



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO – METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA – MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINERÍA

Trabajo de Diploma

en opción a Título de Ingeniero de Minas



Título: Automatización del cálculo de volumen de mineral extraído.

Autor: *Raul Machaca Calsina*

Tutores: *Ing. Walkis Herrera Blanco*

Dr.C Orlando Belete Fuentes

**Moa, 2011
“AÑO 53 DEL TRIUNFO DE LA REVOLUCIÓN”**



Fecha: 8 de junio de 2011

A: Dr. C.Maday Cartaya Pire
Decana de la Facultad de Geología Minería

De: Federico Díaz Vega
Especialista Principal de Topografía.

Ref: Aval de trabajo de diploma

Compañero:

A través de la presente hago constar que el compañero Raúl Machaca Calsina desarrolló su trabajo de diploma titulado **Automatización del Cálculo de volumen de Mineral Extraído**, en el departamento de Topografía de la Empresa de Ingeniería y Proyectos del Níquel. El mismo se vinculó a nuestro departamento en el período comprendido entre febrero y junio del 2011. El trabajo se desarrolló satisfactoriamente y estuvo vinculado a la temática del cálculo de volumen con los software Surfer, Cartomap y AutoCAD Civil 3D, durante su desarrollo mostró independencia y responsabilidad.

Federico Díaz Vega
Especialista Principal de Topografía.



OPINIÓN DEL DIRIGENTE

Nombre del tutor: Ing. Walkis Herrera Blanco.

Nombre del educando: Raul Machaca Calsina

Tema: Automatización del cálculo del volumen de mineral extraído.

Desarrollo: El trabajo en todo su contenido se corresponde plenamente con la tarea planteada, se trazaron objetivos abarcadores, los que el autor cumplió de forma satisfactoria. El tema es de mucha actualidad, y los resultados aquí mostrados son de gran importancia para los trabajos topográficos y mineros.

El autor realizó un meritorio trabajo de recopilación bibliográfica sobre el tema, lo cual facilitó la argumentación y profundidad de las soluciones que se exponen, en las que se observan un adecuado balance entre los aspectos académicos y las soluciones prácticas.

El alumno actuó con un elevado grado de independencia, demostró iniciativa y destreza para aplicar conceptos de la especialidad y obtener las conclusiones necesarias, las que son concretas y responden a los objetivos propuestos.

Demostró que posee una naciente base científica y metodológica para argumentar resultados en su especialidad, así como para vincularlos con los conocimientos de otras asignaturas.

En el trabajo de diploma se observa la coherencia en los párrafos u oraciones, lo cual permite una lectura sin dificultad del documento; las palabras utilizadas representan en forma clara y concisa lo que el autor quiere expresar.

El trabajo es aplicable en su totalidad, destacando que se trata de un aspecto muy novedoso.

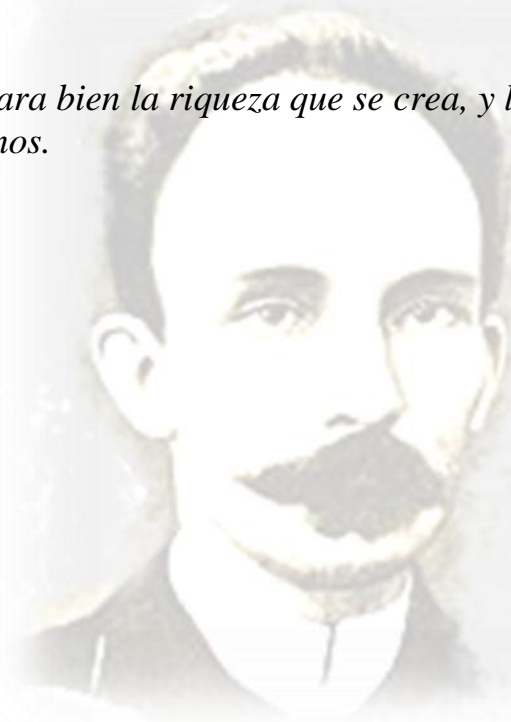
Por todo lo anterior considero que el autor ha desarrollado un trabajo que es merecedor de la máxima calificación.

Firma del tutor



Pensamientos

Solo perdura y es para bien la riqueza que se crea, y la libertad que se conquista, con las propias manos.



José Martí

Nunca el saber es bastante. Si tanto es uno más hombre cuanto más sabe, el más noble empleo será el aprender.



Baltasar Gracián



Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Pedro Julio y Sofía, quienes han sido una guía y un ejemplo para mi formación personal y profesional.

A mis hermanos Cinthya e Iván que me han apoyado en todo momento y han sido una fortaleza en mi vida.

A mis abuelas y tías que han sido una fuente de inspiración.

A Cinthia y Laritza por complementar una parte de mi vida.

A mis demás familiares que siempre me apoyaron y alentaron a seguir adelante.

A todos a quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron en todo momento.



Agradecimientos

A Dios, que estuvo siempre a mi lado toda una vida, por ser mi apoyo y protección durante los cinco años de mi formación profesional.

A mis queridos padres y hermanos, por todo el apoyo, el esfuerzo y la dedicación incondicional que me brindaron durante mi formación como persona y como profesional. Gracias por estar siempre a mi lado, y apoyarme durante mi estancia en Cuba.

A todos mis familiares en especial a mis abuelas y tías por creer siempre en mí y apoyarme en todo momento.

A mi familia Cubana por estar siempre a mi disposición y brindarme un apoyo constante.

A mis tutores Ing. Walkis Herrera Blanco y a Dr C. Orlando Belete Fuentes, por brindarme un apoyo constante e incondicional, al personal del departamento de topografía de la CEPRONÍQUEL y a todos aquellos que me ayudaron de una u otra forma a realizar este trabajo.

A todos los profesores del Departamento de Minería y del ISMM, por su apoyo y contribución en mi formación profesional.

A todos mis amigos, compañeros de aula, y las personas que he conocido en el transcurso de estos cinco y me apoyaron de una u otra forma.

A la revolución Cubana, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional.

A todos, muchas gracias.



Resumen

El presente trabajo de diploma titulado Automatización del cálculo de volumen de mineral extraído, cuenta en su estructura de tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el primer capítulo se define las principales características técnicas de los diferentes softwares utilizados para el cálculo de volumen.

En el segundo capítulo se elabora una metodología de trabajo para la automatización del cálculo del volumen de mineral, con los softwares Surfer 8, Cartomap 6 y AutoCAD Civil 3D 2010.

En el tercer capítulo se evalúa los resultados obtenidos del cálculo de volumen y se realiza la validación de los softwares para la automatización del cálculo de volumen.

Finaliza el presente trabajo presentando las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.



Abstract

The present work, titled, Automation of the calculation of mineral volume, consists of three chapters, conclusions, recommendations, bibliography and annexes.

The first chapter defines the technical characteristics of the different softwares used for the calculation of volume.

In the second chapter a work system is formed with Surfer 8, Cartomap 6 and AutoCAD Civil 3D 2010 for the automation of the calculations of volume.

The results obtained from the calculations are evaluated in the third chapter and the validation of softwares is carried out.

This investigation culminates presenting the conclusions, recommendations, bibliography and annexes.



Índice

Introducción	1
Capítulo I. Estado del arte del cálculo de volumen	4
I.1 Generalidades	4
I.3 Generalidades de los softwares para el cálculo de volumen.	6
I.4 Softwares empleados para el cálculo de volumen del mineral en la empresa de proyectos del níquel (Ceproníquel)	7
I.4.1 Particularidades del software Surfer8	8
I.4.2 Particularidades del software Cartomap 6	9
I.4.3 Particularidades del software AutoCAD Civil3D 2010	11
I.5 Términos y definiciones	13
1.6 Análisis Bibliográfico	15
Capítulo II. Procedimiento metodológico para la automatización del cálculo de volumen	16
II.1 Introducción	16
II.2 Breve caracterización física geográfica de la zona de estudio	17
II.3 Densificación geodésica	17
II.4 Levantamiento topográfico	17
II.5 Importación de la base de datos	18
II.5.1 Descripción del proceso de descarga con el software Carlson XPort	18
II.6 Creación del Modelo digital del terreno para el cálculo de volumen mediante los softwares antes mencionados	22
II.7 Metodología para el cálculo de volumen mediante el software Surfer8	22
II.7.1 Los Datos Cuadrículados (Grid data)	23
II.7.2 Cálculo de volumen	29
II.8 Metodología para el cálculo de volumen mediante el software Cartomap6	32
II.8.1 Creación de un proyecto	32
II.8.2 Creación de capas	34
II.8.3 Entrada de datos	36



II.8.4 Presentación de puntos y estaciones.....	40
II.8.5 Modelo digital del terreno	43
II.8.6 Curvas de nivel	47
II.8.7 Cubicaciones (Cálculo de volumen).....	51
II.9 Metodología para el cálculo de volumen mediante software AutoCAD Civil3D 2010.....	54
II.9.1 Importación y exportación de puntos	54
II.9.2 Control de visualización de los puntos en el dibujo.....	57
II.9.3 Creación de superficies.....	61
II.9.4 Cálculo de volumen.....	67
Capítulo III. Validación de los softwares	71
III.1 Introducción	71
III.2 Creación del fichero de datos a partir de una figura geométrica regular	72
III.3 Cálculo de volumen de la figura regular	73
III.3.1 Cálculo de volumen mediante una expresión matemática	73
III.3.2 Cálculo de volumen mediante los softwares	73
III.4 Cálculo de volumen de la figura irregular (terreno real).....	75
III.5 Comparación de la interpolación de las curvas de nivel	77
III.6 Comparación de los resultados obtenidos	80
Conclusiones generales	82
Recomendaciones.....	83
Referencias bibliográficas.....	84
Anexos	86



Introducción

De acuerdo al progreso científico-técnico que actualmente se produce en las diferentes ramas se hace cada vez más necesario el cálculo de la cantidad y complejidad de grandes volúmenes de mineral en la actividad minera. Aparejado a esto trae consigo nuevas y mayores exigencias de gran rigor con respecto a su alta eficiencia, por tal motivo no se concibe su ejecución sin la aplicación de tecnologías apropiadas como los software para el cálculo de volumen de mineral en los trabajos mineros.

El cálculo de volumen en la actividad minera se ha desarrollado de acuerdo a la necesidad de calcular grandes volúmenes con una mayor productividad, ahorro de tiempo, fuerza de trabajo, así como una mayor rapidez y precisión de los resultados.

Según la evolución y modernización de los software utilizados para el cálculo de diferentes volúmenes, los fabricantes lanzan al mercado internacional las más recientes tecnologías, integradas por diferentes aplicaciones internas que posibilitan la rapidez y gran eficiencia en los diferentes cálculos.

En la actualidad con el desarrollo de las nuevas tecnologías de los software para realizar el cálculo del volumen se hace necesario crear una metodología de trabajo para la automatización del cálculo de volumen y la validación de los diferentes software, lo expresado anteriormente trae consigo la mejora continua de los resultados del cálculo de volumen que se le brindan a las diferentes empresas.

La empresa de proyectos del níquel (Ceproníquel) en los últimos años ha adquirido diferentes software para realizar diversos trabajos, entre ellos el cálculo de volumen del mineral extraído para lo cual son empleados los software AutoCAD civil 3D, Surfer, Cartomap, este último limitado a llaves muy costosas en el mercado internacional.

Problema:

La necesidad de crear una metodología de trabajo para realizar la automatización del cálculo de volumen del mineral y la validación de los softwares.



Objetivo general:

Creación de una metodología de trabajo para la automatización del cálculo de volumen del mineral y la validación de los softwares.

Objetivos específicos:

1. Definir las principales características técnicas de los diferentes softwares utilizados para el cálculo de volumen.
2. Elaborar una metodología de trabajo para realizar la automatización del cálculo del volumen de mineral.
3. Evaluar los resultados obtenidos y validar los softwares para la automatización del cálculo de volumen de mineral.

Hipótesis:

Con la creación de una metodología de trabajo para la automatización del cálculo de volumen y la validación de los softwares se logra una mayor calidad, exactitud y productividad en los trabajos topográficos.

Métodos empleados para dar solución al problema científico de la investigación:

- Métodos empíricos: será imprescindible el empleo de la medición. Como técnicas; la observación científica y la entrevista, para el conocimiento de las características fundamentales del objeto.
- Métodos teóricos para la interpretación conceptual de los datos empíricos; haciendo uso del análisis y la síntesis en el estudio de las partes del objeto y para comprender su comportamiento como un todo. Dentro de los métodos teóricos también será necesario la inducción y deducción como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular.
- El método dialéctico para conocer las relaciones entre los componentes del objeto.



Actualidad e importancia del tema:

El empleo de software para el cálculo de volumen del mineral extraído es ampliamente tratado a escala mundial, en Cuba, al introducirse esta tecnología diferentes empresas se han modernizado es decir, se realiza una revolución en el desarrollo científico técnico. Su empleo en las industrias trae consigo avances tecnológicos fundamentalmente en tres aspectos.

- Aumento de la precisión y fiabilidad en diferentes cálculos.
- Brindar resultados más confiables de la cantidad de los volúmenes extraídos y los volúmenes calculados a las diferentes empresas que solicitan el servicio.
- Uso de medios informáticos que aumentan la capacidad productiva y disminuyen el tiempo de ejecución de las obras.

Bases teóricas:

1. Estudio y análisis de los manuales de referencia de Surfer 8.
2. Estudio y análisis de los manuales de referencia de AutoCAD Civil 3D 2010.
3. Estudio y análisis de los manuales de referencia de Cartomap 6.
4. Estudio y profundización de los trabajos de cálculo del volumen de minerales en las diferentes empresas.

Bases prácticas:

1. Base geodésica de la industria comandante Ernesto Che Guevara año 1986.
2. Base geodésica de la escombrera (cantera de préstamo) de la industria comandante Ernesto Che Guevara año 2002.



Capítulo I. Estado del arte del cálculo de volumen

I.1 Generalidades

Los cálculos de volumen de mineral se realizan desde que se comenzó a estudiar los yacimientos niquelíferos de Moa por la compañía americana en 1883, hasta la nacionalización de las empresas extranjeras por el gobierno revolucionario en 1960.

Después del triunfo de la Revolución Cubana el país se ve en la necesidad de desarrollar las diferentes industrias niquelíferas con los pocos especialistas nacionales que se quedaron atendiendo los diferentes trabajos debido a que los empresarios capitalistas se marcharon con una gran cantidad de información geólogo-tecnológica sobre los yacimientos y el proceso industrial. (Belete, 1998)

Los primeros cálculos de volumen determinados fueron los volúmenes de minerales como el cromo y níquel a explotarse por las empresas norteamericanas, sin dejar de mencionar los volúmenes del movimiento de tierra para la construcción de estas empresas.

El empleo de los softwares para el cálculo de volumen del mineral en nuestro país se comienza a desarrollar con la llegada de las primeras computadoras y el desarrollo de los softwares en todo el país, junto con esto surgieron nuevas técnicas y aplicaciones para calcular volúmenes de mineral extraído obteniendo resultados más confiables y satisfactorios.

En la actualidad varias empresas del país utilizan diferentes softwares para el cálculo del volumen de mineral extraído entre las que podemos mencionar, Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, Pedro Sotto Alba, Rene Ramos la Tour, empresas de materiales de construcción, entre otras, y empresas que certifican el volumen extraído como CEPRONIQUEL, GEOCUBA y VERTICE.

I.2 Antecedentes del cálculo de volumen

La palabra cálculo proviene del latín *calculus* que significa contar con piedras, precisamente desde que el hombre ve la necesidad de contar comienza la historia del



cálculo o de las matemáticas. El descubrimiento del cálculo, por lo regular, se atribuye a Isacc Newton (1642-1727) y a Gotfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716), quienes descubrieron muchas propiedades, como el estudio de los incrementos en las variables, pendientes de curvas, valores máximo y mínimo de funciones y de la determinación de longitudes, áreas y volúmenes.

Los primeros en realizar el cálculo de volumen fueron, Demócrito (c.460 a.C.-370a.C.), quien calculó el volumen de pirámides y conos y Arquímedes de Siracusa (c.287a.C.-c212a.C.), que calculó el volumen de una esfera.

Así surgen los primeros cálculos de volumen, y su aplicación se fue desarrollando según la necesidad de calcular volúmenes de cuerpos más complejos y obtener resultados eficientes. (Kenso, 2011)

Antes de la aparición de las computadoras, los cálculos necesarios para obtener resultados de grandes volúmenes se realizaban manualmente, con ayuda de expresiones matemáticas (funciones circulares o trigonométricas) y unas calculadoras mecánicas. El cálculo de grandes volúmenes por lo general se realizaba mediante la descomposición en figuras geométricas para facilitar la operación.

Al final de la década del 50 y 60 ya eran accesibles algunas computadoras, junto con ellos surgieron algunos programas de biblioteca para el cálculo de poligonales y movimiento de tierra, entre otros.

Las primeras aplicaciones de los softwares para el cálculo de volumen tuvieron éxito en estos tiempos, los programas fueron evolucionando a través de muchas versiones, a medida que se corrigieron errores se mejoraba el funcionamiento de acuerdo a las necesidades. (Sebastião, 2006)

Con la aparición de diferentes softwares para el cálculo de volumen se consiguió:

- Un ahorro de tiempo en la realización del cálculo
- Un resultado más confiable
- La supresión de errores debidos exclusivamente al cálculo
- Automatización de la tarea mecanográfica.



I.3 Generalidades de los softwares para el cálculo de volumen.

Existe una gran variedad de softwares que se utilizan en el campo de la topografía para la realización de diferentes funciones, ya sea para cálculos, representación de perfiles longitudinales y transversales, curvas de nivel, cálculo de volúmenes, diseño de carreteras, autopistas, vías, canales, ferrocarriles, entre otras funciones.

1. AutoCAD Land Development Desktop

AutoCAD Land Development Desktop es una nueva aplicación de Autodesk, desarrollada para profesionales del área de la Ingeniería Civil, Geomensura y Cartografía. Sus rutinas tienen como fuente el programa Autodesk® Civil Design, y Survey. Tiene en disposición herramientas específicas para planeamiento de territorio, creación de mapas, modelación de terrenos (DTM), alineaciones, registros de terrenos, cálculo de área y volumen entre otros. (Sebastião, 2006)

2. Cálculos Topográficos TopCal21

Funciona bajo sistemas operativos Windows de 32 bits, posee además una nueva pantalla de visualización de datos a modo de hoja de cálculo. Todas sus herramientas se presentan con cuadros de diálogos guiados que ayudarán al usuario en el cálculo. Las salidas son en formato ASCII, DXF y otros. Entre algunas de sus aplicaciones se encuentran, cálculo de superficies, generación de dibujos con los puntos, transformación de coordenadas en diferentes sistemas, cálculo de perfiles longitudinales y transversales, cálculo de triangulaciones, cálculo de volúmenes, etc. (Nguyen, 2011)

3. CIVILCAD

CIVILCAD es un módulo de AutoCAD específico para el profesional de la Ingeniería Civil y Topografía utilizado en países de habla hispana.

Desarrollado en colaboración con ingenieros que cuentan con amplia experiencia en el manejo de AutoCAD, CivilCAD es una herramienta que permite acelerar y facilitar las fases del diseño y dibujo de planos ejecutivos de proyecto, sirviendo como un elemento de integración entre AutoCAD y el usuario.

El objetivo de CivilCAD es facilitar el uso de AutoCAD a través de la programación de



funciones adicionales al sistema que automatizan y hacen más fácil la ejecución de tareas específicas dentro de AutoCAD.

CivilCAD puede ser utilizado en conjunto con otras aplicaciones sin interferir en su uso para cubrir las diversas necesidades del estudio de Ingeniería Civil y Topografía.

4. Protopo

Protopo es un software técnico para empresas y profesionales de la topografía, construcción e ingeniería civil integrado en AutoCAD. Protopo está creado en lenguaje C++ y está basado en la librería ARX (Autocad Runtime Extension), que aglutina todas las funciones del programa y agiliza su ejecución. Entre sus características tenemos: edición y entrada de datos, poligonales, editor de coordenadas, triangulación, curvado y MDT, cálculo de volúmenes, cálculo en planta, etc.

5. Data Geosis

Software de la topografía y la geodesia versión 2005. Disponible en las versiones:

- STANDARD
- STANDARD PLUS
- PROFESSIONAL
- VIAS STANDARD
- DEMO Y JUNIOR

Versión PROFESSIONAL

Dentro de esta se realizan las siguientes operaciones: Cálculo de volumen entre superficies, mapa de declividades (pendientes), área de inundación, generación de líneas de proyectos, cálculo de volumen por secciones transversales, etc. (Nguyen.2011)

I.4 Softwares empleados para el cálculo de volumen del mineral en la empresa de proyectos del níquel (Ceproníquel)

En la actualidad la utilización de software especializado, en cálculo de grandes volúmenes, está cada vez más extendida. Las herramientas informáticas permiten acortar plazos de entrega de cualquier trabajo, tareas que antes se realizaban de forma manual y empleando mucho tiempo ahora se logran realizar en un menor tiempo y con



una mayor precisión.

Los softwares empleados para el cálculo de volumen de mineral en la empresa de proyectos (Ceproníquel) son:

- AutoCAD Land
- Surfer 8
- CartomapV6.0
- AutoCAD civil3D

I.4.1 Particularidades del software Surfer8

(Empresa Golden Software)

Surfer es un programa para hacer mapas y trazar líneas de contorno en 3D para Windows únicamente. Con facilidad y rapidez, convierte todos los datos en mapas con contorno, superficie, wireframe, vector, imagen y sombras. Virtualmente todos los aspectos de los mapas pueden ser personalizados para que produzcan exactamente la presentación que se desee. Producir mapas de calidad de publicación jamás ha sido tan fácil y eficiente.

I.4.1.1 Antecedentes del Surfer 8

Golden Software ha estado localizado en Golden, Colorado, desde que fue fundado en 1983, sus fundadores fueron Dan Smith, que en ese tiempo era un estudiante universitario en el departamento de minería en Colorado School of Mines, y Patrick Madison, un instructor de ciencias computacionales en el mismo lugar. En ese tiempo, los computadores personales eran nuevos y sus aplicaciones eran muy limitadas.

A medida que la tecnología hardware y software continuaba avanzando, los productos de Golden Software fueron evolucionando para convertirse en los productos líderes en software gráfico científico. Surfer fue el primer programa lanzado en 1985, continuaron con Grapher en 1986, MapViewer en 1990, Didger en 1996, Strater en el 2004 y el más nuevo producto Voxler en el 2006.

Hoy, Golden Software se ha convertido en el proveedor líder de software gráfico científico en todo el mundo. Han vendido más de 100.000 licencias hasta la fecha y sus productos son utilizados en más de 125 países de todos los continentes.



I.4.1.2 Aplicaciones del Surfer 8

Esta versión forma parte de la serie de versiones que hacen un uso más fácil del programa y más funcional para ciertas áreas. Principales novedades:

- Significativos avances en la construcción de mapas de superficie y gráficos en 3D
- Realización de curvas de nivel
- Mayor capacidad de ficheros: Lee ficheros de datos de filas y columnas, dependiendo de la memoria disponible
- Nuevos métodos de rejilla
- Nuevos modelos de variogramas
- Cálculo de área y volumen
- Entre otros.

I.4.2 Particularidades del software Cartomap 6

(Empresa ANEBA de España)

El Software Cartomap 6 de la empresa ANEBA de España, es uno de los más utilizados en el campo de la topografía e ingeniería en muchos países, es muy poderoso y versátil. Dispone de herramientas específicas de topografía: poligonales, taquimetrías, curvas de nivel, áreas, volúmenes, etc. Cuenta además con herramientas específicas de diseño de carreteras, ensanches y mejoras de vías ya existentes, etc. La versión Cartomap 6, es una potente e intuitiva aplicación que facilita las tareas de proyecto y ejecución de obras de Ingeniería civil, urbanismo y minería. Abarca el ciclo completo desde la toma de datos procedentes de muy diversas fuentes (estaciones totales, GPS, ficheros DXF) hasta la obtención de planos, vistas en planta, perfiles longitudinales y transversales. La comunicación con otros sistemas es muy flexible gracias a la exportación en formato de texto y gráficos compatibles con los estándares del sector.

El CARTOMAP en el mercado cuenta con diferentes versiones que están estructuradas en diferentes módulos y tipos de licencias.

La empresa ANEBA tiene acuerdos con muchas Universidades (UCV, UCOLA,



Universidad de Carabobo, etc.) Tecnológicos universitarios que permiten a los clientes, disponer de versiones especialmente pensadas para que alumnos que estudian carreras relacionadas (topografía, Ingeniería, Civil, y muchas más), puedan tener acceso a este software que se ha convertido en un estándar en el mercado local.

Su aprendizaje es muy veloz, y es fácil de adquirir, ya que puede crecer modularmente (de acuerdo a sus necesidades). Múltiples empresas constructoras (Consortio ODEBRECHT, VIALPA, TRONARCA, etc.), organismos públicos (PDVSA, CVG, y muchas más), utilizan CARTOMAP con excelentes resultados.

Con el fin de ajustar el software a las necesidades actuales de los diferentes profesionales del sector (Topógrafos, Calculistas Profesionales Independientes, de Empresas Constructoras, Consultora de Ingeniería, de Organismos Públicos, etc.).

1.4.2.1 Características fundamentales del Cartomap 6

CARTOMAP es manejado sobre plataforma en un ambiente Windows lo que lo hace más versátil y potente además de la flexibilidad y potencia que usted pueda necesitar.

La versatilidad al permitir incorporar datos de muy diversa procedencia, flexibilidad, al soportar múltiples formatos de manera inteligente sin que el usuario tenga que proporcionar información que normalmente desconoce, potencia, al combinar todos los datos en un proyecto único, independiente de su volumen, simplificado las tareas de mantenimiento, transmisión y copias de seguridad.

CARTOMAP fue una de las primeras aplicaciones de Ingeniería Civil, a nivel mundial, sobre Microsoft Windows en su versión 2.1 esta fue la primera innovación dentro de una larga serie que culminó en 1998, con la aparición de Pocket CARTOMAP que sentaba las bases del futuro de la topografía de campo.

Permite introducir los datos de campo de forma manual, mediante ficheros en múltiples formatos o por conexión directa, y los interpreta por complejos que sean. Las estaciones y los puntos del levantamiento se contemplan con los diferentes tipos, códigos múltiples y parametrizables, correcciones diversas. Para formar el fiel reflejo de los datos observados.

CARTOMAP ofrece las inmensas opciones de:

- Introducción de datos de campo



- Intercambio de datos
- Ajuste de datos
- Modelo de terreno (MDT)
- Cálculo de curvas horizontales y verticales
- Uso de plantillas de diseño (sección típica)
- Tabulación de volúmenes (diseño, cubicación, pavimentos, aceras, contenes, otras superficies)
- Representación gráfica
- Dibujos 2D/3D
- Definición avanzada de trazado en planta
- QUADs
- Replanteo y control de calidad
- Secciones transversales, planta y perfil
- Cubicaciones.

I.4.3 Particularidades del software AutoCAD Civil3D 2010

- Empresa Auto Desk (USA)

AutoCAD Civil 3D es un programa que permite realizar una amplia gama de tareas relacionadas con la Ingeniería Civil , la Topografía y el dibujo, con AutoCAD Civil 3D se puede crear relaciones inteligentes entre objetos de dibujos para que los cambios realizados en el diseño se actualicen dinámicamente en todo el dibujo, ayuda optimizar el desempeño del proyecto con análisis geoespacial para identificar el mejor sitio del proyecto, análisis pluvial para diseños más sostenibles, cálculo de cantidades y cálculos dinámicos de la obra para optimizar la utilización de materiales, y visualizaciones 3D, para entender mejor los impactos del proyecto en el medio ambiente.

El software AutoCAD® Civil 3D® es un programa que utiliza el modelado de información de edificios (BIM) para ayudar a los equipos del proyecto de Ingeniería Civil a evaluar más escenarios desde el inicio en el proceso de diseño y terminar los proyectos de transporte, desarrollo de suelos, y del medio ambiente más rápidamente y con mayor eficacia.



AutoCAD civil3D se basa en el proyecto de ingeniería y permite a todos los miembros de un equipo de trabajo acceder y compartir información de forma simultánea, impulsando la colaboración y reduciendo los ciclos de tiempo del proyecto.

Esta filosofía centrada en el proyecto con bases de datos compatibles ODBC y compartición en tiempo real de información de puntos, modelado del terreno, alineamientos y otros, permite a los equipos de especialistas intercambiar ideas más eficientemente, para llevar a cabo más rápidamente los proyectos y obtener unos resultados superiores que refuercen la ventaja competitiva. Contiene órdenes de gestión de proyectos que facilitan la organización de archivos.

En la primera etapa del proceso, se introducen al programa los datos necesarios para generar la topografía original. Esto puede hacerse por tres métodos: a partir de los datos de la libreta de campo, directamente de una estación total o teodolito electrónico y por un listado de puntos previamente calculado.

Sea un ingeniero civil, técnico, o topógrafo, con estas poderosas herramientas de análisis, interfaces optimizados, menús lógicos, modelos de terreno 3D, robusto TIN, curvas de nivel, y procesamiento de puntos, aseguran que sus dibujos y proyectos sean fácilmente creados y con gran rigor.

I.4.3.1 Aplicaciones fundamentales del AutoCAD Civil3D 2010

Los trabajos en los cuales la aplicación de este programa hace más eficiente su desarrollo son los siguientes:

- Planimetría (producción de planos topográficos en planta)
- Loteos y parcelaciones
- Modelos tridimensionales de terreno
- Creación de curvas de nivel
- Obtención de cortes del terreno
- Cálculo de volúmenes producidos por proyectos, tales como excavaciones, plataformas, terrazas, pilas, botaderos, etc.
- Informes de cubicación de los proyectos antes expuestos
- Creación de puntos



- Importación y exportación de puntos y superficies
- Crear, analizar, y visualizar modelos de terrenos
- Diseño en planta de caminos, canales, presas o de cualquier otro proyecto que se desarrolle a lo largo de un eje
- Entre otros.

