

# Topografía Aplicada a la Ingeniería

## Práctica 4. Generación de modelos digitales del terreno con TopoCal

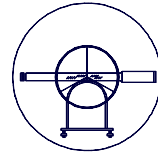


**Julio Manuel de Luis Ruiz**  
**Raúl Pereda Gracia**

Departamento de Ingeniería Geográfica y  
Técnicas de Expresión Gráfica

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



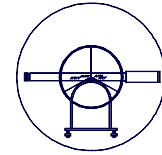
# TOPOGRAFÍA APLICADA A LA INGENIERÍA

## Práctica Número 4.-

### GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DEL TERRENO CON TOPOCAL.

Alumnos que forman el Grupo:

1.-	
2.-	
3.-	
4.-	
Grupo:	Fecha:
Observaciones:	



## 1.- JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA.

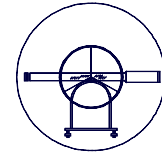
En la Práctica Número 3.- “*Procesado automático de los observables de campo*” se calcularon las coordenadas de la nube de puntos con la que se pretende realizar la representación geométrica y el Modelo Digital del Terreno. En esta práctica se pretende analizar pormenorizadamente las herramientas informáticas que el usuario tiene a su disposición para la generación de levantamientos topográficos y modelos digitales del terreno para posteriormente llevar a cabo su correcta explotación. En la actualidad existen muchas aplicaciones informáticas que permiten generar modelos digitales del terreno, analizándose en la presente práctica una herramienta que aún siendo sencilla permite los objetivos marcados a priori, siendo además de libre difusión.

La eficacia y rendimiento que hoy día se exige en el mundo profesional vienen respaldados por el hardware y software que el operador debe tener al respecto, el manejo de este tipo de herramientas tienen el sector profesional plena vigencia, además de estar perfectamente consolidadas. Todos estos factores hacen que la presente práctica este plenamente justificada y además se pueda considerar la adquisición de estos conocimientos como fundamentales para la buena formación topográfica.

## 2.- OBJETIVOS.

Como principal objetivo se pretende la familiarización de los alumnos con software de libre difusión, que permite la generación de modelos digitales del terreno de forma automática, la representación del levantamiento topográfico de forma cuasi-automática y la explotación de modelos que generalmente permiten estas aplicaciones informáticas. Todo ello partiendo de nubes de puntos definidos por sus coordenadas, calculadas en la práctica anterior, también con software de gran difusión y fácil adquisición.

1. Aprendizaje del proceso de descarga e instalación del software denominado TOPOCAL, que constituye la herramienta informática básica para el desarrollo de esta práctica.
2. Descripción y aprendizaje del manejo general de la aplicación informática y su manual correspondiente.
3. Aprendizaje del proceso de importación de la nube de puntos calculada en la práctica anterior.
4. Aprendizaje del proceso de generación y edición de modelos digitales del terreno en base a nubes de puntos.
5. Aprendizaje del proceso de generación, edición y exportación de levantamientos topográficos.
6. Aprendizaje del proceso de explotación tanto de modelos digitales del terreno, como levantamientos topográficos. Generación de perfiles longitudinales, medición de superficies, distancias, etc.
7. Aprendizaje del proceso de exportación de los resultados obtenidos de la explotación de la información digital.



### 3.- DESARROLLO DE LA PRÁCTICA Y CONTENIDO.

Para el desarrollo de la práctica, será necesario que los alumnos calculen previamente las coordenadas de la nube de puntos representativa del Campus Universitario por procedimientos clásicos, ya desarrollados en prácticas anteriores. Se partirá de una información estructurada en formato Excel y con la siguiente estructura de información.

PUNTO	Coord_X	Coord_Y	Coord_Z	CÓDIGO
1	433213,44	4787826,56	183,95	CA
2	433195,20	4787836,84	184,13	CA
3	433168,07	4787852,24	184,21	CA
4	433144,75	4787865,43	183,97	CA
5	433120,56	4787879,10	183,73	CA
6	433096,46	4787892,69	183,50	CA
7	433096,84	4787894,09	183,53	CA1
8	433122,30	4787879,67	183,78	CA1
9	433147,18	4787865,60	184,01	CA1
10	433172,81	4787851,08	184,22	CA1
11	433197,96	4787836,84	184,15	CA1
12	433217,30	4787825,93	183,89	CA1

*Tabla Número 1.- Formato de las coordenadas de la nube de puntos.*

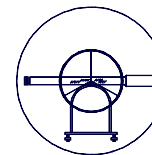
Una vez realizada la descarga e instalación del software se procederá a describir de forma genérica la aplicación informática. Una vez realizada dicha descripción se procederá a importar la nube de puntos, realizar el auto-croquis, generar el modelo digital del terreno y ver las posibilidades de edición y explotación del modelo obtenido. Todo ello será explicado previamente por el profesor responsable de la práctica con un ejemplo similar.

### 4.- MATERIAL E INSTALACIONES.

Se emplearán los equipos informáticos existentes en el aula de informática asignada para la impartición de docencia.



*Figura Número 1.- Aula de informática donde se desarrollará la práctica.*



## 5.- MODO OPERATIVO.

### 5.1.- Descarga e instalación del Software.

En primera instancia, el profesor describirá el proceso para acceder a la página web [www.topocal.com](http://www.topocal.com) donde se puede descargar la aplicación gratuitamente con las diferentes modalidades de descarga, con registro, sin registro, con código, sin código, etc.

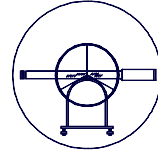


Figura Número 2.- Página web [www.topocal.com](http://www.topocal.com).

Para el desarrollo de la práctica se procederá a descargar el fichero de la opción TopoCal 2002, dado que no requiere ni registrarse ni hacer ningún donativo, apareciendo en la página correspondiente una pequeña descripción de las capacidades del software.



Figura Número 3.- Descarga de la versión a emplear en las prácticas.



Aún así, en el ordenador del profesor del aula de informática, en la carpeta compartida correspondiente, el profesor pondrá a disposición de los alumnos el fichero de instalación para todos aquellos alumnos que lo deseen puedan copiarle directamente.

