REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
FACULTAD: GEOLOGÍA- MINERÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS.

Título: Orientación de excavaciones subterráneas asistida por MATLAB.

Diplomantes:

- Hector Sánchez Montero.
- Yoenni Romero Cuenca.

Tutores:

- Ms.C. Idania Acela Aguilera Fernández.
- Ing. Luis Delfín Rojas Purón.

Curso: 2005 – 2006

"Año de la Revolución Energética en Cuba"

Moa 2006.

REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
FACULTAD: GEOLOGÍA- MINERÍA

Trabajo de Diploma

EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS.

Título: Orientación de excavaciones subterráneas asistida por MATLAB.

Diplomantes:

1. Hector Sánchez Montero. _____
2. Yoenni Romero Cuenca. _____

Tutores:

1. Ms.C. Idania Acela Aguilera Fernández. _____
2. Ing. Luis Delfín Rojas Purón. _____

INDICE

Introducción…… 1
Capítulo I. Generalidades para la informatización de las tareas topográficas…….. 5
1.1 Introducción…… 5
1.2 Estudios Precedentes…….... 5
1.2.1 Generalidades de los Softwares de la Topografía…… 5
1.2.2 Softwares para el cálculo de poligonales…… 10
1.3 Aspectos sobre MATLAB…….. 18
1.3.1 El programa MATLAB…… 18
1.3.2 Uso del Help…… 22
1.3.3 El entorno de trabajo de MATLAB……... 26
1.3.4 Operaciones con matrices y vectores…….... 26
1.3.5 Definición de matrices desde teclado…….. 27
1.3.6 Operaciones con matrices…… 30
1.3.7 Realización de gráficos…….. 33
1.3.7.1 Plotear en 2-D…….. 33
1.3.7.2 Plotear en 3-D…….. 33
1.3.8 Visualización de volúmenes…….. 35
1.3.9 Topografía de la Tierra……... 36
1.3.10 Mapeo a diferentes proyecciones…….. 39
1.3.10.1 Comparación de proyecciones de mapas……..... 39
1.4 Conclusiones…….. 40
Capítulo II. Aspectos metodológicos de la asignatura…… 41
2.1 Fundamentos de la asignatura…… 41
2.2 Caracterización de la asignatura……..... 41
2.3 Enriquecimiento del diseño curricular……..... 44
2.4 Formas organizativas y P-1…….. 46
2.5 Conclusiones…….. 46
Capítulo III. Diseño del Software…… 47
3.1 Introducción…… 47
3.2 Líneas Generales del Software…….. 47
3.2.1 Generalidades del Software…….. 47
3.2.2 Enlace de las plomadas por el Método de los Triángulos…… 49
3.2.3 Enlace de las plomadas por el Método de los Cuadriláteros……... 52
3.2.4 Generalidades de las poligonales…… 54

3.2.4.1 Cálculo de las Poligonales Cerradas de Enlace..... 56
3.2.4.2 Cálculo de las Poligonales Cerradas de Rodeo..... 58
3.2.5 Validación del Software..... 60
3.3 Orientación Subterránea mediante un pozo vertical..... 61
3.3.1 Enlace de las plomadas por el Método de los Triángulos..... 61
3.3.1.1 Ejemplo de cálculo mediante el Método de los Triángulos..... 66
3.3.2 Enlace de las plomadas por el Método de los Cuadriláteros..... 73
3.4 Cálculo mediante una poligonal cerrada de enlace..... 77
3.4.1 Metodología de cálculo de una poligonal cerrada de enlace..... 77
3.4.2 Cálculo y compensación de una poligonal cerrada de enlace..... 82
3.5 Cálculo mediante una poligonal cerrada de rodeo..... 88
3.5.1 Metodología de cálculo de una poligonal cerrada de rodeo..... 88
3.5.2 Cálculo y compensación de una poligonal cerrada de rodeo..... 92
3.6 Conclusiones..... 97
Conclusiones..... 98
Recomendaciones..... 99
Bibliografía..... 100
Anexos

RESUMEN

El trabajo ofrece respuesta a la problemática de resolver el gran volumen de cálculo que genera la impartición de las asignaturas afines con la Topografía que se imparten en el Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería en Minas.

Durante las labores mineras en las excavaciones subterráneas es necesario contar con un sistema de coordenadas referidas al sistema de la superficie, para lo cual existen distintos métodos. En este trabajo de Diploma se diseña un software que resuelve de forma automatizada este problema.

El software consta de la transmisión de las coordenadas al subterráneo mediante el método de los triángulos y el método de los cuadriláteros, una vez que hemos dado coordenadas al primer punto de la poligonal subterránea y acimut al primer lado en el sistema de la superficie, se realiza de forma automatizada el cálculo de la planimetría en la poligonal subterránea. Se resuelven poligonales cerradas de rodeo y de enlace.

ABSTRACT

The work offers answer to the problem of solving the great calculation volume that generates the impartición of the subjects you tune with the Topography that are imparted in the Plan of Study of the career of Engineering in Mines.

During the mining works in the underground excavations is necessary to have a system of coordinates referred to the system of the surface, for that which different methods exist. In this work of Diploma software is designed that solves in an automated way this problem.

The software consists of the transmission from the coordinates to the underground by means of the method of the triangles and the method of the quadrilaterals, once we have given coordinated to the underground first point of the polygonal one and azimuth to the first side in the system of the surface is carried out in an automated way the calculation of the mapping in the polygonal one underground. They are solved polygonal closed of rodeo and of connection.

Introducción

El origen de la topografía procede del griego “topo” que quiere decir lugar y “grafos” que quiere decir dibujo.

Sus principales objetivos son determinar, dividir y representar los detalles ya sean naturales o creados por la mano del hombre, combinando las medidas según los elementos del espacio que son: elevación, distancia y dirección.

La Topografía Minera es una rama de la minería dedicada generalmente a las mediciones en el espacio laboreado, a fin de obtener materiales gráficos indispensables en la explotación de los yacimientos de minerales útiles.
Los trabajos de Topografía Minera se efectúan durante todo el período de trabajo de una unidad minera.
Durante la explotación de los yacimientos, marcamos directamente en el terreno, mediante los métodos de la Topografía Minera, los lugares de los trabajos de exploración iniciales (taladros, pozos de exploración, zanjas, etcétera). Efectuamos posteriormente el levantamiento de los puntos y los dibujamos en los planos.
A medida que realicemos los trabajos de exploración, registramos la posición de los lugares de donde sacamos las muestras y medimos los elementos de la posición de los minerales y rocas que le acompañen.
Después de elaborar, generalizar y analizar los levantamientos geológicos, confeccionamos los llamados gráficos de geometría minera que dan la idea de la posición espacial del mineral en la corteza de la tierra, así como sus características cuantitativas y cualitativas. Posteriormente, la decisión de si es razonable explotar el mineral, depende de dichos gráficos. Al decidirse positivamente la alternativa, los gráficos mencionados sirven de base para la confección de los planos de la unidad minera, teniendo en cuenta: la selección de los lugares para excavaciones de apertura, la selección y fundamentos del método de explotación, la distribución de las construcciones en la superficie y exploraciones en la mina, etcétera.
Durante la construcción de las minas mediante los métodos de la Topografía Minera, trazamos los ejes del pozo y efectuamos el enlace de todas las

construcciones sobre la superficie y bajo mina a los ejes mencionados. Debemos prestar particular atención al enlace de todo el complejo de construcción bajo mina: el de la máquina de ascenso, poleas directrices, fortificaciones del pozo, etcétera.
A las excavaciones subterráneas, se les da la dirección; controlamos su laboreo procurando que las medidas y las fortificaciones correspondan al proyecto. Los métodos de la Topografía Subterránea permiten también calcular el volumen del trabajo realizado en ciertos lapsos de tiempo.
En el proceso de explotación de una unidad minera, los métodos de Topografía Minera los utilizamos para obtener los datos necesarios para efectuar una explotación racional del yacimiento. Del modo en que estén organizadas las labores de topografía dependen no solo la seguridad del trabajo, sino también, un ritmo planificado de extracción del mineral.

A fin de conocer la posición de las excavaciones subterráneas respecto a las construcciones de la superficie, y saber realizar distintos tipos de excavaciones bajo la superficie y entre minas vecinas, es necesario que los planos de la superficie y excavaciones subterráneas se confeccionen en un sistema único de coordenadas.
La coordinación de los levantamientos subterráneos con los de la superficie la conseguimos con la ayuda de un tipo específico de trabajo topográfico llamado levantamiento de enlace u orientación. Por lo anteriormente expuesto llegamos a la conclusión de que en la actualidad la Topografía Minera es una rama de la ciencia y la técnica, cuya tarea principal es efectuar levantamientos, dibujar objetos de la superficie y de las excavaciones mineras en los planos utilizando también los datos obtenidos de los levantamientos, mediciones y observaciones para resolver distintas tareas geométricas que se nos presentan en el transcurso de las exploraciones, confección de proyectos, construcción y explotación de las unidades mineras, etcétera.
Los trabajos de Topografía Minera tienen mucho en común con los de Geodesia. Pero la mayoría de los problemas de la Topografía Minera los resolvemos valiéndonos de los datos de la exploración minera y geológica. Es por eso que la Topografía Minera está estrechamente unida con la minería y la geología.

La matemática y la física se aplican también en la Topografía Minera deduciendo de aquí que esta es una ciencia aplicada de precisión.
Entre los trabajos de Topografía Minera encontramos los siguientes:

1. Orientaciones y enlaces.
2. Levantamientos horizontales de excavaciones subterráneas.
3. Levantamientos verticales de excavaciones subterráneas.
4. Levantamientos de excavaciones de arranque y de cortes.
5. Orientación de excavaciones mineras que se deben realizar.

En el presente trabajo se analiza la forma en que se imparten actualmente las asignaturas relacionadas con la Topografía dentro del Plan de Estudio C de la carrera Ingeniería de Minas. De este análisis se deduce el siguiente problema:

Problema: La necesidad de una mayor vinculación de la asignatura Topografía Minera y otras afines con las nuevas tecnologías lográndose de esta forma resolver con mayor rapidez el gran volumen de cálculos que requiere el Proceso Enseñanza-Aprendizaje de la misma.

Hipótesis: El diseño de un software para el cálculo de poligonales y la orientación subterránea de las excavaciones mineras, facilitará la asimilación de estos conocimientos tanto para su enseñanza de pregrado como de postgrado en la carrera Ingeniería de Minas.

Objetivos Generales:

1. Integrar las asignaturas afines a la topografía con el uso de los medios informáticos.
2. Dotar al estudiante de Ingeniería en Minas de medios informáticos que permiten facilitar la solución de los problemas relacionados con la topografía.

Objetivos Específicos:

1. Conocer las bondades de la programación en Matlab para resolver problemas de la especialidad Explotación de Yacimientos Minerales.

2. Conocer la existencia y disponibilidad de otros Softwares que resuelvan el problema existente.

Diseñar un software que pueda ser usado en la docencia de pregrado y postgrado de la carrera Ingeniería de Minas.

Capítulo I: Generalidades para la informatización de las tareas topográficas.

1.1 Introducción.

Con la introducción y la propagación de los procedimientos topográficos soportados por satélite que han tenido lugar a partir de la década de los 70s, se produjo un cambio de usuario, pasando del observador al operario. El topógrafo ya no mide mediante telescopio y lectura del limbo, sino que maneja un instrumento de medición. Con el aprovechamiento de las tecnologías modernas de procesamiento de imágenes, mientras tanto también las estaciones totales son capaces de realizar la localización y la medición automáticamente y sin intervención del usuario. Además de la precisión constante y reproducible de la medición, el usuario ya no tiene que realizar las tareas de medición en sí, pudiendo concentrarse en el registro y el procesamiento de informaciones adicionales. La consecuencia no sólo es el incremento de la productividad, sino también la posibilidad de automatizar completamente los procesos complejos, recurrentes de la medición.

1.2 Estudios Precedentes.

1.2.1 Generalidades de los Softwares de la Topografía.

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 y entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

AUTODESK AUTOCAD MAP 3D (2CD'S) 2005 Aporta su productividad 2D y funcionalidad 3D para crear, mantener, analizar y compartir datos para el diseño.

AUTODESK AUTOCAD RASTER DESIGN 2005 Usado para editar, modificar, analizar y mejorar datos con el fin de poder integrar el trabajo con mapas,

documentos escaneados y dibujos en papel, imágenes de satélite y fotos aéreas.

AUTODESK CIVIL DESIGN 2005 Herramienta que automatiza todas las tareas de Ingeniería civil y mejora la colaboración en proyectos, ya sean hidrológicos o hidráulicos, de Ingeniería de transportes u ordenación del territorio.

AUTODESK CIVIL SURVEY 2005 Permite enviar o recibir datos topográficos con una amplia gama de recopiladores de datos, instrumentos topográficos y receptores GPS estándar. Tras ello podrá analizar y ajustar las observaciones topográficas de forma rápida y exacta, así como importar puntos y figuras topográficas al dibujo automáticamente.

AUTODESK LAND DESKTOP (2 cd's) 2005 Ofrece a urbanistas, ingenieros y topógrafos una solución integrada para infraestructuras que aumenta la rentabilidad y fomenta la colaboración en todas las fases de urbanismo.

BENTLEY DESCARTES 8.00.03.06 Diseñado para producción de cartografía y visualización, Bentley Descartes es usado mundialmente por Ingenieros y proyectistas en muchas disciplinas, como la Ingeniería civil, Diseño de planta, cartografía y Diseño arquitectónico.

CARTOMAP 3 MODULOS 4.30 Para cálculo topográfico, modelo del terreno y curvas de nivel, cálculo de volumen y cubicaciones, rasantes, replanteo, etc.

CLIP 1.12 Para el diseño de carreteras, autopistas, vías, canales, ferrocarriles, etc.

ERDAS IMAGINE 8.7 (6 cd's) Captura eventos, lugares para estudiar los cambios de la Tierra.

FLAC3D V2.0 Avanzada modelación representación tridimensional, para análisis geotécnicos de rocas, tierra y apoyo estructural.

GOLDEN SOFTWARE DIDGER V3.04 Transporta líneas, puntos, áreas de mapas, gráficos y fotografías y las transporta para ser examinadas por raster o surfer.

GOLDEN SOFTWARE SURFER V8.02 Contorneado, Superficies 3D, Vector, Mapas, Sombreado, etc.

INTERGRAPH GEOMEDIA PROFESSIONAL V5 Permite traer información de las bases de datos en ambiente de los GIS. No requiere conversión de archivos ya que recibe todos los datos por mas anticuados que sean sin error desde la fuente. Las herramientas de composición de diseño de GeoMedia dan la flexibilidad para diseñar los mapas.

ISTRAM 5.03 y ISTRAM ISPOL 7.0 Cartografía, obras lineales, modelado, etc.

MAP OBJECTS 2.0 b4 Diseña plataformas especializadas, cruzadas y trazado.

MAPINFO PROFESSIONAL 7.5 Detallado análisis de datos con bajos costos y eficacia.

MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT) 4.0 Formas tridimensionales de la superficies terrestres, soluciones de topografía y civil en Autocad.

PCI GEOMATICA (3 CD'S) V9.1 Software excelente para GIS, Fotogrametría, Cartografía y herramientas de desarrollo. Esto se ofrece en un ambiente integrado, generando menos errores y una productividad mayor. Brinda una solución avanzada para automatizar sus GIS y Fotogrametría.

SOCET SET V5.0.0 Software cartográfico y fotométrico, con herramientas de Geo-Posición.

SOFTDESK SURVEY 2.0 Transmisión de datos, instrumentos de estudio y receptores.

TOPOGRAPH 98 SEGUNDA EDICION Solución completa en los procesos de compilar datos topográficos y geográficos en el campo, de procesamiento, de almacenamiento y de disponibilidad de estos datos para todas las etapas de los trabajos de construcción y mapeo, pasando por la transferencia de los datos del campo a la oficina.

Surfer 8 Fabricado por Golden Software.
Características de la versión:
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 hasta 109 filas y columnas, dependiendo de la memoria disponible.
- Nuevos Métodos de rejilla.
- Nuevos modelos de Variogramas.

Plataformas soportadas:
Surfer 8 está disponible para Microsoft Windows 95, 98, NT 4.

TopoEVN fácil
Es un sistema profesional para los cálculos, los dibujos y los proyectos topográficos desarrollado sobre todo para los profesionales y compañías que ejecutan o realizan los servicios de topografía. Realiza la automatización y procesamiento de datos de campo, diseños, proyectos, memorias descriptivas y resultados. Genera diseños y proyectos en el formato. "DWG".

MDT v4.0 Profesional
La versión profesional está diseñada para asistir al usuario en todas las fases de realización de un proyecto en el ámbito de la Topografía. Sus principales

usuarios son administraciones públicas, empresas constructoras, estudios de ingeniería y empresas dedicadas a movimientos de tierra, explotaciones de canteras, minería, oceanografía, medio ambiente, etc.

Topko

Es un software para la gestión de los proyectos topográficos que ofrece unas avanzadas herramientas para el levantamiento topográfico, catastral y para el modelo tridimensional del terreno. Permite la ejecución de complejos cálculos topográficos y la restitución de los puntos topográficos; es posible crear perfiles longitudinales y secciones transversales, crear modelos numéricos del terreno y calcular los movimientos de materiales.

TCP

En entorno AUTOCAD para Topografía, Construcción e Ingeniería Civil**.** TCP es un programa diseñado para asistir al usuario en todas las fases de realización de un proyecto en el ámbito de la Topografía. Sus principales usuarios son administraciones públicas, empresas constructoras, estudios de ingeniería y compañías dedicadas a movimientos de tierra, explotaciones de canteras, minería, medio ambiente, etc. Es compatible con AutoCAD 11, 12 y 13 (DOS y Windows), en castellano e inglés. La elección entre las versiones estándar y profesional permiten adaptarse a las necesidades, en precio y prestaciones, de cualquier usuario.

1.2.2 Softwares para el cálculo de poligonales.

CARTOMAP 5 y 5.5 para Microsoft Windows 98, 2000 y XP.

El Software CARTOMAP 5 (ver anexo #1) 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, saneos, etc.

La versión CARTOMAP 5.5 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.

Pocket CARTOMAP 5.5

Pocket CARTOMAP es el mejor asistente en campo, independiente del tipo de instrumento (estación total -manual, motorizada o robotizada-, GPS, distanciómetro, ecosonda,...), y del fabricante (Leica, Pentax, Sokkia, Topcon, Trimble -Geodimeter, Nikon, Zeiss-). Además funciona sobre una gama muy amplia de **Pocket PC** que disponen de accesorios de todo tipo.

En campo podrá hacer todo tipo de mediciones y las verá gráficamente, pero además puede calcular el modelo digital del terreno en tiempo real, ver el curvado resultante, obtener perfiles longitudinales y transversales sobre cualquier eje, cubicar por comparación a otro modelo digital del terreno, y si está trabajando con un proyecto de CARTOMAP, podrá visualizar la rasante, incluso desplazada, y las secciones tipo con sus diferentes paquetes de firme.

El CAD 3D incorporado incluye todo lo que espera de un sistema de dibujo, que puede ser automatizado mediante la codificación de los puntos, y que incluye hasta definición de enlaces para resolver problemas de trazado en el acto.

El replanteo se hace de cualquier punto existente, arbitrario o seleccionado desde el CAD. Se dispone de replanteo interactivo de cabezas y pies de talud adaptándose al terreno real. Los datos replanteados se guardan para posteriores controles de calidad.

La utilización conjunta de **CARTOMAP** y **Pocket CARTOMAP** supone un incremento de productividad y calidad con una inversión muy ajustada. La rentabilidad es rápida y segura.

Cálculos Topográficos TopCal21

TopCal 21(ver anexo #2) 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.

TopCal 21 dispone de las herramientas siguientes:

- Cálculo de triangulaciones.
- Intersecciones directas.
- Intersecciones inversas.
- Poligonales.
- Radiaciones.
- Cálculo de superficies.
- Generación de dibujos con los puntos.
- Transformación de coordenadas en diferentes sistemas.
- Generación de reseñas.
- Cálculo de perfiles longitudinales y transversales.
- Cálculo de volúmenes.
- Cálculo de desmontes y terraplenes.
- Compensación por Mínimos Cuadrados de Redes topográficas
- Reconstrucción automática del croquis a partir de la codificación tomada en campo.

Topoligonar versión 3.0 - Cálculos topográficos

Autor :	David Esquinas
Tamaño :	731 k
S/O :	Windows 98/ME/2000
Licencia :	Software Libre
Código Fuente :	Abierto

Formato :	zip
Versión :	3.0.2
Actualizado :	03/06/2005

Topoligonar (ver anexo #3) es una herramienta para la realización de cálculos topográficos, aunque puede utilizarse en cualquier campo de la topografía. Está especialmente enfocada a la topografía de líneas eléctricas.

Sus principales características son la realización de cálculo de itinerarios, de radiaciones, taquimétricos, bisecciones y levantamiento de conductores eléctricos aéreos.

TopoLGCAD versión 2.0 - módulo topográfico para AutoCAD

Autor :	David Esquinas
Tamaño :	608 k
S/O :	Windows 98/ME/2000/XP
Licencia :	Software Libre
Código Fuente :	Abierto
Formato :	zip
AutoCAD :	AutoCAD 2000/2002
Versión :	2.0.1
Actualizado :	03/06/2005

TopoLGCAD versión 2.0 (ver anexo #4) es una herramienta de dibujo para Topografía básica que se integra en AutoCAD 2000/2002.
Sus principales características son la importación, exportación, edición e inserción de puntos, triangulación, edición y curvado del MDT, perfiles longitudinales, extracción de datos de replanteo y líneas eléctricas.

CivilCAD

Idioma: Español
Plataforma: WIN y AutoCAD 14 o 2000
Tamaño: 7,5 MB
Pagina Web: http://www.arqcom.com.mx/demos.htm
CivilCAD (ver anexo #5) es un módulo de Autocad específico para los profesionales de la Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana. Entre las funciones que realiza se encuentran las siguientes:
Anotación de datos: rutinas para anotar datos automáticamente en forma individual o global en líneas, arcos y superficies. Generación de Cuadros de Construcción y de Curvas: CivilCAD calcula todos los datos necesarios para crear instantáneamente cuadros de construcción (rumbo, distancia, azimut, ángulos interiores, coordenadas y superficies). Generación de Reportes: capacidad de generar reportes de puntos geométricos, memorias descriptivas, técnicas de notificación y resumen de áreas por sectores, individual o globalmente. Dibujo de Polígonos: 4 métodos para dibujar levantamientos de poligonales: por coordenadas, rumbo-distancia, radiación y base medida. Dibujo de curvas: 18 métodos para dibujo de curvas simples y compuestas. Curvas de Nivel: dibuja automáticamente curvas de nivel, pudiéndose indicar el intervalo y color para curvas gruesas y delgadas. Secciones: seleccionando un eje de vía en planta CivilCAD genera la gráfica del perfil del terreno, con datos como estación, espesores y elevaciones de corte y terraplén, volúmenes y ordenadas.

Protopo

Idioma: Español
Plataforma: WIN
Tamaño: 1.342 Mb
Web: http://www.aplicad.com

Protopo (ver anexo #6) 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.

Características: edición y entrada de datos, poligonales, editor de coordenadas, triangulación, curvado y MDT, cálculo de volúmenes, cálculo en planta, etc.

Student Cogo

Diseñado específicamente para las necesidades de los estudiantes, el Student COGO es el máximo característico paquete de agrimensuras con las herramientas para manejar cualquier trabajo. La computadora de bolsillo HP 48 ha probado ser una herramienta popular para estudiantes de ingeniería por sus aplicaciones universales. Ofrecemos paquetes que se puede comprar para química, ingeniería eléctrica, diseño de estructuras, hidrología, hidráulica y ahora, topografía.

Student COGO le ofrece todas las funciones usadas en el trabajo cotidiano de la topografía: Inversas, poligonales, amarre y replanteo, radiales, resección, líneas paralelas, soluciones de triángulos y círculos. Además incluye:

- Conversión de Azimut/Ángulos/Rumbos.
- Encuentra punto de radio
- Elevaciones remotas
- Intersecciones con ángulos y paralelas
- Área por derrotero
- Cierre y ajuste de poligonales
- Replanteo tridimensional por coordenadas, número de punto o estación y desplazamiento con corte y relleno
- Programa de gradientes con pendientes rectas, curvas verticales e intersecciones verticales
- Administración completa de archivos con capacidad de guardar miles de puntos XYZT en varios archivos

DataGeosis Software de la Topografía y la Geodesia Versión 2005.

Disponible en las versiones:

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

Versión STANDARD.

Dentro de esta se realizan las siguientes operaciones:

1. Entrada de datos.
2. Apertura de archivos.
3. Planillas de cálculos.
4. Cálculo de poligonal.
5. CAD integrado.
6. Auto croquis.
7. Cálculo de áreas.
8. División de áreas.
9. Memoria descriptiva o descriptivo de linderos.
10. Herramientas de dibujo.
11. Modelaje numérico.
12. Curvas de nivel.
13. Norte verdadero.
14. Exportación de archivos.
15. Ubicación de puntos.

Cálculo de poligonal (ver anexo #7): El DataGeosis fue desarrollado para calcular poligonales en el sistema Abierto, Cerrado y Apoyado en dos puntos. A los dos últimos sistemas se puede distribuir los errores a través de cuatro métodos de compensación: Mínimos Cuadrados, Proporcional a las Distancias, Proporcional a las Proyecciones. Es posible procesar también cálculos de una planilla de nivelación, donde los errores pueden ser compensado a través de los métodos: Proporcional a las Distancias, En Partes Iguales al Número de Estaciones.

También es posible definir las tolerancias máximas admisibles a los errores de la poligonal tanto para una planilla planialtimétrica cuanto para una planilla de nivelación, posibilitando al programa que identifique si las precisiones alcanzadas están en el límite establecido.

Versión STANDARD PLUS

Dentro de esta se realizan las siguientes operaciones:

1.Geodesia.

2. Meridiana Punto a punto.

3. Visualización de las Coordenadas geográficas.

4. Visualización de las Coordenadas geodésicas.

5. Monografía de Marco.

6. Perfiles longitudinales y transversales.

7. Visualización 3D.

Versión PROFESSIONAL

Dentro de esta se realizan las siguientes operaciones:

1. Cálculo de volumen entre superficies.

2. Mapa de declividades (pendientes).

3. Área de inundación.

4. Generación de líneas de proyectos.

5. Cálculo de volumen por secciones transversales.

6. Sección tipo.

Versión VIAS STANDARD

Esta versión contiene todas las herramientas de la versión PROFESSIONAL

Dentro de esta se realizan las siguientes operaciones:

1. Curvas horizontales.

2. Curvas verticales.

3. Secciones tipo intercaladas.

VERSIONES DEMO Y JUNIOR

La versión Junior tiene el carácter académico y está disponible para copia y distribución. Esta versión de **DataGeosis** es dedicada a estudiantes y profesionales que están iniciándose en automatización topográfica, haciendo el aprendizaje más moderno y adecuado a las herramientas del futuro usuario. En esta versión están disponibles funciones de planimetría. Esta versión no exportará ficheros en el formato DXF, o cualquier otro formato. Por tener un fichero propio, ficheros de otras versiones no podrán ser abiertos en esta versión Junior.

Didger3 Versión 3 de la aplicación de técnicas avanzadas de digitalización desarrollada por Golden Software, Inc.
Características de la versión:
La nueva versión de Didger 3, nos proporciona una serie de mejoras como las que se listan a continuación:

- Se pueden seleccionar más de 256 colores para especificar un bitmap transparente.
- Uso del nuevo Realtime Zoom para hacer zooms.
- Se puede crear un polígono desde múltiples polígonos seleccionados.
- Uso de una o dos nuevas proyecciones para añadir en la librería de proyecciones.
- Uso del programas de Golden Software en comandos de Web para conectar productos de Golden Software (Grapher, Surfer, MapViewer o Didger) a través de la WEB.

Plataformas soportadas:
Didger 3 está disponible para Microsoft Windows 95, 98, NT 4 y XP.

1.3 Aspectos sobre MATLAB.

1.3.1 El programa MATLAB.

MATLAB es el nombre abreviado de “MATrix LABoratory”. MATLAB es un programa para realizar cálculos numéricos con ***vectores*** y ***matrices***. Como caso particular puede también trabajar con números escalares tanto reales

como complejos, con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. Una de las capacidades más atractivas es la de realizar una amplia variedad de ***gráficos*** en dos y tres dimensiones.

Tiene también un lenguaje de programación propio. Este trabajo hace referencia a la versión 6.5 de este programa, aparecida a mediados de 2002.

Es un gran programa de cálculo técnico y científico. Para ciertas operaciones es muy rápido, cuando puede ejecutar sus funciones en código nativo con los tamaños más adecuados para aprovechar sus capacidades de vectorización. En otras aplicaciones resulta bastante más lento que el código equivalente desarrollado en C/C++ o Fortran. En la versión 6.5 MATLAB ha incorporado un ***acelerador JIT*** (Just In Time), que mejora significativamente la velocidad de ejecución de los ficheros ****.m*** en ciertas circunstancias, por ejemplo cuando no se hacen llamadas a otros ficheros ****.m***, no se utilizan estructuras y clases, etc. Aunque limitado por el momento cuando se aplica, mejora sensiblemente la velocidad, haciendo innecesarias ciertas técnicas utilizadas en versiones anteriores como la ***vectorización*** de los algoritmos. En cualquier caso, el lenguaje de programación de MATLAB siempre es una magnífica herramienta de alto nivel para desarrollar aplicaciones técnicas, fácil de utilizar y que, como ya se ha dicho, aumenta significativamente la productividad de los programadores respecto a otros entornos de desarrollo.

MATLAB dispone de un código básico y de varias librerías especializadas (***toolboxes***). En estos apuntes se hará referencia exclusiva al código básico.

MATLAB se puede arrancar como cualquier otra aplicación de ***Windows***, haciendo clic dos veces en el icono correspondiente en el escritorio o por medio del menú ***Inicio***). Al arrancar MATLAB se abre una ventana del tipo de la indicada en la Figura 1. Esta es la vista que se obtiene eligiendo la opción ***Desktop Layout/Default***, en el menú ***View***. Como esta configuración puede ser cambiada fácilmente por el usuario, es posible que en muchos casos concretos lo que aparezca sea muy diferente.

En cualquier caso, una vista similar se puede conseguir con el citado comando ***View/DesktopLayout/Default***. Esta ventana inicial requiere unas primeras explicaciones.

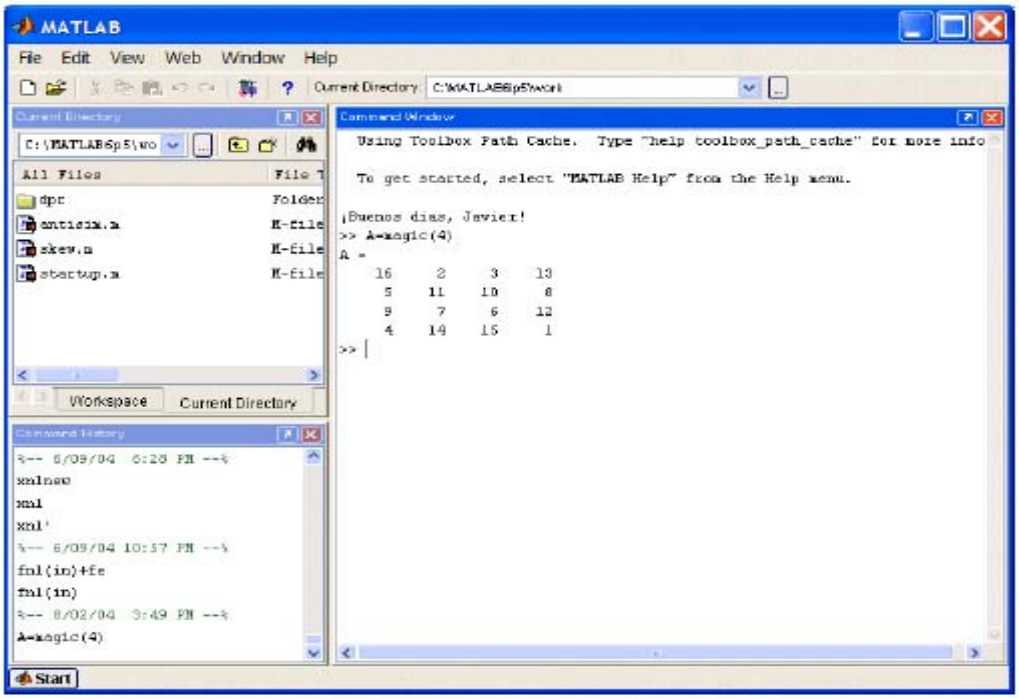


Figura 1. Ventana inicial de MATLAB 6.5.

Para apreciar desde el principio la potencia de MATLAB, se puede comenzar por escribir en la ***Command Window*** la siguiente línea, a continuación del *prompt*. Al final hay que pulsar ***intro***.

>> A=rand(6), B=inv(A), B*A

A =
0.9501 0.4565 0.9218 0.4103 0.1389 0.0153
0.2311 0.0185 0.7382 0.8936 0.2028 0.7468
0.6068 0.8214 0.1763 0.0579 0.1987 0.4451
0.4860 0.4447 0.4057 0.3529 0.6038 0.9318
0.8913 0.6154 0.9355 0.8132 0.2722 0.4660
0.7621 0.7919 0.9169 0.0099 0.1988 0.4186
B =
5.7430 2.7510 3.6505 0.1513 -6.2170 -2.4143
-4.4170 -2.5266 -1.4681 -0.5742 5.3399 1.5631
-1.3917 -0.6076 -2.1058 -0.0857 1.5345 1.8561
-1.6896 -0.7576 -0.6076 -0.3681 3.1251 -0.6001
-3.6417 -4.6087 -4.7057 2.5299 6.1284 0.9044
2.7183 3.3088 2.9929 -0.1943 -5.1286 -0.6537

ans =
1.0000 0.0000 0 0.0000 0.0000 -0.0000
0.0000 1.0000 0.0000 0.0000 -0.0000 0.0000
0 0 1.0000 -0.0000 -0.0000 0.0000
0.0000 0 -0.0000 1.0000 -0.0000 0.0000
-0.0000 0.0000 -0.0000 -0.0000 1.0000 0.0000
-0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 -0.0000 1.0000

En realidad, en la línea de comandos anterior se han escrito tres instrucciones diferentes, separadas por comas. Como consecuencia, la respuesta del programa tiene tres partes también, cada una de ellas correspondiente a una de las instrucciones. Con la primera instrucción se define una matriz cuadrada (6x6) llamada **A**, cuyos elementos son números aleatorios entre cero y uno (aunque aparezcan sólo 4 cifras, han sido calculados con 16 cifras de precisión). En la segunda instrucción se define una matriz **B** que es igual a la inversa de **A**. Finalmente se ha multiplicado **B** por **A**, y se comprueba que el resultado es la matriz unidad.

