

UTILIZACION DEL SOFTWARE CIVILCAD PARA EL TRAZADO HORIZONTAL Y VERTICAL DE UNA CARRETERA

CASO PRÁCTICO: Diagrama de masas para movimiento de tierras

UBICACIÓN: km 6.5 Vía a la Costa

Guayaquil – Ecuador

Jinson Eugenio Romero Duran¹, Julio Almache², Arnaldo Arturo Bayona Malo³, Eduardo Santos Baquerizo³

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus “Gustavo Galindo” km 30.5 Vía Perimetral

jiromero@espol.edu.ec¹, arnabayo@espol.edu.ec², jalmache@espol.edu.ec³ Ingeniero Civil

Resumen

El presente trabajo “Utilización del software civilCad para el trazado horizontal y vertical de una carretera” se enfoca en el trazado horizontal de una carretera usando una herramienta digital como apoyo teniendo muy en cuenta los parámetros de diseño geométrico. Para llevar a cabo este objetivo se ha elaborado un proyecto de trazado en una vía existente.

El objetivo principal de este proyecto es el de obtener el diagrama de masas obtenido con CivilCad y compararlo con un diagrama de masas obtenido usando hojas de cálculo de Microsoft Excel, en el cuál se usarán las fórmulas convencionales de estimación de cantidades volúmenes de corte y relleno.

Palabras Claves: Diagrama de masas, civilCad

Abstract

This work “Use of civilCad software for the horizontal and vertical tracing of road”, focuses on the geometric design of a road using a digital source that is based on Mexican standards for road design. To accomplish this goal, were based the landscape/ topographic information of an existing road near the ESPOLE campus.

The main purpose of this project is to obtain the mass diagram and vertical tracing of the road, using the AutoCAD tool civilCad, and compare such results with the ones obtain by the conventional formulas that are more commonly used by any road designers.

Key Words: Operation, performance.

1. Utilizacion del software civilCad

1.1 ¿Qué es civilCad?

CivilCad es un software profesional usado especialmente en el diseño de vías terrestres, fraccionamientos y terracerías, se usa sobre AutoCAD, siendo éste una herramienta del mismo. El programa trabaja con normas de la Secretaría de Comunicación y Transporte de México (SCT) cuyas normas son muy similares a las del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE).

1.2 Funciones principales de CivilCad

Entre las más importantes que realiza civilCad tenemos:

- Edición de puntos.
- Edición de triangulaciones
- Trazado de curvas horizontales
- Trazado de curvas verticales
- Diseño de taludes con bermas
- Determinación de volúmenes entre secciones
- Obtención del diagrama de curva de masas

1.3 Planteamiento de un caso práctico resuelto con civilCad

1.3.1 Descripción del sitio

El ejemplo propuesto en este proyecto comprende los primeros 500m de la vía ESPOL – PARCOM, sitio que en la actualidad está en proceso de construcción y que tiene una longitud total de 1.47Km.

El terreno tiene la característica de ser ondulado sobre este proyecto con la ayuda del software se realizará las siguientes operaciones:

- Realizar el trazado horizontal de la carretera en cuestión, mediante el diseño de la curva horizontal.
- Obtener el perfil longitudinal del terreno
- Realizar el trazado de la línea de gradiente
- Diseñar las curvas verticales que existan en la vía.
- Obtener el perfil longitudinal de la carretera.
- Obtener los perfiles transversales del proyecto.
- Obtención del diagrama de masas usando civilCad.

1.3.2 Importación de datos topográficos al programa

Para poder importar la información topográfica del campo (puntos), éste tiene que ser escrito en un block de notas, el archivo deberá tener 4 columnas, la primera que contiene la numeración de los puntos, la segunda la coordenada este del punto, la tercera la coordenada norte y la cuarta la información de la cota del punto en cuestión.