I.5 Términos y definiciones

Volumen: Del latín *volumen*, el concepto de volumen permite nombrar a la corpulencia o bulto de algo. De esta forma, se refiere a la magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en tres dimensiones (largo, ancho y alto). En el Sistema Internacional, su unidad es el metro cúbico (m³).

El volumen también es la intensidad del sonido y el cuerpo material de un libro encuadernado. Para la geometría, se trata del espacio ocupado por un cuerpo, mientras que para la numismática, es el grosor de una moneda o una medalla. (Wangdi, 2010)

Mineral: En términos generales es toda sustancia o compuestos que se encuentra naturalmente con composición bien definida y propiedades físicas determinadas. En sentido más restringido, mineral es para el minero toda sustancia natural valiosa, se utilice o no para la obtención de metales, o el resultado de las operaciones de concentración a que se someten las sustancias extraídas de una explotación minera con objeto de ponerlos en condiciones de ser entregada al mercado. (*ibid*)

Escombrera: Lugar donde se depositan y acumulan residuos sólidos inertes, normalmente producidos en actividades como la construcción o la minería, aunque también sirven de depósito a los excedentes de tierras que se originan en la construcción de obras públicas. El escombro de mineral está constituido por el desecho de la actividad extractiva, que son los materiales acompañantes del mineral o de la piedra de cantera no aprovechables debido a su composición o estructura.

La ubicación de las escombreras está sometida a gestión, mediante diversas herramientas tanto técnicas administrativas (como la Evaluación de Impacto Ambiental)



como normativas, tanto de índole municipal como autonómico o regional. (Microsoft encarta, 2009)

Levantamiento topográfico: Los levantamientos topográficos son tridimensionales y utilizan técnicas de levantamiento geodésico plano y otras especiales para establecer un control tanto vertical como horizontal. La configuración del terreno y de los elementos artificiales o naturales que hay en él se localiza a través de medidas que se representan en una hoja plana para configurar un mapa topográfico. (*ibid*)

Redes Topográficas de Apoyo: Consiste todo levantamiento topográfico en trasladar al plano, con su cota, puntos determinados del terreno, partiendo, en planimetría, de una recta escrupulosamente medida orientada que se denomina la base, y en altimetría, tomando como origen un punto cuya altitud sobre nivel medio del mar sea conocida, o al que se le asigne una cota arbitraria, arrastrando esta a los demás puntos previo del cálculo, de los desniveles parciales de uno a otro. (Wangdi, 2010)

Estación Total (ET): Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD) de avisos, iluminación independiente de la luz solar , calculadora, distanciómetro, (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias. (Herrera, 2009)

Sokkia: Compañía Japonesa de Estaciones Totales.

Software: Son las instrucciones responsables de que el *hardware* (la máquina) realice su tarea. Puede dividirse en varias categorías basadas en el tipo de trabajo realizado. Las dos categorías primarias de *software* son los sistemas operativos (*software* del



sistema), que controlan los trabajos del ordenador o computadora, y el *software* de aplicación, que dirige las distintas tareas para las que se utilizan las computadoras.

Carlson X port: Software profesional topográfico que se emplea para descargar fichero de datos desde estaciones totales, especifica coordenadas de puntos, información del trabajo y notas, así como los ángulos y distancias que forman los registros de trazados poligonales o proyecciones laterales, importa exporta y puntos, etc.

MDT: Modelo digital del terreno

ONHG: Oficina nacional de hidrografía y geodesia

N.M.M: Nivel medio del mar.

CEPRONÍQUEL: Centro de proyectos del níquel

GEOCUBA: Empresa de proyectos del MINFAR

VERTICE: Empresa de proyectos de la construcción

1.6 Análisis Bibliográfico

La búsqueda bibliográfica se realizó teniendo en cuenta la materialización de los objetivos propuestos, para ello primeramente se efectuó la revisión en Internet de las páginas que abordan sobre la automatización del cálculo de volumen del mineral extraído. Se consultó los manuales de empleo de las Software Surfer8, Cartompa6, AutoCAD Civil3D y Carlson X-port.

Por otro lado, se revisaron trabajos sobre el tema, desde el punto de vista teórico-práctico, que aportaron resultados relevantes acerca del cálculo de volumen del mineral extraído, en las industrias mineras con la aplicación de la nueva tecnología.



Capítulo II. Procedimiento metodológico para la automatización del cálculo de volumen

II.1 Introducción

En este capítulo se plantea una metodología de trabajo para el cálculo de volumen de mineral extraído, mediante un ejemplo, que permite introducirse en el empleo de los softwares, como el Surfer8, Cartomap6 y AutoCAD civil3D 2010, la aplicación de este último software fue introducida hace poco tiempo.

Para los procesos de cálculo de cualquier elemento de ingeniería se realizan mediante una serie de pasos que son los que hacen del mismo un proceso confiable, con la automatización del cálculo de volumen de mineral estos pasos se realizan con tal rapidez y una precisión que hace algunos años atrás era imposible aceptarlo.

En la creación de la metodología de trabajo para la automatización del cálculo de volumen del mineral, se calculó el volumen mensual extraído de la escombrera (Cantera de préstamo) de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, para la construcción de diques de contención de la presa de cola. Para esto se realizó dos levantamientos topográficos a escala 1:500, un primer levantamiento para modelar o confeccionar el modelo digital del terreno de la superficie superior y el segundo levantamiento se realizó después de extraer el volumen mensual, que representará el modelo digital de la base o fondo.

Una vez realizado los levantamientos topográficos, en el trabajo de gabinete se procede a la descarga de los datos desde la estación total mediante el software Xport y se guardan como un fichero de datos txt. Con la base de datos de las dos superficies se procede a la confección del modelo digital del terreno y se obtiene una metodología de trabajo para el cálculo de volumen con cada uno de los softwares antes mencionados.



II.2 Breve caracterización física geográfica de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra enmarcada dentro del municipio Moa, el cual se ubica hacia el Noroeste de la provincia Holguín, limitando al Norte con el Océano Atlántico, al Sur con el municipio de Yateras, por el Este con el municipio de Baracoa, y al Oeste con los municipios Sagua de Tánamo y Frank País (Ver anexo 1).

El relieve predominante es montañoso, principalmente hacia el Sur, donde es más accidentado en la Sierra de Moa, la vegetación está compuesta fundamentalmente por Latifolias. Económicamente, la región está dentro de las más industrializadas del país, cuenta con grandes riquezas minerales.

El área de la zona de estudio se encuentra ubicada entre las siguientes coordenadas planas rectangulares:

X1: 701101.599 Y1: 290895.368

X2: 701484.475 Y2: 220967.741

II.3 Densificación geodésica

La densificación geodésica planimétrica y altimétrica utilizado para la realización de este trabajo de diploma fue confeccionada por el centro de proyectos (Ceproníquel) a partir del año 2002, estableciendo en la zona de trabajo tres puntos denominados WL-4, WL-5 y WL-6 con precisión de segunda categoría, estos puntos fueron determinados a partir de los puntos: Libán, Granal, Vigía y 4-856, ubicados en la Industria Ernesto Che Guevara. Las coordenadas de estos puntos se relacionan en la tabla de coordenadas de los puntos (Ver anexo 2).

Para determinar las coordenadas de los puntos WL-4, WL-5 y WL-6 se realizó una poligonal de enlace orientada en sus dos extremos donde se muestra el recorrido de la poligonal (Ver anexo 3), y los cálculos de la poligonal (Ver anexo 4).

II.4 Levantamiento topográfico

Una vez determinadas las coordenadas de los puntos de apoyo se procede a hacer el levantamiento topográfico a escala 1:500 con el objetivo de determinar el volumen mensual de escombros utilizado por la industria Che Guevara, en la confección de diques de contención de la presa de cola de la industria. Las mediciones topográficas



se realizan por la empresa de proyectos (Ceproníquel) el último día del mes a la solicitud de la empresa Ernesto Che Guevara, confeccionada la tarea técnica en conjunto con el cliente y el centro de proyectos, se orienta por parte del departamento de topografía realizar los levantamientos de los contornos planímetros y altimétricos existentes en la escombrera (cantera de préstamo) en el que se debe de reflejar todos los cortes de pala, talud, vaguadas ,cambio de relieve, etc. Las mediciones de los detalles se realizaron entre 10 y 15 metros. Los instrumentos utilizados en el levantamiento topográfico a escala 1:500, se relacionan (Ver anexo 5).

II.5 Importación de la base de datos

Una vez realizada las mediciones topográficas en el terreno la comisión topográfica realiza en el trabajo de gabinete la importación de las mediciones realizadas con la estación total, por vía cable mediante el software Carlson XPort.

II.5.1 Descripción del proceso de descarga con el software Carlson XPort

Este programa lee o crea un archivo bruto (RW5) que contiene líneas de datos (registros) que podrían compararse con el cuaderno de campo de un topógrafo. Puede especificar coordenadas de puntos, información del trabajo y notas, así como los ángulos y distancias que forman los registros de trazados poligonales o proyecciones laterales. Una vez creados o leídos los datos brutos, pueden procesarse o reducirse a las coordenadas que se almacenan en el archivo de coordenadas activo (archivo CRD).

1. Transferencia de datos

En el menú de herramientas hacemos clic en la barra transferencia de datos y seleccionamos el tipo de estación total del que realizaremos la transferencia de los datos (Ver fig. 2.1).

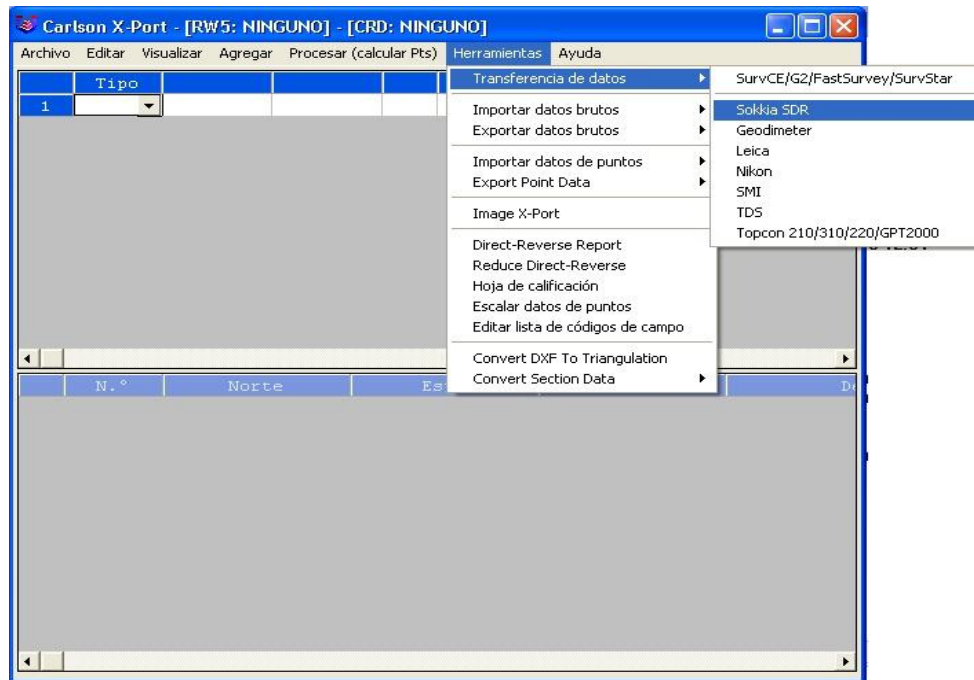


Fig. 2.1 Ventana de software Carlson X Port

Este comando se aplica al Sokkia SDR-20, SDR-22, SDR-31 y SDR-33, así como a otros colectores que emplean el formato de transferencia SDR, tales como Trimble y C & G.

Una vez que entramos en Colectores de datos, verificamos que el puerto COM y la velocidad de transmisión son los correctos. Se pulsa en el botón Descargar (Ver fig. 2.2), al cabo de 10 segundos, se vuelve al SDR y se pulsa OK. Debería iniciarse la transferencia del archivo.

El formato SDR contiene tanto coordenadas como datos brutos. Los datos de coordenadas se convierten a un archivo CRD, mientras que los datos brutos se convierten a un archivo RW5. El archivo SDR original transferido se almacena en el ordenador como un archivo SDR. Al acabar la transferencia, el programa pide el archivo de coordenadas, a menos que se haya indicado un nombre de archivo en el cuadro de diálogo.

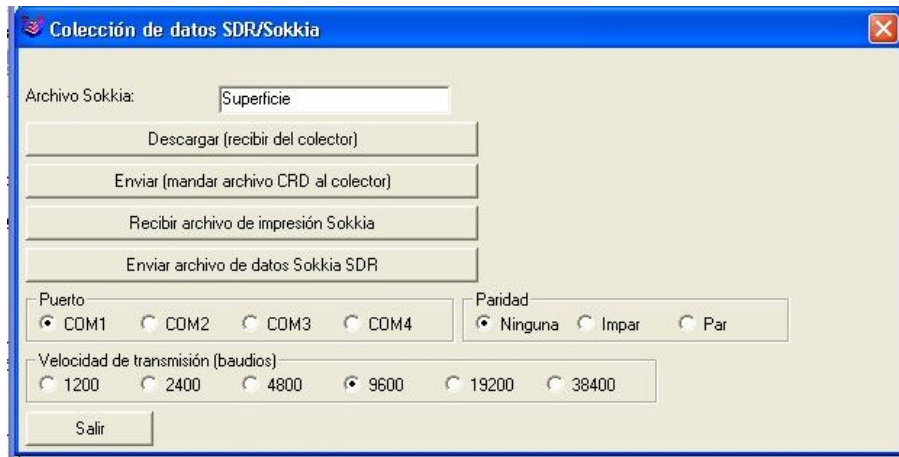


Fig. 2.2 Ventana de colección de datos

2. Importar datos de puntos

Archivo de texto/ASCII: La ventana Importar datos de puntos permite convertir datos de puntos de un archivo de texto ASCII al archivo de coordenadas activo (CRD). Todas las líneas del archivo de texto pueden contener cualquier combinación de número de punto, valor al norte, valor al este, elevación y descripción (ver fig.2.4). Toda la información de un punto debe estar en una misma línea, con los valores separados por una coma, un espacio u otro delimitador.

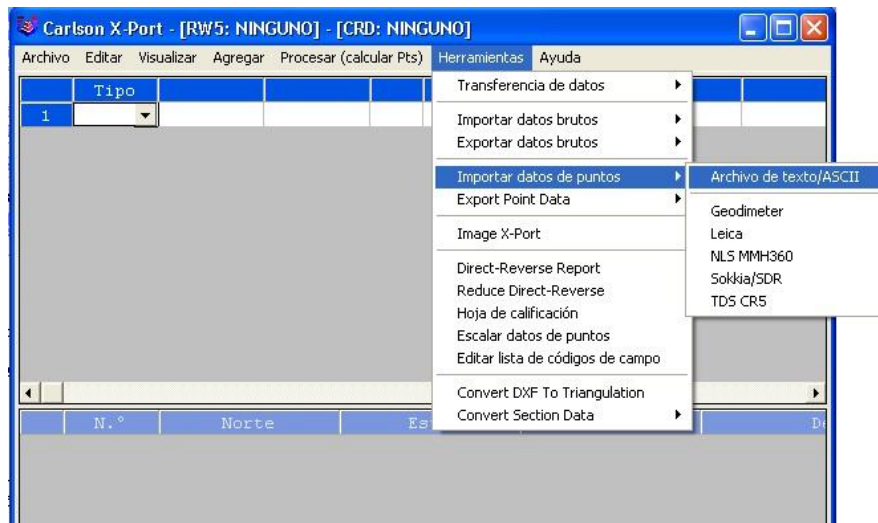


Fig. 2.3 Ventana de acceso a la importación de datos

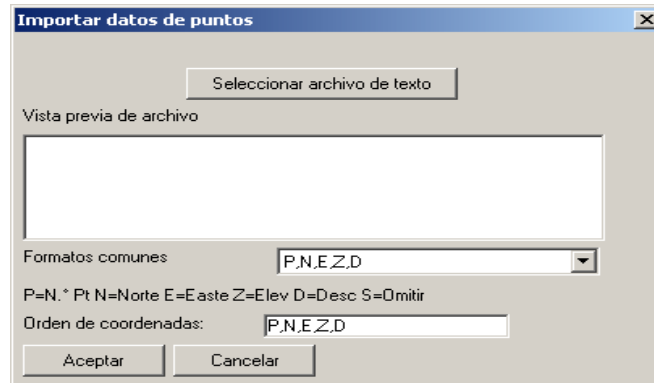


Fig. 2.4 Ventana de importación de puntos

En la opción seleccionar archivo de texto, se seleccionó un archivo de texto para leer como archivo de coordenadas. El archivo seleccionado se muestra en la ventana de Vista previa para ayudar a rellenar el Orden de coordenadas.

Formatos comunes: Se trata de una lista de formatos comunes; se escoge el formato que se ajuste al archivo ASCII que se está importando.

Orden de coordenadas: El formato del archivo de texto se indica aquí en el campo Orden de coordenadas, donde los identificadores de valores se enumeran separados por delimitadores adecuados.

Se pulsa Aceptar para iniciar el proceso de importación (Ver fig. 2.4).

3. Exportar datos de puntos

Texto/ASCII: La ventana Exportar archivo de texto/ASCII permite convertir datos de puntos del archivo de coordenadas activo a un archivo de texto ASCII (Ver fig.2.5).

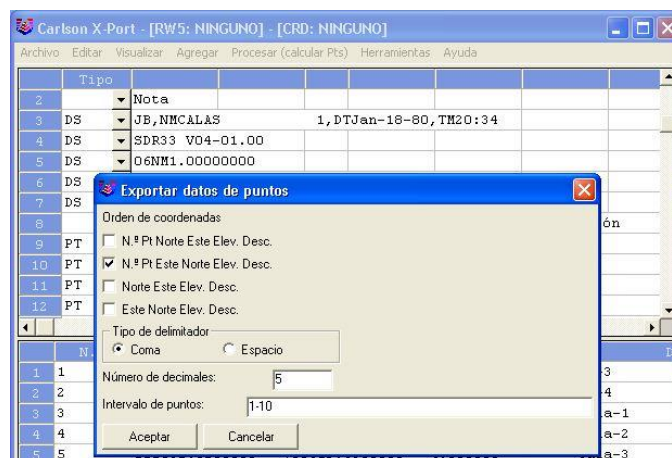


Fig. 2.5 Ventana de importación de puntos



Orden de coordenadas: Se selecciona el tipo de archivo que desea grabar. Podemos escoger entre diversas variaciones de número de punto, valor al norte, valor al este, elevación y descripciones.

Tipo de delimitador: Se escoge el tipo de delimitador, coma o espacio.

Número de decimales: Indicamos la precisión de las coordenadas exportadas.

Intervalo de puntos: Indicamos el intervalo de números de punto que desea exportar.

Una vez introducidos los parámetros, se pulsa Aceptar, y se obtiene un cuadro de diálogo de archivo estándar donde debe indicar el nombre del archivo exportado (Ver fig.2.6).

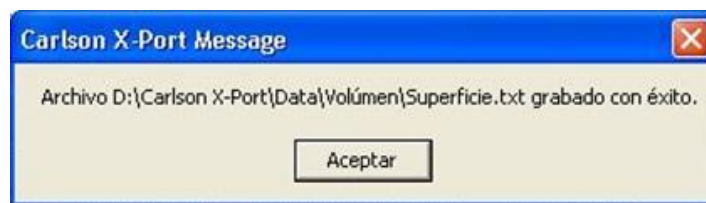


Fig. 2.6 Ventana de confirmación

II.6 Creación del Modelo digital del terreno para el cálculo de volumen mediante los softwares antes mencionados

Para el cálculo de volumen primero debemos determinar el modelo digital del terreno, para esto se revisó anteriormente que la base de datos topográficos del cual se va a realizar la importación de puntos esté bien organizada en filas y en columnas antes de realizar la importación (Ver Anexo 6 y 7). Esta acción evita que al realizar la importación del fichero de datos al software no produzca errores.

II.7 Metodología para el cálculo de volumen mediante el software Surfer8

Para calcular el volumen entre dos superficies primero debemos crear la red cuadrículada de datos (Grid Data) de las superficies superiores e inferiores, las cuadrículas de datos definirán la elevación de la parte superior y el fondo. Ambas redes de cuadrícula deben usar las mismas dimensiones y el mismo número de filas y columnas.



II.7.1 Los Datos Cuadrículados (Grid data)

Los archivos de red cuadrículada son necesarios para crear mapas categorizados en Surfer, incluyendo contorno, la imagen, la tonalidad del relieve, el vector, la superficie, y los mapas wireframe. Los ficheros de datos son archivos espaciados al azar generalmente y debe convertirse en una cuadrícula uniformemente espaciada antes de usar las características de Surfer. Los archivos cuadrículados se producen usando la orden **Grid > Data**.

II.7.1.1 Procedimiento para crear un archivo cuadrículado de un fichero de datos XYZ:

1. Para crear un fichero de datos XYZ, los datos deben ser organizados en columnas: Todos los datos de la variable X en una columna, todos los datos de la variable Y en otra columna, y todos los datos de la Z en una tercera columna (Ver anexo 6 y 7).
2. Se pulsa sobre la orden **Grid > Data** y se visualiza la ventana **Open**. (Ver fig. 2.7)
3. Se especifica el nombre del fichero de datos XYZ, y luego se pulsa sobre **Open**, y nos muestra la ventana **Grid Data** (Ver fig. 2.8).
4. En la ventana **Grid Data** se especifica los parámetros para el tipo de archivo cuadrículado que se quiere producir.
5. Se pulsa en Ok y el archivo cuadrículado es creado, muestra una ventana confirmando su creación y un reporte (Ver fig.2.9). Durante el cuadrículado en la barra de estado al pie de la ventana, Surfer provee de información acerca del progreso del proceso del cuadrículado.
6. Una vez creado el archivo cuadrículado para las dos superficies se puede obtener diferentes modelos digitales del terreno, como: Los contornos, la imagen, la tonalidad del relieve, el vector, la superficie, y los mapas wireframe (Ver fig. 2.10 - 2.13), esto permite crear y ver el modelo digital del terreno para compararlo con el terreno real.

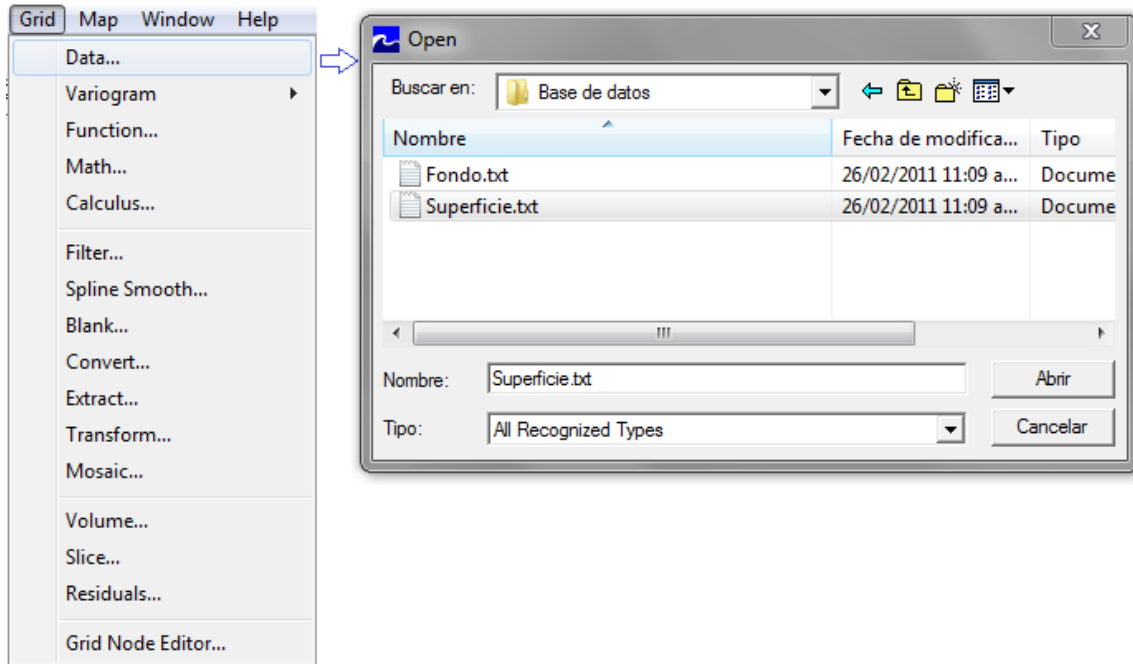


Fig. 2.7 Importación de datos

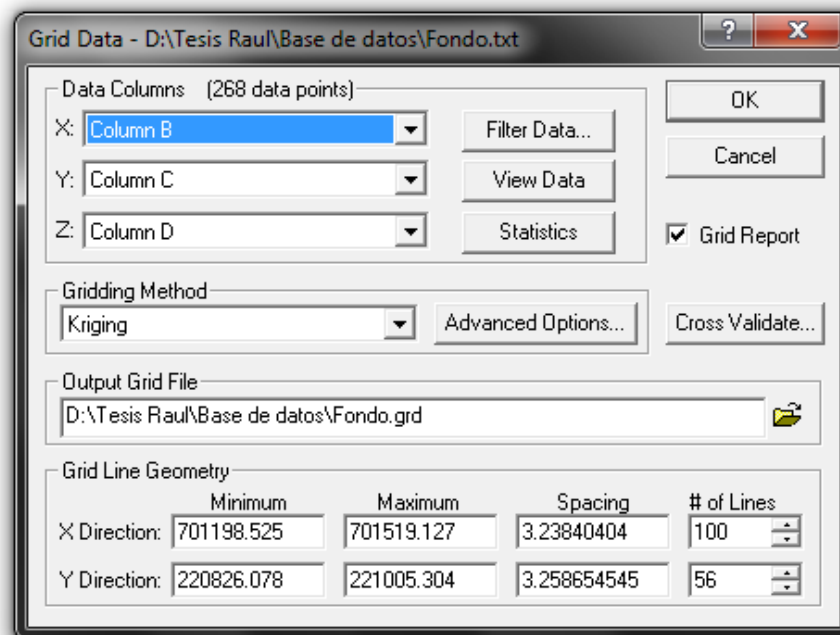


Fig. 2.8 Ventana Grid Data

Para crear un archivo cuadrulado usualmente se puede aceptar todos los parámetros predeterminados del gridding y generar un archivo cuadrulado que represente los



datos. Bajo la mayoría de condiciones, el método recomendado del gridding es kriging con el variograma lineal predeterminado. Este es el método predeterminado seleccionado del gridding porque da buenos resultados para la mayoría de conjunto de datos XYZ.

Hay varios parámetros del gridding (Ver fig.2.8) que se puede establecer cuándo se está produciendo un archivo cuadrículado:

Data Columns (Las columnas de datos): Individualmente se escoge las columnas para los datos de la X, los datos de la Y, y los datos de la Z. Surfer por defecto pone para X en la Columna A, Y en la Columna B, y Z en la columna C. Los datos pueden estar en cualquiera de las tres columnas.

Filter Data (Filtro de Datos): Se puede filtrar los datos antes de cuadricularlo, basado en un filtro predefinido o basado en una ecuación creada por el usuario.

View Data (Vista de datos): Para verificar cuál de las columnas contienen los datos XYZ, hacemos un clic sobre el **View Data**, para ver el fichero de datos en una hoja de trabajo. Si se obtiene un error de datos insuficientes, entonces el uso **View Data** se asegura de que las tres columnas de datos sean aliados correctamente.

Statistics (Estadísticas): Esta opción crea un reporte de las estadísticas basadas en las columnas seleccionadas XYZ.

Grid Report (Reporte de cuadrículado): Comprueba y realiza un reporte para crear un informe que incluye todos los parámetros que se usaron para generar una cuadrícula. En este informe también incluye estadísticas.

Gridding Method (Método del cuadrículado): Elige las opciones del método de cuadrículado en Grid method. Para más información con respecto al método del gridding se debe pulsar en el botón *Advanced Options*.

Cross Validate: Esta opción, permite realizar la validación de los datos.

Output Grid File (Salida del archivo de Cuadrícula): Se escoge la ubicación y nombre del archivo para la cuadrícula en la opción *Output Grid File*. Se puede archivar



el nombre y elegir la ubicación o hacer clic en el icono de carpeta para hacer una lectura ligera de la nueva ubicación y poner un nombre al archivo.

Grid Line Geometry (La geometría de la línea de cuadrícula): Define los límites cuadrículados y la densidad cuadriculada. Los límites cuadrículados son la mínima y máxima de la coordenada X y Y que se coordina para la cuadrícula. La densidad cuadriculada está usualmente definida por el número de columnas y filas en la cuadrícula. La opción *# of Lines* en la *Direction X* es el número de columnas cuadriculadas, y *# of Lines* en la *Direction Y*, es el número de filas cuadriculadas. Definiendo los límites cuadrículados y el número de filas y columnas, los valores *Spacing* son automáticamente determinados como la distancia en unidades de datos entre filas y columnas adyacentes.

