



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

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS

***Título:* Diseño de Caminos Mineros con el
software Autocad Civil 3D.**

Autor: Geraldo Conde Eliseu.

Tutor: Ing. Idermis Téllez Rodríguez.

Dr.C Armando Fco. Cuesta Recio.

Moa, 2011

“AÑO 53 DEL TRIUNFO DE LA REVOLUCIÓN”

Dedicatoria

Dedico este trabajo de diploma especialmente a mis padres Eliseu Lourenço Bento y Catarina Manuel Manjor, mis hermanos, Daudy, Manuel, Arminda y Anatercia.

Mis Abuelos Manuel Manjor, Josefina Venancio, y Bento Murronha.

Mis tios y tias

Mis primos

Agradecimientos

Este trabajo es resultado del esfuerzo y dedicación de un gran numero de personas, que de una forma directa o indirecta participaron y contribuyeron para su realización.

A dios por me haber hecho hombre.

A la revolución cubana, por la oportunidad de me formar como ingeniero.

A mis tutores Ing. Idermis Téllez Rodríguez, Dr. c Armando Cuesta, a un gran amigo Yordanis B. Legra, ustedes son los responsables del logro de este trabajo.

Al los profesores del departamento de minería.

Millones de gracias, a mis padres Eliseu Lourenço Bento y Catarina Manuel Manjor, mis hermanos Daudy, Manuel, Arminda y Anatercia, a mis abuelos, primos, tíos y sobrinos.

A mi querida prima Tarcizia Joaquim, por estar siempre presente el los buenos y malos momentos.

A todos mis familiares por el apoyo, y paciencia que han tenido a lo largo de la carrera estudiantil.

Al grupo de topografía de Ceproniquel

A mis amigos Igor Cortez (Angola), Verette Sampson (Dominica), Pinheiro, Justino, Helio, y Fernando (Angola), Chenchu (Butan), Subash y Vijaya (Nepal)

A mis compatriotas y compañeros de lucha, Armino Cesar C. Nhambirre, Leovilgildo Gabriel Novela, Gildo C. Napanhula, Laura L. Olivera, y Cassamo.

A Yaimara L. Mazora, por ser tan especial

A los compañeros de Aula, Minas 2006

Muchas Gracias



Resumen

El presente trabajo que lleva por nombre Diseño de Caminos Mineros en AutoCAD Civil 3D, se partió de identificar los principales factores técnicos que influyen en el diseño geométrico de caminos, la ventaja que nos brinda el software Civil 3D para el diseño de viales, y las mejoras que tiene con respecto a otros programas.

Se definen los aspectos que se deben considerar para diseñar caminos, partiendo del análisis de la base de datos para la creación del modelo digital del terreno hasta los movimientos de tierra, sin infringir el reglamento y las normas vigentes en Cuba.

Por ultimo se realiza una metodología de trabajo que permita a los ingenieros de minas y topografía utilizar, como herramienta de diseño de una obra vial, con el programa Autocad civil 3D.



Summary

The present work that takes for name Design of Mining Roads in Civil AutoCAD 3D, it began of identifying the technical main factors that influence in the geometric design of roads, the advantage that offers us the Civil3D software for the roads design, and the improvements that it has with regard to other programs.

They are defined the aspects that should be considered to design roads, beginning of the analysis of the database for the creation of the digital pattern of the land until the earth movements, without infringing the regulation and the effective norms in Cuba.

To finish it is carried out a work methodology that allows to the engineers of mines and topography to use, as tool to design of a work via, with the program civil Autocad 3D.



Índice

INTRODUCCIÓN	5
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPÍTULO I: GENERALIDAD SOBRE EL DISEÑO DE CAMINOS MINEROS.	8
1.1 Introducción.	8
1.2. Factores que influyen en el diseño geométrico de caminos.....	9
1.3 Términos y Definiciones.....	11
1.4. Generalidades Sobre Software Autocad Civil 3D.....	15
1.4.1 Requisitos de hardware y software para Autocad Civil 3D. (Manual de usuario Autocad 2009).....	16
1.5 Conclusiones	18
Capítulo II: REQUISITOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE CAMINOS CON AUTOCAD CIVIL 3D.	19
2.1 Introducción.	19
2.2 Breve reseña histórica sobre el desarrollo de los softwares para el diseño de caminos mineros.....	20
2.3 Aspecto a considerar para el diseño de un camino minero con el software Autocad Civil 3D.....	20
2.4 Análisis de la base de datos para crear modelos digitales del terreno (MDT) para proyectos de caminos mineros en Autocad Civil 3D.	21
2.4.1 Importación de puntos	21
2.4.2 Creación de superficies (modelo digital del terreno)	22
2.5. Crear alineaciones a partir de una polilínea.....	23



2.6. Creación y visualización de perfiles longitudinales del terreno (perfiles de superficie).	24
2.7. Crear perfil de rasante (perfil compuesto).	25
2.8. Creación de secciones transversales. (Línea de muestreo).	25
2.9. Creación de la sección tipo. (Ensamblaje).	26
2.10. Creación del camino minero. (Obra lineal).	27
2.11. Creación de secciones de una obra lineal.	28
2.12. Definición de los materiales a utilizar.	29
2.13. Creación de criterios de cubicación con secciones transversales.	29
2.14. Cálculos de volumen.	29
2.15 Creación del diagrama de masa.	31
2.16 Conclusiones.	32

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN CAMINO MINERO EN AUTOCAD CIVIL 3D. 32

3.1 Introducción.	32
3.2 Metodología de diseño según AutoCAD Civil 3D.	33
3.3 Caso de estudio.	34
3.3.1 Abrir el programa AutoCAD Civil 3D.	34
3.3.2 Creación del Modelo Digital del Terreno (MDT)	35
3.3.2.1 Para importar puntos	35
3.3.2.2 Propiedades del grupo de puntos.	37
3.3.2.3 Creación del Modelo Digital del Terreno (MDT).	37
3.3.3 Creación de Alineación (trazado en planta).	42
3.3.4 Creación de perfiles a partir de superficie (perfil longitudinal).	43
3.3.4.1 Creación del perfil compuesto (perfil de rasante).	45



3.3.5 Creación de línea de muestreo (sección transversal).	45
3.3.6 Creación de ensamblaje (sección tipo).	47
3.3.7 Creación de obra lineal (camino minero).	49
3.3.8 Superficie de camino.....	50
3.3.9 Para crear secciones a partir de obra lineal (secciones del diseño).	53
3.3.10 Criterio de cubicación.	55
3.3.11 Definición de materiales.....	56
3.3.12 Conclusiones.....	58
CONCLUSIONES GENERALES	59
RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	



INTRODUCCIÓN

El diseño y manejo de los caminos mineros se ha desarrollado, en respuesta a los requerimientos de los operadores y fabricantes para obtener sistemas de transporte más seguros y eficientes.

El diseño de un camino minero es un componente fundamental del proceso tecnológico de transporte en minas ya sea a cielo abierto o subterránea. La mayoría de los operadores en las minas están de acuerdo en que existe una fuerte relación entre caminos bien contruidos y mantenidos, y operaciones mineras eficientes y seguras.

Con el desarrollo científico técnico en la rama de la informática, se hace necesario crear metodologías de trabajo, para resolver los problemas de diseño automatizados de caminos mineros que cumplan con las exigencias del entorno actual que requieren los proyectos.

Actualmente en la empresa de Proyectos del Níquel (Ceproniquel), estos trabajos se realizan con software Autocad Land Developmet Desktop y Software Cartomap V 6.0, este último limitado a dos llaves muy costosas en el mercado internacional.

A partir del año 2010 la Empresa de Proyectos del Níquel ha incrementado la adquisición de nuevos software que no están limitados a dos computadoras, menos costosos en el mercado y pueden realizar los trabajos de diseño de caminos mineros, tal es el caso del software Autocad Civil 3D.

El departamento de topografía está explotando las posibilidades del Autocad Civil 3D en el diseño vial, pero sin aplicar un procedimiento metodológicamente fundamentado.



METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Problema:

La necesidad de crear una metodología de trabajo para diseñar caminos mineros con el software Autocad Civil 3D.

Objetivo general:

Crear una metodología que permita a los ingenieros en minas y topógrafos, utilizar software Autocad Civil 3D, como herramienta para el diseño de caminos mineros.

Hipótesis:

Si se conoce las características técnicas del software Autocad Civil 3D y los parámetros del terreno que éste considera para el diseño de caminos, entonces es posible crear una metodología lógicamente argumentada que permite diseñar de forma racional y eficiente los caminos mineros.

Objetivos específicos:

1. Definir las principales características técnicas, y potencialidades del software Autocad Civil 3D.
2. Definir los parámetros del terreno a considerar para el diseño de caminos empleando el software Autocad Civil 3D.

Tareas:

1. Explorar problemas sobre caminos mineros.
2. Recopilar y analizar los trabajos relacionados con el diseño de caminos mineros utilizando tecnología CAD.
3. Caracterizar el software Autocad Civil 3D y evaluar sus posibilidades para el diseño de caminos.
4. Definir los principales aspectos del terreno que intervienen en el diseño de caminos mineros y su implementación a través del software.
5. Crear la metodología de diseño de caminos mineros.
6. Definir el lugar de estudio para el diseño de caminos mineros.



7. Evaluar los resultados de la aplicación de la metodología a través de un caso de estudio real.

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

- **Métodos empíricos:** será imprescindible el empleo de la **medición**. Como técnicas; **la observación científica y la entrevista**, para el conocimiento de las características fundamentales del software Autocad civil 3D y los caminos mineros.
- **Métodos teóricos** para la interpretación conceptual de los datos empíricos; haciendo uso del **análisis y la síntesis** en el estudio de las partes del software Autocad civil 3D, del terreno y los caminos mineros para comprender su comportamiento como un todo. Dentro de los métodos teóricos también será necesario la **inducción y deducción** como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular.
- **El método dialéctico** para conocer las relaciones entre los componentes del software Autocad civil 3D, del terreno y los caminos mineros.



CAPÍTULO I: GENERALIDAD SOBRE EL DISEÑO DE CAMINOS MINEROS.

1.1 Introducción.

El desarrollo de las minas a cielo abierto como subterráneo depende en gran medida, del progreso que alcancen las vías de acceso, sin las cuales la productividad de las mismas afectaría la eficiencia de las plantas metalúrgicas. Las vías de comunicación llegan a todos los rincones de la mina, permitiendo que ésta funcione lo más armónica posible.

Uno de los elementos fundamentales y determinantes a la hora de explotar un yacimiento lo constituyen los llamados sistemas de transporte; entre los cuales se pueden mencionar: transporte por gravedad, hidráulico, ferroviario, teleférico, automotor, transportadores de rastrillo, bandas, etc.

El objetivo de este capítulo es enfocar todos los principios y normas de ingeniería vial, relacionados a diseños de caminos mineros, así como las generalidades del software Autocad civil 3D y sus mejoras con respecto al Autocad Land.

Los caminos, no solo deberán limitarse a resolver de forma efectiva el traslado de mineral de un punto a otro de la superficie terrestre, sino que deberán hacerlo asegurando las máximas condiciones de seguridad y confort para los conductores, así como integrándose en el paisaje por el que discurre y del que formara parte, además de cumplir con todas las normas y principios de ingeniería que permita obtener una obra vial resistente, segura, duradera, funcional, económica y de apariencia agradable ante los ojos del conductor.

1.2. Factores que influyen en el diseño geométrico de caminos.

Geométricamente, los caminos son cuerpos tridimensionales totalmente irregulares, lo que en un principio hace complicada su representación. Sin embargo, posee una serie de particularidades que simplifican y facilitan su estudio, las que son de vital importancia conocerla.

Tráfico: Conocer el tráfico que ha de soportar un camino es un dato fundamental para proyectarlo. Es necesario conocer el número total de camiones mineros y otros vehículos que circularan por el mismo, las características técnicas de los camiones, se deben tener en cuenta las regulaciones de circulación existentes, como limitaciones de velocidad o prohibiciones de adelantamiento, distribución en el tiempo y su factor de crecimiento anual; no solo para determinar la sección transversal más adecuada; sino también las pendientes longitudinales máxima admisible, su longitud; entre otras cuestiones. (Blazquez, s.a)

Topografía: En determinada actividad humana se precisa disponer de una representación del terreno con el mayor grado de detalle posible, y la topografía estudia los métodos necesarios para llegar a representar un terreno con todos accidentes naturales y antrópicos. Con el conocimiento de ésta es posible hacer de forma racional los movimientos de tierra. (Blazquez, s.a).

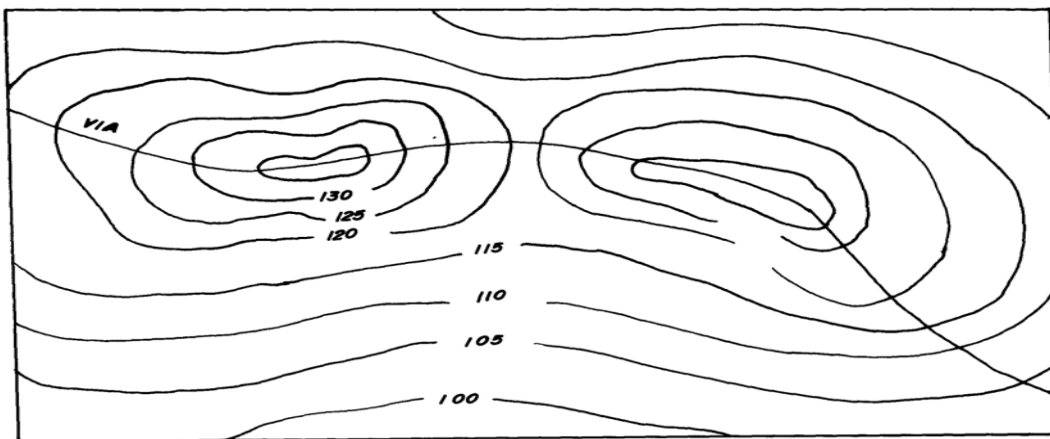


Figura .1 representación topográfica de la traza de un camino minero.



Visibilidad: Todo los tramos de caminos deben ofrecerle al conductor de servicio una determinada visibilidad, que depende de la forma, dimensiones y disposición de los diferentes elementos de trazado que conforman la vía. (Blazquez, s.a)

Velocidad de proyecto: Es aquella que permite definir las características geométricas mínimas de construcción de los elementos del trazado, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad. (Blazquez, s.a)

Estética: Un trazado correcto no sólo debe ser cómodo y seguro, sino que además debe integrarse lo mejor posible en el medio físico circundante, debe existir una adecuada coordinación de trazado en planta y en alzado. (Blazquez, s.a)

Economía: Puede afirmarse con absoluta certeza que el camino más corto entre dos puntos es la línea recta; ahora bien, lo que no es cierto es que sea el más económico (Blazquez, s.a). Sin duda alguna, el movimiento de tierra es la fase de construcción que más puede desequilibrar el costo de una vía. Para minimizar esto, es aconsejable ajustar en la medida de lo posible la rasante del camino al perfil natural del terreno. Lógicamente, esto no es siempre posible, ya que existen otras condicionantes y restricciones que en ocasiones impiden que esto se cumpla. La composición geológica del terreno que sobre el va a asentarse el camino puede llegar a condicionar en gran medida la idoneidad técnica y económica de un trazado. Otro aspecto que pueden disparar los costos de construcción de un camino es la presencia de obras de fábricas, que en ocasiones es algo inevitable.

Aunque en la construcción suele prevalecer el criterio económico por encima de todos los factores, como son la comodidad o seguridad, es bueno recalcar que la economía es el factor principal, pero debe analizarse de forma integrada con otros que en un momento dado puede definir la viabilidad de la construcción.



1.3 Términos y Definiciones.

En este epígrafe se definen los principales términos y definiciones, utilizados en este trabajo de diploma, necesario para comprender el diseño geométrico de caminos mineros.

Estación: Son puntos situados sobre una alineación determinada y separados unos de otros equidistantes; se representan por números enteros y para conocer la distancia entre el inicio de la alineación y una estación determinada, sólo es necesario multiplicar el número de estación por la equidistancia. (Trazado de vías, 1983)

Rasante: La rasante puede definirse como la elevación con respecto a una superficie de referencia definida de todos los puntos del eje de la vía. Es la línea base que define todos los alineamientos verticales del trazado y su elección depende de muy variadas condicionales entre las cuales se destacan: (Topografía del terreno, puntos obligados en la altura, visibilidad, velocidad de diseño, seguridad en la circulación vehicular, etc). (Trazado de vías, 1983)

Calzada: Zona del camino destinada a la circulación de vehículos, compuesta por uno o varios carriles. (Trazado de vías, 1983)

Plataformas: Zona allanada del terreno, donde descansa la calzada, que se halla a su vez dentro de la explanación o porción de terreno que ocupa realmente el camino (calzada y arcenes), delimitada por las arista de la explanación. (Ros, 2009)

Arista de explanación: La resultante de la intersección del terreno natural con el talud del desmonte o terraplén, en caso de no existir talud, es la intersección del terreno natural con el borde exterior de la cuneta. (Ros, 2009)

Carril: Banda longitudinal en que puede subdividirse la calzada, caracterizada por tener una anchura suficiente para permitir la circulación de una sola fila de vehículos. (Ros, 2009)



Arcén: Es la franja longitudinal afirmada contigua a la calzada, no destinada al uso de automóviles salvo en circunstancias excepcionales. (Ros, 2009)

Berma: Zona longitudinal del camino, comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta. Generalmente se utiliza para señalización, balizamiento o instalaciones de barrera de seguridad. (Ros, 2009)

Vías de circulación: Cada una de las fajas elementales en que se considera dividida la calzada a efectos de capacidad de tráfico. También se le llama senda o carril de circulación. (Blazquez, s.a)

Paseo: Parte de la vía que se encuentra a ambos extremos de la calzada; cuyo objetivo es servir de aparcamiento a los vehículos cuando sufren algún tipo de contratiempo, de forma tal que no obstruya el tránsito por la vía de circulación. (Trazado de vías, 1983)

Corona: Es el ancho completo de la vía; incluyen las vías de circulación y los paseos. (Trazado de vías, 1983)

Taludes: Son obras, normalmente de tierra, que se construyen a ambos lados de la vía; tanto en excavación como en terraplén, con una inclinación tal que garanticen la estabilidad de la obra. (Trazado de vías, 1983)

Zona de emplazamiento: Comprende además de la vía, una franja de terreno a ambos lados de la misma. Su objetivo es tener suficiente terreno en caso de ampliación futura de la carretera, atenuar los peligros de accidentes motivados por obstáculos dentro de ella que dificulten la visibilidad del conductor y zona de transición entre la vía y el paisaje circundante. (Trazado de vías, 1983)

Cuneta: Canales de sección generalmente trapecial adosados a ambos lados de la calzada, que recogen, canalizan y evacuan las aguas pluviales. (Ros, 2009)



Pendiente: Son tramos de calzadas de inclinación negativa en el sentido de la marcha, la cual favorece un aumento de la velocidad de circulación de los vehículos. (Belete, s.a)

Bombeo: Diferencia de nivel entre el extremo de la calzada y su eje en tramo recto. (Trazado de vías, 1983)

Factor de bombeo: Pendiente de la sección transversal de la vía en tramo recto. (Trazado de vías, 1983)

Sobre ancho: Holgura con que se dota a una curva para facilitar el giro de los vehículos. (Trazado de vías, 1983)

Vista en planta: Es la vista más importante de todas, ya que sobre ella se representa de forma explícita la proyección horizontal del camino. Se emplea para la confección de planos que recojan información de diversa índole, útil para la correcta definición de la vía (trazado, geología, replanteo, topografía, etc.). (Blazquez, s.a)

Plano: Es la representación gráfica que por la escasa y extensión de superficie a que se refiere, no exige hacer uso de los sistemas cartográficos.