n	X	Y	Z
351	7816.4434	222.9987	93.00
352	7819.2364	218.9206	98.40
353	7822.2294	214.8425	98.00
354	7825.2224	210.7645	97.70
355	7828.0154	206.6864	97.3
356	7830.9083	202.6083	97.00
357	7833.8013	198.5302	96.80
358	7800.1559	211.4443	96.70
359	7803.0489	207.3662	100.80
360	7805.9419	203.2882	100.25
361	7808.8348	199.2101	99.95
362	7811.7278	195.132	99.60
363	7814.6208	191.054	99.30
364	7817.5138	186.9759	99.00
365	7783.8512	199.8617	98.80
366	7786.7442	195.7836	98.45
367	7789.6372	191.7055	98.80
368	7792.5302	187.6274	99.10
369	7795.4231	183.5494	99.50
370	7798.3161	179.4713	99.80
371	7801.2091	175.3932	99.80
372	7767.5313	188.3005	99.40
373	7770.4243	184.2224	98.40
374	7773.3173	180.1443	98.80
375	7776.2103	176.0662	99.05
376	7779.1033	171.9882	99.40
377	7781.9962	167.9101	99.80
378	7784.8892	163.832	99.90
379	7751.219	176.7289	99.00
380	7754.112	172.6508	98.86
381	7757.005	168.5724	99.35
382	7759.898	164.4943	99.60
383	7762.791	160.4163	100.00

La información será importada de la siguiente forma; CivilCad – Puntos – Terreno – Importar y a continuación seleccionamos el tipo

de archivo de acuerdo a la información ordenada en el block de notas.

1.3.3 Proyecto horizontal

Es la proyección del eje por el cual irá la carretera sobre un plano horizontal reflejando la ruta que la vía seguirá en el terreno, está conformada por líneas tangentes y curvas vistas en planta (curvas horizontales).

1.3.3.1 Curva horizontal

Las curvas circulares, son los arcos de círculo que conforman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples o compuestas.

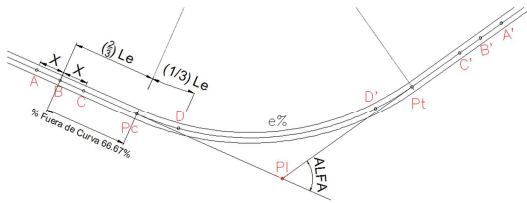
1.3.3.2 Elementos de una curva horizontal

- **Punto de inflexión (PI).**- Es el punto que resulta de la intersección de dos tangentes.
- **Angulo de inflexión (Alfa).**- Angulo que existe entre las tangentes que se intersecan en el PI
- **Radio de curvatura (Rc).**- Es el valor del radio de la curva en cuestión (pudiendo ser un arco perteneciente a un círculo u otras curvas mas). Este valor es tomado de las normas de MTOP.

ESPECIFICACIONES MOP - RADIOS MINIMOS			
Clase Carretera	Tipo de Terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
I	440	350	210
II	440	350	210
III	350	210	115
IV	280	165	115
V	160	115	115

- **Principio de curva horizontal (PC).**- Principio de curvatura, punto que señala donde empieza a trazarse el plano curvo en la tangente
- **Principio de tangencia (PT).**- Punto de terminación de curva, es el punto en donde termina la curva y que se interseca con la otra tangente.
- **External (E).**- Segmento de recta que resulta de unir el Cc con el Pi.

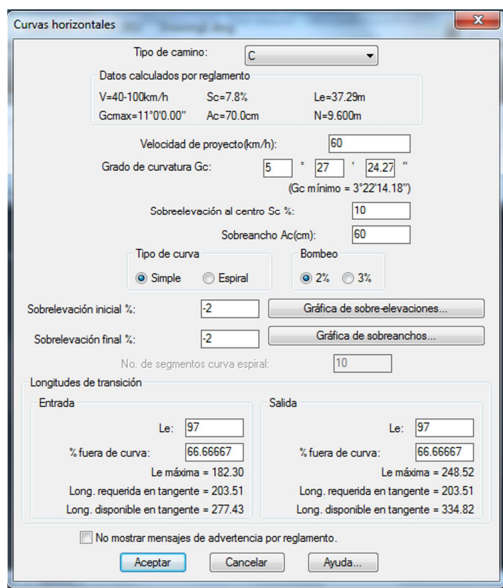
- **Longitud de tangente circular (LT).**- Longitud tangente ente Pc y Pi.
- **Cuerda Larga (CL).**- Tramo recto que une los puntos Pc y Pt.
- **Longitud de curva (LC).**-Longitud de curva, longitud total correspondiente al tramo de la curva, que comienza en el Pc, y termina en el Pt
- **Peralte (e %).**- pendiente transversal necesaria en las curvas para contrarrestar la fuerza centrífuga.
- **Bombeo (m %).**- Pendiente transversal de la calzada para drenar el agua
- **Longitud de transición de peralte.**- Longitud necesaria en la cual la pendiente transversal de la vía experimenta una transición desde el valor del bombeo hasta el peralte máximo en el centro y luego regresar a su valor original.



