

<ESC> per Corregir

ENTRADA DE DADES

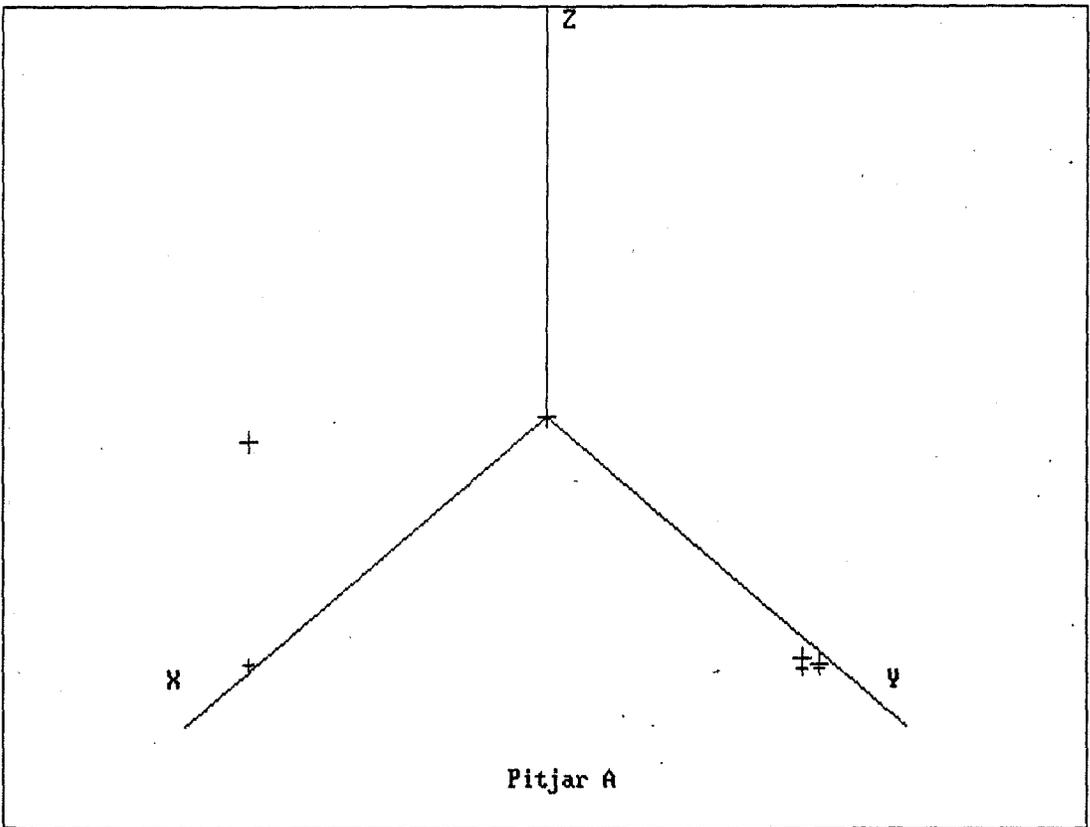
L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

- 1.- Primer Centre (Punt 1) XC1 : 9 YC1 : 236 ZC1 : 4
- 2.- Primera Normal (Punt 2) α : 315 β : 23 mod : 10
- 3.- Segon Centre (Punt N)
- 4.- Segona Normal (Punt N-1)
- 5.- Primer Punt Director (Punt 3)
- 6.- Segon Punt Director (Punt 4)
-
- N.- Ultim Punt Director (Punt N-2)

COORDENADES DEL SEGON CENTRE XC2 : 244 YC2 : -4 ZC2 : 153

↵ per Confirmar

<ESC> per Corregir



Debemos ahora contestar a la pregunta de las coordenadas de la segunda normal.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