Otro de los puntos fuertes de MATLAB son los gráficos, que se verán con más detalle en una sección posterior. A título de ejemplo, se puede teclear la siguiente línea y pulsar ***intro***:

```
>> x=-4:.01:4; y=sin(x); plot(x,y), grid, title('Función seno(x)')
```

En la Figura 2 se puede observar que se abre una nueva ventana en la que aparece representada la función ***sin(x)***. Esta figura tiene un título "Función seno(x)" y una cuadrícula o "grid". En realidad la línea anterior contiene también varias instrucciones separadas por comas o puntos y comas. En la primera se crea un vector **x** con 801 valores reales entre -4 y 4, separados por una centésima. A continuación se crea un vector **y**, cada uno de cuyos elementos es el

seno del correspondiente elemento del vector **x**.

Después se dibujan los valores de **y** en ordenadas frente a los de **x** en abscisas. Las dos últimas instrucciones establecen la cuadrícula y el título.

Además de la utilización del comando ***Command History***, es posible recuperar comandos anteriores de MATLAB y moverse por dichos comandos con el ratón y con las teclas-flechas ↑ y ↓. Al pulsar la primera de dichas flechas aparecerá el comando que se había introducido inmediatamente antes. De modo análogo es posible moverse sobre la línea de comandos con las teclas ← y →, ir al principio de la línea con la tecla ***Inicio***, al final de la línea con ***Fin***, y borrar toda la línea con ***Esc***. Recuérdese que sólo hay una línea activa (la última).

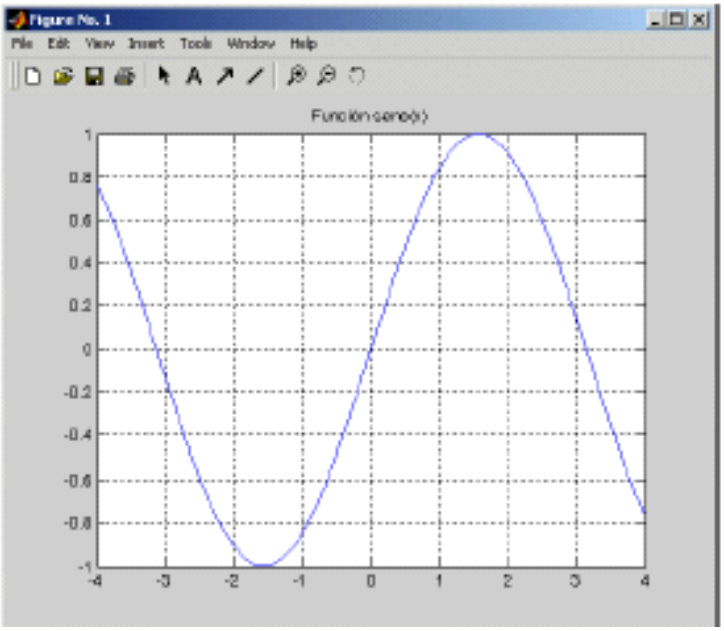


Figura 2. Gráfico de la función ***seno(x)***.

Para borrar todas las salidas anteriores de MATLAB y dejar limpia la ***Command Window*** se pueden utilizar las funciones ***clc*** y ***home***. La función ***clc*** (*clear console*) elimina todas las salidas anteriores, mientras que ***home*** las mantiene, pero lleva el ***prompt*** (**>>)** a la primera línea de la ventana.

Si se desea salir de MATLAB basta teclear los comandos ***quit*** o ***exit***, elegir ***Exit*** MATLAB en el menú ***File*** o utilizar cualquiera de los medios de terminar una aplicación en ***Windows***.

1.3.2 Uso del *Help.*

MATLAB 6.5 dispone de un excelente ***Help*** con el que se puede encontrar la información que se desee. La Figura 3 muestra las distintas opciones que aparecen en el menú ***Help*** de la ventana principal de la aplicación:

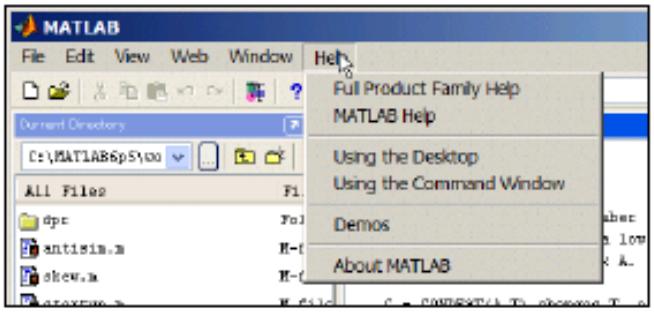


Figura 3. Menú ***Help*** de MATLAB.

1. ***Full Product Family Help***, Se abre la ventana de la Figura 4, en la que se puede buscar información general sobre MATLAB o sobre otros productos de la familia a los que se tenga acceso.

La forma de la ventana de ayuda es típica y común con otros niveles de ayuda. La mayor parte de las páginas de ayuda están en formato HTML.

2. ***Matlab Help.*** Se abre la ventana de la Figura 5, en la que se puede buscar ayuda general sobre MATLAB o sobre la función o el concepto que se desee. La portada de esta ayuda tiene tres capítulos principales: ***Learning Matlab***, que contiene distintos apartados de introducción al programa; ***Finding Functions and Properties***, que permite acceder a información concreta sobre las distintas funciones o propiedades de los objetos gráficos; y ***Printing the Documentation***, que da acceso a versiones completas e imprimibles de los manuales del programa en formato PDF (*Portable Document Format*), que precisa del programa ***Adobe Acrobat Reader 5.0*** o superior.

En la parte izquierda de la ventana, cuando está seleccionada la pestaña ***Contents***, aparece un índice temático estructurado en forma de árbol que puede ser desplegado y recorrido con gran facilidad. Las restantes pestañas de esta ventana dan acceso a un índice por palabras (***Index***), a un formulario de búsqueda (***Search***) y a una sección en la que el usuario puede almacenar enlaces a las páginas que más vaya a utilizar (***Favorites***).

3. ***Using the Desktop***. Se abre una ventana de ayuda con un formato similar a las de las Figuras anteriores con información detallada sobre cómo utilizar y configurar el entorno de desarrollo.

Las distintas herramientas disponibles se describen sucesivamente. Cada página dispone de flechas y enlaces que permiten ir a la página siguiente o volver a la anterior.

4. ***Using the Command Window***. Esta opción del menú ***Help*** da acceso a la información necesaria para aprovechar las capacidades de la ***Command Window***, que es el corazón de MATLAB.

5. ***Demos***. Se abre una ventana que da acceso a un buen número de ejemplos resueltos con MATLAB, cuyos resultados se presentan gráficamente de diversas formas. Es bastante interesante recorrer estos ejemplos para hacerse idea de las posibilidades del programa. Es asimismo muy instructivo analizar

los ficheros ***.m*** de los ejemplos que reúnen características similares a las de la aplicación de se desea desarrollar.

Figura 4. Ventana inicial de ***Help Full Product Family***.

Figura 5. Ventana inicial de ***Help Matlab***.

Además, se puede también recurrir al ***Help*** desde la línea de comandos de la ***Command Window***.

Se aconseja hacer prácticas al respecto. Por ejemplo, obsérvese la respuesta a los siguientes usos del comando ***help***:

>> help
>> help lang

El comando ***helpwin*** seguido de un nombre de comando o de función muestra la información correspondiente a ese comando en la ventana ***Help*** (ver Figura 4).

El comando ***doc*** tecleado en la línea de comandos equivale a ***Help/Full Product Family Help***; si va seguido de un nombre de comando o función se muestra la información detallada correspondiente a ese comando.

En resumen, MATLAB dispone de una ayuda muy completa y accesible, estructurada en varios niveles (línea de comandos en la ***Command Window***, ventanas Help, manuales en formato PDF), con la que es muy importante estar familiarizado, porque hasta los más expertos programadores tienen que acudir a ella con una cierta frecuencia.

1.3.3 El entorno de trabajo de MATLAB.

El entorno de trabajo de MATLAB ha mejorado mucho a partir de la versión 6.0, haciéndose mucho más gráfico e intuitivo, similar al de otras aplicaciones profesionales de ***Windows***.

Los componentes más importantes del entorno de trabajo de MATLAB 6.5 son los siguientes:

1. El ***Escritorio de Matlab*** (***Matlab Desktop***), que es la ventana o contenedor de máximo nivel en la que se pueden situar las demás componentes.

2. Los componentes individuales, orientados a tareas concretas, entre los que se puede citar:

a. La ventana de comandos (***Command Window***),

b. La ventana histórica de comandos (***Command History***),

c. El espacio de trabajo (***Workspace***),

d. La plataforma de lanzamiento (***Launch Pad***),

e. El directorio actual (***Current Directory***),

f. La ventana de ayuda (***Help***)

g. El editor de ficheros y depurador de errores (***Editor&Debugger***),

h. El editor de vectores y matrices (***Array Editor***).

i. La ventana que permite estudiar cómo se emplea el tiempo de ejecución (***Profiler***).

1.3.4 Operaciones con matrices y vectores.

Ya se ha comentado que MATLAB es fundamentalmente un programa para cálculo matricial. Inicialmente se utilizará MATLAB como ***programa interactivo***, en el que se irán definiendo las matrices, los vectores y las expresiones que los combinan y obteniendo los resultados sobre la marcha. Si estos resultados son asignados a otras variables podrán ser utilizados posteriormente en otras expresiones.

En este sentido MATLAB sería como una potente calculadora matricial (en realidad es esto y mucho más...).

1.3.5 Definición de matrices desde teclado.

Como en casi todos los lenguajes de programación, en MATLAB las matrices y vectores son ***variables*** que tienen ***nombres***. Ya se verá luego con más detalle las reglas que deben cumplir estos nombres.

Por el momento se sugiere que se utilicen letras mayúsculas para matrices y minúsculas para vectores y escalares (MATLAB no exige esto, pero puede resultar útil).

Para definir una matriz no hace falta establecer de antemano su tamaño (de hecho, se puede definir un tamaño y cambiarlo posteriormente). MATLAB determina el número de filas y de columnas en función del número de elementos que se proporcionan (o se utilizan). ***Las matrices se definen por filas***; los elementos de una misma fila están separados por ***blancos*** o ***comas***, mientras que las filas están separadas por pulsaciones ***intro*** o por caracteres ***punto y coma*** (;). Por ejemplo, el siguiente comando define una matriz **A** de dimensión (3×3):

```
>> A=[1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]
```

La respuesta del programa es la siguiente:

```
A =
1 2 3
4 5 6
7 8 9
```

A partir de este momento la matriz **A** está disponible para hacer cualquier tipo de operación con ella (además de valores numéricos, en la definición de una

matriz o vector se pueden utilizar expresiones y funciones matemáticas). Por ejemplo, una sencilla operación con **A** es hallar su ***matriz traspuesta***. En MATLAB el apóstrofo (') es el símbolo de ***transposición matricial***. Para calcular **A'** (traspuesta de **A**) basta teclear lo siguiente (se añade a continuación la respuesta del programa):

```
>> A'
ans =
1 4 7
2 5 8
3 6 9
```

Como el resultado de la operación no ha sido asignado a ninguna otra matriz, MATLAB utiliza un nombre de variable por defecto (***ans***, de *answer*), que contiene el resultado de la última operación.

La variable ***ans*** puede ser utilizada como operando en la siguiente expresión que se introduzca.

También podría haberse asignado el resultado a otra matriz llamada **B**:

```
>> B=A'
B =
1 4 7
2 5 8
3 6 9
```

Ahora ya están definidas las matrices **A** y **B**, y es posible seguir operando con ellas. Por ejemplo, se puede hacer el producto **B*A** (deberá resultar una matriz simétrica):

```
>> B*A
ans =
66 78 90
78 93 108
90 108 126
```

En MATLAB se accede a los elementos de un vector poniendo el índice entre paréntesis (por ejemplo **x(3)** ó **x(i)**). Los elementos de las matrices se acceden poniendo los dos índices entre paréntesis, separados por una coma (por ejemplo **A(1,2)** ó **A(i,j)**). Las matrices ***se almacenan por columnas*** (aunque ***se introduzcan por filas***, como se ha dicho antes), y teniendo en cuenta esto puede accederse a cualquier elemento de una matriz con un sólo subíndice. Por ejemplo, si **A** es una matriz (3×3) se obtiene el mismo valor escribiendo **A(1,2)** que escribiendo **A(4)**.

Invertir una matriz es casi tan fácil como trasponerla. A continuación se va a definir una nueva matriz **A** -no singular- en la forma:

>> A=[1 4 -3; 2 1 5; -2 5 3]
A =
1 4 -3
2 1 5
-2 5 3

Ahora se va a calcular la inversa de **A** y el resultado se asignará a **B**. Para ello basta hacer uso de la función ***inv( )*** (la precisión o número de cifras con que se muestra el resultado se puede cambiar con el menú ***File/Preferences/General***):

B=inv(A)
B =
0.1803 0.2213 -0.1885
0.1311 0.0246 0.0902
-0.0984 0.1066 0.0574

Para comprobar que este resultado es correcto basta pre-multiplicar **A** por **B**;

>> B*A
ans =
1.0000 0.0000 0.0000
0.0000 1.0000 0.0000
0.0000 0.0000 1.0000

De forma análoga a las matrices, es posible definir un ***vector fila*** **x** en la forma siguiente (si los tres números están separados por ***blancos*** o ***comas***, el resultado será un vector fila):

>> x=[10 20 30] % vector fila
x =
10 20 30

MATLAB considera ***comentarios*** todo lo que va desde el ***carácter tanto por ciento*** (***%***) hasta el final de la línea. Por el contrario, si los números están separados por ***intros*** o ***puntos y coma*** (;) se obtendrá un ***vector columna***:

>> y=[11; 12; 13] % vector columna
y =
11
12
13

MATLAB tiene en cuenta la ***diferencia entre vectores fila y vectores columna***. Por ejemplo, si se intenta sumar los vectores **x** e **y** se obtendrá el siguiente mensaje de error:

```
>> x+y
??? Error using ==> +
Matrix dimensions must agree.
```

Estas dificultades desaparecen si se suma **x** con el vector transpuesto de **y**:

```
>> x+y'
ans =
21 32 43
```

Aunque ya se ha visto en los ejemplos anteriores el estilo sencillo e intuitivo con el que MATLAB opera con matrices y vectores, a continuación se va a estudiar este tema con un poco más de detenimiento.

1.3.6 Operaciones con matrices.

MATLAB puede operar con matrices por medio de ***operadores*** y por medio de ***funciones***. Se han visto ya los operadores *suma* (+), *producto* (*) y *traspuesta* ('), así como la función *invertir* ***inv( )***.

Los operadores matriciales de MATLAB son los siguientes:

+ adición o suma

– sustracción o resta

* multiplicación

' traspuesta

^ potenciación

\ división-izquierda

/ división-derecha

.* producto elemento a elemento

./ y .\ división elemento a elemento

.^ elevar a una potencia elemento a elemento

sqrt raíz cuadrada

sin seno de un ángulo

cos coseno de un ángulo

tan tangente de un ángulo

atan arco tangente

fix toma la parte entera de un número

Estos operadores se aplican también a las variables o valores escalares, aunque con algunas diferencias. Todos estos operadores son coherentes con las correspondientes operaciones matriciales: no se puede por ejemplo sumar matrices que no sean del mismo tamaño. Si los operadores no se usan de modo correcto se obtiene un mensaje de error.

Los operadores anteriores se pueden aplicar también de modo ***mixto***, es decir con un operando escalar y otro matricial. En este caso la operación con el escalar se aplica a cada uno de los elementos de la matriz. Considérese el siguiente ejemplo:

```
>> A=[1 2; 3 4]
A =
1 2
3 4

>> A*2
ans =
2 4
6 8


>> A-4
ans =
-3 -2
-1 0
```

Los ***operadores de división*** requieren una cierta explicación adicional. Considérese el siguiente sistema de ecuaciones lineales,

Ax = b (1) donde **x** y **b** son vectores columna, y **A** una matriz cuadrada invertible. La resolución de este sistema de ecuaciones se puede escribir en las 2 formas siguientes (¡Atención a la 2ª forma, basada en la ***barra invertida*** (\), que puede resultar un poco extraña):

x = inv(**A**)*__b__ (2a)
x = **A\b** (2b)

Así pues, el operador ***división-izquierda*** por una matriz (barra invertida \) equivale a premultiplicar por la inversa de esa matriz. En realidad este operador es ***más general*** y ***más inteligente*** de lo que aparece en el ejemplo anterior: el operador *división-izquierda* es aplicable aunque la matriz no tenga inversa e incluso no sea cuadrada, en cuyo caso la solución que se obtiene (por lo

general) es la que proporciona el *método de los mínimos cuadrados*. Cuando la matriz es ***triangular*** o ***simétrica*** aprovecha esta circunstancia para reducir el número de operaciones aritméticas. En algunos casos se obtiene una solución con no más de ***r*** elementos distintos de cero, siendo ***r*** el rango de la matriz. Esto puede estar basado en que la matriz se reduce a forma de escalón y se resuelve el sistema dando valor cero a las variables libres o independientes. Por ejemplo, considérese el siguiente ejemplo de matriz (1×2) que conduce a un sistema de infinitas soluciones:

```
>> A=[1 2], b=[2]
A =
1 2
b =
2
>> x=A\b
x =
0
1
```

que es la solución obtenida dando valor cero a la variable independiente **x(1)**. Por otra parte, en el caso de un sistema de ecuaciones ***redundante*** (o *sobre-determinado*) el resultado de MATLAB es el punto más “cercano” -en el sentido de mínima norma del error- a las ecuaciones dadas (aunque no cumpla exactamente ninguna de ellas). Véase el siguiente ejemplo de tres ecuaciones formadas por una recta que no pasa por el origen y los dos ejes de coordenadas:

```
>> A=[1 2; 1 0; 0 1], b=[2 0 0]'
A =
1 2
1 0
0 1
b =
2
0
0

>> x=A\b, resto=A*x-b
x =
0.3333
0.6667
resto =
-0.3333
0.3333
0.6667
```

1.3.7 Realización de gráficos.

1.3.7.1 Plotear en 2-D.

Posee un Demo que plantea en 2 ejes (X; Y). Esta ventana te deja ver una variedad de líneas ploteadas en 2-D de manera simple a partir de un comando que se escribe como Plot.

- **Plotear líneas.**

% Line plot of a chirp

```
x=0:0.05:5;
y=sin(x.^2);
plot(x,y)
```

- **Plotear campana de Gauss en forma de barras.**

% Bar plot of a bell shaped curve

```
x = -2.9:0.2:2.9;
bar(x,exp(-x.*x))
```

- **Plotear función seno en forma de pasos.**

% Stairstep plot of a sine wave

```
x=0:0.25:10;
stairs(x,sin(x))
```

- **Plotear en coordenadas polar.**

% Polar plot

```
t=0:.01:2*pi;
polar(t,abs(sin(2*t).*cos(2*t)))
```

- **Plotear función ítem.**

% Stem plot

```
x = 0:0.1:4;
y = sin(x.^2).*exp(-x);
stem(x,y)
```

1.3.7.2 Plotear en 3-D.

Posee un Demo que plantea en 3 ejes (X; Y; Z). Directamente a través de un comando plot 3 (X; Y; Z), el cual se observa en el Demo.

- **Plotear picos dentro de mallas.**

```
% Mesh Plot of Peaks
 z=peaks(25);
 mesh(z)
```

- **Plotear picos dentro de una superficie.**

```
% Surface Plot of Peaks
 z=peaks(25);
 surf(z);
 colormap(jet)
```

- **Plotear picos dentro de una superficie con sombras y color de mapa.**

```
% Surface Plot (with Shading) of Peaks
 z=peaks(25);
 surfl(z);
 shading interp;
 colormap(pink)
```

- **Hacer contornos de picos.**

```
% Contour Plot of Peaks
 z=peaks(25);
 contour(z,16)
```

- **Hacer gráficos de mallas con puntas de vectores.**

```
x = -2:.2:2; y = -1:.2:1;
 [xx,yy] = meshgrid(x,y);
 zz = xx.*exp(-xx.^2-yy.^2);
 [px,py] = gradient(zz,.2,.2);
 quiver(x,y,px,py,2)
```

- **Hacer esquemas de planos con la matriz dada.**

```
[x,y,z] = meshgrid(-2:.2:2,-2:.2:2,-2:.2:2);
 v = x .* exp(-x.^2 - y.^2 - z.^2);
 slice(v,[5 15 21],21,[1 10])
 axis([0 21 0 21 0 21]);
 colormap(jet)
```

1.3.8 Visualización de volúmenes.

El Matlab posee un Demo donde se explica la visualización del volumen de iguales superficies, en las que se distinguen en colores, los aspectos esenciales que se desean mostrar. Se utilizan los comandos Subvolumen, View, Daspect.

- **Visualizar volúmenes de igual superficie.**

```
% Isosurface of MRI data

load mri; D = squeeze(D);
[x y z D] = subvolume(D, [nan nan nan nan nan 4]);
p = patch(isosurface(x,y,z,D, 5), 'FaceColor', 'red', 'EdgeColor', 'none');
p2 = patch(isocaps(x,y,z,D, 5), 'FaceColor', 'interp', 'EdgeColor', 'none');
isonormals(x,y,z,D,p);
view(3); axis tight;  daspect([1 1 .4])
```

- **Plotear volumen sobre datos de vientos.**

```
% Coneplot of wind data

load wind

[cx cy cz] = meshgrid(linspace(71,134,10),linspace(18,59,10),3:4:15);
daspect([1 1 1])
h=coneplot(x,y,z,u,v,w,cx,cy,cz,y,3);
set(h,'EdgeColor', 'none');
colormap(hsv)
```

- **Plotear líneas de datos de vientos.**

```
% Streamlines of wind data

load wind

[sx sy sz] = meshgrid(80, 20:10:50, 0:5:15);
h=streamline(x,y,z,u,v,w,sx,sy,sz);
set(h, 'Color', 'cyan');
daspect([1 1 1])
axis tight; box on;  camproj perspective
```

- **Plotear volúmenes de superficies de datos de vientos.**

```
% Isosurface, isocaps, coneplot, and streamlines of wind data

load wind

spd = sqrt(u.*u + v.*v + w.*w);
p = patch(isosurface(x,y,z,spd, 40));
isonormals(x,y,z,spd, p)
set(p, 'FaceColor', 'red', 'EdgeColor', 'none');
p2 = patch(isocaps(x,y,z,spd, 40))
```

1.3.9 Topografía de la Tierra.

El MATLAB puede ser usado para crear diferentes tipos de mapas. Se muestran diferentes formas de representaciones de la Topografía de la Tierra.

Los datos topográficos usados en estos Demos, han sido tomados del Centro de datos de Geofísica Nacional de los Estados Unidos con fecha de 9 de Abril del 2002.

- **Datos.**

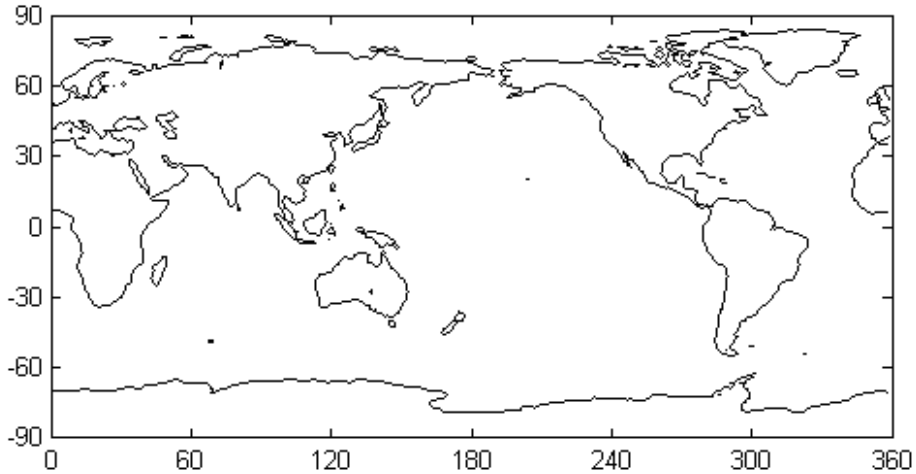
Están almacenados en un fichero del MATLAB llamado Topo.Mat. La variable Topo contiene los datos de altitud de la tierra y Topo.Map1 contiene el mapa de colores para la altitud.

```
load('topo.mat','topo','topomap1');
whos topo topomap1
```

- **Plotear contornos.**

A través del comando CONTOUR se plantea un contorno desde una base de datos, la cual esta hecha para la tierra. Los contornos se realizan a partir de puntos en un mapa que tienen como altitud cero. Se puede ver a través del siguiente programa las líneas que delimitan los continentes.

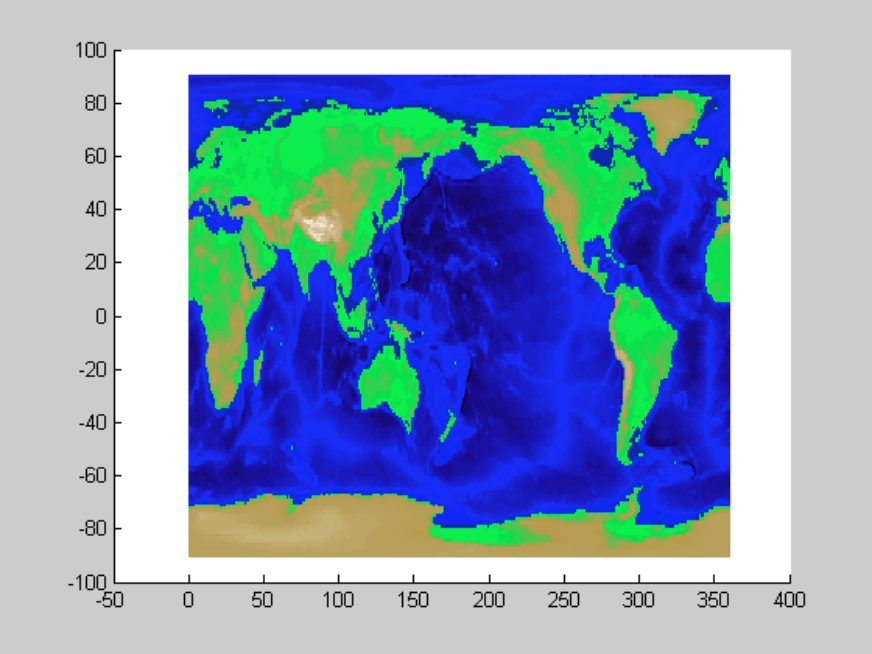
```
contour(0:359,-89:90,topo,[0 0],'b')
axis equal
box on
set(gca,'XLim',[0 360],'YLim',[-90 90], …
   'XTick',[0 60 120 180 240 300 360], …
   'Ytick',[-90 -60 -30 0 30 60 90]);
```



- **Plotear imagen en 2-D**

El comando IMAGE plantea una imagen en 2-D desde los datos que se encuentran en el fichero Topo y Topomat1. Se puede observar la información de la elevación en esta figura. Corresponde el color verde a la altitud, mientras la sombra del color azul a los niveles del mar.

```
hold on
image([0 360],[-90 90],topo,'CDataMapping', 'scaled');
colormap(topomap1);
```

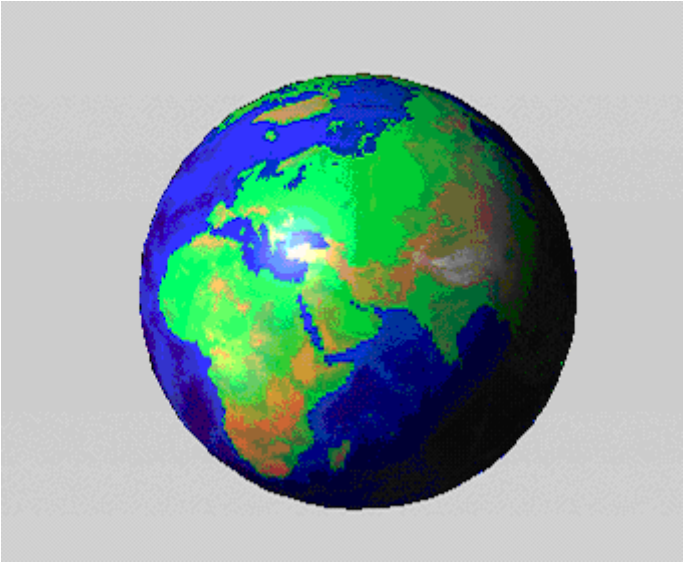


- **Plotear imagen en 3-D.**

El comando SPHERE retorna la función con datos (x, y, z) que son los puntos en la superficie de una esfera (50 puntos en esto caso). Observe que los datos de altitud en el fichero topo mapeado contienen la coordenadas (X, Y, Z) de la esfera. Dos fuentes de luces iluminan el globo.

```
[x,y,z] = sphere(50);

cla reset
axis square off
props.AmbientStrength = 0.1;
props.DiffuseStrength = 1;
props.SpecularColorReflectance = .5;
props.SpecularExponent = 20;
props.SpecularStrength = 1;
props.FaceColor= 'texture';
props.EdgeColor = 'none';
props.FaceLighting = 'phong';
props.Cdata = topo;
surface(x,y,z,props);
light('position',[-1 0 1]);
light('position',[-1.5 0.5 -0.5], 'color', [.6 .2 .2]);
view(3)
```

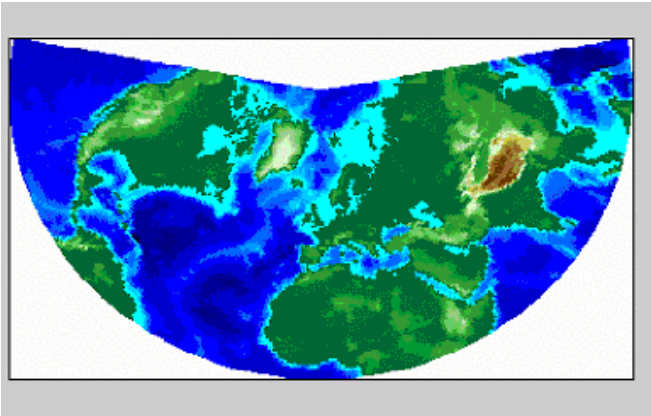


1.3.10 Mapeo a diferentes proyecciones.

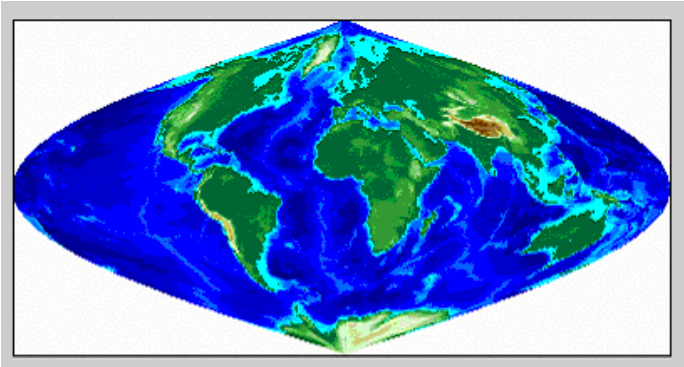
1.3.10.1 Comparación de proyecciones de mapas.

Con el comando VIEWMAPS se muestran diferentes proyecciones de un mapa. Se puede observar la proyección original y el resultado de diferentes vistas según la altitud y longitud y el método de proyección que se desea obtener. El Demo permite ver una rápida comparación de diferentes proyecciones de un mapa, entre las cuales podemos mencionar:

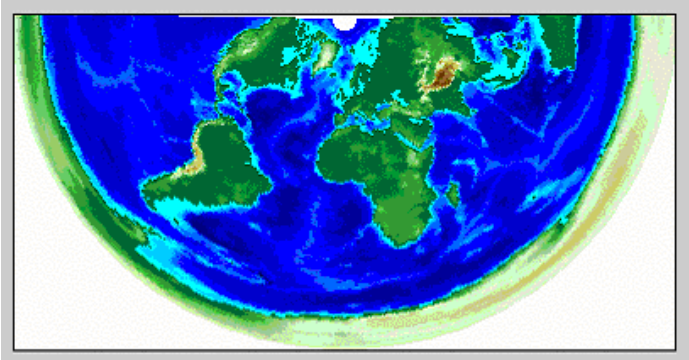
- **Proyección Cónica Conforme de Lambert.**



- **Proyección Sinusoidal.**



- **Proyección Cónica Equidistante.**



1.4 Conclusiones.

1. Del análisis de las fuentes bibliográficas a pesar que se apreció la existencia de algunos softwares sobre el cálculo de poligonales, construcción de perfiles, carreteras, caminos, etc; por razones financieras no están a nuestro alcance; por otra parte estos Softwares están elaborados en diferentes lenguajes de programación que no forman parte de nuestra formación académica como por ejemplo (visual basic 6.0 y C++).
2. Se considera adecuado utilizar el lenguaje de programación en MATLAB porque permite el cálculo y representación gráfica de funciones, imágenes de mapas afines con las temáticas topográficas.

Capítulo II: Aspectos metodológicos de la asignatura.

2.1 Fundamentos de la asignatura.

La asignatura Topografía Minera, que pertenece a la disciplina Geomecánica, se imparte en el 2do año del plan de estudio de la carrera de Ingeniería en Minas en 98 horas, pero se proyecta en el Plan D su impartición en 60 horas. Responde al objetivo del año: Identificar, caracterizar y representar los elementos y procesos de interés minero de la corteza terrestre.

Es un instrumento de gran utilidad desde la etapa de anteproyecto hasta el cierre definitivo y rehabilitación de una Mina. Tiene como objeto de estudio: Los recursos minerales y funcionales del macizo rocoso.

2.2 Caracterización de la asignatura.

La Topografía se sustenta, fundamentalmente en la Geometría y la Trigonometría suele llamársele también Geometría Aplicada por el amplio uso que hace de la misma. Facilita la solución de problemas prácticos de ingeniería con base en la Teoría Materialista del conocimiento.

Metodológicamente se caracteriza por:

- Un enfoque teórico- práctico donde el estudiante a través de conferencias recibe los conceptos fundamentales y luego éstos son consolidados en clases prácticas y laboratorios.
- En las conferencias se muestran equipos e instrumentos topográficos y fotogramétricos para su mejor comprensión.
- Durante la Práctica Laboral Investigativa II se realizan visitas a empresas mineras donde los estudiantes ven el funcionamiento de equipos topográficos modernos.
- Durante la impartición de todas las actividades docentes de la asignatura se establece su estrecha vinculación con la preparación del país para la defensa.