Perfil longitudinal: Es el desarrollo sobre un plano de la sección obtenida empleando como plano de corte una superficie reglada cuya directriz es el eje longitudinal del camino, empleando una recta vertical como generatriz. En esta vista se sintetiza gran parte de la información necesaria para la construcción del camino, expresada tanto grafica como numérica. (Blazquez, s.a)

Perfil transversal: se obtiene seccionando la vía mediante un plano perpendicular a la proyección horizontal de eje. En él se definen geométricamente los diferentes elementos que conforman la sección transversal de la vía (taludes de desmonte y terraplén, cuneta, arcenes, peralte, etc). (Blazquez, s.a)



Alineaciones: Son las que define a grosso modo el trazado del camino (eje). Estas pueden ser de tres tipo (rectas, curvas y de transición). La creación de la misma es uno de los primeros pasos del diseño de caminos. (Ros, 2009)

Explanación o subrasante: Obra de tierra anterior al pavimento cuyo objetivo es elevar ó deprimir la estructura para alcanzar la cota de la subrasante de proyecto. Generalmente se construye con suelos del lugar objeto de la construcción propia de la vía; ó mediante suelos transportados desde una cantera de préstamo cercana a la obra. (Ros, 2009)

Ensamblaje: Objeto de dibujo de AutoCAD Civil 3D (AECCAssembly) que gestiona una colección de componentes de subensamblaje, tales como carriles de circulación, bordillos, arcones y cunetas, para formar los elementos estructurales de una carretera u otra estructura de obra lineal (Ros, 2009)

Desmonte: Excavación en el terreno existente, destinada a eliminar una cantidad de material determinado. (Ros, 2009)

Terraplén: Aporte o relleno de tierra en una zonas de cota inferior a la prevista en el proyecto. Pueden aprovecharse, si son aptas, las tierras extraídas de zonas de desmonte. (Ros, 2009)

Línea de muestreo: Línea que suele cortar una alineación y que puede utilizarse para crear secciones transversales. (Ros, 2009)

Obra lineal: Cualquier ruta cuya longitud y ubicación están regidas normalmente por una o más alineaciones horizontales y verticales. Cabe citar como ejemplos las carreteras, vías de ferrocarril, calzadas, canales, cunetas, travesías y pistas de aeropuerto. (Ros, 2009)



Subensamblaje: Objeto de dibujo de AutoCAD (AECCSubassembly) que define la geometría de un componente que se utiliza en la sección de una obra lineal. La paleta de herramientas de AutoCAD Civil 3D y los catálogos de herramienta ofrecen una variedad de subensamblajes preconfigurados, tales como carriles de circulación, bordillos, arcones y cunetas. (Ros, 2009)

En la figura 1.2 se muestran las definiciones anteriormente enunciadas.

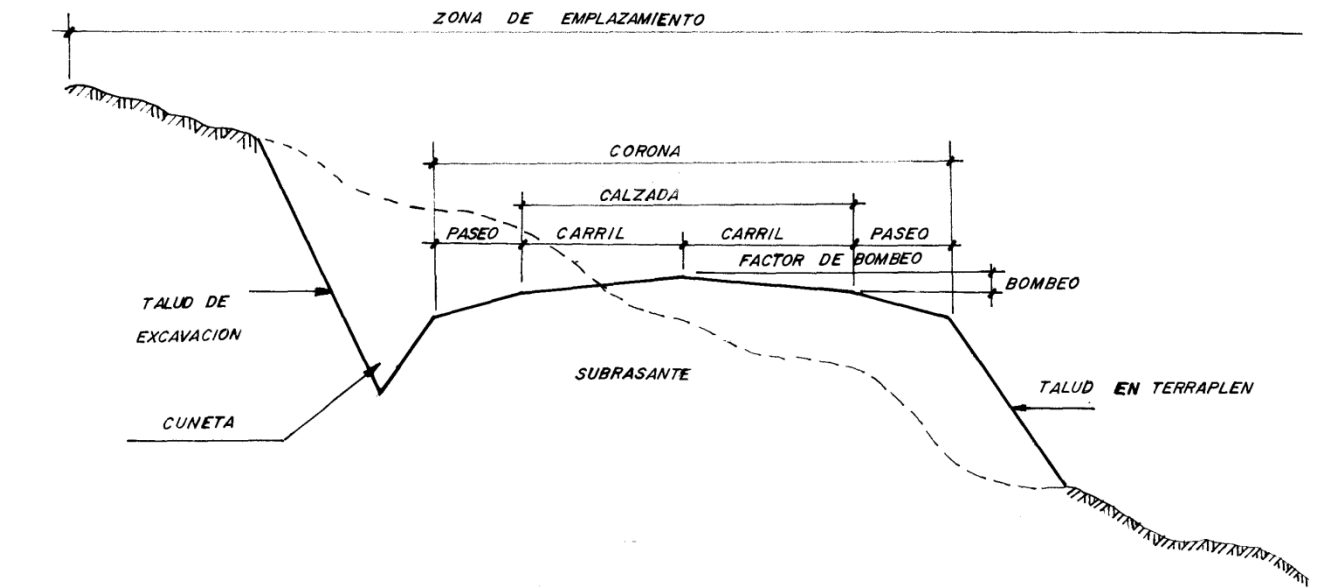


FIGURA 1.2

1.4. Generalidades Sobre Software Autocad Civil 3D.

Autocad Civil 3D, permite realizar tareas relacionadas con la ingeniería Civil, la topografía y el Dibujo. Se pueden crear relaciones inteligentes entre objetos del dibujo para que los cambios realizados en su diseño se actualicen automáticamente.

Los objetos son dinámicos y están basados en estilos, lo que simplifica la creación de objetos, las barras de herramientas de composición agrupan las herramientas de creación y edición de objetos.



1.4.1 Requisitos de hardware y software para Autocad Civil 3D. (Manual de usuario Autocad 2009)

Sistemas operativos

- Microsoft® Windows® XP Professional SP2 o posterior
- Microsoft Windows XP Professional 64-bit Edition SP2 o posterior
- Microsoft Windows Vista® SP1 o posterior o Microsoft Windows Vista 64-bit Edition SP1 o posterior,
- Windows Vista Enterprise
- Windows Vista Business
- Windows Vista Ultimate
- Windows Vista Home Premium

Explorador

- Internet Explorer® 7.0 o posterior

Resolución de pantalla

- 1280 x 1024 con Color verdadero

Requisitos adicionales para modelado en 3D

- Adaptador de vídeo en color de 32 bits, 1600 x 1200 o superior (Color verdadero) 128 MB o superior y tarjeta gráfica para estación de trabajo compatible con Direct 3D®.

Interfaz de Usuario.

Nueva visualización del entorno de dibujo y sus aplicaciones se muestra en la figura 1.3.

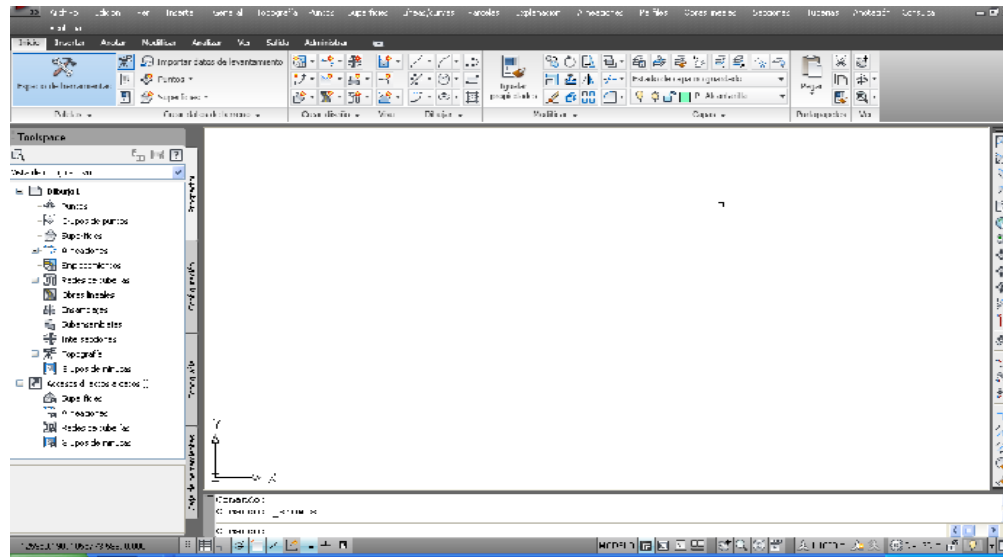


Figura 1.3 nueva visualización del entorno del Autocad Civil 3D

1.4.2 Características fundamentales del Autocad Civil 3D. (Manual Autocad 2009)

- Modelo basado en diseño dinámico.
- Alineación vertical en diseño 3D actualizando el modelo de camino automáticamente.
- Propone contornos automáticos en superficies de diseño, recalcula volúmenes, actualiza el perfil longitudinal del terreno natural y perfil de diseño o rasante.
- Asume parámetros de diseño y alerta cuando se infringen estos parámetros.
- Diseño de datos empleando las características de estilo, que son convertidas directamente en plantillas de dibujo.

1.4.3 Ventajas del software Autocad Civil 3D, respecto a Autocad Land Desktop

- Mejor proyecto y características de dirección de archivo.
- Mejores características de punto.
- Mejores características de superficie.
- Mejores características de paquete.
- Mejores características de alineación.
- Características de perfil mejorado.



- Mejores características de modelado de corredor.
- Catálogo de Subensamblaje mejorado.
- Mejores características de sección.
- Mejores sitio corrigiendo especiales.
- Mejores las características de tubo.
- Características Hidráulica e Hidrologicas.
- Mejores características de encuesta.

1.5 Conclusiones

- Los conceptos abordados en el Capitulo I facilitan la comprensión de los aspectos a considerar para el diseño de caminos mineros cuando es utilizada la técnica CAD.
 - Las facilidades y ventajas que ofrece el AutoCAD civil 3D comparada con su antecesor y el software Cartomap V 6.0 permiten agilizar el diseño de caminos mineros.
-



Capítulo II: REQUISITOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE CAMINOS CON AUTOCAD CIVIL 3D.

2.1 Introducción.

El diseño y la construcción de caminos mineros ha evolucionando a lo largo de los siglos, en consonancia con las circunstancias históricas y el progreso tecnológico experimentado por el hombre. Durante todos éstos tiempos, han variados tantos los materiales como las técnicas utilizadas en su construcción; sin embargo, lo que no ha cambiado desde el origen de la civilización hasta nuestros días es el decisivo papel que representan los caminos para la explotación más económica de un yacimiento.

El desarrollo continuo e inevitable del conocimiento científico ha provocado una gran revolución en las esferas de la ciencia y la técnica. La metodología utilizada en la proyección de obras ingenieriles ha evolucionado considerablemente y continúa perfeccionándose de forma gradual con el empleo de métodos automáticos, permitiendo una mayor rapidez y precisión de los resultados.

El conocimiento junto a las computadoras y los programas automatizados, constituyen las herramientas más poderosas del ingeniero de minas, a utilizar para los cálculos convencionales del diseño de caminos mineros.

En esta nueva forma de proyectar se hace imprescindible la utilización del ordenador, debido no solamente a su capacidad para realizar con gran rapidez unas secuencias prefijadas de operaciones aritméticas, sino también por estar especialmente preparada para realizar ciertas operaciones lógicas que hacen que el ingeniero escoja la variante más económica y sustentable a la hora de proyectar un camino minero.



2.2 Breve reseña histórica sobre el desarrollo de los softwares para el diseño de caminos mineros.

Antes de la aparición de las computadoras, los cálculos necesarios para la definición del trazado de los caminos mineros se realizaban manualmente con ayuda de unas tablas numéricas (funciones circulares o trigonométricas) y unas calculadoras mecánicas. Al final de la década de mil novecientos cincuenta y mil novecientos sesenta ya empezaban a aparecer los ordenadores, algunos programas de biblioteca para cálculo de poligonales y movimiento de tierra.

Con el paso del tiempo se empezaron a desarrollar los softwares para el diseño de camino minero; evidenciando mejoras que se expresan en:

- Un ahorro de tiempo en la realización de cálculos.
- Una mayor precisión en ellos.
- La supresión de errores debidos exclusivamente al cálculo.
- Automatización de la tarea mecanográfica.

En la actualidad los ingenieros pueden hacer con las computadoras y los softwares todo el trabajo para la proyección de cualquier vial en un plazo de tiempo relativamente corto.

En este capítulo enunciaremos todos los pasos para el diseño de caminos mineros con el software Autocad Civil3D.

2.3 Aspecto a considerar para el diseño de un camino minero con el software Autocad Civil 3D.

Antes de hacer el diseño de un camino minero con Autocad civil 3D hay que realizar un estudio de viabilidad del proyecto, justificando la necesidad de la construcción de esa vía mediante un análisis de la demanda existente o la necesidad de acortar el tiro de mineral, de abrir otro frente o explotar otro yacimiento etc. En función de estas exigencias fundamentalmente cuantitativas -y en ocasiones cualitativas- se decide la elección de un tipo u otro de vía (auxiliar o principal).



Una vez que el proyecto ha sido declarado viable, se procede a la realización de diferentes tipos de estudios previos a la redacción definitiva, y cuyo principal objetivo es la planificación general de la obra. Entre estos estudios cabe destacar los siguientes:

- Para comenzar un diseño de caminos mineros, hay que tener seleccionada la zona de donde se pretende construir el camino.
- Conocer el medio ambiente de la zona, población y tipo de suelo (información geológica).
- El tráfico, característica técnica del equipamiento.
- Tonelaje a soportar por el vial.
- Levantamiento topográfico del la zona, guardando las mediciones, en formato txt.
- Reconocimiento en el terreno para evaluar las posibles variantes de trazado del eje.
- Selección en el plano de las posibles variantes del trazado.
- Proyectar tres variantes para definir posteriormente la variante optima.
- Estaquillar en el terreno las variantes seleccionadas.

2.4 Análisis de la base de datos para crear modelos digitales del terreno (MDT) para proyectos de caminos mineros en Autocad Civil 3D.

Antes de comenzar el diseño hay que realizar un análisis riguroso a la base de datos, donde tenemos que observar todo lo relacionado con el análisis estadístico, geoestadístico y el comportamiento de las elevaciones, con esto lograremos que la información de partida se acerque lo más posible a la realidad, además de minimizar los costos del diseño.

2.4.1 Importación de puntos

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



Autocad Civil 3D nos brinda la posibilidad de trabajar con puntos (COGO), los cuales se diferencian de los tradicionales porque no solo tienen datos de coordenadas (X,Y,Z) asociados, también trae incluido el número de puntos, nombre del punto, código original (campo) y la elevación que es la base para el modelo digital del terreno. Ver figura 2.1



Figura 2.1

El software permite importar puntos en extensiones txt, libros xls, cvs, desde colectores de datos topográficos, puntos desde archivos LAMXML, entre otros. En el espacio de herramienta del programa, la ficha configuración brinda la posibilidad de transformar las propiedades gráficas de los puntos (COGO). Además de esto Civil 3D nos permite crear grupos de puntos, los cuales puedes exportar para otro software como Autocad Land, esto trae consigo que podamos generar diferente superficie en un mismo proyecto.

2.4.2 Creación de superficies (modelo digital del terreno)

Es una modelación digital punto a punto de la superficie a determinada escala de forma simplificada. Estos modelos tienen una gran utilidad ya que de la calidad con que se realicen va a depender el cálculo del movimiento de tierra. Con ellos puedes conocer y predecir el posicionamiento del camino, la localización de las mayores pendientes entre otros aspectos importantes del terreno que pueden ser usados en el diseño.

El programa nos permite ver la superficie en tres dimensiones una vez creada la misma, esto nos posibilita cerciorarnos de cualquier error o desviación que presenta la misma.

Al crear la superficie estamos creando con este software una estructura topológica denominada TIN (red irregular de triangular) que consiste en un conjunto de triángulos

irregulares conectados entre si, donde convergen sus vértices se denomina nodos, convirtiendo en una figura matemáticamente desarrollable y flexible a intercambiar interactivamente con una magnitud de corrección. Con este Autocad podemos obtener información estadística de la superficie, que nos va a facilitar las correcciones a la red de triángulos. Ver figura 2.2

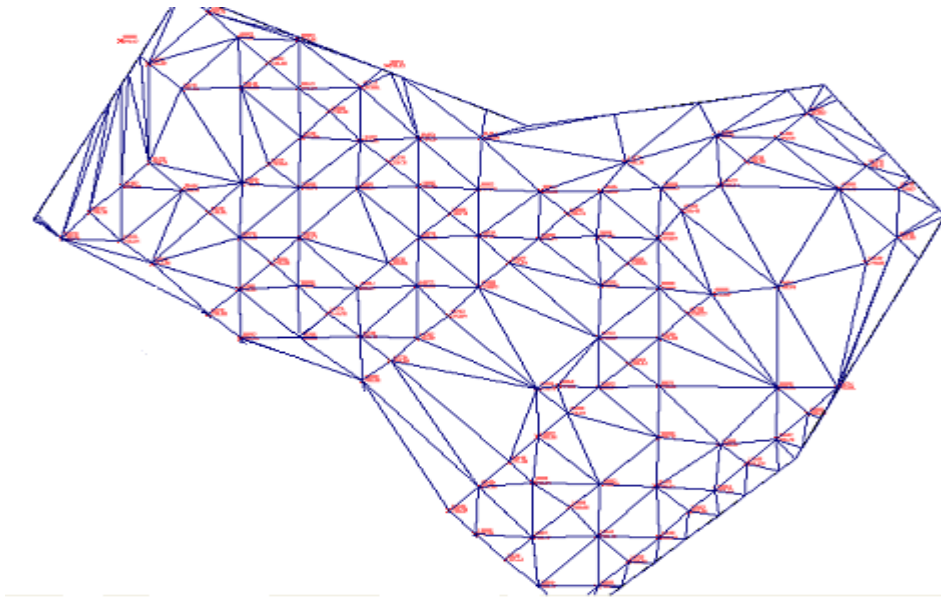


Figura 2.2 red de triángulos o malla creada con el Civil 3D

2.5. Crear alineaciones a partir de una polilínea.

Una vez definidos los elementos constitutivos del trazado en planta y delimitadas sus características y restricciones, pasamos a realizar los alineamientos horizontales que son la base del modelo de caminos mineros. Se emplean para enlazar los distintos tramos rectos o curvos que conforman el camino y representan ejes de caminos. La creación y definición de un alineamiento horizontal es uno de los primeros pasos que debe realizar el proyectista a la hora de proyectar un camino minero.

AutoCAD Civil 3D puede crear alineamientos de muchas formas, por ejemplo, creándolos a partir de polilíneas, utilizando las herramientas de composición de alineación, y a partir de importación de archivos de LandXML.



Antes de crear los alineamientos el ingeniero de minas debe considerar los parámetros de diseños según normas, para que el proyecto se ajuste a las normas locales. Estas características de diseños según normas le permiten al ingeniero verificar que las alineaciones cumplan las normas mínimas que demanda el cliente. Ver figura 2.3

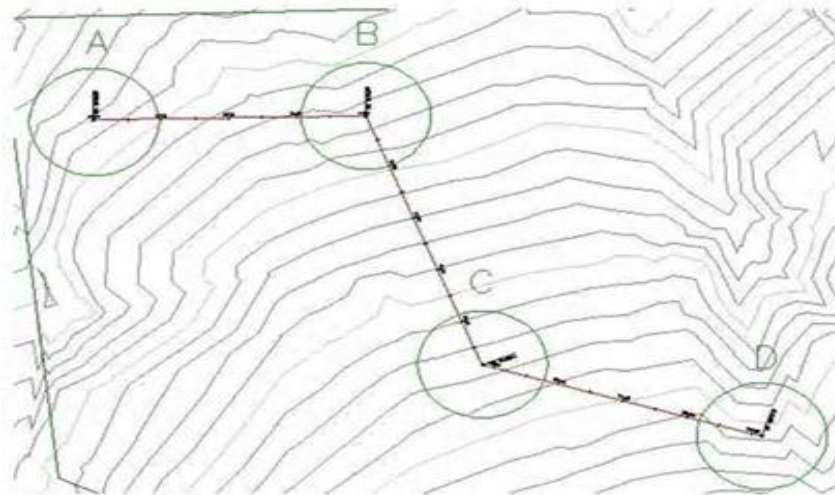


Figura 2.3 alineamiento en un plano topográfico

2.6. Creación y visualización de perfiles longitudinales del terreno (perfiles de superficie).

En la vista de los perfiles se sintetizan gran parte de la información necesaria para construcción de los caminos mineros, expresado tanto de forma gráfica como numérica.