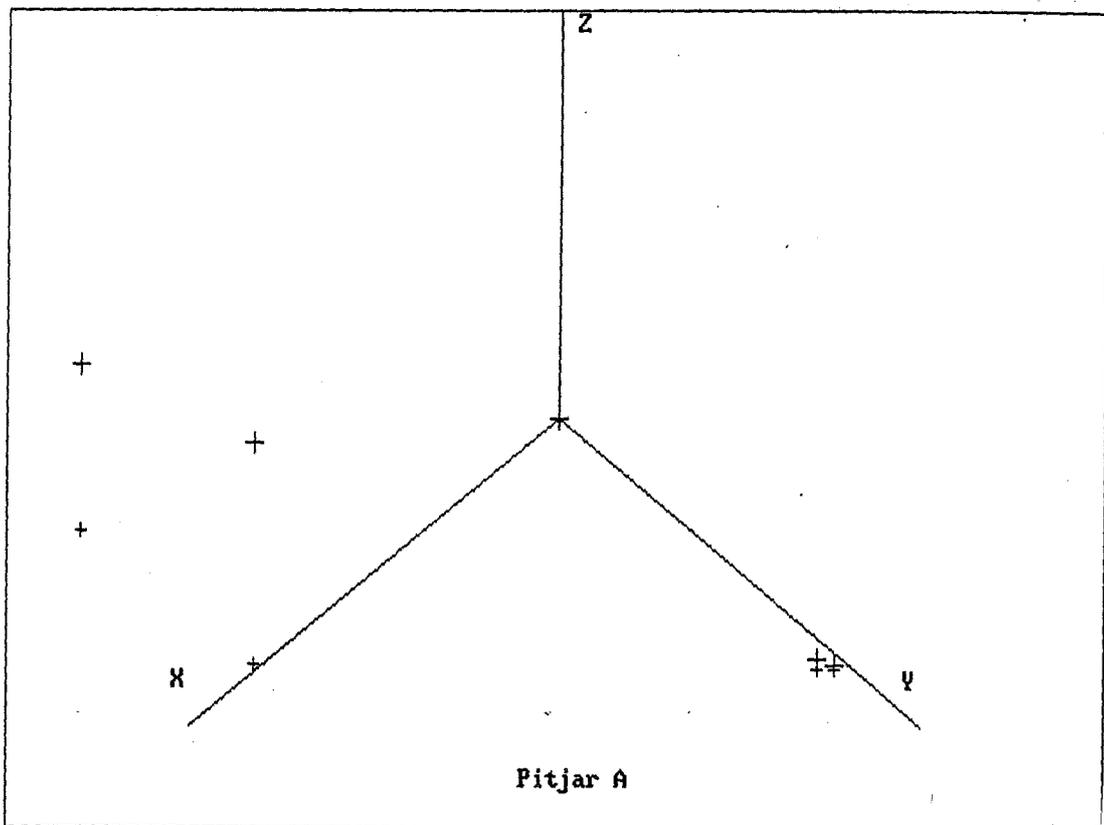
L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

- | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 1.- Primer Centre (Punt 1) | XC1 : 9 | YC1 : 236 | ZC1 : 4 |
| 2.- Primera Normal (Punt 2) | a : 315 | B : 23 | mod : 10 |
| 3.- Segon Centre (Punt N) | XC2 : 244 | YC2 : -4 | ZC2 : 153 |
| 4.- Segona Normal (Punt N-1) | | | |
| 5.- Primer Punt Director (Punt 3) | | | |
| 6.- Segon Punt Director (Punt 4) | | | |
| ... | | | |
| N.- Ultim Punt Director (Punt N-2) | | | |

COORDENADES DE LA SEGONA NORMAL XN2 : 250 YN2 : -140 ZN2 : 115

↵ per Confirmar <ESC> per Corregir

Consecuentemente, tendremos:



En función del número de puntos directores escogido, y manteniendo siempre la presencia en pantalla de los valores entrados hasta este momento, aparece un bloque de tamaño variable en donde se introducen las coordenadas de los puntos directores.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

1.- Primer Centre (Punt 1)	XC1 : 9	YC1 : 236	ZC1 : 4
2.- Primera Normal (Punt 2)	α : 315	β : 23	mod : 10
3.- Segon Centre (Punt N)	XC2 : 244	YC2 : -4	ZC2 : 153
4.- Segona Normal (Punt N-1)	XN2 : 250	YN2 : -140	ZN2 : 115