Los temas están estructurados de la forma siguiente:

- Tema I: Trabajos topográficos en la explotación a cielo abierto
- Tema II: Trabajos topográficos en la explotación subterránea

Que cumplen como objetivo el servicio topográfico para laborear y proyectar la explotación minera a cielo abierto y subterránea.

Tema I

Contenido

Creación de la red de apoyo. Confección de las redes de levantamientos. Levantamiento topográfico de las canteras. Levantamiento estereofotogramétrico en las canteras. Trabajos topogeodésicos en la construcción y reconstrucción de canteras.

Contenidos de los laboratorios

Este tema tiene seis laboratorios

1. Apreciación de la calidad de los materiales del levantamiento y determinación del solape y la escala del levantamiento.
2. Montaje de fotomosaico.
3. Equipos de fotogrametría.
4. El fototeodolito y las cámaras UMK.
5. Procesamiento analítico de un par de fotogramas (en el estereocomparador).
6. Construcción de un perfil en el estereocomparador.

Contenido de las clases prácticas

Este tema tiene tres clases prácticas

1- Intersección de planos de poca o relativa inclinación con una región topográfica (plazoleta).
2- Intersección de planos de poca o relativa inclinación con una región topográfica (Taludes).
3- Caminos.

TEMA II.- Trabajos topográficos en la explotación subterránea.

Contenido

La topografía minera. Levantamientos subterráneos con teodolitos. Orientación. Altimetría subterránea. Levantamiento de las excavaciones de corte y arranque. Controles topográficos en la construcción de las excavaciones subterráneas.

Contenidos de las clases prácticas

Este tema tiene cuatro clases prácticas

1. Orientación por un pozo vertical.
2. Orientación por dos pozos verticales.
3 Desarrollo de excavaciones laboreadas por frentes de encuentros.
4. Desarrollo de curvaturas en las excavaciones.

Contenidos de los laboratorios

Este tema tiene dos laboratorios.

Transmisión de la cota por el método de cinta larga.

Circuito de nivelaciones geométricas en las excavaciones mineras.

VI- Sistema evaluativo de la asignatura

A. Evaluaciones finales

La asignatura no tiene examen final

B. Evaluaciones parciales

- Prueba parcial del tema I y II.
- Tarea extraclase del tema I.
- Tarea extraclase del tema II.

C. Evaluaciones frecuentes

- Clases prácticas.
- Laboratorios.
- Preguntas de control en clases.

1. Textos básicos

- Ing. Ferrer Burgos, Rubén: Topografía Minera I. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1984. 143 p.

- Ing. Ferrer Burgos, Rubén: Topografía Minera II. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1987. 191 p.

2. Otras fuentes bibliográficas.

- Fotogrametría. Tomo I. N. V. Bobir y otros. Editorial MIR. 1982. 777p.
- Fotogrametría. Tomo II. N. V. Bobir y otros. Editorial MIR. 1982. 777p.

2.3 Enriquecimiento del diseño curricular.

El perfeccionamiento de los planes de estudio **se concibe como un proceso continuo de la Educación Superior**. Como resultado de ello, en determinados momentos, se alcanza un desarrollo cualitativo que conlleva a modificar los planes de estudio vigentes.

Desde el curso 90-91 que se introdujeron los Planes de Estudio "C" a la fecha, han transcurrido ya 15 años, en los cuales han tenido lugar importantes transformaciones, como consecuencia de los cambios que se han producido en nuestro país y, en general, de los avances de la ciencia y la técnica, que en algunos Organismos de la administración central del estado (OACE) con Centros de Educación Superior (CES) adscritos, han implicado incluso la necesidad de nuevos planes de estudio o carreras. En particular, en el MES se desarrolló un proceso de actualización de esos planes dando lugar a los Planes "C" modificados y posteriormente a los Planes C Perfeccionados, que abarcó todas las carreras entonces vigentes, cuyos primeros graduados egresaron en el curso 2002 -2003.

Diferentes investigaciones realizadas en la educación superior, entre ellas los estudios acerca de las tendencias actuales en el mundo y su comparación con la realidad cubana, así como las investigaciones periódicas acerca de la calidad de nuestros graduados, realizadas bajo la dirección conjunta del MES y del Centro de Estudios Para el Perfeccionamiento de la Educación Superior (CEPES) de la Universidad de la Habana, conducen a pensar en la necesidad de nuevos planes.

En particular, la estructura de carreras vigente desde esa fecha, requiere de un análisis para determinar cuáles de las actuales deben continuar desarrollándose, cuáles deben eliminarse, transformarse o integrarse y qué nuevas carreras deben comenzar a ser impartidas como consecuencia de los cambios antes descritos.

Es un objetivo de este proceso de elaboración de una cuarta generación de planes de estudio –que genéricamente denominaremos Planes “D”- **que los cambios que se están produciendo en algunas carreras como consecuencia de la actual Batalla de ideas que libra nuestro pueblo, se integren igualmente a este perfeccionamiento.**

Pensando en estas modificaciones necesarias dentro de los planes de estudio de la Educación Superior, se ha preparado el presente software como una aplicación relacionada con la orientación subterránea de las excavaciones mineras y el cálculo de poligonales, como una herramienta a utilizar en los próximos cursos académicos que permitiría la impartición exitosa del proceso docente y una efectiva orientación del trabajo independiente del estudiante, así como la enseñanza no presencial de algunos temas y de igual manera se lograría un enriquecimiento en la Estrategia Curricular de computación y uso de los medios informáticos en la carrera.

La introducción de éste software permite mejorar la topología de las actividades docentes en la asignatura y sus diferentes niveles de enseñanza como postgrados, diplomados y maestrías.

Se concibe que en su próxima impartición la asignatura contenga:

Total de horas: 60

Sistema de conocimientos: Empleo de la topografía en los trabajos mineros de superficie, de construcción y de explotación subterránea.

Sistema de habilidades: Realizar diferentes trabajos topográficos para el desarrollo de trabajos tanto en la superficie como en condiciones subterráneas. Empleo de las técnicas de cómputo. Realizar trabajos topográficos para garantizar la adecuada preparación ingeniera del terreno. Empleo de las normas vigentes y el SIU. Empleo de literatura en inglés. Realizar trabajos topográficos tomando las medidas pertinentes para disminuir o eliminar la afectación al medio.

2.4 Formas organizativas y P-1.

En este acápite se debe aclarar que las formas organizativas de la asignatura tratada deben sufrir cambios teniendo en cuenta las horas propuestas para el Plan de Estudio D (60 h). La nueva estructura se enfoca hacia la impartición de algunos contenidos de forma no presencial mediante la orientación de trabajos independientes.

Con el uso del software diseñado en este trabajo, algunas clases prácticas reducirían sus horas para dedicarlas a laboratorios frente a la computadora, tal es el caso de las clases prácticas 3 y 4 tituladas “Enlace de las Plomadas por el Método de los Triángulos” y “Orientación por 2 pozos verticales”, que de 4 horas que se disponen para cada una, 4 horas serán de laboratorio y trabajo independiente, donde se terminará el gran volumen de cálculos que se realiza en las clases prácticas.

Se propone reducir las horas de conferencias en algunos contenidos, específicamente la parte dedicada a la fotogrametría (ver anexo #8).

2.5 Conclusiones.

1. Del análisis del enriquecimiento del diseño curricular se deriva la necesidad de elaborar medios y herramientas que permitan la actualización más frecuente de los contenidos de la disciplina y esto puede ser a través de un software.
2. Es posible disminuir el número de horas presenciales en la asignatura Topografía Minera adecuando las actividades docentes con el incremento del trabajo independiente por los estudiantes.

Capítulo III: Diseño del Software.

3.1 Introducción.

Como una de las formas más efectivas de alcanzar la impartición actualizada en las diferentes disciplinas de la Ingeniería de Minas, se ha determinado elaborar un Software que facilita el cálculo y representación gráfica de las variables que definen la posición planimétrica de puntos; y para esto se parte de la metodología de cálculo, de manera que se muestre didácticamente la solicitud de datos que ayuda al usuario conocer el objeto de cálculo en cuestión.

Como lenguaje de programación fue seleccionado el MATLAB por las siguientes propiedades que ofrece:

- Fácil y simples códigos de programación.
- Adecuadas interfaces con otros programas de Windows como Word, Excel, etc; que permiten el intercambio dinámico de datos y generación de reportes e informes.
- Es posible su compilación en un fichero ejecutable, para evitar tener en muchas computadoras todo el paquete del MATLAB.
- Posee un algoritmo para el desarrollo de funciones trigonométricas, matriciales y su representación gráfica tanto para 2-D y 3-D.
- Tiene implementado de manera racional la programación visual a través de las unidades de interfase gráfica (GUI) que permite la conectividad de los métodos de cálculo en una temática determinada.

En el análisis de las fuentes bibliográficas aunque se detectó la existencia de algunos softwares para el cálculo de poligonales y otras temáticas, por razones financieras no se tiene acceso a ellos y por tanto el diseño del presente software viene a resolver la ausencia de una herramienta de cálculo en esta temática.

3.2 Líneas Generales del Software.

3.2.1 Generalidades del Software.

Este Software está encaminado hacia el cálculo de coordenadas en la orientación subterránea con la utilización de diferentes métodos. Estas orientaciones se

realizan a fin de confeccionar los planos de los trabajos mineros en un sistema de coordenadas análogo al adoptado en la superficie, lo cual es indispensable para asegurar la precisión, la seguridad de los trabajos, así como preservar los objetos de la superficie de la influencia de las excavaciones mineras.

Los métodos que se utilizan son:

- ✓ Enlace de las plomadas por el Método de los Triángulos.
- ✓ Enlace de las plomadas por el Método de los Cuadriláteros.
- ✓ Cálculo de las Poligonales Cerradas de Enlace.
- ✓ Cálculo de las Poligonales Cerradas de Rodeo.

Estos métodos consisten en la introducción de datos lógicos y visualización de resultados. Durante el desarrollo de estos métodos se ofrece en forma de ayuda la explicación auxiliándose de gráficos y textos relacionados con la temática específica para cada método.

A modo de ejemplo se ofrecen dos muestras de ayuda en las aplicaciones relacionadas con el Método de los Triángulos (Figura 6) y el Método de los Cuadriláteros (Figura 7).

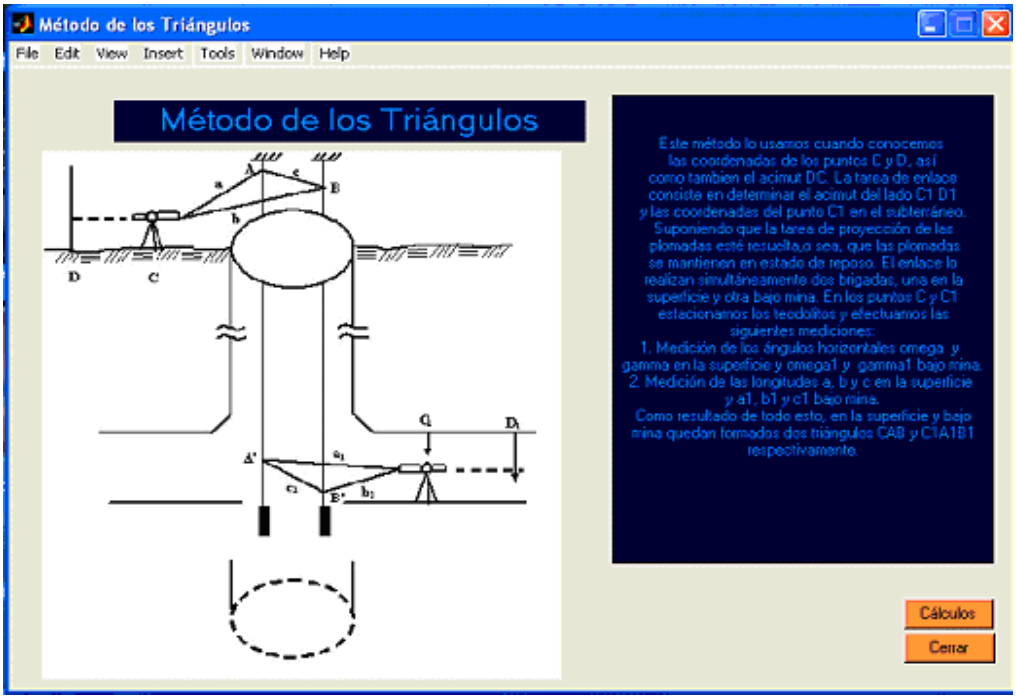


Figura 6. Ventana de presentación para ejecutar el Método de los Triángulos.

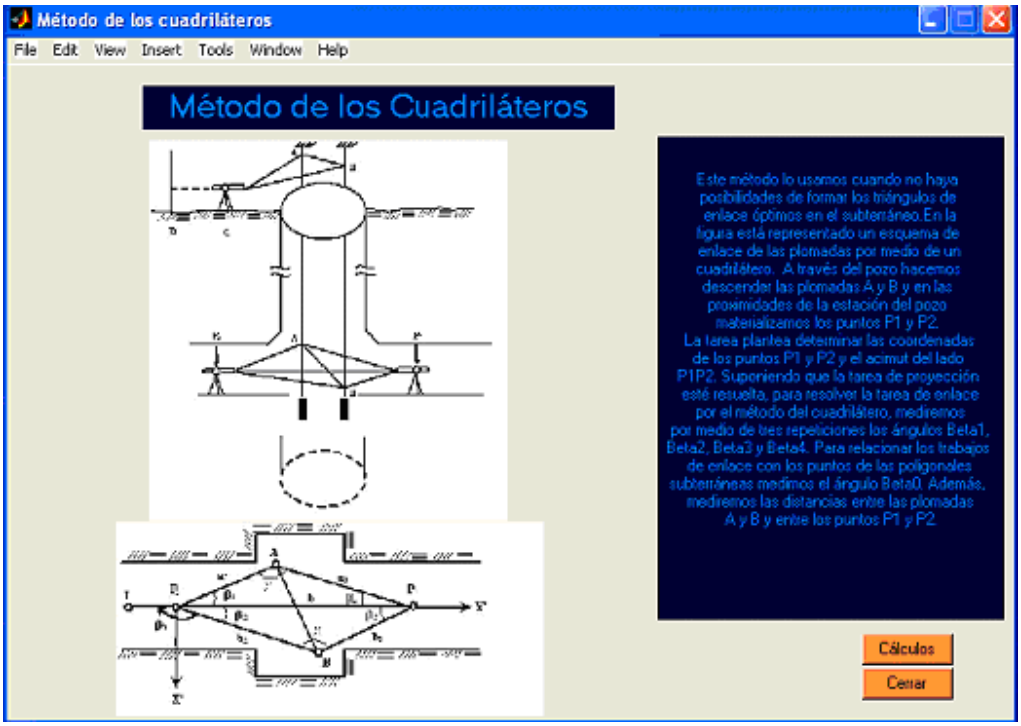


Figura 7. Ventana de presentación para ejecutar el Método de los Cuadriláteros.

Este Software se ha confeccionado para fines docentes ya que no existía en la carrera de Ingeniería de Minas un programa capaz de realizar estos cálculos topográficos.

3.2.2 Enlace de las plomadas por el Método de los Triángulos.

Entre los datos que se deben introducir en este método se encuentran las coordenadas de un punto en la superficie y que está apoyado en la Red Nacional, el acimut que existe entre este punto y otro donde se ubica el instrumento topográfico con el cual se realizarán las mediciones que sean necesarias.

También se deben introducir otros datos que vienen dados por las mediciones que se realizan en la superficie como en el subterráneo y entre los cuales se pueden citar los siguientes:

Mediciones en la Superficie (figura 6)

- ✓ < DCB
- ✓ < DCA

- ✓ ángulo γ
- ✓ lado a (lado del triángulo)
- ✓ lado b (lado del triángulo)
- ✓ lado c (lado del triángulo)
- ✓ longitud d

<u>Mediciones en el Subterráneo (figura 6)</u>

- ✓ $< D_1 C_1 B_1$
- ✓ $< D_1 C_1 A_1$
- ✓ ángulo γ_1
- ✓ lado a_1 (lado del triángulo)
- ✓ lado b_1 (lado del triángulo)
- ✓ lado c_1 (lado del triángulo)
- ✓ longitud d_1

Entre los resultados que se visualizan se pueden mencionar los siguientes:

- ✓ ángulo α
- ✓ ángulo α_1
- ✓ ángulo β
- ✓ ángulo β_1
- ✓ α_{C-B}
- ✓ α_{B1-C1}
- ✓ α_{C1-D1}
- ✓ coordenadas del punto C_1 (XC_1 ; YC_1)
- ✓ coordenadas del punto D_1 (XD_1 ; YD_1)

Este método se puede apreciar en las figuras 8,9 y 10.

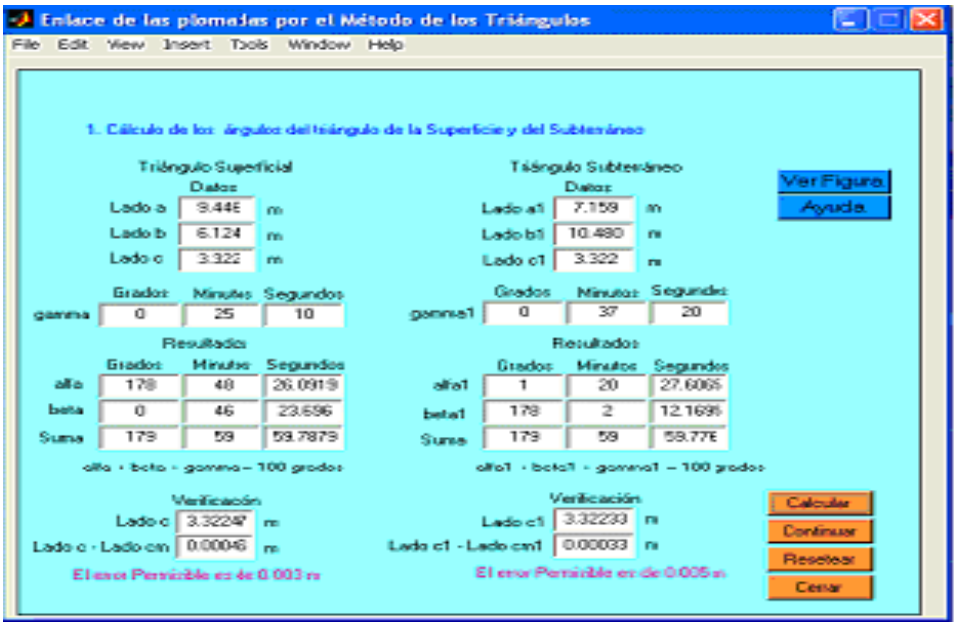


Figura 8: Aplicación #1 del Método de los Triángulos.

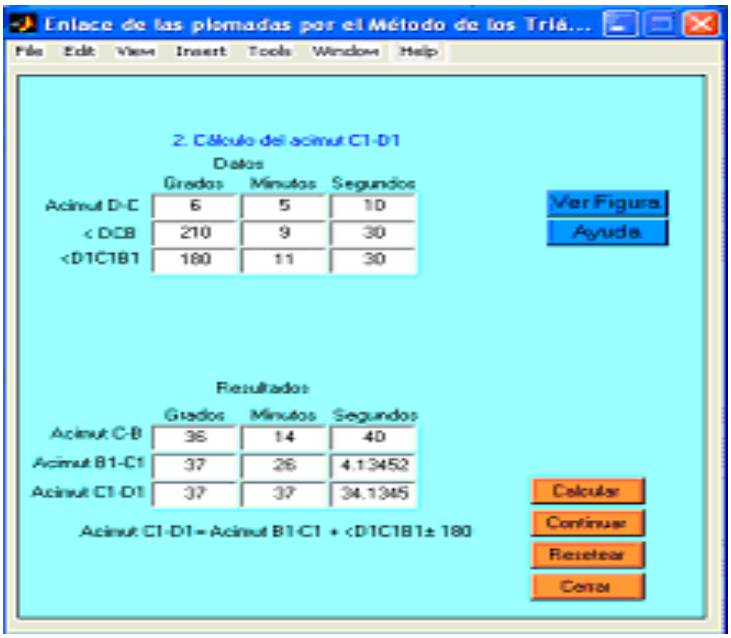


Figura 9: Aplicación #2 del Método de los Triángulos.

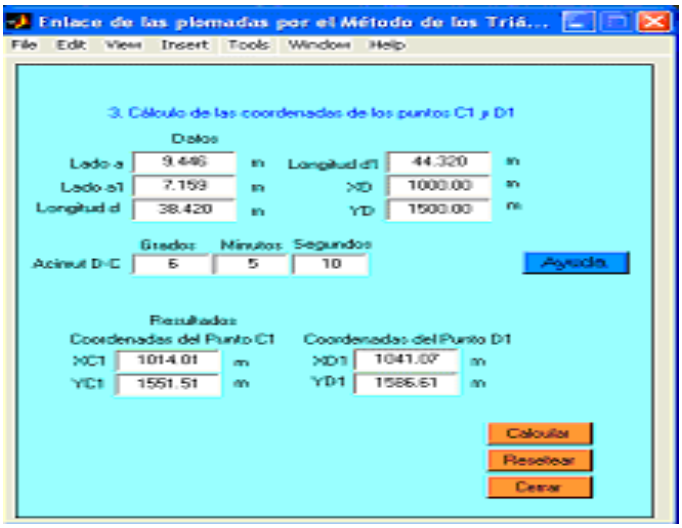


Figura 10: Aplicación #3 del Método de los Triángulos.

3.2.3 Enlace de las plomadas por el Método de los Cuadriláteros.

Entre los datos que se deben introducir en este método se encuentran los siguientes:

- ✓ ángulo β_1
- ✓ ángulo β_2
- ✓ ángulo β_3
- ✓ ángulo β_4
- ✓ longitud b
- ✓ distancia A-B (Cm)
- ✓ $\alpha_{A\text{-}B}$ (Superficie)
- ✓ coordenadas del punto A en la superficie (XA ;YA)

Entre los resultados que se visualizan se pueden mencionar los siguientes:

- ✓ ángulo γ
- ✓ ángulo γ_1
- ✓ lado a_1
- ✓ lado a_2
- ✓ lado b_1

- ✓ lado b_2
- ✓ α'_{P1A} (acimut condicionado del punto P_1 - A)
- ✓ α'_{P2A} (acimut condicionado del punto P_2 - A)
- ✓ α'_{P1B} (acimut condicionado del punto P_1 - B)
- ✓ α'_{P2B} (acimut condicionado del punto P_2 - B)
- ✓ X'_A (coordenada condicionada X del punto A)
- ✓ Y'_A (coordenada condicionada Y del punto A)
- ✓ X'_B (coordenada condicionada X del punto B)
- ✓ Y'_B (coordenada condicionada Y del punto B)
- ✓ α'_{AB} (acimut condicionado del punto A - B)
- ✓ α_{P1-P2} (acimut condicionado del punto P_1 - P_2)
- ✓ α_{P1-A} (acimut condicionado del punto P_1 - A)
- ✓ α_{P2-A} (acimut condicionado del punto P_2 - A)
- ✓ coordenadas del punto P_1 (XP_1 ;YP_1)
- ✓ coordenadas del punto P_2 (XP_2 ;YP_2)

Este método se muestra en las figuras 11,12 y 13.

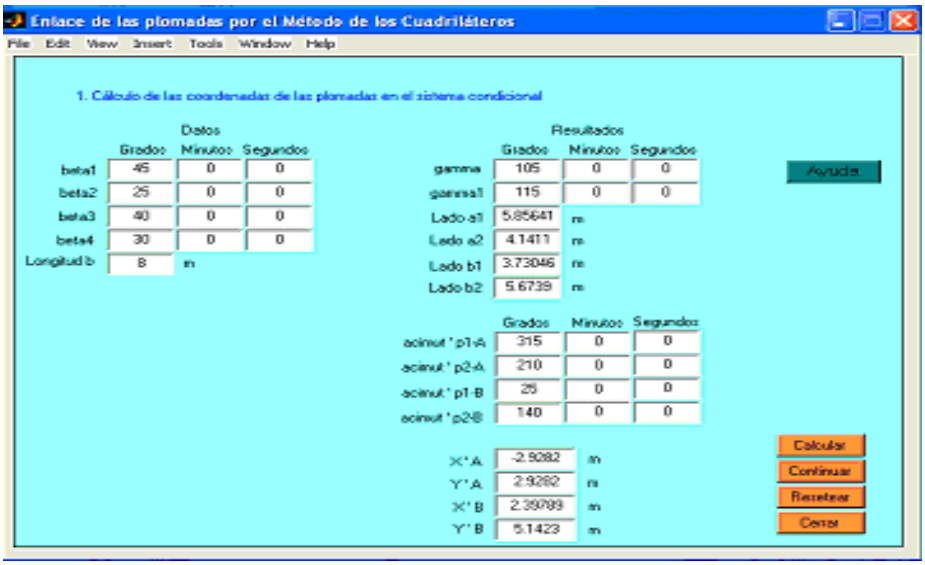


Figura 11: Aplicación #1 del Método de los Cuadriláteros.

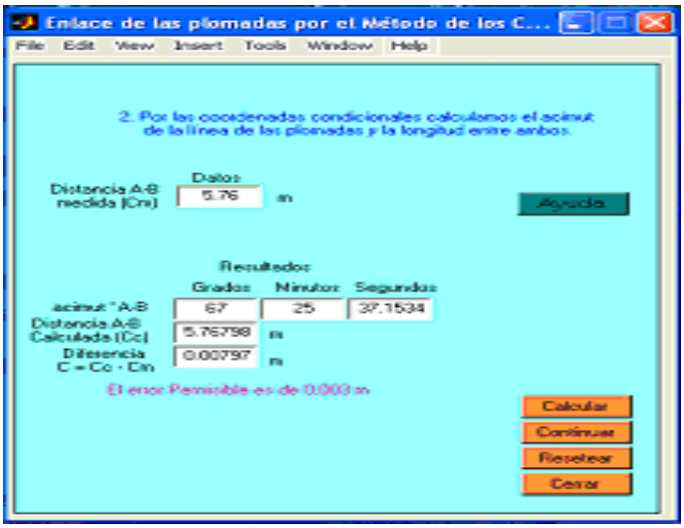


Figura 12: Aplicación #2 del Método de los Cuadriláteros.

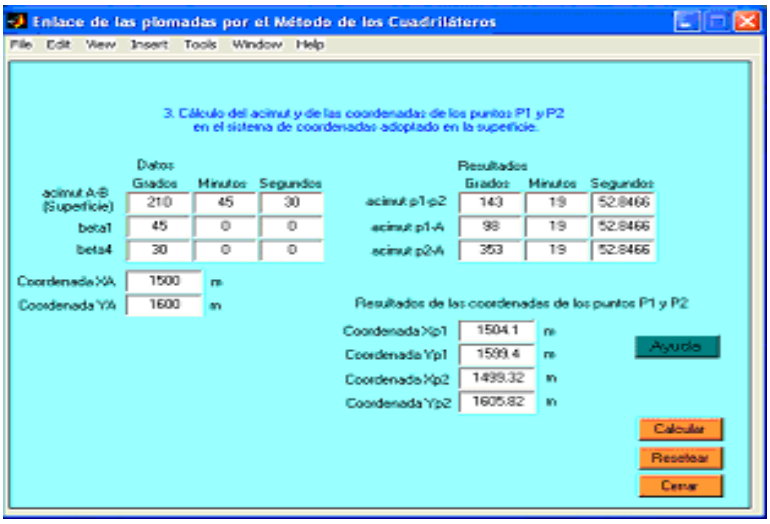


Figura 13: Aplicación #3 del Método de los Cuadriláteros.

3.2.4 Generalidades de las poligonales.

Conocemos como poligonales mineras el levantamiento o trazado de un polígono, en el cual medimos con ayuda de los instrumentos topográficos los ángulos horizontales y verticales, de ser necesario, así como las longitudes de los lados. Cada poligonal consta de un número determinado de ángulos, lados y vértices. Los vértices de las poligonales son los puntos materializados en las excavaciones por medio de puntos permanentes o temporales.

Este software permite además el cálculo de las poligonales Cerradas de enlace y de Rodeo. Para la realización de los cálculos, el permite la selección de la poligonal Cerrada de Enlace o de Rodeo que se desee utilizar para el caso donde el número de vértices oscile entre 3 - 10.

El Software tiene la posibilidad de utilizar, además la estructura para el manejo a partir de tablas de una base de datos relacionada con las coordenadas de los puntos de la poligonal. Es decir, se guardan las variables en ficheros con formatos exportables a otros softwares tabuladores como Excel, Access, etc e importables desde estos mismos a Matlab.

El Matlab ofrece entre sus bondades interfaces visuales que permiten el trabajo de minería de datos (data mining), de manera interactiva a través de ficheros con estructura SQL (Structure Questions Language).

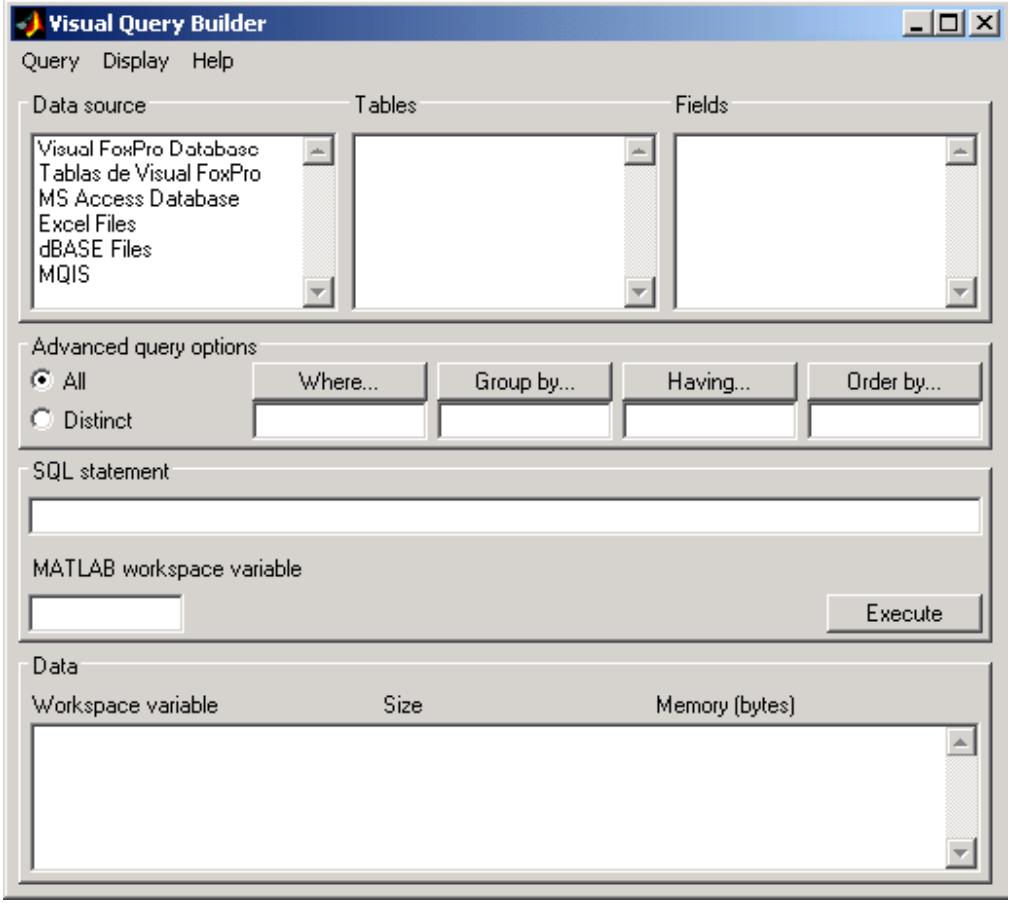


Figura 14: interface para la base de datos

3.2.4.1 Cálculo de las Poligonales Cerradas de Enlace.

Entre los datos que se deben introducir para la utilización de este programa se encuentran los siguientes:

- ✓ ∝inicial (acimut inicial)
- ✓ ∝final (acimut final)
- ✓ ángulos medidos
- ✓ número de vértices
- ✓ longitudes que se miden desde un punto a otro de la poligonal
- ✓ coordenadas (X;Y) de los 2 puntos de enlace de la poligonal

Entre los resultados que se visualizan se pueden mencionar los siguientes:

- ✓ compensación de los ángulos medidos
- ✓ obtención de los acimutes de todos los lados de la poligonal
- ✓ cálculo de los ΔX y ΔY
- ✓ cálculo de los errores en ΔX y ΔY
- ✓ compensación de los ΔX y ΔY
- ✓ cálculo de las coordenadas (X;Y) de los puntos de la poligonal

Este método se muestra en las figuras 15,16, 17 y 18.

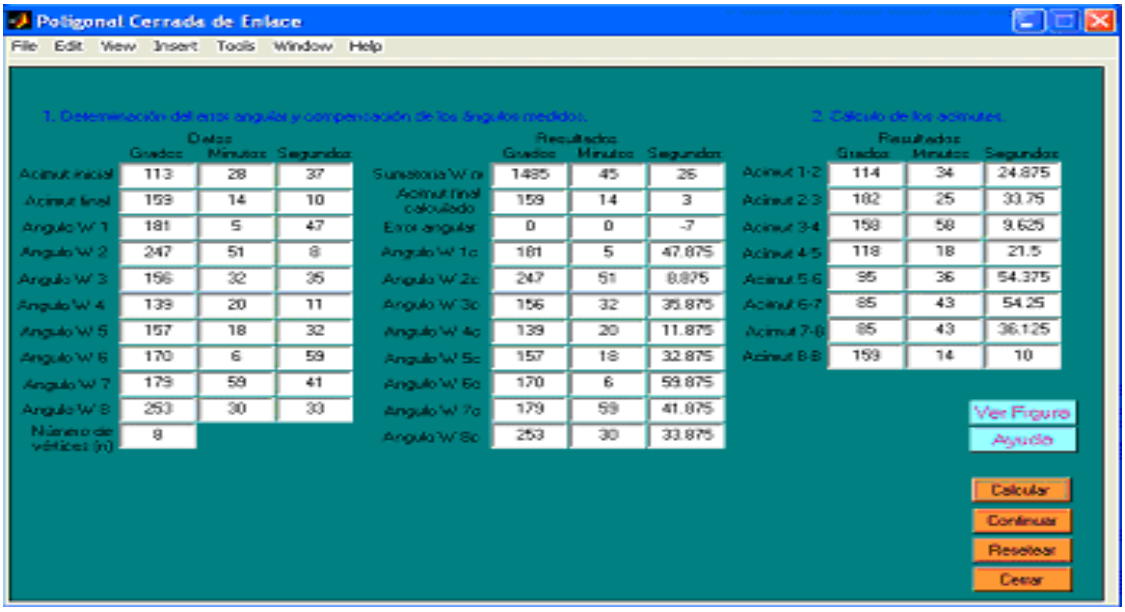


Figura 15: Aplicación #1 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Enlace para el caso donde el número de vértices es igual a 8.