Autocad Civil 3D trabaja con varios tipo de perfiles (de superficie, compuestos, superpuesto, y de obras lineales). Los de superficie nos muestran los diferentes cambios de elevación que presenta un determinado itinerario. Estos perfiles pueden ser dinámicos o estáticos, lo que demuestra la flexibilidad del software, acogiéndose a las necesidades del proyectista. Los perfiles de Autocad civil 3D son mostrados como líneas gráficas, que no es más que la visualización del perfil. Con este programa el diseñador tiene la posibilidad de visualizar uno o varios perfiles a la misma vez, permitiéndole hacer una mejor comparación. Ver figura: 2.4

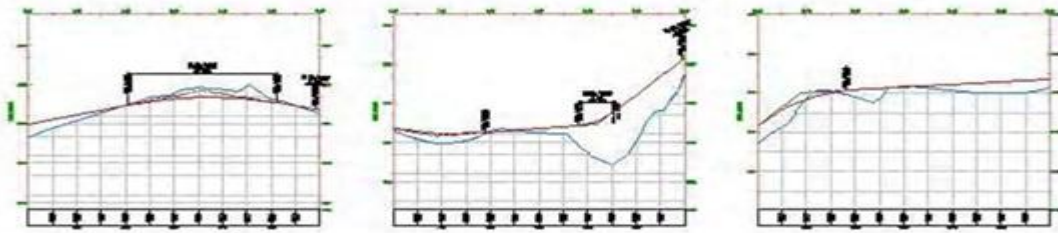


Figura 2.4 varios perfiles de una misma traza mostrados al unísono.

2.7. Crear perfil de rasante (perfil compuesto).

Este perfil brinda la posibilidad al ingeniero de observar las diferentes elevaciones de la superficie de una propuesta de camino o lo que es lo mismo de una rasante. Estos perfiles no son más que alineaciones horizontales, los que están compuestos por tangentes rectas, que es donde se colocan las curvas a la hora del diseño; en estos perfiles el ingeniero de minas puede incluir los diferentes taludes que presenta el terreno, además de las curvas diseñadas. Ver figura: 2.5

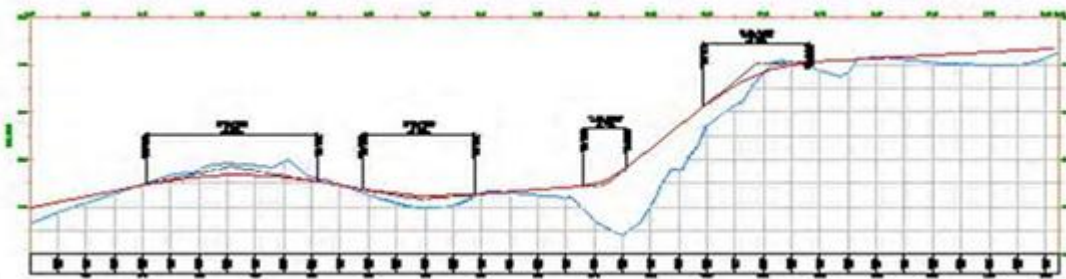


Figura 2.5 perfil de rasante o compuesto

2.8. Creación de secciones transversales. (Línea de muestreo).

Las líneas de muestreo son de gran importancia para el diseñador, ya que permite en una superficie muy amplia cortar solo el área que va a utilizar. El software crea una red de triangulación para el cálculo de superficie; con la línea de muestreo podemos calcular los datos de una superficie en particular, por lo que la triangulación va a llegar hasta estas líneas solamente.



Estas líneas se crean a lo largo de una alineación horizontal existente. En el caso de la construcción de caminos mineros estas sirven para cortar las secciones, pueden ser una o varias las líneas de muestreo creadas a lo largo de una alineación.

Las líneas de muestreo definen los puntos kilómetros o estacionado (P.K.) en los que se cortan las secciones transversales, y también la anchura de las secciones hacia la izquierda y la derecha de la alineación. Los conjuntos de líneas de muestreo se almacenan en un grupo de líneas de muestreo correspondiente a la alineación. Cada grupo de líneas de muestreo tiene un nombre único. Cada línea del grupo también tiene un nombre único. Ver figura 2.6

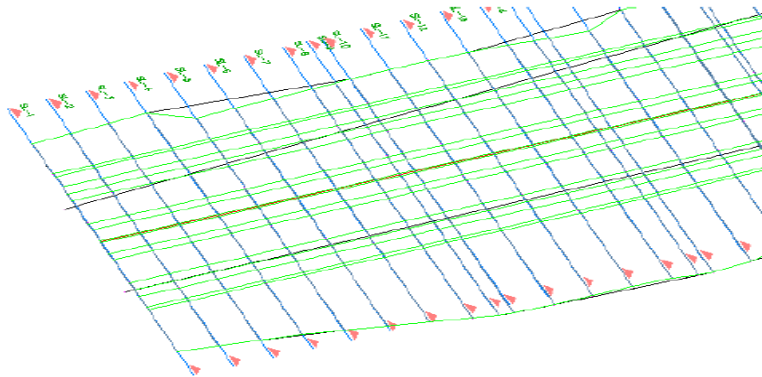


Figura 2.6 líneas de muestreo en una plano según P.K.

2.9. Creación de la sección tipo. (Ensamblaje).

La creación de ensamble es el momento donde el diseñador crea la sección tipo de acuerdo a las condiciones que presenta la topografía.

En este paso se dibujan y quedan definidos todos los elementos del camino minero, entre los que se encuentran: la cuneta, arcén exterior, calzada, arcén interior, mediana, arcén interior, calzada, arcén exterior y cuneta.

Los ensambles se utilizan para crear la estructura de una sección de obra lineal, son objeto de dibujo de AutoCAD Civil 3D que administra una colección de



objetos de subensamblaje. Estos funcionan como los bloques básicos de construcción de un camino basados en la alineación.

Los elementos que constituyen un objeto de ensamblaje son: punto de inserción, línea base, punto de línea base, línea de desfasaje, punto de desfasaje. Ver figura: 2.7.

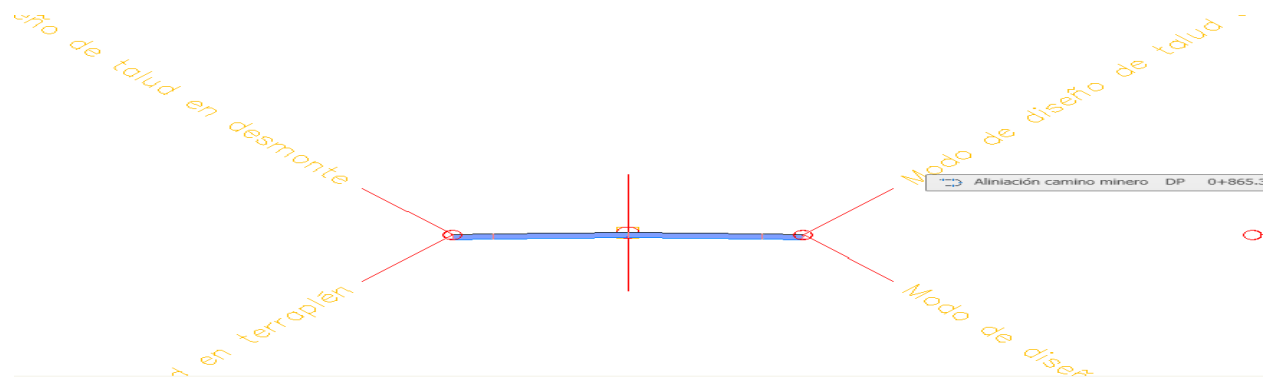


Figura 2.7 ensamblaje en un camino minero

2.10. Creación del camino minero. (Obra lineal).

Las obras lineales surgen después de generar la superficie del terreno, diseñar las alineaciones horizontales, crear los perfiles, planificar los parámetros de peralte y crear los subensamblajes y ensamblajes necesarios.

Una obra lineal se crea a partir de una línea base (alineación), colocando secciones 2D (ensamblajes) en ubicaciones incrementales y creando taludes coincidentes que alcanzan un modelo de superficie en cada ubicación.

También se pueden crear obras lineales con múltiples líneas base, lo que permite crear diseños más complejos como intersecciones, calles sin salida o uniones articuladas.

Las obras lineales se definen al asociar una línea base (alineación) con elementos de diseño transversal y otros datos estructurales. La obra lineal une datos, de diversos ensamblajes aplicados a intervalos de P.K. diferentes, a las líneas base (alineaciones) y a sus correspondientes perfiles longitudinales de rasante. También relaciona la



superficie específica del proyecto y los datos de alineación con el contenido del subensamblaje y el ensamblaje. Ver figura: 2.8

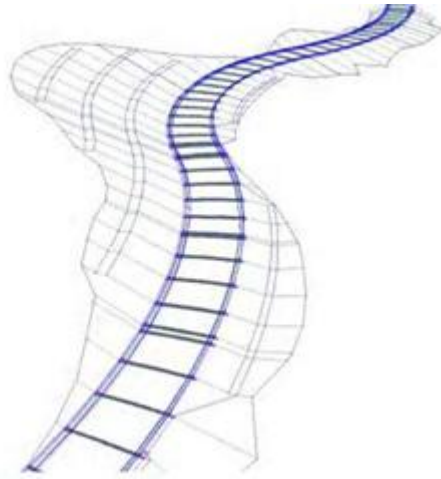


Figura 2.8 obra lineal elaborada en AutoCAD Civil 3D.

2.11. Creación de secciones de una obra lineal.

La creación de secciones de una obra lineal es de suma importancia para que el diseñador pueda observar el comportamiento de las secciones en los distintos P.K., para hacer las verificaciones técnicas que sean necesarias para que el diseño quede con la calidad deseada. Ver figura: 2.9.

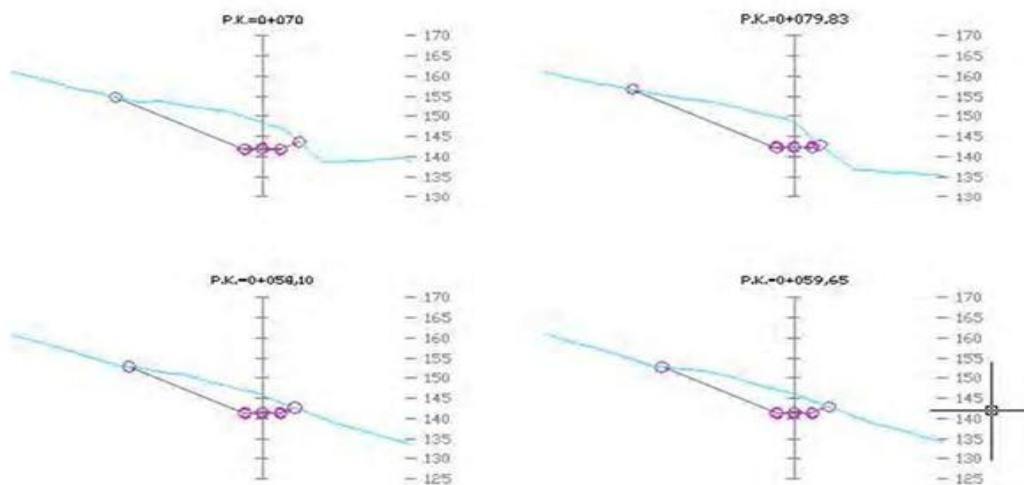


Figura 2.9 comportamiento de las secciones en los distintos P.K de una obra lineal.



2.12. Definición de los materiales a utilizar.

La definición de los materiales es la interacción de la superficie del terreno con la de diseño en un mismo elemento, que nos permitirá crear tablas e informes de cubicación, así como el diagrama de masa. Con los cuales se puede obtener información de los volúmenes a mover, las cuales son usadas para una mejor planificación y un menor costo de la obra.

2.13. Creación de criterios de cubicación con secciones transversales.

Estos criterios se realizan con el objetivo de obtener información numérica y grafica del volumen de material a cortar o rellenar (desmonte o terraplén). También permite realizar consulta de las diferencias de volúmenes. Ver figura: 2.10.

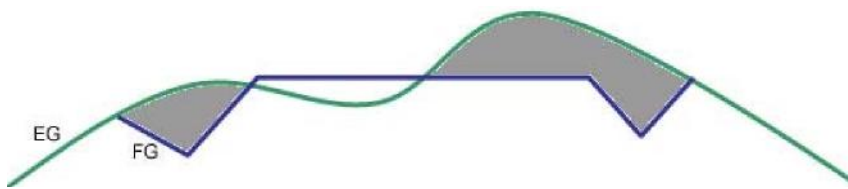


Figura 2.10 movimientos necesarios de volumen según la rasante del camino.

2.14. Cálculos de volumen.

La elaboración de proyectos de vialidades, particularmente el diseño de caminos mineros, requiere del cálculo de volúmenes a mover durante la construcción del mismo, basado en las áreas de las secciones transversales.

El cálculo de volúmenes es uno de los aspectos más importantes dentro del proyecto de caminos mineros ya que de la precisión con que se realice va a depender en gran medida los costos del proyecto.

El software AutoCAD Civil 3D calcula volúmenes por el método compuesto, dicho método triangula una superficie basándose en los puntos de ambas. En este método se utilizan los puntos de ambas superficies, así como cualquier ubicación en la que las aristas de triángulo entre las dos superficies que se crucen. Las nuevas

elevaciones de la superficie compuesta se calculan a partir de la diferencia entre las elevaciones de las dos superficies, según se indica en la figura: 2.11 y 2.12.

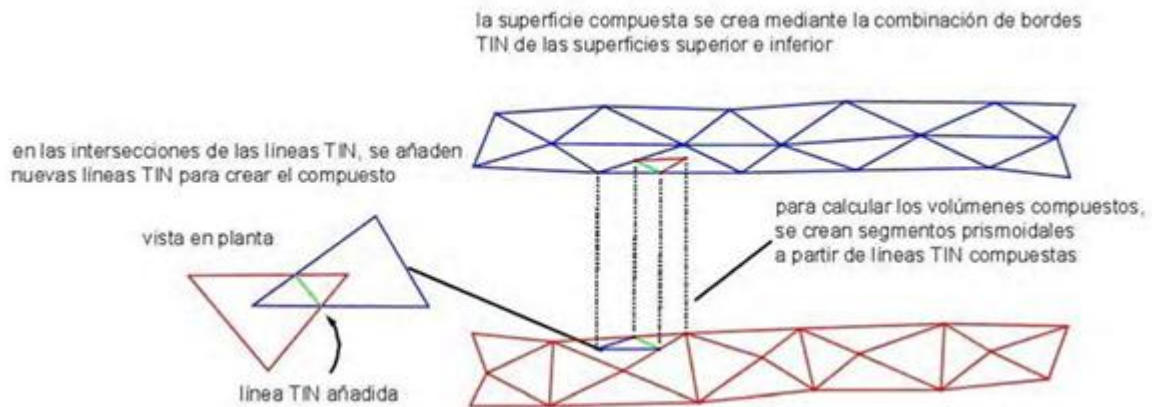


Figura 2.11 segmentos prismoidales para calcular volumen.

Después de calculado el volumen el software brinda la información del desmonte (cantidad de material que se debe eliminar), terraplén (cantidad de material que se debe añadir).

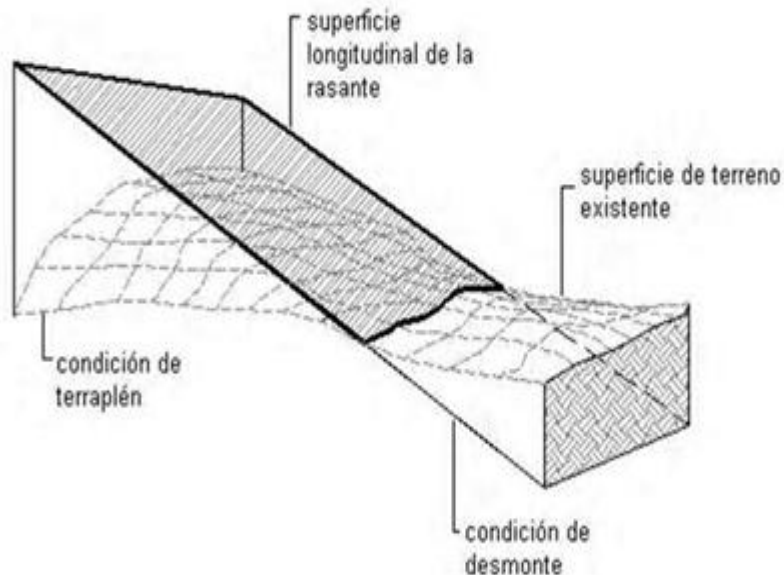


Figura 2.12 grafica del volumen de desmonte o terraplén calculado y brindado por el software.

2.15 Creación del diagrama de masa.

El diagrama de masa es la representación gráfica de los volúmenes de tierra que resultan en exceso o en defecto, en un proyecto de camino minero después de efectuarse la compensación transversal. Es un procedimiento sistemático que permite determinar la mejor forma de distribuir los cortes y rellenos.

Los diagramas de masas constan de dos objetos: una línea de diagrama de masas y una vista de diagrama de masas. La línea de diagrama de masas representa los volúmenes de material de préstamo, material en condiciones de desmonte y terraplén de una alineación.

El eje central de la vista se denomina línea de equilibrio. La ubicación de la línea de diagrama de masas con relación a la línea de equilibrio indica desplazamiento de material en el diseño actual. Cuando la línea de diagrama de masas se sitúa por encima de la línea de equilibrio, indica una región donde se desmonta material. Cuando la línea de diagrama de masas se sitúa por debajo de la línea de equilibrio, indica una región donde se rellena material. Ver figura: 2.13.

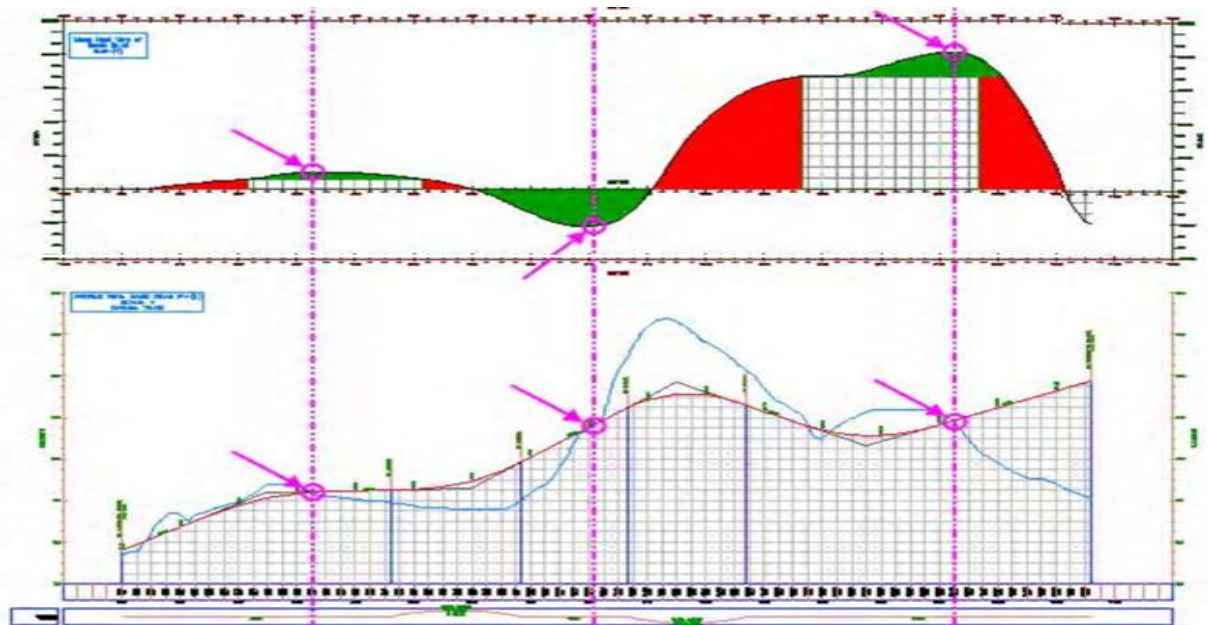




Figura 2.13 puntos de rasante (indicados por flechas y círculos) en un diagrama de masas (arriba) y en una visualización del perfil conectados por líneas.