PUNTS DIRECTORS

XD 1 :		YD 1 :		ZD 1 :	
XD 2 :		YD 2 :		ZD 2 :	
XD 3 :		YD 3 :		ZD 3 :	

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

ENTRADA DE DADES

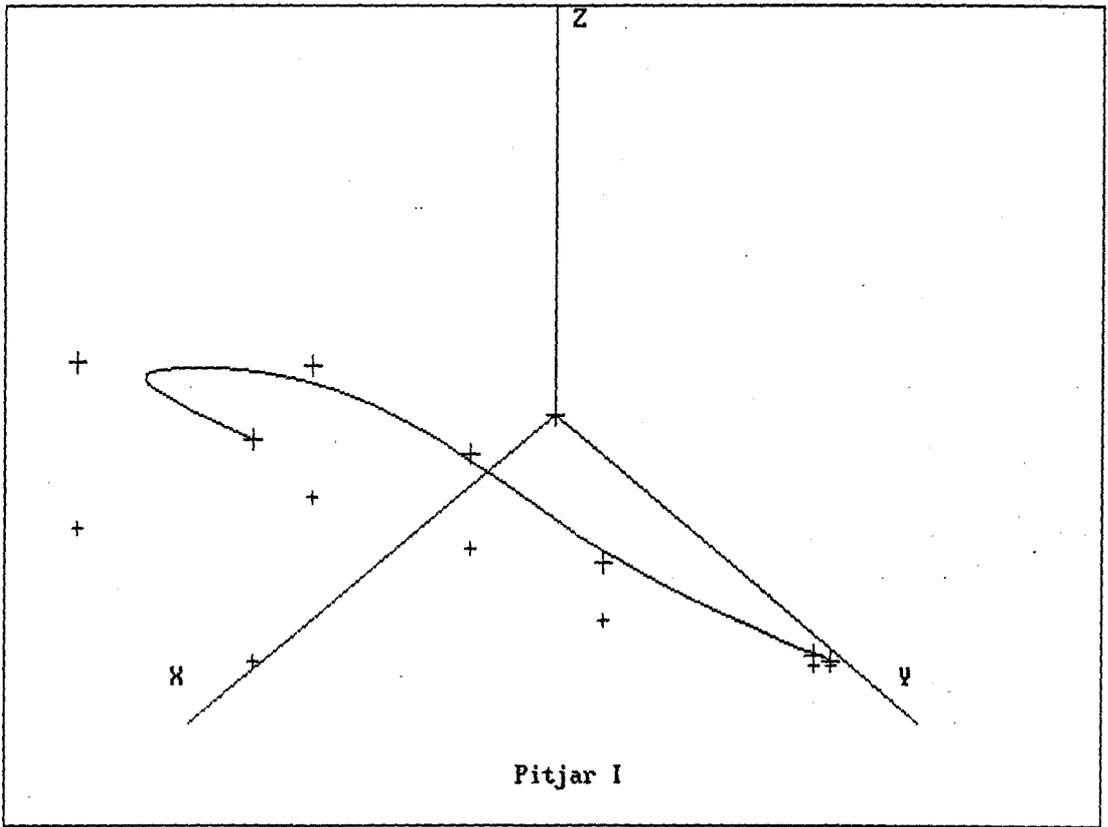
L'ordre d'entrada de dades serà el següent:

1.- Primer Centre (Punt 1)	XC1 : 9	YC1 : 236	ZC1 : 4
2.- Primera Normal (Punt 2)	α : 315	β : 23	mod : 10
3.- Segon Centre (Punt N)	XC2 : 244	YC2 : -4	ZC2 : 153
4.- Segona Normal (Punt N-1)	XN2 : 250	YN2 : -140	ZN2 : 115

PUNTS DIRECTORS

XD 1 :	80	YD 1 :	120	ZD 1 :	40
XD 2 :	100	YD 2 :	30	ZD 2 :	65
XD 3 :	140	YD 3 :	-60	ZD 3 :	 90

La figura que nos aparece serà:



Pulsando "I", tal y como se nos indica, tenemos el resultado analítico de nuestro trabajo.