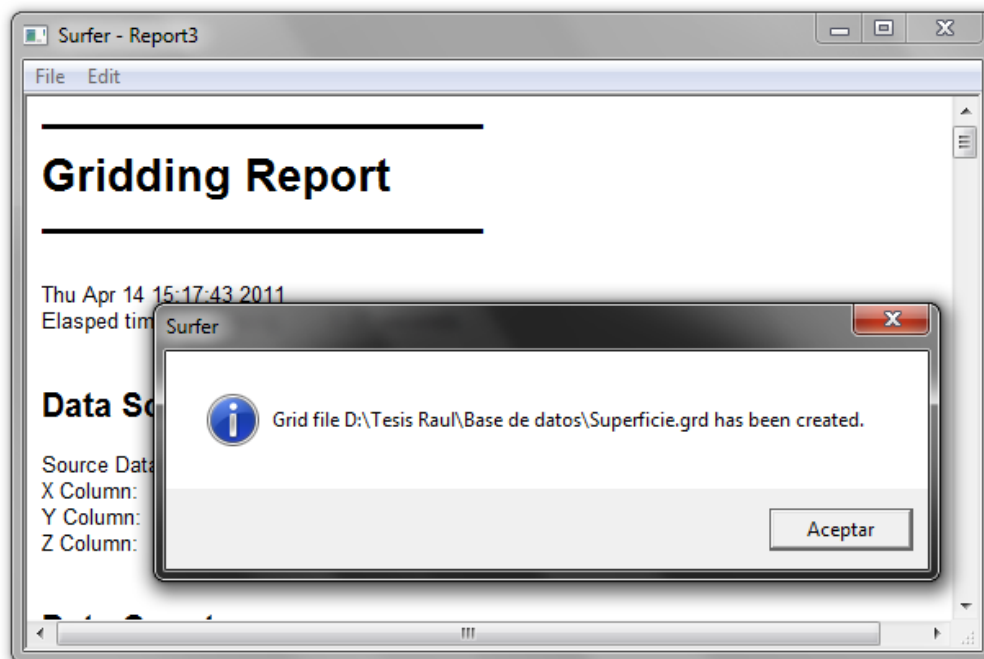


Fig. 2.9 Cuadro de diálogo de confirmación de la creación y reporte de Grid data

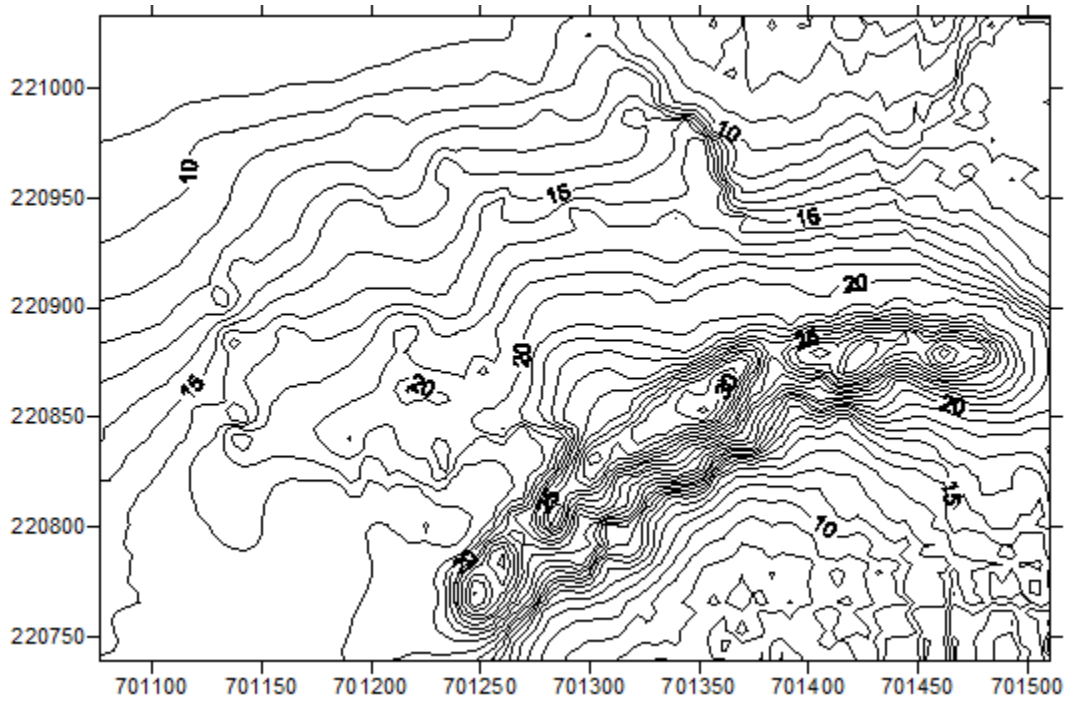
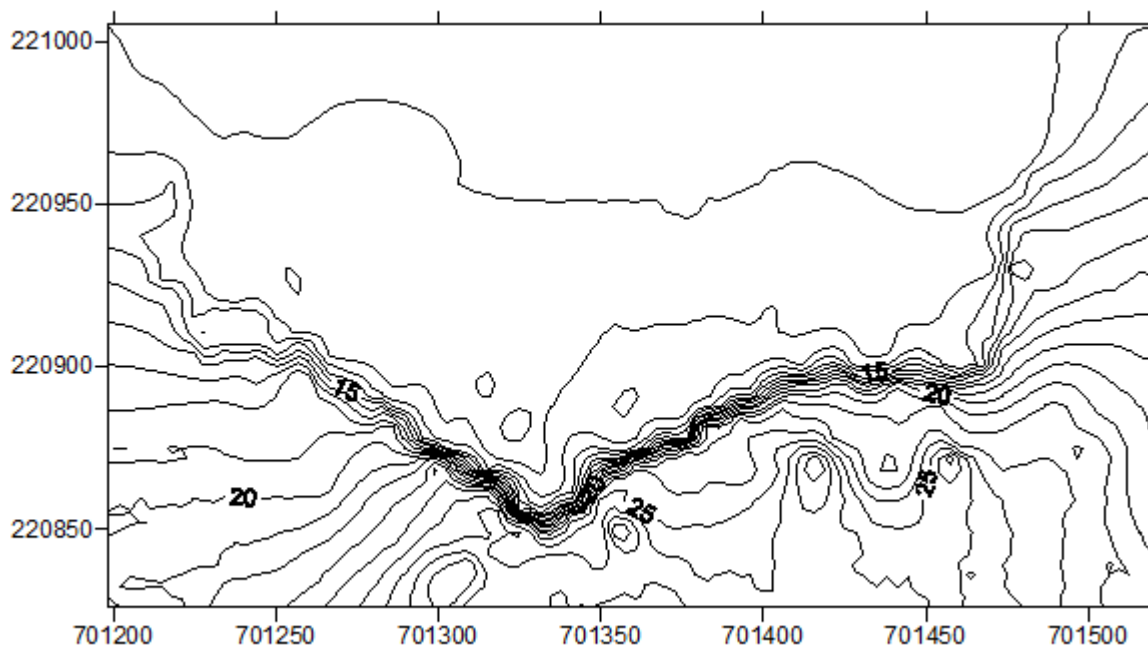


Fig. 2.10 Curvas de nivel de la superficie superior



2.11 Curvas de nivel de la superficie de fondo

Fig.

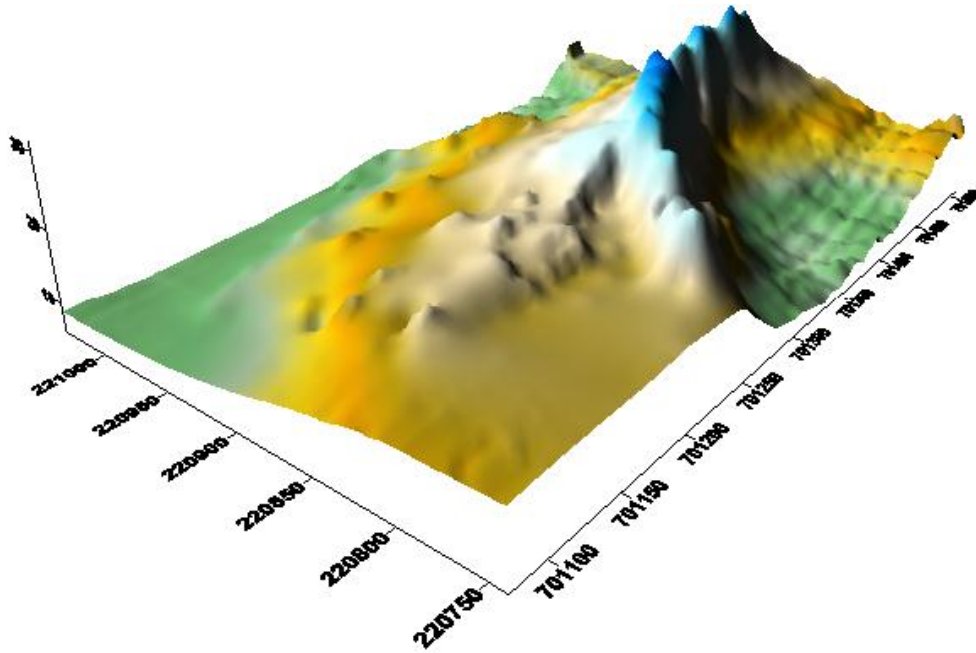


Fig. 2.12 Modelo digital en 3D de la superficie superior

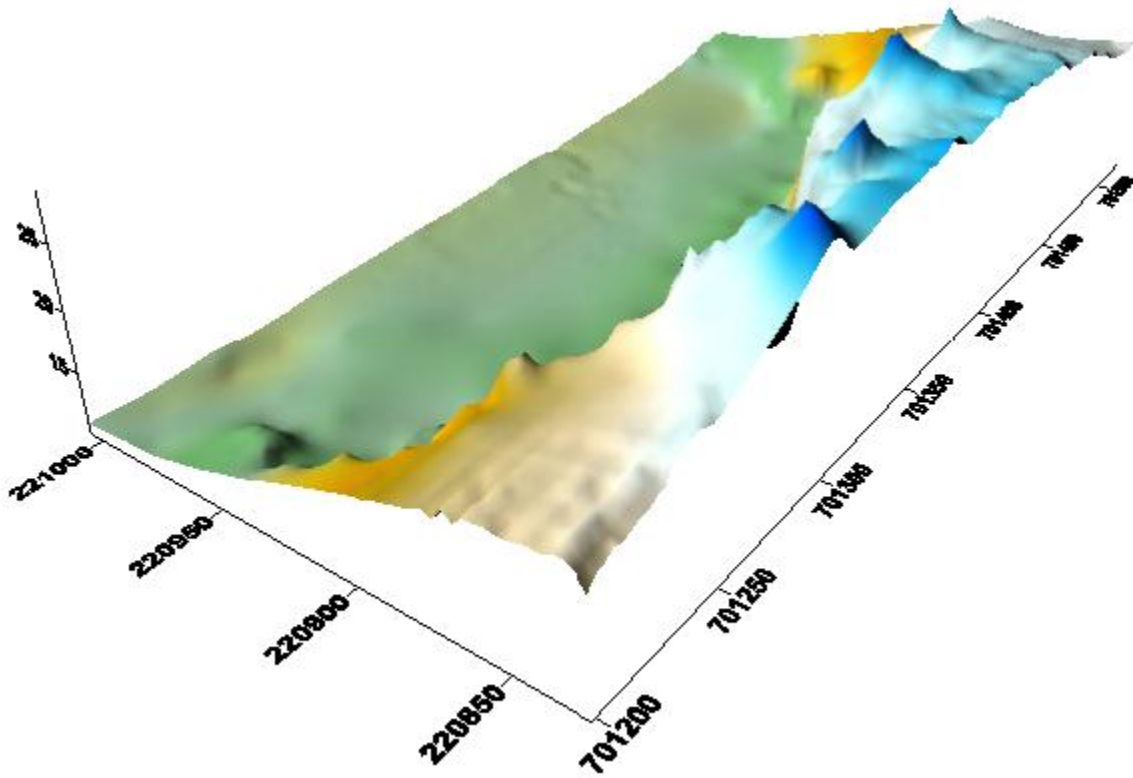


Fig. 2.13 Modelo digital en 3D de la superficie de fondo



II.7.2 Cálculo de volumen

Los cálculos de volumen son realizados en sólidos definidos por una superficie superior e inferior. Las superficies superiores e inferiores están definidas por un archivo cuadrulado. Cuando dos archivos cuadrulados son especificados para las superficies superiores e inferiores, los archivos cuadrulados deben tener los mismos límites XY y deben ser del mismo tamaño. La superficie superior no tiene que estar por encima de la superficie inferior en todas las posiciones; la superficie superior puede estar debajo de las superficies inferiores en algunas posiciones.

Los cálculos de volumen son generados para cada celda cuadrulada. En las áreas donde la superficie está inclinada arriba o fondo de una celda cuadrulada, Surfer aproxima el volumen del prisma arriba o el fondo de la columna de la celda cuadrulada. Para cuadrículas muy gruesas, los prismas pueden contener un volumen significativo. Los cálculos de volumen se ponen más precisos como la densidad de la cuadrícula es aumentada, porque el tamaño relativo de los prismas se acorta comparado con el tamaño de la columna asociada.

II.7.2.1 Procedimiento para el cálculo de volumen

La opción (**Grid > Volume**) se usa para computar volúmenes netos, volúmenes de corte y relleno, áreas planares, y áreas de la superficie. Los resultados de computación son presentados en el informe cuadrulado de volumen. Los resultados pueden ser salvados como un archivo del texto de ASCII, en el formato de texto, o puede ser enviado a portapapeles.

1. Se pulsa sobre la orden **Grid > Volume**, y visualiza la ventana **Open Grid** (Ver fig. 2.14).
2. En la ventana, **Open Grid** se especifica el nombre del archivo cuadrulado a usar en los cálculos del área y volumen. Este archivo cuadrulado puede ser ya sea superficie superior o superficie inferior. Se pulsa en **Abrir** y se visualiza la ventana **Grid Volumen**.



3. En la ventana **Grid Volumen** el archivo cuadrículado especificado es mostrado para las superficies, superior e inferior (Ver fig.2.15). Se especifica la superficie superior y parámetros de la superficie inferior.

Si las unidades de la X, Y y Z son diferentes, entonces los cálculos resultantes del volumen están sin sentido. Si, por ejemplo, los valores XY están en metros pero los valores de la Z están en pies, entonces los resultados de volumen son metros cuadrados por pies, en vez de unidades cúbicas. Se usa *el factor de escala de la Z* para ajustar este problema. Colocando el *Factor de Escala de la Z* para 0.3048 (el número de metros en un pie), para obtener resultados en metros cúbicos.

4. Se pulsa en Ok y nos presenta un reporte de los resultados obtenidos. El volumen entre las superficies es reportado como el *Volumen Positivo* (Ver fig. 2.16), cuál en este caso, equivale al cálculo de volumen de corte o extracción.

5. Para guardar la información del volumen, se usa **File** ➤ **Salvo**.

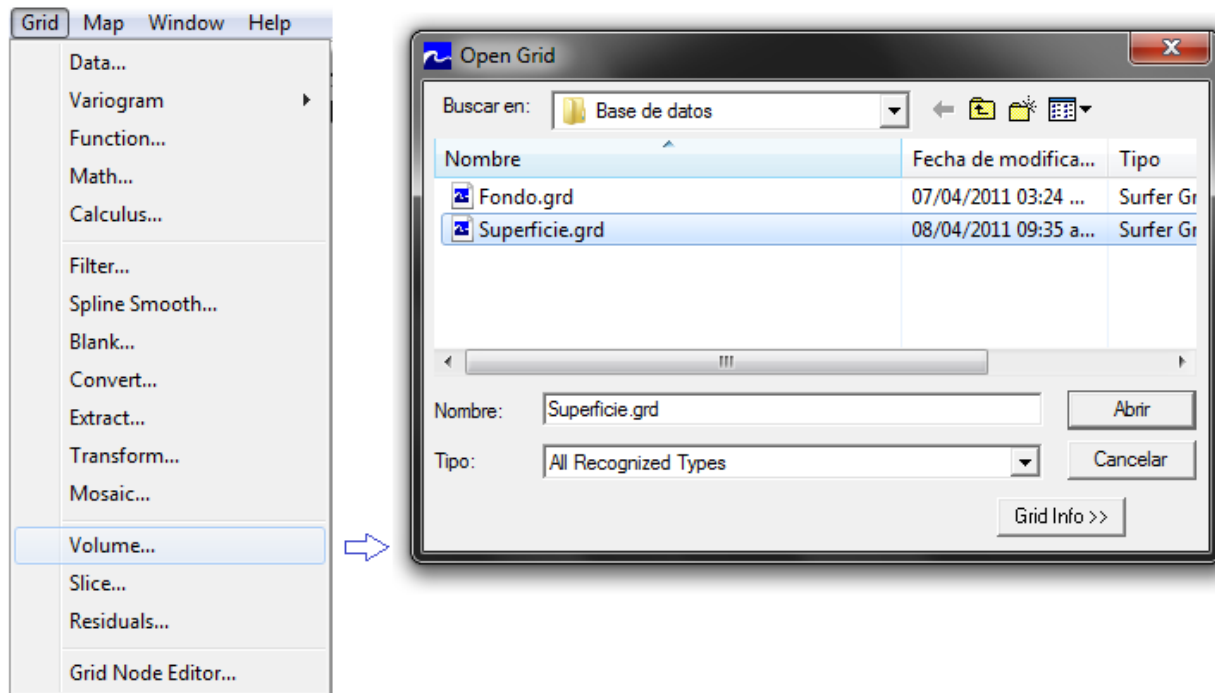


Fig. 2.14 Ventana Open Grid

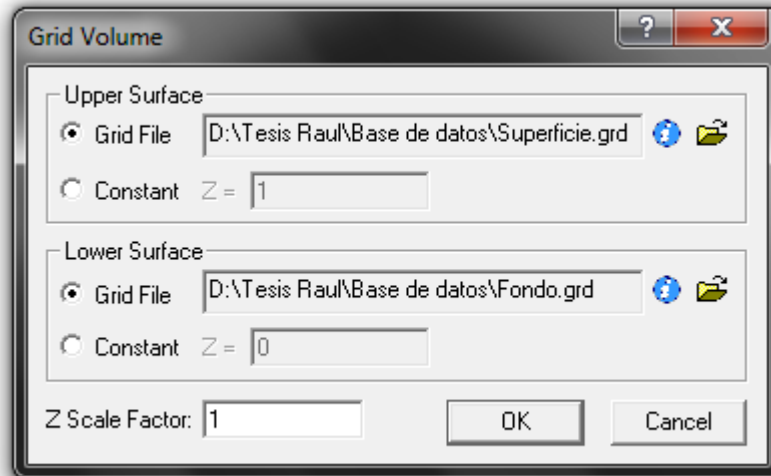


Fig. 2.15 Ventana Grid Volume

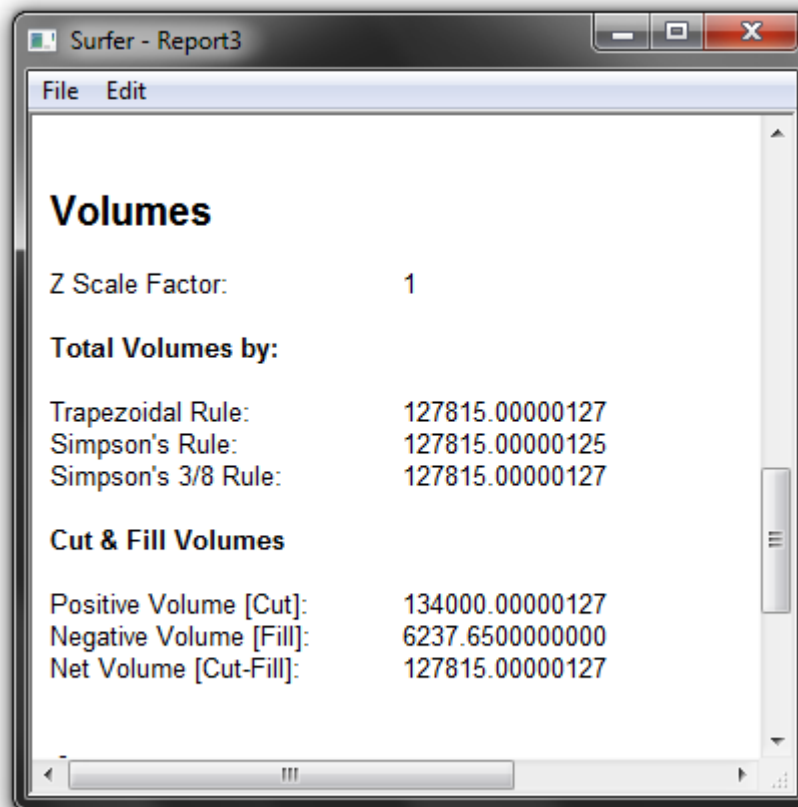


Fig. 2.16 Reporte de los cálculos realizados



II.8 Metodología para el cálculo de volumen mediante el software Cartomap6

II.8.1 Creación de un proyecto

Se entiende por proyecto el conjunto de diseños, planos y cálculos, plantas, alzados, perspectivas, etc., que determinan todo lo necesario para la ejecución de una obra.

En CARTOMAP se agrupa todos los datos relativos a un proyecto en un único archivo a partir del cual se puede obtener cualquier salida gráfica o listado que se necesite y en diferentes formatos.

La procedencia de los datos de partida de un proyecto puede ser muy variada por lo que CARTOMAP admite datos de distintos orígenes; un trabajo puede apoyarse en datos procedentes de una única fuente o bien combinar datos de distintas procedencias en un único archivo. Así, por ejemplo, se puede trabajar a partir de datos procedentes de topografía clásica o bien combinar estos con otros procedentes de restitución fotogramétrica (Ver fig. 2.17).

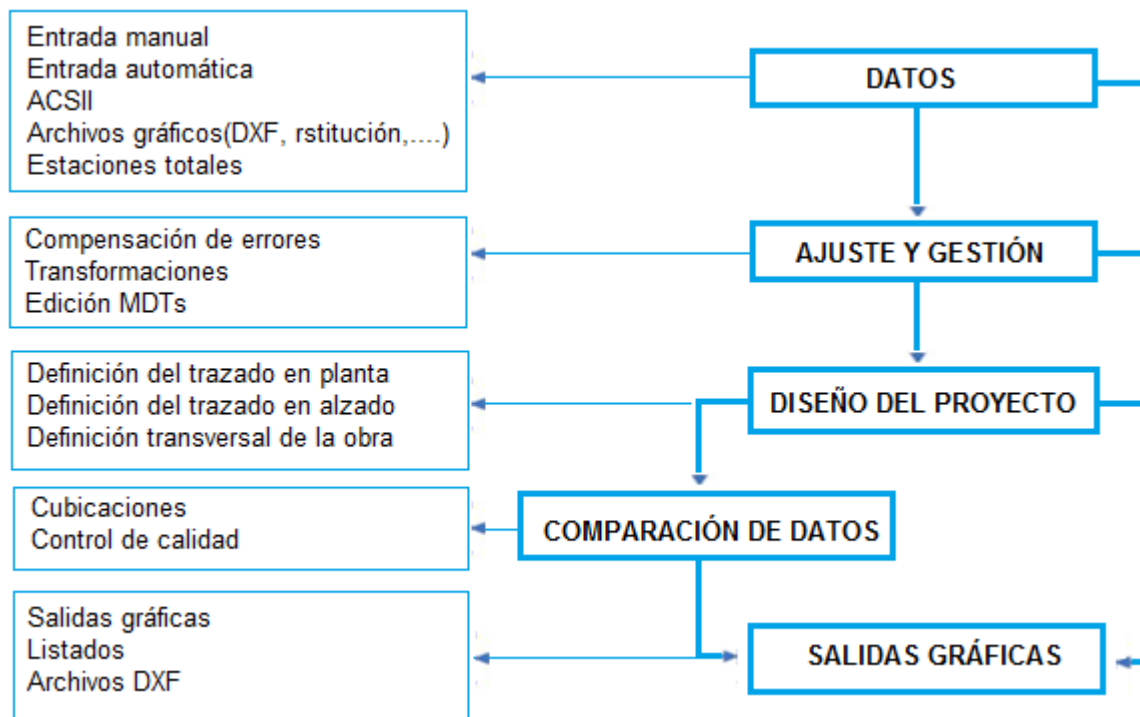


Fig.2.17 Proceso de trabajo con Cartomap

II.8.1.1 Procedimiento para la creación del proyecto

Menú Edición ► Proyecto:

Esta opción permite introducir en cada archivo de CARTOMAP una breve descripción de su contenido, la fecha de creación y el autor. De la misma manera, a lo largo del trabajo se puede ir introduciendo comentarios de los procesos realizados, firmados por cada uno de sus creadores.

Al seleccionar esta opción, se abre la ventana Cabecera de proyecto (Ver fig. 2.18).

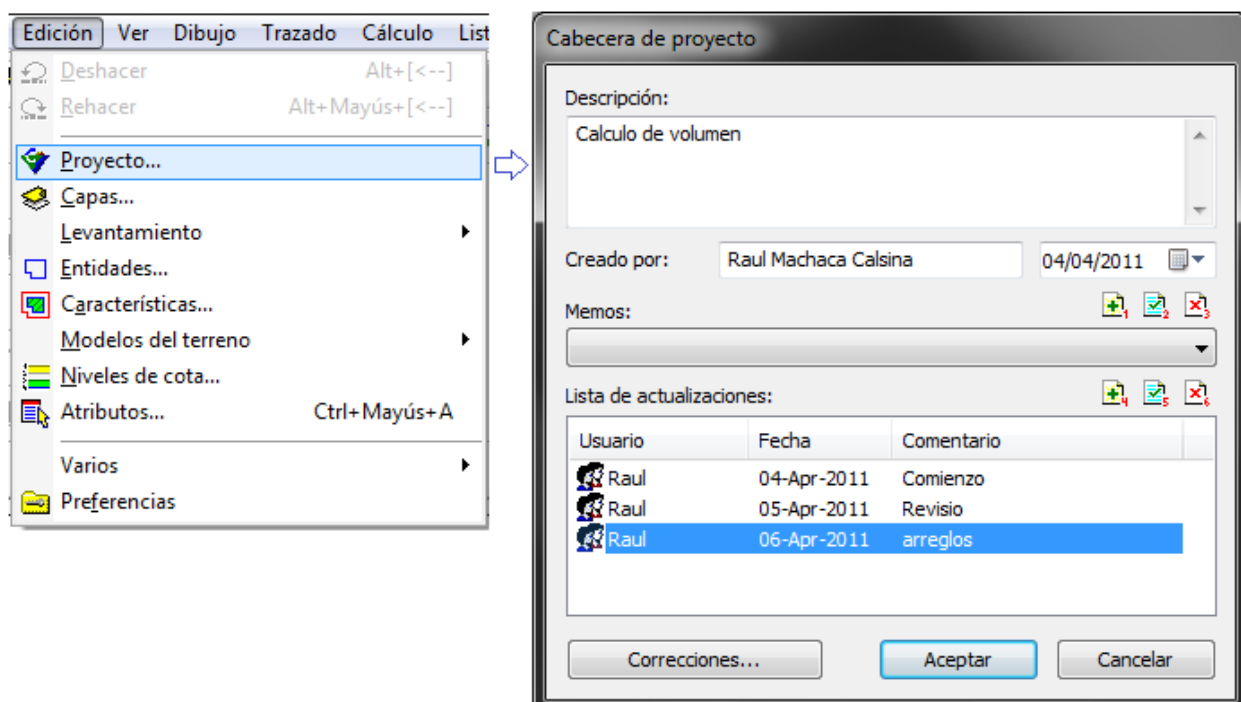


Fig. 2.18 Ventana Cabecera de proyecto

Los campos que aparecen en la ventana Cabecera de proyecto hacen referencia a lo siguiente:

Descripción: Permite introducir un texto explicativo de la descripción del proyecto.

Creado por: Permite introducir nombre del creador del proyecto y la fecha de creación del mismo.



Memos: Permite introducir  , modificar  o eliminar  una o varias memos asociadas al proyecto.

Lista de actualizaciones: Permite introducir varios comentarios acerca del proyecto.

Correcciones: CARTOMAP permite aplicar todas o cualquiera de las siguientes correcciones a los datos tomados en campo: Atmosférica, Esfericidad y refracción, Reducción al horizonte, Reducción al nivel del mar, Reducción al elipsoide, Factor de escala (Anamorfosis). Para activar cualquiera de estas correcciones, se pulsa el botón Editar, situado junto a cada una de las opciones.

Aceptar: Sale de la ventana guardando los comentarios realizados.

Cancelar: Cierra la ventana.

II.8.2 Creación de capas

Las capas se utilizan para agrupar información de un dibujo según sea su función y para reforzar los tipos de línea, el color y otros parámetros, son la herramienta organizativa principal empleada en el dibujo.

II.8.2.1 Procedimiento para la creación de capas

1. Menú Edición ► Capas:

Al activar esta opción se abre la ventana Edición general de capas, en ella aparece una lista con todas las capas existentes en el archivo, desde ella podemos definir, modificar y consultar datos de capas de información (Ver fig. 2.19).