2.16 Conclusiones.

Se expusieron las secuencias que hay que tener en cuenta para el diseño de caminos mineros con el software AutoCAD Civil 3D.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN CAMINO MINERO EN AUTOCAD CIVIL 3D.

3.1 Introducción.

En este capítulo se esboza una metodología para el diseño geométrico de caminos mineros, mediante un ejemplo, que le permita a los ingenieros de Minas introducirse en el empleo del software AutoCAD Civil 3D.

Los procesos de diseño de cualquier elemento de ingeniería, deben agotar una serie de pasos que son los que hacen del mismo un proceso confiable. Con AutoCAD Civil 3D estos pasos se terminan con tal rapidez que hace apenas algunos años era imposible aceptarlo. Con el uso de este programa en el diseño de caminos, las actividades que nos tomarían semanas y hasta meses se pueden confeccionar en horas.

El diseño geométrico del camino minero, se efectuará en la etapa del proyecto ejecutivo teniendo en cuenta las normas vigentes en Cuba y los criterios de diseño estudiados.



Para esto se proyectó primeramente, el camino con el programa AutoCAD Land Development Desktop, partiendo de los datos topográficos reales del grupo de la Empresa de Proyectos del Níquel (Ceproníquel) Luego se realizó el mismo trazado empleando el AutoCAD Civil 3D, obteniéndose la metodología que se muestra a continuación.

3.2 Metodología de diseño según AutoCAD Civil 3D.

Para comenzar el diseño de caminos tenemos que seguir los pasos siguientes:

Paso 1: Abrir o cargar el programa AutoCAD Civil 3D.

Paso 2: Creación del Modelo Digital del Terreno (MDT).

En este paso es donde:

- Se importa los puntos;

- Se definen las propiedades del grupo de puntos;

- Se crea el Modelo Digital del Terreno (MDT).

Paso 3: Creación de Alineación (trazado en planta).

- Se crea alineaciones a partir de polilínea;

- Se define el diseño según normas.

Paso 4: Creación de perfiles a partir de superficie (perfil longitudinal).

- Se dibuja y visualiza el perfil;



Se crea el perfil compuesto (perfil de rasante).

Paso 5: Creación de línea de muestreo (sección transversal).

Se visualiza las líneas de muestreos según los P.K (opcional).

Paso 6: Creación de ensamblaje (sección tipo).

Se define los Subensambles.

Paso 7: Creación de obra lineal (camino minero).

Visualización previa del camino minero.

Paso 8: Superficie de camino.

Se Crea contorno de la superficie;

Se identifican las zonas de corte y relleno.

Paso 9: Crear secciones a partir de obra lineal (secciones del diseño).

Se crean nuevamente líneas de muestreo.

Se Visualizan los perfiles en diferentes vistas.

Paso 10: Criterio de cubicación.

Se definen numérica y gráficamente las zonas de rellenos y corte (se puede realizar consultas).

Se calculan los volúmenes. Ver anexo 6.

Paso 11 Visualización del camino.

Permite visualizar el camino en 2D y 3D desde cualquier posición.

3.3 Caso de estudio.

3.3.1 Abrir el programa AutoCAD Civil 3D.

Para esto damos un clic en el menú **Inicio ► All Programs ► Autodesk ► AutoCAD Civil 3D 2009-espanol ► AutoCAD Civil 3D**, como se muestra en la figura 3.1.

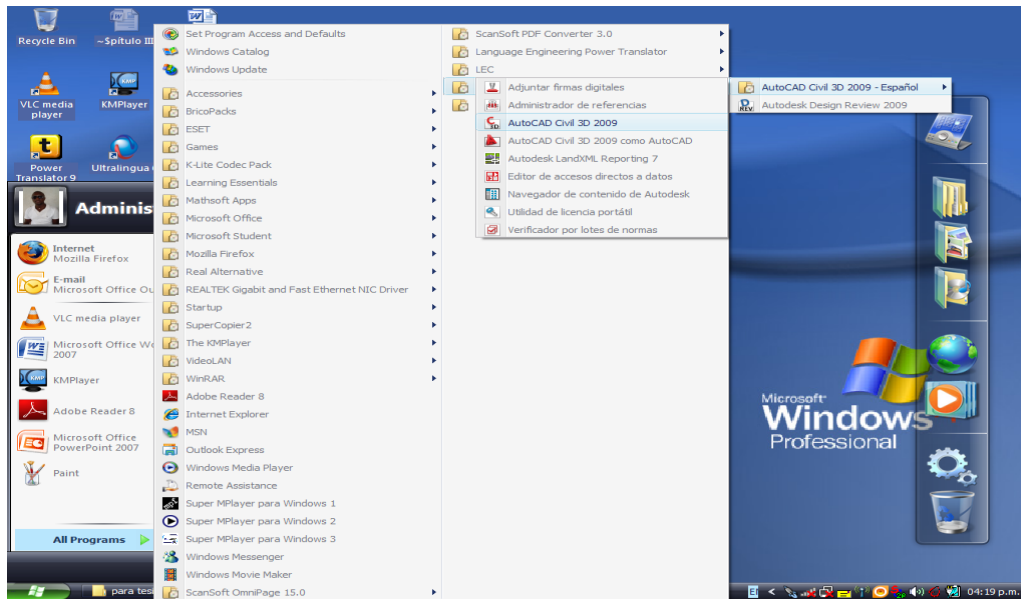


Figura 3.1 abrir programa AutoCAD Civil 3D.

3.3.2 Creación del Modelo Digital del Terreno (MDT)

3.3.2.1 Para importar puntos

Antes de ejecutar este paso debemos tener un fichero txt, donde aparezcan las coordenadas X, Y, Z del terreno natural. Ver figura 3.2.

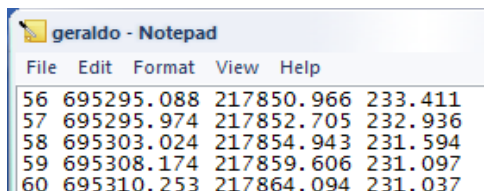


Figura 3.2 formato de puntos del fichero txt.

Acto seguido hacemos clic en el menú Puntos ► Crear puntos. Como se muestra en la figura 3.3.

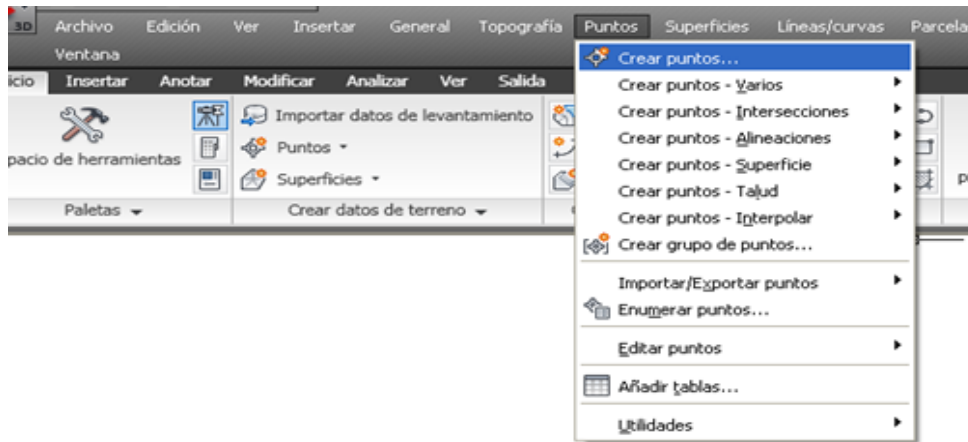


Figura 3.3 ventana para crear puntos, por Autocad civil 3D.

Después hacemos clic en Importar puntos.



En la ventana de importación tenemos que seleccionar el formato, que en nuestro caso utilizamos **PENZD (delimitado por el espacio)**. En el **Archivo(s) de origen** hacemos clic en seleccionar archivo de origen, donde buscamos el fichero que contiene los puntos; después **añadimos un grupo de punto** y, en la ventana que aparece le ponemos un nombre a este grupo de punto y hacemos clic en **aceptar** en las dos ventanas. Como se muestra en la figura 3.4.

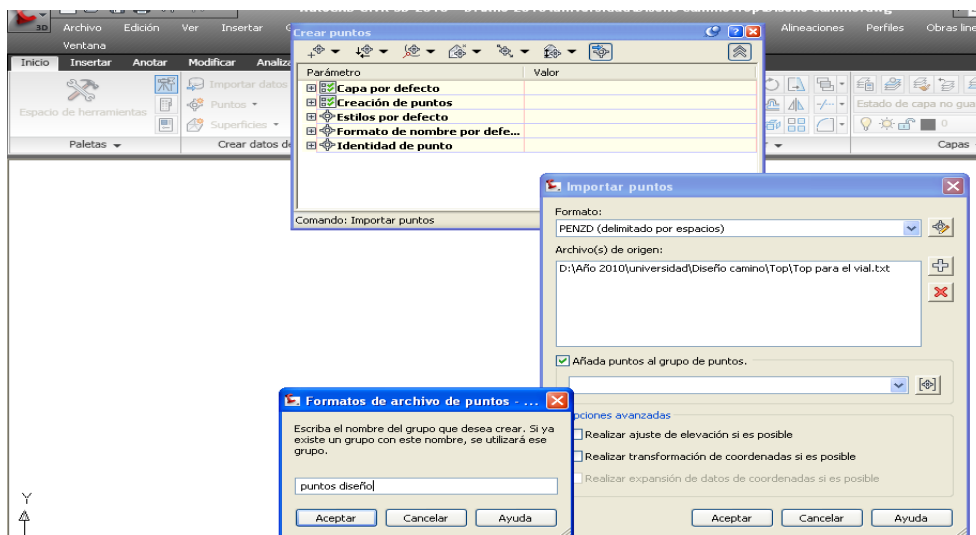


Figura 3.4 ventanas, crear, importar y desde un archivos de puntos.

3.3.2.2 Propiedades del grupo de puntos.

En este punto se determinan el estilo de punto y el de etiqueta del grupo de punto que se va a utilizar. Para esto hacemos un clic en **General ► Espacio de herramientas**, y dentro de este hacemos clic en la ficha **Propector**, después damos un clic en grupo de puntos, buscamos el grupo de punto guardado y le damos clic derecho propiedades, donde se despliega una ventana para configurar los estilos de punto. Ver figura 3.5.

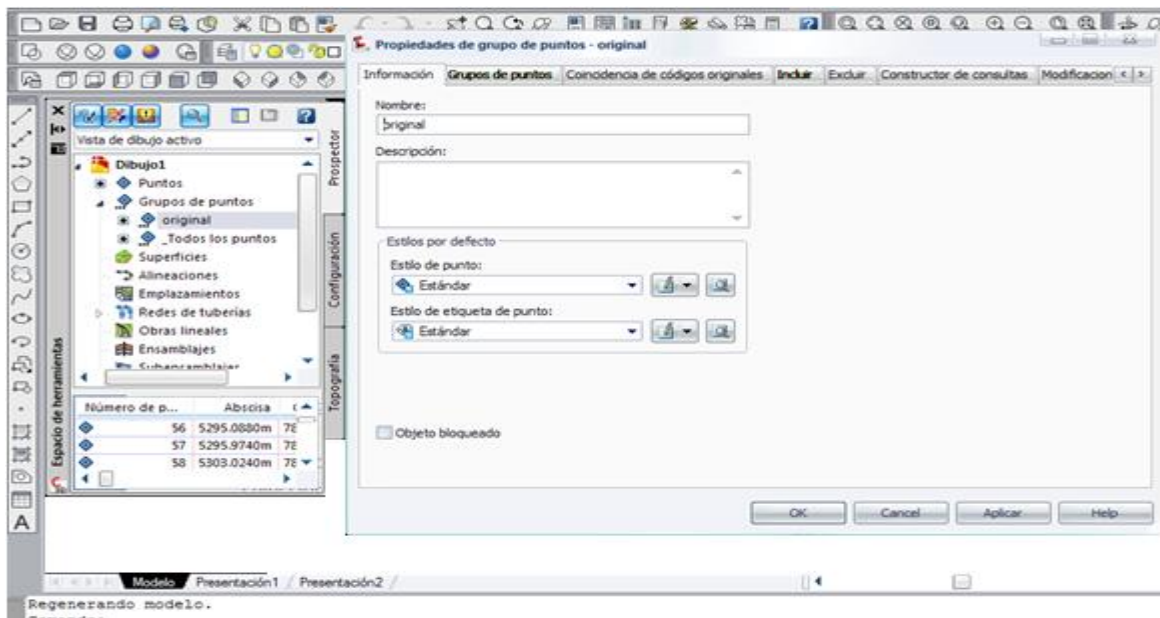


Figura 3.5 propiedad del grupo de puntos.



3.3.2.3 Creación del Modelo Digital del Terreno (MDT).

En este paso se representa a escala una parte de la superficie terrestre en un plano digital, donde se observan los diferentes desniveles y accidentes del terreno. Aquí se crean superficie TIN a partir de curvas de nivel.

Para esto damos un clic en el menú **Superficie ► Crear superficie**. Como muestra la figura 3.6.



Figura 3.6 crear superficie.

Seguidamente se abre el cuadro de diálogo **Crear superficie**, en esta ventana definimos el tipo de superficie, para nuestro caso escogimos en la lista **Tipo** ► Superficie TIN. Después seleccionamos la capa donde vamos a guardar la superficie y para esto se da un clic en , esta puede ser seleccionada de las existentes o crear una nueva. En la rejilla de propiedades desplegamos la celda donde dice información y en la columna de valor le ponemos nombre a la superficie. El estilo de superficie también puede ser cambiado, para esto solo tenemos que hacer un clic en la propiedad Estilo, a luego se hace clic en , donde se muestra el cuadro de diálogo **Seleccionar estilo de superficie**. Ver figura 3.7.

El nombre de la superficie se muestra en el Espacio de herramienta, en la colección **Superficies del árbol del prospecto**.

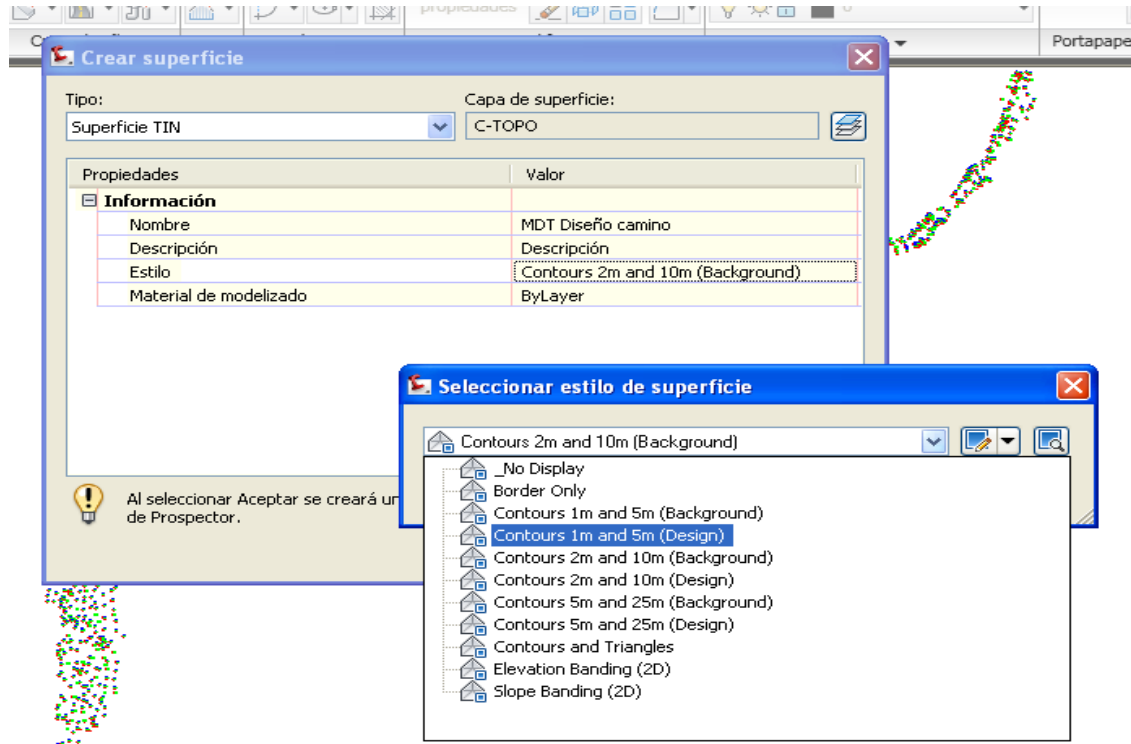


Figura 3.7 estilos de superficie.

Para visualizar la superficie se le debe añadir un grupo de puntos. Del Espacio de herramientas, en la ficha Prospector, desplegamos donde dice superficie y realizamos la misma operación en la superficie creada, y le damos clic derecho a **Grupos de puntos** ► **Añadir**. Ver figura 3.8.

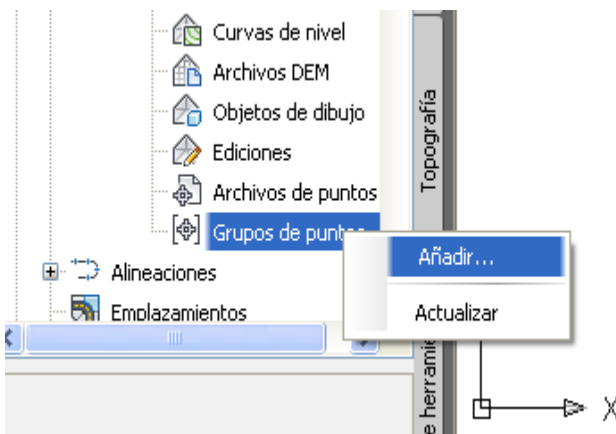


Figura 3.8 añadir grupos de puntos.



La ventana que se abre es el cuadro de diálogo (**Grupo de puntos**), donde aparecen los grupos de puntos que están creados, seleccionamos el que queremos añadir y damos un clic en **Aceptar**. Ver figura 3.9.