Una vez descargado el fichero o copiado de la carpeta compartida, el alumno procederá a su instalación el equipo correspondiente para lo cual tan sólo tendrá que descomprimir el fichero ejecutar el fichero setup. Posteriormente aparecerá la aplicación de instalación de instalación de software.

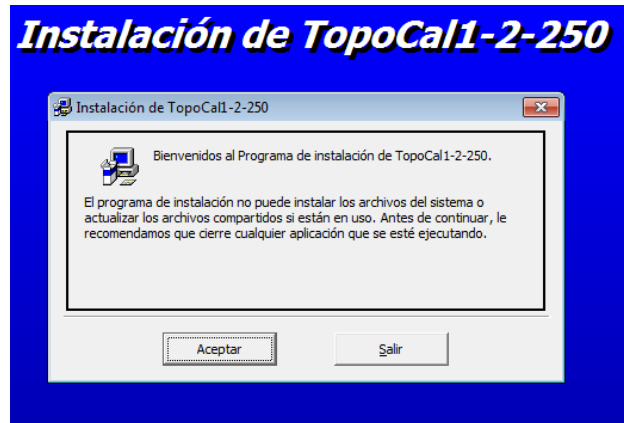


Figura Número 4.- Pantalla principal de instalación de TopoCal.

A continuación se define el directorio donde se pretende instalar, aunque por defecto la aplicación propone uno y se inicia la instalación haciendo clic en el botón correspondiente.



Figura Número 5.- Pantalla de inicio de instalación de TopoCal.

Una vez iniciada la instalación el propio software pregunta si quiere incluir la aplicación en algún grupo de programas concreto y posteriormente el software de instalación hace el resto.

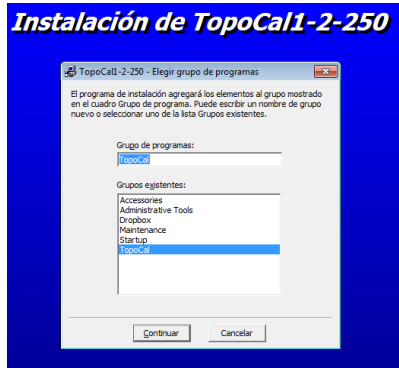


Figura Número 6.- Pantalla de elección de grupo de programas.

Una vez finalizada la instalación el software avisa de que la instalación ha finalizado correctamente y se puede cerrar la aplicación con el software adecuadamente instalado.

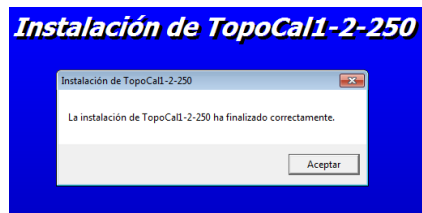


Figura Número 7.- Fin de la instalación del programa.

## 5.2.- Descripción general del programa.

Una vez instalado para ejecutarle se puede acceder directamente desde el “inicio de programas” en Windows o desde el “escritorio” si se ha creado el icono correspondiente.

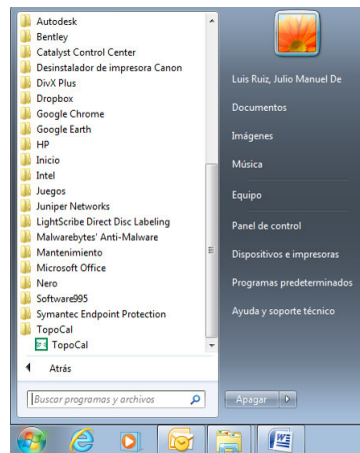
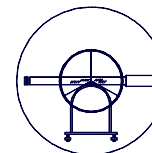


Figura Número 8.- Menú de inicio de programas de windows.



Antes de iniciarse el software se solicita un envío de comentarios sobre el propio programa, sin la aceptación de dicha solicitud no se inicia la aplicación, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura Número 9.- Solicitud de envío de comentarios.

Una vez aceptada dicha solicitud se despliega la aplicación que tiene la apariencia que se puede ver en la siguiente figura.

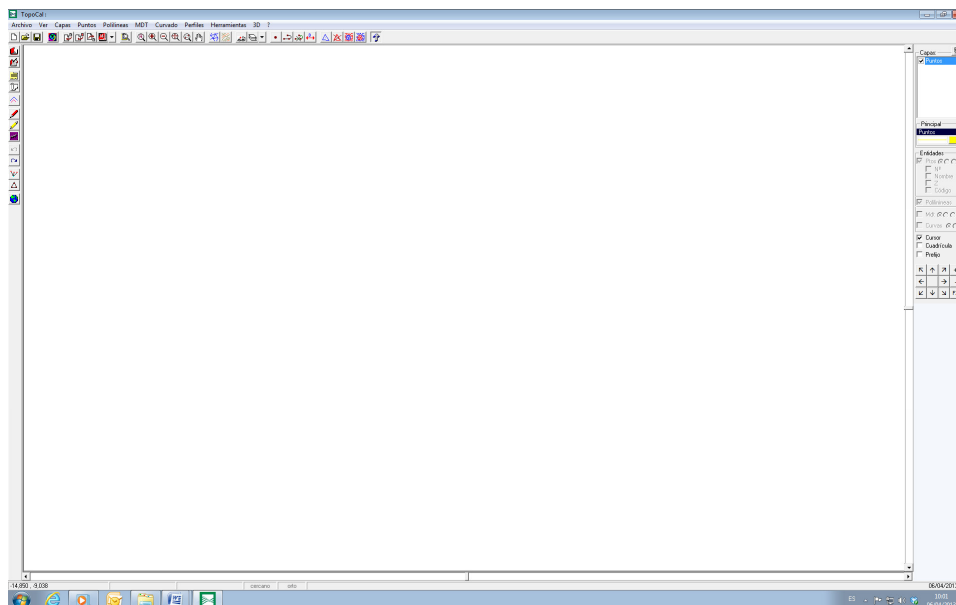
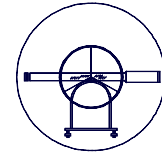


Figura Número 10.- Pantalla principal de TopoCal.