1.3.4 Diseño de una curva horizontal usando CivilCad.

Para poder realizar el diseño de la curva horizontal se deberá trazar primeramente el eje con una polilínea, una vez hecho esto realizamos la siguiente secuencia.

CivilCad – Módulos – Carretera SCT – Curvas – Horizontales – Dibujar.



Los parámetros de diseño usados por civilCad son obtenidos de acuerdo a la normativa de la Secretaria de Comunicación y Transportes de México (SCT), norma que es muy similar al del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE).

- Tipo de Carretera “C” para las normas del MTOPE será “III”.

ESPECIFICACIONES MOP - "VELOCIDAD DE DISEÑO"			
CLASE DE CARRETERA	REGIÓN TOPOGRAFICA		
	LLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO
R-I o R-II	120	110	90
I	110	100	80
II	110	100	80
III	100	80	60
IV	90	70	60
V	70	60	50

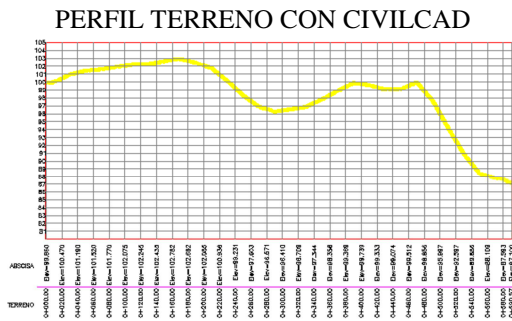
- Velocidad de diseño será de 60Km/h.
- Grado de curvatura será de 5° 27' 43.10" en grados minutos y segundos.
- Sobre elevación al centro (Peralte máximo al centro de la curva)
- Sobre elevación inicial será del 2%
- Sobre elevación al final será del 2%
- Longitud de transición de peralte (Le)
- Y el porcentaje de entrada y salida fuera de la curva será del 66.67% que corresponden al (2/3Long peralte)

1.3.5 Proyecto vertical

Es la proyección del eje real de la vía sobre un plano vertical paralelo al recorrido del mismo, en él se detallan todas las cotas tanto las del terreno natural como las del proyecto.

- Obtención de perfil de terreno.- Para esto debemos primero obtener las triangulación del terreno considerando distancias de interpolación máxima de 30m posteriormente obtenemos las curvas de nivel. Para esto de vamos a la herramienta civilCad – Altimetría – curvas de nivel – Terreno.





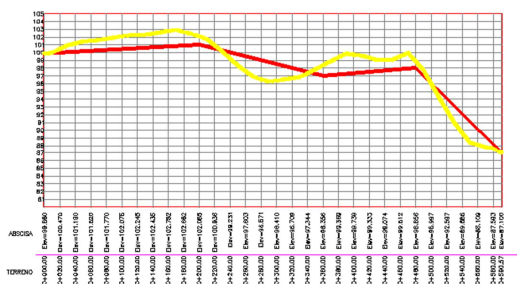
- Obtención de perfil de proyecto.- El perfil del proyecto se lo obtendrá siguiendo normas de diseño geométrico.
- Obtener secciones transversales previas a un diseño.
- Obtener el diagrama de masas con civilCad.

1.3.5.1 Perfil Longitudinal

Es la representación en una superficie reglada cuya directriz es el eje de la carretera, en el perfil se podrá encontrar información importante como las cotas del terreno y del proyecto así como también curvas verticales pendientes alturas de relleno alturas de corte etc.

1.3.5.2 Línea de gradiente longitudinal

Representa las tangentes que han sido obtenidas con criterios y normas de diseño geométrico, en la línea de gradiente se encuentran elementos como curvas verticales cóncavas y convexas. El trazo de la línea se lo realiza de la siguiente forma CivilCad – altimetría – Perfiles – proyecto – dibujar.