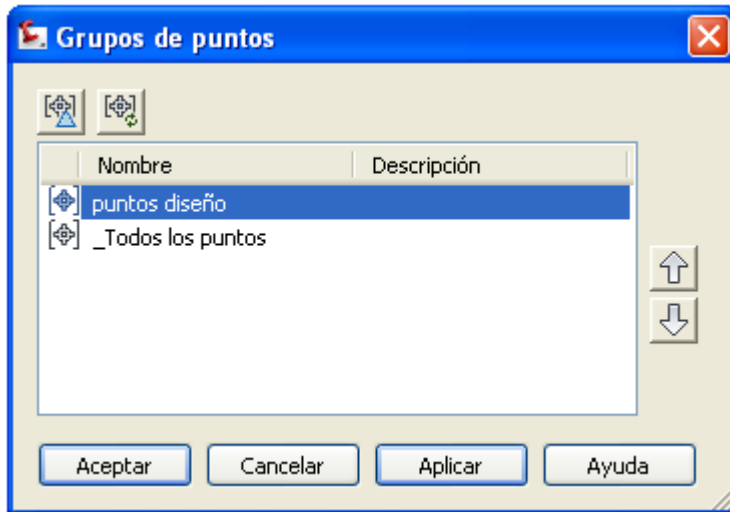


Figura 3.9 grupos de puntos.

Una vez añadidos los puntos pasamos a editar la superficie, para esto abrimos el Espacio de herramientas en el **árbol del prospector** ► **Superficie**, donde vamos a dar un clic derecho en la superficie creada, después damos otro clic en **Editar estilo de superficie**. Ver figura 3.10.

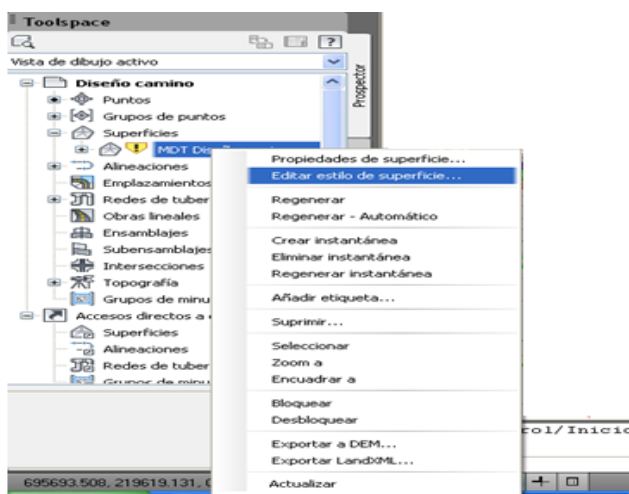


Figura 3.10 editar superficie.



Para suavizar las curvas de nivel en el cuadro de diálogo que se visualiza damos un clic en la ficha curvas de nivel, en la columna propiedades, desplegamos la propiedad **Suavizado de curvas de nivel** y ponemos verdadero en la columna que dice **Valor**. Ver figura 3.11.

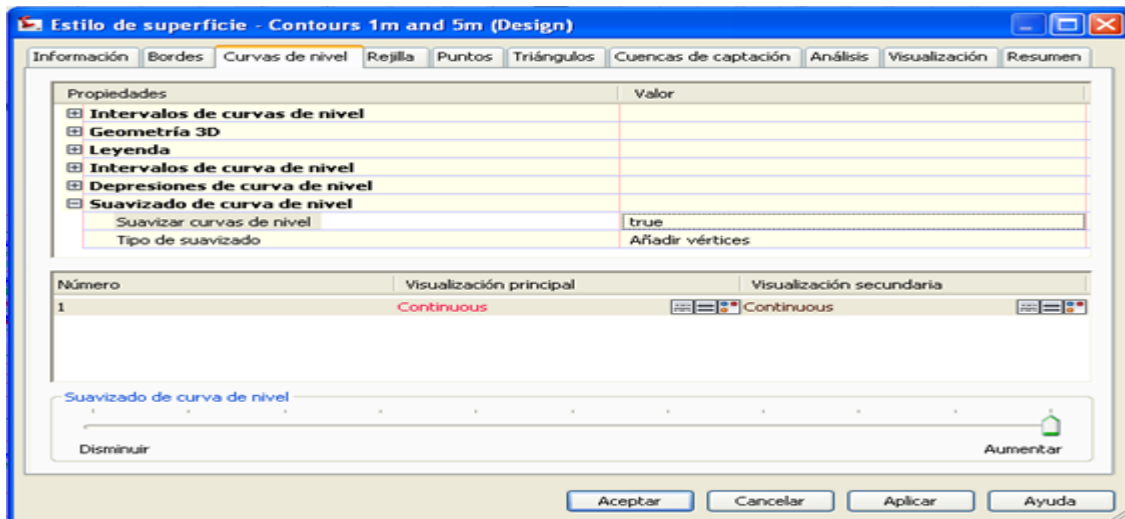


Figura 3.11 suavizado de superficie.

Para configurar los parámetros de suavizado de superficie vamos al menú **Superficie** ► **seleccione editar superficie** ► **suavizar superficie**, todo se hace en el menú AutoCAD. En el cuadro de diálogo suavizar superficie se llena de acorde con la exigencias del proyecto. Ver figura 3.12.

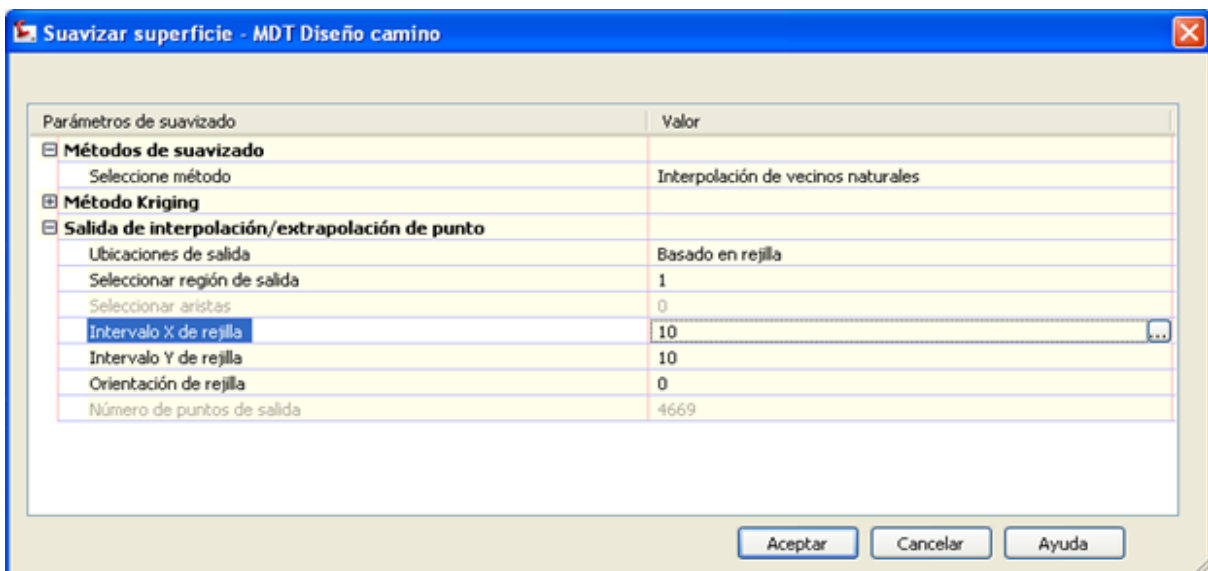


Figura 3.12 parámetro de suavizado.



3.3.3 Creación de Alineación (trazado en planta).

Una vez creado y analizado el modelo digital del terreno pasamos a la creación de la alineación horizontal a partir de una polilínea, considerando los parámetros geométricos del vial y los criterios para el trazado en planta.

Para lograr creación de la lineación en el software AutoCAD Civil 3D tenemos que seleccionar en el menú donde dice **Alineaciones ► crear alineaciones a partir de polilínea**, como muestra en la figura 3.13.

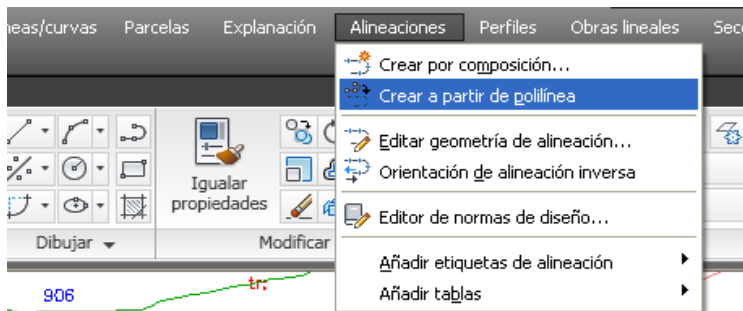


Figura 3.13 creación de alineación.

En la ventana que aparece escribimos el nombre de la alineación y, en la ficha **General** escogemos el estilo de alineación con que queremos trabajar, además de seleccionar la capa donde pretendemos que este la alineación, y sin dejar de añadir las curvas entre tangente según se requiera. En las **Normas de diseño** es donde se va a configurar la velocidad de proyecto, el radio mínimo, cantidad de carriles a utilizar en el proyecto y si queremos que el vial sea con bombeo, para lograr esto ultimo solo debemos dar un clic en **Usar diseño según normas**. Ver figura 3.14 y anexo 5.

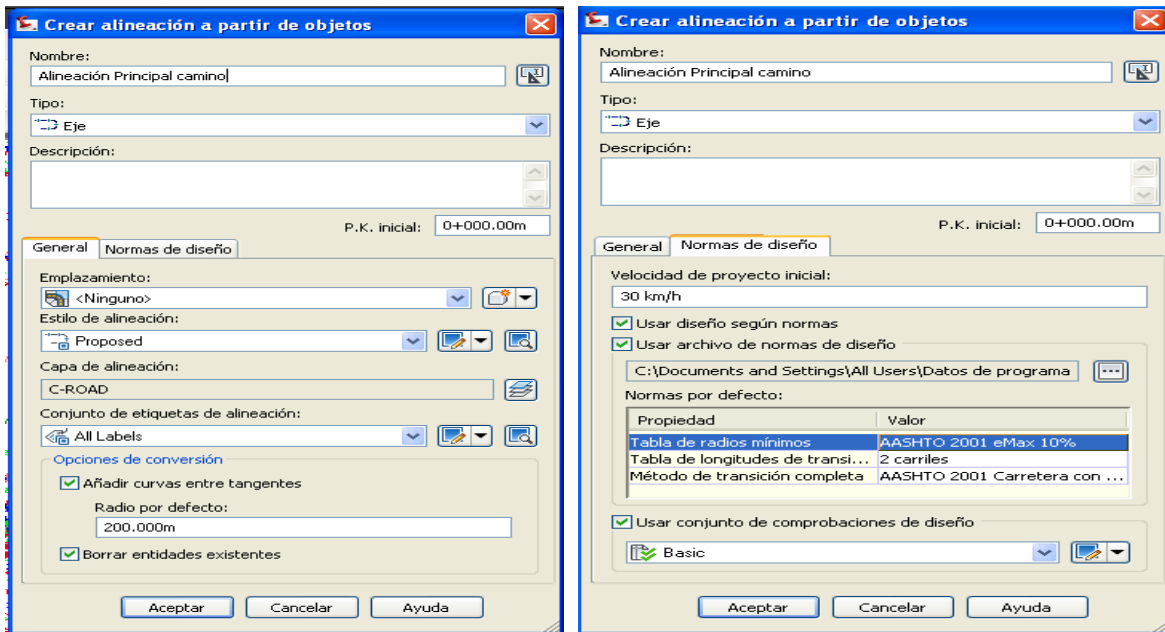


Figura 3.14 editor de normas para el diseño. Ver anexo 5.

3.3.4 Creación de perfiles a partir de superficie (perfil longitudinal).

Este es un paso muy importante porque permite observar los diferentes accidentes del terreno natural. Para lograr esto en el software debemos seleccionar en el menú donde dice **perfiles ► crear a partir de superficie**. Como se muestra en la figura 3.15.

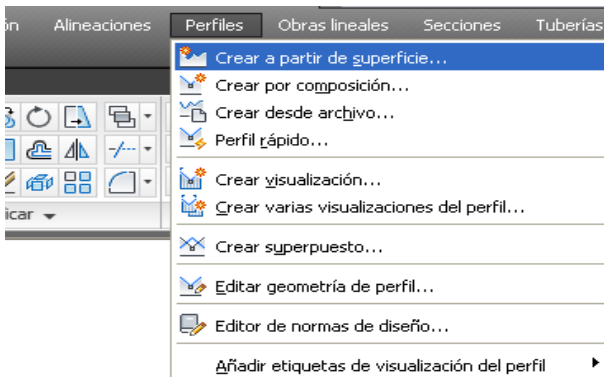


Figura 3.15 creación de perfil.

En la ventana que aparece en la pantalla se selecciona la superficie y se elige el nombre de la alineación a utilizar, una vez hecha la selección aparece automáticamente el intervalo de P.K. después damos un clic en añadir, para que esta pase a la lista de perfil, como muestra la figura 3.16.

Nota: Si el intervalo de P.K. no está definido, no se podrá añadir a la lista de perfiles.

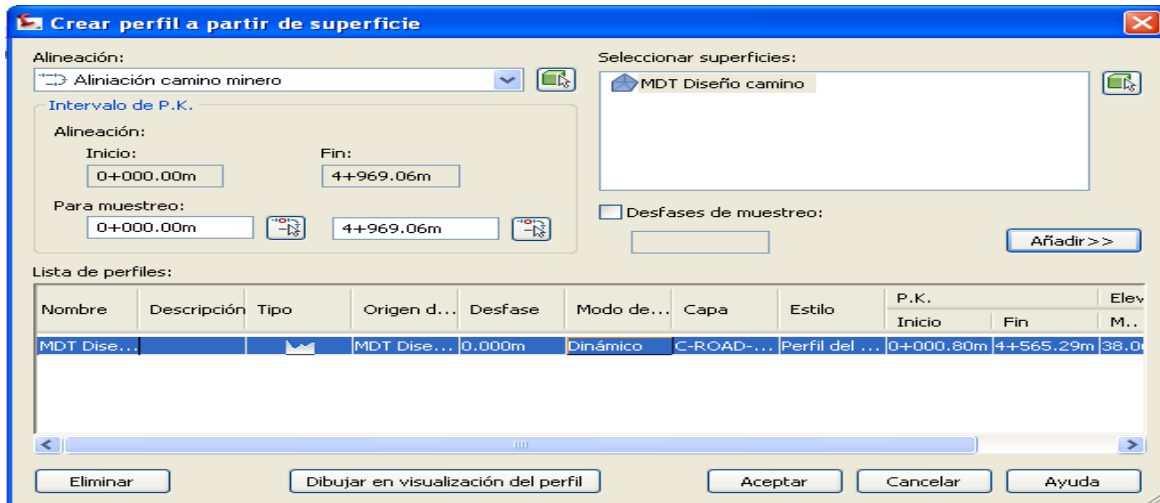


Figura 3.16 parámetros para visualizar perfil.

A continuación damos un clic en **Dibujar visualización del perfil** para ir configurando el perfil, en la ventana que se muestra a continuación podemos darle un nombre a la visualización del perfil, elegir el estilo de la visualización, a demás de la capa. Una vez terminado esto damos un clic en siguiente para pasar a las demás configuraciones que siguen. El **intervalo de P.K.** y las **alturas de visualización del perfil** pueden ser Automáticas o especificado por el usuario. Después de conformado el perfil hacemos clic en **crear visual del perfil** y en el dibujo seleccionamos **origen de visualización del perfil**. Ver figura 3.17 y anexos 1.

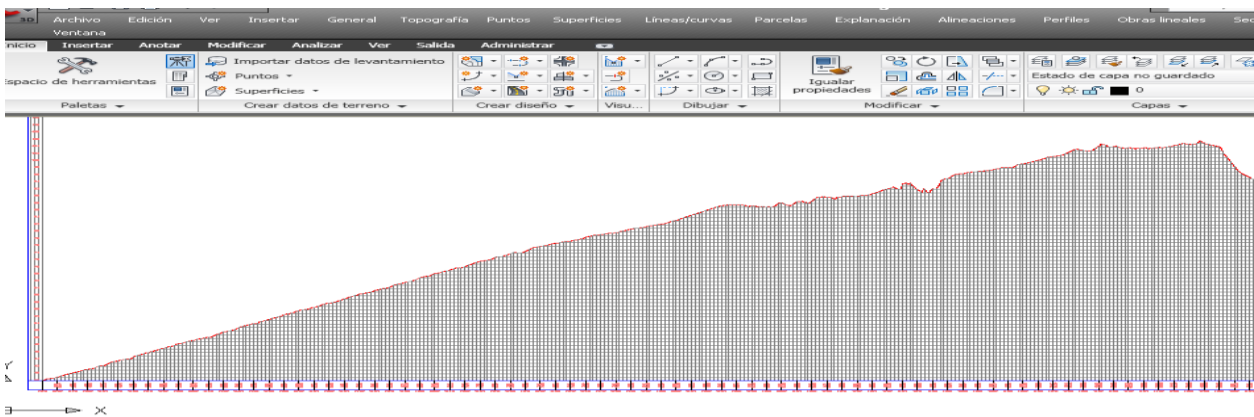


Figura 3.17 Perfil longitudinal del terreno.

3.3.4.1 Creación del perfil compuesto (perfil de rasante).

Este es un paso de mucha importancia porque es donde podemos elegir la variante más óptima para el diseño, teniendo en cuenta las diferentes pendientes del terreno así como la compensación del corte y relleno. Para lograr esto con el programa civil 3D tenemos que dar un clic en **perfil ► crear por composición**, donde sale la ventana de **Herramientas de composición del perfil-rasante**, antes debe haberse elegido la visualización del perfil con que trabajaremos, seguido a esto seleccionamos **dibujar tangentes**. Ver figura 3.18.

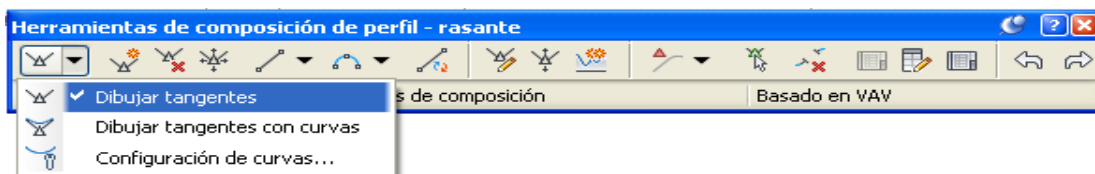


Figura 3.18 herramientas de composición de perfil.

Ahora marcamos en el perfil el lugar por donde pretendemos que pase la rasante, en dependencia de las pendientes que pueden vencer los camiones que transitarán en el vial. Ver figura 3.19.

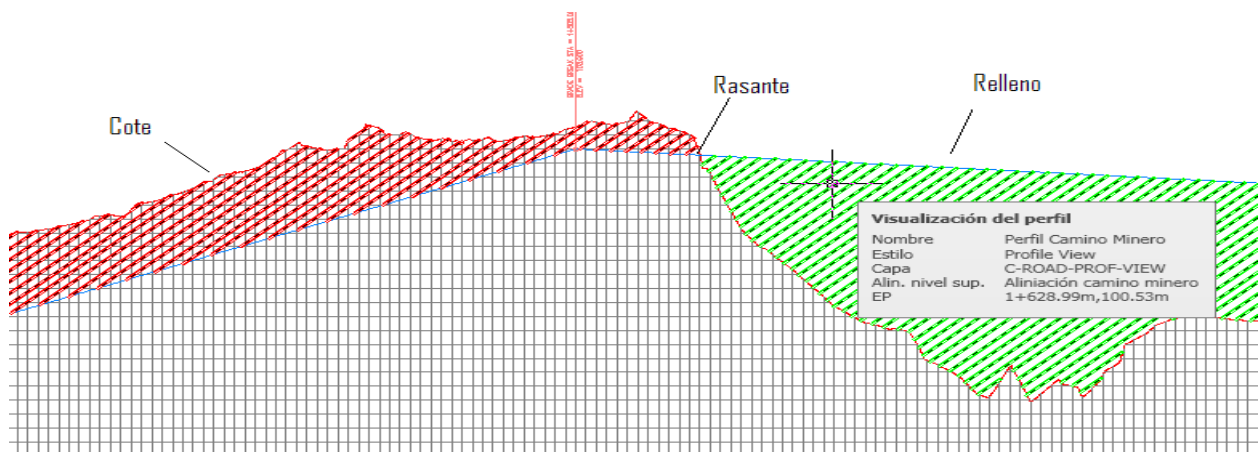


Figura 3.19 vista de la rasante y los materiales de corte y relleno.