Antes de iniciar la descripción general de la aplicación, conviene que el alumno conozca la existencia de una serie de manuales que se entregan con los ficheros de instalación, a los que el alumno puede recurrir para resolver cualquier duda que le pueda surgir o si desea aprender a manejar la aplicación con la profundidad, dado que en la presente práctica tan solo se pretende dar una visión general de la aplicación, siendo el propio alumno el que debe realizar el estudio pormenorizado de la aplicación.





El programa TopoCal se caracteriza por tener un menú principal a partir del cual se pueden desplegar las diferentes paletas de trabajo en las que se configura las especificaciones de cualquier orden a llevar a cabo por la aplicación informática.

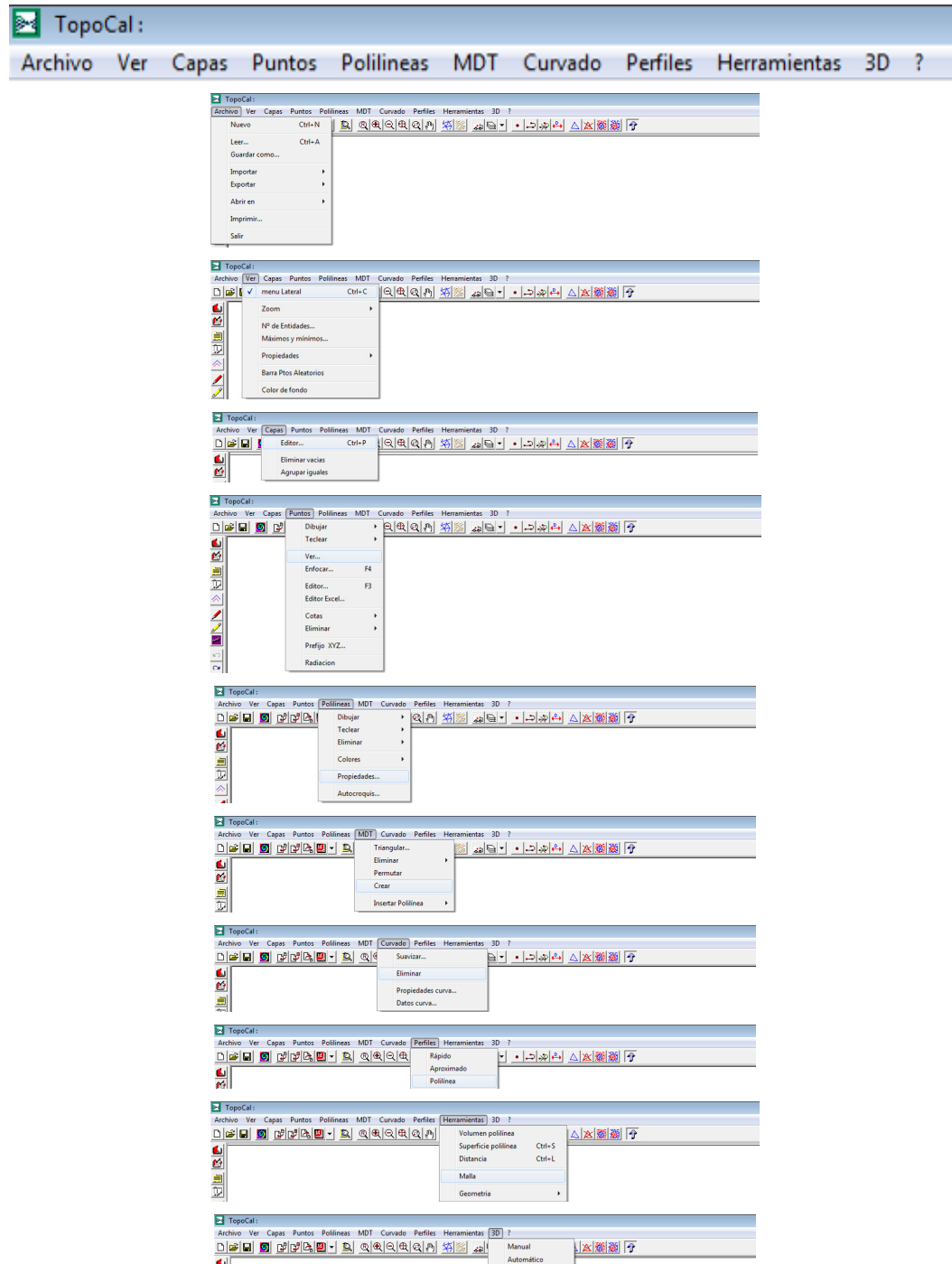


Figura Número 11.- Aspecto del menú principal de TopoCal.

### 5.3.- Importación de la Nube de Puntos.

El primer paso que requiere la generación de un modelo digital del terreno es la importación de la Nube de Puntos, con la estructura y datos calculados en la práctica anterior, para ello la aplicación dispone de un procedimiento automático con una amplia gama de posibilidades. La más empleada, fundamentalmente por su sencillez, es la que se realiza a través de una plantilla Excel, aunque también se puede hacer mediante la importación de datos por medio del bloc de notas. Para importar los datos a través de la plantilla de Excel, tan solo se debe copiar y pegar los datos en editor de puntos de Excel que tiene TopoCal, con la única precaución de que las comas correspondan a los decimales y los puntos a los millares, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