Departament de Tècniques d'Expressió Gràfica E.T.S.E.I.B. - U.P.C.

CARACTERISTIQUES OBTINGUDES

Longitud : 549.8268	Radi de Curvatura : 21.40529
	en el tram 25
Pendent Maxim : .458763	en el tram 26
Pendent Minim : .2121826	en el tram 21
	Punts Directors : 3
	Trams : 31

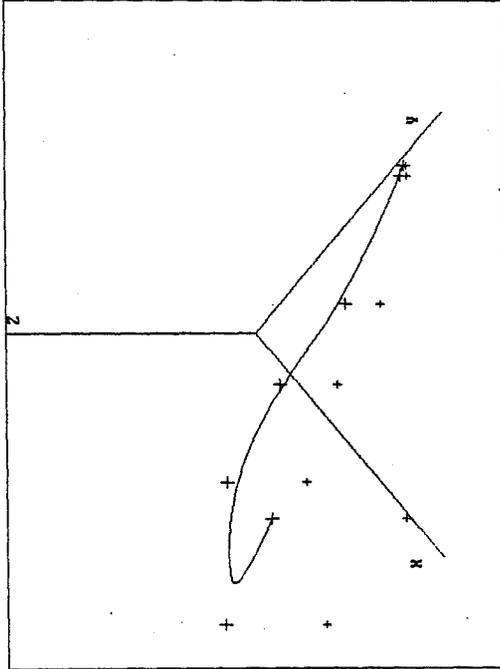
OPCIONES POSSIBLES

- Pitjar R : Modificar algun Punt
- Pitjar M : Modificar el Sistema de Coordenades
- Pitjar O : Donar els resultats per bons i imprimir-los
- Pitjar S : Sortir del Programa

OPCIO ESCOLLIDA :

Supongamos, como es el caso, de que el resultado nos satisfice, pulsamos "0", y tendremos:

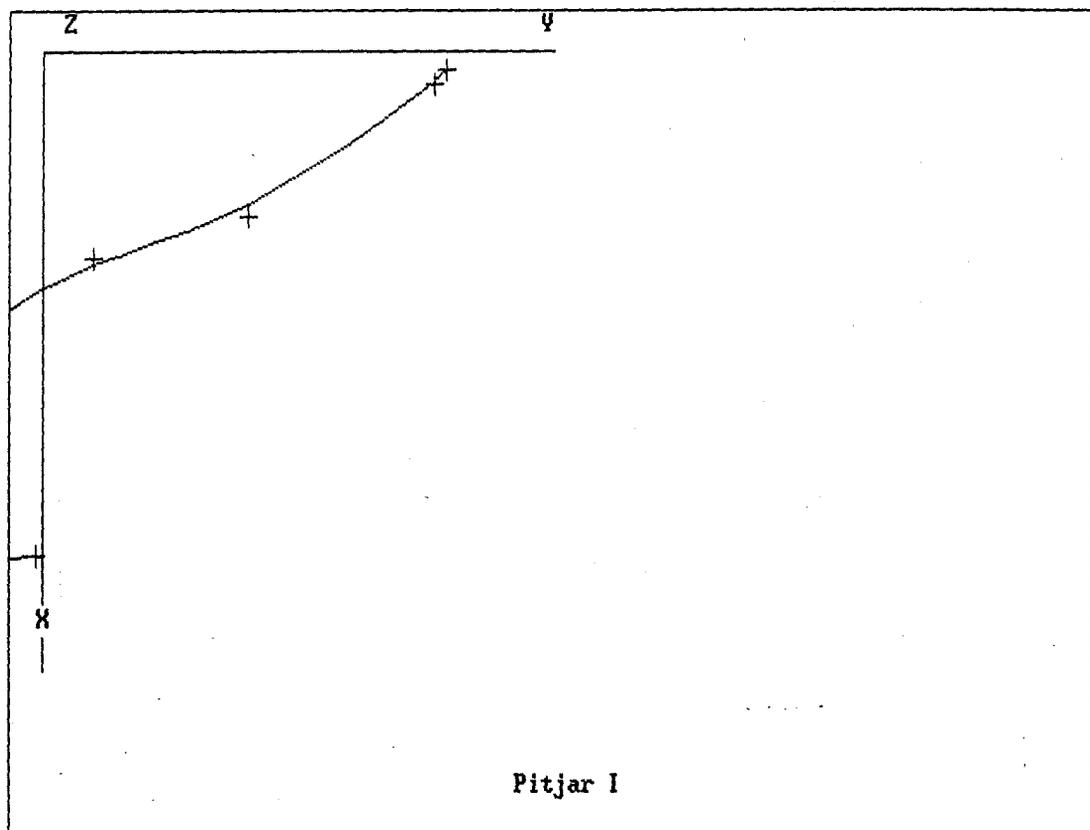
```
PUNTS DIRECTORS 3
RADI DEL CONDUCTE 20
LONGITUD DEL CONDUCTE 349.8268
PENDENT MAXIR (Valor limit 0.7) .458763 EN EL PUNT 26
PENDENT MINIR (Valor limit 0.1) .2121826 EN EL PUNT 21
RADI DE CURVATURA (Valor limit 30) 21.40529 EN EL PUNT 25
TRANS 31
RESULTATS CONSULTATS PEL GRUP 1
VERSION LA PARA TESIS
```