3.3.5 Creación de línea de muestreo (sección transversal).

Las líneas de muestreo son de gran importancia porque permite en una superficie muy amplia cortar solo el área que va a utilizar. El software crea una red de triangulación para el cálculo de superficie; con la línea de muestreo podemos calcular los datos de



una superficie en particular, por lo que la triangulación va a llegar hasta estas líneas solamente. Estas líneas se crean a lo largo de una alineación horizontal existente.

Para lograr esto seleccionamos en el menú **Secciones ► Línea de muestreo**, y en la barra de herramienta que aparece elegimos la alineación que va ser usada, la línea de muestro debe ser **por intervalo de PK** como se muestra en la figura 3.20.

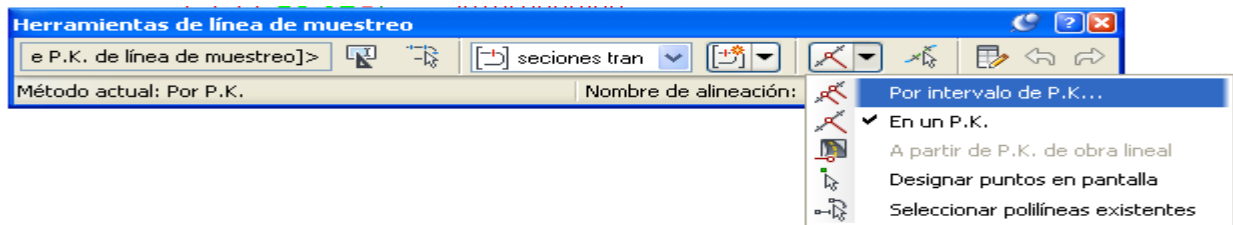


Figura 3.20 ventana de herramientas delineaas de muestreo.

Al dar un clic en **por intervalo de P.K.** nos aparece una ventana con la cual configuraremos las propiedades de la misma. Ver figura 3.21. Las secciones se visualizan con el número de PK, y separadas una de la otra. Ver figura 3.22.

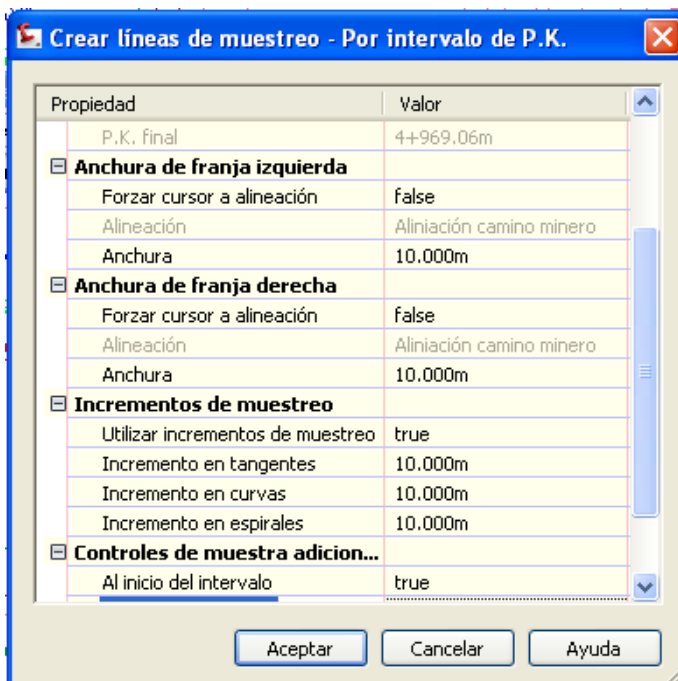


Figura 3.21 propiedades de las líneas de muestreo.

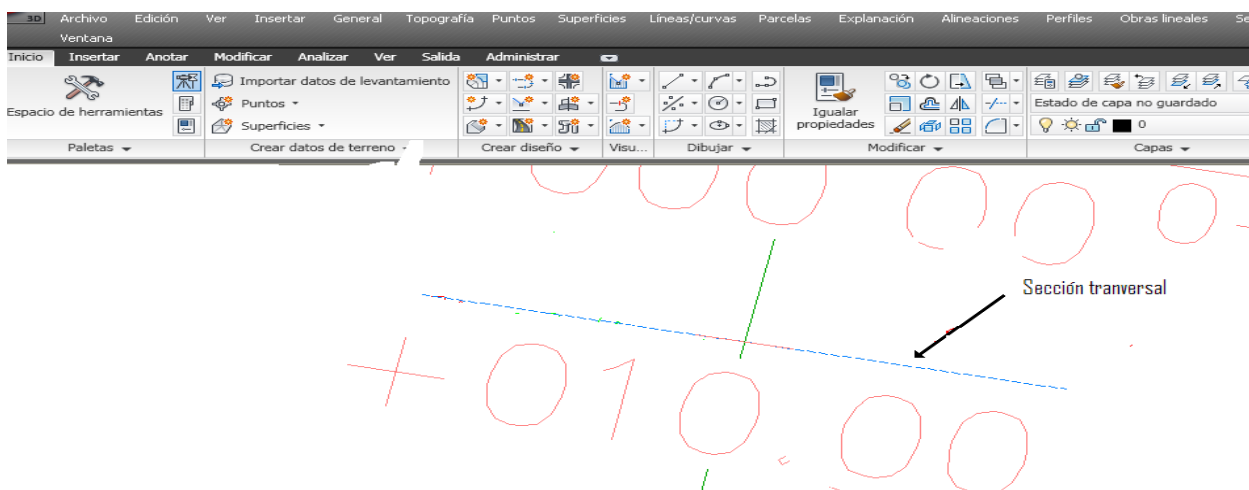


Figura 3.22 visualización de las líneas de muestreo.

Para observar más al detalle cada una de las secciones de forma individual crearemos varias vista a lo largo de una línea de muestreo, para esto sólo hay que ir al menú, donde dice **Secciones ► crear varias vistas**, como se ve en la figura 3.23.

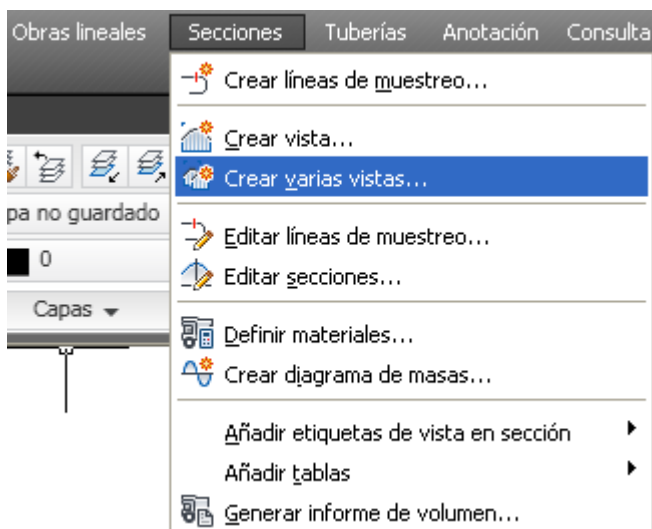


Figura 3.23 creación de varias vistas.

3.3.6 Creación de ensamblaje (sección tipo).

En este paso es donde se dibujan y quedan definidos todos los elementos que definen un camino minero. Es aquí donde crearemos las secciones transversales pero del camino y no la del terreno natural como las anteriores y para esto vamos en el menú donde dice **Obras lineales ► crear ensamblaje**, en la ventana que se ilustra pasamos a configurar el ensamblaje, donde le ponemos el nombre, el estilo y la capa.

Después damos clic en **aceptar** y especificamos la posición del ensamblaje en el dibujo. Ver figura 3.24 y 3.25.

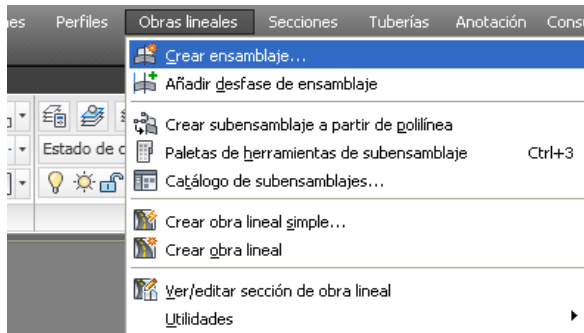


Figura 3.24 creación de ensamblaje.

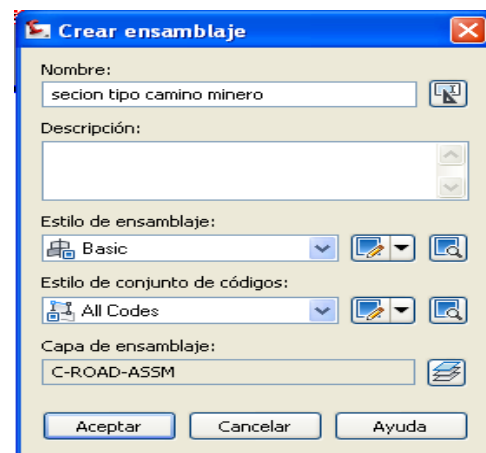


Figura 3.25 propiedad de ensamblaje.

Para conformar el ensamblaje damos un clic en el menú **General** donde seleccionaremos la ventana **paleta de herramientas** como se muestra en la figura 3.26.

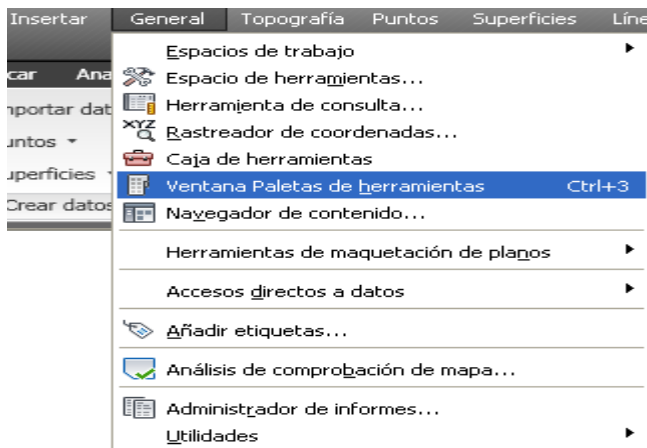


Figura 3.26 ventana paletas de herramientas.

En la tabla Subensamblaje métrico básico están todos los elementos que componen una vía, para un camino minero necesitaremos de carril básico, arcén básico y pendiente de talud, cuneta y desmonte básico. Ver figura 3.27.

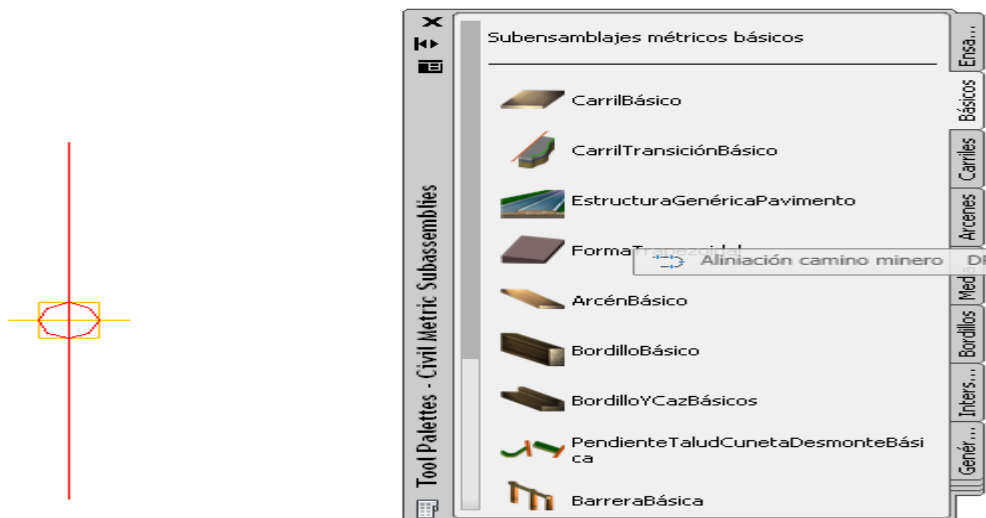


Figura 3.27 eje y subensamblajes métricos.

A continuación mostramos el ensamblaje (sección tipo) del camino que pretendemos construir.

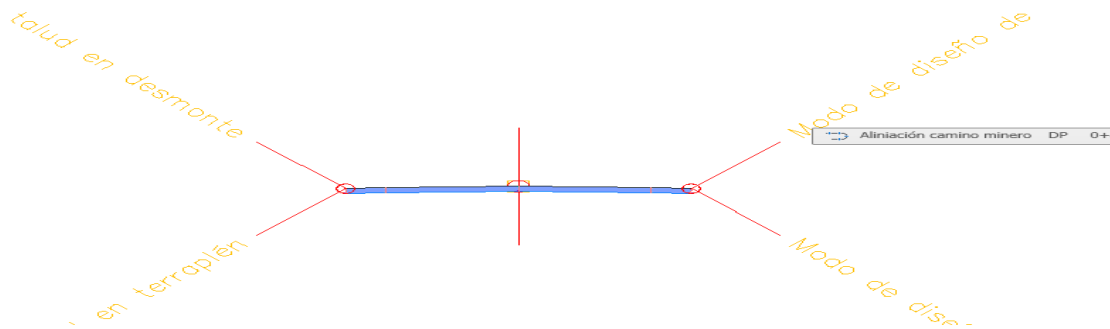


Figura 3.28 ensamblaje.

3.3.7 Creación de obra lineal (camino minero).

Las obras lineales surgen después de generar la superficie del terreno, de diseñar las alineaciones horizontales, de crear los perfiles, de planificar los parámetros de los peraltes, de crear los subensamblaje y ensamblaje necesarios.

Para lograr la creación de una obra lineal tenemos que dar un clic en, **Obras lineales**
► **crear obra lineal simple**, como se observa en la figura 3.29.

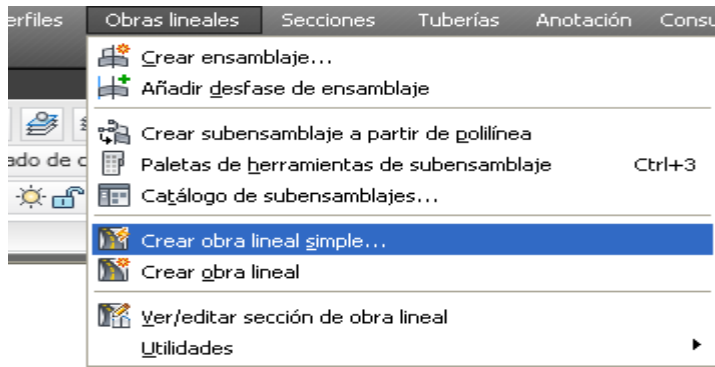


Figura 3.29 creación de obras lineales.

Seleccionamos una alineación de línea base, o pulsamos la tecla **Enter** para seleccionarla de la lista, después seleccionamos un perfil y, un ensamblaje para crear obra lineal (camino minero). Ver figura 3.30.

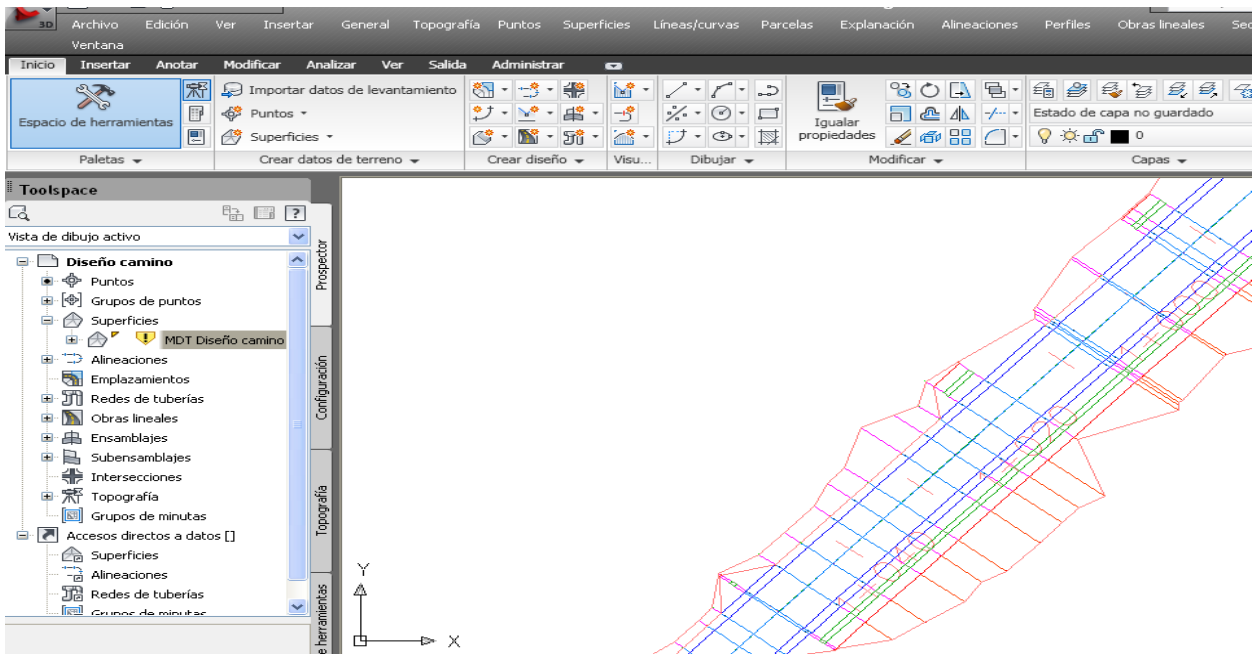


Figura 3.30 obra lineal.

3.3.8 Superficie de camino.

Este es un paso de mucha importancia porque es donde se configuran las propiedades de la obra lineal. Para realizar esto damos un clic en el prospector del Espacio de herramienta, desplegamos la propiedad obras lineales y hacemos clic derecho en el nombre de nuestra obra lineal y seleccionamos **propiedades** como indica la figura 3.31.

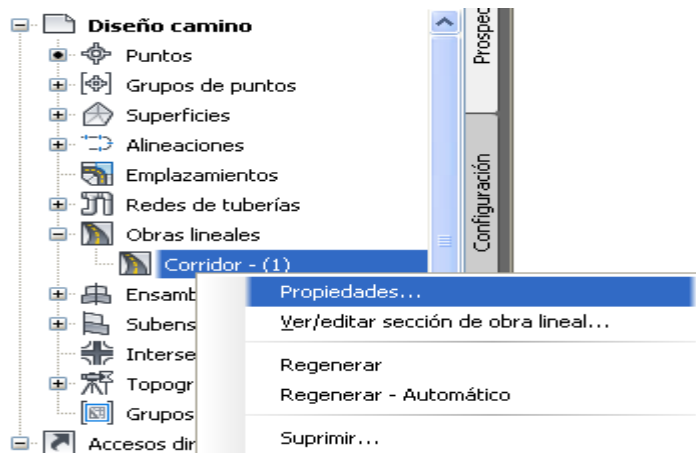


Figura 3.31 propiedades de superficie.

En la ventana de **Propiedades de obra lineal** en el fichero superficie, creamos una superficie de obra lineal y añadimos.