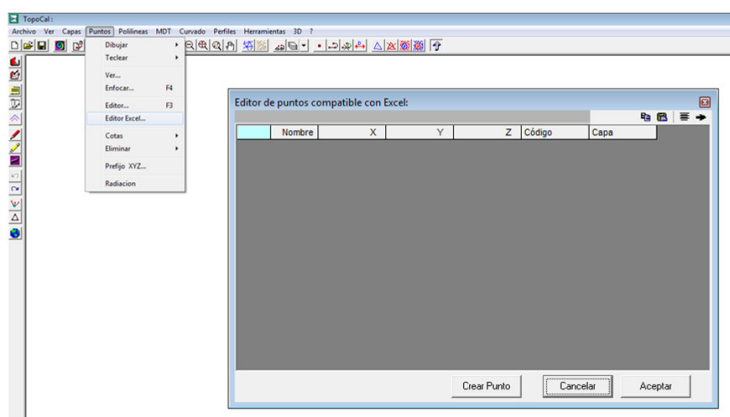
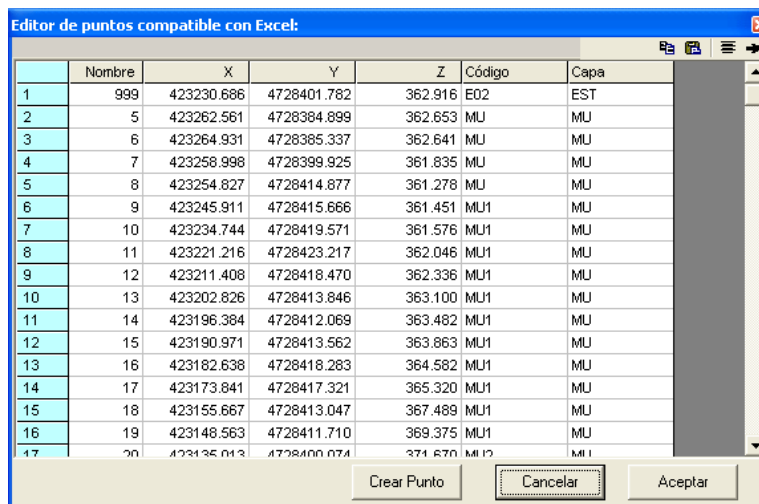


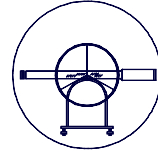
Figura Número 12.- Acceso al editor de puntos de TopoCal.

Una de las características de éste programa es que permite estructurar los códigos y capas con las que se desea trabajar, de forma que la información quede adecuadamente organizada, tal y como se muestra en la siguiente figura.



	Nombre	X	Y	Z	Código	Capa
1	999	423230.686	4728401.782	362.916	E02	EST
2	5	423262.561	4728384.899	362.653	MU	MU
3	6	423264.931	4728385.337	362.641	MU	MU
4	7	423258.998	4728399.925	361.835	MU	MU
5	8	423254.827	4728414.877	361.278	MU	MU
6	9	423245.911	4728415.666	361.451	MU1	MU
7	10	423234.744	4728419.571	361.576	MU1	MU
8	11	423221.216	4728423.217	362.046	MU1	MU
9	12	423211.408	4728418.470	362.336	MU1	MU
10	13	423202.826	4728413.846	363.100	MU1	MU
11	14	423196.384	4728412.069	363.482	MU1	MU
12	15	423190.971	4728413.562	363.863	MU1	MU
13	16	423182.638	4728418.283	364.582	MU1	MU
14	17	423173.841	4728417.321	365.320	MU1	MU
15	18	423155.667	4728413.047	367.489	MU1	MU
16	19	423148.563	4728411.710	369.375	MU1	MU
17	20	423135.043	4728400.074	371.670	MU1	MU

Figura Número 13.- Establecimiento de puntos, códigos y capas en el editor de puntos.



En el momento que se acepta la paleta anterior, se hace una visualización en planta de la nube de puntos, en la que posteriormente el usuario puede elegir el conjunto de datos que desea visualizar entre el número de punto, la cota o el código.

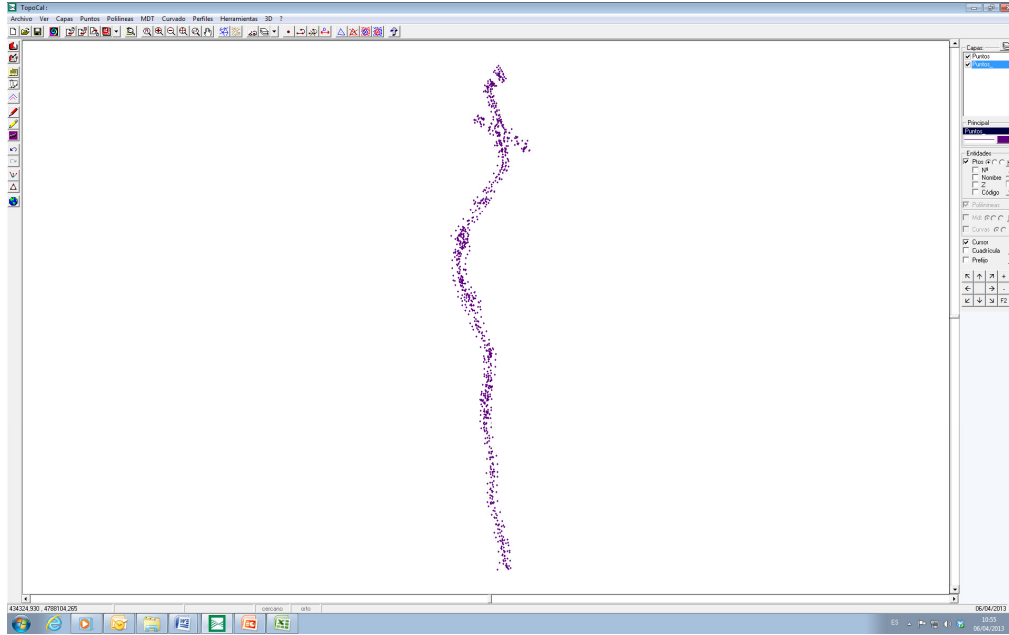


Figura Número 14.- Visualización general de una nube de puntos en TopoCal.

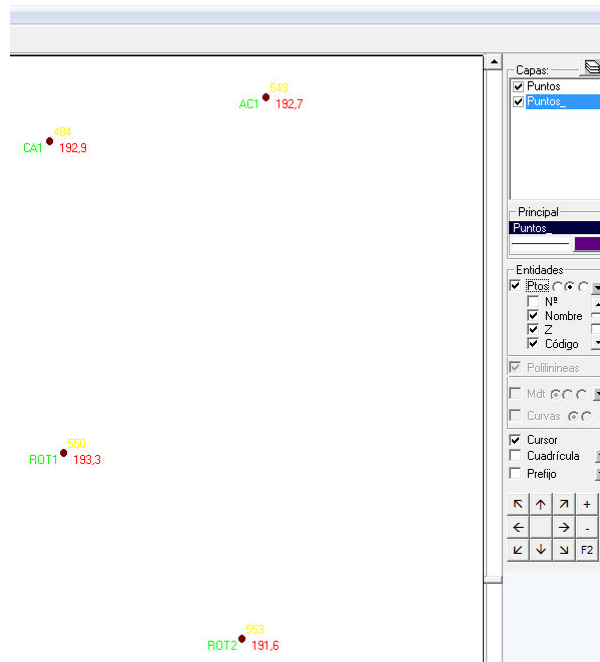
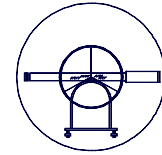


Figura Número 15.- Visualización de detalle de una nube de puntos en TopoCal.