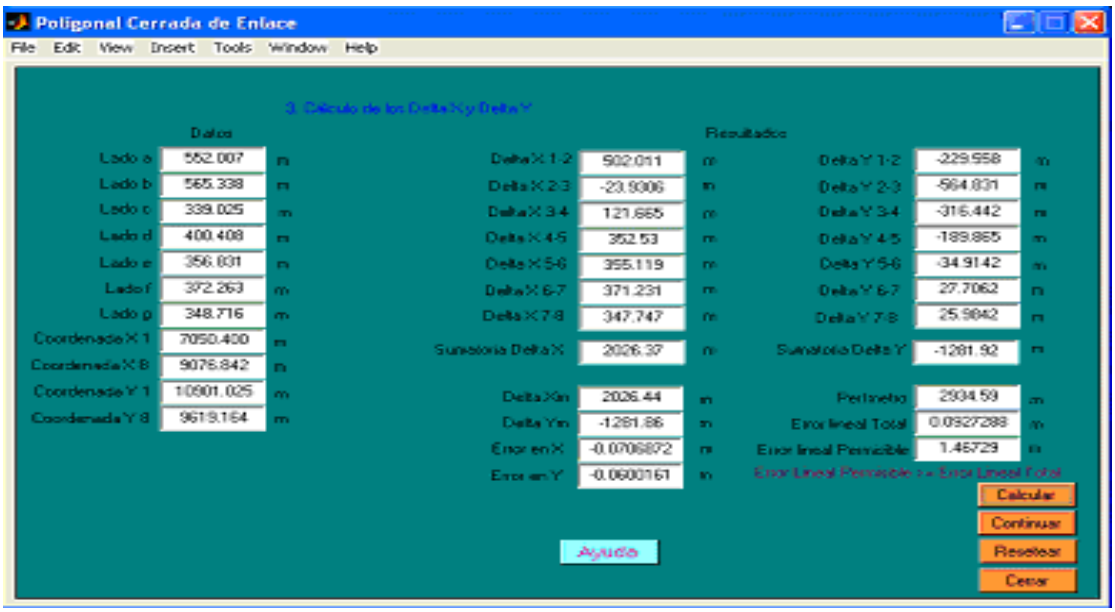


Figura 16: Aplicación #2 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Enlace para el caso donde el número de vértices es igual a 8.

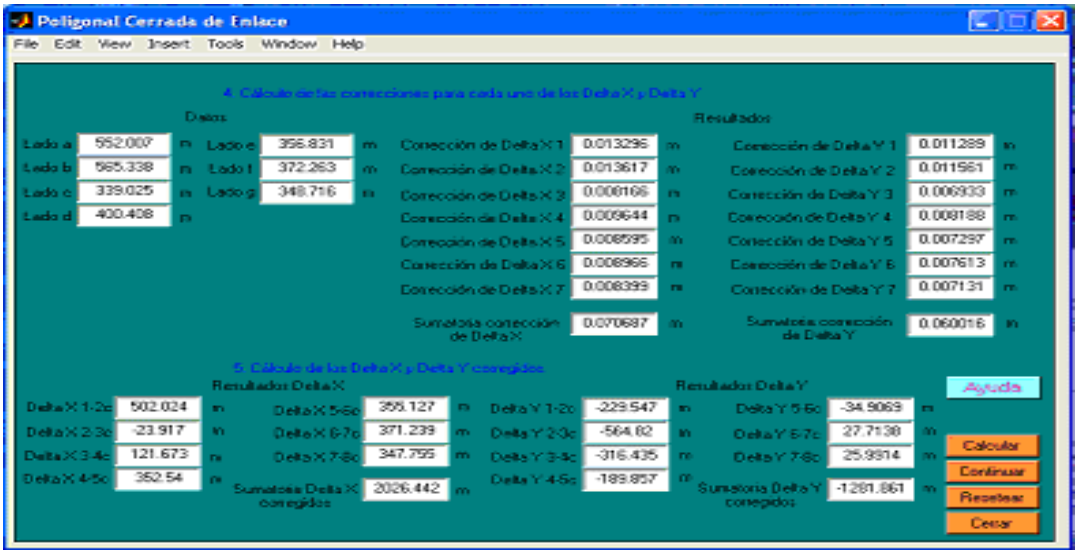


Figura 17: Aplicación #3 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Enlace para el caso donde el número de vértices es igual a 8.

Figura 18: Aplicación #4 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Enlace para el caso donde el número de vértices es igual a 8.

3.2.4.2 Cálculo de las Poligonales Cerradas de Rodeo.

Esta aplicación tiene similitud con la anterior, a diferencia que en la Poligonal Cerrada de Enlace, los cálculos se realizan a través de dos puntos de enlace y que en la Poligonal Cerrada de Rodeo se parte de un punto de acimut y coordenadas conocidos y se retorna al mismo punto, ya sea cuando las mediciones de los ángulos sean interiores o exteriores.

En este caso se comprueba que la $\sum \Delta X_C$ y la $\sum \Delta Y_C$ son igual a cero.

Este método se muestra en las figuras 19,20, 21 y 22.

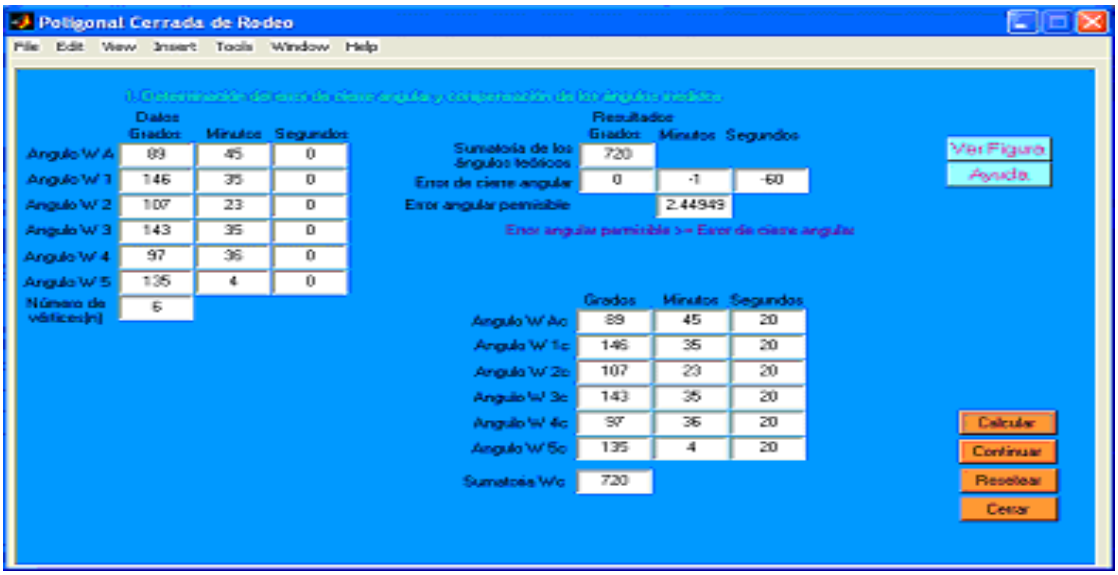


Figura 19: Aplicación #1 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Rodeo para el caso donde el número de vértices es igual a 6.

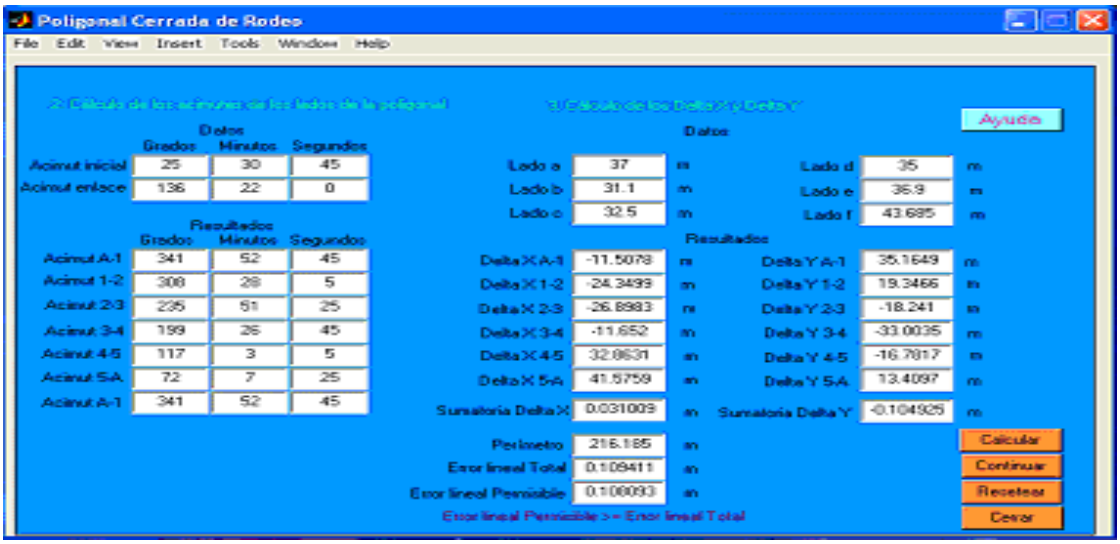


Figura 20: Aplicación #2 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Rodeo para el caso donde el número de vértices es igual a 6.

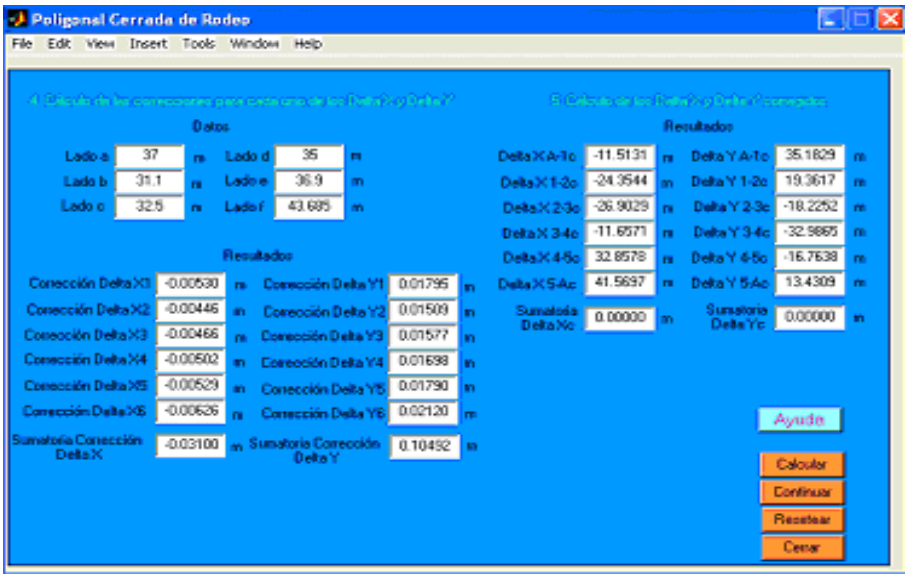


Figura 21: Aplicación #3 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Rodeo para el caso donde el número de vértices es igual a 6.

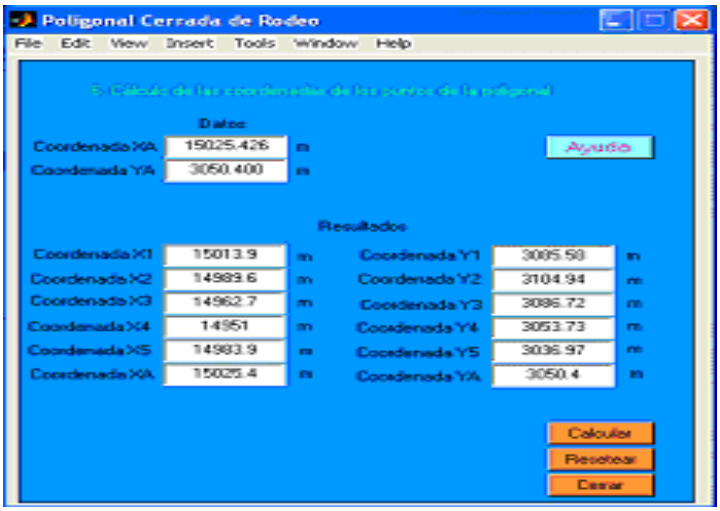


Figura 22: Aplicación #4 del cálculo de una Poligonal Cerrada de Rodeo para el caso donde el número de vértices es igual a 6.

3.2.5 Validación del Software.

Este Software se ha realizado a partir de metodologías de cálculos ya existentes y se implementa con la utilización de datos de mediciones que se han determinado con anterioridad y que se utilizan en las clases prácticas de las asignaturas afines a la Topografía, tituladas de la siguiente manera:

- ✓ Orientación Subterránea por el Método de los Triángulos.
- ✓ Cálculo y compensación de una Poligonal.

El programa realizado se puede utilizar en las diferentes materias:

- ✓ Carrera de Minas en la asignatura de Topografía General y Minera.
- ✓ Carrera de Geología en la asignatura de Topografía.
- ✓ Tareas Extraclases.
- ✓ Prácticas Laborales Investigativas.
- ✓ Postgrados, maestrías y otros.

3.3 Orientación Subterránea mediante un pozo vertical.

3.3.1 Enlace de las plomadas por el Método de los Triángulos.

En la figura 23 se muestra el esquema de enlace por el método de los triángulos. En la superficie conocemos las coordenadas de los puntos C y D y el acimut $\propto_{DC}$. La tarea de enlace consiste en determinar el acimut del lado C_1 D_1 y las coordenadas del punto C_1 en el subterráneo.

Supongamos que la tarea de proyección de las plomadas está resuelta ya, o sea, que las plomadas se mantienen en estado de reposo. El enlace lo realizan simultáneamente dos brigadas, una en la superficie y otra bajo mina. En los puntos C y C_1 estacionamos los teodolitos y efectuamos las siguientes mediciones:

1. Medición de los ángulos horizontales ω y γ en la superficie y también ω_1 y γ_1 bajo mina.
2. Medición de las longitudes a, b y c en la superficie y a_1, b_1 y c_1 bajo mina.

Como resultado de todo esto, en la superficie y bajo mina quedan formados dos triángulos CAB y $C_1A_1B_1$, respectivamente.

Cada longitud debemos medirla no menos de 5 veces, siempre con la misma tensión de la cinta. La diferencia entre las mediciones independientes de una sola longitud no puede ser mayor de 2 mm.

Los ángulos debemos medirlos no menos de 2 veces cada uno con una precisión de hasta 10".

Elaboramos los resultados en el gabinete; calculamos primero los ángulos α y β del triángulo superior y los ángulos α_1 y β_1 del triángulo inferior, para lo que utilizamos la ley de los senos:

$$sen\alpha = a\left(\frac{sen\gamma}{c}\right) \qquad sen\beta = b\left(\frac{sen\gamma}{c}\right)$$

$$sen\alpha_1 = a_1\left(\frac{sen\gamma_1}{c_1}\right) \qquad sen\beta_1 = b_1\left(\frac{sen\gamma_1}{c_1}\right)$$

o las fórmulas de las tangentes:

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}}$$

$$\tan\frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}}$$

$$\tan\frac{\alpha_1}{2} = \sqrt{\frac{(p_1-b_1)(p_1-c_1)}{p_1(p_1-a_1)}}$$

$$\tan\frac{\beta_1}{2} = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)(p_1-c_1)}{p_1(p_1-b_1)}}$$

Donde:

$$p = \frac{1}{2}(a+b+c) \qquad \text{y} \qquad p_1 = \frac{1}{2}(a_1+b_1+c_1)$$

La ley de los senos la usamos para el cálculo de los ángulos de las plomadas en los triángulos de forma alargada, en los cuales los ángulos α_1 o β son menores que 20^0 y los ángulos α o β_1 son mayores que 160^0. En los triángulos de una forma muy alargada con los ángulos α_1 o β menores de 2^0 y los ángulos α o β_1 mayores que 178^0, podemos emplear en lugar de la ley de los senos las expresiones siguientes:

$$\alpha'' = a\left(\frac{\gamma''}{c}\right) \qquad \beta'' = b\left(\frac{\gamma''}{c}\right)$$

$$\alpha_1'' = a_1\left(\frac{\gamma_1''}{c_1}\right) \qquad \beta_1'' = b_1\left(\frac{\gamma_1''}{c_1}\right)$$

En los demás casos utilizamos las fórmulas de las tangentes.

A fin de ejecutar el control de la medición de los lados en los triángulos de enlace calculamos las longitudes de los lados c que enlazan las plomadas mediante la fórmula:

$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cos\gamma$

Los valores calculados de c los comparamos con las longitudes directamente medidas de los lados c y c_1 del triángulo superior e inferior respectivamente. La diferencia entre las longitudes calculadas y medidas no será superior a ± 3 mm en el triángulo superior y ± 5 mm en el triángulo inferior.

Al calcular el triángulo de enlace por la fórmula de las tangentes, calculamos también el ángulo γ, a fin de ejecutar el control, por la fórmula que sigue:

$$\tan\frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{p(p-c)}}$$

de modo que el ángulo calculado no tenga diferencia con el directamente medido en más de $2'30''$.

Después de realizar los cálculos de los ángulos formados por las plomadas determinamos los errores angulares de cierre, deducidos de las fórmulas:

$$\Delta\omega = \alpha + \beta + \gamma - 180^0$$

$$\Delta\omega_1 = \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 - 180^0$$

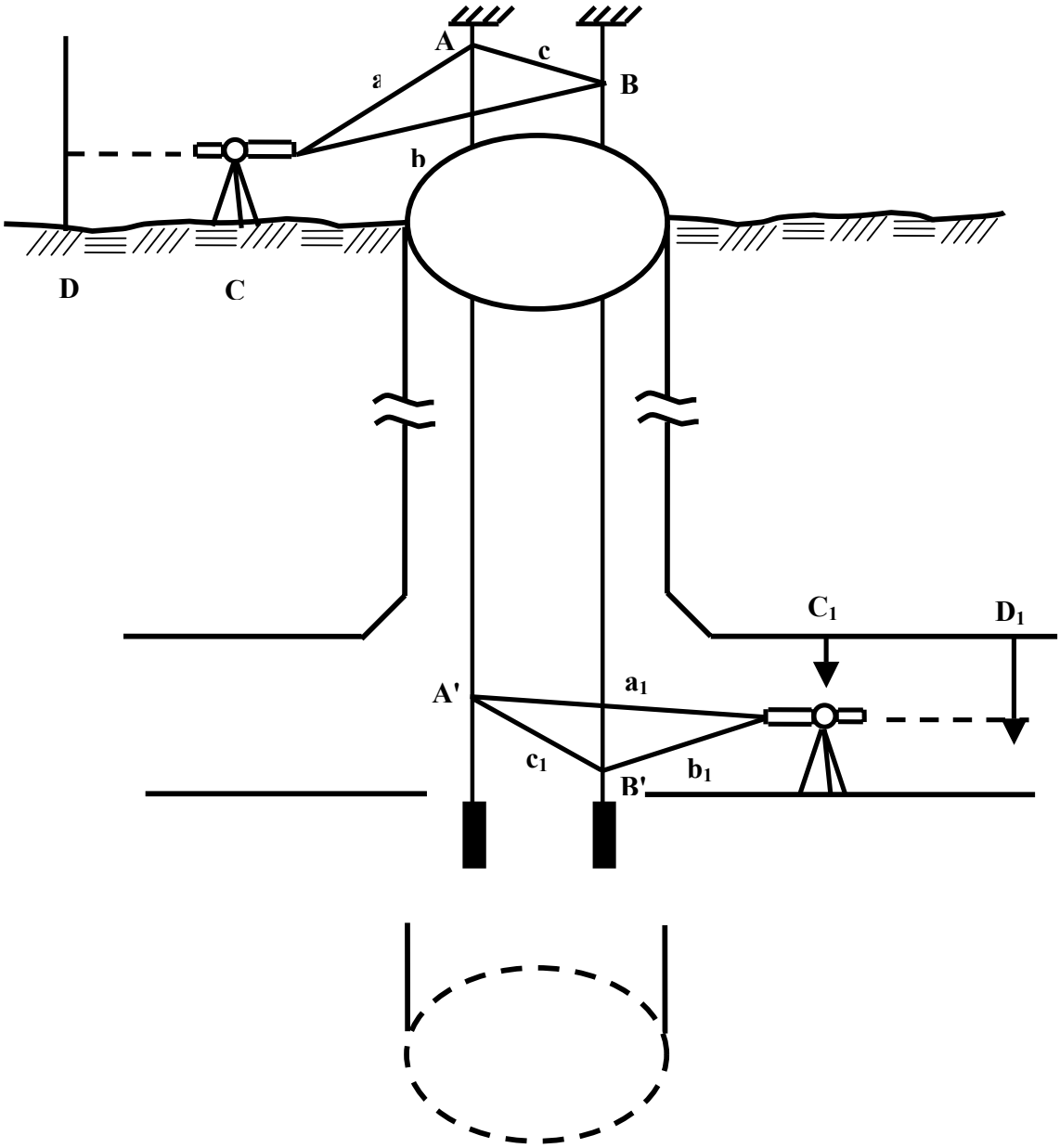


Figura 23: Enlace de las Plomadas por el Método de los Triángulos.

Los errores obtenidos los distribuimos por igual entre todos los ángulos y calculamos el acimut del lado C_1 D_1 (ver figura 24):

$$\propto_{CA} = \propto_{DC} + \omega + \gamma \pm 180^0$$

$$\propto_{A1C1} = \propto_{CA} + \alpha + \alpha_1 \pm 180^0$$

$$\propto_{C1D1} = \propto_{A1C1} + \gamma_1 + \omega_1 \pm 180^0$$

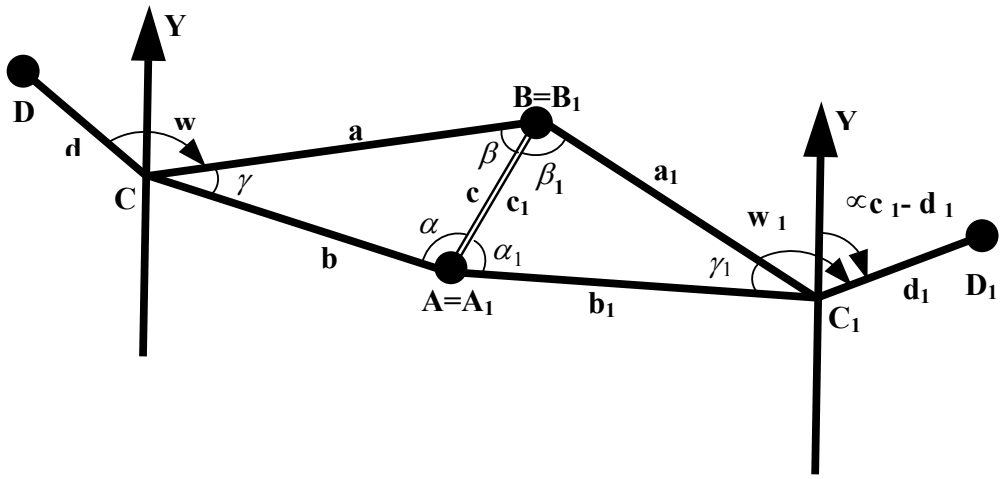


Figura 24: Representación del cálculo del acimut C1- D1($\propto_{c1-d1}$)

Suponiendo que las poligonales interceptan la plomada A (A_1). A fin de ejecutar el control calculamos una vez más el acimut del lado C_1D_1, imaginándonos que la poligonal atraviesa esta vez la plomada B (B_1):

$$\propto_{CD} = \propto_{DC} + \omega \pm 180^0$$
$$\propto_{B1C1} = \propto_{CB} - (\beta + \beta_1) \pm 180^0$$
$$\propto_{C1D1} = \propto_{B1C1} + \omega_1 \pm 180^0$$

Ambos valores del acimut $\propto_{C1D1}$ deben ser exactamente iguales.

En base a los acimutes y a las longitudes de los lados calculamos los incrementos de las coordenadas con los cuales obtendremos finalmente las coordenadas del punto C_1. Es recomendable calcular las coordenadas del punto C_1 por dos vías:

$$X_{C1} = X_C + b sen \propto_{CA} + b_1 sen \propto_{A1C1}$$
$$X_{C1} = X_C + a sen \propto_{CB} + a_1 sen \propto_{B1C1}$$

$$Y_{C1} = Y_C + b \cos \propto_{CA} + b_1 \cos \propto_{A1C1}$$
$$Y_{C1} = Y_C + a \cos \propto_{CB} + a_1 \cos \propto_{B1C1}$$

Con esto termina la tarea de enlace por el método de los triángulos.

Analizando el fenómeno de la influencia de los errores en las mediciones de los ángulos y longitudes de los triángulos de enlace en la precisión del traslado del acimut a la mina podemos sacar las siguientes conclusiones:

1. Debemos procurar que la distancia C entre las plomadas sea lo más grande posible.
2. La forma más ventajosa del triángulo de enlace es una forma alargada con los ángulos α_1 y β próximos a 0^0 y los ángulos β_1 y α próximos a 180^0.
3. En la orientación principal no se permite que los ángulos α_1 y β sean mayores de 20^0 y que los ángulos β_1 y α sean menores de 160^0. Dicha condición puede ser despreciada tan solo en las orientaciones de poca importancia (secundarias), haciendo los cálculos de los ángulos, como ya se planteó anteriormente, por las fórmulas de las tangentes.
4. Los teodolitos debemos estacionarlos lo más cerca posible de las plomadas.
5. Los puntos D y D_1 deben situarse a la distancia máxima posible de los puntos C y C_1.

3.3.1.1 Ejemplo de cálculo mediante el Método de los Triángulos.

Ejemplo:

Calcule la orientación subterránea según los datos mostrados mediante el método de los triángulos (ver Figura 24), aplicando la ley de los senos.

Datos:

X_D = 1000.00

Y_D = 1500.00

$\propto_{DC}$ = 06^0 05' 10"

Mediciones en la superficie	**Mediciones en el subterráneo**
<DCB = 210^0 09' 30"	<$D_1C_1B_1$ = 180^0 11' 30"
<DCA = 210^0 34' 40"	<$D_1C_1A_1$ = 179^0 34' 10"
a = 9.446 m	a_1 = 7.159 m
b = 6.124 m	b_1 = 10.480 m
c = 3.322 m	c_1 = 3.322 m
d = 38.420 m	d_1 = 44.320 m
γ = 00^0 25' 10"	γ_1 = 00^0 37' 20 "

<u>Incógnitas</u>:

X_{D1} = ?

Y_{D1} = ?

Pasos a seguir:

1. Realización del cálculo para resolver los triángulos en la superficie y en el subterráneo.

<u>Triángulo en la superficie</u>:

Aplicando la ley de los senos tenemos que:

$$\frac{\text{Sen}\alpha}{\text{a}} = \frac{\text{Sen}\gamma}{\text{c}} \Rightarrow \textit{Despejando} \Rightarrow \text{Sen}\alpha = \text{a}\left(\frac{\text{Sen}\gamma}{\text{c}}\right)$$

$$\frac{\text{Sen}\beta}{\text{b}} = \frac{\text{Sen}\gamma}{\text{c}} \Rightarrow \textit{Despejando} \Rightarrow \text{Sen}\beta = \text{b}\left(\frac{\text{Sen}\gamma}{\text{c}}\right)$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Sen}\alpha = 9.446\left(\frac{\text{Sen}\left(00^0 25' 10''\right)}{3.322}\right)$$

$$\text{Sen}\alpha = 9.446\left(\frac{0.00732062}{3.322}\right)$$

$$\text{Sen}\alpha = 9.446(0.00220367)$$

$$\text{Sen}\alpha = 0.02081586$$

$$\alpha' = \text{Sen}^{-1}(0.02081586)$$

$$\alpha' = 01^0 11' 33.89''$$

$$\alpha = 180^0 - \alpha'$$

$$\alpha = 180^0 - 01^0 11' 33.89''$$

$$\alpha = 178^0 48' 26.1''$$

$$\text{Sen}\beta = 6.124\left(\frac{\text{Sen}\left(00^0 25' 10''\right)}{3.222}\right)$$
$$\text{Sen}\beta = 6.124\left(0.00220367\right)$$
$$\text{Sen}\beta = 0.0134527$$
$$\beta = \text{Sen}^{-1}\left(0.01349527\right)$$
$$\beta = 00^0 46' 23.68''$$

A fin de ejecutar el control de la medición de los lados en los triángulos de enlace calculamos las longitudes de los lados c que enlazan las plomadas mediante la fórmula:

$c_c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos\gamma$

$c_c^2 = (9.446)^2 + (6.124)^2 - 2\ (9.446)\ (6.124) \cos (00^0\ 25'\ 10'')$

$c_c^2 = 89.2269 + 37.5033 - 115.6946\ (0.99997320)$

$c_c^2 = 126.7302 - 115.6914$

$c_c^2 = 11.0388$ m

$c_c = \sqrt{11.0388} = 3.322$ m

Los valores calculados de c los comparamos con las longitudes directamente medidas de los lados c y c_1 del triángulo superior e inferior respectivamente. La diferencia entre las longitudes calculadas y medidas no será superior a ± 3 mm en el triángulo superior y ± 5 mm en el triángulo inferior.

$c_m = 3.322$ m

$c_c - c_m = 0.000$

Admisible $\Rightarrow$ 0.003 m

Luego se verifican los ángulos:

$\gamma = 00^0 25'10.1''$

$\alpha = 178^0 48'26.2''$

$\beta = 00^0 46'23.78''$

$\gamma + \alpha + \beta = 180^0 00'00''$

<u>Triángulo en el subterráneo</u>:

Aplicando la ley de los senos tenemos que:

$$\frac{\text{Sen}\alpha_1}{a_1} = \frac{\text{Sen}\gamma_1}{c_1} \Rightarrow Despejando \Rightarrow \text{Sen}\alpha_1 = a_1\left(\frac{\text{Sen}\gamma_1}{c_1}\right)$$

$$\frac{\text{Sen}\beta_1}{b_1} = \frac{\text{Sen}\gamma_1}{c_1} \Rightarrow Despejando \Rightarrow \text{Sen}\beta_1 = b_1\left(\frac{\text{Sen}\gamma_1}{c_1}\right)$$

Sustituyendo los valores:

$$\text{Sen}\beta_1 = 10.480\left(\frac{\text{Sen}(00^0 37' 20'')}{3.222}\right)$$

$$\text{Sen}\beta_1 = 10.480(0.00326899)$$

$$\text{Sen}\beta_1 = 0.03425901$$

$$\beta_1 = \text{Sen}^{-1}(0.03425901)$$

$$\beta_1' = 01^0 57' 47.81''$$

$$\beta_1 = 180^0 - \beta_1'$$

$$\beta_1 = 180^0 00' 00'' - 01^0 57' 47.81''$$

$$\beta_1 = 178^0 02' 12.19''$$

$$\text{Sen}\alpha_1 = 7.159\left(\frac{\text{Sen}(00^0 37' 20'')}{3.322}\right)$$

$$\text{Sen}\alpha_1 = 7.159\left(\frac{0.01085961}{3.322}\right)$$

$$\text{Sen}\alpha_1 = 7.159\ (0.00326899)$$

$$\text{Sen}\alpha_1 = 0.02340269$$

$$\alpha_1 = \text{Sen}^{-1}(0.02340269)$$

$$\alpha_1 = 01^0 20' 27.59''$$

$c_{c1}^2 = a_1^2 + b_1^2 - 2\ a_1\ b_1 \cos\gamma$

$c_{c1}^2 = (7.159)^2 + (10.480)^2 - 2\ (7.159)\ (10.480) \cos\ (00^0\ 37'\ 20'')$

$c_{c1}^2 = 51.2512 + 109.8304 - 150.0526\ (0.99994103)$

$c_{c1}^2 = 161.0816 - 150.0437$

$c_{c1}^2 = 11.0379$ m

$c_{c1} = \sqrt{11.0379} = 3.322$ m

$c_{m1} = 3.322$ m

$c_{c1} - c_{m1} = 0.000$

Admisible $\Rightarrow$ 0.005 m

Luego se verifican los ángulos:

γ_1 = $00^0 37'20.1''$

α_1 = $01^0 20'27.69''$

β_1 = $178^0 02'12.29''$

$\gamma_1 + \alpha_1 + \beta_1$ = $180^0 00'00''$

2. Cálculo del acimut C_1 D_1 ($\propto_{C1\ D1}$).

$\propto_{C-B}$ = $\propto_{D-C}$ + < DCB ± 180^0

$\propto_{C-B}$ = 06^0 05' 10" + 210^0 09' 30" ± 180^0

$\propto_{C-B}$ = 216^0 14' 40" - 180^0

$\propto_{C-B}$ = 36^0 14' 40"

$\propto_{B1-C1}$ = $\propto_{C-B}$ – ($\beta + \beta_1$) ± 180^0

$\propto_{B1-C1}$ = 36^0 14' 40" – (00^0 46' 23.68"+ 178^0 02' 12.19") ± 180^0

$\propto_{B1-C1}$ = 36^0 14' 40" – 178^0 48' 35.8" ± 180^0

$\propto_{B1-C1}$ = - 142^0 33' 55.8" + 180^0

$\propto_{B1-C1}$ = 37^0 26' 4.2"

$\propto_{C1-D1}$ = $\propto_{B1-C1}$ + < D_1 C_1 B_1 ± 180^0

$\propto_{C1-D1}$ = 37^0 26' 4.2" + 180^0 11' 30" ± 180^0

$\propto_{C1-D1}$ = 217^0 37' 34.2" - 180^0

$\propto_{C1-D1}$ = 37^0 37' 34.2"

3. Cálculo de las coordenadas de los puntos C y D.

- Coordenadas del punto C

X_{C1} = X_D + d sen $\propto_{D-C}$ + a sen $\propto_{C-B}$ + a_1 sen $\propto_{B1-C1}$

X_{C1} = 1000.00 + 38.420 sen (06^0 05' 10'') + 9.446 sen (36^0 14' 40'') + 7.159 sen (37^0 26' 4.2'')

X_{C1} = 1000.00 + 38.420 (0.10602303) + 9.446 (0.59123145) + 7.159 (0.60785407)

X_{C1} = 1000.00 + 4. 0734 + 5.5847 + 4.3516

X_{C1} = 1014.009 m

$Y_{C1} = Y_D + d \cos \propto_{D-C} + a \cos \propto_{C-B} + a_1 \cos \propto_{B1-C1}$

Y_{C1} = 1500.00 + 38.420 cos (06^0 05' 10'') + 9.446 cos (36^0 14' 40'') + 7.159 cos (37^0 26' 4.2'')

Y_{C1} = 1500.00 + 38.420 (0.99436367) + 9.446 (0.80650193) + 7.159 (0.79404875)

Y_{C1} = 1500.00 + 38.2034 + 7.6182 + 5.6845

Y_{C1} = 1551.506 m

- Coordenadas del punto D

$X_{D1} = X_{C1} + d_1 \text{ sen} \propto_{C1-D1}$

X_{D1} = 1014.009 + 44.320 sen (37^0 37' 34.2'')

X_{D1} = 1014.009 + 44.320 (0.61050693)

X_{D1} = 1014.009 + 27.0576

X_{D1} = 1041.0666 m

$Y_{D1} = Y_{C1} + d_1 \cos \propto_{C1-D1}$

Y_{D1} = 1551.506 + 44.320 cos (37^0 37' 34.2'')

Y_{D1} = 1551.506 + 44.320 (0.79201091

Y_{D1} = 1551.506 + 35.1019

Y_{D1} = 1586.6079 m

Las coordenadas de los puntos C y D son:

X_{C1} = 1014.009 m

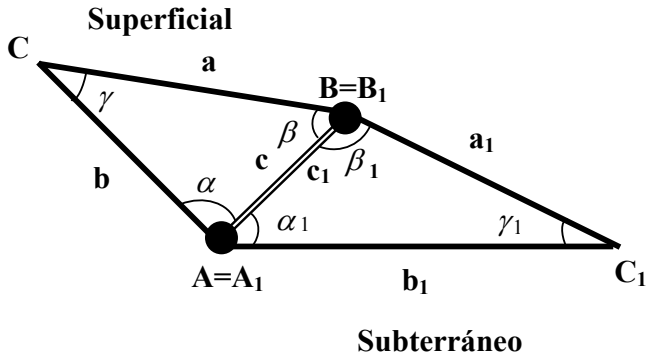
Y_{C1} = 1551.506 m

X_{D1} = 1041.0666 m

Y_{D1} = 1586.6079 m

Por último se debe de confeccionar una tabla como se muestra a continuación (ver tabla #1).