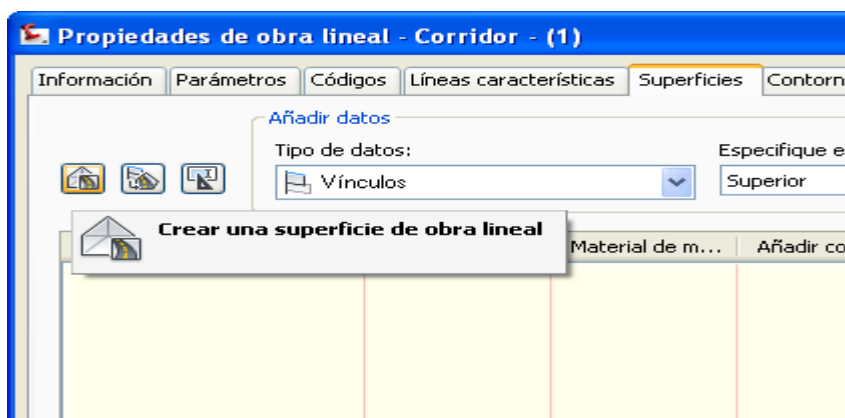


Figura 3.32 creación de la superficie de obra lineales.

Seguido marcamos en el fichero **contorno** seleccionamos el camino y añadimos de forma interactiva como se muestra en la figura 3.33.

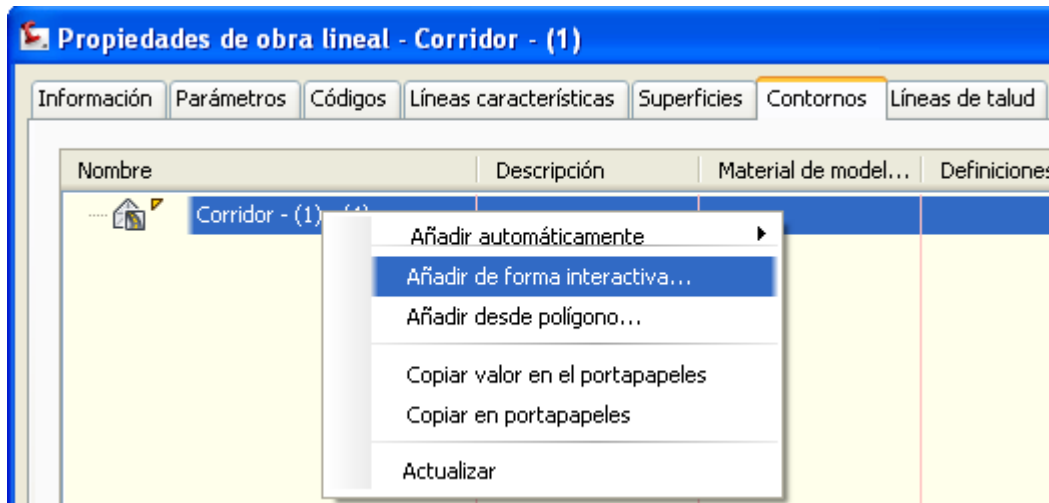


Figura 3.33 ventana de creación de contorno.

A continuación creamos un contorno partiendo de una arista del camino. Ver figura 3.34.

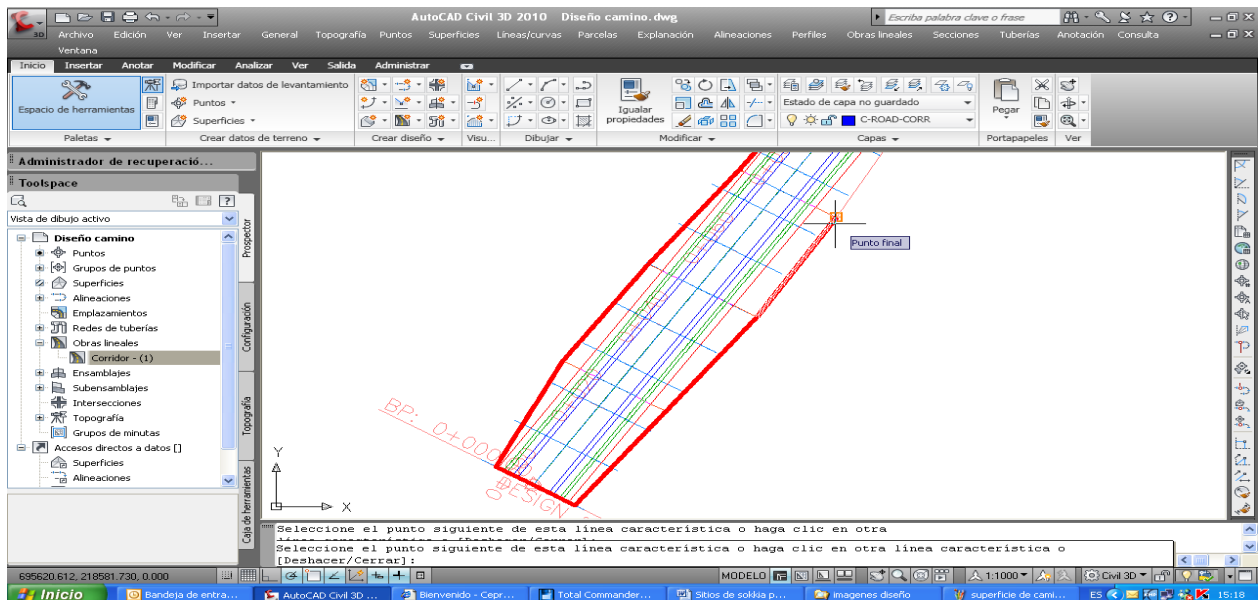


Figura 3.34 contorno.

Después de creado el contorno, seguimos en la propiedad de obra lineal, pero en el fichero **línea de talud**, añadiendo línea de talud y seleccionando la primera línea característica de obra lineal, después seleccionamos corte o relleno en dependencia de la región donde se encuentra la línea y, así sucesivamente.



3.3.9 Para crear secciones a partir de obra lineal (secciones del diseño).

En este paso hacemos la misma operación que en el acápite 3.6 (creación de sección) pero seleccionamos **a partir de P.K. de obra lineal**, como se muestra en la figura 3.35.

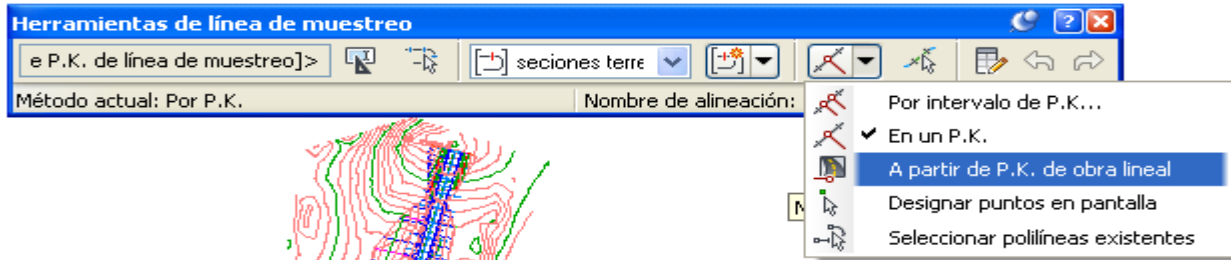


Figura 3.35 creación de secciones de diseño.

En la ventana que aparece configuramos las **Propiedades** y la ficha **Valor** como se muestra en el acápite 3.6 figura 3.21.

En la ventana **Crear líneas de muestreo por intervalo de P.K** debemos ajustar nueva lista y dar un clic en **Aceptar**.

Volvemos a la barra del menú para dar un clic en **Secciones ► Creamos varias vistas en sección**.

En el prospector desplegamos el fichero alineaciones hasta secciones del terreno como se muestra en la figura 3.36.



Figura 3.36 para crear vistas de secciones.

En la ventana **Propiedades de grupo de línea de muestreo** en el fichero **secciones** hacemos clic en **muestrear mas orígenes**. Ver figura 3.37.

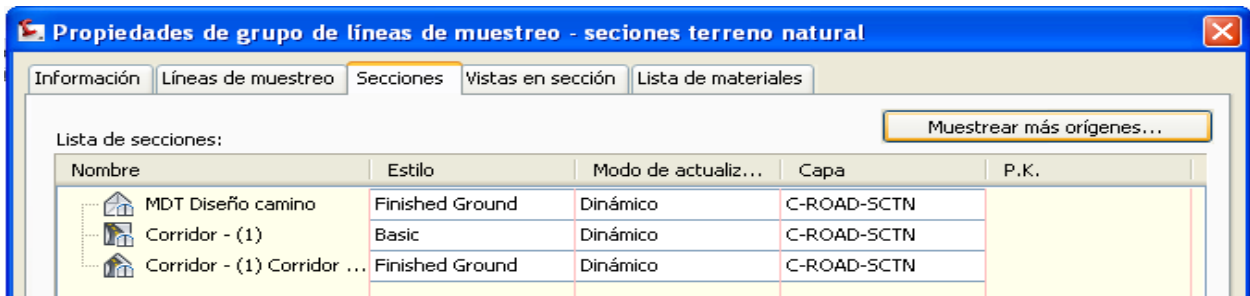


Figura 3.37 propiedad de origen de sección.

En la ventana de **Orígenes de secciones** añadimos el camino y damos clic en **Aceptar**. Ver figura 3.38.

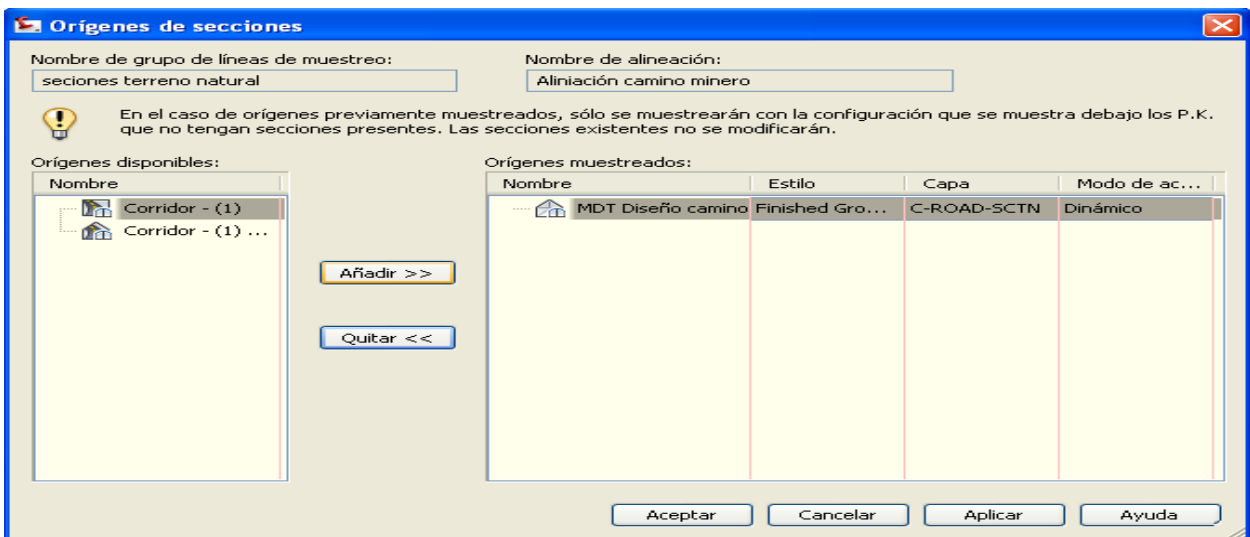


Figura 3.38 origen de secciones.

Así queda conformada la sección. Ver figura 3.39 o anexo 2.

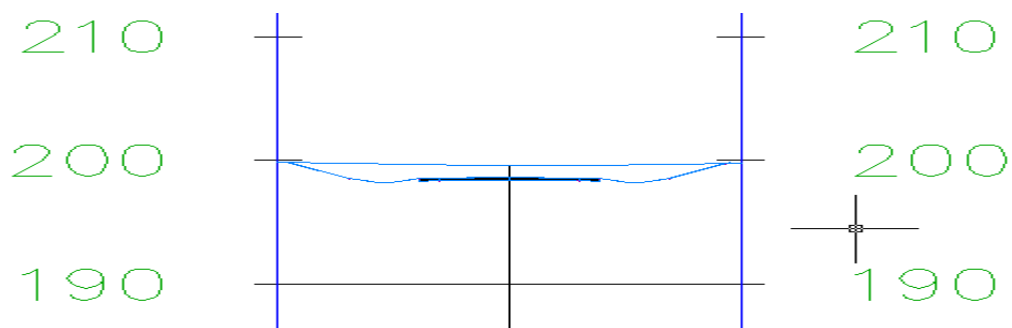


Figura 3.39 secciones transversales del camino.

3.3.10 Criterio de cubicación.

Estos criterios se realizan con el objetivo de obtener información numérica y grafica del volumen de material a cortar o rellenar (desmonte o terraplén). También permite realizar consulta de las diferencias de volúmenes. Ver anexo 6.

Para realizar este paso debemos ir a **Configuración del Espacio de herramienta** y desplegar la ficha **Cubicación**, donde daremos un clic derecho la función **cut and fill** (corte y relleno) **Editar**. Ver figura 3.40.

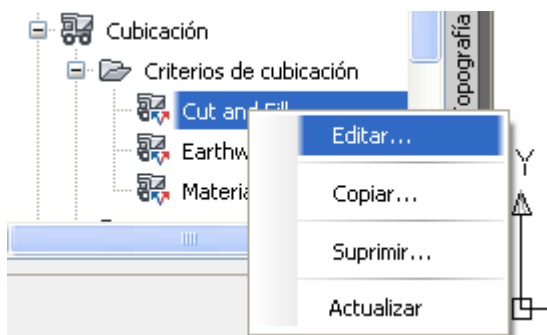


Figura 3.40 configuración de la ventana para corte y relleno.

En la ventana de Criterios de Cubicación seleccionamos la superficie y añadimos material, después damos un clic en **Definir a partir de un grupo de líneas de muestreo**. En el fichero **Condición** definimos el material que va debajo y encima, dando un clic en **Aceptar**. Ver figura 3.41.

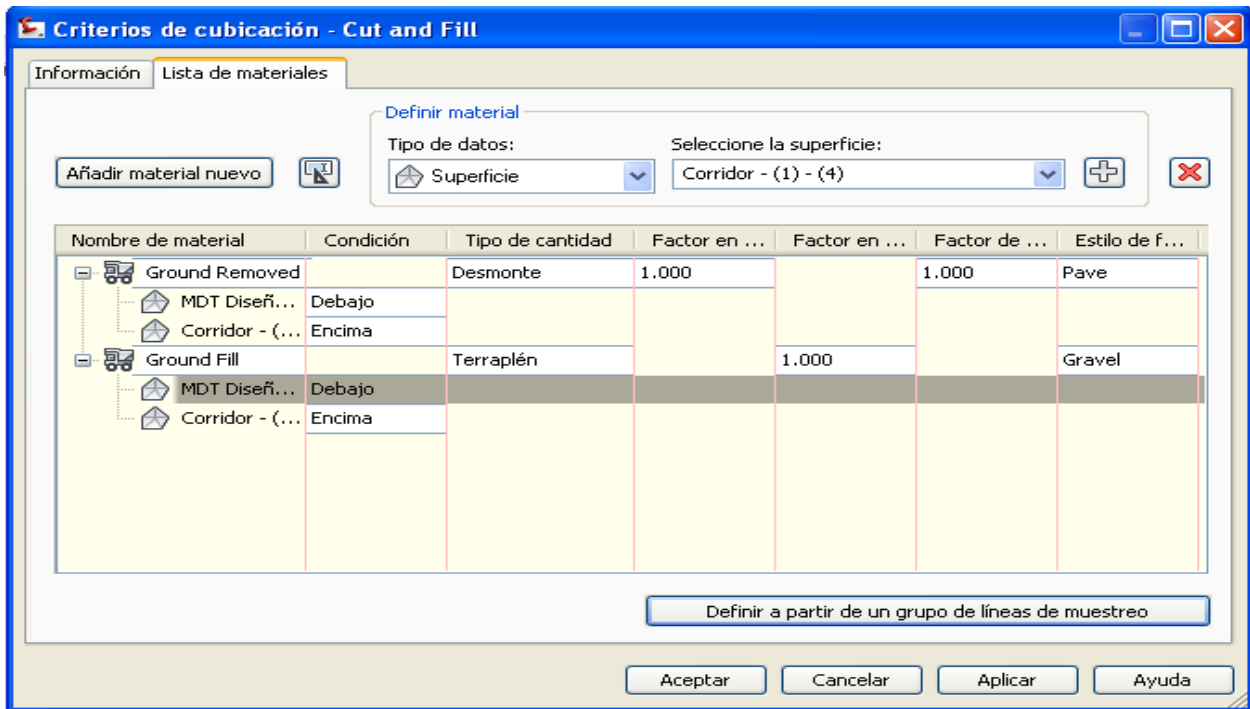


Figura 3.41 lista de materiales.

3.3.11 Definición de materiales.

La definición de los materiales nos permitirá crear tablas e informes de cubicación, así como de diagrama de masa. Con los cuales se puede obtener información de los volúmenes a mover, que serán usadas para una mejor planificación y un menor costo de la obra.

Para realizar este paso vamos menú ► **secciones** ► **definir materiales**, donde seleccionaremos un grupo de línea de muestreo. Ver figura 3.42.

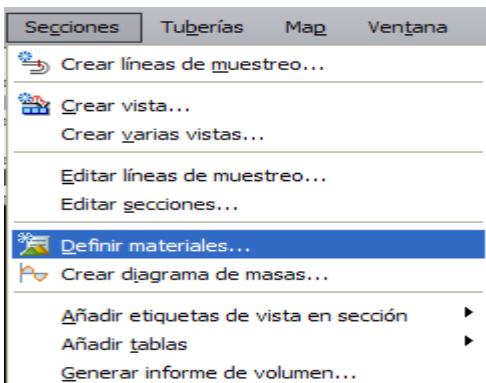


Figura 3.42 creación de materiales.



En el cuadro calcular materiales, marcamos el nombre del objeto y del material, clicamos **Aceptar**.

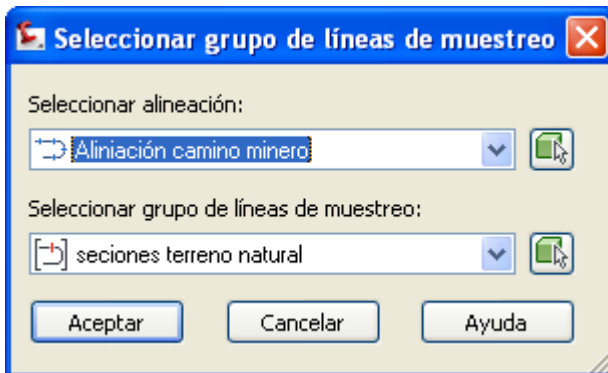


Figura 3.43 selección de grupos de línea de muestreo.

En el menú seleccionamos **Secciones ► añadir tablas ► volumen total**, en la ventana que aparece configuramos el estilo de tabla (corte y relleno), la capa en la que deseamos trabajar, seleccionamos la alineación, el grupo de línea de muestreo, la lista de materiales y en el máximo de fila por tablas. Ver figura 3.44 y 3.45.