#### 5.4.- Generación y edición del Levantamiento Topográfico.

Antes de iniciar la generación del Modelo Digital del Terreno se hace necesario llevar a cabo la representación de los elementos cartográficos tomados en campo. Para ello la aplicación permite la representación de poli-líneas que enlazan los puntos de forma manual o automática, lo que requiere la definición geométrica de de los tipos de línea, color, capa, etc. En la siguiente figura se puede apreciar cómo se despliega la paleta de poli-líneas y la configuración de dichas poli-líneas.

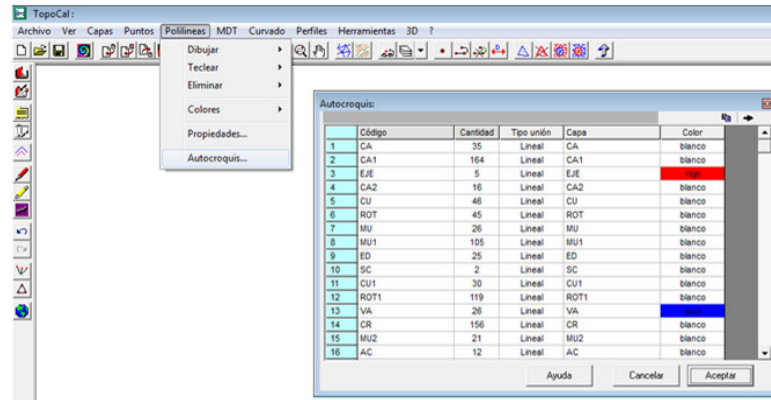


Figura Número 16.- Paleta de configuración de las poli-líneas manual y automática.

Esta es sin duda alguna, una de las fases más tediosa y manual de todo el proceso, ya que la representación de todos los elementos cartográficos tomados puede ser muy grande y la aplicación al no ser una aplicación propiamente de CAD, tiene ciertas carencias no resueltas en la aplicación. La resolución de dichas carencias puede resolverse más tarde en una aplicación CAD, tal y como se explicara posteriormente, dado que conviene como mínimo representar las líneas de rotura para forzar la correcta definición de la triangulación. En la siguiente figura se puede apreciar una representación sencilla de puntos.

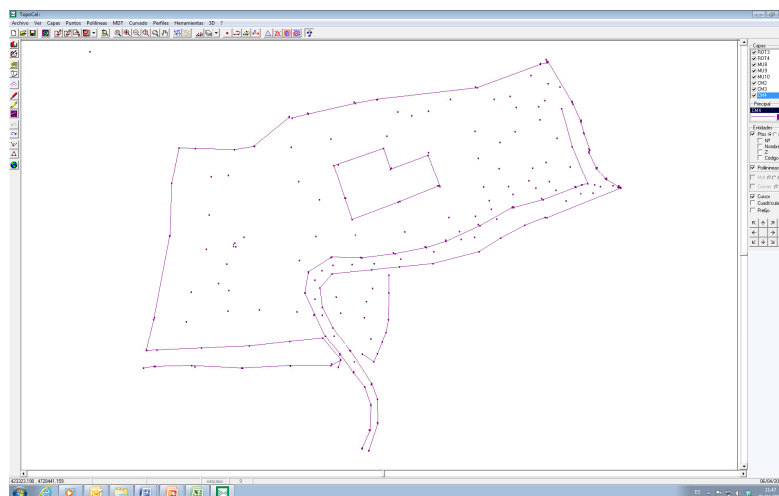


Figura Número 17.- Ejemplo de representación automática de un autocroquis.

### 5.5.- Generación y edición del Modelo Digital del Terreno.

Una vez representado el levantamiento topográfico o por lo menos las líneas de rotura, se procede a generar el Modelo Digital del Terreno, para lo cual se recurre al menú principal, la opción MDT y Triangular, en cuya paleta se pueden establecer los diferentes especificaciones para generar el modelo digital del terreno.

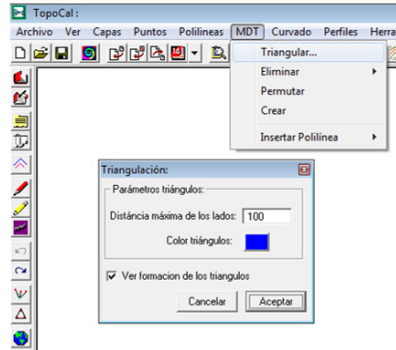


Figura Número 18.- Despliegue de la paleta de generación de Modelos de TopoCal.

Una vez generado el Modelo, en la opción MDT del menú principal, también se pueden eliminar triángulos que estén fuera del recinto que se pretende triangular o se pueden permutar lados de triángulos para conseguir una triangulación lo más equilátera posible, tal y como propone Delaunay, o se pueden crear nuevos triángulos. Toda la edición del modelo queda en manos del usuario, que obviamente es el que mejor puede definir la triangulación que mejor se acomoda al terreno que se pretende representar y por tanto, la persona más adecuada para realizar dicha edición con sus propios criterios. En la siguiente figura se puede apreciar un modelo editado y otro sin editar, con el objeto de apreciar las notables diferencias que existen entre ambos y por tanto entre sus resultados.