1.3.5.3 Curva Vertical

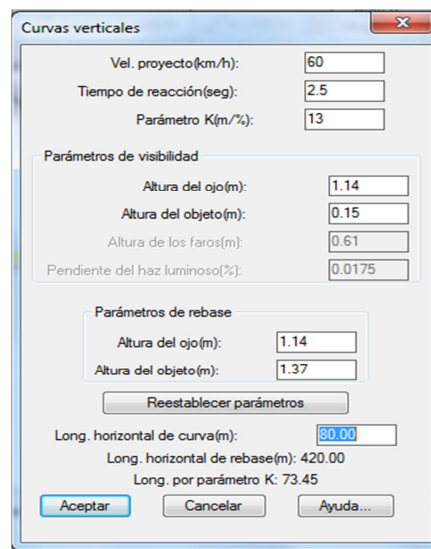
Es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes de la línea de gradiente

1.3.5.4 Elementos de una curva vertical

- Pendiente de entrada
- Principio de curva vertical
- Punto de inflexión vertical
- Punto de tangencia vertical
- Longitud de curva vertical
- Distancia de visibilidad de parada.
- Radio de curva vertical
- Parámetro de curva vertical

1.3.6 Diseño de una curva vertical usando CivilCad.

Para el diseño de la curva vertical vamos a la herramienta civilCad – módulos – carreteras – curvas – verticales – dibujar.



Dependiendo del tipo de curva se ingresan los valores obtenidos con las normas de diseño geométrico de MTOP, en este caso el parámetro K y la longitud de curva vertical.

2 Movimiento de tierras

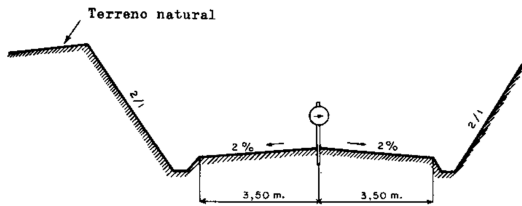
Son todas aquellas operaciones que se realizan en un terreno, Dicho conjunto de actuaciones puede realizarse en forma manual o en forma Mecánica. Las cotas de proyecto de rasante y Subrasante de las obras de pavimentación establecen la necesidad de modificar el perfil natural del suelo, siendo necesario en algunos casos rebajar dichas cotas (corte), y en otros casos elevarlas (relleno). Una operación completa del movimiento de tierra, exige de siete operaciones elementales:

- Excavación de materiales.
- Extracción de los materiales.

- La carga de los materiales para su transportación
- La transportación de los materiales.
- La descarga o amontonamiento del material en terraplenes.
- El esparcimiento o extensión del material en los terraplenes.
- Eventualmente la compactación de los terraplenes.

2.4 Perfiles transversales

Se obtienen seccionando la vía mediante un plano perpendicular a la proyección horizontal del eje.



Normalmente suelen tomarse varios perfiles a lo largo del eje, con un intervalo de separación constante (20 metros) y que viene condicionado por las condiciones topográficas del terreno.

2.4.1.- Cálculo de áreas

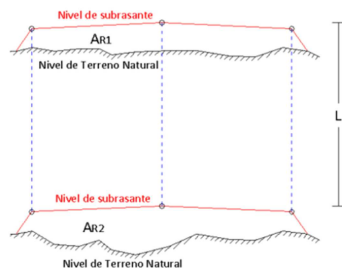
Para la determinación de las áreas debemos comprender que si se trata de corte la Subrasante se encontrará por debajo del perfil transversal, por el contrario si se trata de un relleno la Subrasante estará arriba del perfil. Existen varios métodos, entre ellos tenemos:

- Método de las coordenadas
- Método del planímetro
- Método gráfico
- Uso del software Auto CAD.

2.4.2.- Cálculo de volúmenes

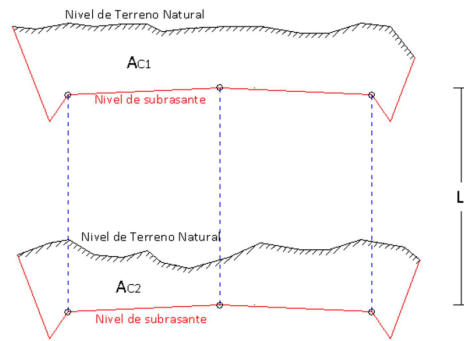
Es necesario establecer un promedio entre las áreas del punto inicial y el punto final de nuestro tramo en cuestión, existen 3 casos.