Este es el aspecto literario-gráfico que ofrece el resultado.

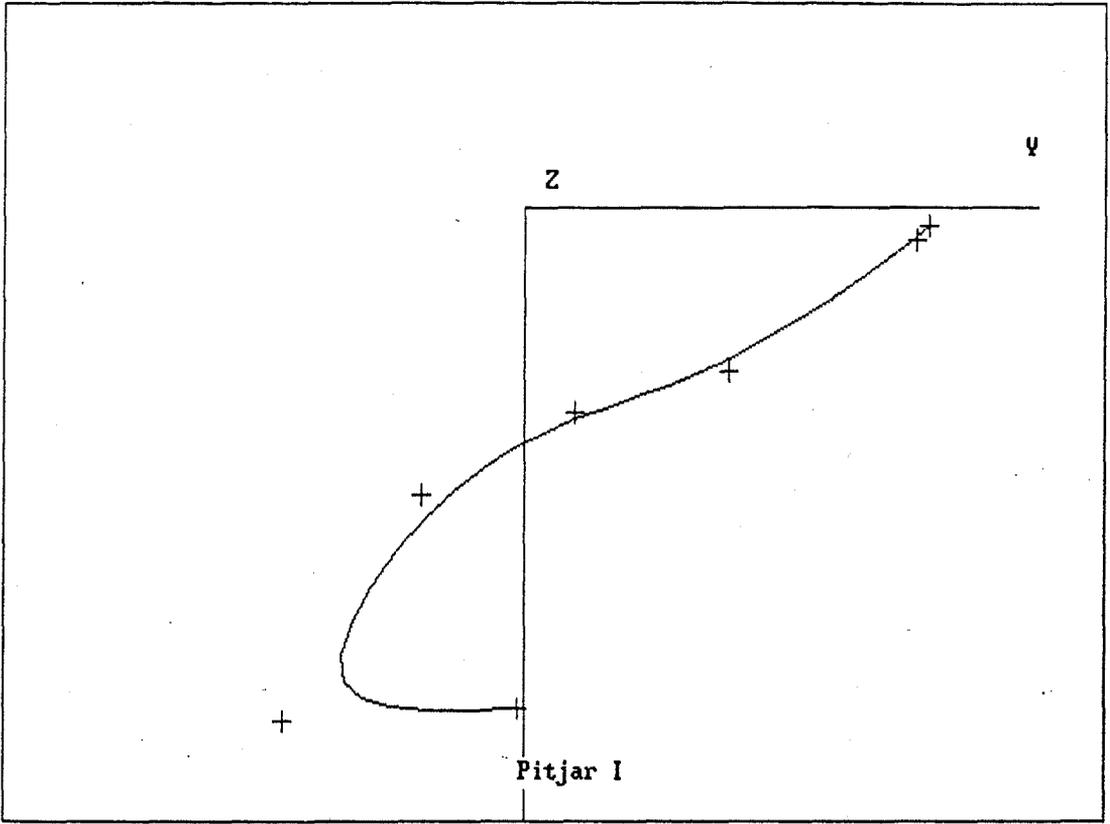
Veamos ahora las posibilidades de variar la posición del dibujo en pantalla. Supongamos para ello que nos interesa ver la Planta del canal que hemos diseñado. Escogiendo "M" como opción para cambiar el sistema de coordenadas, e introduciendo 0 y 90 como los ángulos pedidos para la opción Planta, así como las coordenadas (20,20), tendremos la si-