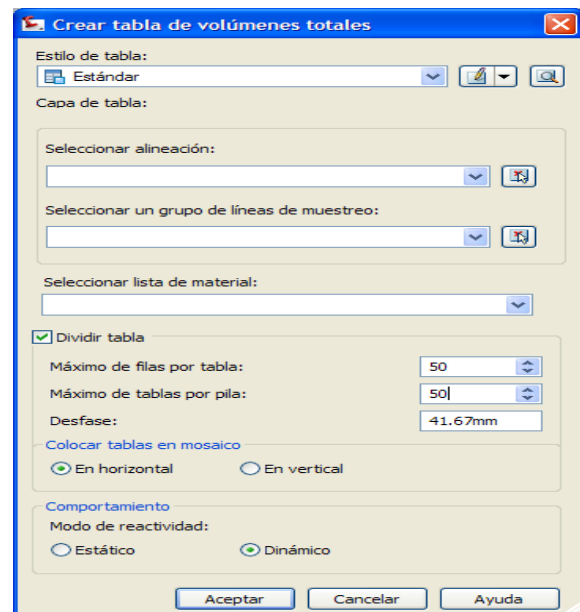
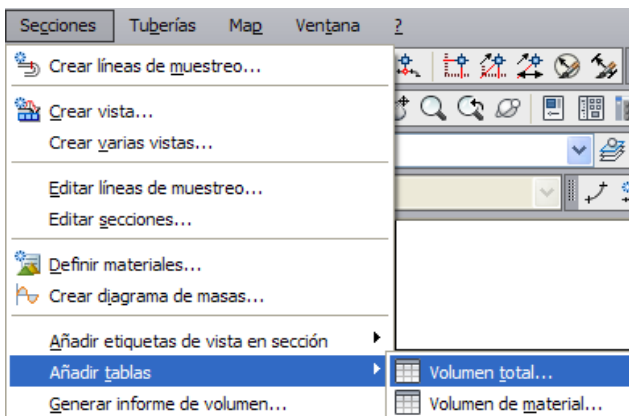


Figura 3.44 creación de tablas de volumen. **Figura 3.45** propiedades de volúmenes.



Después pasamos a añadir las tablas de volúmenes, para este debemos ir al menú donde dice **Secciones ► añadir tablas ► volumen de material**, en la ventana que aparece realizamos el mismo procedimiento que en el párrafo anterior.

Por último pasamos a generar informes de volumen, para esto vamos al menú **Secciones ► Generar informe de volumen**, donde aparecerá una ventana de presentación de cubicaciones, en la cual elegimos la alineación y le damos **Aceptar**.



Figura 3.46 para añadir tablas.

Así terminamos con el diseño de camino vea en 3D en el anexo 3.

3.3.12 Conclusiones

Se identificaron los diferentes aspectos naturales y antrópicos a utilizar en diferentes pasos de la metodología elaborada que definen las características geométricas de la vía.

La estructuración lógicamente argumentada para el diseño geométrico de los caminos mineros permite su diseño como mayor rapidez y calidad



CONCLUSIONES GENERALES

1. Se identificaron como características de las vías, móviles y el terreno que intervienen en el diseño geométrico del camino minero, el modelo digital del terreno, la intensidad de tráfico, ancho máximo de los vehículos, velocidad máxima permisible, pendiente máxima, y categoría de la vía.
2. Con la metodología creada y debido a las ventajas del Autocad Civil 3D, comparadas con los software`s Autocad Land Developmet Desktop y Software Cartomap V 6.0 el diseño de caminos se realiza en un 20% menos de pasos, con una mejor interfase hombre máquina y mayor calidad, que hace de ella una herramienta para los ingenieros de minas y topógrafos.



RECOMENDACIONES

1. Incluir en los programas de estudios de los ingenieros en Minas el uso del software Autocad Civil 3D y otros programas utilizados internacionalmente para diseños mineros.
2. Crear metodologías para el diseño de plataformas, escombreras y proyectos de rehabilitación minera con Software Autocad Civil 3D para ser usada en la empresa Ceproniquel.
3. El uso de la metodología propuesta en las empresas de proyectos mineros.



BIBLIOGRAFÍA

BAHAMONDES, N. A.; BAHAMONDES, J. A. C. 2001. *Mejoramiento de caminos de acceso minería escondida*. [en línea]. Trabajo de Diploma. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería Geográfica. [Consultado: 20110209]. Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCM/tesis/ghi/ucm-t25567.pdf>

BELETE ORLANDO F.s.a *topografía*. En editora

BENITEZ OLMEDO, R. 1989. *Proyecto de Carreteras*. La Habana: EMPES.

_____. 1986. *Trazado de Vías*. La Habana: ISPJAE

BLAZQUEZ, L. B.; GARCIA, J. F. B. [s.a.]. Manual de carreteras, *elementos y proyecto 1*. [en línea]. [Consultado: 20110228]. Disponible en: <http://biblioteca.ismm.edu.cu/wwwisis/BVIRTUAL/Mineria/libros/manualdecarreteras.pdf>

_____. [s.a.]. *Manual de carreteras, Construcción y Mantenimiento 2*. [en línea]. [Consultado: 20110228]. Disponible en:



<http://biblioteca.ismm.edu.cu/wwwisis/BVIRTUAL/Mineria/libros/manualdecarreteras.pdf>

CARRIZO, Matías. *Diario de Cayo, 20 de Marzo 2008*. [en línea]. [Consultado: 20110128]. Disponible en: <http://www.diariodecayo.com.ar/home/new-noticia.php?noticia-id¿j-271986>

DINZA; SANIT; IZQUIERDO; LAMA. 1983. *Trazado de vías*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

HERNANDEZ, S. P; ALMANZA, R. P.1999. *Transporte minero*. La Habana: Editorial Félix Varela, 1999

IT *Trazado de obras lineales*. [en línea]. [Consultado: 20110228]. Disponible en: <http://www.trazado.com./publico>

NAVARRO HUDIEL, Sergio J. 2008. *Topografía-Curvas Verticales*. [en línea]. [Consultado: 20110412]. Disponible en: <http://www.sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/viii-curvas-verticales.pdf>

PAKA, Nemganga P. S. 2006 *Proyección de carretera por método automatizado (Autocad Land)* . Trabajo de Diploma. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana.

PROYECTO EXPLOTACION ROSARIO SUR I Y II. *Declaración de impacto ambiental*. [en línea]. [Consultado: 20110209]. Disponible en: http://www.google.com.cu/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fseia.sea.gob.cl%2Fexpediente%2Fexpediente.php%3Fid_expediente%3D5091972%26modo%3Dficha&rct=j&q=PROYECTO%20EXPLOTACION%20ROSARIO%20SUR%20I%20Y%20II%2C%20Declaraci%C3%B3n%20de%20impacto%20ambiental.&ei=z1HqTeqKKYf50gG7reSZAQ&usg=AFQjCNEalsNHQyGpVbpUYGFZs50mBBE1WA&cad=rja

ROS, Neus. 2009. *Proyecto de ingeniería civil con AutoCAD 3D 2009*. Valencia: Aplicad Valencia, 2009. 156 p.



RUBEKA, Jean. 1998. *Trazado de una carretera de montaña empleando un Modelo Digital del Terreno y las Computadoras*. Trabajo de Diploma, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana, 1998.

THOMPSON, Roger 2009. *Consideraciones para el diseño*. [en línea]. [Consultado: 20110210]. Disponible en: <http://www.mining-media.com>.

Tutoriales AutoCAD Civil 2009, 2010. US: Autodesk

UNIVERSIDAD DE BURGOS. *Caminos mineros de Juarros y la demanda*. [en línea]. [Consultado: 20110210]. Disponible en: <http://www.ubu.es/es/serviciodeportes/informacion/rutas-btt-gps/5-caminos-mineros-juarros-demanda/>

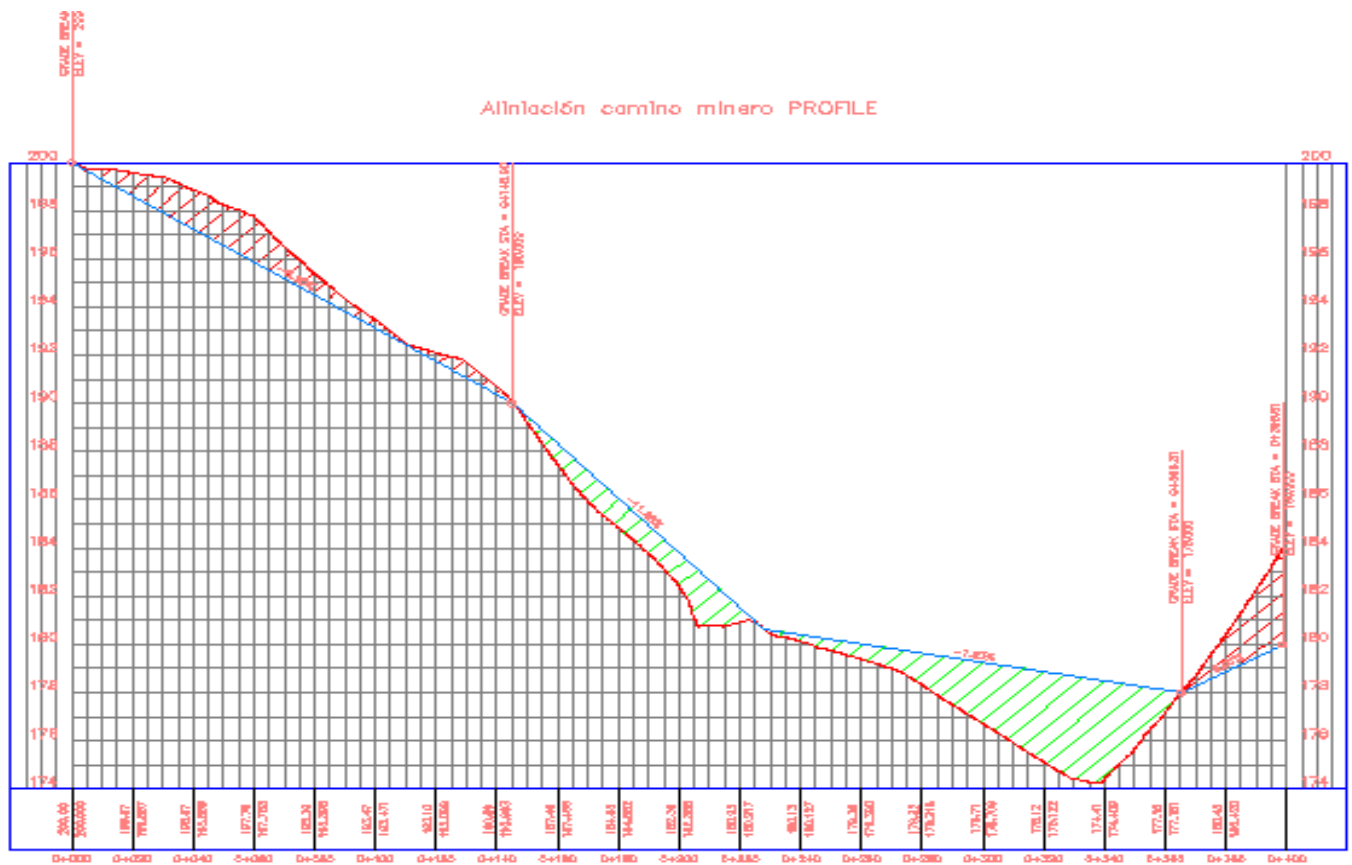


ANEXOS



Anexo 1

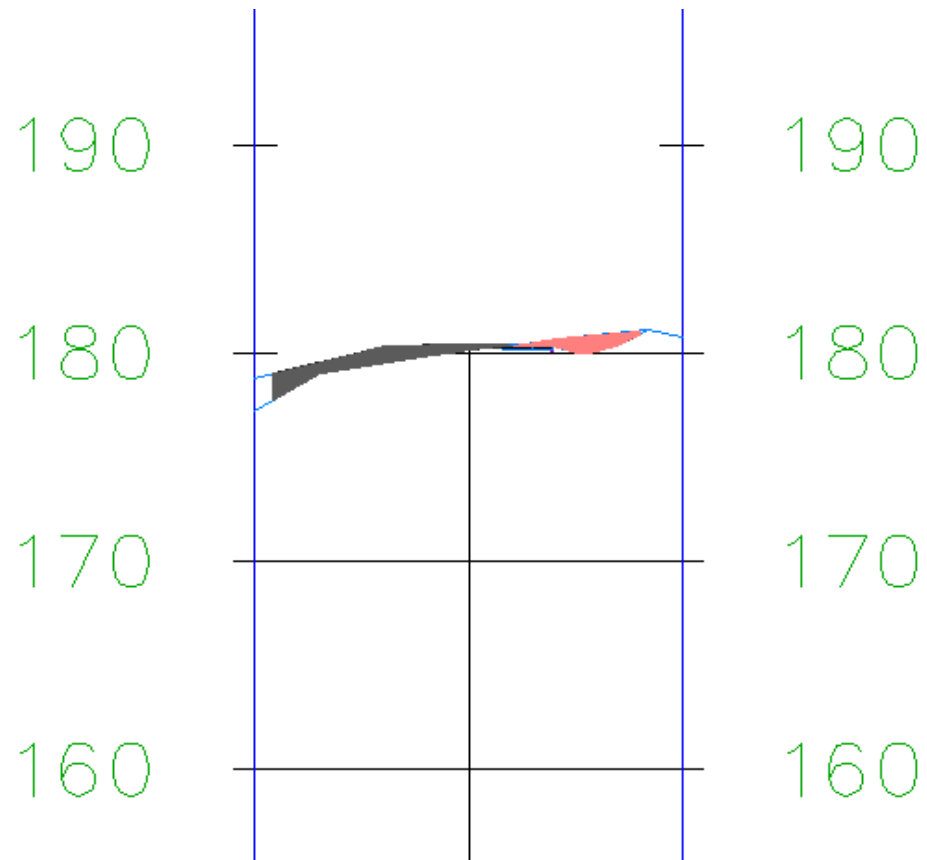
Perfil de superficie del terreno.





Anexo 2

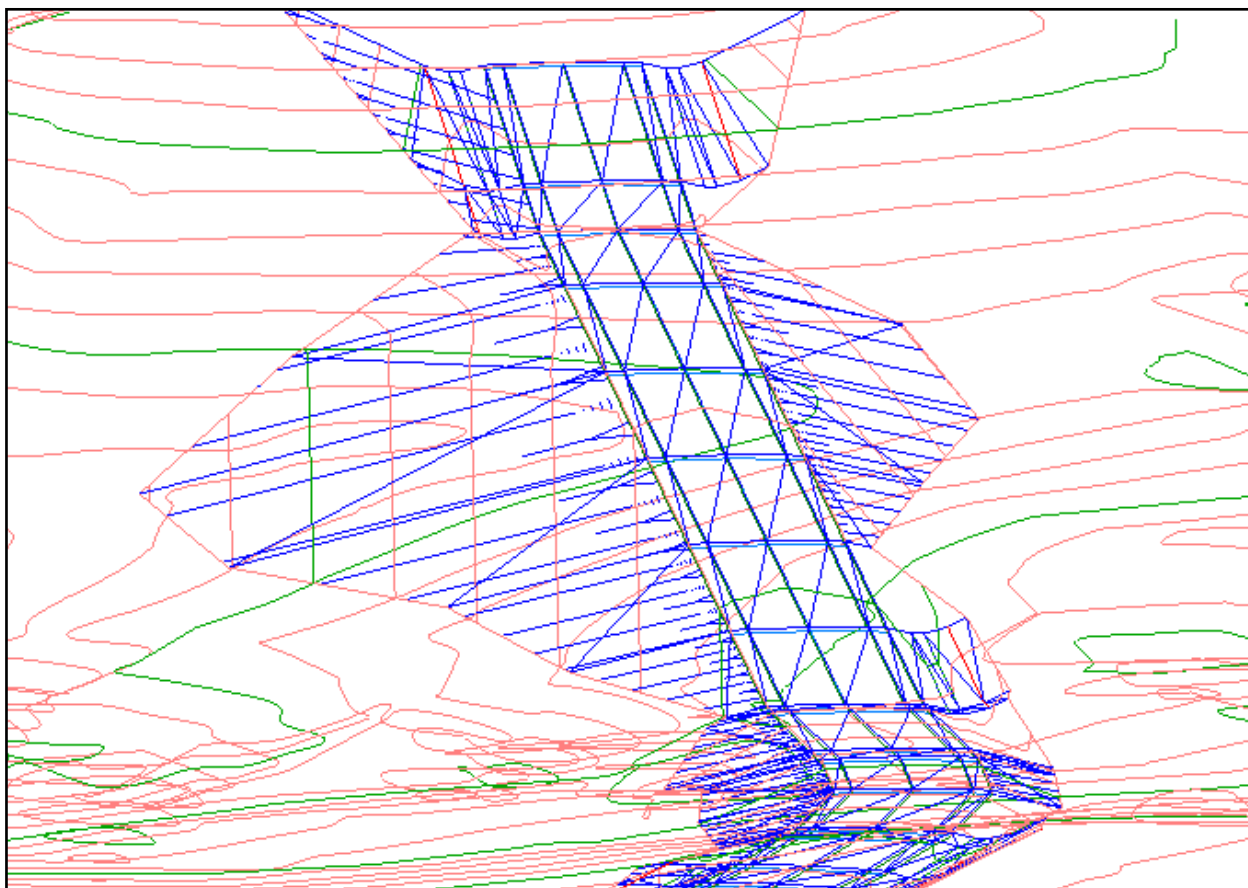
Sección Transversal (P.K. 00+080.00).





Anexo 3

Camino Minero en 3D





Anexo 4

Informe de P.K. incremental de alineaciones

Cliente:

Preparado por:

Cliente

Preparador

Empresa cliente

Su empresa

Dirección 1

Dirección1

Fecha: 31/05/2011 15:48:26

Nombre de alineación: Alineación camino minero

Descripción:

Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 0+398.61

Incremento de P.K.: 20.00

P.K.	Ordenada	Abscisa	Orientación de tangente
0+000.00	218 524.5165m	695 570.8851m	N32° 38' 49"E
0+020.00	218 541.3567m	695 581.6744m	N32° 38' 49"E
0+040.00	218 558.1969m	695 592.4636m	N32° 38' 49"E
0+060.00	218 575.0370m	695 603.2529m	N32° 38' 49"E
0+080.00	218 591.8772m	695 614.0421m	N32° 38' 49"E
0+100.00	218 608.7174m	695 624.8313m	N32° 38' 49"E
0+120.00	218 625.5576m	695 635.6206m	N32° 38' 49"E



0+140.00	218 642.4715m	695 646.2916m	N30° 30' 30"E
0+160.00	218 660.1812m	695 655.5671m	N24° 46' 43"E
0+180.00	218 678.7283m	695 663.0283m	N19° 02' 57"E
0+200.00	218 697.9109m	695 668.6663m	N14° 48' 45"E
0+220.00	218 717.2463m	695 673.7795m	N14° 48' 45"E
0+240.00	218 736.5816m	695 678.8927m	N14° 48' 45"E
0+260.00	218 755.9170m	695 684.0059m	N14° 48' 45"E
0+280.00	218 775.2523m	695 689.1191m	N14° 48' 45"E
0+300.00	218 794.5877m	695 694.2322m	N14° 48' 45"E
0+320.00	218 813.9230m	695 699.3454m	N14° 48' 45"E
0+340.00	218 833.2583m	695 704.4586m	N14° 48' 45"E
0+360.00	218 852.5937m	695 709.5718m	N14° 48' 45"E
0+380.00	218 871.9290m	695 714.6849m	N14° 48' 45"E
0+398.61	218 889.9158m	695 719.4415m	N14° 48' 45"E



Anexo 5

Informe de verificación de normas de diseño de alineaciones

Cliente:

Preparado por:

Cliente

Preparador

Empresa cliente

Su empresa

Dirección 1

Dirección1

Fecha: 31/05/2011 15:49:46

Nombre de alineación: Aliniación camino minero

Descripción:

Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 0+398.61

1 Tangente

P.K. inicial: 0+000.00

P.K. final: 0+132.53

Longitud: 132.534m

Velocidad de proyecto: 30km/h

Comprobaciones de diseño:

2 Curva circular

P.K. inicial: 0+132.53



P.K. final: 0+194.79

Radio: 200.000m

Velocidad de proyecto: 30km/h

Normas de diseño:

Radio mínimo: -1.00 Cumplidas

Comprobaciones de diseño:

3 Tangente

P.K. inicial: 0+194.79

P.K. final: 0+398.61

Longitud: 203.817m

Velocidad de proyecto: 30km/h