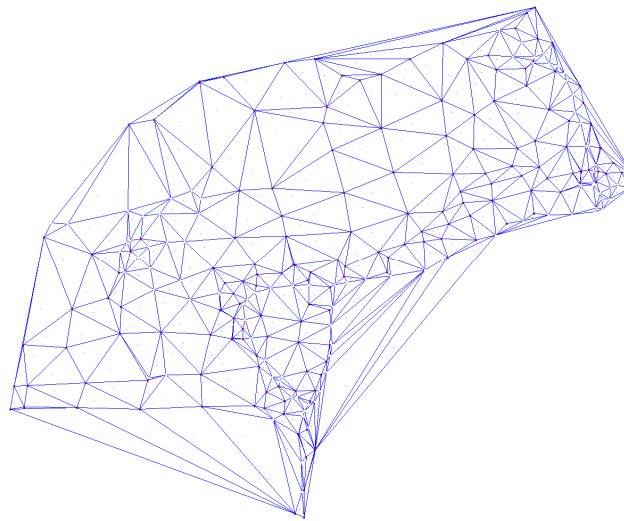
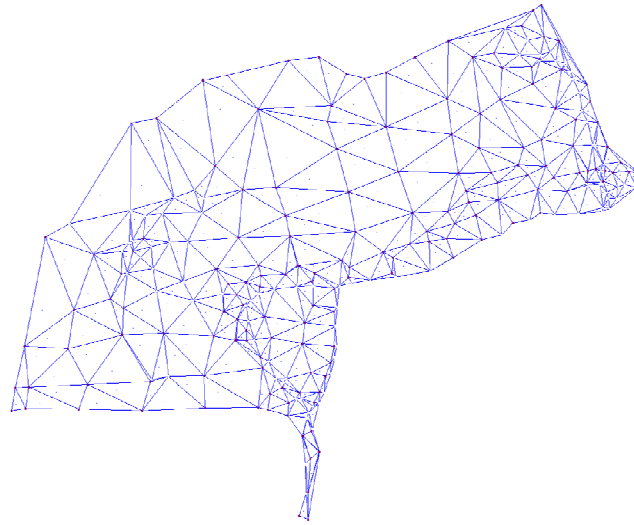


Figura Número 19.- Modelo Digital del Terreno sin editar.

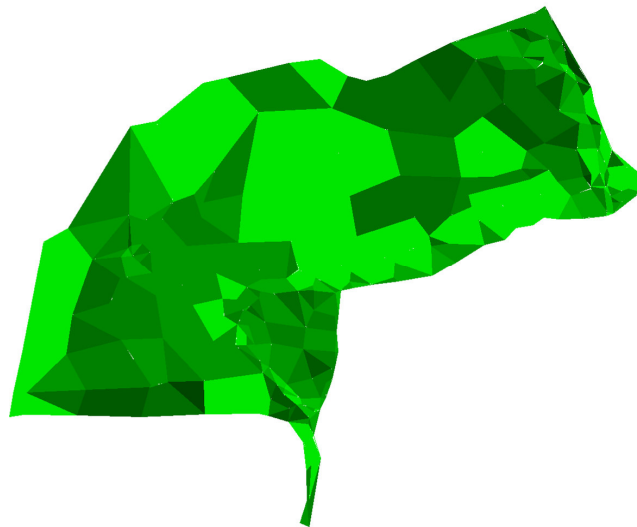


*Figura Número 20.- Modelo Digital del Terreno editado.*

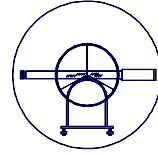
Una vez generado el Modelo Digital del Terreno se pueden hacer diferentes visualizaciones de éste en función de las necesidades del usuario, para ello en el menú lateral [  M3  R  C  ] donde se pueden activar las siguientes posibilidades:

- No ver el modelo digital del terreno.
- Ver el modelo digital del terreno a través de sus triángulos.
- Ver el modelo digital del terreno a través de su mapa de pendientes.
- Ver el modelo digital del terreno con sus triángulos y mapa de pendientes.


En la siguiente figura se puede apreciar una de las visualizaciones mediante un mapa de pendientes:



*Figura Número 21.- Mapa de pendientes obtenido del Modelo Digital del Terreno.*



### 5.6.- Generación y edición de las Curvas de Nivel.

Una vez generado el Modelo Digital del Terreno, para visualizar las curvas nuevamente hay que volver al menú lateral donde se tienen los siguientes botones [  ], en los que se puede elegir ver el curvado con o sin suavizado. Para ver el curvado suavizado primero hay que suavizarle, para lo que la aplicación tiene en el menú principal la opción “curvado” en la que se definen las especificaciones del suavizado de las curvas de nivel, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

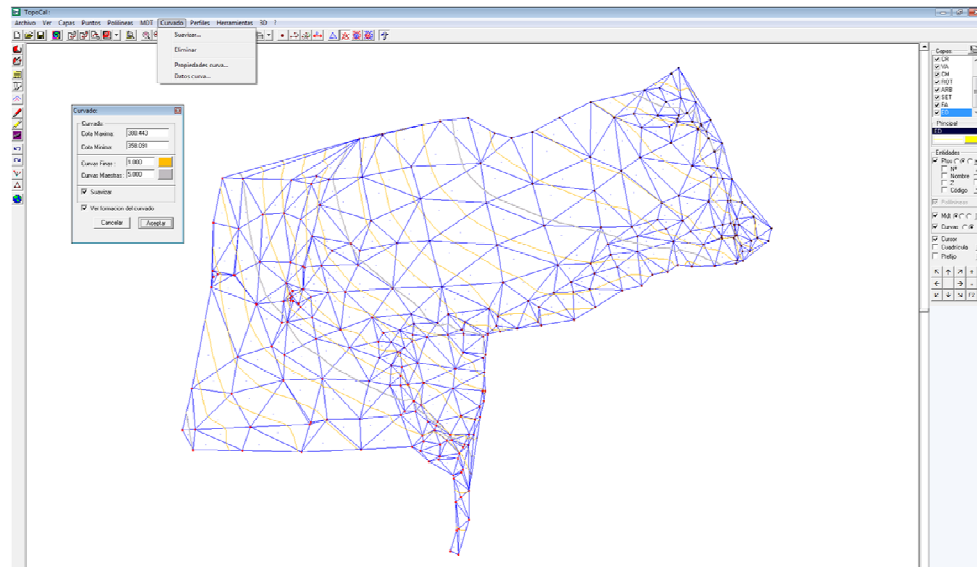


Figura Número 22.- Opción del menú principal para suavizar curvas de nivel con TopoCal.