guiente respuesta gráfica, claramente insatisfactoria:

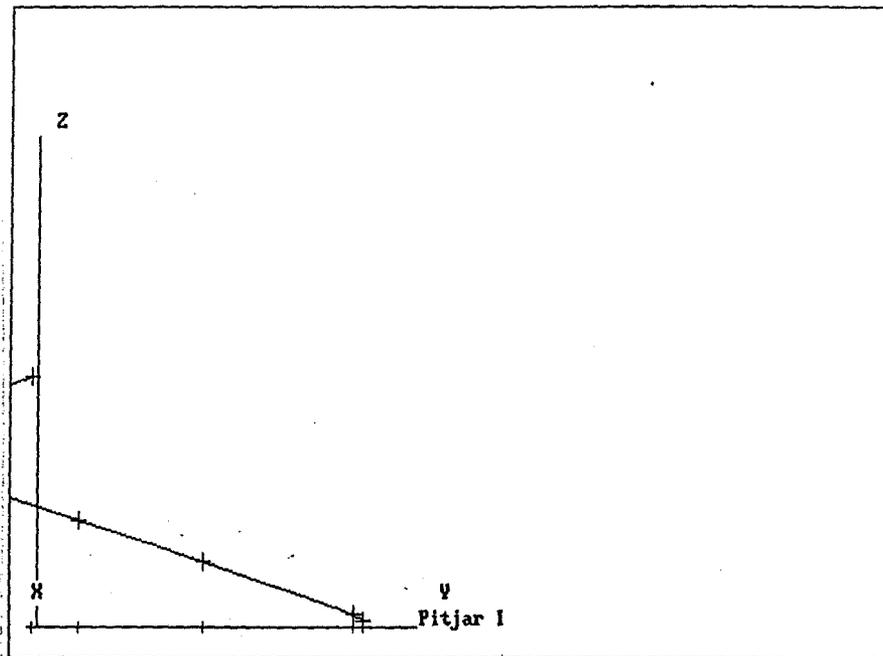


Planteada ya la dificultad, veamos como podemos resolverla. La información que tenemos de la curva no debe de ser variada ya que es correcta, se trata, sencillamente, de un movimiento de coordenadas relativo. Se mantiene, por tanto, todo lo determinado incluyendo los ángulo 0 y 90 consecuencia de nuestro interés por ver la Planta de nuestro dibujo; es menester solamente variar las coordenadas de pantalla del origen de coordenadas, hagá-