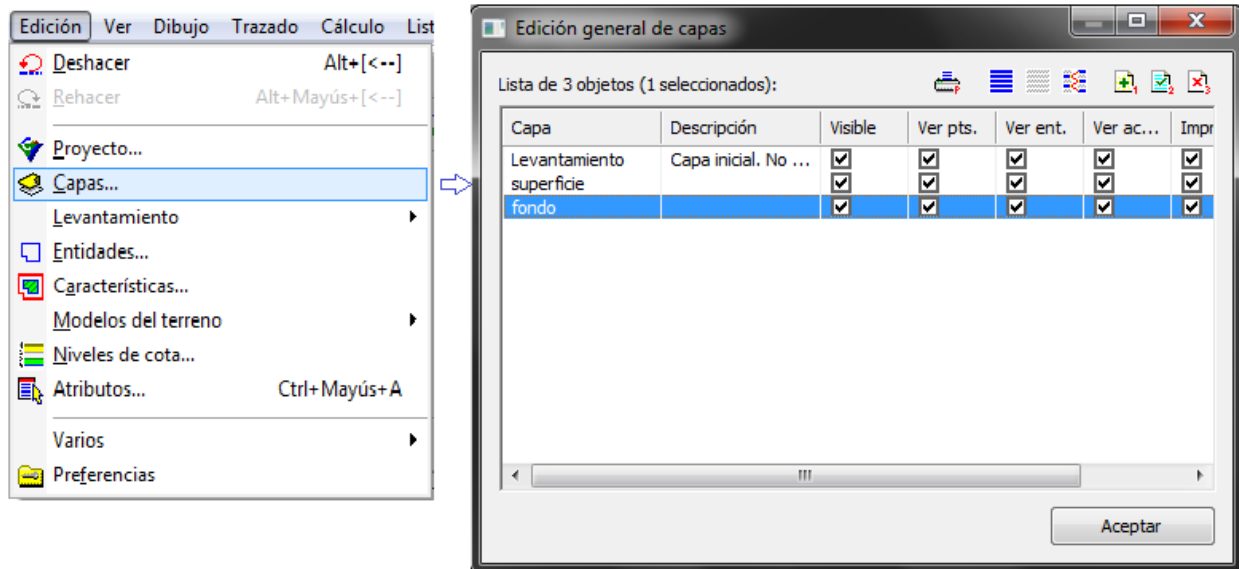


Fig. 2.19 Ventana Edición general de capas

En la ventana de listas de objetos, las capas se añaden, modifican y/o eliminan mediante los botones situados en la parte superior izquierda de esta ventana.

Al acceder a esta ventana aparece seleccionada la capa actual, aquella en la que se almacenarán.

La capa levantamiento se crea automáticamente al abrir un archivo nuevo, esta capa se puede renombrar pero no borrar.

2. En la ventana Edición general de capas, se pulsa en el botón agregar capa y nos muestra el cuadro Edición de capa, se especifica el nombre y las características de la capa y se pulsa aceptar (Ver fig.2.20). Para el cálculo del volumen entre dos superficies, en este caso se crearon dos capas, una capa denominada fondo y la otra superficie.

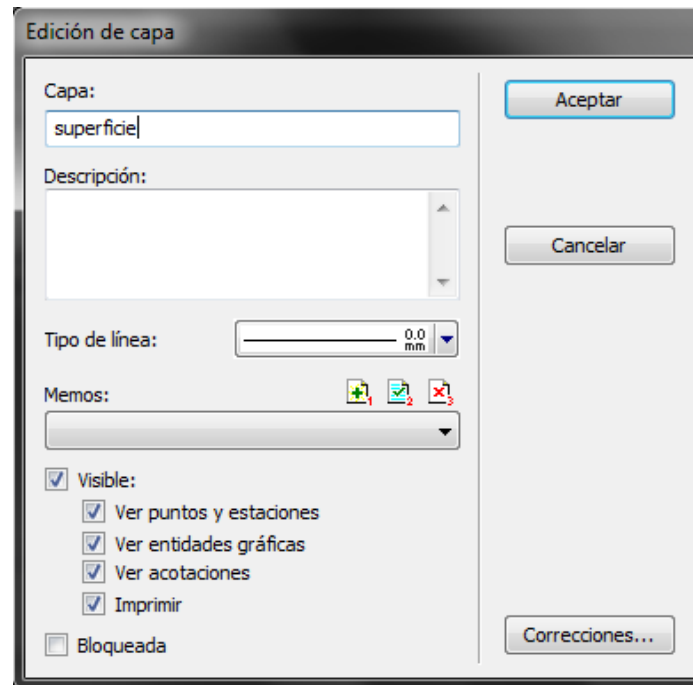


Fig. 2.20 Cuadro de Edición de capa

II.8.3 Entrada de datos

Al ejecutar CARTOMAP aparece una ventana en blanco, ya está listo para recibir información. En primer lugar, e independientemente del método usado para introducir datos en la aplicación, se debe de seleccionar de forma adecuada las unidades de trabajo.

Para ello se accede a través del menú Edición ► Preferencias, a la ventana Preferencias de uso de CARTOMAP y en ella marcar la ficha Unidades. Los valores seleccionados por defecto son los que se utilizan normalmente en el ámbito de la topografía (Ver fig. 2.21).

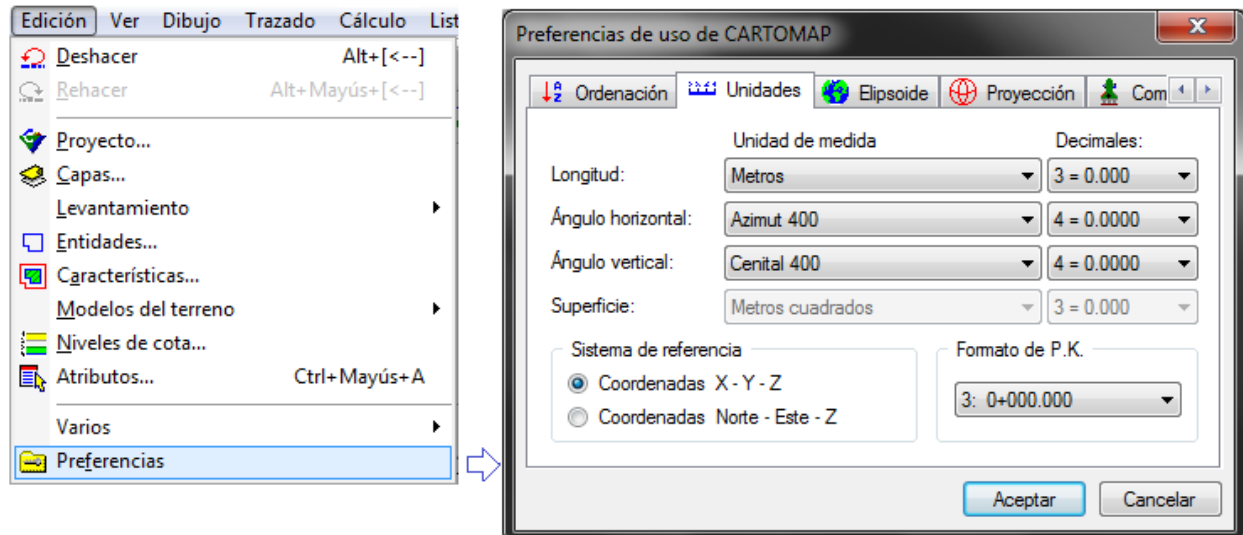


Fig. 2.21 Ventana preferencias de uso de Cartomap

Cartomap permite introducir los datos mediante tres métodos:

1. Entrada de datos manual: En términos generales esta es la mecánica para introducir datos manualmente mediante la Edición de estaciones, aunque este no es el método más usual, permite verificar o modificar los datos introducidos por otro medio.

2. Entrada de datos directa: CARTOMAP, instalado en un Tablet PC, es capaz de controlar directamente una estación total, GPS o distanciómetro. De este modo es posible trabajar con la misma aplicación en campo y en gabinete, ya que los datos tomados quedan guardados en formato de *.ctm, es decir, el formato propio de la aplicación, lo que simplifica considerablemente el trabajo.

3. Entrada de datos automática: Mediante este tipo de entrada se pueden transferir a CARTOMAP datos de diversas procedencias. Toda la gestión se realiza desde la ventana Centro de Comunicaciones (Ver fig. 2.22), en ella se encuentran tres grandes grupos:

a) Aneba: Archivos generados por CARTOMAP, permite aprovechar todos o parte de los datos contenidos en otros archivos creados por CARTOMAP tales como puntos, entidades, símbolos, secciones tipo,... lo que simplifica considerablemente el trabajo.



b) Ficheros: Agrupados en este nodo se encuentran dos grandes grupos de datos:


Los procedentes de archivos de texto (ASCII): Contienen datos de coordenadas o definiciones de elementos de trazado (planta, rasante,...).

Los procedentes de archivos gráficos : Aquellos que, además de contener datos de puntos y estaciones, contienen otros elementos gráficos como líneas, polilíneas, textos, etc., por ejemplo, el formato DXF o los procedentes de restitución fotogramétrica (BC3, DIGI,...).

c) Estación total o libreta electrónica: Archivos de texto grabados en el formato propio de los distintos fabricantes de estaciones totales o volcadas directamente desde éstas.

La importación de datos de estaciones totales se puede hacer directamente, vía cable, o desde un archivo creado por la propia estación total. Al seleccionar la marca comercial del aparato.

II.8.3.1 Procedimiento para la importación de los puntos

1. Menú Archivo ► Centro de comunicaciones, esta opción también se activa mediante el acelerador de teclado Control +Y o pulsando el botón  (Ver fig. 2.22) de la barra de herramientas de acceso rápido:

Al activar esta opción se abre la ventana Centro de Comunicaciones desde la que se lleva a cabo la transferencia bidireccional de datos entre CARTOMAP y la base de datos.

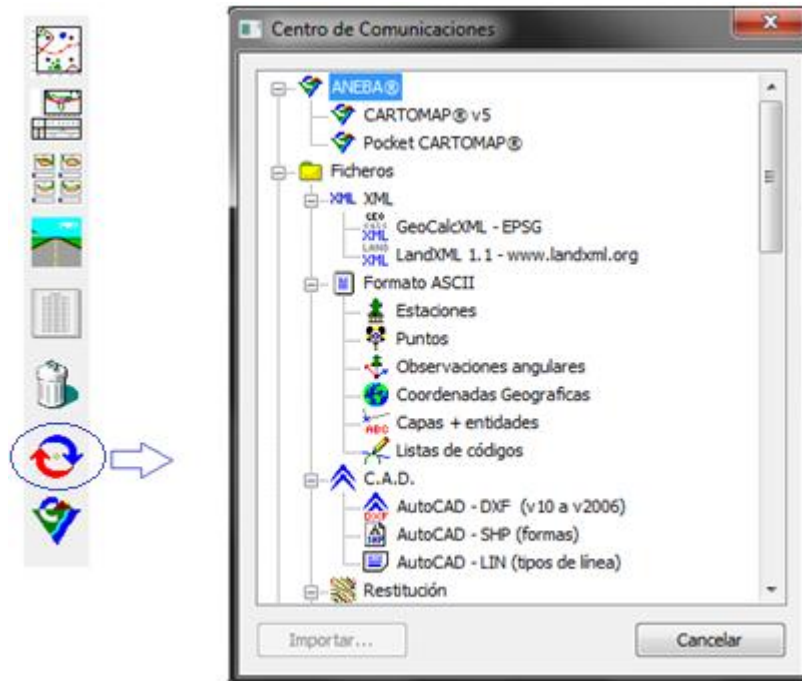


Fig. 2.22 Centro de comunicaciones

2. Se selecciona Ficheros, agrupados en este nodo se encuentran dos grandes grupos de datos:

Los procedentes de archivos de texto (ASCII) y archivos gráficos.

3. Se selecciona Formato ASCII, es posible leer y grabar los datos del levantamiento almacenados en coordenadas cartesianas, geográficas o ángulos y distancias. El archivo ASCII que contenga datos en coordenadas deberá estar organizado por columnas, cuyos separadores podrán ser espacios, tabulaciones o comas.

4. Seguidamente se selecciona la opción Puntos y se pulsa en el botón Importar puntos. Se abrirá la ventana Lectura de puntos en formato ASCII (Ver fig.2.23).

Para intercambiar datos entre CARTOMAP y otras aplicaciones se debe seleccionar en esta ventana el origen o destino de los datos y pulsar Importar.

5. Una vez seleccionada la base de datos se pulsa en Abrir, los elementos seleccionados se copiarán en el archivo activo (Ver fig.2.24).

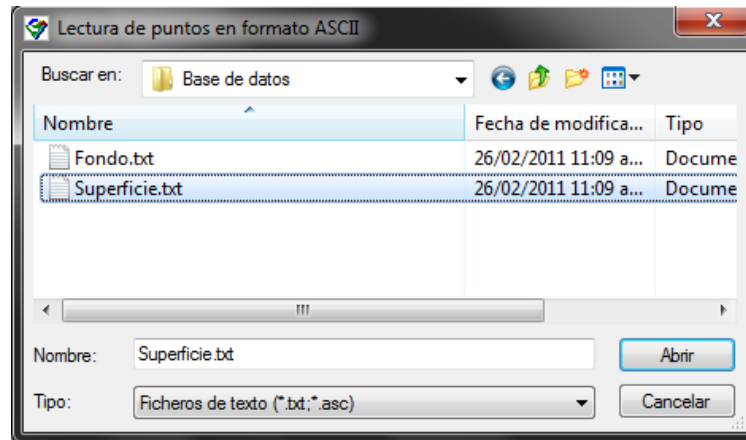


Fig. 2.23 Ventana Lectura de puntos en formato ASCII

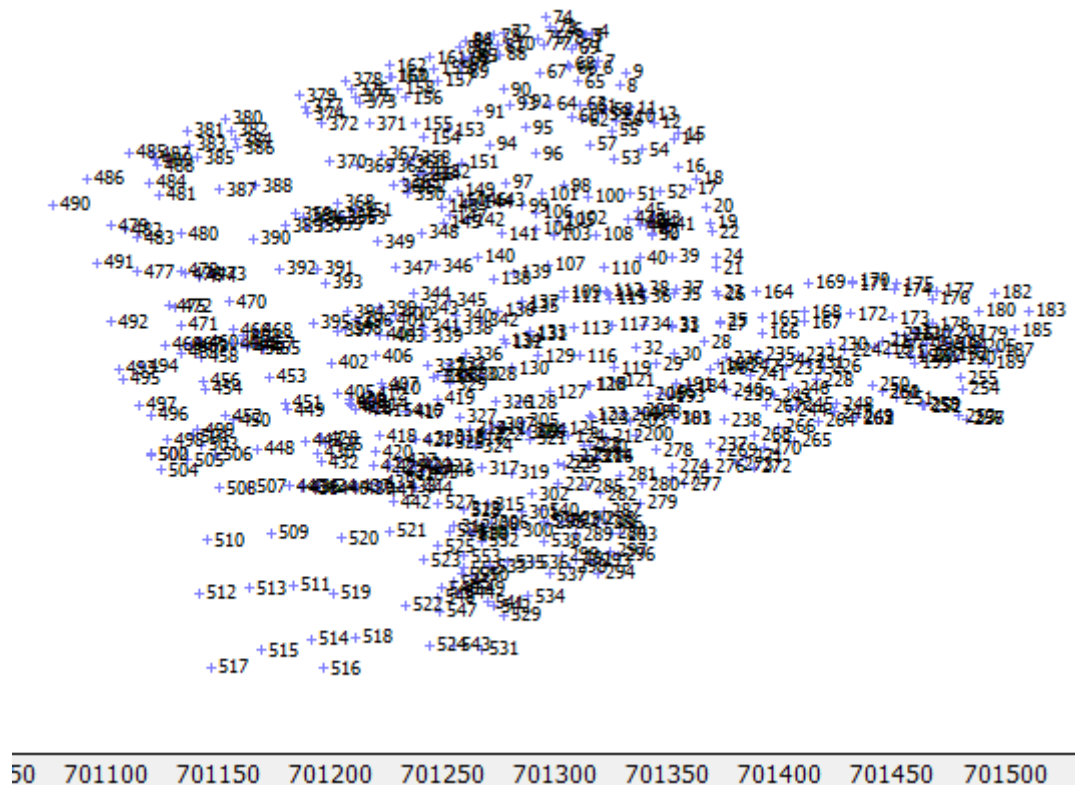


Fig. 2.24 Presentación de los puntos importados

II.8.4 Presentación de puntos y estaciones

La presentación de puntos y estaciones del levantamiento en la vista 2D se realiza a partir de indicaciones de estaciones y puntos. Estas indicaciones se asignan a una o varias capas y permiten seleccionar de qué forma y con qué datos se van a representar los puntos y estaciones de determinadas capas.

II.8.4.1 Procedimiento para la presentación de puntos y estaciones

1. Menú Ver ► Puntos y estaciones:

Tras seleccionar esta opción, se abrirá la ventana Presentaciones de estaciones y puntos (Ver fig.2.25), para generar una nueva indicación o asociar una existente a un grupo de capas diferente.

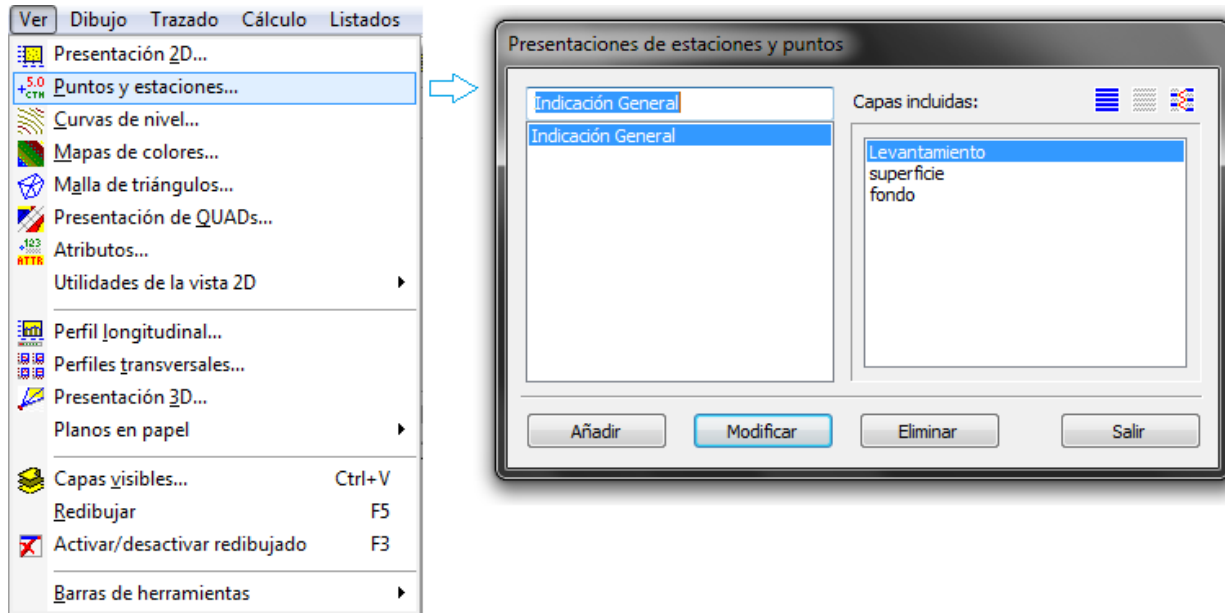





Fig. 2.25 Ventana Presentación de estaciones y puntos

Esta ventana contiene dos listas, en la situada en la zona izquierda aparecen las presentaciones de estaciones y puntos definidas en la ventana activa. En la situada en la zona derecha, aparece un listado con las capas del archivo. Al seleccionar una presentación de estaciones y puntos en la lista izquierda, se activan (resaltan en azul) las capas a las que se ha asignado. Para facilitar la selección de las capas asignadas a una indicación de puntos se muestran 3 botones:

-  Selecciona todas las capas para la indicación.
-  No selecciona ninguna capa para la indicación.
-  Intercambia las capas seleccionadas por las no seleccionadas.



Añadir: Permite añadir una nueva presentación de estaciones y puntos. Para ello se ha de introducir el nombre de la misma en el único campo editable de esta ventana.

Modificar: Permite modificar los parámetros de una presentación de estaciones y puntos o bien cambiar la asignación de la misma.

Eliminar: Elimina la presentación de estaciones y puntos seleccionada.

2. En la lista izquierda se selecciona la capa que se va a asignar y se pulsa el botón Modificar .Se abrirá la ventana Presentación de datos del levantamiento para modificar los atributos de la indicación (Ver fig. 2.26).

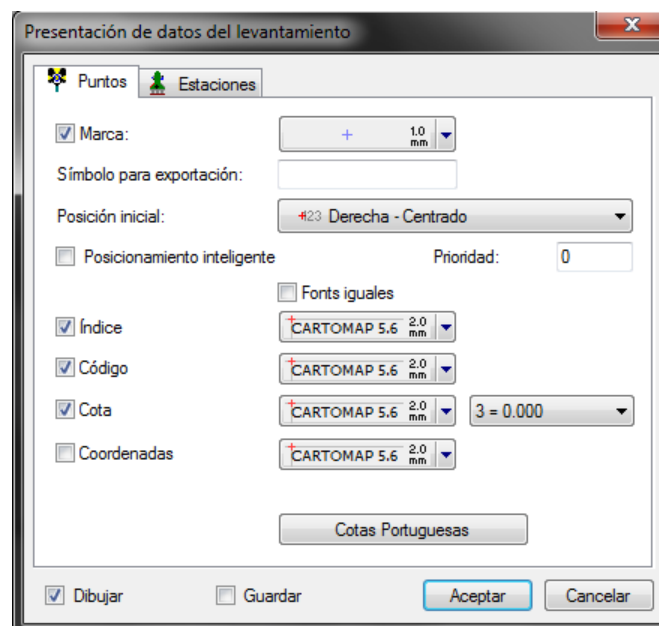


Fig. 2.26 Ventana de Presentación de datos de levantamiento

En esta ventana aparecen dos pestañas, Puntos y Estaciones. Como su nombre indica, desde cada una de ellas se configuran los parámetros que afectan a la presentación de la vista 2D de estos elementos. Independientemente de la pestaña seleccionada, las opciones que aparecen son las siguientes:

Marca: Activa la presentación de los puntos o estaciones mediante la marca seleccionada en el control de marca adjunto.



Posición inicial: Permite seleccionar la posición inicial del punto de anclaje de todos los textos asociados al punto o estación.

Posicionamiento inteligente: Activada esta opción, se evitará el solape entre los datos asociados a los puntos o estaciones, y entre éstos y otros elementos de dibujo de acuerdo a la prioridad de no solape indicada en el campo adjunto.

Índice, Código, Cota, Coordenadas: Activada cualquiera de estas opciones, se representará junto al punto, y en la posición establecida mediante el punto de anclaje, el dato indicado.

Cotas portuguesas: Si se pulsa este botón, el carácter decimal de la cota será la marca del punto, el resto de parámetros (índice, código o coordenadas) se ocultarán automáticamente.

Si el indicador Fonts iguales está activado, al modificar el tipo de letra de uno de los datos, se modificará automáticamente el de los otros tres.

3. Una vez seleccionado todo lo deseado se pulsa en Aceptar en la ventana Presentaciones de datos de levantamiento, se aplicarán las modificaciones hechas, y en la ventana Presentación de puntos y estaciones se pulsa en Salir.

II.8.5 Modelo digital del terreno

El modelo digital del terreno (MDT) permite que el sistema conozca la cota del terreno, no sólo en los puntos del levantamiento, sino en cualquier posición dentro del mismo. Es imprescindible para generar perfiles, curvados, cubicaciones,... en general, siempre que se desee conocer la cota del terreno dentro del levantamiento (Ver fig. 2.31).

CARTOMAP contempla distintos tipos de modelos digitales del terreno (en adelante, MDT) permitiendo la coexistencia de varios de ellos en un mismo archivo, estos son:



Malla rectangular: Método utilizado para la representación de grandes superficies de las que sólo se dispone una serie de cotas dispuestas uniformemente en una malla rectangular.

Curvado y Dibujo 3D: La cota del terreno se obtiene a partir de elementos gráficos como líneas o polilíneas que tienen cotas válidas.

Malla irregular de triángulos: Modelo digital formado por una red de triángulos cuyos vértices se apoyan en los puntos del levantamiento.

II.8.5.1 Procedimiento para la creación del MDT

Los pasos a seguir para obtener un MDT a partir de este tipo de datos son los expuestos a continuación:

1. Menú Edición ► Modelos del terreno ► Edición alfanumérica (Ver fig. 2.27).

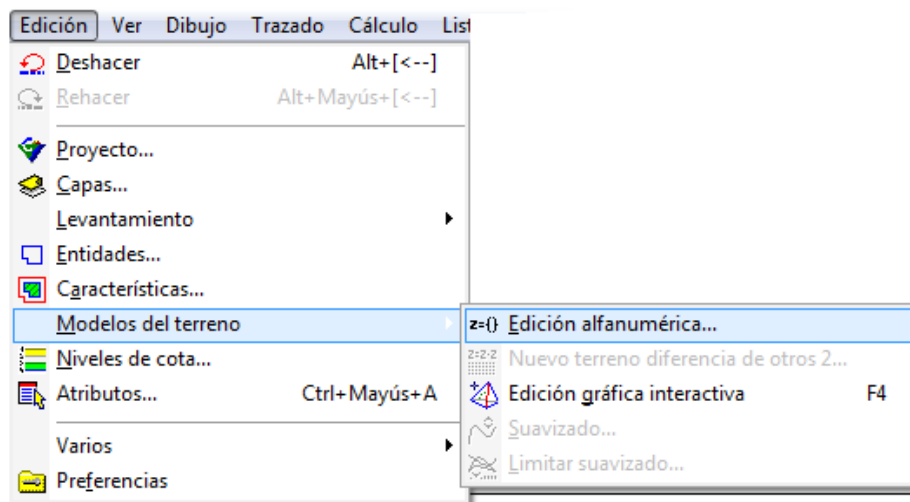


Fig. 2.27 Opciones del menú Edición

Se abrirá la ventana Edición general de modelos del terreno, en la que aparece una lista de objetos con todos los MDTs del archivo (Ver fig.2.28).

2. En la ventana Edición general de modelos del terreno (Ver fig 2.28) pulsamos el botón Añadir, se abrirá la ventana Edición de modelo del terreno

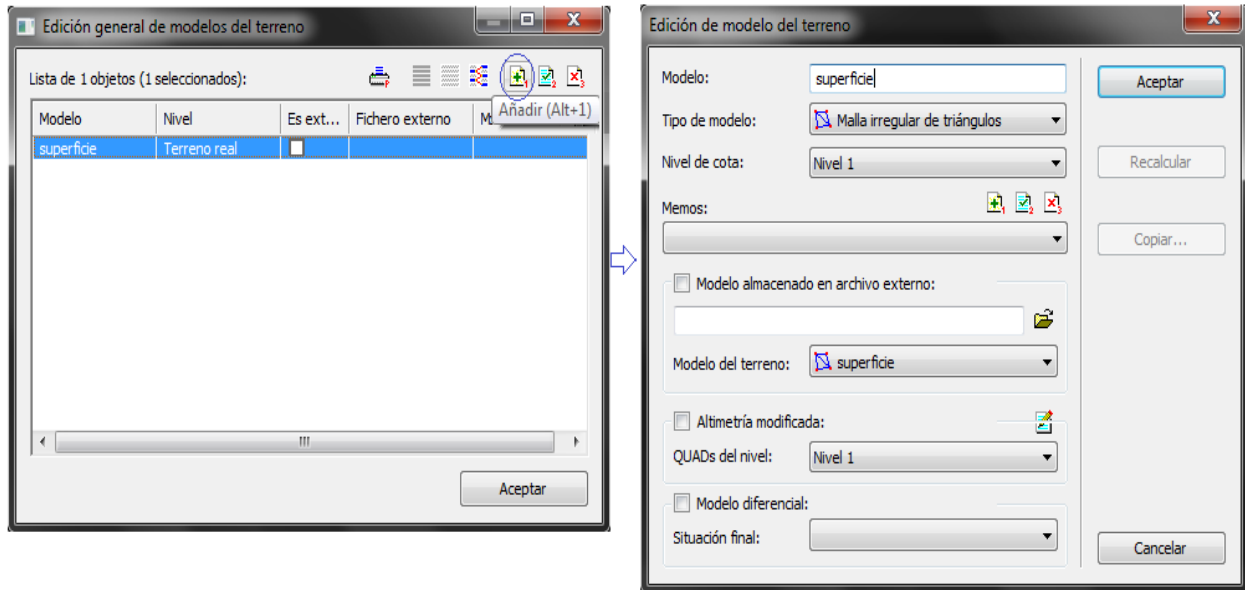


Fig. 2.28 Ventana de Edición general de modelos del terreno y Edición de modelo del terreno

Introducimos el nombre con el que se identificará este MDT en el campo Modelo, en este caso, superficie.

3. Una vez seleccionadas las opciones pertinentes en la ventana Edición de modelo del terreno, pulsamos el botón Aceptar, se abrirá la ventana Cálculo de la red de triángulos (Ver fig. 2.29), donde será posible seleccionar los elementos que se han de tener en cuenta en el cálculo.

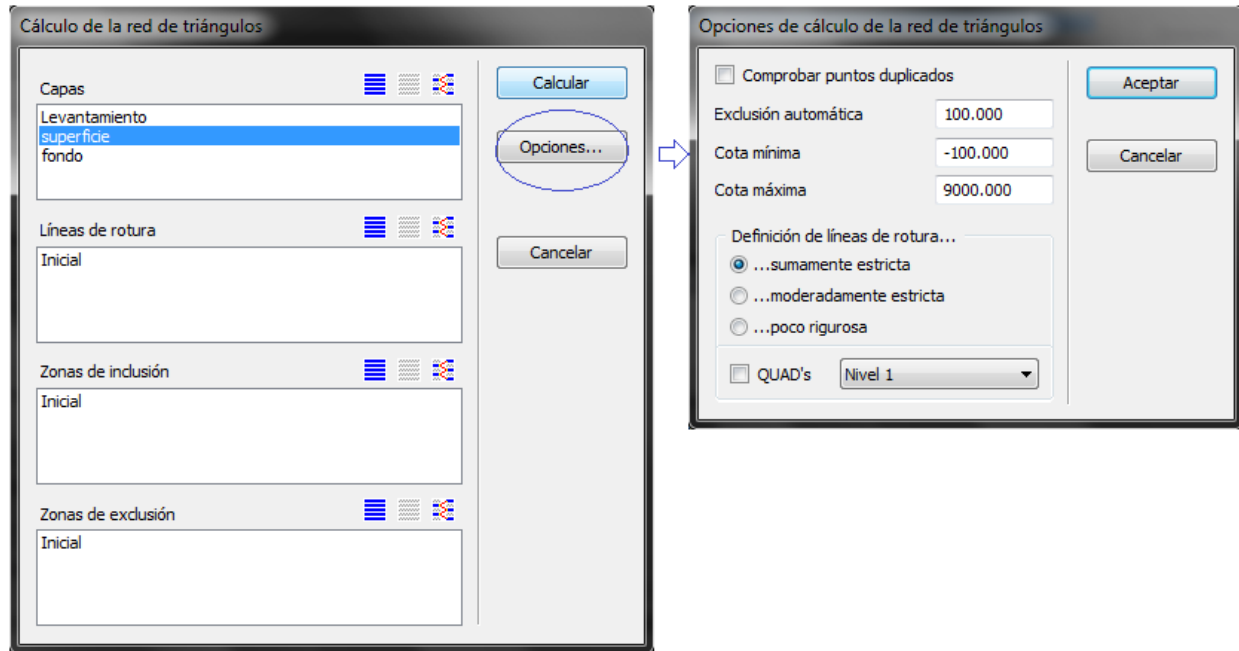


Fig. 2.29 Ventana de Cálculo de la red de triángulos

4. Se selecciona el nombre de la capa, en este caso Superficie y se pulsa en el botón Opciones, se abrirá la ventana Opciones de cálculo de red de triángulos, definimos las líneas de rotura, se selecciona, Sumamente estricta y se pulsa el botón Aceptar.