Tabla #1: Enlace de las Plomadas por el Método de los Triángulos.



Fórmulas usadas

$$\text{Sen}\,\alpha = a\,\frac{\text{Sen}\,\gamma}{c}$$

$$\text{Sen}\,\beta = b\,\frac{\text{Sen}\,\gamma}{c}$$

$$c_c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma$$

Triángulo superficial								
1	a	9.446	4	γ	$00^0 25'10''$	17	$\text{Cos}\,\gamma$	0.99997320
2	b	6.124	10	$\alpha = 180^0 - \alpha'$	$178^0 48'26.1''$	18	-2ab	-115.6914
3	c	3.322	11	β	$00^0 46'23.68''$	19	a^2	89.2269
5	$\text{Sen}\,\gamma$	0.00732062	12	$\gamma + \alpha + \beta$	$180^0 00'00''$	20	b^2	37.5033
6	$\frac{\text{Sen}\,\gamma}{c}$	0.00220367		ángulos	verificados	21	c_c^2	11.0388
7	$\text{Sen}\,\alpha$	0.02081591	13	γ	$00^0 25'10.1''$	22	c_c	3.322
8	α'	$01^0 11'33.89''$	14	α	$178^0 48'26.2''$	23	c_m	3.322
9	$\text{Sen}\,\beta$	0.01349525	15	β	$00^0 46'23.78''$	24	$c_c - c_m$	0.000
			16	$\gamma + \alpha + \beta$	$180^0 00'00''$		admisible	0.003
Triángulo subterráneo								
1	a_1	7.159	4	γ_1	$00^0 37'20''$	17	$\text{Cos}\,\gamma_1$	0.99994103
2	b_1	10.480	10	α_1	$01^0 20'27.59''$	18	$-2a_1b_1$	-150.0526
3	c_1	3.322	11	$\beta_1 = 180^0 - \beta_1'$	$178^0 02'12.19''$	19	a_1^2	51.2512
5	$\text{Sen}\,\gamma_1$	0.01085961	12	$\gamma_1 + \alpha_1 + \beta_1$	$180^0 00'00''$	20	b_1^2	109.8304
6	$\frac{\text{Sen}\,\gamma_1}{c_1}$	0.00326899		ángulos	verificados	21	c_{c1}^2	11.0379
7	$\text{Sen}\,\alpha_1$	0.02340268	13	γ_1	$00^0 37'20.1''$	22	c_{c1}	3.322
8	$\text{Sen}\,\beta_1$	0.03425900	14	α_1	$01^0 20'27.69''$	23	c_{m1}	3.322
9	β_1'	$1^0 57'47.81''$	15	β_1	$178^0 02'12.29''$	24	$c_{c1} - c_{m1}$	0.000
			16	$\gamma_1 + \alpha_1 + \beta_1$	$180^0 00'00''$		admisible	0.005

3.3.2 Enlace de las plomadas por el Método de los Cuadriláteros.

Este método lo usamos cuando no haya posibilidades de formar los triángulos de enlace óptimos en el subterráneo.

En la figura está representado un esquema de enlace de las plomadas por medio de un cuadrilátero. A través del pozo hacemos descender las plomadas A y B y en las proximidades de la estación del pozo materializamos los puntos P1 y P2. La tarea plantea determinar las coordenadas de los puntos P1 y P2 y el acimut del lado P1P2. Suponiendo que la tarea de proyección esté resuelta, para resolver la tarea de enlace por el método del cuadrilátero, mediremos por medio de tres repeticiones los ángulos β1, β2, β3 y β4. Para relacionar los trabajos de enlace con los puntos de las poligonales subterráneas medidos el ángulos β_0. Además, mediremos las distancias entre las plomadas A y B y entre los puntos P1 y P2.

La resolución de la tarea podemos realizarla por varios de los métodos geodésicos conocidos.

Analizaremos uno de los más fáciles, el método del acimut condicional.

El punto P1 lo tomamos como origen de las coordenadas y hacemos coincidir la dirección P1P2 con el eje de las ordenadas. Empleando el método de la intersección directa calcularemos las coordenadas condicionales de las plomadas A y B y el acimut condicional α'_{A-B} de la línea que une a las plomadas.

En la base a la diferencia del acimut α_{A-B} determinado en la superficie y del acimut condicional de esta dirección, determinaremos el acimut P1-P2 en el sistema de coordenadas que existen la superficie.

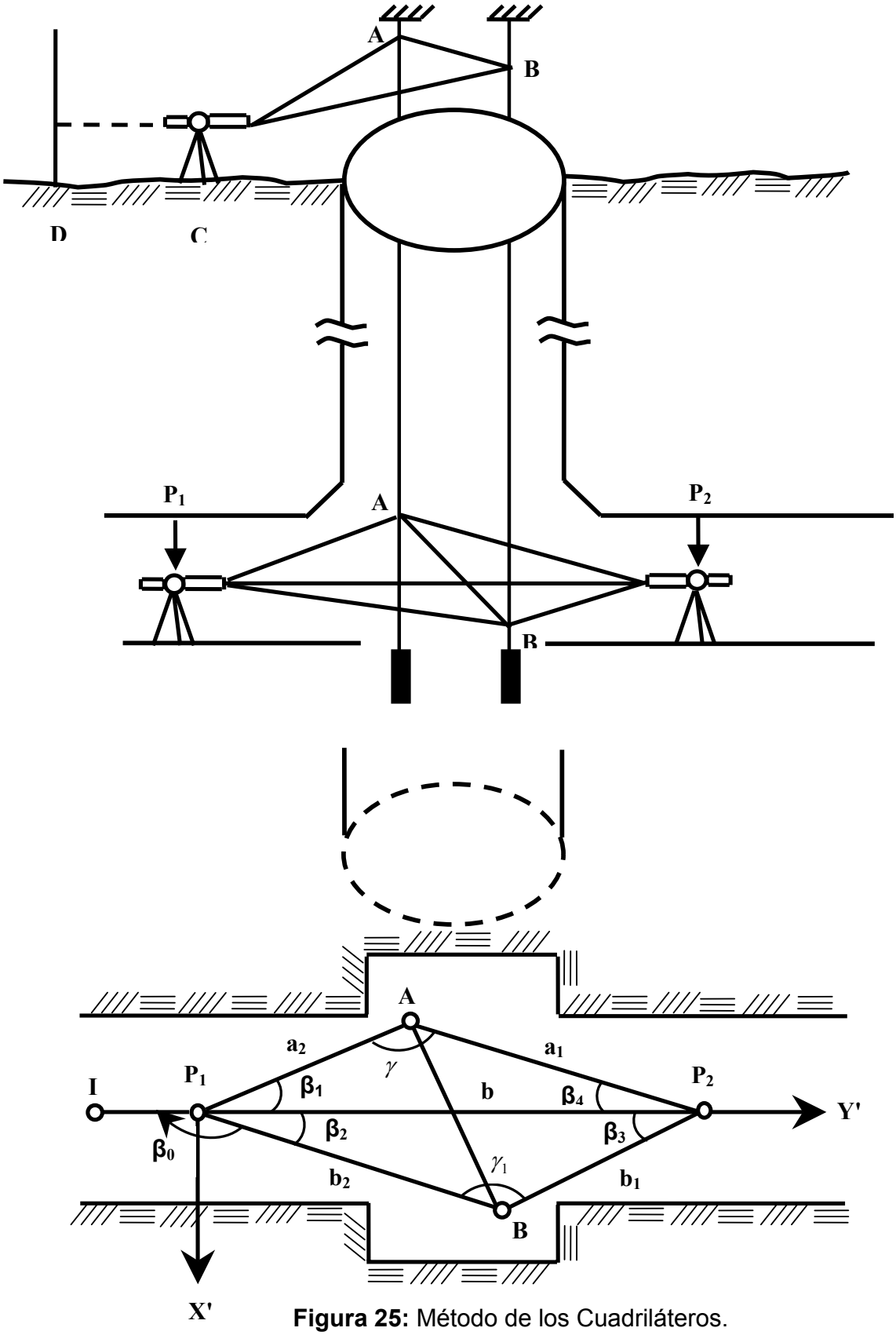


Figura 25: Método de los Cuadriláteros.

El trabajo de gabinete de los datos iniciales consta de los siguientes pasos:

1. **Cálculo de las coordenadas de las plomadas en el sistema condicional.**

   a) Del triángulo P1AP2 por el teorema de los senos es posible calcular las longitudes de los lados a1 y a2:

$$a_1 = sen\beta_1 \frac{b}{sen\gamma} \qquad b_1 = sen\beta_2 \frac{b}{sen\gamma_1}$$

$$a_2 = sen\beta_4 \frac{b}{sen\gamma} \qquad b_2 = sen\beta_3 \frac{b}{sen\gamma_1}$$

Donde:

$$\gamma = 180^0 - (\beta_1 + \beta_4)$$
$$\gamma_1 = 180^0 - (\beta_2 + \beta_3)$$

   b) determinar el acimut de los lados a_1, a_2;

$$\alpha'_{P1A} = \alpha'_{P2P1} - \beta_1 \pm 180^0 = -\beta_1 + 360^0$$
$$\alpha'_{P2A} = \alpha'_{P1P2} + \beta_4 \pm 180^0 = \alpha'_{P2P1} + \beta_4 \pm 180^0 = 180^0 + \beta_4$$
$$\alpha'_{P1B} = \alpha'_{P2P1} + \beta_2 \pm 180^0 = \alpha'_{P1P2} + \beta_2 = \beta_2$$
$$\alpha'_{P2B} = \alpha'_{P1P2} - \beta_3 \pm 180^0 = \alpha'_{P2P1} - \beta_3 = 180^0 - \beta_3$$

   c) cálculo de las coordenadas condicionales de la plomada A ;

P_1 (0;0) $\qquad$ P_2(0;b)

$X'_A = X' P_1 + a_2 \text{ sen } (360^0 - \beta_1) = a_1 \text{sen } (180^0 + \beta_4)$

$Y'_A = Y' P_1 + a_2 \cos (360^0 - \beta_1) = YP_2 + a_1 \cos (180^0 + \beta_4)$

   d) del triángulo P_1P_2B calculamos las coordenadas de la plomada B;

$X'_B = X' P_1 + b_2 \text{ sen}\beta_2 = X'P_2 + b_1 \text{ sen } (180^0 - \beta_3)$

$Y'_B = Y' P_1 + b_2 \cos\beta_2 = Y'P_2 + b_1 \cos (180^0 - \beta_3)$

2. Por las coordenadas condicionales calculamos el acimut de la línea de las plomadas y la longitud entre ambas.

$$\tan\alpha'_{A-B} = \frac{X'_B - X'_A}{Y'_B - Y'_A} \qquad \alpha'_{AB} = \tan^{-1}\frac{X'_B - X'_A}{Y'_B - Y'_A}$$

$$Cc = \frac{X'_B - X'_A}{sen\,\alpha'_{AB}} = \frac{Y'_B - Y'_A}{\cos\alpha'_{AB}}$$

La distancia calculada entre las plomadas (Cc) la comparamos con la distancia medida directamente en la mina C_1 entre las plomadas. Tendremos entonces:

$$\Delta C = Cc - C_1 \leq 3 \text{ mm}$$

3. Cálculo del acimut y de las coordenadas de los puntos P_1 y P2 en el sistema coordenadas adoptado en la superficie.

- El acimut lo calculamos de la siguiente forma:

$$\alpha_{P1-P2} = \alpha_{A-B} - \alpha'_{A-B} \qquad \alpha_{P2-A} = \alpha_{P1-P2} + \beta_4 \pm 180^0$$

$$\alpha_{P1-A} = \alpha_{P1-P2} - \beta_1 \qquad \alpha_{P2-B} = \alpha_{P1-P2} - \beta_3 \pm 180^0$$

$$\alpha_{P1-B} = \alpha_{P1-P2} + \beta_2$$

Donde:

$\alpha_{A-B}\rightarrow$ acimut de la línea de las plomadas en el sistema de coordenadas adoptado en la superficie.

Las coordenadas de los puntos P_1 y P_2 los calculamos por las fórmulas:

$X_{P1} = X_A + a_2 \text{ sen } \alpha_{A-P1} = X_B + b_2 \text{ sen } \alpha_{B-P1}$

$Y_{P1} = Y_A + a_2 \cos \alpha_{A-P1} = Y_B + b_2 \cos \alpha_{B-P1}$

$X_{P2} = X_A + a_1 \text{ sen } \alpha_{A-P2} = X_B + b_1 \text{ sen } \alpha_{B-P2}$

$Y_{P2} = Y_A + a_1 \cos \alpha_{A-P2} = Y_B + b_1 \cos \alpha_{B-P2}$

Con el cálculo de las coordenadas de los puntos P_1 y P_2 concluye el método de enlace del cuadrilátero.

Al hacer uso del método anteriormente expuesto, a fin de efectuar el enlace debemos seguir las normas siguientes:

1. Usar dos teodolitos, estacionándolos en los puntos P_1 y P_2.

2. Los puntos P_1 y P_2 deben colocarse lo más próximos posible a la línea de las plomadas AB, en posición simétrica respecto a estas.
3. El punto I debe situarse a la distancia máxima del punto P_1.

3.4 Cálculo mediante una poligonal cerrada de enlace.

La poligonal cerrada de enlace es aquella que comienza en un punto de coordenadas y acimut conocidos y termina en otro de coordenadas y acimut conocidos. Se utiliza para dar coordenadas a puntos situados en su recorrido (ver Figura 26).

3.4.1 Metodología de cálculo de una poligonal cerrada de enlace.

Pasos a seguir:

1. Determinación del error de cierre angular y compensación de los ángulos medidos.

$\propto$final calculado = $\propto$inicial + $\sum W_i$ – n*180

Donde:

f_W : Error de cierre angular.

n : Número de vértices de la poligonal.

La corrección angular es igual pero con signo contrario; por tanto la corrección se realiza distribuyendo equitativamente el error de cierre angular entre el número de vértices.

2. Cálculo de los acimutes de los lados de la poligonal.

$\propto_{1-2}$ = $\propto$inicial + $W_{1C} \pm 180^0$

$\propto_{2-3} = \propto_{1-2} + W_{2C} \pm 180^0$

$\propto_{3-4} = \propto_{2-3} + W_{3C} \pm 180^0$

$\propto_{4-5} = \propto_{3-4} + W_{4C} \pm 180^0$

$\propto_{5-6} = \propto_{4-5} + W_{5C} \pm 180^0$

$\propto_{6-7} = \propto_{5-6} + W_{6C} \pm 180^0$

$\propto_{7-8} = \propto_{6-7} + W_{7C} \pm 180^0$

$\propto_{8-B} = \propto_{7-8} + W_{8C} \pm 180^0$

3. Cálculo de ΔX y ΔY.

<u>ΔX</u>

$\Delta X_{1-2} = a * sen (\propto_{1-2})$

$\Delta X_{2-3} = b * sen (\propto_{2-3})$

$\Delta X_{3-4} = c * sen (\propto_{3-4})$

$\Delta X_{4-5} = d * sen (\propto_{4-5})$

$\Delta X_{5-6} = e * sen (\propto_{5-6})$

$\Delta X_{6-7} = f * sen (\propto_{6-7})$

$\Delta X_{7-8} = g * sen (\propto_{7-8})$

$\sum\Delta X = \Delta X_{1-2} + \Delta X_{2-3} + \Delta X_{3-4} + \Delta X_{4-5} + \Delta X_{5-6} + \Delta X_{6-7} + \Delta X_{7-8}$

<u>ΔY</u>

$\Delta Y_{1-2} = a * cos (\propto_{1-2})$

$\Delta Y_{2-3} = b * cos (\propto_{2-3})$

$\Delta Y_{3-4} = c * cos (\propto_{3-4})$

$\Delta Y_{4-5} = d * cos (\propto_{4-5})$

$\Delta Y_{5-6} = e * cos (\propto_{5-6})$

$\Delta Y_{6-7} = f * sen (\propto_{6-7})$

$\Delta Y_{7-8} = g * sen (\propto_{7-8})$

$\sum\Delta Y = \Delta Y_{1-2} + \Delta Y_{2-3} + \Delta Y_{3-4} + \Delta Y_{4-5} + \Delta Y_{5-6} + \Delta Y_{6-7} + \Delta Y_{7-8}$

ΔX_m = X final – X inicial

ΔY_m = Y final – Y inicial

$$fx = \sum \Delta X - \Delta X_m$$
$$fy = \sum \Delta Y - \Delta Y_m$$
$$flT = \sqrt{(fx)^2 + (fy)^2}$$
$$P = a + b + c + d + e + f + g$$
$$flP = \frac{1}{2000} * P$$

Donde:

fx : Error en x (m)

fy : Error en y (m)

flT : Error lineal Total (m)

flP : Error lineal Permisible (m)

P: Perímetro (m)

4. Cálculo de las correcciones para cada uno de los ΔX y ΔY.

$C\Delta X_i = -\frac{fx}{P} * L_i$

$C\Delta X_1 = -\frac{fx}{P} * L_1$

$C\Delta X_2 = -\frac{fx}{P} * L_2$

$C\Delta X_3 = -\frac{fx}{P} * L_3$

$C\Delta X_4 = -\frac{fx}{P} * L_4$

$C\Delta X_5 = -\frac{fx}{P} * L_5$

$C\Delta X_6 = -\frac{fx}{P} * L_6$

$C\Delta X_7 = -\frac{fx}{P} * L_7$

$\sum C\Delta X_C = C\Delta X_1 + C\Delta X_2 + C\Delta X_3 + C\Delta X_4 + C\Delta X_5 + C\Delta X_6 + C\Delta X_7$

$C\Delta Y_i = -\frac{fy}{P} * L_i$

$C\Delta Y_1 = -\frac{fy}{P} * L_1$

$C\Delta Y_2 = -\frac{fy}{P} * L_2$

$C\Delta Y_3 = -\frac{fy}{P} * L_3$

$C\Delta Y_4 = -\frac{fy}{P} * L_4$

$C\Delta Y_5 = -\frac{fy}{P} * L_5$

$C\Delta Y_6 = -\frac{fy}{P} * L_6$

$C\Delta Y_7 = -\frac{fy}{P} * L_7$

$\sum C\Delta Y_C = C\Delta Y_1 + C\Delta Y_2 + C\Delta Y_3 + C\Delta Y_4 + C\Delta Y_5 + C\Delta Y_6 + C\Delta Y_7$

5. Cálculo de los ΔX y ΔY corregidos.

<u>ΔX_C</u>

$\Delta X_{1\text{-}2C} = \Delta X_{1\text{-}2} + C\Delta X_1$

$\Delta X_{2\text{-}3C} = \Delta X_{2\text{-}3} + C\Delta X_2$

$\Delta X_{3\text{-}4C} = \Delta X_{3\text{-}4} + C\Delta X_3$

$\Delta X_{4\text{-}5C} = \Delta X_{4\text{-}5} + C\Delta X_4$

$\Delta X_{5\text{-}6C} = \Delta X_{5\text{-}6} + C\Delta X_5$

$\Delta X_{6\text{-}7C} = \Delta X_{6\text{-}7} + C\Delta X_6$

$\Delta X_{7\text{-}8C} = \Delta X_{7\text{-}8} + C\Delta X_7$

$\sum \Delta X_C = \Delta X_{1\text{-}2C} + \Delta X_{2\text{-}3C} + \Delta X_{3\text{-}4C} + \Delta X_{4\text{-}5C} + \Delta X_{5\text{-}6C} + \Delta X_{6\text{-}7C} + \Delta X_{7\text{-}8C}$

<u>ΔY_C</u>

$\Delta Y_{1\text{-}2C} = \Delta Y_{1\text{-}2} + C\Delta Y_1$

$\Delta Y_{2\text{-}3C} = \Delta Y_{2\text{-}3} + C\Delta Y_2$

$\Delta Y_{3\text{-}4C} = \Delta Y_{3\text{-}4} + C\Delta Y_3$

$\Delta Y_{4\text{-}5C} = \Delta Y_{4\text{-}5} + C\Delta Y_4$

$\Delta Y_{5\text{-}6C} = \Delta Y_{5\text{-}6} + C\Delta Y_5$

$\Delta Y_{6\text{-}7C} = \Delta Y_{6\text{-}7} + C\Delta Y_6$

$\Delta Y_{7\text{-}8C} = \Delta Y_{7\text{-}8} + C\Delta Y_7$

$\sum\Delta Y_C = \Delta Y_{1\text{-}2C} + \Delta Y_{2\text{-}3C} + \Delta Y_{3\text{-}4C} + \Delta Y_{4\text{-}5C} + \Delta Y_{5\text{-}6C} + \Delta Y_{6\text{-}7C} + \Delta Y_{7\text{-}8C}$

6. Cálculo de las coordenadas de los puntos de la poligonal.

$X_2 = X_1 + \Delta X_{1\text{-}2C}$

$X_3 = X_2 + \Delta X_{2\text{-}3C}$

$X_4 = X_3 + \Delta X_{3\text{-}4C}$

$X_5 = X_4 + \Delta X_{4\text{-}5C}$

$X_6 = X_5 + \Delta X_{5\text{-}6C}$

$X_7 = X_6 + \Delta X_{6\text{-}7C}$

$X_8 = X_7 + \Delta X_{7\text{-}8C}$

$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1\text{-}2C}$

$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{2\text{-}3C}$

$Y_4 = Y_3 + \Delta Y_{3\text{-}4C}$

$Y_5 = Y_4 + \Delta Y_{4\text{-}5C}$

$Y_6 = Y_5 + \Delta Y_{5\text{-}6C}$

$Y_7 = Y_6 + \Delta Y_{6\text{-}7C}$

$Y_8 = Y_7 + \Delta Y_{7\text{-}8C}$

3.4.2 Cálculo y compensación de una poligonal cerrada de enlace.

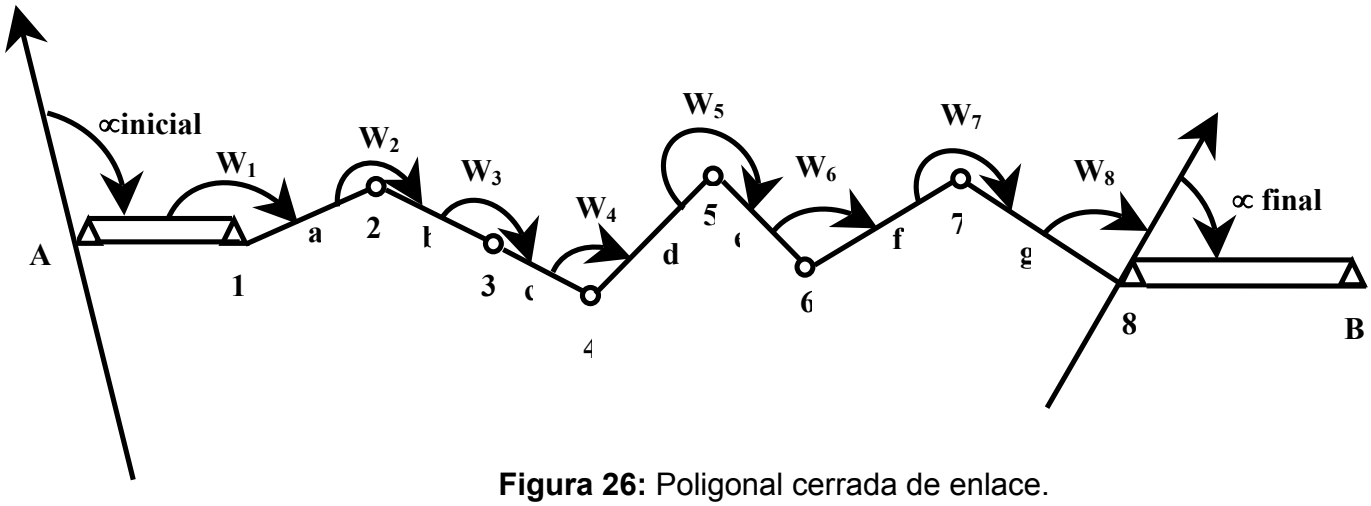


Figura 26: Poligonal cerrada de enlace.

Datos:

∝inicial = $113^0 28´37´´$

∝final = $159^0 14´10´´$

X_1= 7050,400 m

Y_1= 10901,025 m

X_8 = 9076,842 m

Y_8 = 9619,164 m

$W_1 = 181^0 05´47´´$

$W_2 = 247^0 51´08´´$

$W_3 = 156^0 32´35´´$

$W_4 = 139^0 20´11´´$

$W_5 = 157^0 18´32´´$

$W_6 = 170^0 06´59´´$

$W_7 = 179^0 59´41´´$

$W_8 = 253^0 30´33´´$

a = 552,007 m

b = 565,338 m

c = 339,025 m

d = 400,408 m

e = 356,831 m

f = 372,263 m

g = 348,716 m

n = 8

<u>Pasos a seguir</u>:

1. Determinación del error de cierre angular y compensación de los ángulos medidos.

$\propto$final calculado = $\propto$inicial + $\sum W_i$ – n*180

$\propto$final calculado = $113^0 28´37´´ + 1485^0 45´26´´ - 1440 = 159^0 14´03´´$

f_W = $\propto$final calculado - $\propto$final = $159^0 14´03´´ - 159^0 14´10´´ = -00^0\ 00'\ 07´´$

Donde:

f_W : Error de cierre angular.

n : Número de vértices de la poligonal.

Como el error de cierre angular es igual a -00^0 00'07", la corrección angular es igual pero con signo contrario; por tanto la corrección se realiza distribuyendo equitativamente el error de cierre angular entre el número de vértices.

$W_{1C} = 181^0 05´47,875´´$

$W_{2C} = 247^0 51´08,875´´$

$W_{3C} = 156^0 32´35,875´´$

$W_{4C} = 139^0 20´11,875´´$

$W_{5C} = 157^0 18´32,875´´$

$W_{6C} = 170^0 06´59,875´´$

$W_{7C} = 179^0 59´41,875´´$

$W_{8C} = 253^0 30´33,875´´$

2. Cálculo de los acimutes de los lados de la poligonal.

$\propto_{1-2}$ = $\propto$inicial + W_{1C} ± 180^0 = $113^0$28´37´´+ $181^0$05´47,875´´- 180^0 =$114^0$34´24,8´´

$\propto_{2-3}$ = $\propto_{1-2}$ + W_{2C} ± 180^0 =$114^0$34´24,8´ + $247^0$51´08,875´´- 180^0 =$182^0$25´33,6´´

$\propto_{3-4}$ = $\propto_{2-3}$ + W_{3C} ± 180^0 =$182^0$25´33,6´´+ $156^0$32´35,875´´- 180^0 =$158^0$58´09,55´´

$\propto_{4-5}$ = $\propto_{3-4}$ + W_{4C} ± 180^0 = $158^0$58´09,55´´+ $139^0$20´11,875´´- 180^0 =$118^0$18´21,4´´

$\propto_{5-6}$ = $\propto_{4-5}$ + W_{5C} ± 180^0 = $118^0$18´21,4´´ + $157^0$18´32,875´´- 180^0 = $95^0$36´54,3´´

$\propto_{6-7}$ = $\propto_{5-6}$ + W_{6C} ± 180^0 = $95^0$36´54,3´´ + $170^0$06´59,875´´- 180^0 = $85^0$43´54,17´´

$\propto_{7-8}$ = $\propto_{6-7}$ + W_{7C} ± 180^0 = $85^0$43´54,17´´ + $179^0$59´41,875´´- 180^0 = $85^0$43´36,05´´

$\propto_{8-B}$ = $\propto_{7-8}$ + W_{8C} ± 180^0 = $85^0$43´36,05´´+ $253^0$30´33,875´´- 180^0 =$159^0$14´09,92´´

3. Cálculo de ΔX y ΔY.

<u>ΔX</u>

ΔX_{1-2} = a * sen ($\propto_{1-2}$) = 552,007 * sen ($114^0$34´24,8´´) = 502,0107 m

ΔX_{2-3} = b * sen ($\propto_{2-3}$) = 565,338 * sen ($182^0$25´33,6´´) = -23,9302 m

ΔX_{3-4} = c * sen ($\propto_{3-4}$) = 339,025 * sen ($158^0$58´09,55´´) = 121,6651 m

ΔX_{4-5} = d * sen ($\propto_{4-5}$) = 400,408 * sen ($118^0$18´21,4´´) = 352,5304 m

ΔX_{5-6} = e * sen ($\propto_{5-6}$) = 356,831 * sen ($95^0$36´54,3´´) = 355,1188 m

ΔX_{6-7} = f * sen ($\propto_{6-7}$) = 372,263 * sen ($85^0$43´54,17´´) = 371,2305 m

ΔX_{7-8} = g * sen ($\propto_{7-8}$) = 348,716 * sen ($85^0$43´36,05´´) = 347,7465 m

$\sum\Delta X$ = 2026,3718 m

<u>ΔY</u>

ΔY_{1-2} = a * cos ($\propto_{1-2}$) = 552,007 * cos ($114^0$34´24,8´´) = -229,5582 m

ΔY_{2-3} = b * cos ($\propto_{2-3}$) =565,338 * cos ($182^0$25´33,6´´) = -564,8313 m

ΔY_{3-4} = c * cos ($\propto_{3-4}$) = 339,025 * cos ($158^0$58´09,55´´) = -316,4420 m

ΔY_{4-5} = d * cos ($\propto_{4-5}$) = 400,408 * cos ($118^0$18´21,4´´) = -189,8652 m

ΔY_{5-6} = e * cos ($\propto_{5-6}$) = 356,831 * cos ($95^0$36´54,3´´) = -34,9140 m

ΔY_{6-7} = f * sen ($\propto_{6-7}$) = 372,263 * cos ($85^0$43´54,17´´) = 27,7063 m

$\Delta Y_{7\text{-}8}$ = g * sen ($\propto_{7\text{-}8}$) = 348,716 * cos ($85^0 43´36,05´´$) = 25,9843 m

$\sum\Delta Y$ = -1281,9201 m

$\Delta X_m = X_8 - X_1$ = 9076,842 – 7050,400 = 2026,442 m

$\Delta Y_m = Y_8 - Y_1$ = 9619,164 – 10901,025 = -1281,861 m

$$fx = \sum \Delta X - \Delta X_m = 2026{,}3718 - 2026{,}442 = -0{,}0702m$$
$$fy = \sum \Delta Y - \Delta Y_m = -1281{,}9201 - (-1281{,}861) = -0{,}0591m$$
$$flT = \sqrt{(fx)^2 + (fy)^2} = \sqrt{(-0{,}0702)^2 + (-0{,}0591)} = 0{,}091m$$
$$P = a + b + c + d + e + f + g$$
$$P = 552{,}007 + 565{,}338 + 339{,}025 + 400{,}408 + 356{,}831 + 372{,}263 + 348{,}716$$
$$P = 2934{,}588m$$
$$flP = \frac{1}{2000} * P = \frac{1}{2000} * 2934{,}588 = 1{,}467m$$

Donde:

fx : Error en x (m)

fy : Error en y (m)

flT : Error lineal Total (m)

flP : Error lineal Permisible (m)

P: Perímetro (m)

4. Cálculo de las correcciones para cada uno de los ΔX y ΔY.

$C\Delta X_i = -\frac{fx}{P} * L_i$

$C\Delta X_1 = -\frac{-0{,}0702}{2934{,}588} * 552{,}007$ = 0,0132 m

$C\Delta X_2 = -\frac{-0{,}0702}{2934{,}588} * 565{,}338$ = 0,0135 m

$C\Delta X_3 = -\frac{-0{,}0702}{2934{,}588} * 339{,}025$ = 0,0081 m

$C\Delta X_4 = -\frac{-0{,}0702}{2934{,}588} * 400{,}408$ = 0,0095 m

$C\Delta X_5 = -\frac{-0,0702}{2934,588} * 356,831 = 0,0085$ m

$C\Delta X_6 = -\frac{-0,0702}{2934,588} * 372,263 = 0,0089$ m

$C\Delta X_7 = -\frac{-0,0702}{2934,588} * 348,716 = 0,0083$ m

$\sum C\Delta X_C = 0,07$ m

$C\Delta Y_i = -\frac{fy}{P} * L_i$

$C\Delta Y_1 = -\frac{-0,0591}{2934,588} * 552,007 = 0,0111$ m

$C\Delta Y_2 = -\frac{-0,0591}{2934,588} * 565,338 = 0,013$ m

$C\Delta Y_3 = -\frac{-0,0591}{2934,588} * 339,025 = 0,0068$ m

$C\Delta Y_4 = -\frac{-0,0591}{2934,588} * 400,408 = 0,0080$ m

$C\Delta Y_5 = -\frac{-0,0591}{2934,588} * 356,831 = 0,0071$ m

$C\Delta Y_6 = -\frac{-0,0591}{2934,588} * 372,263 = 0,0074$ m

$C\Delta Y_7 = -\frac{-0,0591}{2934,588} * 348,716 = 0,0070$ m

$\sum C\Delta Y_C = 0,0587$ m

5. Cálculo de los ΔX y ΔY corregidos.

<u>ΔX_C</u>

$\Delta X_{1-2C} = \Delta X_{1-2} + C\Delta X_1 = 502,0107 + 0,0132 = 502,0239$ m