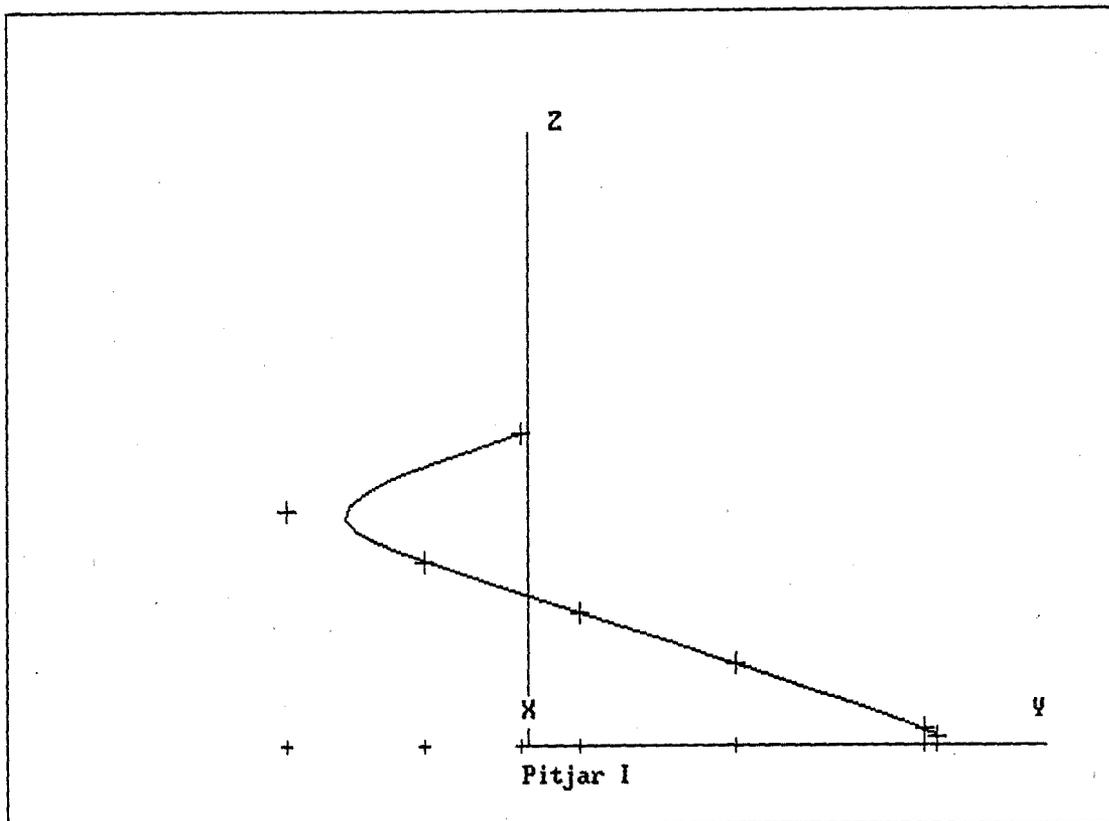
moslo así, introduciendo como nuevas coordenadas del centro (300,10).



Análogamente operariamos con el Alzado:



Si imponemos que las coordenadas de pantalla del origen de coordenadas sean (20,380), obtendremos:



Lo expuesto puede ser un buen ejemplo de lo dicho más arriba en la Introducción: el sistema de mover los ejes a voluntad es, básicamente, correcto, pero queda por delante el trabajo de optimizarlo; como puede ser que la velocidad de respuesta sea más elevada o que la nueva posición de los ejes se defina directamente sobre la pantalla gráfica con un ratón o señalando directamente con el dedo, etc. Pero lo que no varía son las operaciones analíticas necesarias para hacer esa traslación de ejes. Esa parte básica es la que debe ser puesta en conocimiento del alumnado para que cuando vea los procedimientos más sofisticados apuntados, sea capaz de traducirlos mentalmente y descomponerlos en lo que en realidad son: traslaciones, giros o mejor adición, multiplicación o inversión de matrices, etc.

Uniendo rápidamente distintas posiciones de un objeto podemos dar la ilusión de movimiento, pero nuevamente debe quedar claro que se trata de conjugar un software básicamente como el expuesto con un hardware cada vez más potente. A este respecto sería interesante comprobar como los profesionales de la realización de films publicitarios basados en el movimiento de figuras digitalizadas, invierten un tanto por ciento astronómicamente más elevado de dinero en hardware que en software. Concluyendo, hay que hacer, en nuestra posición de enseñantes, gran hincapié en estas nuevas funciones básicas de la Expresión Gráfica, que adquieren el mismo nivel

que las propiedades de los triángulos, pongamos por caso.

Notas y comentarios. -

(1) Philip Coombs es miembro del Consejo Internacional para el Desarrollo de la Educación (ICED).