6. En la ventana Cálculo de red de triángulos se pulsa en Calcular y luego Aceptar.

Los campos que aparecen en la ventana Edición general del terreno hacen referencia a lo siguiente:

Modelo: Campo en el que se ha de introducir un nombre para el nuevo MDT a calcular.

Tipo de modelo: Lista de selección para escoger el tipo de MDT a calcular, este varía en función de datos disponibles.

Nivel de cota: Permite seleccionar el nivel de cota en el que quedará asociado el MDT. Para el primer MDT este es siempre el nivel Terreno real, se ha de tener cuidado de no seleccionar un nivel que ya esté ocupado por otro MDT o tramo de sección tipo ya que esto podría dar lugar a conflictos en los cálculos posteriores.



Memos: Opciones para asignar memos de texto, imágenes, audio o video al MDT.

Modelo almacenado en archivo externo: Permite leer un MDT de otro archivo de CARTOMAP. Para ello, se ha de pulsar sobre el botón Abrir archivo y seleccionar el archivo que lo contiene; al hacerlo, la opción se activará automáticamente mostrando la ruta de acceso al mismo.

Altimetría modificada: Si esta opción se encuentra activada, se calculará automáticamente la topografía modificada teniendo en cuenta los QUADs del nivel seleccionado en la lista, permite seleccionar las entidades cuyos QUADs se van a considerar para este cálculo.

Modelo diferencial: Esta opción permite modificar el MDT seleccionado de tal forma que la cota en cada punto de la superficie del mismo pasa a ser la diferencia de cotas entre la del MDT inicial y la del MDT seleccionado mediante la lista Situación final. El resultado final será el movimiento de tierras entre ambos.

II.8.6 Curvas de nivel

El curvado muestra una representación del terreno mucho más intuitiva que la ofrecida por los triángulos. Las curvas de nivel que lo definen son el resultado de unir sobre el plano los puntos de igual cota.

CARTOMAP permite representar curvas de nivel con 5 equidistancias diferentes, para cada una de ellas podemos elegir el tipo de línea y color con el que quedará definida. Además, podemos etiquetar las curvas según nuestro criterio.

Creado el MDT, el siguiente paso lógico es visualizar el curvado. En este caso, se definirán dos tipos de curvas de nivel: las maestras, con una equidistancia de 5 m y el resto con una equidistancia de 1 m.

II.8.6.1 Procedimiento para la visualización de curvas de nivel:

1. Menú Ver ► Curvas de nivel:

Se abre la ventana Presentación de curvas de nivel (Ver fig. 2.30), desde donde se configura la visualización de las curvas de nivel de cada uno de los MDTs calculados en el proyecto, así como activarla o desactivarla.

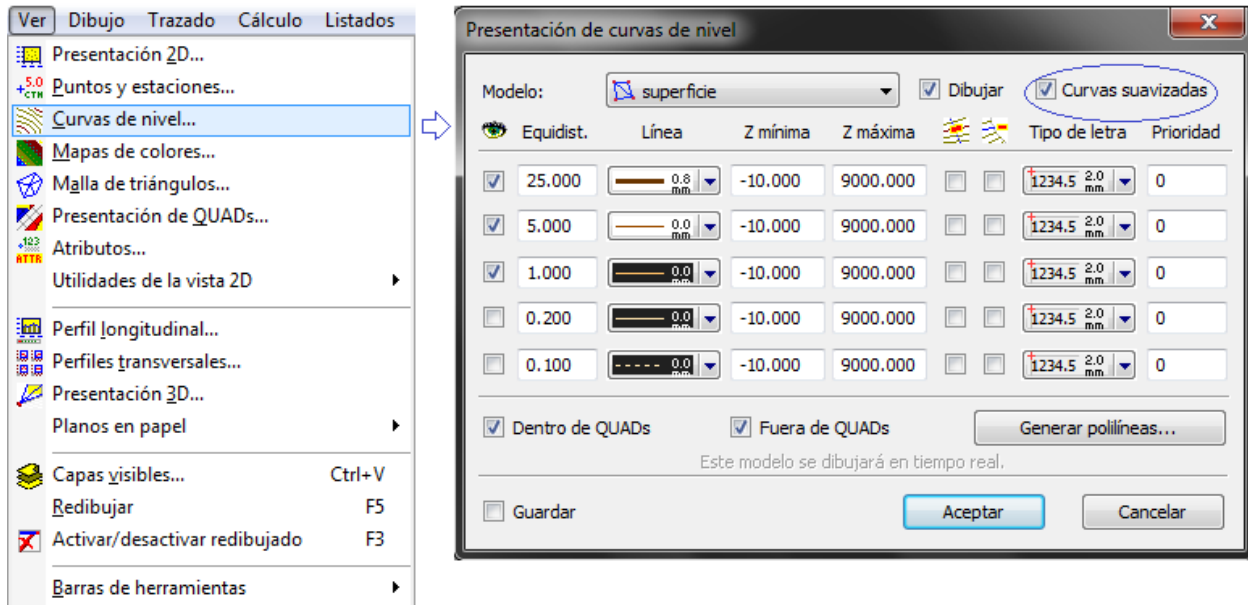


Fig.2.30 Ventana de Presentación de curvas de nivel

Seleccionar en el campo Modelo, el MDT para el cual se va a definir el curvado, en este caso, superficie.

2. Se activa la opción de Dibujar, activar la visualización de las equidistancias de 5 m y 1 m.

3. Se selecciona el control de línea de la equidistancia 5 m eligiendo para su representación una línea continua de color marrón.

4. Se selecciona el control de línea de la equidistancia 1 m eligiendo para su representación una línea continua de color marrón claro.

5. Se selecciona líneas suavizadas.

6. Se pulsa el botón Aceptar. El terreno aparecerá representado por el curvado (Ver fig. 2.31).

Los campos que aparecen en la ventana Presentación de curvas de nivel hacen referencia a lo siguiente:



Modelo: Lista desplegable para seleccionar el MDT del cual se desea visualizar el curvado.

Dibujar: Activa la representación de los curvados en la vista 2D de ventana activa. Si esta opción no está activada, no se visualizará ningún curvado.

Curvas suavizadas: Activada esta opción, el sistema aplica un algoritmo de suavizado a las curvas de nivel.

El resto de opciones se agrupan en columnas. Cada una de las cabeceras de las columnas representa lo siguiente:



: Activa o desactiva la visualización de las curvas de nivel correspondientes a la equidistancia indicada en el campo situado a su derecha.

Equidist.: Campo para introducir cada una de las equidistancias. Se deben ordenar las equidistancias empezando por las de mayor valor.

Línea: Control de línea para seleccionar el tipo de línea con el que se dibujarán las curvas de nivel de esa misma equidistancia.

Z mínima: Campo para introducir la cota mínima a partir de la cual, las curvas de nivel de la equidistancia especificada en la misma fila, empezarán a dibujarse.

Z máxima: Campo para introducir la cota máxima hasta la cual se dibujarán las curvas de nivel definidas por la equidistancia especificada en la misma fila.



: Esta casilla activada permite la numeración de las curvas de nivel, definidas por la equidistancia especificada en la misma fila, a partir de líneas de numeración.



: Esta casilla activada permite la numeración de las curvas de nivel, definidas por la equidistancia especificada en la misma fila, en los extremos de las mismas.



Tipo de letra: Control de texto para seleccionar el tipo de letra con el que se dibujará la numeración de las curvas de nivel.

Prioridad: Campo para establecer la prioridad de dibujo de las curvas de nivel de una equidistancia, sobre zonas de no dibujo.

Genera polilíneas: Permite generar polilíneas del curvado actual en la entidad actual del proyecto, que debe ser del tipo Polilíneas de curvado. Las polilíneas se generarán de las curvas de nivel dentro de QUADs o fuera de QUADs, dependiendo de la selección de dichas opciones.

Guardar: Permite guardar la configuración definida en esta ventana para todos los archivos de CARTOMAP que se realicen a posterior.

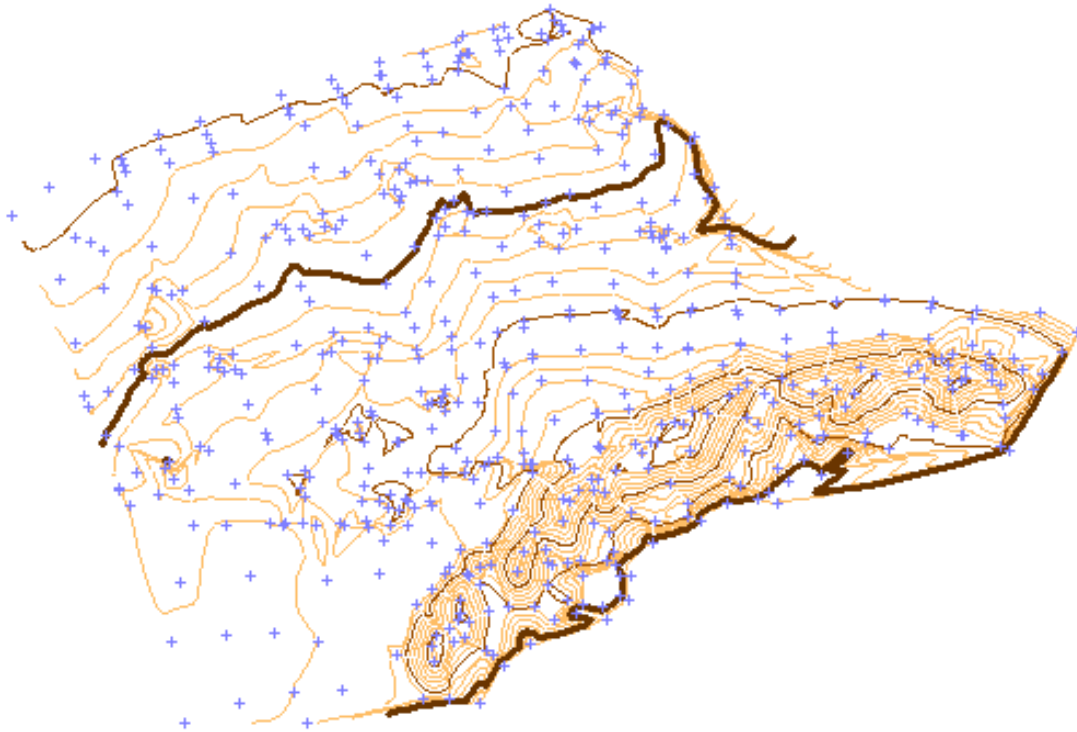


Fig. 2.31 Presentación de Curvas de nivel

Una vez creado el MDT de la superficie superior se precede a crear el MDT de la superficie fondo, siguiendo los mismos pasos desde la importación de puntos hasta la visualización de las curvas de nivel, luego se precede a calcular el volumen.



II.8.7 Cubicaciones (Cálculo de volumen)

Existen dos opciones para obtener diferencias de volúmenes: cubicación por malla y cubicación por perfiles, variando la precisión, no en función del método empleado, sino de los parámetros utilizados en él.

La cubicación siempre se realiza entre distintos niveles de los 32 disponibles en la aplicación. Cada uno de estos niveles puede estar ocupado por un modelo digital del terreno o por distintos tramos de sección tipo. Los volúmenes de cubicación siempre han de ser de desmonte o terraplén. Si la diferencia de cotas entre el primer nivel a cubicar y el segundo es positiva, se considera volumen en desmonte; por el contrario, si es negativa, se considera terraplén.

II.8.7.1 Cubicación por malla

La cubicación por malla permite calcular la diferencia de volúmenes entre dos superficies diferentes de un mismo terreno, es decir, entre dos levantamientos de una misma zona realizados en épocas distintas. Evidentemente, cada uno de estos MDT tiene que estar asociado a un nivel de cota distinto, ambos modelos pueden estar contenidos en el mismo archivo de trabajo o bien en archivos diferentes.

El método consiste en interponer prismas de base cuadrada entre los dos niveles a cubicar, de tal forma que la altura de cada uno de estos prismas será el promedio de las diferencias de cota existentes entre ambos modelos digitales. La base del prisma, o paso de malla, quedará definida de acuerdo con los parámetros marcados.

II.8.7.2 Procedimiento para la cubicación (Cálculo de volumen):

1. Se accede al menú Cálculo ► Cubicación por malla:

Se abrirá la ventana Cubicación por malla (Ver fig. 2.32).

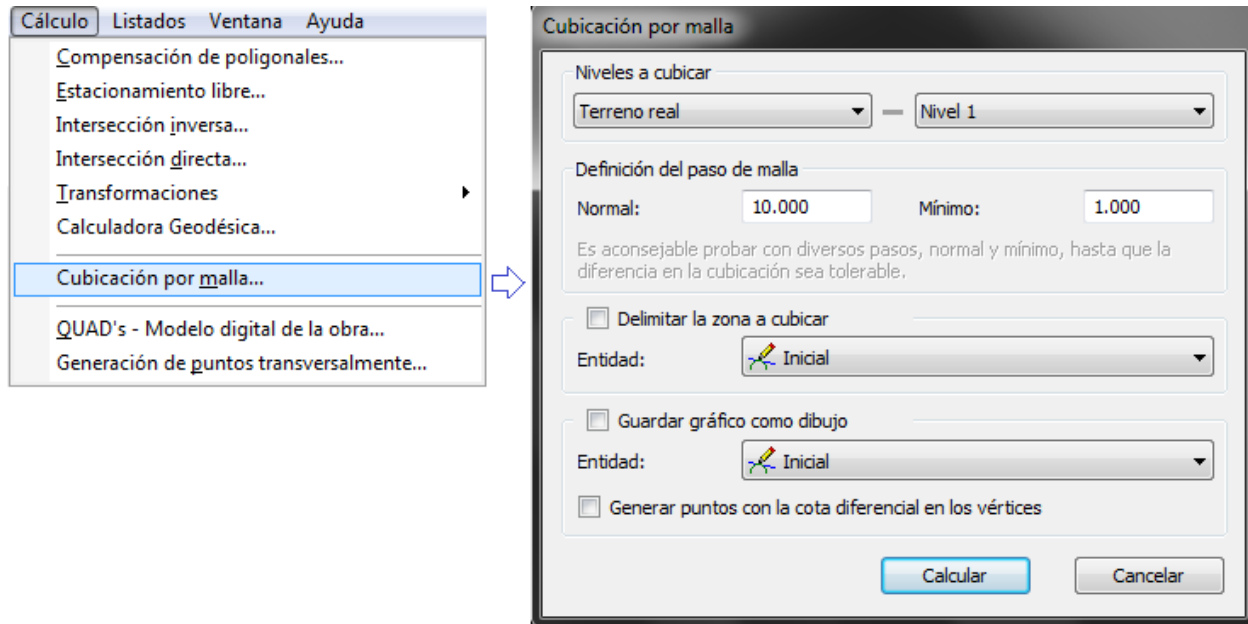


Fig. 2.32 Ventana de Cubicación por malla

2. Mediante la primera lista de selección del campo Niveles a cubicar, se selecciona Nivel1, mediante la segunda lista de selección del campo Niveles a cubicar, se selecciona Terreno real (Ver fig.2.32).
3. Se rellena los campos Normal y Mínimo, del apartado Definición del paso de malla, con los valores 10 y 1 respectivamente. Las aristas de la base de cada uno de los prismas que se generen tendrán una longitud de 10 m, salvo en aquellas zonas (límites del MDT y zonas de paso de desmonte/terraplén) donde no se pueda ajustar un prisma de estas dimensiones, entonces se irán generando prismas de base más pequeña hasta alcanzar el valor introducido como paso mínimo, en este caso, 0.1 m.
4. Se pulsa el botón Calcular, en la pantalla se dibujará una retícula formada por la base de los prismas a medida que se van generando. Las cuadrícula gris representa zonas donde no hay MDT calculado; la verde, aquellas zonas donde ambos modelos digitales coinciden; la azul, zonas de terraplén, y la roja, de desmonte (Ver fig. 2.33).

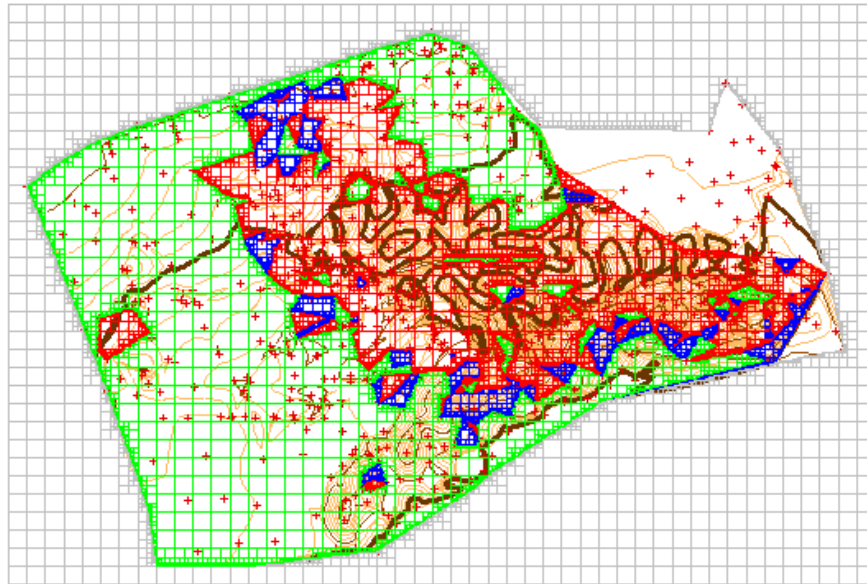


Fig. 2.33 Cuadrícula para el cálculo de volumen

5. Finalizado el proceso, se abrirá una ventana de información con los datos de cubicación obtenidos (Ver fig. 2.34). Estos datos se pueden imprimir para su posterior uso, pulsando el botón Imprimir de la ventana.



Fig. 2.34 Resultados del cálculo de volumen



II.9 Metodología para el cálculo de volumen mediante software AutoCAD Civil3D 2010

II.9.1 Importación y exportación de puntos

Los puntos son componentes básicos de AutoCAD Civil 3D. Se puede utilizar puntos en proyectos de desarrollo de terreno para identificar ubicaciones fijas y elementos de diseño existentes.

Los números y nombres asignados a los puntos son únicos. Cada punto tiene propiedades que incluyen información como, ordenada, abscisa, elevación y descripción. Un punto que aparezca en el dibujo puede tener propiedades adicionales que controlen su aspecto (Ver fig. 2.38), como un estilo de punto, un estilo de etiqueta de punto y una capa.

Podemos utilizar comandos para importar, exportar y transferir datos de puntos entre archivos.

Con AutoCAD Civil 3D, se puede:

- Importar puntos en el dibujo desde un archivo ASCII (texto) o un archivo de base de datos de Microsoft® Access (.mdb).
- Exportar puntos de un dibujo a un archivo ASCII (texto) o un archivo de base de datos de Microsoft® Access.
- Transferir puntos de un archivo ASCII (texto) o un archivo de base de datos de Microsoft® Access a otro archivo. Los datos de puntos se pueden convertir durante la transferencia, que puede incluir el cambio de uso de coordenadas.


La importación de puntos es un modo rápido de colocar puntos en un dibujo. Por ejemplo, si un topógrafo recopila datos de puntos con un recolector de datos, los datos se podrán descargar del recolector como un archivo ASCII (texto) a continuación, importar a un dibujo de AutoCAD Civil 3D.

Antes de importar, exportar o transferir datos de puntos, se debe especificar un *formato de archivo de puntos* para cada archivo en el que se lean o escriban datos de puntos.



El formato de archivo de puntos precisa cómo se almacenan los datos de puntos en el archivo. Se puede utilizar los formatos de archivo de puntos facilitados con AutoCAD Civil 3D o crear formatos propios del usuario.

II.9.1.1 Procedimiento para importar datos de puntos

1. En la barra de menú se pulsa en Puntos ► Importar/exportar puntos ► importar puntos (Ver fig.2.35).
2. En el cuadro de diálogo Importar puntos, se especifica el formato de archivo de puntos que describe la composición de los datos del archivo de datos de punto que se está importando (Ver fig. 2.36).
3. En el cuadro de diálogo Importar puntos, se pulsa en  y se selecciona el archivo de datos de punto que se va a importar.
4. Se especifica un grupo de puntos al que se añadirán los puntos importados.
5. Se puede también especificar opciones avanzadas para el ajuste de elevación, la transformación de coordenadas o la expansión de datos de coordenadas.
6. Se pulsa en Aceptar para importar, los puntos importados se muestran en la ventana de trabajo (Ver fig.2.37).

II.9.1.2 Referencia rápida

Cinta de opciones

Se pulsa en la ficha Puntos ► Importar/Exportar puntos ► Importar puntos .

Menú

Se pulsa en el menú Puntos ► Importar/Exportar puntos ► Importar puntos.

Menú contextual del Espacio de herramientas

Ficha Prospector: Pulsar con el botón derecho en la colección Puntos ► Crear ► Importar puntos.

Línea de comando

ImportPoints.

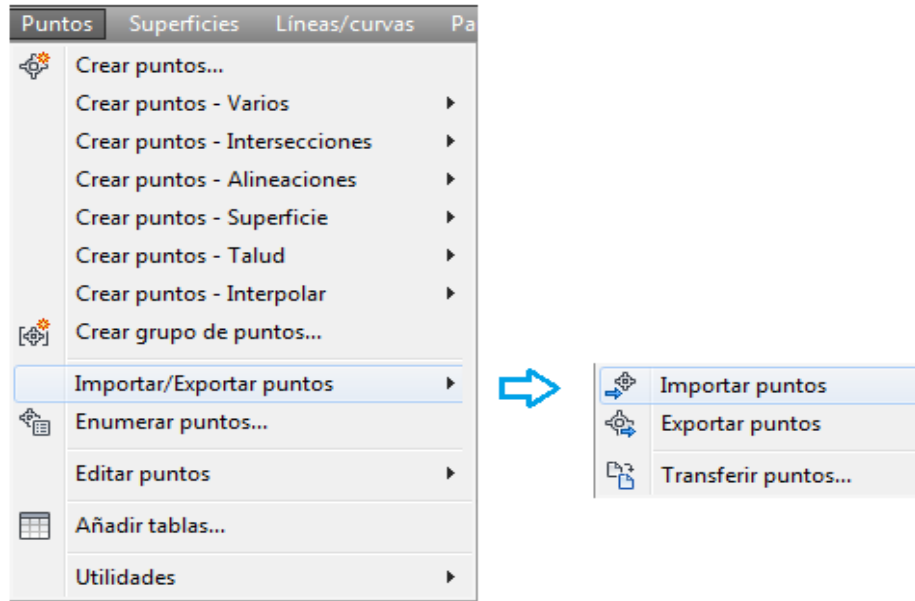


Fig. 2.35 Importación de puntos

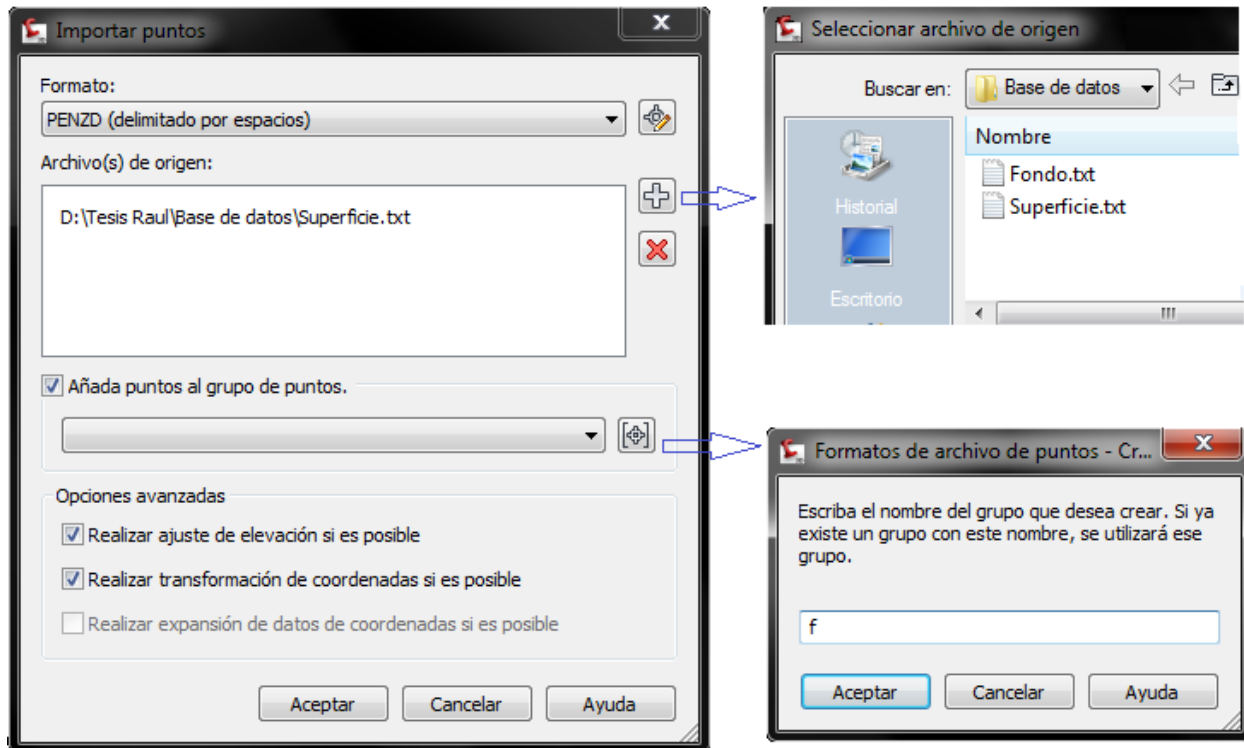


Fig.2.36 Importación de puntos

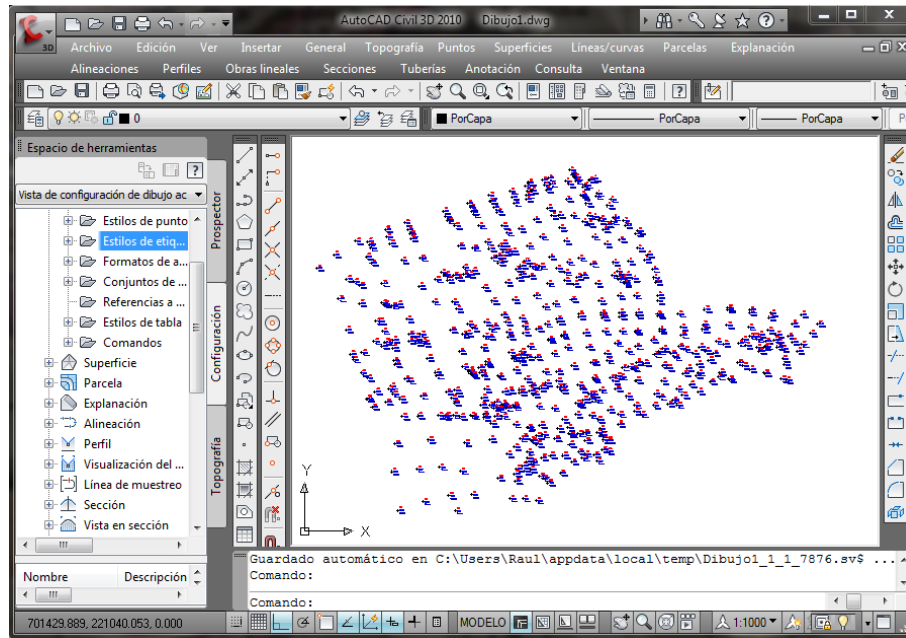


Fig. 2.37 Puntos importados en la ventana de trabajo

II.9.2 Control de visualización de los puntos en el dibujo

Esta opción permite controlar el aspecto de los símbolos y etiquetas de punto en un dibujo.

Varios factores controlan la visualización de un punto en un dibujo.

Un punto puede hacer referencia directa a dos estilos:

1. El estilo de punto que define el modo de visualización de un símbolo de punto en el dibujo (Ver fig. 2.38).
2. El estilo de etiqueta de punto que determina el etiquetado del punto en el dibujo.

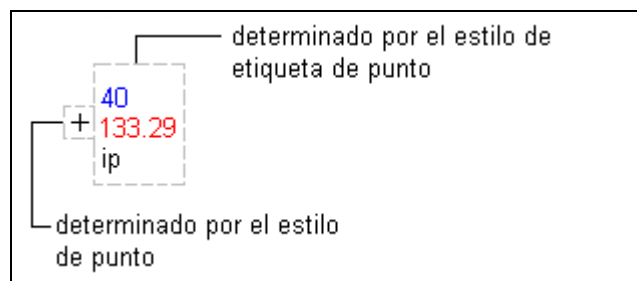


Fig.2.38 Estilo de punto y etiqueta de los puntos



Cada punto individual hace referencia a un estilo de punto y a un estilo de etiqueta de punto, también podemos utilizar grupos de puntos para controlar la visualización de símbolos y etiquetas para puntos que compartan características similares, cuando sea posible. Un grupo de puntos puede hacer referencia a un estilo de punto o de etiqueta de punto por defecto.