$\Delta X_{2-3C} = \Delta X_{2-3} + C\Delta X_2 = -23,9302 + 0,0135 = -23,9167$ m

$\Delta X_{3-4C} = \Delta X_{3-4} + C\Delta X_3 = 121,6651 + 0,0081 = 121,6732$ m

$\Delta X_{4-5C} = \Delta X_{4-5} + C\Delta X_4 = 352,5304 + 0,0095 = 352,5399$ m

$\Delta X_{5-6C} = \Delta X_{5-6} + C\Delta X_5 = 355,1188 + 0,0085 = 355,1273$ m

$\Delta X_{6-7C} = \Delta X_{6-7} + C\Delta X_6 = 371,2305 + 0,0089 = 371,2394$ m

$\Delta X_{7-8C} = \Delta X_{7-8} + C\Delta X_7 = 347,7465 + 0,0083 = 347,7548$ m

$\sum \Delta X_C$ = 2026,4418 m

<u>ΔY_C</u>

$\Delta Y_{1\text{-}2C} = \Delta Y_{1\text{-}2} + C\Delta Y_1$ = -229,5582 + 0,0111= -229,5471 m

$\Delta Y_{2\text{-}3C} = \Delta Y_{2\text{-}3} + C\Delta Y_2$= -564,8313 + 0,0113 = -564,82 m

$\Delta Y_{3\text{-}4C} = \Delta Y_{3\text{-}4} + C\Delta Y_3$ = -316,4420 + 0,0068 = -316,4352 m

$\Delta Y_{4\text{-}5C} = \Delta Y_{4\text{-}5} + C\Delta Y_4$ = -189,8652 + 0,0080 = -189,8572 m

$\Delta Y_{5\text{-}6C} = \Delta Y_{5\text{-}6} + C\Delta Y_5$ = -34,9140 + 0,0071 = -34,9069 m

$\Delta Y_{6\text{-}7C} = \Delta Y_{6\text{-}7} + C\Delta Y_6$ = 27,7063 + 0,0074 = 27,7137 m

$\Delta Y_{7\text{-}8C} = \Delta Y_{7\text{-}8} + C\Delta Y_7$ = 25,9843 + 0,0070 = 25,9913 m

$\sum \Delta Y_C$ = -1281,8614 m

6. Cálculo de las coordenadas de los puntos de la poligonal.

$X_2 = X_1 + \Delta X_{1\text{-}2C}$ = 7050,400 + 502,0239 = 7552,4239 m

$X_3 = X_2 + \Delta X_{2\text{-}3C}$ = 7552,4239 – 23,9167 = 7528,5072 m

$X_4 = X_3 + \Delta X_{3\text{-}4C}$ = 7528,5072 + 121,6732 = 7650,1804 m

$X_5 = X_4 + \Delta X_{4\text{-}5C}$ = 7650,1804 + 352,5399 = 8002,7203 m

$X_6 = X_5 + \Delta X_{5\text{-}6C}$ = 8002,7203 + 355,1273 = 8357,8476 m

$X_7 = X_6 + \Delta X_{6\text{-}7C}$ = 8357,8476 + 371,2394 = 8729,087 m

$X_8 = X_7 + \Delta X_{7\text{-}8C}$ = 8729,087 + 347,7548 = 9076,8418 m

$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1\text{-}2C}$ =10901,025 – 229,5471 = 10671,478 m

$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{2\text{-}3C}$ = 10671,478 – 564,82 = 10106,658 m

$Y_4 = Y_3 + \Delta Y_{3\text{-}4C}$ =10106,658 – 316,4352 = 9790,223 m

$Y_5 = Y_4 + \Delta Y_{4\text{-}5C}$ = 9790,223 – 189,8572 = 9600,3658 m

$Y_6 = Y_5 + \Delta Y_{5\text{-}6C}$ = 9600,3658 – 34,9069 = 9565,4589 m

$Y_7 = Y_6 + \Delta Y_{6\text{-}7C}$ = 9565,4589 + 27,7137 = 9593,1726 m

$Y_8 = Y_7 + \Delta Y_{7\text{-}8C}$ = 9593,1726 + 25,9913 = 9619,1639 m

3.5 Cálculo mediante una poligonal cerrada de rodeo.

La poligonal cerrada de rodeo es aquella que parte de un punto de coordenadas (X_1; Y_1) y acimut conocidos, y se recorre, como su nombre lo indica, rodeando el área objeto del levantamiento, hasta terminar en el punto inicial de referencia. Se usa para la densificación de zonas y para determinar áreas poco extensas (ver Figura 27). Como estas poligonales comienzan y terminan en el mismo punto (de coordenadas conocidas) debe cumplirse en ellas que:

$\sum \Delta X = \sum \Delta Y = 0$

3.5.1 Metodología de cálculo de una poligonal cerrada de rodeo.

Pasos a seguir:

1. Determinación del error de cierre angular y compensación de los ángulos medidos.

$\sum W_T = 180 * (n-2)$ → Cuando las mediciones de los ángulos son interiores.

$\sum W_T = 180 * (n+2)$ → Cuando las mediciones de los ángulos son exteriores.

$f_W = \sum W_m - \sum W_T$

Donde:

$\sum W_T$: Sumatoria de los ángulos teóricos.

f_W : Error de cierre angular.

n : Número de vértices de la poligonal.

W_m : ángulos medidos.

La corrección angular es igual pero con signo contrario; por tanto la corrección se realiza distribuyendo equitativamente el error de cierre angular entre el número de vértices.

2. Cálculo de los acimutes de los lados de la poligonal.

$\propto_{A-1} = \propto_{D-A} + \propto enlace \pm 180$

$\propto_{1-2} = \propto_{A-1} + W_{1C} \pm 180$

$\propto_{2-3} = \propto_{1-2} + W_{2C} \pm 180$

$\propto_{3-4} = \propto_{2-3} + W_{3C} \pm 180$

$\propto_{4-5} = \propto_{3-4} + W_{4C} \pm 180$

$\propto_{5-A} = \propto_{4-5} + W_{5C} \pm 180$

$\propto_{A-1} = \propto_{5-A} + W_{AC} \pm 180$

3. Cálculo de ΔX y ΔY.

<u>ΔX</u>

$\Delta X_{A-1} = a * \text{sen}(\propto_{A-1})$

$\Delta X_{1-2} = b * \text{sen}(\propto_{1-2})$

$\Delta X_{2-3} = c * \text{sen}(\propto_{2-3})$

$\Delta X_{3-4} = d * \text{sen}(\propto_{3-4})$

$\Delta X_{4-5} = e * \text{sen}(\propto_{4-5})$

$\Delta X_{5-A} = f * \text{sen}(\propto_{5-A})$

$\sum\Delta X = \Delta X_{A-1} + \Delta X_{1-2} + \Delta X_{2-3} + \Delta X_{3-4} + \Delta X_{4-5} + \Delta X_{5-A}$

<u>ΔY</u>

$\Delta Y_{A-1} = a * \cos(\propto_{A-1})$

$\Delta Y_{1-2} = b * \cos(\propto_{1-2})$

$\Delta Y_{2-3} = c * \cos(\propto_{2-3})$

$\Delta Y_{3-4} = d * \cos(\propto_{3-4})$

$\Delta Y_{4-5} = e * \cos(\propto_{4-5})$

$\Delta Y_{5-A} = f * \cos(\propto_{5-A})$

$\sum\Delta Y = \Delta Y_{A-1} + \Delta Y_{1-2} + \Delta Y_{2-3} + \Delta Y_{3-4} + \Delta Y_{4-5} + \Delta Y_{5-A}$

$P = a + b + c + d + e + f$

$$flT = \sqrt{\Sigma\Delta X^2 + \Sigma\Delta Y^2}$$

$$flP = \frac{1}{2000} * P$$

Donde:

P: Perímetro (m)

flT : Error lineal Total (m)

flP : Error lineal Permisible (m)

4. Cálculo de las correcciones para cada uno de los ΔX y ΔY.

$$C\Delta X_i = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_i$$

$$C\Delta X_1 = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_1$$

$$C\Delta X_2 = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_2$$

$$C\Delta X_3 = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_3$$

$$C\Delta X_4 = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_4$$

$$C\Delta X_5 = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_5$$

$$C\Delta X_6 = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_6$$

$$\sum C\Delta X = C\Delta X_1 + C\Delta X_2 + C\Delta X_3 + C\Delta X_4 + C\Delta X_5 + C\Delta X_6$$

$$C\Delta Y_i = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_i$$

$$C\Delta Y_1 = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_1$$

$$C\Delta Y_2 = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_2$$

$$C\Delta Y_3 = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_3$$

$$C\Delta Y_4 = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_4$$

$C\Delta Y_5 = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_5$

$C\Delta Y_6 = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_6$

$\sum C\Delta Y = C\Delta Y_1 + C\Delta Y_2 + C\Delta Y_3 + C\Delta Y_4 + C\Delta Y_5 + C\Delta Y_6$

Donde:

L_i : Lado de la poligonal.

5. Cálculo de los ΔX y ΔY corregidos.

<u>ΔX_C</u>

$\Delta X_{A-1C} = \Delta X_{A-1} + C\Delta X_1$

$\Delta X_{1-2C} = \Delta X_{1-2} + C\Delta X_2$

$\Delta X_{2-3C} = \Delta X_{2-3} + C\Delta X_3$

$\Delta X_{3-4C} = \Delta X_{3-4} + C\Delta X_4$

$\Delta X_{4-5C} = \Delta X_{4-5} + C\Delta X_5$

$\Delta X_{5-AC} = \Delta X_{5-A} + C\Delta X_6$

$\sum\Delta X_C = \Delta X_{A-1C} + \Delta X_{1-2C} + \Delta X_{2-3C} + \Delta X_{3-4C} + \Delta X_{4-5C} + \Delta X_{5-AC}$

<u>ΔY_C</u>

$\Delta Y_{A-1C} = \Delta Y_{A-1} + C\Delta Y_1$

$\Delta Y_{1-2C} = \Delta Y_{1-2} + C\Delta Y_2$

$\Delta Y_{2-3C} = \Delta Y_{2-3} + C\Delta Y_3$

$\Delta Y_{3-4C} = \Delta Y_{3-4} + C\Delta Y_4$

$\Delta Y_{4-5C} = \Delta Y_{4-5} + C\Delta Y_5$

$\Delta Y_{5-AC} = \Delta Y_{5-A} + C\Delta Y_6$

$\sum\Delta Y_C = \Delta Y_{A-1C} + \Delta Y_{1-2C} + \Delta Y_{2-3C} + \Delta Y_{3-4C} + \Delta Y_{4-5C} + \Delta Y_{5-AC}$

6. Cálculo de las coordenadas de los puntos de la poligonal.

$X_1 = X_A + \Delta X_{A-1C}$

$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2C}$

$X_3 = X_2 + \Delta X_{2\text{-}3C}$

$X_4 = X_3 + \Delta X_{3\text{-}4C}$

$X_5 = X_4 + \Delta X_{4\text{-}5C}$

$X_A = X_5 + \Delta X_{5\text{-}AC}$

$Y_1 = Y_A + \Delta Y_{A\text{-}1C}$

$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1\text{-}2C}$

$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{2\text{-}3C}$

$Y_4 = Y_3 + \Delta Y_{3\text{-}4C}$

$Y_5 = Y_4 + \Delta Y_{4\text{-}5C}$

$Y_A = Y_5 + \Delta Y_{5\text{-}AC}$

3.5.2 Cálculo y compensación de una poligonal cerrada de rodeo.

Datos:

$\propto$inicial = $25^0 30´45´´$

W enlace = $136^0 22´00´´$

X_A =15025,426 m

Y_A = 3050,400 m

$W_A = 89^0 45´$

$W_1 = 146^0 35´$

$W_2 = 107^0 23´$

$W_3 = 143^0 35'$

$W_4 = 97^0 36´$

$W_5 = 135^0 04´$

a = 37 m

b = 31.1 m

c = 32.5 m

d = 35 m

e = 36.9 m

f = 43.685 m

n = 6

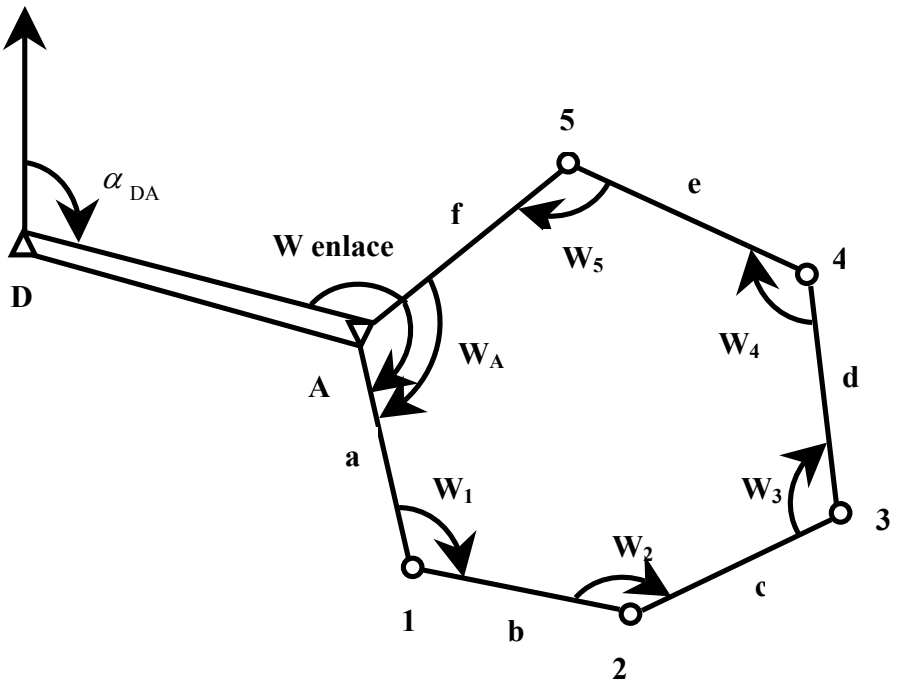


Figura 27: Poligonal cerrada de Rodeo.

<u>Pasos a seguir</u>:

1. Determinación del error de cierre angular y compensación de los ángulos medidos.

$W_A = 89^0 45'$
$W_1 = 146^0 35'$
$W_2 = 107^0 23'$
$W_3 = 143^0 35'$
$W_4 = 97^0 36'$
$W_5 = 135^0 04'$
$\sum W_m = 719^0 58'$

$\sum W_T = 180 * (n-2) = 180 * (6-2) = 180*4 = 720^0$
$f_W = \sum W_m - \sum W_T = 719^0 58' - 720^0 = -0^0 2'$

Donde:
$\sum W_T$: Sumatoria de los ángulos teóricos.
f_W : Error de cierre angular.
n : Número de vértices de la poligonal.

Como el error de cierre angular es igual a $-0^0 2'$, la corrección angular es igual pero con signo contrario; por tanto la corrección se realiza distribuyendo equitativamente el error de cierre angular entre el número de vértices.

$W_{AC} = 89^0 45' 20''$
$W_{1C} = 146^0 35' 20''$
$W_{2C} = 107^0 23' 20''$
$W_{3C} = 143^0 35' 20''$
$W_{4C} = 97^0 36' 20''$
$W_{5C} = 135^0 04' 20''$
$\sum W_C = 720^0$

2. Cálculo de los acimutes de los lados de la poligonal.

$\propto_{A-1} = \propto_{D-A} + \propto enlace \pm 180 = 25^0 30´45´´ + 136^0 22´ + 180^0 = 341^0 52´45´´$

$\propto_{1-2} = \propto_{A-1} + W_{1C} \pm 180 = 341^0 52´45´´ + 146^0 35´20" - 180^0 = 308^0 28´05´´$

$\propto_{2-3} = \propto_{1-2} + W_{2C} \pm 180 = 308^0 28´05´´ + 107^0 23´20" - 180^0 = 235^0 51´25´´$

$\propto_{3-4} = \propto_{2-3} + W_{3C} \pm 180 = 235^0 51´25´´ + 143^0 35´20" - 180^0 = 199^0 26´45´´$

$\propto_{4-5} = \propto_{3-4} + W_{4C} \pm 180 = 199^0 26´45´´ + 97^0 36´20" - 180^0 = 117^0 03´05´´$

$\propto_{5-A} = \propto_{4-5} + W_{5C} \pm 180 = 117^0 03´05´´ + 135^0 04´20" - 180^0 = 72^0 07´25´´$

$\propto_{A-1} = \propto_{5-A} + W_{AC} \pm 180 = 72^0 07´25´´ + 89^0 45´20" + 180^0 = 341^0 52´45´´$

3. Cálculo de ΔX y ΔY.

<u>ΔX</u>

$\Delta X_{A-1} = a * sen (\propto_{A-1}) = 37 * sen (341^0 52´45´´) = -11,5078$ m

$\Delta X_{1-2} = b * sen (\propto_{1-2}) = 31,1 * sen (308^0 28´05´´) = -24,3499$ m

$\Delta X_{2-3} = c * sen (\propto_{2-3}) = 32,5 * sen (235^0 51´25´´) = -26,8982$ m

$\Delta X_{3-4} = d * sen (\propto_{3-4}) = 35,0 * sen (199^0 26´45´´) = -11,6520$ m

$\Delta X_{4-5} = e * sen (\propto_{4-5}) = 36,9 * sen (117^0 03´05´´) = 32,8631$ m

$\Delta X_{5-A} = f * sen (\propto_{5-A}) = 43,685 * sen (72^0 07´25´´) = 41,5759$ m

$\sum \Delta X = 0,0311$ m

<u>ΔY</u>

$\Delta Y_{A-1} = a * cos (\propto_{A-1}) = 37 * cos (341^0 52´45´´) = 35,1648$ m

$\Delta Y_{1-2} = b * cos (\propto_{1-2}) = 31,1 * cos (308^0 28´05´´) = 19,3466$ m

$\Delta Y_{2-3} = c * cos (\propto_{2-3}) = 32,5 * cos (235^0 51´25´´) = -18,2409$ m

$\Delta Y_{3-4} = d * cos (\propto_{3-4}) = 35,0 * cos (199^0 26´45´´) = -33,0034$ m

$\Delta Y_{4-5} = e * cos (\propto_{4-5}) = 36,9 * cos (117^0 03´05´´) = -16,7817$ m

$\Delta Y_{5-A} = f * cos (\propto_{5-A}) = 43,685 * cos (72^0 07´25´´) = 13,4097$ m

$\sum \Delta Y = -0,1049$ m

P = a + b + c + d + e + f

P = 37 + 31,1 + 32,5 + 35 +36,9 + 43,685 = 216,185 m

$$flT = \sqrt{\Sigma\Delta X^2 + \Sigma\Delta Y^2} = \sqrt{(0.0311)^2 + (-0.1049)^2} = 0{,}1093m$$

$$flP = \frac{1}{2000} * P = \frac{1}{2000} * 216{,}185 = 0{,}108m$$

Donde:

P : Perímetro

flT : Error lineal Total

flP : Error lineal Permisible

4. Cálculo de las correcciones para cada uno de los ΔX y ΔY.

$C\Delta X_i = -\frac{\Sigma\Delta X}{P} * L_i$

$C\Delta X_1 = -\frac{0{,}0311}{216{,}185} * 37 = -0{,}0053$ m

$C\Delta X_2 = -\frac{0{,}0311}{216{,}185} * 31{,}1 = -0{,}0044$ m

$C\Delta X_3 = -\frac{0{,}0311}{216{,}185} * 32{,}5 = -0{,}0046$ m

$C\Delta X_4 = -\frac{0{,}0311}{216{,}185} * 35 = -0{,}0050$ m

$C\Delta X_5 = -\frac{0{,}0311}{216{,}185} * 36{,}9 = -0{,}0053$ m

$C\Delta X_6 = -\frac{0{,}0311}{216{,}185} * 43{,}685 = -0{,}0062$ m

$\sum C\Delta X = -0{,}0308$ m

$C\Delta Y_i = -\frac{\Sigma\Delta Y}{P} * L_i$

$C\Delta Y_1 = -\frac{-0{,}1049}{216{,}185} * 37 = 0{,}0179$ m

$C\Delta Y_2 = -\frac{-0{,}1049}{216{,}185} * 31{,}1 = 0{,}0150$ m

$C\Delta Y_3 = -\frac{-0,1049}{216,185} * 32,5 = 0,0157$ m

$C\Delta Y_4 = -\frac{-0,1049}{216,185} * 35 = 0,0169$ m

$C\Delta Y_5 = -\frac{-0,1049}{216,185} * 36,9 = 0,0179$ m

$C\Delta Y_6 = -\frac{-0,1049}{216,185} * 43,685 = 0,0211$ m

$\sum C\Delta Y = 0,1045$ m

Donde:

L_i : Lado de la poligonal.

5. Cálculo de los ΔX y ΔY corregidos.

<u>ΔX_C</u>

$\Delta X_{A-1C} = \Delta X_{A-1} + C\Delta X_1 = -11,5078 - 0,0053 = -11,5131$ m

$\Delta X_{1-2C} = \Delta X_{1-2} + C\Delta X_2 = -24,3499 - 0,0044 = -24,3543$ m

$\Delta X_{2-3C} = \Delta X_{2-3} + C\Delta X_3 = -26,8982 - 0,0046 = -26,9028$ m

$\Delta X_{3-4C} = \Delta X_{3-4} + C\Delta X_4 = -11,6520 - 0,0050 = -11,657$ m

$\Delta X_{4-5C} = \Delta X_{4-5} + C\Delta X_5 = 32,8631 - 0,0053 = 32,8578$ m

$\Delta X_{5-AC} = \Delta X_{5-A} + C\Delta X_6 = 41,5759 - 0,0062 = 41,5697$ m

$\sum \Delta X_C = 0.0003 \approx 0$

<u>ΔY_C</u>

$\Delta Y_{A-1C} = \Delta Y_{A-1} + C\Delta Y_1 = 35,1648 + 0.0179 = 35,1827$ m

$\Delta Y_{1-2C} = \Delta Y_{1-2} + C\Delta Y_2 = 19,3466 + 0,0150 = 19.3616$ m

$\Delta Y_{2-3C} = \Delta Y_{2-3} + C\Delta Y_3 = -18,2409 + 0,0157 = -18,2252$ m

$\Delta Y_{3-4C} = \Delta Y_{3-4} + C\Delta Y_4 = -33,0034 + 0,0169 = -32,9865$ m

$\Delta Y_{4-5C} = \Delta Y_{4-5} + C\Delta Y_5 = -16,7817 + 0,0179 = -16,7638$ m

$\Delta Y_{5-AC} = \Delta Y_{5-A} + C\Delta Y_6 = 13,4097 + 0,0211 = 13,4308$ m

$\sum \Delta Y_C = -0{,}0004 \approx 0$

6. Cálculo de las coordenadas de los puntos de la poligonal.

$X_1 = X_A + \Delta X_{A\text{-}1C} = 15025{,}426 - 11{,}5131 = 15013{,}9129$ m

$X_2 = X_1 + \Delta X_{1\text{-}2C} = 15013{,}9129 - 24{,}3543 = 14989{,}5586$ m

$X_3 = X_2 + \Delta X_{2\text{-}3C} = 14989{,}5586 - 26{,}9028 = 14962{,}6558$ m

$X_4 = X_3 + \Delta X_{3\text{-}4C} = 14962{,}6558 - 11{,}657 = 14950{,}9988$ m

$X_5 = X_4 + \Delta X_{4\text{-}5C} = 14950{,}9988 + 32{,}8578 = 14983{,}8566$ m

$X_A = X_5 + \Delta X_{5\text{-}AC} = 14983{,}8566 + 41{,}5697 = 15025{,}4263$ m

$Y_1 = Y_A + \Delta Y_{A\text{-}1C} = 3050{,}400 + 35{,}1827 = 3085{,}5827$ m

$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1\text{-}2C} = 3085{,}5827 + 19{,}3616 = 3104{,}9443$ m

$Y_3 = Y_2 + \Delta Y_{2\text{-}3C} = 3104{,}9443 - 18{,}2252 = 3086{,}7191$ m

$Y_4 = Y_3 + \Delta Y_{3\text{-}4C} = 3086{,}7191 - 32{,}9865 = 3053{,}7326$ m

$Y_5 = Y_4 + \Delta Y_{4\text{-}5C} = 3053{,}7326 - 16{,}7638 = 3036{,}9688$ m

$Y_A = Y_5 + \Delta Y_{5\text{-}AC} = 3036{,}9688 + 13{,}4308 = 3050{,}3996$ m

3.6 Conclusiones.

1. El Software TopoMin resuelve el cálculo de coordenadas tanto en la minería subterránea como a cielo abierto.
2. Este Software sirve como medio para informatizar las actividades docentes de la asignatura Topografía Minera.
3. El Software sirve como herramienta para implementar la enseñanza no presencial proyectada en el Plan de Estudio D dentro de la disciplina Geomecánica.
4. Este producto facilita el posible trabajo en red de actividades de informatización en la disciplina Geomecánica.

Conclusiones

1. Una forma adecuada de integrar las asignaturas afines a la Topografía con los medios informáticos es mediante una aplicación hecha en MATLAB sobre el cálculo de poligonales y orientación de las excavaciones subterráneas. En el desarrollo de esto resultó:

-El MATLAB sirve para ser utilizado como lenguaje de programación en aplicaciones de Topografía Minera, porque:

- Posee recursos para el desarrollo de procedimientos matemáticos (Álgebra, Geometría, Trigonometría, etc).
- Posee una estructura matricial que permite la formulación rápida de las expresiones para el cálculo.
- Tiene implementado de manera racional la programación visual a través de las unidades de interface gráfica (GUI) que permite la conectividad de los métodos de cálculo en una temática determinada.

2. El diseño de este Software constituye el inicio del desarrollo de aplicaciones topográficas en MATLAB en el ISMMM.

Recomendaciones

1. Que se utilice este Software como un medio informático en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Topografía General y Minera.
2. Estudiar la posibilidad de implementar otras aplicaciones de la Topografía Minera utilizando las bondades que ofrece el lenguaje de programación MATLAB atendiendo al volumen y complejidad de los cálculos y representación gráfica en la planimetría, altimetría y el uso general de los mapas y planos.

Bibliografía

1. Ing. Ferrer Burgos, Rubén: Topografía Minera I. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1984. 143 p.
2. Ing. Ferrer Burgos, Rubén: Topografía Minera II. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1987. 191 p.
3. Alfonz Porvaznik: Cálculos Geodésicos. Tomo II. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1984. 78 p.
4. Ing. Benítez, Raúl: Topografía para ingenieros civiles. Tomo I. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1977. 249 p.
5. Suárez Bermúdez, Yamilé: Estructuración del Proceso docente educativo de la Asignatura Dibujo Técnico. Trabajo de Diploma. Facultad de Geología-Minería. ISMM. Moa, 1996.

6. Proyecto de Plan de Estudio D para la Carrera Ingeniería de Minas. Departamento de Minería. Instituto Superior Minero-Metalúrgico. 2006.

7. García de Jalón, Javier: Aprenda Matlab 6.5 como si estuviera en primero. Madrid, Agosto 2004.120 p.

8. Disponible en: http://www.serviteodolitos.com/html-docs/anebaproducts.htm 17/02/06

9. Disponible en: http://www.mappinginteractivo.com 17/02/06

10. Disponible en: http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/chap2.htm 17/02/06

11.Disponible en: http://www.cioh.org.co/hidroarea/PagHidro/PagHidro/Historia.htm 17/02/06

12. Disponible en: http://www.saf.cl/scripts/saf_ficha_producto.pl?quereg=SER040 17/02/06

13. Disponible en: http://www.html.rincondelvago.com/geodesia-y-topografia.html 17/02/06

14. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos14/topograf/topograf.shtml 17/02/06

15. Disponible en: http://www.topoligonar.galeon.com/ 2/03/06

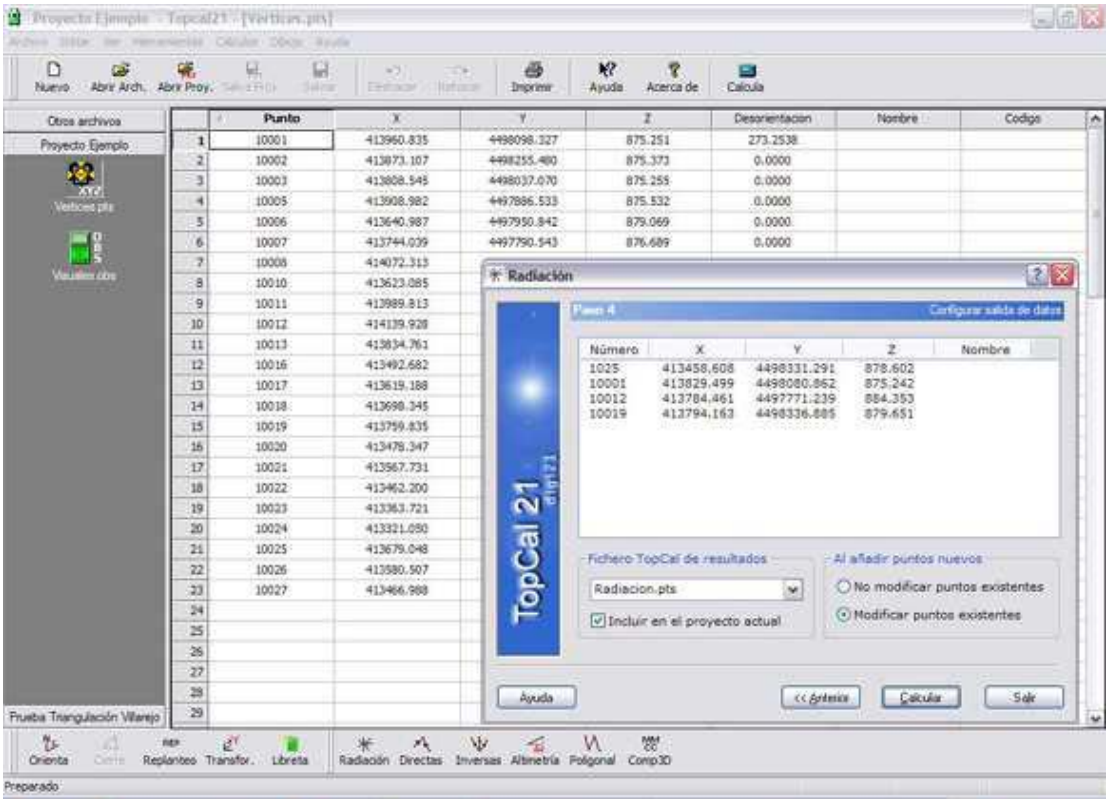
16. Disponible en: http://www.caminos.construaprende.com/soft/ 2/03/06

17. Disponible en: http://www.betop.es/ 2/03/06

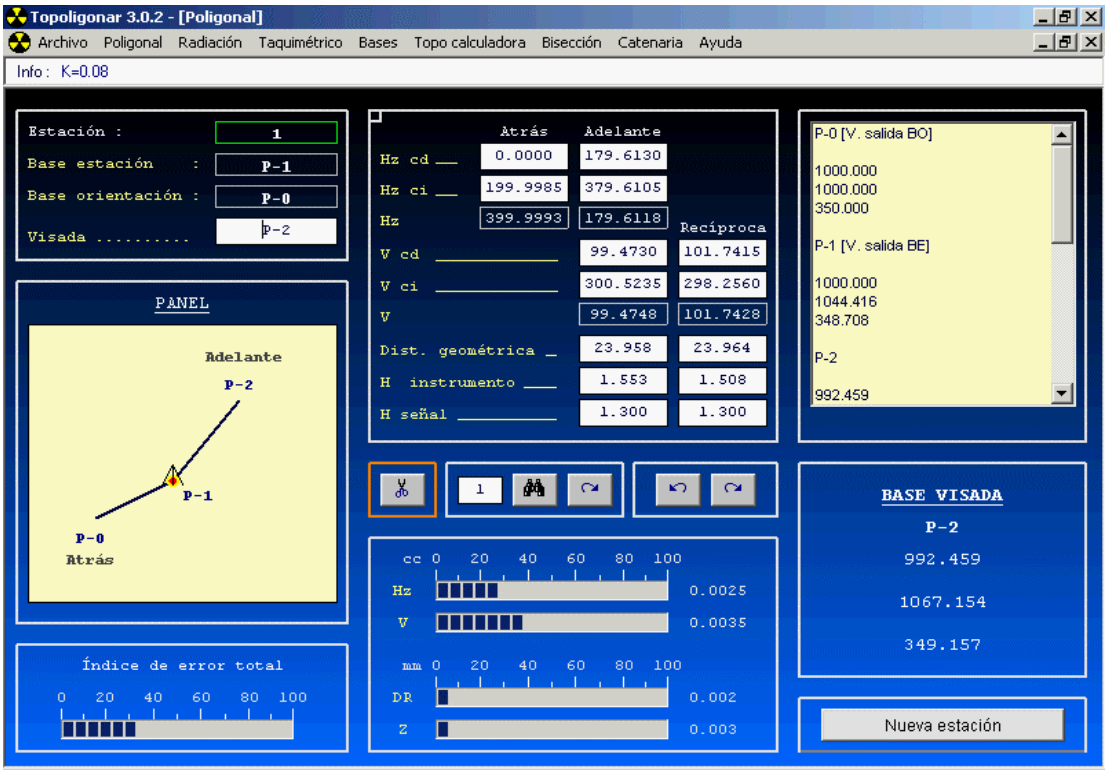
18. Disponible en: http://www.arquitectuba.com.ar/topografia.asp 2/03/06
19. Disponible en: http://www.aneba.com/index.htm 2/03/06
20. Disponible en: http://www.aneba.com/Esp/Productos/PocketCartomap.htm 2/03/06
21. Disponible en: http://www.aneba.com/Esp/Productos/Cartomap.htm 2/03/06
22. Disponible en: http://www.d-mapper.com/ 2/03/06
23. Disponible en: http://www.aneba.com/Esp/Productos/ListaComparativaCapacidades.htm 2/03/06
24. Disponible en: http://www.ramss.com/studcogosp.html 2/03/06
25. Disponible en: http://www.digi21.net/ 2/03/06
26. Disponible en: http://www.obracivil.com/directorio/topografia.htm 2/03/06
27. Disponible en: http://nivel.euitto.upm.es/~mab/recursos/htmls/topografia.html 2/03/06
28. Disponible en: http://www.datageosis.com 2/03/06
29. Disponible en: http://www.eaglepoint.com/civil/ 2/03/06
30. Disponible en: http://www.obraeu.com/programas/ 2/03/06
31. Disponible en: http://www.paginas.terra.com.br/servicos/maca/topog.html 6/03/06
32. Disponible en: http://paginas.terra.com.br/informatica/cadpointbrasil/cadtopografia.htm 6/03/06
33. Disponible en: http://www.topoevn.com.br/ 6/03/06
34. Disponible en: http://www.paginas.terra.com.br/informatica/cadpointbrasil/cadtopografia.htm 6/03/06
35. Disponible en: http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/chap2.htm 7/03/06
36. Disponible en: http://www.leicageosystems.com/reporter/reporter_49/reporter49_sp.pdf 7/03/06
37. Disponible en: http://www.leicageosystems.com/reporter/reporter_46/reporter46_sp.pdf 7/03/06
38. Disponible en: http://www.aneba.com/index.htm 14/03/06

39. Disponible en:
http://www.magon.cu/websites/enpa/P%C3%A1ginas/Topografiahtm_16/03/06
40. Disponible en: http://www.intranet.umcc.cu/estudios/carreras/minas.htm 16/03/06
41. Disponible en: http://www.procuno.com/progwin/SUwin/default.htm 16/03/06
42. Disponible en:
http://www.products.thalesnavigation.com/assets/datasheets/ProMark3_SP_A4.pdf 16/03/06
43. Disponible en: http://www.incom.cl/pr_topograph.htm 16/03/06
44. Disponible en: http://www.sierrasoft.com/es/products/products.asp?ID=TOPKO 16/03/06
45. Disponible en: http://www.aplicad.com/PDF/Otros/Protopo/Protopo_PDF.pdf 16/03/06
46.Disponible en: http://www.latecnica.com/latecnica/aplic_informaticas_centro.htm 16/03/06
47. Disponible en: http://www.arqui.es/noticias-1-3-simo-arquitec.htm 16/03/06
48. Disponible en: http://www.instop.es/software/mdt_profesional.php 16/03/06
49. Disponible en:
http://www.mappinginteractivo.com/plantillaante.asp?id_articulo=412 16/03/06
50. Disponible en: http://www.geosection.com/geosection.html 16/03/06
51. Disponible en: http://www.microgesa.com/p_protopo.htm 16/03/06
52. Disponible en: http://www.cartesia.org/article.php?sid=110 16/03/06

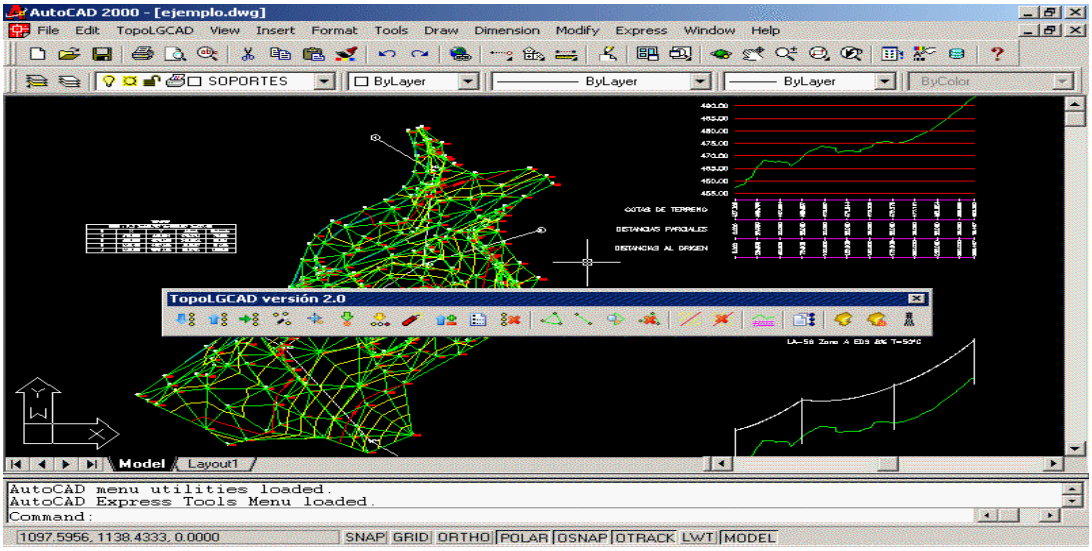
Anexo #1: Software CARTOMAP 5.