(2) A HISTORY OF ENGINEERING DRAWING. Peter Jeffrey Booker. Northgate Publishing Co. Ltd. London. 1979.

(3) Nuevamente, nos encontramos ante una expresión heredada del original americano.

(4) A este respecto es importante destacar que una firma importante de software como es Microsoft, tiene canales abiertos, mediante revistas especializadas, para que los usuarios de sus programas expresen sus quejas. En dichas revistas, periódicamente, se exponen esas críticas, coincidiendo, claro está, con la superación de los problemas expuestos.

(5) La versión 4.0 de QuickBASIC ha conseguido derribar la última barrera que existía entre el BASIC compilado y el interprete. Este último tenía la ventaja de que una vez escrito, pulsando RUN se podía ejecutar. QuickBASIC, como cualquier lenguaje compilado, una vez escrito pasaba la prueba de si estaba correctamente expresado "gramaticalmente", en caso afirmativo se creaba la versión objeto que posteriormente era linkada con las subrutinas y librerías necesarias para dar, al fin, la versión

ejecutable. Pues bien, QuickBASIC 4.0 compila cada línea en el mismo momento en que ésta acaba de ser escrita -cuando pulsamos RETURN al final de ella-, especificando la posición de los errores si los hay, por lo que cuando toda la parte "literaria" ha pasado la criba de la compilación, se encuentra en la misma posición que un programa escrito en lenguaje interprete, con la consiguiente rapidez, y lo que es más importante con una extraordinaria facilidad de localizar errores impensable hasta hace muy poco en un lenguaje compilado.

(6) Puede completar esta afirmación la noticia de que en Francia se está comercializando un paquete de CAD, Vectoria 3D, creado por un estudiante de 18 años -bachelier 87-, mediante Turbo Pascal. Lógicamente, y a pesar, paradójicamente, de su carácter público, es muy rudimentario y las criticas en las revistas especializadas no son muy caritativas, pero el esquema de razonamiento es uno de los preconizados en la tesis: dividir la pantalla en cuatro partes de forma que podamos trabajar a la vez en Planta, Alzado, Perfil y Axonométrico.

(7) Pensemos que el caso contrario ya se da. Son muchos los informáticos que se especializan en Informática Gráfica, aunque su nivel es superior al que preconizo en estas conclusiones, ya que su área de trabajo no es necesariamente la Informática Personal, aunque la puede englobar perfectamente. Es menester tender los lazos dirigidos a influir, como ya he dicho, en la creación de los criterios de programación que se basan en conceptos geométricos, sino nos encontraremos con generaciones de alumnos

de Escuelas Técnicas que aplican en la práctica conceptos opuestos a los que sus profesores les han preconizado. Un ejemplo claro es la proyección americana que se usa en programas realizados en Europa, más concretamente en España, en donde sus creadores no han caído en la cuenta de que no estaban usando proyección europea. Se me puede objetar que el mercado pide productos americanos. Vemos, de esta forma, como un tema tan controvertido como el de los distintos tipos de proyección tiene un final triste al que se llega en el mayor de los silencios.

(8) En caso contrario, tenemos dos opciones: volver a empezar o seguir adelante dejando para más adelante el variar los ángulos equivocados.

(9) En el capítulo "Nociones de CAD" se hace una referencia a las coordenadas locales, justificando su implementación y funcionamiento.

(10) Hay varias formas de ver que hexágono está en verdadera magnitud. Lógicamente, la más sencilla es consultar las coordenadas de un segmento, entre las múltiples respuestas se encuentra la longitud proyectada y la real, viendo así en cual hexágono se cumple que son iguales ambas magnitudes.

(11) Piénsese que para clasificar la cónica es menester resolver un sistema de cinco ecuaciones con cinco incógnitas. Es dudoso el interés pedagógico de efectuar reiteradamente dichas operaciones fuera de un curso de Álgebra Lineal.

Realizaciones prácticas.

(12) Este archivo queda almacenado en el disco duro del ordenador, consecuentemente, sólo se puede invocar desde el mismo ordenador en que se ha efectuado la clasificación.