II.9.2.1 Procedimiento para editar un estilo de punto

Los estilos de punto se editan mediante el árbol de la ficha Configuración (Ver fig. 2.39).

1. En Espacio de herramientas, en la ficha Configuración, se pulsa con el botón derecho en el estilo de punto deseado. Se pulsa en Editar (Ver fig. 2.40).
2. En el cuadro de diálogo Estilo de punto (Ver fig. 2.41), se edita las propiedades del estilo de punto y se realiza las modificaciones necesarias.
3. En el cuadro de diálogo Estilos de punto, se pulsa en Aceptar.

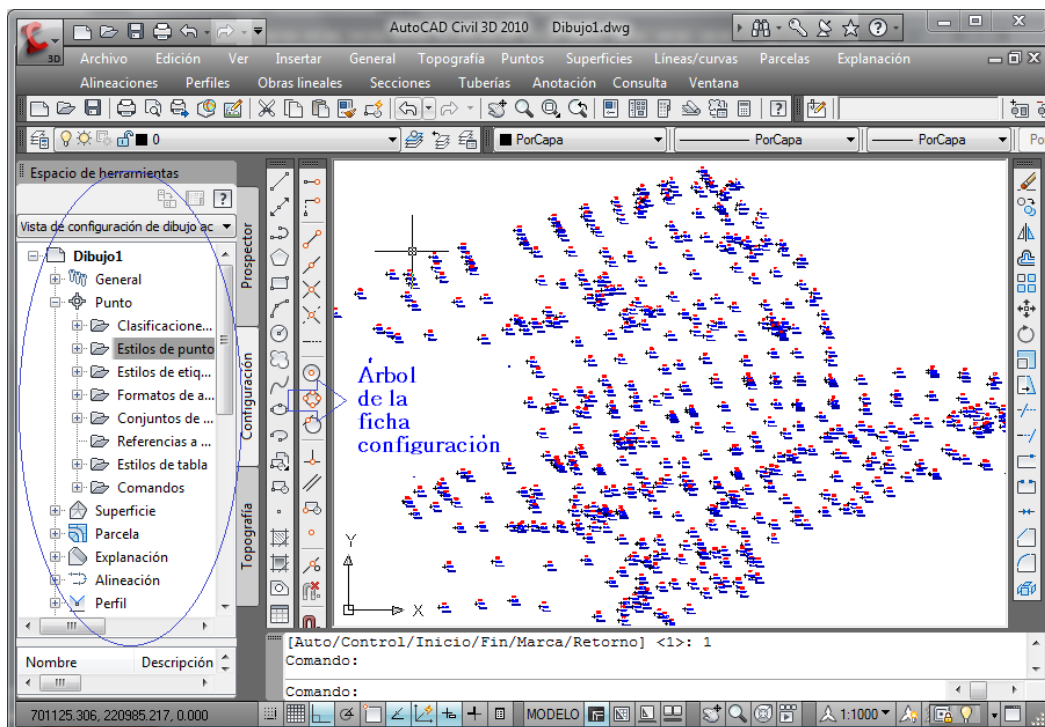


Fig. 2.39 Árbol de la ficha de configuración

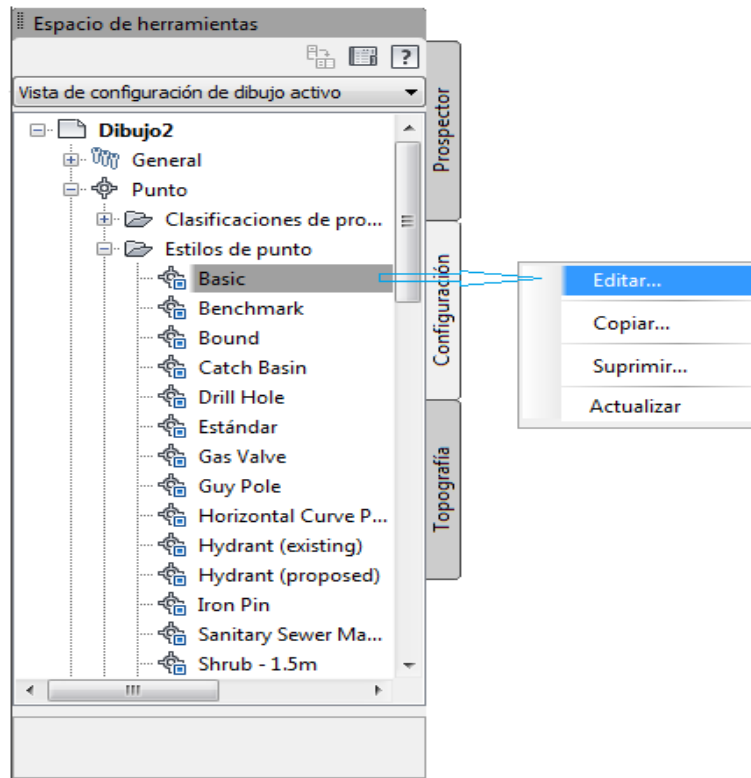


Fig.2.40 Edición de estilos de punto

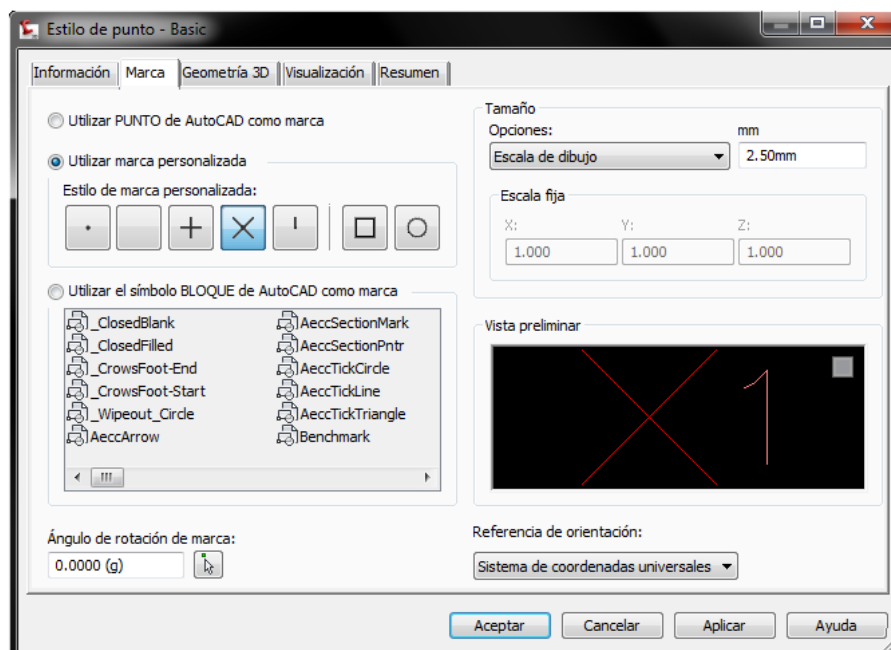


Fig. 2.41 Ventana de estilo de puntos básicos

II.9.2.2 Procedimiento para editar el estilo de etiqueta de los puntos

1. En espacio de herramientas, en la ficha Configuración, se pulsa con el botón derecho en el estilo de etiqueta deseado. Se pulsa en Editar (Ver fig.2.42).
2. En el cuadro de diálogo Creador de estilos de etiqueta (Ver fig.2.43), se edita las propiedades del estilo de etiqueta deseado.
3. Se pulsa en el botón Aceptar, y muestra las modificaciones realizadas (Ver fig.2.44).

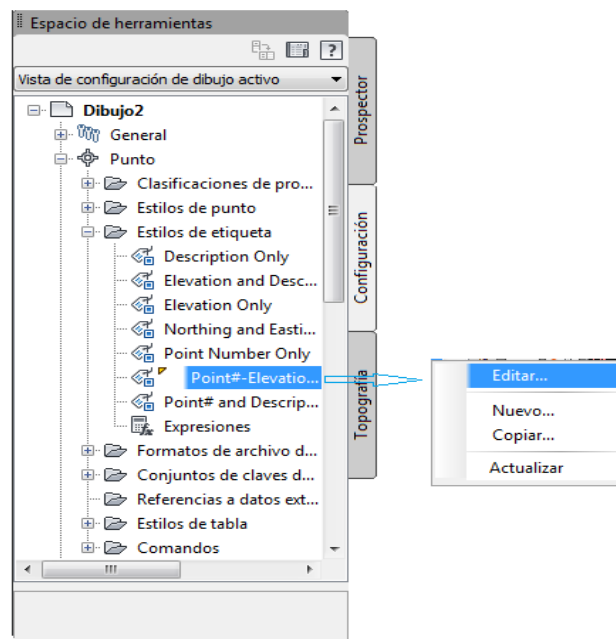


Fig.2.42 Edición de estilos de etiqueta

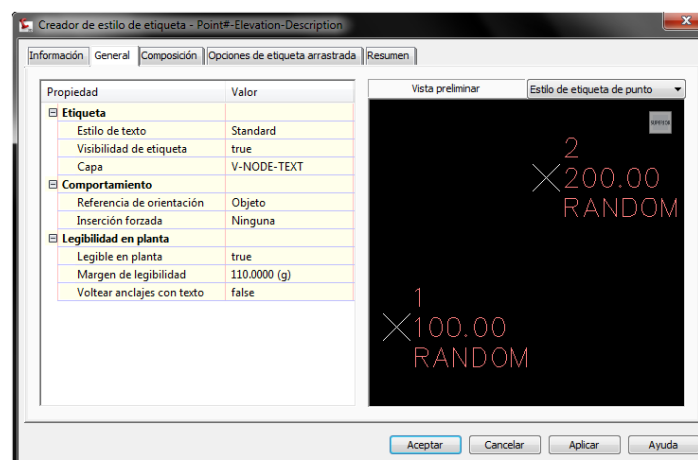


Fig.2.43 Ventana de estilo de etiqueta

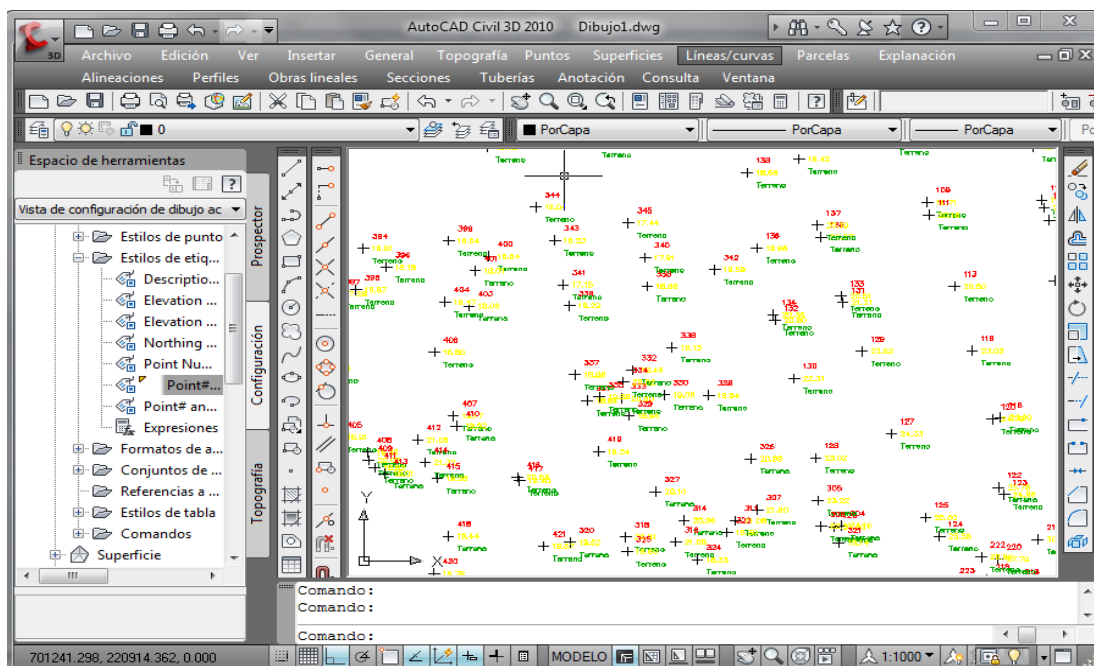


Fig.2.44 Ventana con estilo de punto y etiqueta modificada

II.9.3 Creación de superficies


Una superficie es una representación geométrica tridimensional de un área de terreno, o bien, en el caso de superficies de volumen, la diferencia o la composición de dos áreas de superficie.

Las superficies están compuestas por triángulos o rejillas (ver fig.2.45) que se crean cuando AutoCAD Civil 3D conecta los puntos que constituyen los datos de la superficie.

Para utilizar una superficie en el dibujo, se puede crear una superficie vacía y añadirle datos posteriormente. También se puede importar archivos existentes que contengan información de superficie, como archivos LandXML, TIN (Triangulated Irregular Network, Red irregular triangular) y DEM (Digital Elevation Model, Modelo digital de elevación) y utilizar puntos, archivos de puntos, datos DEM, objetos de AutoCAD existentes, curvas de nivel, líneas de rotura y contornos.

Se puede crear superficies compuestas de una combinación de puntos, líneas de rotura, contornos y curvas de nivel.



Cuando se crea una superficie, su nombre aparece en la colección Superficies  del árbol de Prospector, por lo que se pueden llevar a cabo otras operaciones como la adición de datos y la edición de la superficie.

En principio, la superficie puede estar vacía y no ser visible en el dibujo. Una vez añadidos datos a la superficie, ésta se vuelve visible en el dibujo de acuerdo con los parámetros de visualización especificados en el estilo de superficie de referencia.

Existen varios tipos de superficie, como:

- superficie TIN
- superficie de rejilla
- superficie de volumen TIN
- superficie de volumen de rejilla
- superficie a partir de un archivo TIN
- referencia de superficie .

II.9.3.1 Creación de una superficie TIN

Una superficie TIN se compone de los triángulos que forman una red irregular triangular.

Las líneas TIN forman los triángulos que constituyen la triangulación de la superficie. Para crear líneas TIN, AutoCAD Civil 3D conecta los puntos de la superficie que están más cerca unos de otros. La elevación de un punto de la superficie se define mediante la interpolación de las elevaciones de los vértices de los triángulos en los que se encuentra dicho punto.

Las superficies TIN resultan útiles sobre todo:

- Para trazar superficies muy variables que cuentan con datos de muestreo distribuidos de forma irregular para representar la influencia de líneas de escorrentía, carreteras y lagos.
- Para examinar áreas concretas (mapas a gran escala).



Cuando AutoCAD Civil 3D crea una superficie TIN desde datos de punto, calcula la triangulación de Delaunay de los puntos. Con esta triangulación, ningún punto se sitúa dentro del círculo determinado por los vértices de un triángulo cualquiera.

Los datos de líneas de rotura (procedentes de líneas de rotura, curvas de nivel o contornos) influyen en el modo de triangulación de la superficie. Una arista de línea de rotura entre los puntos hace que el programa conecte dichos puntos con una arista de triángulo en la superficie TIN, aun cuando ello suponga infringir la propiedad de Delaunay.

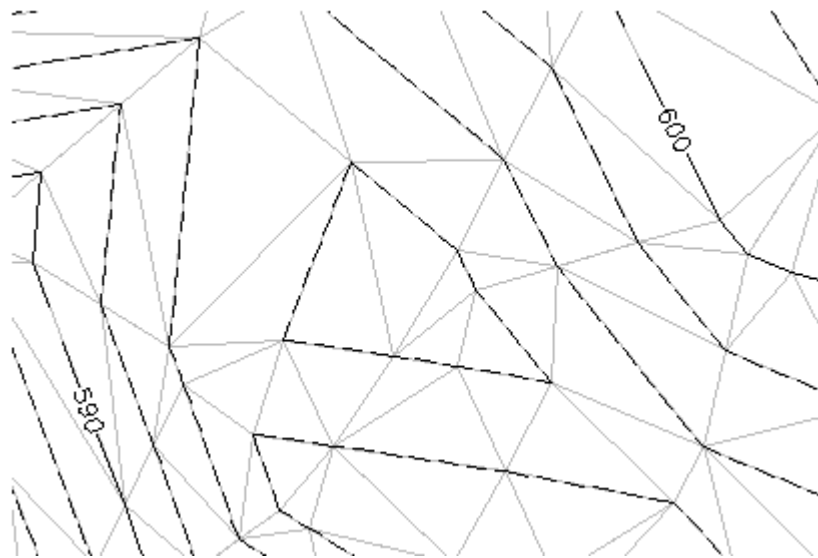


Fig. 2.45 Superficie TIN con curvas de nivel

II.9.3.2 Procedimiento para crear una superficie TIN


1. Se pulsa en menú Superficies ► Crear superficie (Ver fig.2.46).

En el cuadro de diálogo Crear superficie en la lista Tipo, se selecciona Superficie TIN.


2. En la rejilla de propiedades, se pulsa en la celda de la columna Valor correspondiente a la propiedad Nombre y se indica un nombre para la superficie.

Para asignar un nombre a la superficie, se pulsa en el nombre por defecto y se indica uno nuevo o se utiliza la plantilla de nombre.



3. Para cambiar el estilo de la superficie, en la rejilla de propiedades, se pulsa en la propiedad Estilo y, a continuación, se pulsa , en la columna Valor.

Se muestra el cuadro de diálogo Seleccionar estilo de superficie.

4. Para cambiar el material de modelizado de la superficie, se pulsa en la propiedad Material de modelizado en la rejilla de propiedades y pulsar  en la columna Valor.
5. Se pulsa en Aceptar para crear la superficie, el nombre de la superficie se muestra en la colección Superficies del árbol del prospector.
6. Se despliega la superficie creada en el árbol del prospector, dentro ella se abre Definición y se pulsa el botón derecho en Grupo de puntos (Ver fig.2.47), y se visualiza la ventana Grupos de puntos.
7. En la ventana Grupos de puntos se selecciona los puntos importados ya nombrados anteriormente y se pulsa en Añadir (Ver fig. 2.48). Una vez añadidos el grupo de puntos se muestra la superficie limitada en la ventana de trabajo (Ver fig. 2.49).

II.9.3.3 Referencia rápida

Cinta de opciones

Se pulsa en la ficha Inicio ► grupo Crear datos de terreno ► elemento desplegable Superficies ► Crear superficie.

Menú

Menú Superficies ► Crear superficie.

Menú contextual del Espacio de herramientas

Ficha Prospector: pulsar con el botón derecho en Superficies ► Crear superficie.

Línea de comando

CreateSurface.

Cuadro de diálogo

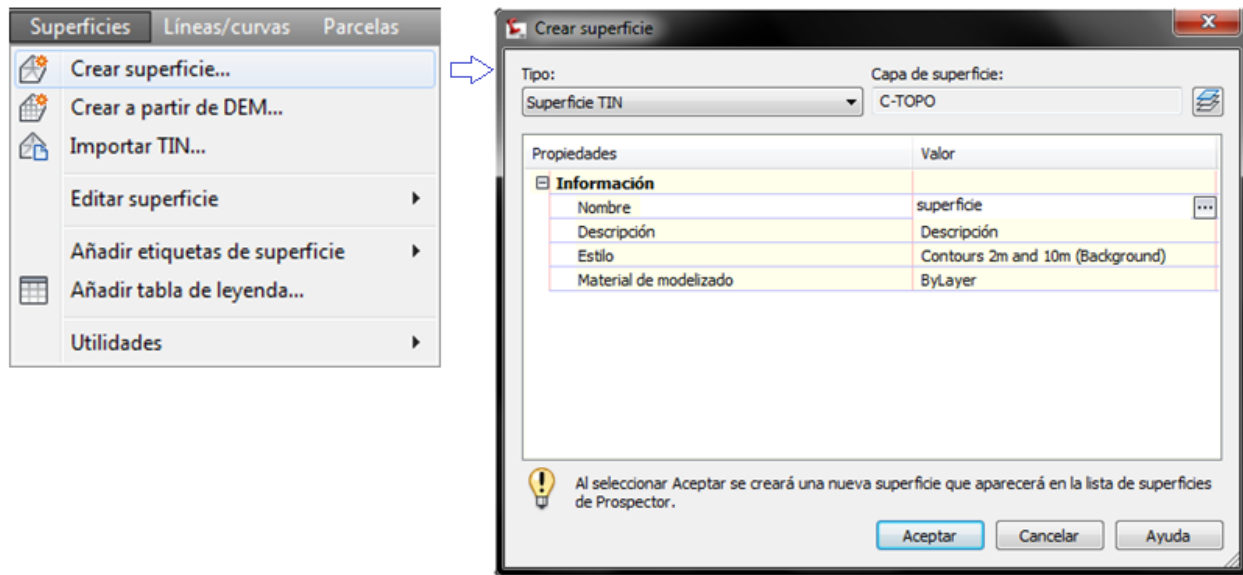


Fig. 2.46 Ventana de creación de superficie

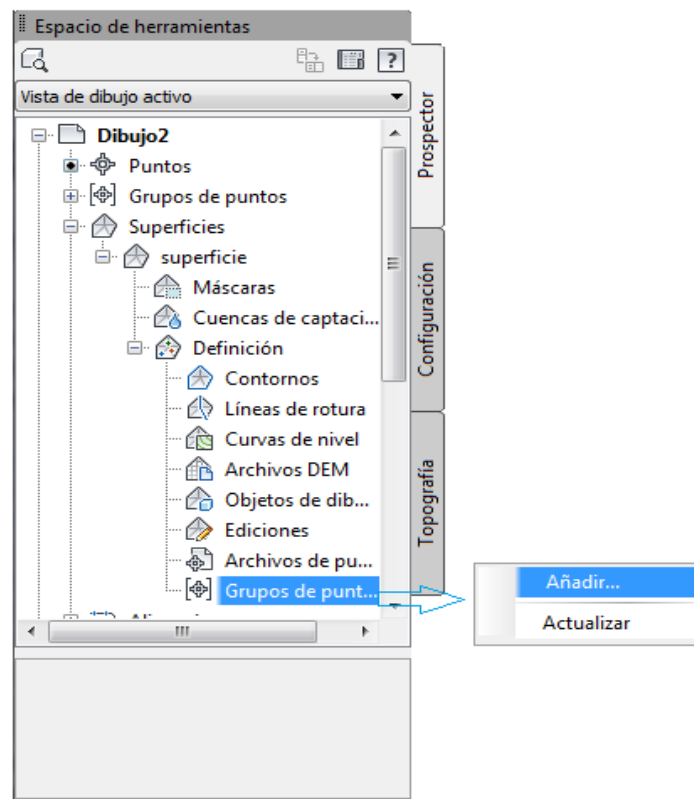


Fig. 2.47 Adición de puntos a la superficie

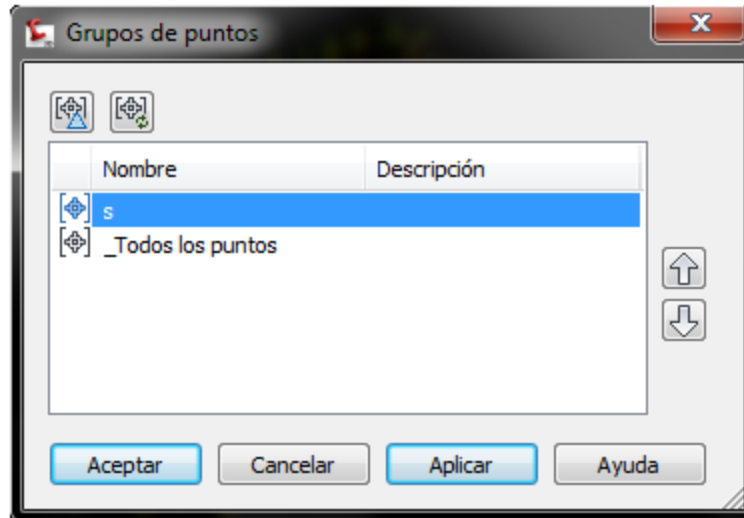


Fig.2.48 Grupos de puntos

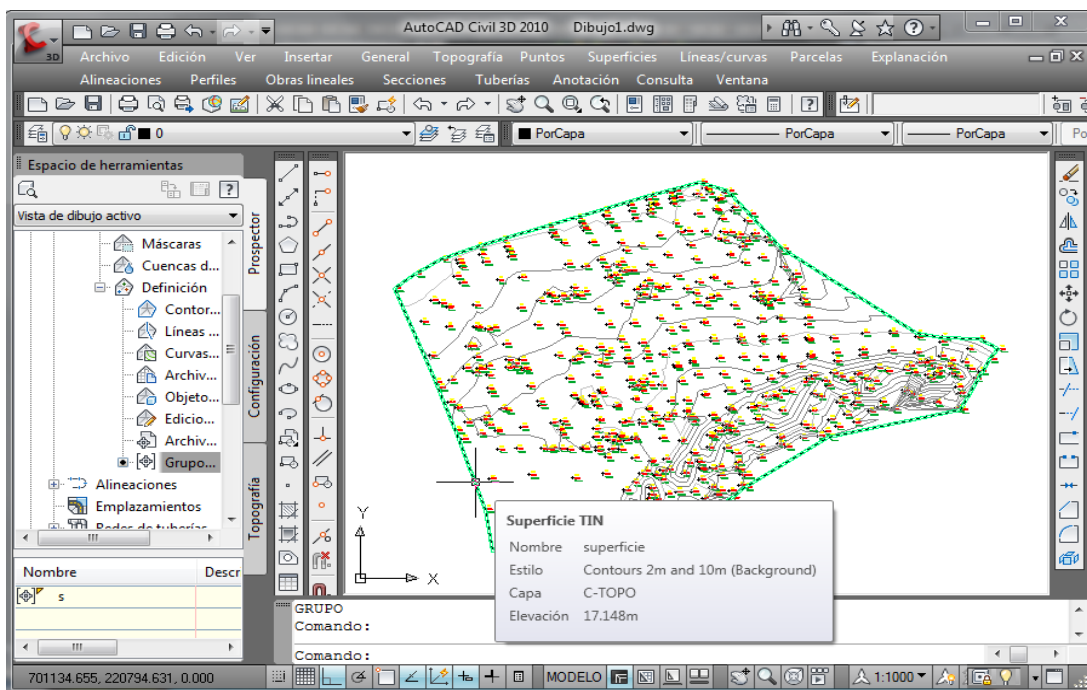


Fig. 2.49 Ventana de trabajo con la superficie creada

Para el cálculo de volumen se creó dos superficies (Ver fig. 2.50), para la creación de la otra superficie (fondo), se realiza el mismo procedimiento, desde la importación de puntos hasta la creación de superficie, una vez creada las dos superficies se procede al cálculo de volumen.

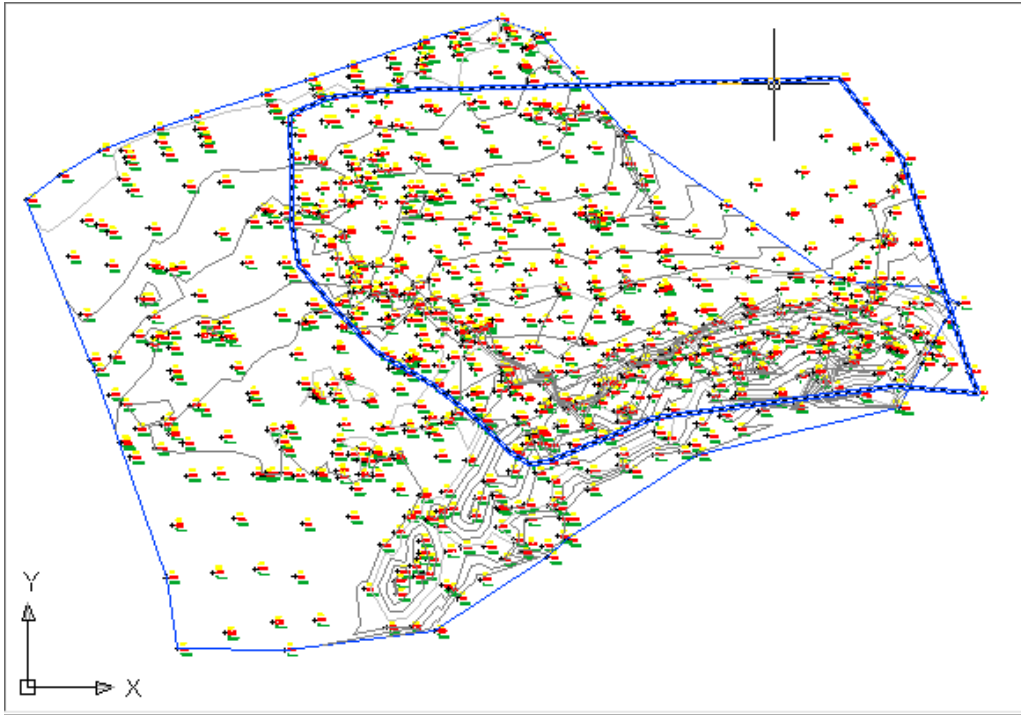


Fig. 2.50 Modelos digitales de dos superficies, (superficie y fondo).

II.9.4 Cálculo de volumen

1. Volúmenes incluidos en el límite: Utilizan un objeto existente de AutoCAD (por ejemplo, una polilínea o polígono), para calcular los volúmenes neto, de desmonte y de terraplén del área delimitada por el objeto.

2. Volúmenes compuestos: Utilizan las superficies superior e inferior (par de superficies) para establecer los valores de volumen neto, de desmonte y de terraplén.

Es posible calcular volúmenes con el método compuesto, que triangula una nueva superficie basándose en los puntos de ambas superficies.