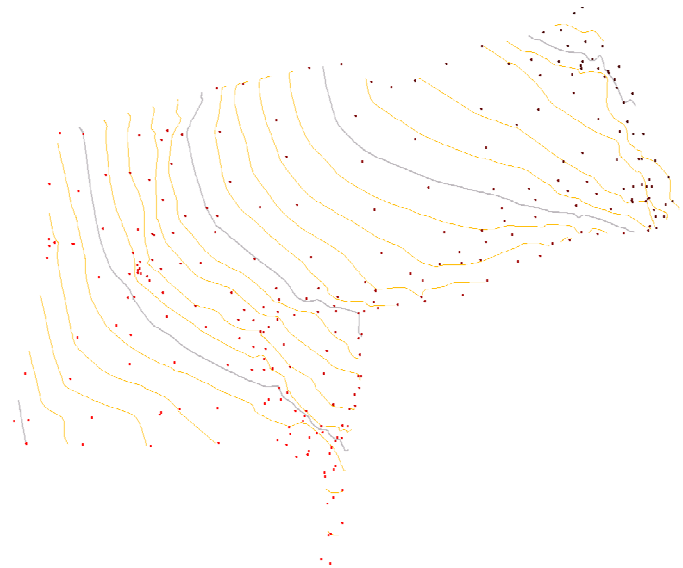


Figura Número 23.- Ejemplo de curvas suavizadas con TopoCal.

### 5.7.- Explotación de los Modelos Digitales del Terreno con TopoCal.

A nivel de explotación, TopoCal es una aplicación que permite en su versión más elemental el establecimiento de perfiles longitudinales y el cálculo de volúmenes, áreas y superficies. Para ello dispone de dos opciones dentro del menú principal, la primera permite llevar a cabo perfiles y se despliega tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

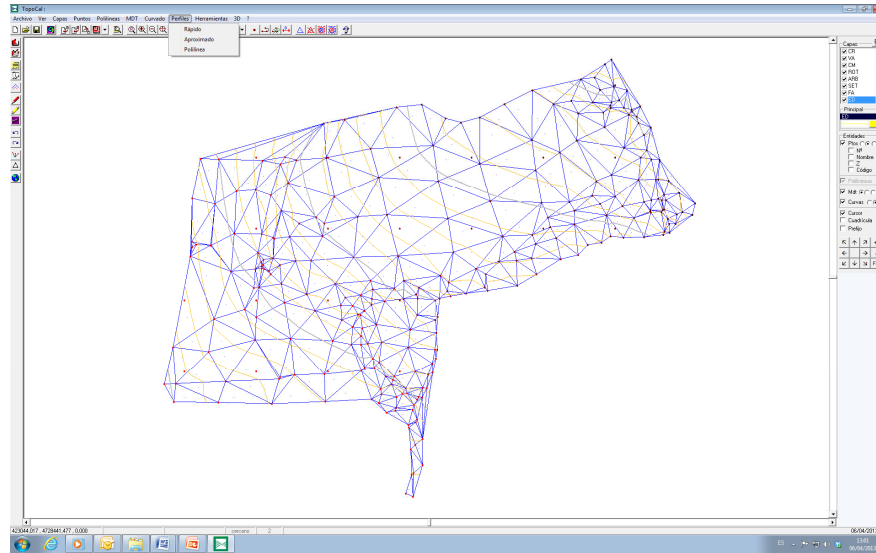


Figura Número 24.- Paleta para la ejecución de perfiles longitudinales en TopoCal.

Una vez definido el tipo de perfil que se desea llevar a cabo tan solo hay que definir el punto inicio y final del propio perfil y automáticamente te lo representa sobre la pantalla, en la que además se puede elegir si se desea almacenar en un fichero a parte, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

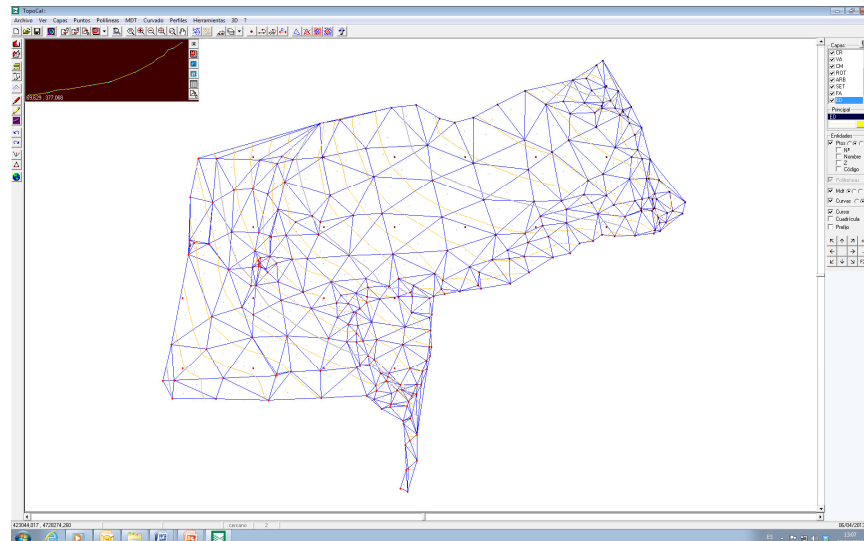


Figura Número 25.- Ejemplo de perfil longitudinal con TopoCal.