- Solo existe volumen de relleno



$$VR = \frac{AR1 + AR2}{2} * L$$

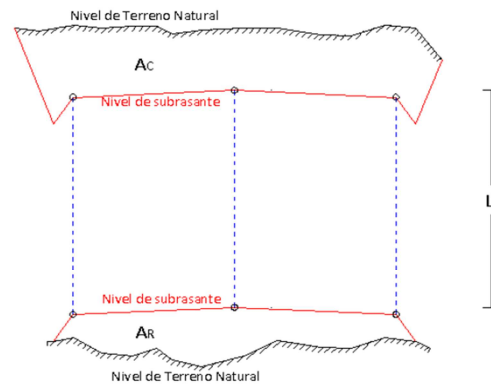
- Solo existe volumen de corte



$$VC = \frac{AC1 + AC2}{2} * L$$

- Existe volumen de corte y relleno

$$VC = \frac{AC^2}{AR + AC} * \frac{L}{2}$$



$$VR = \frac{AR^2}{AR + AC} * \frac{L}{2}$$

Diagrama de masas

Representación gráfica de los volúmenes de tierra de un proyecto de carreteras, que nos permite determinar la mejor forma de distribuir los cortes y rellenos.

2.6 Objetivos del diagrama de masas

Aprovechamiento del material del sitio

- Aprovechar el material de excavación para construir terraplén

- Reducir al mínimo los botes provenientes corte y los préstamos de material

Reducir costos del transporte

- Evitar el sobre acarreo

2.7 Diagrama de masas

Representación gráfica de los volúmenes de tierra de un proyecto de carreteras, que nos permite determinar la mejor forma de distribuir los cortes y rellenos.

- Se suman algebraicamente los volúmenes entre dos secciones (corte signo +, relleno signo -)
- El primer resultado se lo suma al obtenido en el siguiente y así sucesivamente
- Se procede luego a graficar dichas ordenadas en un plano cartesiano

3.-Comparación de los resultados obtenidos utilizando CivilCad y las fórmulas

3.1.- Diseño definitivo de la carretera

Una vez obtenidos los proyectos horizontal y vertical mediante el programa, el mismo es capaz de otorgar el diseño definitivo de la vía, al cual habrá que añadirle el proyecto en planta de la carretera así como las tablas correspondientes de los parámetros de una curva horizontal para lograr un diseño completo y conciso de la vía en cuestión.

En el diseño definitivo de la carretera intervienen dos aspectos importantes que son: el perfil longitudinal de la vía y el diseño de secciones de transversales.

3.2 Diseño del perfil longitudinal de la vía

El método requiere tener previamente el perfil del terreno de la vía junto con las pendientes de diseño de la carretera

3.3- Diseño de secciones transversales

Para la obtención de las secciones transversales es necesario utilizar la herramienta SECCIONES Y VOLUMENES Y definir el tipo de cuneta a usarse; para nuestro ejemplo el talud de la cuneta será de 1:1 y una longitud medida desde el center line de 4.85m

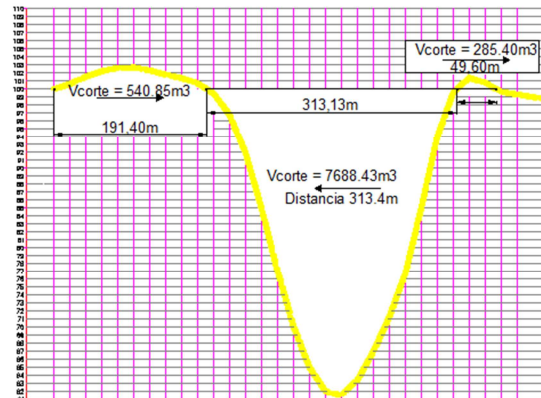
3.2. Tabla de resultados

Además del otorgar el diseño geométrico definitivo de la vía el software CIVILCAD es también capaz de presentar los parámetros de las curvas así como la información detallada de las áreas y volúmenes de las secciones ya sean tanto de corte como de relleno, presentando finalmente una tabla con todos los parámetros

3.3. Calculo de volúmenes empleando CIVILCAD

El volumen total de corte calculado por el programa fue de: 8698,95m³

El volumen total de relleno calculado por el programa fue de: 8514,91m³



3.3. Cálculo de volúmenes empleando las fórmulas de estimación y diagrama de masas.

El volumen total de corte calculado usando las fórmulas de estimación fue de: $8587,6\text{m}^3$

El volumen total de relleno calculado por el programa fue de: $8713,75\text{m}^3$