Este método utiliza los puntos de ambas superficies, así como las ubicaciones donde las aristas de los triángulos entre las dos superficies se intersectan, para crear segmentos prismoidales a partir de líneas TIN compuestas.

Las nuevas elevaciones de la superficie compuesta se calculan a partir de la diferencia entre las elevaciones de las dos superficies (Ver fig. 2.51).

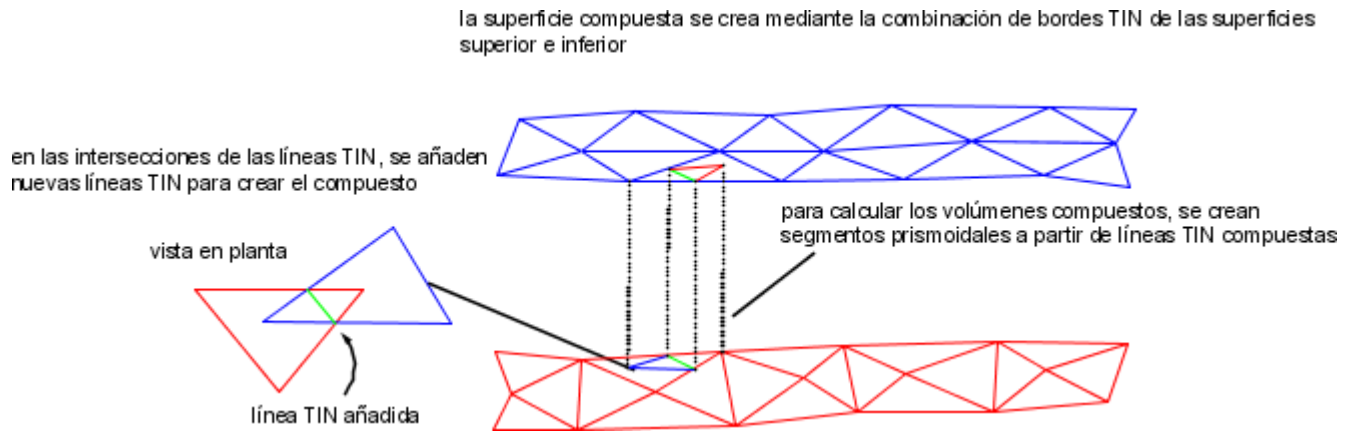


Fig. 2.51. Cálculo de volumen compuesto.


Con este método se obtienen medidas de volumen precisas entre las dos definiciones de superficie.


II.9.4.1 Procedimiento para calcular volúmenes de superficies compuestas

Se abre las superficies TIN o de rejilla para lo que se desea medir el volumen compuesto. La utilidad Volúmenes compuestos compara dos superficies (pares de superficies), por lo que disponemos de dos superficies en el dibujo.

1. Se pulsa en el menú Superficies ► Utilidades ► Volúmenes  y visualiza la ventana de Volúmenes compuestos (Ver fig.2.53 y 2.54).

2. Se realiza una de las siguientes acciones:

a) En la vista Volúmenes compuestos, se pulsa en  y se selecciona las superficies que se desee comparar (Ver fig. 2.54) se pulsa en la entrada <seleccionar superficie> de las columnas Superficie base y Superficie de comparación (para las superficies base y de comparación respectivamente).

b) En la vista Volúmenes compuestos, se pulsa en  y se designa las superficies base y de comparación en el área de dibujo.

Tras seleccionar las superficies, se calculan los volúmenes (Ver. Fig. 2.55), y se muestra la información siguiente:

Desmote: Cantidad de material extraído.

Terraplén: Cantidad de material que se añadió.

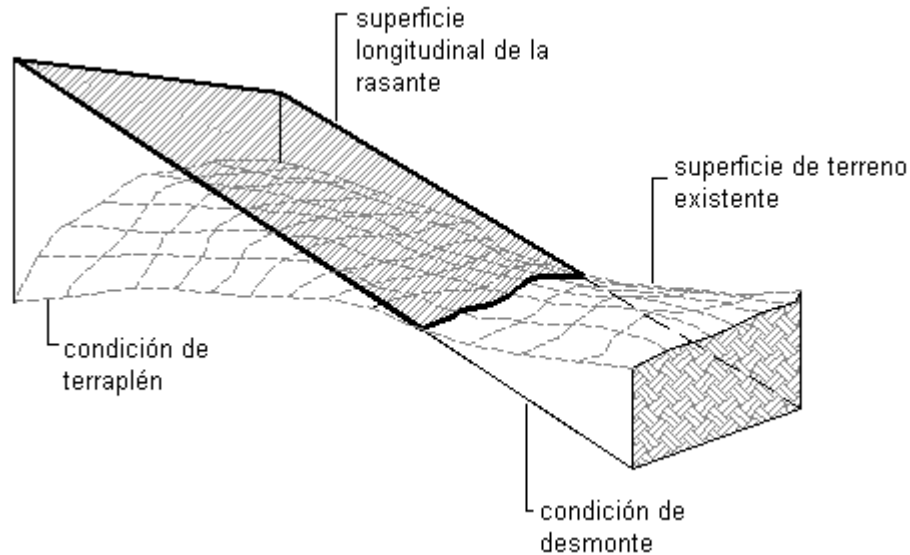


Fig. 2.52 Volumen de desmote y terraplén

Neto: Es diferencia entre el desmote y el terraplén. Por ejemplo, si un volumen tiene 200 m³ de desmote y 100 m³ de terraplén, el neto es 100 m³ <desmote>.

Gráfico neto: Es la representación gráfica en porcentaje del volumen completo.

II.9.4.2 Referencia rápida

Cinta de opciones

Se pulsa en la ficha Analizar ► grupo Volúmenes y materiales ► elemento desplegable Volúmenes ► Volúmenes

Menú

Menú Superficies ► Utilidades ► Volúmenes.

Línea de comando

ReportSurfaceVolume.

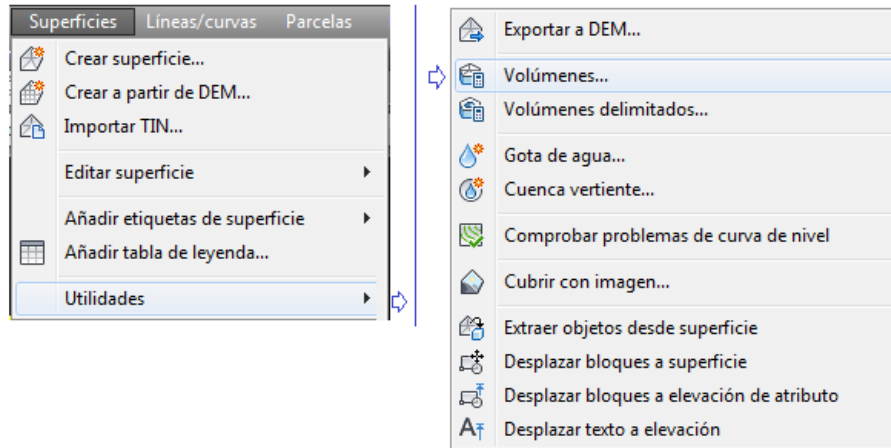


Fig. 2.53 Cálculo de volumen entre dos superficies

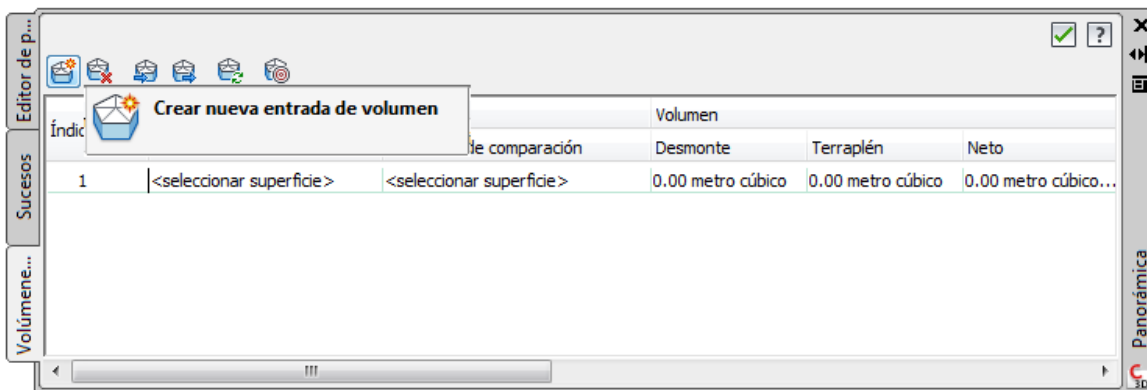


Fig.2.54 Selección de dos superficies para el cálculo de volumen

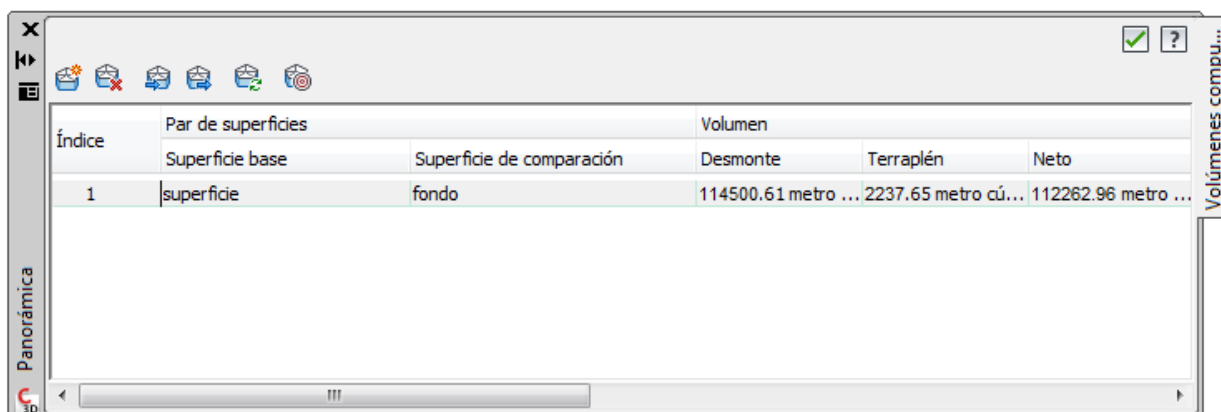


Fig. 2.55 Resultados del cálculo de volumen



Capítulo III. Validación de los softwares

III.1 Introducción

En la actualidad con el desarrollo tecnológico de la informática cada vez se incorporan al mercado software más sofisticados para realizar diferentes trabajos topográficos, por lo que se hace necesario comprobar su funcionamiento correcto, para que cumpla con las exigencias técnicas necesarias para el uso y funcionamiento. Como resultado de esto se desarrollan nuevas técnicas para el cálculo de volumen de mineral, esto trae consigo que con la aplicación de estas tecnologías sea necesaria la validación de los softwares para este trabajo, y así obtener resultados más confiables y satisfactorios.

La empresa de proyectos del níquel (Ceproníquel) realiza la validación de los softwares anualmente por un grupo de especialistas designados, que evalúan diferentes parámetros y resultados obtenidos con cada software. La validación de los softwares se realiza con el objetivo de controlar que los softwares funcionen correctamente, que el producto tenga la licencia vigente, que no exista infiltración de virus o daño de algún componente, todo esto puede ocasionar que el software trabaje con errores. La validación de los softwares es inspeccionada por la ONHG, quienes controlan que los softwares empleados tengan licencia para su aplicación.

Para la validación de los softwares Surfer 8, Cartomap 6 y AutoCAD Civil 3D 2010, se analizaron y compararon los resultados obtenidos del cálculo de volumen de mineral en el capítulo II, y se diseñó una figura geométrica regular, a partir del cual se creó un fichero de datos, para obtener el modelo digital de las superficies superior e inferior de la figura y se procede a calcular el volumen de la misma, mediante cálculo manual empleando expresiones matemáticas, y aplicando los softwares.

Una vez realizado los cálculos, se procede realizar el análisis y comparación de los resultados obtenidos del cálculo de volumen, y de la interpolación de las curvas de nivel creadas por cada uno de los softwares antes mencionados.



III.2 Creación del fichero de datos a partir de una figura geométrica regular

Para validar los softwares se creó una figura geométrica regular con sus magnitudes lineales (ancho, largo y alto), que representa a un cuerpo mineral (Ver fig.3.2), y posteriormente a partir de la figura geométrica se creó dos ficheros de datos, mediante el software AutoCAD Civil 3D (Ver fig.3.1). El primer fichero de la superficie base de la figura y el segundo de la superficie superior (Ver fig.3.2), en cada superficie se crearon 50 puntos distribuidos en 10 filas y 5 columnas a una distancia de 20m entre fila y columna.

Los números y nombres asignados a los puntos son únicos, cada punto tiene propiedades que incluyen sus coordenadas planas rectangulares X y Y, una altura geométrica referida al (n.m.m.), determinada para representar las curvas de nivel, y una descripción de los elementos.

Una vez asignada las características a los 50 puntos se procede a exportar los puntos como una base de datos en formato de texto (txt) (Ver anexo 8 y 9), para proceder al cálculo de volumen mediante los softwares.



Fig. 3.1 Creación de un fichero de datos mediante el Software AutoCAD Civil3D

III.3 Cálculo de volumen de la figura regular

III.3.1 Cálculo de volumen mediante una expresión matemática

Para obtener un resultado real y confiable se calculó el volumen de la figura mediante la expresión matemática del volumen de un ortoedro, y el resultado obtenido será la base de comparación para los volúmenes obtenidos mediante los softwares.

$$V = a.b.c; m^3$$

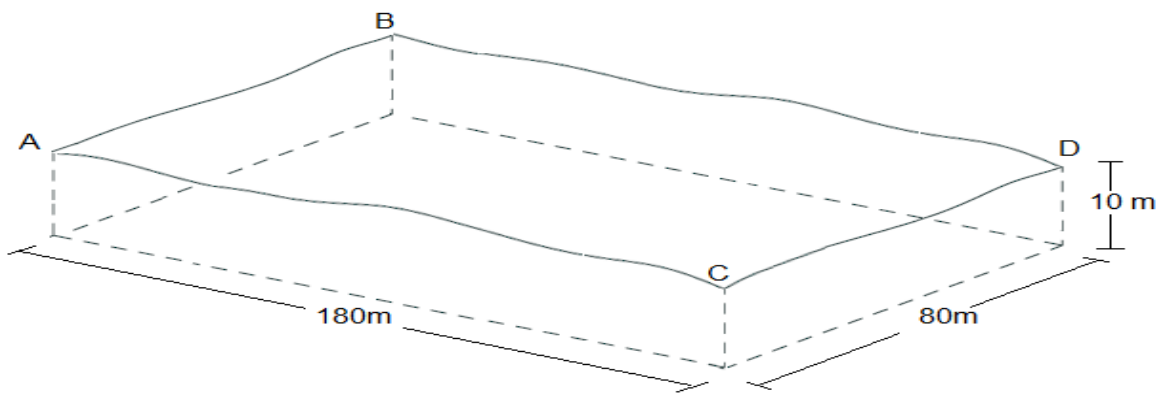


Fig. 3.2 Figura geométrica regular

Resultado obtenido mediante la expresión matemática:

$$V = 180.80.10 = 144\,000 \text{ m}^3$$

III.3.2 Cálculo de volumen mediante los softwares

Para realizar el cálculo de volumen de la figura con los software, se importó la base de datos creada con el Software AutoCAD Civil 3D y se creó el modelo digital de las dos superficies de la figura (Ver fig.3.3), posteriormente se procedió a calcular el volumen, siguiendo la metodología creada en el capítulo II.

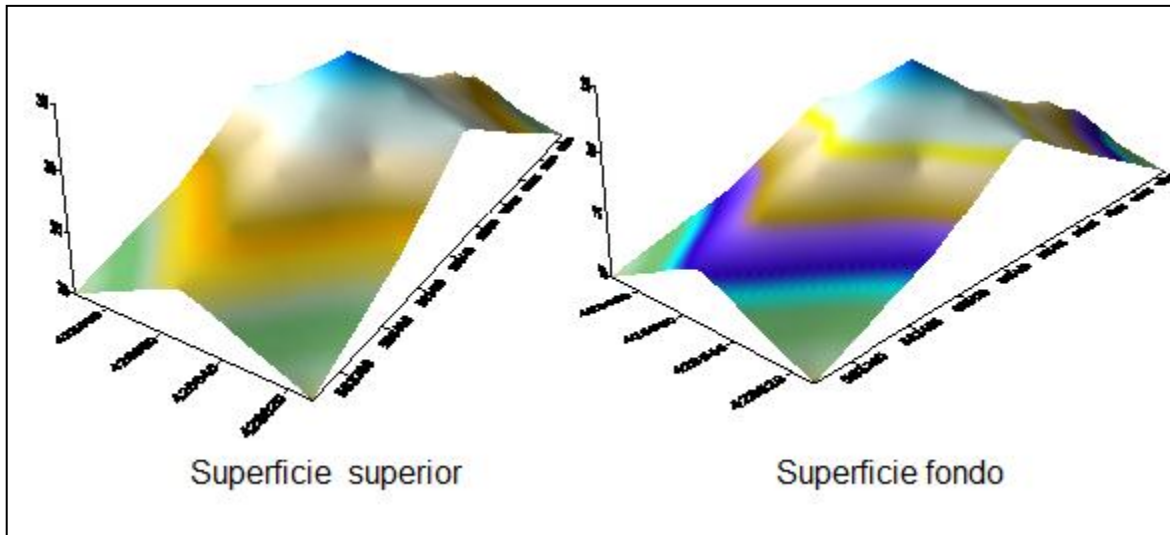


Fig. 3.3 Modelo Digital en 3D de la figura regular

1. Resultados obtenidos con el software Surfer8

Tabla 3.1 Volumen obtenido con el software Surfer8

Volumen total			
Factor escala Z	Trapezoidal Rule	Simpson's Rule	Simpson's 3/8 Rule:
1	144 000,00000125	144 000,00000125	144 000,00000125
Volumen de corte y relleno			
Volumen positivo (corte)	Volumen negativo (relleno)	Volumen neto (Corte-relleno)	
144 000,00000127	0	144 000,00000127	

2. Resultados obtenidos con el software cartmap6

Tabla 3.2 Volumen obtenido con el software Cartomap6

Nivel inicial	Nivel final	Paso normal	Paso mínimo	
Terreno real	Nivel1	10.000	1.000	
Sup. afectada	Sup. desmonte	Sup. de terraplén	Vol. Desmonte	Vol. terraplén
144 000,000	144 000,000	0,000	144 000,000	0.000

3. Resultados obtenidos con el software AutoCAD Civil 2010

Tabla 3.3 Volumen obtenido con el software AutoCAD civil 2010

Superficie			
Superficie base		Superficie de comparación	
Fondo		Superficie	
Volumen			
Desmante	Terraplén	Neto	Factor en desmante
144 000,00	0.00	144 000,00	1.000
Factor en terraplén	Desmante(ajustada)	Terraplén (ajustado)	Neto (ajustada)
1.000	144 000,00	0.00	144 000,00

III.4 Cálculo de volumen de la figura irregular (terreno real)

Como figura irregular se tomó en cuenta la base de datos obtenida del levantamiento topográfico de las dos superficies de la escombrera de la Empresa Ernesto Che Guevara (Ver fig.3.4), se procedió a crear el modelo digital del terreno (Ver fig. 3.4) y a calcular el volumen con los software Cartomap 6 y AutoCAD Civil 3D 2010, posteriormente se comparó los resultados, con el obtenido mediante cálculo manual.

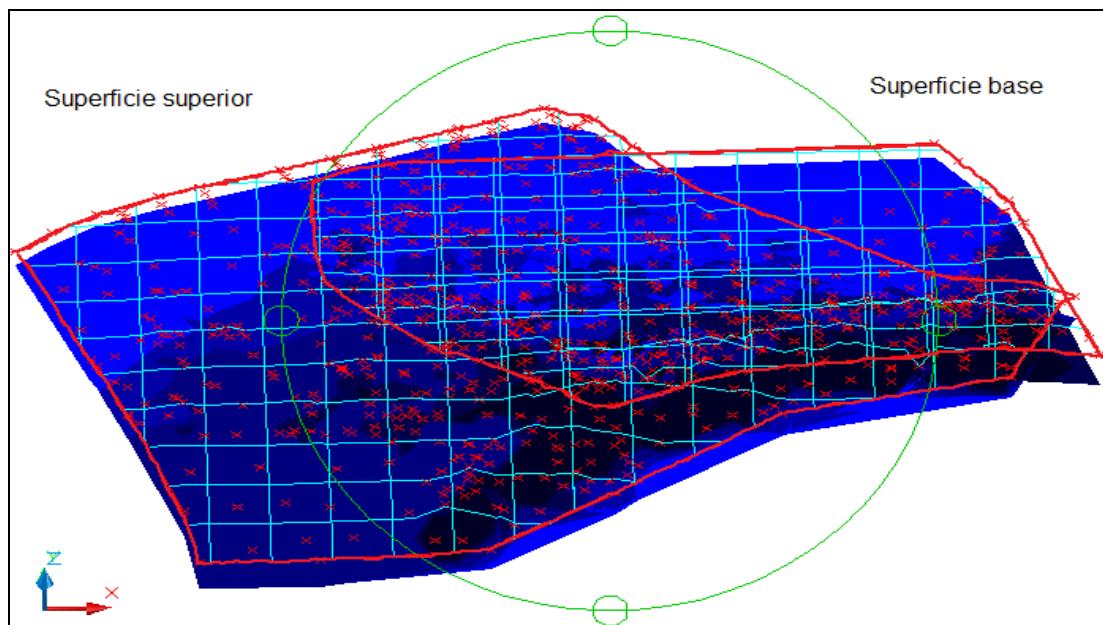


Fig. 3.4 Superficies de la figura irregular

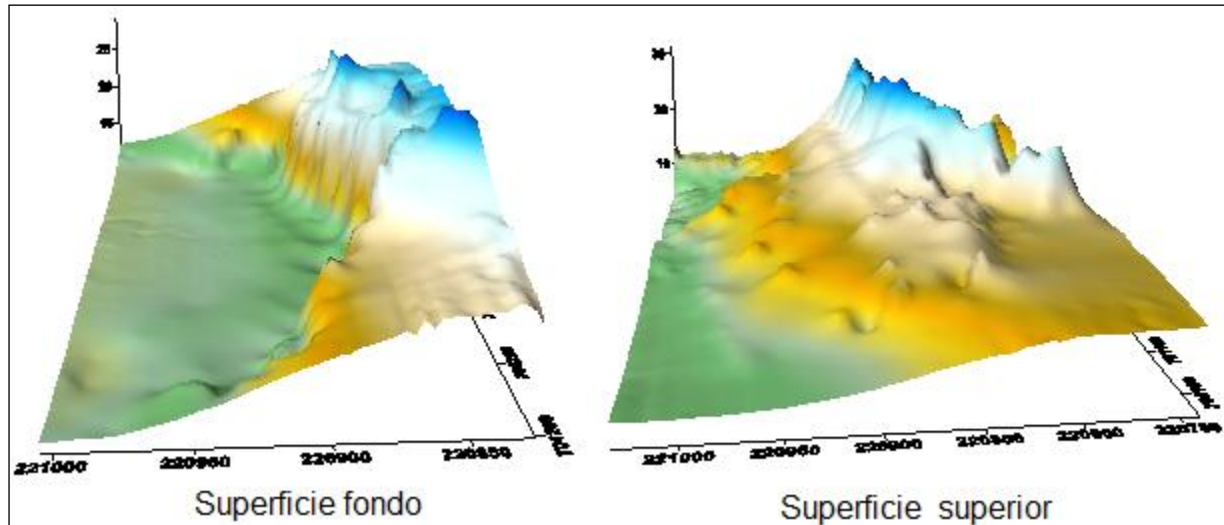


Fig. 3.5 Modelo Digital en 3D de la figura irregular (Cantera)

1. Resultados obtenidos con el software Cartmap6

Tabla 3.4 Volumen obtenido con el software Cartmap6

Nivel inicial	Nivel final	Paso normal	Paso mínimo	
Terreno real	Nivel1	10.000	1.000	
Sup. afectada	Sup. desmonte	Sup. de terraplén	Vol. Desmonte	Vol. terraplén
26 375,781	23 983,984	2 391,797	114 589,237	2 797,361

2. Resultados obtenidos con el software AutoCAD civil 2010

Tabla 3.5 Volumen obtenido con el software AutoCAD civil 2010

Superficie			
Superficie base		Superficie de comparación	
Fondo		Superficie	
Volumen			
Desmonte	Terraplén	Neto	Factor en desmonte
114 500,61	2 237,65	112 262,96	1,000
Factor en terraplén	Desmonte(ajustada)	Terraplén (ajustado)	Neto (ajustada)
1,000	114 500,61	2 237,65	112 262,96

III.5 Comparación de la interpolación de las curvas de nivel

La interpolación de las curvas de nivel creadas por cada uno de los softwares es un parámetro importante para el cálculo de volumen, ya que de ello depende la precisión de los cálculos.

Según la observación y análisis de las curvas de nivel (Ver fig. 3.6– 3.11), no existe una diferencia a considerar que pueda incidir en el resultado del cálculo de volumen.