La segunda opción permite llevar a cabo medidas de volúmenes, áreas y distancias con diferentes paletas que se despliegan del menú principal, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

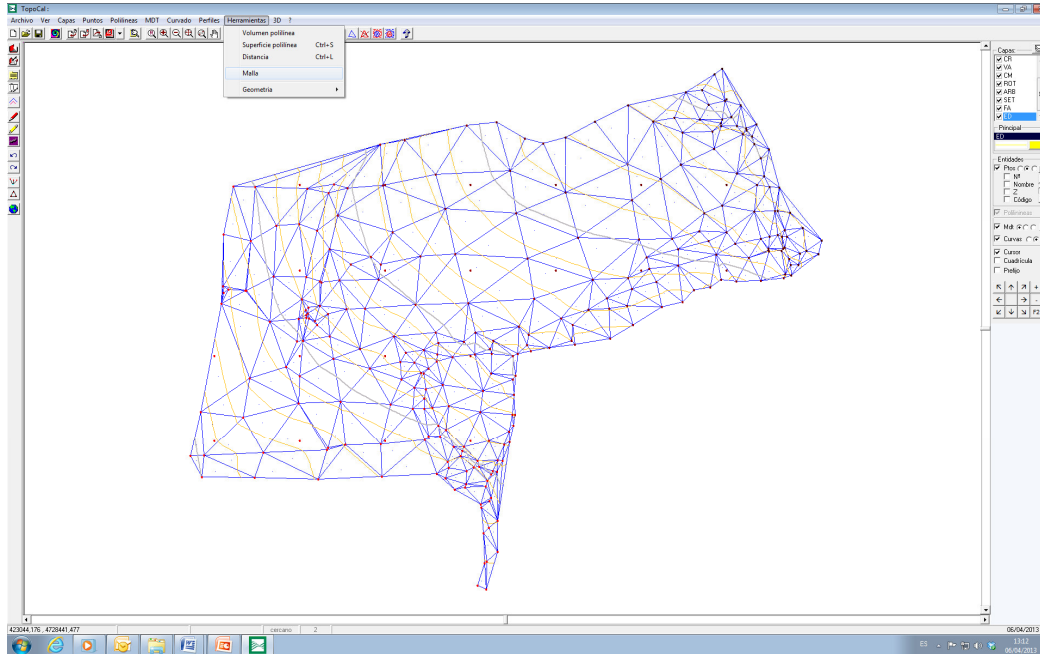


Figura Número 26.- Herramientas de medida con TopoCal.

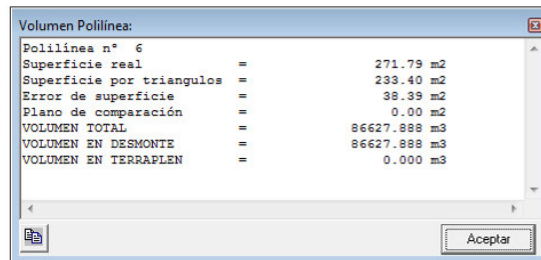


Figura Número 27.- Paleta de medida de volúmenes con TopoCal.

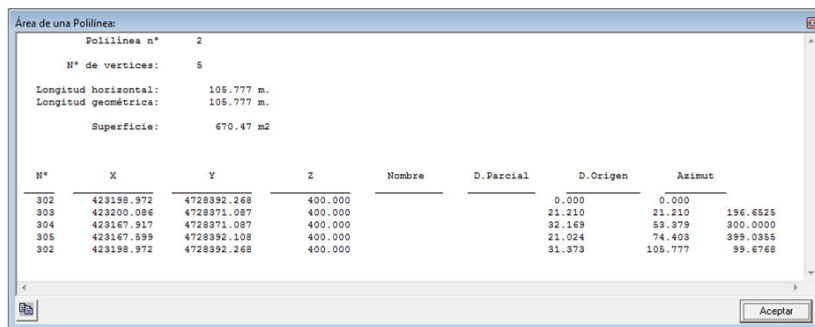


Figura Número 28.- Paleta de medida de áreas con TopoCal.

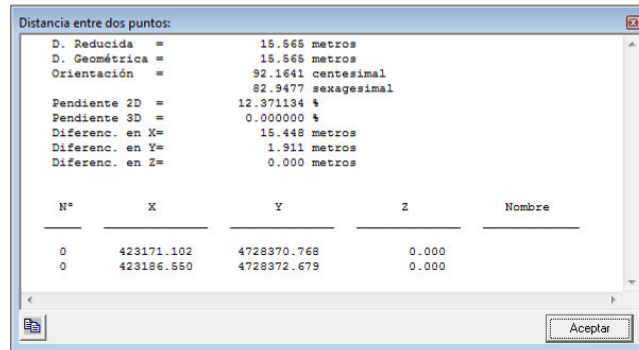
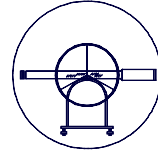


Figura Número 29.- Paleta de medida de distancias con TopoCal.

Una vez finalizada la explotación del modelo se puede almacenar en formato TopoCal o se puede exportar a otros sistemas CAD más potentes con el objetivo de editar definitivamente el modelo y el levantamiento topográfico, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura.

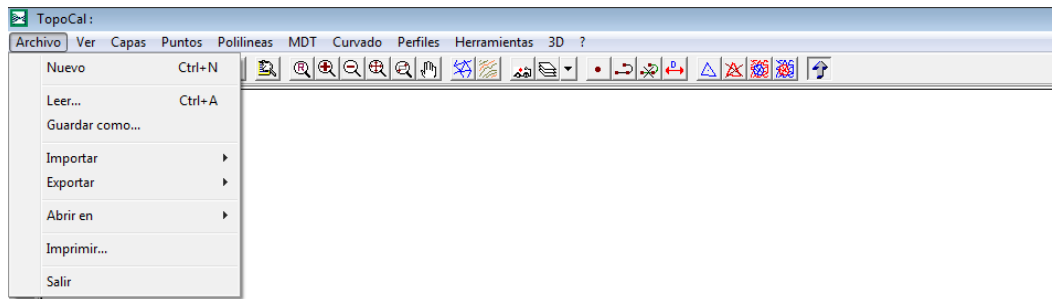


Figura Número 30.- Paleta almacenar y exportar modelos generados con TopoCal.

## 6.- DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR PARA REVISIÓN.

### 6.1.- Memoria descriptiva que contenga:

- A) Enunciado y Objeto de la Práctica.
- B) Fundamento Teórico del Método utilizado
- C) Características de los Instrumentos empleados.
- D) Mediciones y Resultados obtenidos.
- E) Interpretación de los Resultados y Conclusiones.

### 6.2.- Plano en formato digital.

Se generarán dos ficheros diferentes con toda la información obtenida, tanto para el levantamiento topográfico como para el modelo digital del terreno, la información se estructurará adecuadamente por capas y los dos ficheros se caracterizarán por tener uno el formato topocal y el otro formato dwg (3D).

Tanto la memoria como los planos en formato digital se enviarán al profesor responsable en el plazo marcado por éste.