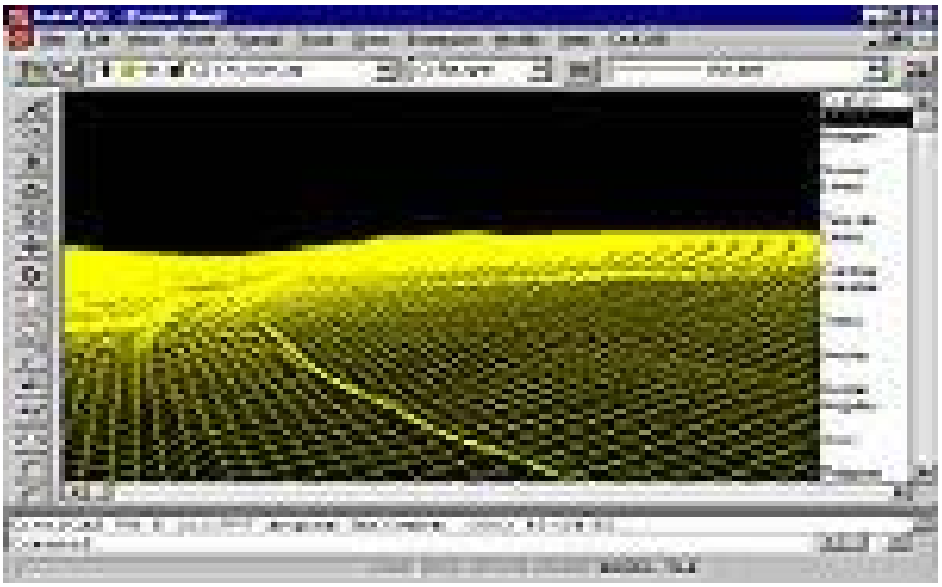
Anexo #2: Software TopCal21.



Anexo #3: Software Topoligonar versión 3.0.

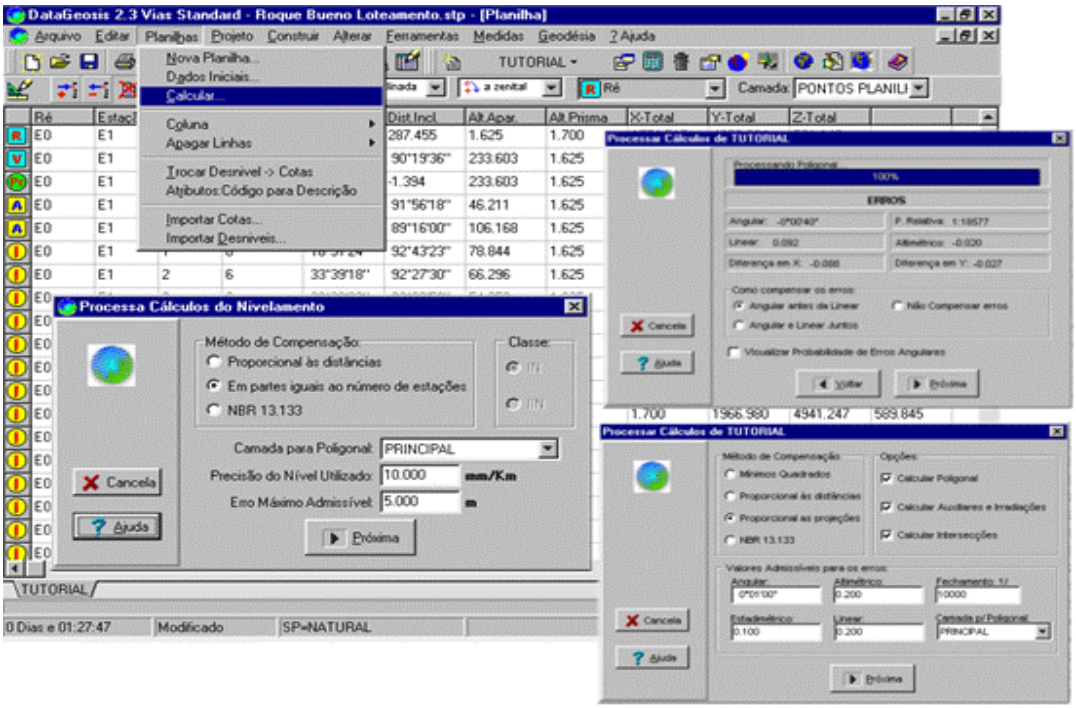


Anexo #4: Software TopoLGCAD versión 2.0



Anexo #5: Software CivilCAD.

Anexo #6: Software Protopo.

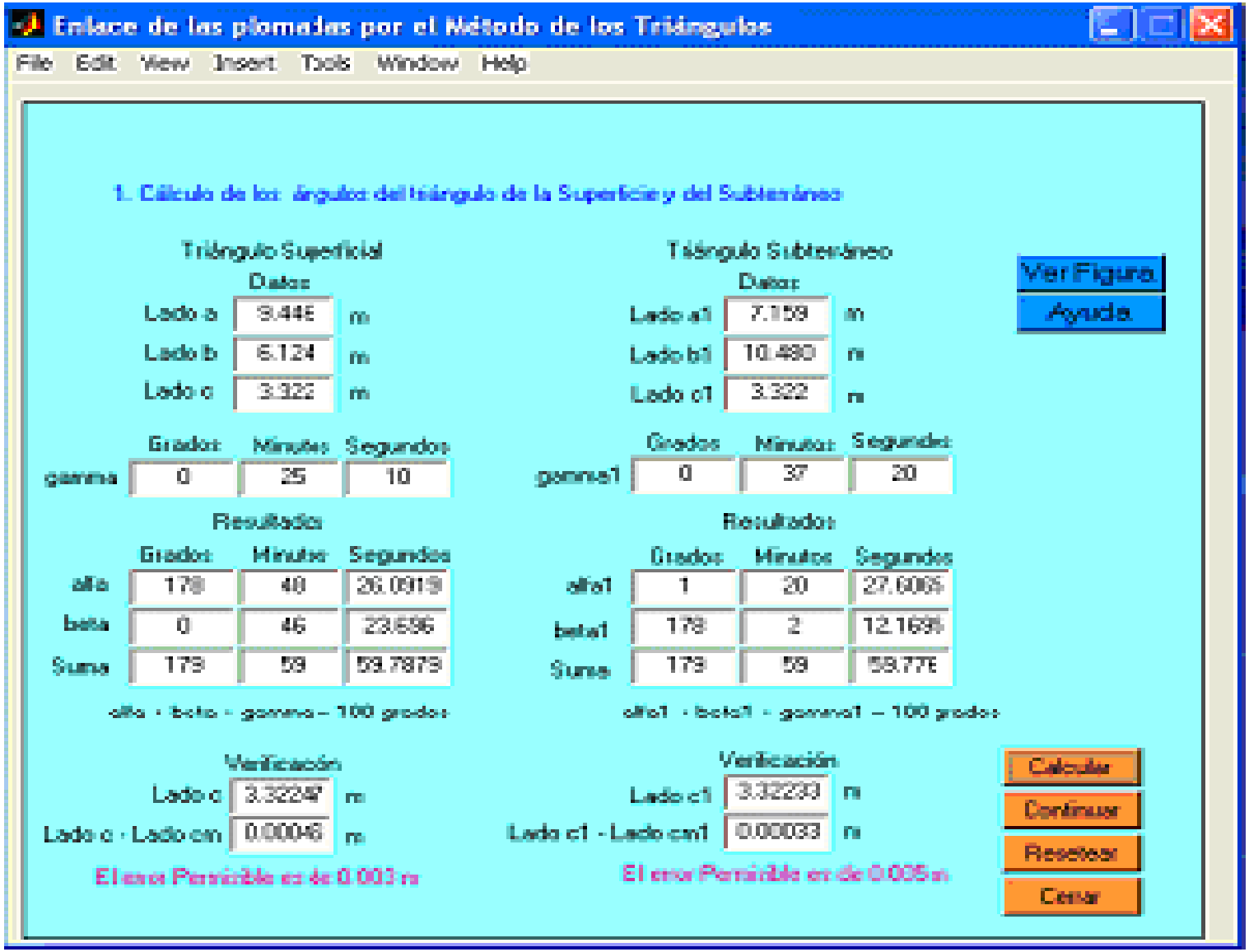


Anexo #7: Software Datageosis en la Versión STANDARD para el cálculo de Poligonales.

Anexo #8: P-1 propuesto para la nueva estructura de la asignatura Topografía Minera.

Actividad	Tipo	Título	Horas
1	Conf 1	Introducción a la Topografía Minera. Creación de la red de apoyo y las redes para el levantamiento topográfico en las canteras.	2
2	Conf 2	Confección de la red para el levantamiento topográfico en canteras.	2
3	Conf 3	Introducción a la Fotogrametría.	2
4	Conf 4	Estereofotogrametría terrestre aplicada a las canteras.	2
5	Lab 1	Apreciación de la calidad de los materiales y determinación del solape y escala del levantamiento.	2
6	Lab 2	Montaje de Fotomosaico.	2
7	Lab 3	Equipos de Fotogrametría (Fototeodolito y Cámara UMK).	2
8	Lab 4	Procesamiento analítico de un par de Fotogramas.	2
9	Lab 5	Construcción de un perfil en el Estereocomparador.	2
10	Conf 5	Intersección de planos con una Región Topográfica (Plazoletas).	2
11	Conf 6	Intersección de planos con una Región Topográfica (Taludes).	2
12	CP 1	Plazoletas.	2
13	CP 2	Taludes y Caminos.	2
14	Conf 7	Levantamiento subterráneo con teodolito.	2
15	Conf 8	Orientación Subterránea a través de un pozo inclinado o socavón y a través de un pozo vertical. Método de los Triángulos.	2

16	Conf 9	Orientación Subterránea. Método de los Cuadriláteros.	2
17	Conf 10	Orientación Subterránea por dos pozos verticales. Métodos especiales de Orientación.	2
18	CP 3	Método de los Triángulos.	2
19	Lab 6	Aplicación de un Software en la Orientación por el Método de los Triángulos.	2
20	Lab 7	Aplicación de un Software en la Orientación por el Método de los Cuadriláteros.	2
21	CP 4	Orientación por dos pozos verticales.	2
22	Conf 11	Altimetría subterránea. Transmisión de la cota con cinta.	2
23	Conf 12	Nivelación geométrica en las excavaciones subterráneas.	2
24	Lab 8	Transmisión de la cota por el método de la cinta larga.	4
25	Lab 9	Circuito de nivelación geométrica en las excavaciones subterráneas.	2
26	CP 5	Cálculo y compensación de un circuito de nivelación en una galería para una vía de transporte.	2
27	CP 6	Desarrollo de excavaciones laboreadas por frentes de encuentro.	4
28	CP 7	Desarrollo de curvaturas en las excavaciones.	2


Enlace de las plomadas por el Método de los Triángulos
File Edit View Insert Tools Window Help
1. Cálculo de los ángulos del triángulo de la Superficie y del Subterráneo
Triángulo Superficial
Datos
Lado a 9.445 m
Lado b 6.124 m
Lado c 3.322 m
Grados Minutos Segundos
gamma 0 25 10
Resultados
Grados Minutos Segundos
alfa 179 40 26.0919
beta 0 46 23.696
Suma 179 59 59.7879
alfa + beta + gamma = 180 grados
Verificación
Lado c 3.32247 m
Lado c - Lado cm 0.00046 m
El error Permisible es de 0.003 m
Triángulo Subterráneo
Datos
Lado a1 7.159 m
Lado b1 10.480 m
Lado c1 3.322 m
Grados Minutos Segundos
gamma1 0 37 20
Resultados
Grados Minutos Segundos
alfa1 1 20 27.6065
beta1 179 2 12.1695
Suma 179 59 59.776
alfa1 + beta1 + gamma1 = 180 grados
Verificación
Lado c1 3.32233 m
Lado c1 - Lado cm1 0.00033 m
El error Permisible es de 0.005 m
Ver Figura
Ayuda
Calcular
Continuar
Resetear
Cerrar

Enlace de las plomadas por el Método de los Triá...

File Edit View Insert Tools Window Help

2. Cálculo del acimut C1-D1

Datos

	Grados	Minutos	Segundos
Acimut D-C	6	5	10
< DCB	210	9	30
<D1C1B1	180	11	30

Ver Figura

Ayuda

Resultados

	Grados	Minutos	Segundos
Acimut C-B	36	14	40
Acimut B1-C1	37	26	4.13452
Acimut C1-D1	37	37	34.1345

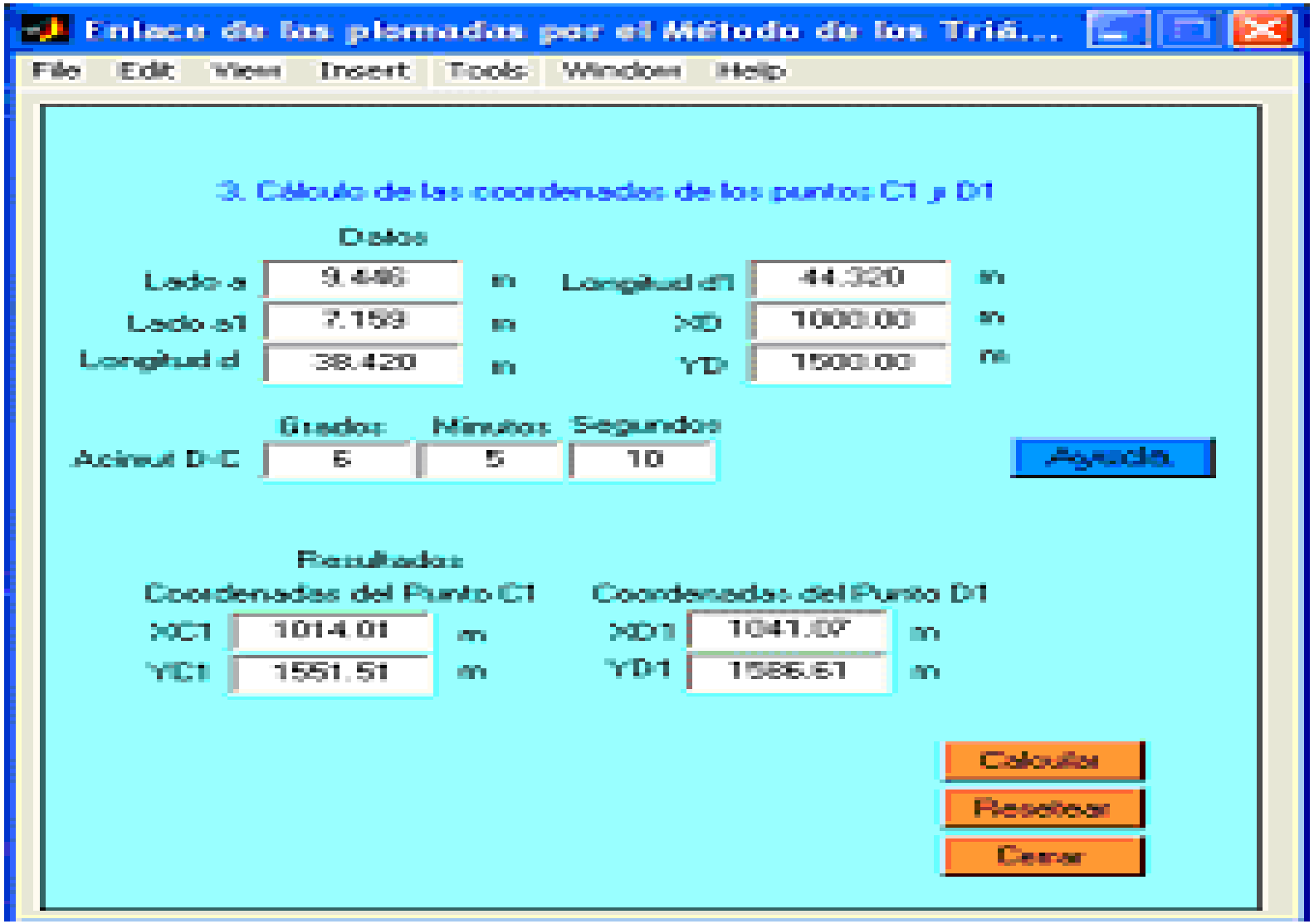
Acimut C1-D1 = Acimut B1-C1 + <D1C1B1 ± 180

Calcular

Continuar

Resetear

Cerrar


Enlace de las plomadas por el Método de los Triá...
File Edit View Insert Tools Windows Help
3. Cálculo de las coordenadas de los puntos C1 y D1
Datos
Lado a 9.498 m
Lado a1 7.193 m
Longitud d 38.420 m
Longitud d1 44.320 m
XD 1000.00 m
YD 1500.00 m
Grados Minutos Segundos
Acimut D-C 5 5 10
Ayuda
Resultados
Coordenadas del Punto C1
XC1 1014.01 m
YC1 1551.51 m
Coordenadas del Punto D1
XD1 1041.07 m
YD1 1586.61 m
Calcular
Resolver
Cerrar

Enlace de las plomadas por el Método de los Cuadriláteros

File Edit View Insert Tools Window Help

1. Cálculo de las coordenadas de las plomadas en el sistema condicional

Datos

	Grados	Minutos	Segundos	
beta1	45	0	0	
beta2	25	0	0	
beta3	40	0	0	
beta4	30	0	0	
Longitud b	8	m		

Resultados

	Grados	Minutos	Segundos	
gamma	105	0	0	
gamma1	115	0	0	
Lado a1	5.85641	m		
Lado a2	4.1411	m		
Lado b1	3.73046	m		
Lado b2	5.6739	m		

	Grados	Minutos	Segundos
acimut 'p1-A	315	0	0
acimut 'p2-A	210	0	0
acimut 'p1-B	25	0	0
acimut 'p2-B	140	0	0

X'A	-2.9282	m
Y'A	2.9282	m
X'B	2.39789	m
Y'B	5.1423	m

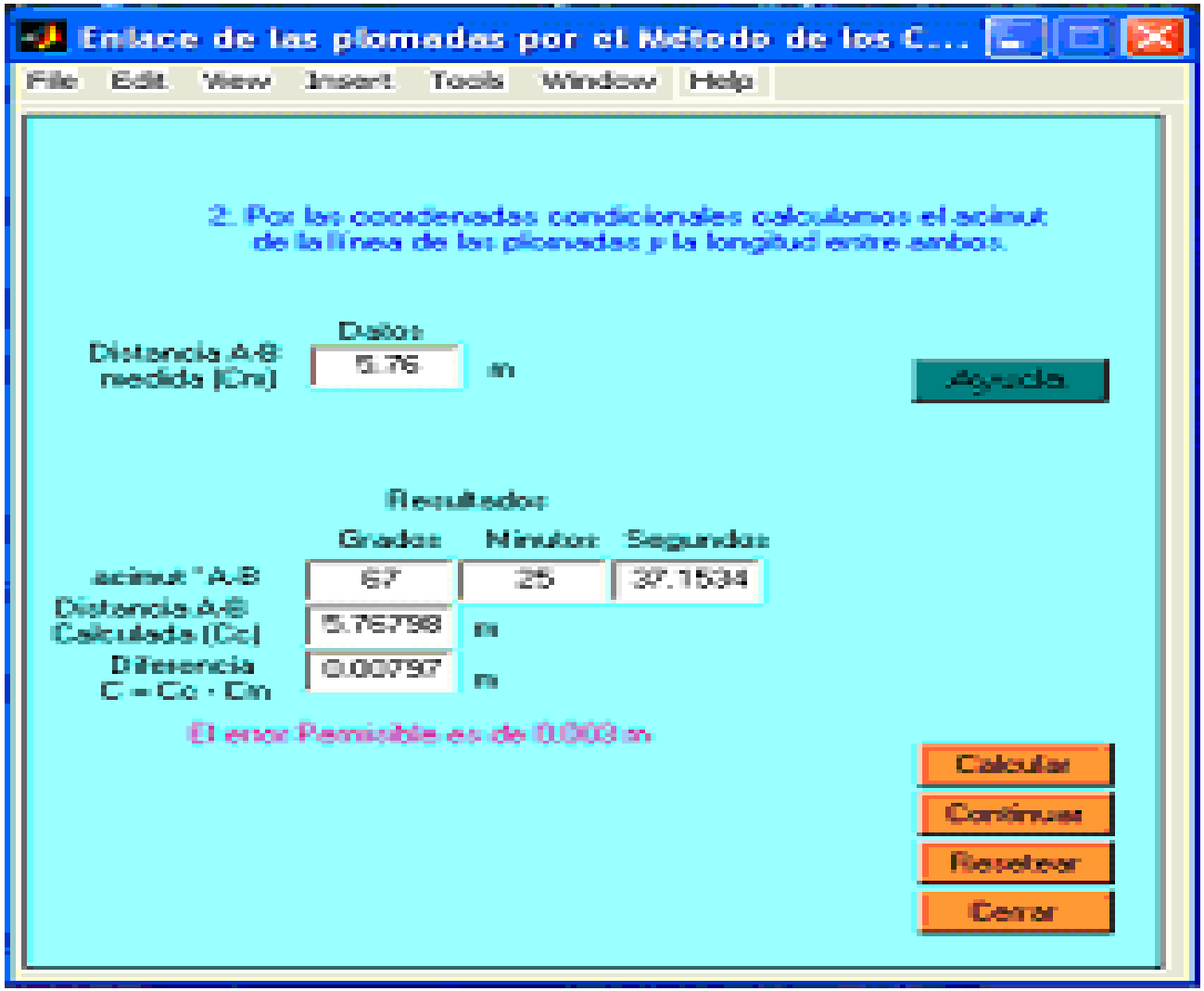
Ayuda

Calcular

Continuar

Resetear

Cerrar


Enlace de las plomadas por el Método de los C...
File Edit View Insert Tools Window Help
2. Por las coordenadas condicionales calculamos el acimut de la línea de las plomadas y la longitud entre ambos.
Datos:
Distancia A-B medida (Cm)
5.76
m
Ayuda
Resultados:
Grados
Minutos
Segundos
acimut "A-B
67
25
37.1534
Distancia A-B Calculada (Cc)
5.76798
m
Diferencia C = Cc - Cm
0.00797
m
El error Permisible es de 0.003 m
Calcular
Continuar
Resolver
Cerrar

Enlace de las plomadas por el Método de los Cuadriláteros

File Edit View Insert Tools Window Help

3. Cálculo del acimut y de las coordenadas de los puntos P1 y P2
en el sistema de coordenadas adoptado en la superficie.

Datos:

	Grados	Minutos	Segundos
acimut A-B (Superficie)	210	45	30
beta1	45	0	0
beta4	30	0	0

Coordenada XA	1500	m
Coordenada YA	1600	m

Resultados

	Grados	Minutos	Segundos
acimut p1-p2	143	19	52.8466
acimut p1-A	98	19	52.8466
acimut p2-A	353	19	52.8466

Resultados de las coordenadas de los puntos P1 y P2

Coordenada Xp1	1504.1	m
Coordenada Yp1	1599.4	m
Coordenada Xp2	1499.32	m
Coordenada Yp2	1605.82	m

Ayuda

Calcular

Resetear

Cerrar

Poligonal Cerrada de Enlace

File Edit View Insert Tools Window Help

1. Determinación del error angular y compensación de los ángulos medidos.

	Datos Grados	Minutos	Segundos
Acimut inicial	113	28	37
Acimut final	159	14	10
Angulo W 1	181	5	47
Angulo W 2	247	51	8
Angulo W 3	156	32	35
Angulo W 4	139	20	11
Angulo W 5	157	18	32
Angulo W 6	170	6	59
Angulo W 7	179	59	41
Angulo W 8	253	30	33
Número de vértices (n)	8		

	Resultados Grados	Minutos	Segundos
Sumatoria W n	1495	45	26
Acimut final calculado	159	14	3
Error angular	0	0	-7
Angulo W 1c	181	5	47.875
Angulo W 2c	247	51	8.875
Angulo W 3c	156	32	35.875
Angulo W 4c	139	20	11.875
Angulo W 5c	157	18	32.875
Angulo W 6c	170	6	59.875
Angulo W 7c	179	59	41.875
Angulo W 8c	253	30	33.875

2. Cálculo de los acimutes.

	Resultados Grados	Minutos	Segundos
Acimut 1-2	114	34	24.875
Acimut 2-3	102	25	33.75
Acimut 3-4	159	58	9.625
Acimut 4-5	118	18	21.5
Acimut 5-6	95	36	54.375
Acimut 6-7	85	43	54.25
Acimut 7-8	85	43	36.125
Acimut 8-9	159	14	10

Ver Figura

Ayuda

Calcular

Continuar

Resetear

Cerrar

Poligonal Cerrada de Enlace

File Edit View Insert Tools Window Help

3. Cálculo de los Delta X y Delta Y

Datos			Resultados					
Lado a	552.007	m	Delta X 1-2	502.011	m	Delta Y 1-2	-229.558	m
Lado b	565.338	m	Delta X 2-3	-23.9006	m	Delta Y 2-3	-564.031	m
Lado c	339.025	m	Delta X 3-4	121.665	m	Delta Y 3-4	-316.442	m
Lado d	400.408	m	Delta X 4-5	352.53	m	Delta Y 4-5	-189.865	m
Lado e	356.601	m	Delta X 5-6	355.119	m	Delta Y 5-6	-34.9142	m
Lado f	372.263	m	Delta X 6-7	371.231	m	Delta Y 6-7	27.7062	m
Lado g	348.716	m	Delta X 7-8	347.747	m	Delta Y 7-8	25.9842	m
Coordenada X 1	7050.400	m	Sumatoria Delta X	2026.37	m	Sumatoria Delta Y	-1281.92	m
Coordenada X 8	9076.842	m						
Coordenada Y 1	10901.025	m	Delta Xin	2026.44	m	Perímetro	2934.59	m
Coordenada Y 8	9619.164	m	Delta Yin	-1281.86	m	Error lineal Total	0.0927288	m
			Error en X	-0.0706872	m	Error lineal Permisible	1.45729	m
			Error en Y	-0.0600161	m	Error Lineal Permisible >= Error Lineal Total		

Calcular

Continuar

Resetear

Cerrar

Ayuda

Poligonal Cerrada de Enlace

File Edit View Insert Tools Window Help

4. Cálculo de las correcciones para cada uno de los Delta X y Delta Y

Datos

Lado a	552.007	m	Lado e	356.831	m
Lado b	565.338	m	Lado f	372.263	m
Lado c	339.025	m	Lado g	348.716	m
Lado d	400.408	m			

Resultados

Corrección de Delta X 1	0.013296	m	Corrección de Delta Y 1	0.011289	m
Corrección de Delta X 2	0.013617	m	Corrección de Delta Y 2	0.011561	m
Corrección de Delta X 3	0.000166	m	Corrección de Delta Y 3	0.000303	m
Corrección de Delta X 4	0.009644	m	Corrección de Delta Y 4	0.008188	m
Corrección de Delta X 5	0.008595	m	Corrección de Delta Y 5	0.007297	m
Corrección de Delta X 6	0.008966	m	Corrección de Delta Y 6	0.007613	m
Corrección de Delta X 7	0.008399	m	Corrección de Delta Y 7	0.007131	m
Sumatoria corrección de Delta X	0.070687	m	Sumatoria corrección de Delta Y	0.060016	m

5. Cálculo de los Delta X y Delta Y corregidos

Resultados Delta X

Delta X 1-2c	502.024	m	Delta X 5-6c	355.127	m
Delta X 2-3c	-23.917	m	Delta X 6-7c	371.239	m
Delta X 3-4c	121.673	m	Delta X 7-8c	347.755	m
Delta X 4-5c	352.54	m	Sumatoria Delta X corregidos	2026.442	m

Resultados Delta Y

Delta Y 1-2c	-229.547	m	Delta Y 5-6c	-34.9069	m
Delta Y 2-3c	-564.62	m	Delta Y 6-7c	27.7138	m
Delta Y 3-4c	-316.435	m	Delta Y 7-8c	25.9914	m
Delta Y 4-5c	-183.857	m	Sumatoria Delta Y corregidos	-1281.861	m

Ayuda

Calcular

Continuar

Resetear

Cerrar

Poligonal Cerrada de Enlace

File Edit View Insert Tools Window Help

6. Cálculo de las coordenadas de los puntos de la poligonal

Datos

Coordenada X 1	7050.400	m
Coordenada Y 1	10301.025	m
Coordenada X 8	9076.842	m
Coordenada Y 8	9619.164	m

Ayuda

Resultados

Coordenada X 2	7552.42	m	Coordenada Y 2	10571.5	m
Coordenada X 3	7528.51	m	Coordenada Y 3	10106.7	m
Coordenada X 4	7650.18	m	Coordenada Y 4	9790.22	m
Coordenada X 5	8002.72	m	Coordenada Y 5	9600.37	m
Coordenada X 6	8357.05	m	Coordenada Y 6	9565.46	m
Coordenada X 7	8729.09	m	Coordenada Y 7	9593.17	m
Coordenada X 8	9076.84	m	Coordenada Y 8	9619.16	m

Calcular

Recalcular

Cerrar

Poligonal Cerrada de Rodeo

File Edit View Insert Tools Window Help

1.Determinación del error de cierre angular y corrección de los ángulos medidos

Datos	Grados	Minutos	Segundos
Angulo W A	89	45	0
Angulo W 1	146	35	0
Angulo W 2	107	23	0
Angulo W 3	143	35	0
Angulo W 4	97	36	0
Angulo W 5	135	4	0
Número de vértices[n]	6		

Resultados	Grados	Minutos	Segundos
Sumatoria de los Angulos teóricos	720		
Error de cierre angular	0	-1	-60
Error angular permisible		2.44949	