1. Curvas de nivel creadas por Surfer8

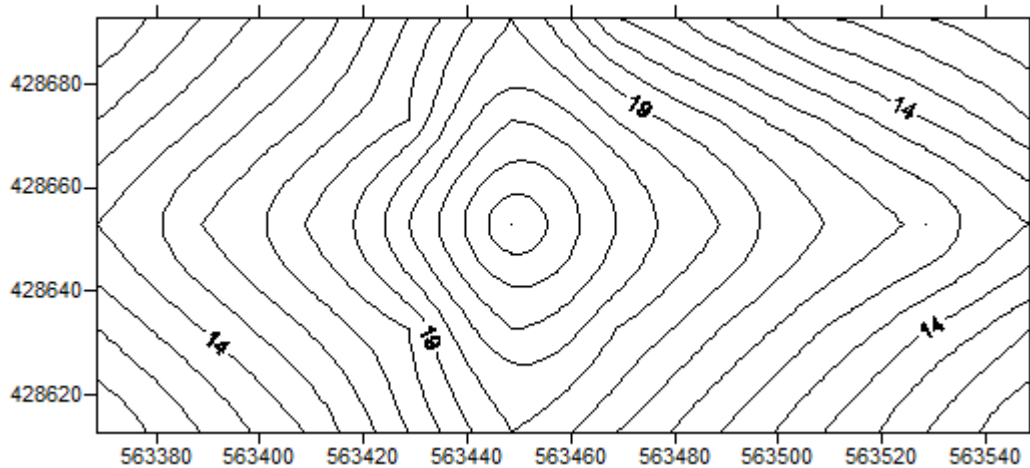


Fig. 3.6 Curvas de nivel de la superficie base de la figura geométrica regular

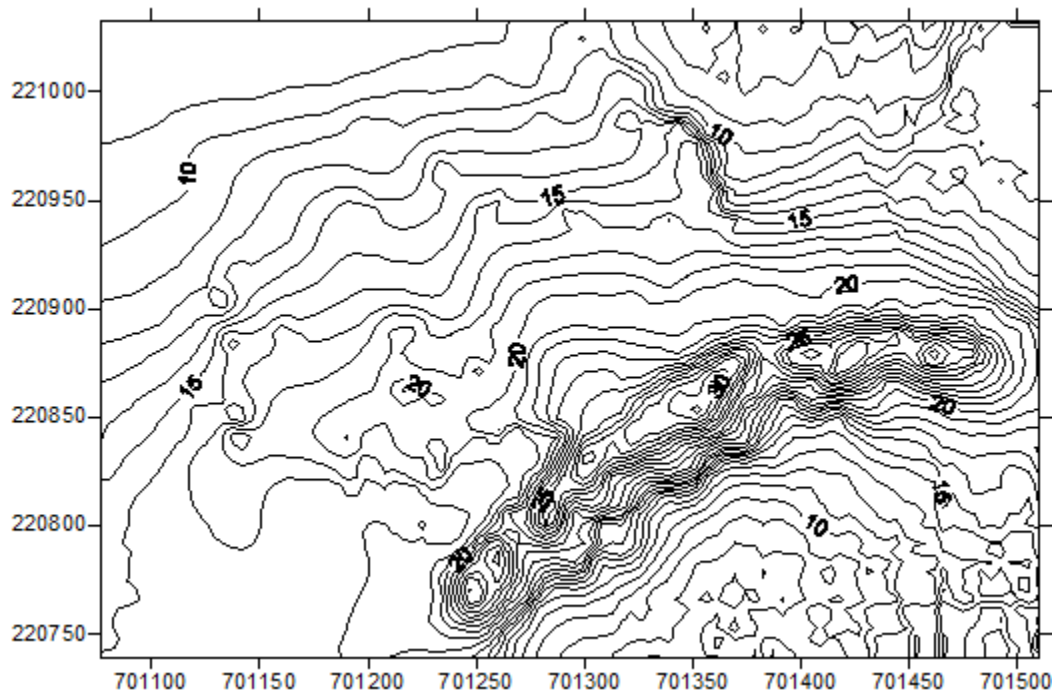


Fig. 3.7 Curvas de nivel de la superficie superior de la figura irregular

2. Curvas de nivel creadas por Cartomap6

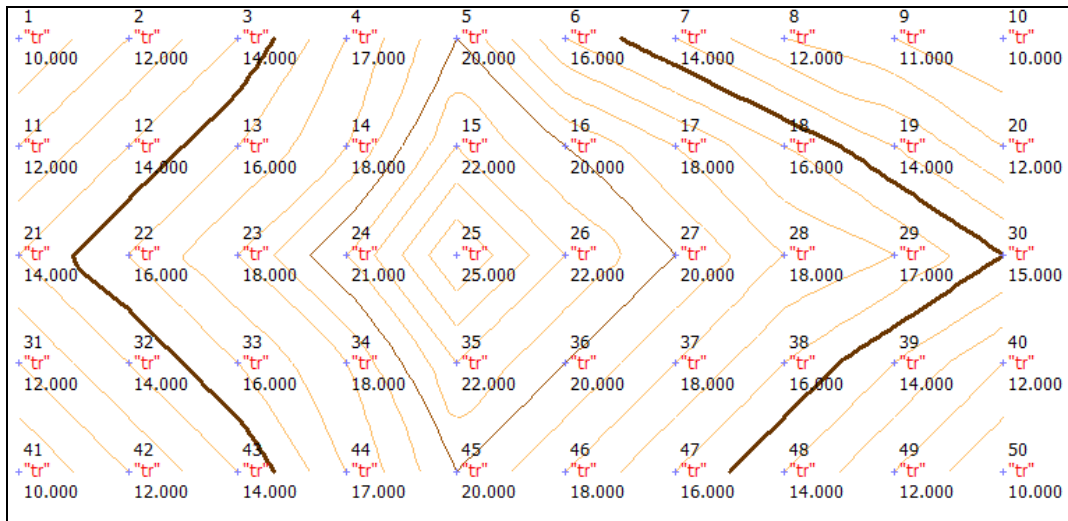


Fig.3.8 Curvas de nivel de la superficie base de la figura geométrica regular

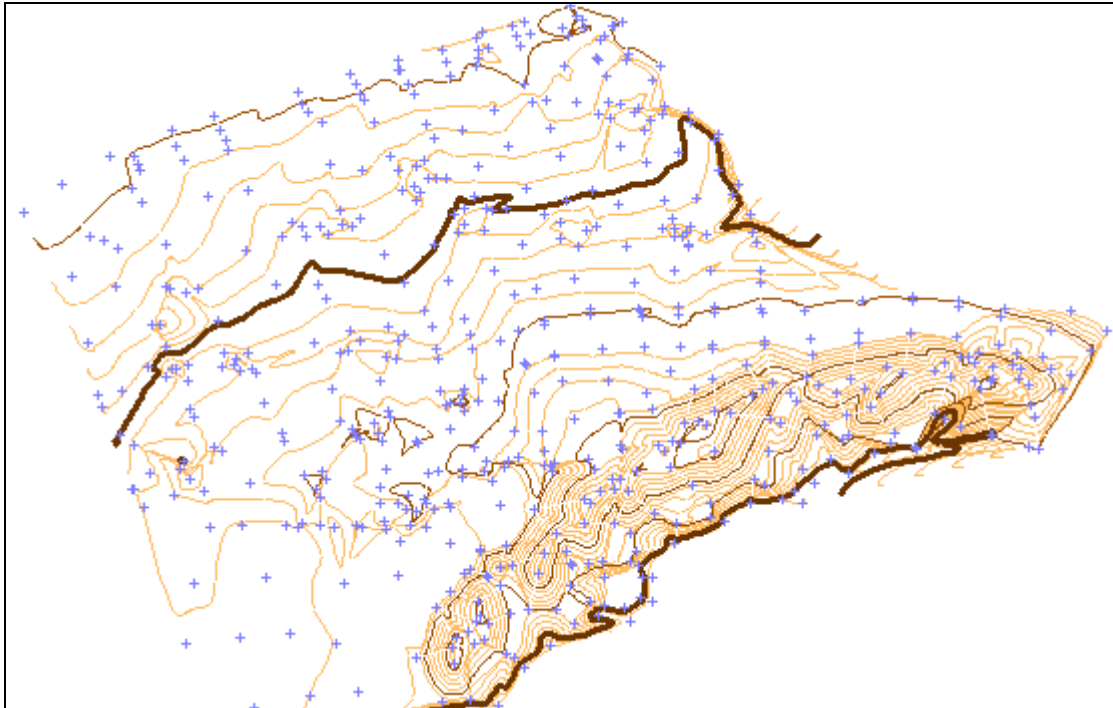


Fig.3.9 Curvas de nivel de la superficie superior de la figura irregular

3. Curvas de nivel creadas por AutoCAD civil3D

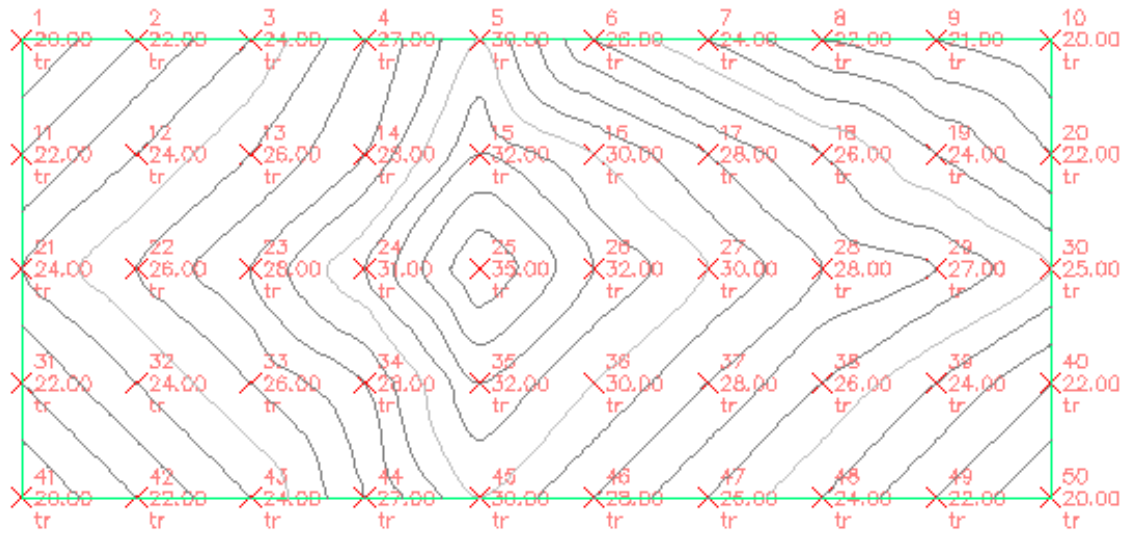


Fig.3.10 Curvas de nivel de la superficie superior de la figura geométrica regular

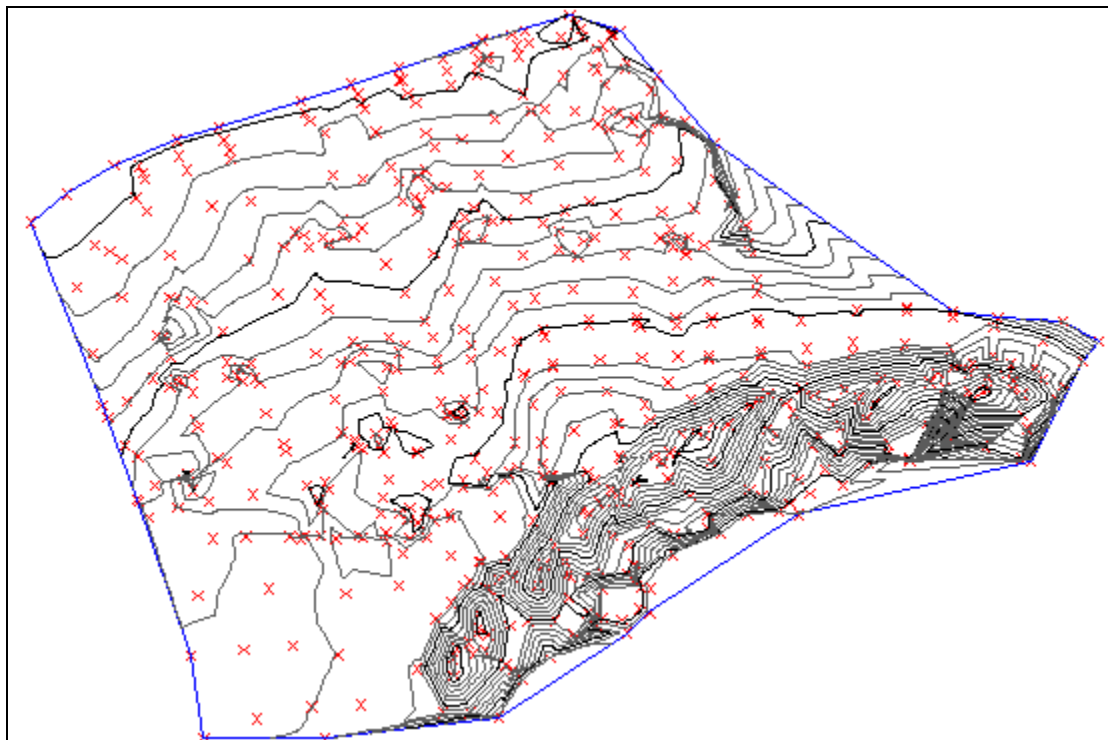


Fig.3.11 Curvas de nivel de la superficie superior de la figura irregular



III.6 Comparación de los resultados obtenidos

Una vez obtenidos los resultados del cálculo de volumen de la figura geométrica regular, con los software Surfer8, Cartomap6 y AutoCAD civil3D 2010, se comparó con el resultado real que se obtuvo mediante la expresión matemática (Ver fig. 3.12).

Los resultados obtenidos con los softwares, no varían del volumen real obtenido mediante cálculo manual, por lo tanto se comprobó que son válidos para su aplicación en el cálculo de volumen del mineral.

En el caso de la figura irregular (terreno real) se obtuvieron los resultados con los softwares Cartomap6 y AutoCAD Civil 3D 2010 (Ver fig. 3.13), en este caso no se realizó el cálculo de volumen con el software Surfer8, porque su uso para el cálculo de volumen se encuentra limitada, para las superficies de diferentes límites XY y la diferencia del tamaño de las superficies.

Los resultados obtenidos de la figura irregular varían, entre los softwares y el cálculo manual en 1% como máximo, lo cual está entre el rango aceptable de 5%.

1. Comparación de los resultados obtenidos de la figura regular

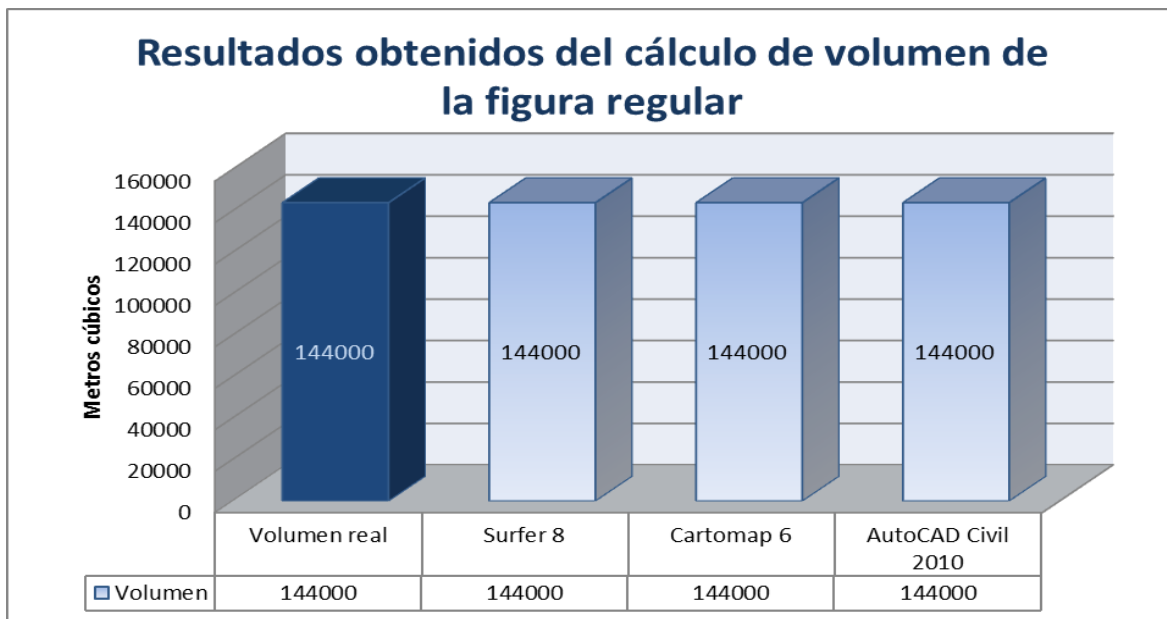


Fig. 3.12 Comparación de los volúmenes obtenidos



2. Comparación de los resultados obtenidos de la figura irregular

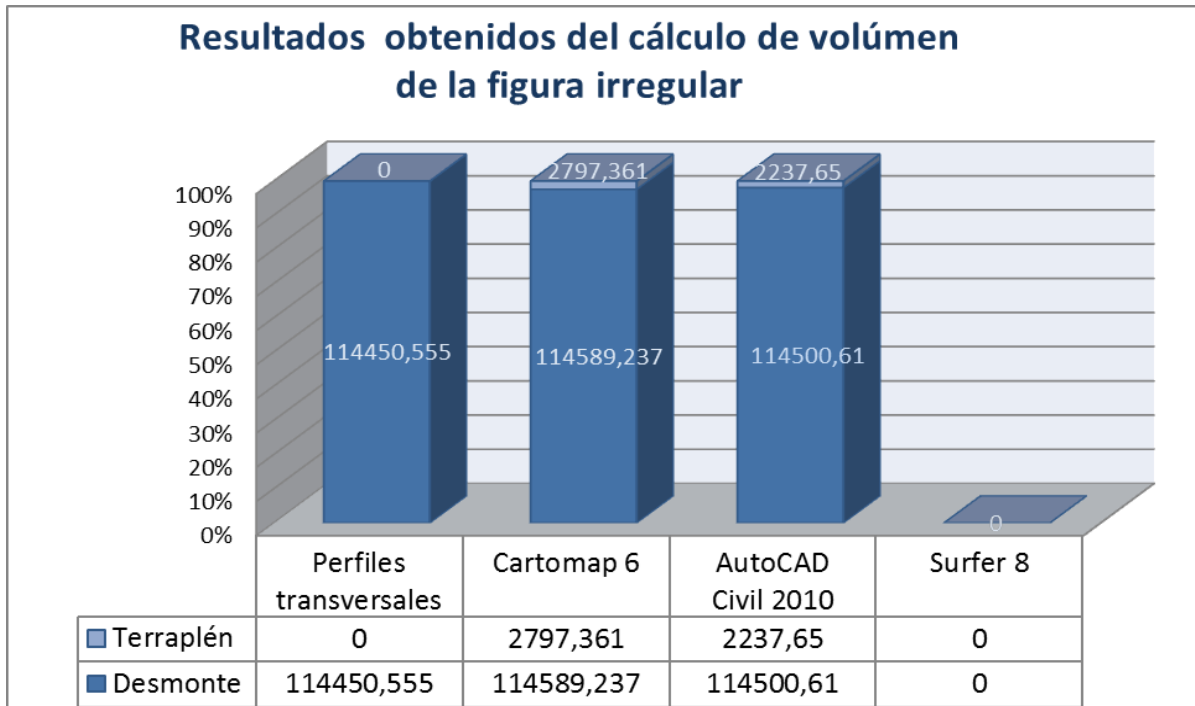


Fig. 3.13 Comparación de los volúmenes obtenidos



Conclusiones generales

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo de diploma, sobre la automatización del cálculo de volumen de mineral, nos permite extraer las siguientes conclusiones:

1. Con la automatización del cálculo de volumen del mineral se logró una mayor organización de los trabajos y mejora del proceso de cálculo, en gran manera reduciendo el tiempo de trabajo y por ende aumentando la productividad.
2. Se logró obtener un procedimiento metodológico para la automatización del cálculo de volumen de mineral extraído, lo que permitió trabajar con una mayor facilidad, rapidez y precisión, reduciendo varios errores en los cálculos.
3. El análisis realizado para la validación de los softwares permitió comprobar, que son válidos para el cálculo de volumen de mineral extraído.



Recomendaciones

De acuerdo a todo lo antes expuesto y a los resultados obtenidos recomendamos:

1. Establecer en el centro de proyectos del Níquel, la aplicación del procedimiento metodológico para el cálculo de volumen del mineral extraído.
2. Introducir este trabajo de diploma como una herramienta de trabajo en el proceso de enseñanza – aprendizaje de las asignaturas Topografía General, Topografía Minera, Geología General y Geología de minas.
3. Continuar perfeccionando este documento, a partir de los trabajos realizados y los conocimientos adquiridos, y continuar el estudio de los menús que complementan los tres software.



Referencias bibliográficas

1. **Belete Fuentes Orlando.** *Vías para el perfeccionamiento del cálculo de volumen de mineral extraído en los yacimientos lateríticos cubanos.* Tesis Doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa, 1998.
2. **Wangdi Chencho.** *Evaluación de la exactitud de los puntos de la red de apoyo creados con Estaciones Totales para calcular el volumen del mineral extraído.* Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa, 2010.
3. **Nguyen Ngoc Minh.** *Software Topo_Minh.* Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa, 2010.
4. **Sebastião Paka Nenganga Pedro.** *Proyección de Carretera por Métodos Automatizados.* Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. Ciudad de la Habana, 2006.
5. **Herrera Blanco Walkis.** *El empleo de estaciones totales en el montaje industrial.* Academia Naval Granma. Ciudad de la Habana, 2009.
6. **Belete Fuentes Orlando.** *Análisis de los errores topográficos cometidos en la determinación de los volúmenes de masa minera extraída con la utilización de los resultados del levantamiento taquimétrico.* Revista Geología y Minería. Vol. XII, N^o1, 1995, 49 p.
7. **Aguilar Torres.;** et al. *Cubicación de tierras mediante perfiles. Influencia de algunos factores como la morfología del terreno y la distancia entre perfiles.* Universidad de Almería. España, 2011. [Consultado: 2011-03-01]. Disponible en: <http://www.google.com>.
8. **Aguilar, F.;** et al. *La calidad de los modelos digitales de elevaciones con estructura de matriz regular. Análisis y modelización.* Actas del XV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Nápoles-Salerno, Italia, pp. 188, 2003.
9. **Tange Kenso.** *Topografía en obras de arquitectura. Cálculo de volúmenes: terraplenes y desmontes.* [Consultado: 2011-03-01]. Disponible en: <http://www.google.com>.



10. **Zurita, E., Herráez, E., Arias, J.L.**, *Modelado gráfico del terreno. Explanaciones*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Lugo, 1990. [Consultado: 2011-03-05]. Disponible en: <http://www.google.com>.
11. **Suárez Mena Jorge**. Informe Técnico de la validación de los software. Ceproníquel, 2011.
12. **Golden Software**. Inc. *Surfer 8 Users' guide*. Golden Software Inc. Colorado, 2002.
13. **Aneba Software**. *Manual de usuario Cartomap 6*. Aneba Software. España, 1989-2004.
14. **Copyright Autodesk. Inc.** *Manual de usuario AutoCAD Civil 2010*. Copyright Autodesk. Inc. USA, 2010.
15. **Carlson Software**. Inc. *Guía de usuario Carlson X-Port*. Copyright USA, 2000-2007.
16. **Microsoft® Encarta** 2009. Microsoft Corporation, 1993-2008.



Anexos

Anexo 1. Ubicación geográfica de las minas en la zona niquelífera

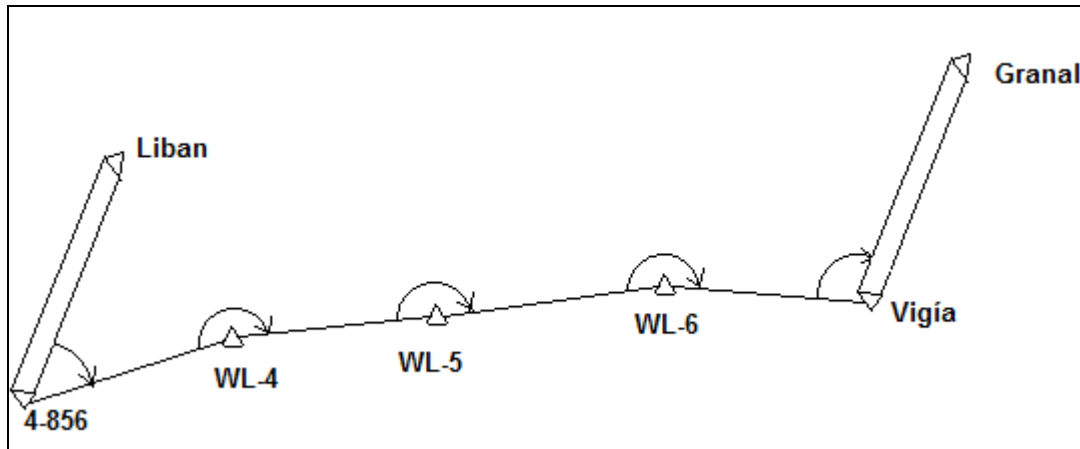


Anexo 2. Tabla de coordenadas de los puntos

Nº Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z	Categoría
Libán	703535,163	222356,170	21,856	IV Orden
4-856	703687,21	222281,57	40,3	IV Orden
Granal	697668,770	220386,310	81,35	IV Orden
Vigía	70444,19	222702,12		IV Orden
WL-4	702926,625	221868,606	12,979	Segunda categoría
WL-5	702770,34	221684,523	12,321	Segunda categoría
WL-6	702280,173	221494,5	7,886	Segunda categoría



Anexo 3. Gráfico de la poligonal



Anexo 4. Resultados del cálculo de la poligonal

Nº	Poligonal
1	Error Angular Obtenido= 00° 00' 10"
2	Error Angular Permissible= 00° 00' 20"
3	Error Lineal Total= 0. 01205m
4	Error Lineal en X= -0.00419m
5	Error Lineal en Y= 0.01129m
6	Error Lineal Relativo= 1/39647.14
7	Error Lineal Admisible= 1/10000
8	Perímetro de la Poligonal= 477.65m



Anexo 5. Relación del equipamiento y accesorios utilizados para el levantamiento

Nº	Instrumento o accesorio.
1	Estación total sokkia Set 3010 # 25249
2	Bastones de dos metros
3	Reflectantes de constante 0,30
4	Trípode de madera
5	Cinta de cinco metros
6	3 Radios de comunicación portátil (Kenwood)



Anexo 6. Fichero de datos del levantamiento de la escombrera (superficie)

# de Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z	Descripción
3	701312.044	221024.881	10.7897444	Terreno
4	701315.758	221026.093	9.52444956	Terreno
5	701313.041	221024.751	9.46706703	Terreno
6	701317.819	221010.595	12.1673362	Terreno
7	701318.589	221013.247	10.1175883	Terreno
8	701328.003	221002.359	12.4812116	Terreno
9	701330.742	221008.015	10.0557789	Terreno
10	701331.523	220988.668	14.1185417	Terreno
11	701332.999	220992.291	10.4331956	Terreno
12	701343.344	220985.686	15.3958714	Terreno
13	701342.103	220989.577	10.4191934	Terreno
14	701352.542	220978.371	16.1843719	Terreno
15	701354.225	220980.626	10.5497492	Terreno
16	701354.145	220965.626	16.4637453	Terreno
17	701359.935	220955.837	17.0508303	Terreno
18	701362.261	220960.234	10.8788523	Terreno
19	701368.069	220940.214	17.4853707	Terreno
20	701366.831	220947.694	12.2232211	Terreno
21	701371.285	220920.184	19.3104056	Terreno
22	701369.678	220936.32	15.6366543	Terreno
23	701371.028	220909.083	20.4445607	Terreno
24	701371.488	220925.19	17.6764829	Terreno
25	701373.038	220895.924	20.7536657	Terreno
26	701371.844	220907.619	20.3266489	Terreno
27	701372.88	220894.518	21.4924757	Terreno
...n				

**Anexo 7. Fichero de datos del levantamiento de la escombrera (fondo)**

# de Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z	Descripción
4	701484.475	220967.741	10.7318119	pbt
5	701482.42	220958.886	12.691277	b
6	701481.785	220960.092	10.9255588	p
7	701478.388	220942.716	14.9629254	b
8	701477.84	220952.901	11.120107	p
9	701476.607	220930.625	16.6534639	b
10	701472.764	220932.048	11.8308581	p
11	701475.609	220928.327	15.1535351	b
12	701470.467	220926.764	12.4419681	p
13	701480.185	220912.121	16.8778016	bpt
14	701464.966	220919.988	12.7127855	bpt
15	701471.915	220907.298	16.2470295	bt
16	701471.518	220912.316	13.9797219	p
17	701471.848	220902.436	17.1126557	p
18	701470.726	220908.463	13.9326029	p
19	701465.202	220897.163	17.1021368	p
20	701465.975	220908.113	14.075459	tr
21	701458.02	220896.797	16.053806	b
22	701467.672	220900.977	12.9958931	b
23	701462.55	220898.375	13.1681538	p
24	701457.892	220898.912	12.9289095	p
25	701483.774	220895.74	20.5322242	b
26	701454.016	220902.641	12.674312	b
27	701478.195	220879.294	22.3896507	b
28	701460.318	220904.207	12.3903995	p
29	701465.063	220884.491	21.1861001	b
...n				



Anexo 8. Base de datos de la figura geométrica creada (superficie)

#Pto.	X	Y	z	Desc.	#Pto.	X	Y	Z	Desc.
1	563368.6575	428692.9008	20	tr	26	563468.6575	428652.9008	32	tr
2	563388.6575	428692.9008	22	tr	27	563488.6575	428652.9008	30	tr
3	563408.6575	428692.9008	24	tr	28	563508.6575	428652.9008	28	tr
4	563428.6575	428692.9008	27	tr	29	563528.6575	428652.9008	27	tr
5	563448.6575	428692.9008	30	tr	30	563548.6575	428652.9008	25	tr
6	563468.6575	428692.9008	26	tr	31	563368.6575	428632.9008	22	tr
7	563488.6575	428692.9008	24	tr	32	563388.6575	428632.9008	24	tr
8	563508.6575	428692.9008	22	tr	33	563408.6575	428632.9008	26	tr
9	563528.6575	428692.9008	21	tr	34	563428.6575	428632.9008	28	tr
10	563548.6575	428692.9008	20	tr	35	563448.6575	428632.9008	32	tr
11	563368.6575	428672.9008	22	tr	36	563468.6575	428632.9008	30	tr
12	563388.6575	428672.9008	24	tr	37	563488.6575	428632.9008	28	tr
13	563408.6575	428672.9008	26	tr	38	563508.6575	428632.9008	26	tr
14	563428.6575	428672.9008	28	tr	39	563528.6575	428632.9008	24	tr
15	563448.6575	428672.9008	32	tr	40	563548.6575	428632.9008	22	tr
16	563468.6575	428672.9008	30	tr	41	563368.6575	428612.9008	20	tr
17	563488.6575	428672.9008	28	tr	42	563388.6575	428612.9008	22	tr
18	563508.6575	428672.9008	26	tr	43	563408.6575	428612.9008	24	tr
19	563528.6575	428672.9008	24	tr	44	563428.6575	428612.9008	27	tr
20	563548.6575	428672.9008	22	tr	45	563448.6575	428612.9008	30	tr
21	563368.6575	428652.9008	24	tr	46	563468.6575	428612.9008	28	tr
22	563388.6575	428652.9008	26	tr	47	563488.6575	428612.9008	26	tr
23	563408.6575	428652.9008	28	tr	48	563508.6575	428612.9008	24	tr
24	563428.6575	428652.9008	31	tr	49	563528.6575	428612.9008	22	tr
25	563448.6575	428652.9008	35	tr	50	563548.6575	428612.9008	20	tr

**Anexo 9. Base de datos de la figura geométrica creada (fondo)**

#Pto.	X	Y	Z	Desc.	#Pto.	X	Y	Z	Desc.
1	563368.6575	428692.9008	10	tr	26	563468.6575	428652.9008	22	tr
2	563388.6575	428692.9008	12	tr	27	563488.6575	428652.9008	20	tr
3	563408.6575	428692.9008	14	tr	28	563508.6575	428652.9008	18	tr
4	563428.6575	428692.9008	17	tr	29	563528.6575	428652.9008	17	tr
5	563448.6575	428692.9008	20	tr	30	563548.6575	428652.9008	15	tr
6	563468.6575	428692.9008	16	tr	31	563368.6575	428632.9008	12	tr
7	563488.6575	428692.9008	14	tr	32	563388.6575	428632.9008	14	tr
8	563508.6575	428692.9008	12	tr	33	563408.6575	428632.9008	16	tr
9	563528.6575	428692.9008	11	tr	34	563428.6575	428632.9008	18	tr
10	563548.6575	428692.9008	10	tr	35	563448.6575	428632.9008	22	tr
11	563368.6575	428672.9008	12	tr	36	563468.6575	428632.9008	20	tr
12	563388.6575	428672.9008	14	tr	37	563488.6575	428632.9008	18	tr
13	563408.6575	428672.9008	16	tr	38	563508.6575	428632.9008	16	tr
14	563428.6575	428672.9008	18	tr	39	563528.6575	428632.9008	14	tr
15	563448.6575	428672.9008	22	tr	40	563548.6575	428632.9008	12	tr
16	563468.6575	428672.9008	20	tr	41	563368.6575	428612.9008	10	tr
17	563488.6575	428672.9008	18	tr	42	563388.6575	428612.9008	12	tr
18	563508.6575	428672.9008	16	tr	43	563408.6575	428612.9008	14	tr
19	563528.6575	428672.9008	14	tr	44	563428.6575	428612.9008	17	tr
20	563548.6575	428672.9008	12	tr	45	563448.6575	428612.9008	20	tr
21	563368.6575	428652.9008	14	tr	46	563468.6575	428612.9008	18	tr
22	563388.6575	428652.9008	16	tr	47	563488.6575	428612.9008	16	tr
23	563408.6575	428652.9008	18	tr	48	563508.6575	428612.9008	14	tr
24	563428.6575	428652.9008	21	tr	49	563528.6575	428612.9008	12	tr
25	563448.6575	428652.9008	25	tr	50	563548.6575	428612.9008	10	tr