Error angular permisible >= Error de cierre angular

	Grados	Minutos	Segundos
Angulo W Ac	89	45	20
Angulo W 1c	146	35	20
Angulo W 2c	107	23	20
Angulo W 3c	143	35	20
Angulo W 4c	97	36	20
Angulo W 5c	135	4	20
Sumatoria Wc	720		

Ver Figura

Ayuda

Calcular

Continuar

Resetear

Cerrar

Poligonal Cerrada de Rodeo

File Edit View Insert Tools Window Help

2. Cálculo de los acimutes de los lados de la poligonal

Datos

	Grados	Minutos	Segundos
Acimut inicial	25	30	45
ángulo enlace	136	22	0

Resultados

	Grados	Minutos	Segundos
Acimut A-1	341	52	45
Acimut 1-2	308	28	5
Acimut 2-3	235	51	25
Acimut 3-4	199	26	45
Acimut 4-5	117	3	5
Acimut 5-A	72	7	25
Acimut A-1	341	52	45

3. Cálculo de los Delta X y Delta Y

Ayuda

Datos

Lado a	37	m	Lado d	35	m
Lado b	31.1	m	Lado e	36.9	m
Lado c	32.5	m	Lado f	43.685	m

Resultados

Delta X A-1	-11.5078	m	Delta Y A-1	35.1649	m
Delta X 1-2	-24.3459	m	Delta Y 1-2	19.3466	m
Delta X 2-3	-35.8983	m	Delta Y 2-3	-18.241	m
Delta X 3-4	-11.652	m	Delta Y 3-4	-33.0035	m
Delta X 4-5	32.8631	m	Delta Y 4-5	-16.7617	m
Delta X 5-A	41.5759	m	Delta Y 5-A	13.4097	m
Sumatoria Delta X	0.031009	m	Sumatoria Delta Y	-0.104925	m

Perímetro	216.185	m
Error lineal Total	0.109411	m
Error lineal Permisible	0.108050	m

Error lineal Permisible >= Error lineal Total

Calcular

Continuar

Resetear

Cerrar

Poligonal Cerrada de Rodeo

File Edit View Insert Tools Window Help

4 Cálculo de las correcciones para cada uno de los Delta X y Delta Y

Datos

Lado a	37	m	Lado d	35	m
Lado b	31.1	m	Lado e	36.9	m
Lado c	32.5	m	Lado f	43.695	m

Resultados

Corrección Delta X1	-0.00530	m	Corrección Delta Y1	0.01795	m
Corrección Delta X2	-0.00446	m	Corrección Delta Y2	0.01509	m
Corrección Delta X3	-0.00466	m	Corrección Delta Y3	0.01577	m
Corrección Delta X4	-0.00502	m	Corrección Delta Y4	0.01698	m
Corrección Delta X5	-0.00529	m	Corrección Delta Y5	0.01790	m
Corrección Delta X6	-0.00626	m	Corrección Delta Y6	0.02120	m
Sumatoria Corrección Delta X	-0.03100	m	Sumatoria Corrección Delta Y	0.10452	m

5 Cálculo de los Delta X y Delta Y corregidos

Resultados

Delta X A-1c	-11.5131	m	Delta Y A-1c	35.1829	m
Delta X 1-2c	-24.3544	m	Delta Y 1-2c	19.3617	m
Delta X 2-3c	-26.9029	m	Delta Y 2-3c	-18.2252	m
Delta X 3-4c	-11.6571	m	Delta Y 3-4c	-32.9865	m
Delta X 4-5c	32.8578	m	Delta Y 4-5c	-16.7638	m
Delta X 5-Ac	41.5897	m	Delta Y 5-Ac	13.4309	m
Sumatoria Delta Xc	0.00000	m	Sumatoria Delta Yc	0.00000	m

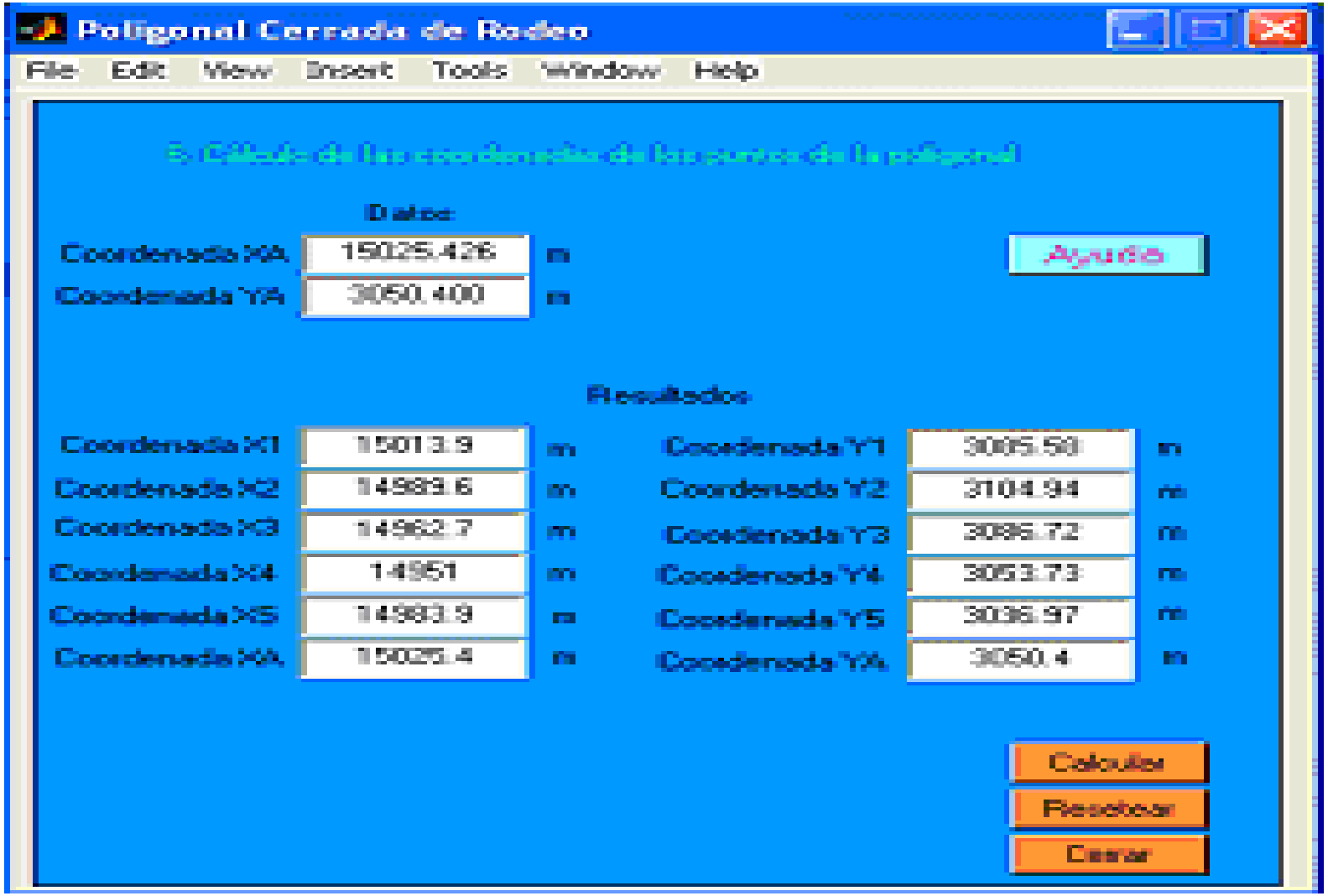
Ayuda

Calcular

Continuar

Reestablecer

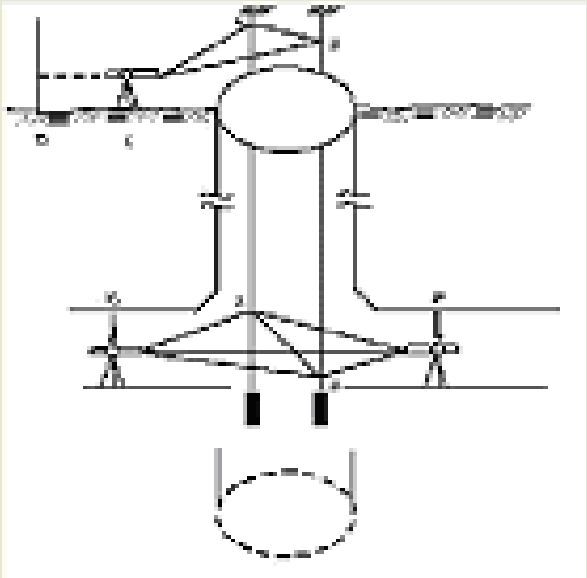
Cerrar

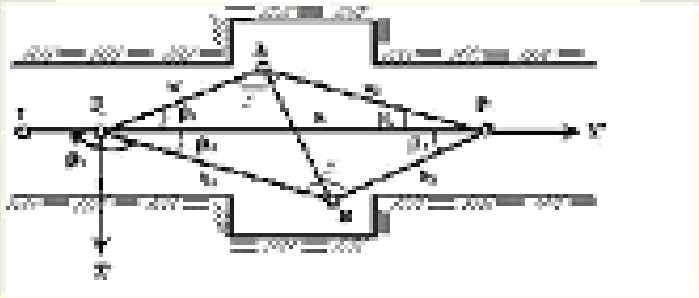

Poligonal Cerrada de Rodeo
File Edit View Insert Tools Window Help
Datos
Coordenada XA 15025.426 m
Coordenada YA 3050.400 m
Ayuda
Resultados
Coordenada X1 15013.9 m
Coordenada X2 14983.6 m
Coordenada X3 14962.7 m
Coordenada X4 14951 m
Coordenada X5 14983.9 m
Coordenada XA 15025.4 m
Coordenada Y1 3085.58 m
Coordenada Y2 3104.94 m
Coordenada Y3 3086.72 m
Coordenada Y4 3053.73 m
Coordenada Y5 3036.97 m
Coordenada YA 3050.4 m
Calcular
Resolver
Cerrar

Método de los cuadriláteros

File Edit View Insert Tools Window Help

Método de los Cuadriláteros





Este método lo usamos cuando no haya posibilidades de formar los triángulos de enlace óptimos en el subterráneo. En la figura está representada un esquema de enlace de las planadas por medio de un cuadrilátero. A través del pozo hacemos descender las planadas A y B y en las proximidades de la estación del pozo materializamos los puntos P1 y P2.
La tarea planteo determinar las coordenadas de los puntos P1 y P2 y el acimut del lado P1P2. Suponiendo que la tarea de prospección está resuelta, para resolver la tarea de enlace por el método del cuadrilátero, medimos por medio de las especificaciones los ángulos Beta1, Beta2, Beta3 y Beta4. Para relacionar los trabajos de enlace con los puntos de las poligonales subterráneas medimos el ángulo Beta0. Además, medimos las distancias entre las planadas A y B y entre los puntos P1 y P2.

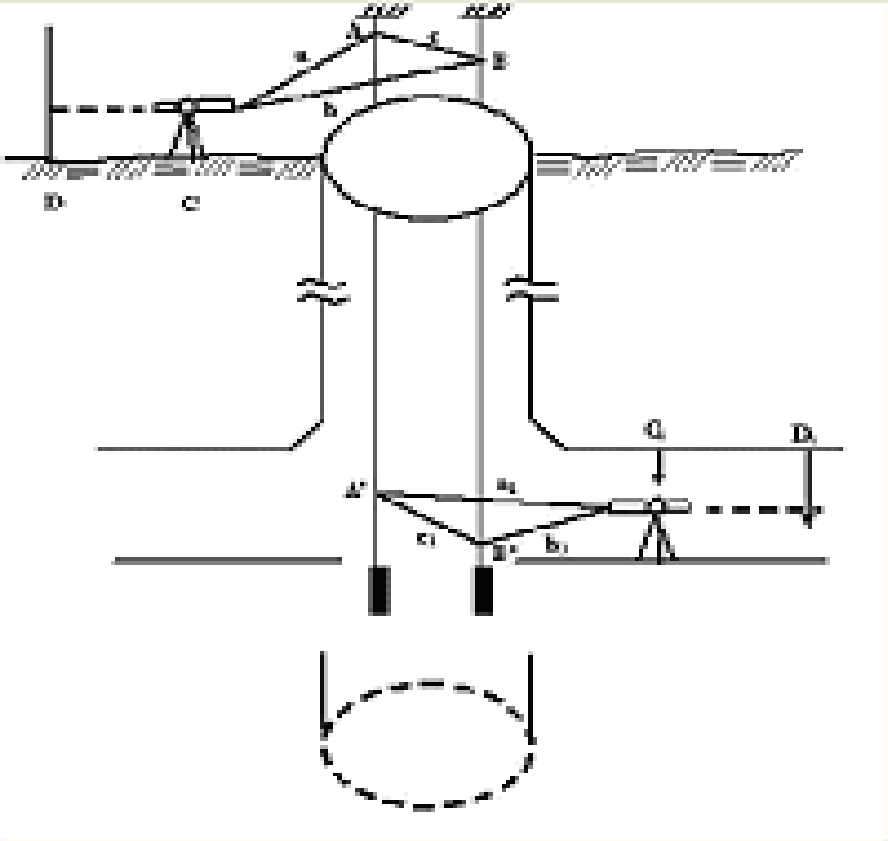
Cálculos

Cerrar

Método de los Triángulos

File Edit View Insert Tools Window Help

Método de los Triángulos



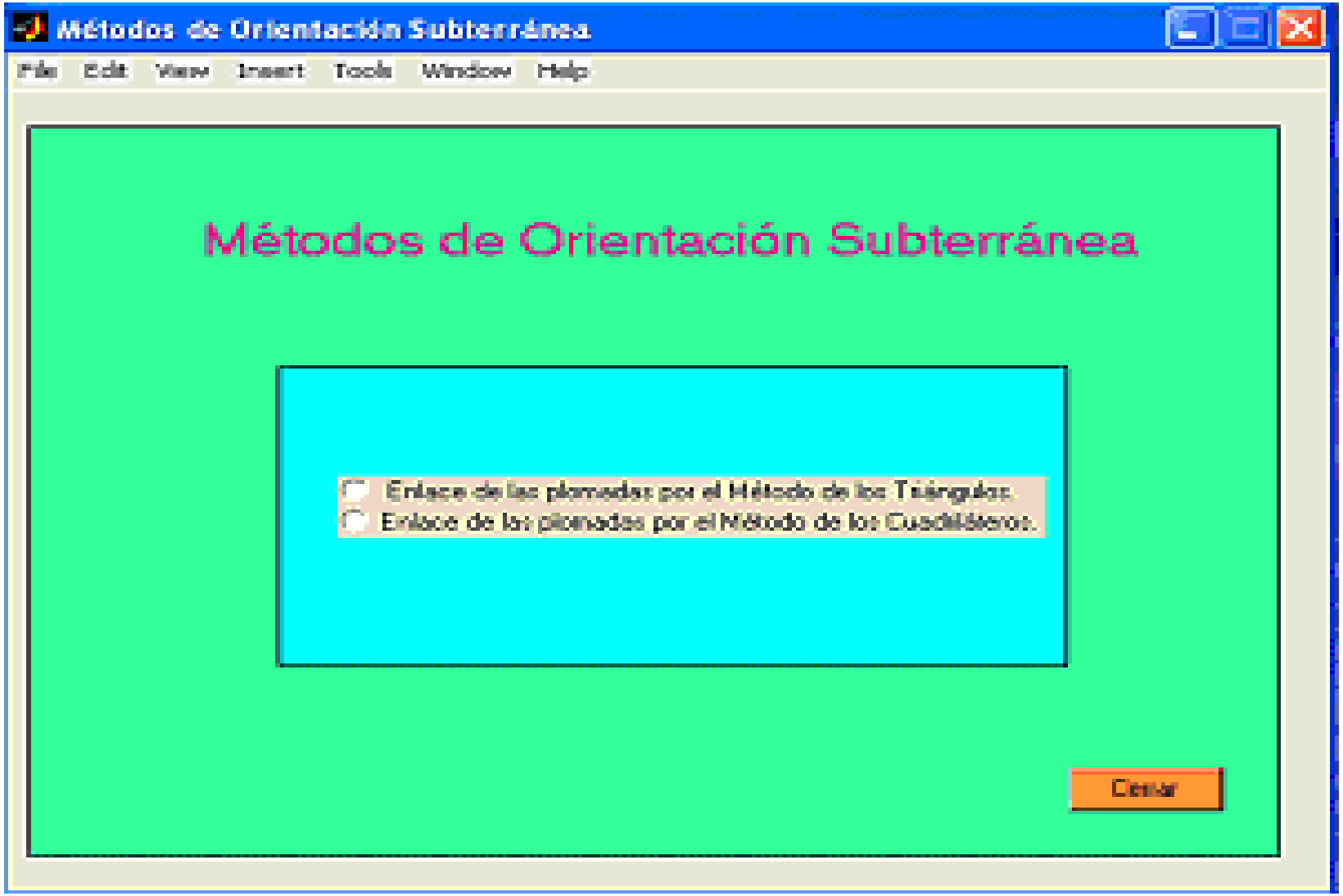
Este método lo usamos cuando conocemos las coordenadas de los puntos C y D, así como también el acimut DC. La tarea de enlace consiste en determinar el acimut del lado C1 D1 y las coordenadas del punto C1 en el subterráneo. Suponiendo que la tarea de proyección de las plomadas está resuelta, o sea, que las plomadas se mantienen en estado de reposo. El enlace lo realizan simultáneamente dos brigadas, una en la superficie y otra bajo mina. En los puntos C y C1 estacionaron los teodolitos y efectuaron las siguientes mediciones:

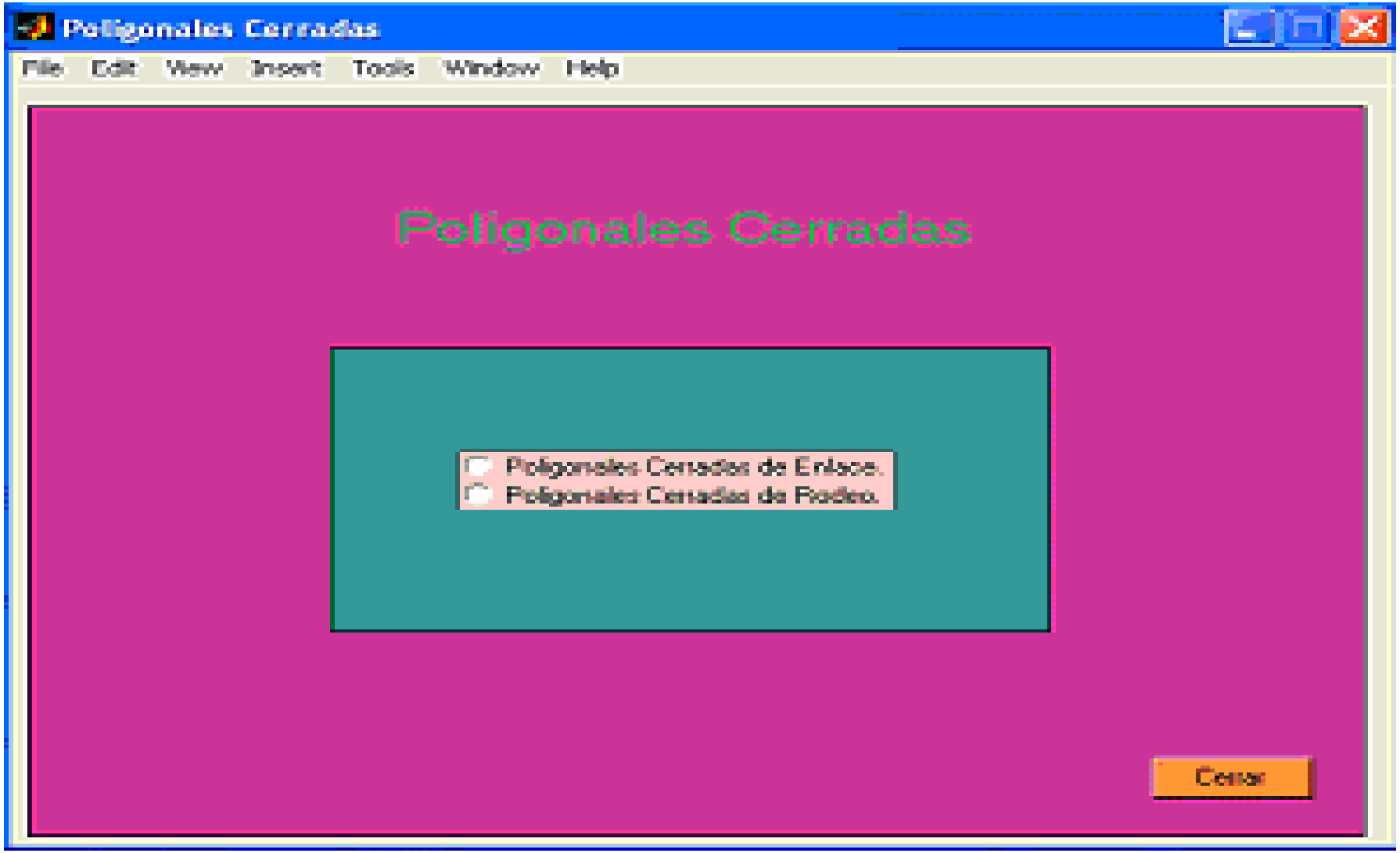
1. Medición de los ángulos horizontales omega y gamma en la superficie y omega1 y gamma1 bajo mina.
2. Medición de las longitudes a, b y c en la superficie y a1, b1 y c1 bajo mina.

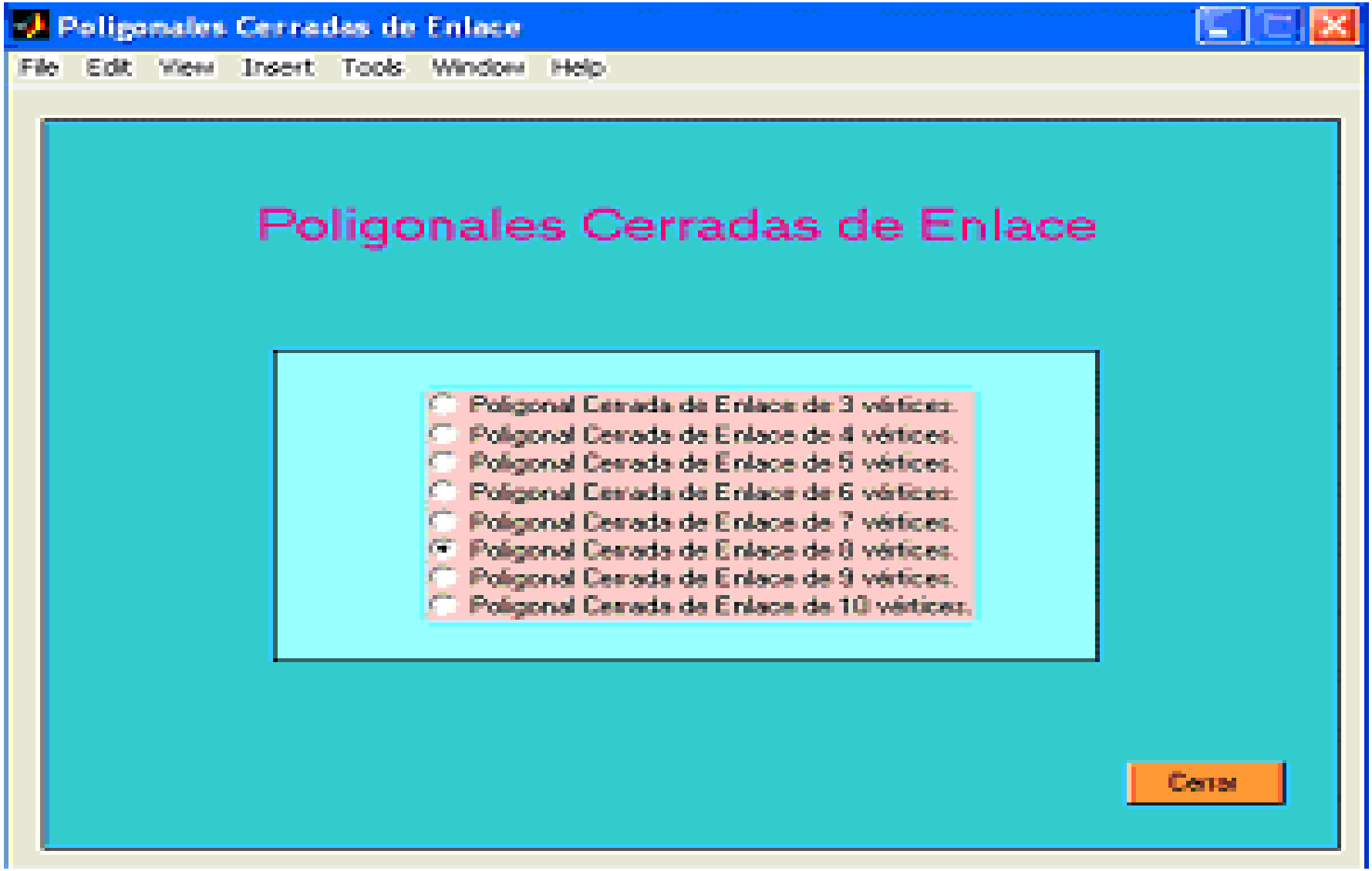
Como resultado de todo esto, en la superficie y bajo mina quedan formados dos triángulos DAB y C1A1B1 respectivamente.

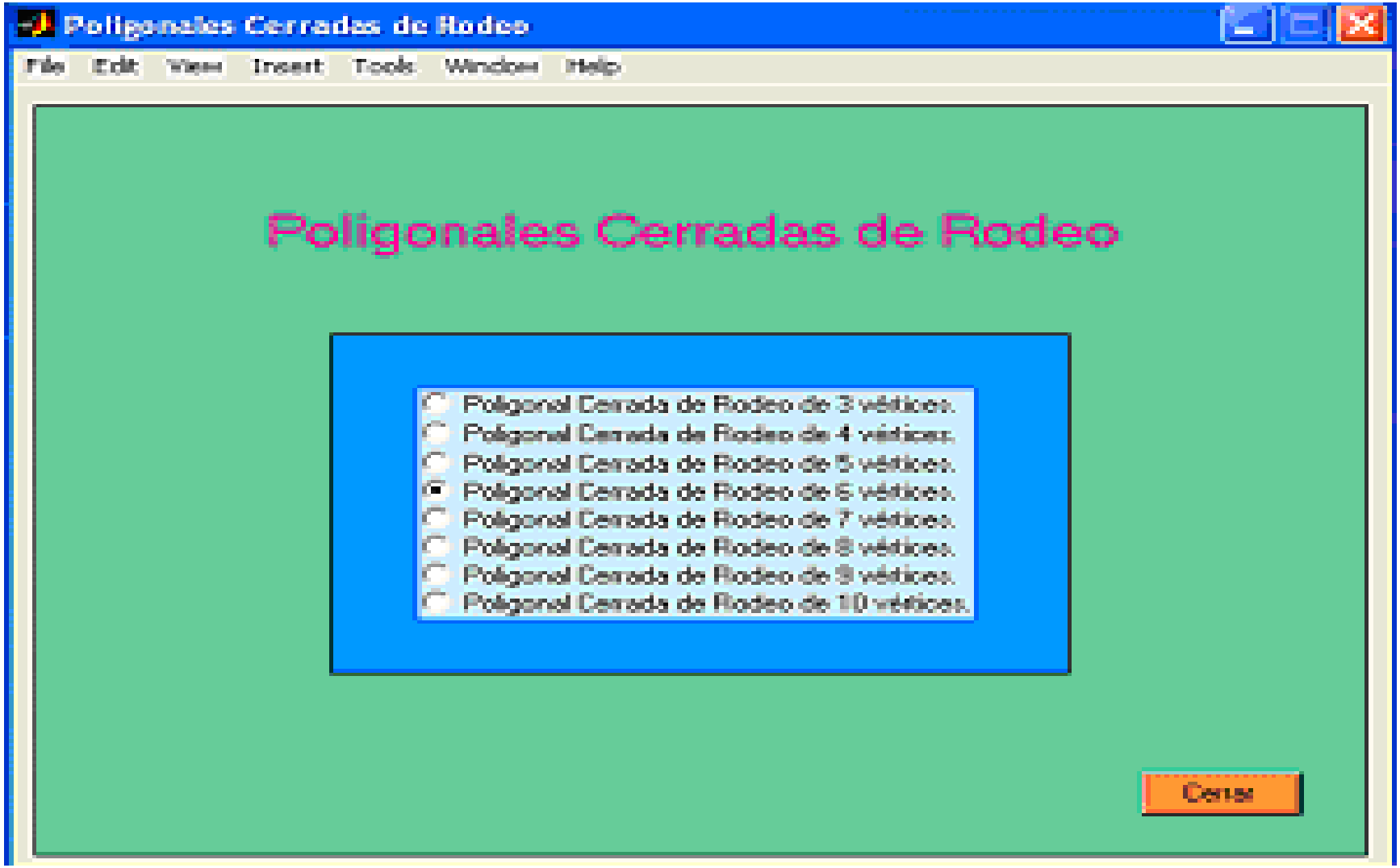
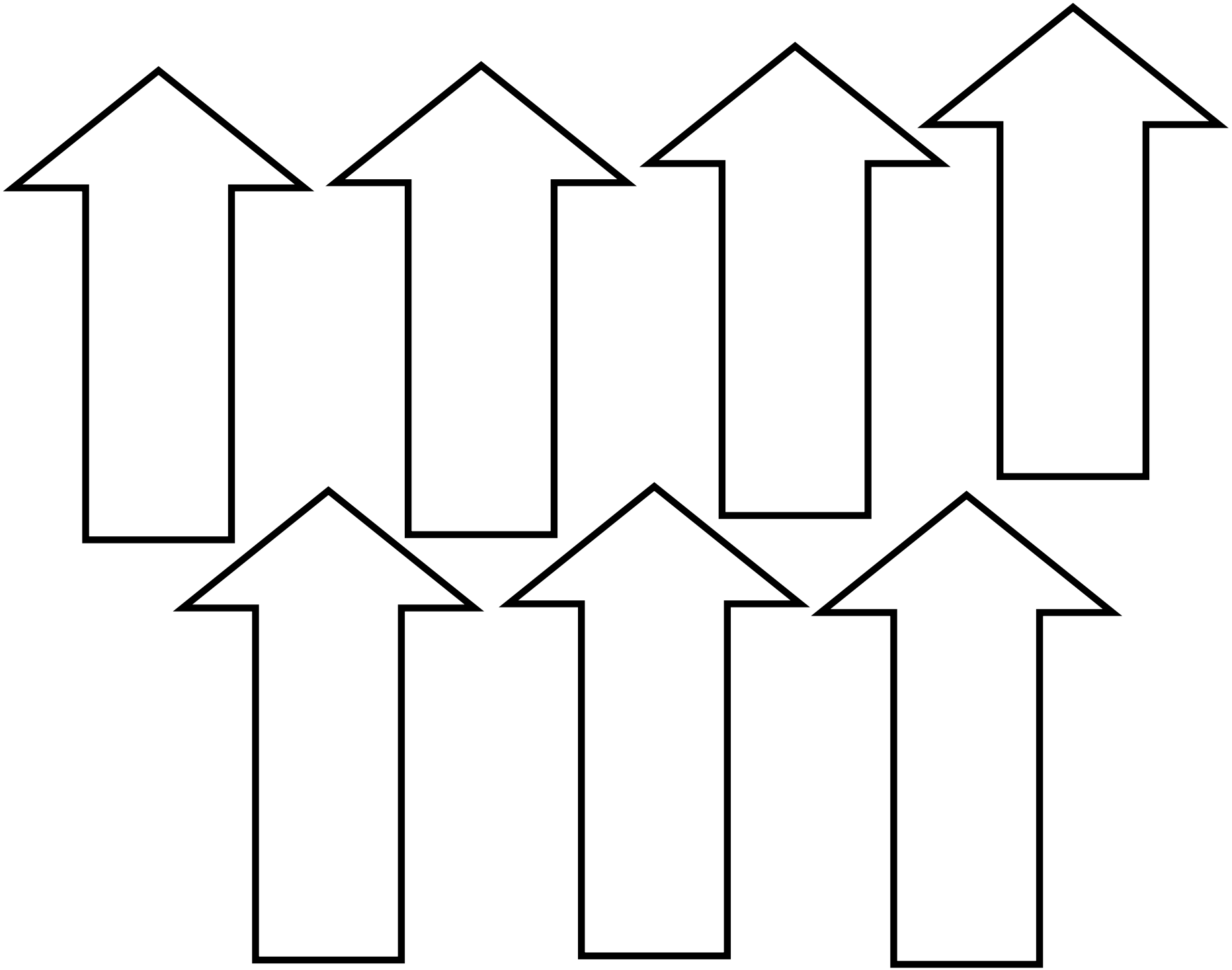
Cálculos

Cerrar


Métodos de Orientación Subterránea
File Edit View Insert Tools Window Help
Métodos de Orientación Subterránea
Enlace de las planadas por el Método de los Triángulos.
Enlace de las planadas por el Método de los Cuadriláteros.
Cerrar


Poligonales Cerradas
File Edit View Insert Tools Window Help
Poligonales Cerradas
Poligonales Cerradas de Enlace.
Poligonales Cerradas de Radeo.
Cerrar


Poligonales Cerradas de Enlace
File Edit View Insert Tools Window Help
Poligonales Cerradas de Enlace
Poligonal Cerrada de Enlace de 3 vértices.
Poligonal Cerrada de Enlace de 4 vértices.
Poligonal Cerrada de Enlace de 5 vértices.
Poligonal Cerrada de Enlace de 6 vértices.
Poligonal Cerrada de Enlace de 7 vértices.
Poligonal Cerrada de Enlace de 8 vértices.
Poligonal Cerrada de Enlace de 9 vértices.
Poligonal Cerrada de Enlace de 10 vértices.
Cerrar


Poligonales Cerradas de Rodeo
File Edit View Insert Tools Window Help
Poligonales Cerradas de Rodeo
Poligonal Cerrada de Rodeo de 3 vértices.
Poligonal Cerrada de Rodeo de 4 vértices.
Poligonal Cerrada de Rodeo de 5 vértices.
Poligonal Cerrada de Rodeo de 6 vértices.
Poligonal Cerrada de Rodeo de 7 vértices.
Poligonal Cerrada de Rodeo de 8 vértices.
Poligonal Cerrada de Rodeo de 9 vértices.
Poligonal Cerrada de Rodeo de 10 vértices.
Cerrar