

**TOPOGRAFIA ALTIMÉTRICA**

**SEGUNDO SEMESTRE – AÑO 2024**

Docentes:

Martin Wainstein

Magali Martinez

Alberto Mamrut

Micaela Gracia

## **MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO**

Para la realización de obras civiles se hace necesario conocer cómo se comporta el terreno, es decir, cual es su "topografía" en la zona donde se va a implantar la misma.

Para ello deberá realizarse un levantamiento planialtimétrico para obtener un modelo del terreno y su correspondiente representación.

### **MODELO DIGITAL:**

El objeto real se representa mediante una simbolización matemática (geométrica, estadística, etc.) Es una representación numérica de la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

### **MODELO DIGITAL DE TERRENO:**

Conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica del territorio (o sea de la variable representada).

### **MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN:**

Modelo digital de terreno cuya variable cuantitativa es la altimetría del terreno.

## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN:

$$z = f(x, y)$$

- **z**: altitud de un punto
- **x, y**: coordenadas geográficas del punto (suelen corresponder a un sistema de coordenadas plano, sistema de proyección cartográfico)

La ecuación representa superficie en la que **la altitud es una variable continua**.

Es una representación numérica de las características topográficas del terreno, a partir de las coordenadas tridimensionales (x,y,z) de los puntos que lo definen.

A partir de una nube de puntos adquiridos mediante métodos topográficos, fotogramétricos, etc., se logra representar la superficie topográfica de manera fiel, mediante la aplicación a dicha muestra de algoritmos de cálculo que logren aproximar la superficie topográfica real a una superficie matemática discreta formada por superficies elementales de forma plana y triangular.

Los algoritmos utilizados para la formulación de la malla tridimensional de triángulos se basan fundamentalmente en la triangulación de Delaunay.

## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### INTERPOLACIÓN:

#### DEFINICION:

Proviene del latín: INTER (ENTRE) y POLIRE (PULIR, REFINAR), significando refinar colocando algo entre dos cosas. A partir de un grupo de puntos  $(x,y,z)$ , como calcular la variable  $z$  para un punto  $P0 (x0, y0)$  cualquiera

#### UTILIDAD:

La necesidad de generar superficies continuas (mapear una variable) a partir de datos puntuales, distribuidos irregularmente en el espacio. Los datos representan muestreos, por lo tanto no cubren la totalidad del dominio de interés.

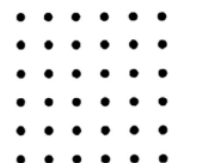
#### BREAKLINES:

Tienen especial interés las llamadas líneas de quiebre o "breaklines". Las mismas indican que 2 puntos no pueden ser interpolados atravesando dicha línea.

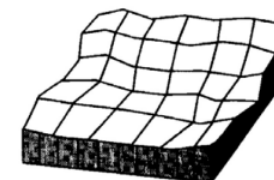
**MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO**

**ESTRUCTURA DE DATOS Y MODELO DE SUPERFICIE RELACIONADO:**

- Grilla a intervalos regulares – modelo bi-lineal

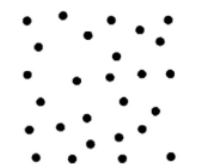


Puntos en Grilla

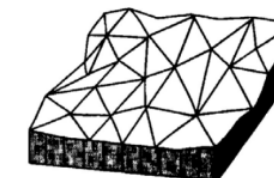


Modelo Bi-lineal

- Puntos aleatorios – modelo TIN

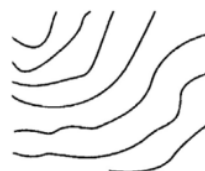


Puntos al Azar

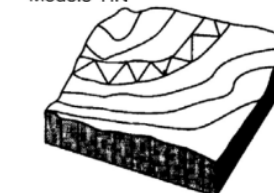


Modelo TIN

- Isolíneas o líneas de contorno – Modelo TIN con líneas de contorno (se interpola linealmente entre líneas sucesivas)

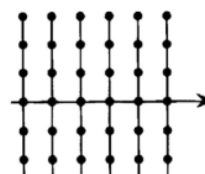


Líneas de Contorno

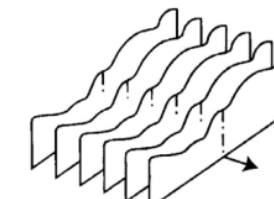


Modelo TIN con Líneas de Conto

- Perfiles – modelo bi-lineal o TIN



Perfil



Modelo Bi-Lineal o TIN

## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### TIN ( TRIANGULAR IRREGULAR NETWORK)

#### TRIANGULACIÓN

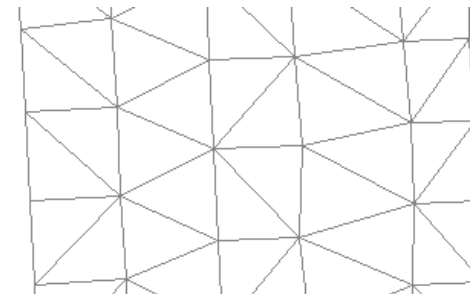
Una triangulación de una nube de puntos del plano es una familia maximal de triángulos de interiores disjuntos cuyos vértices son puntos de la nube y en cuyo interior no hay ningún punto de la nube. Puede obtenerse una triangulación añadiendo, mientras sea posible, segmentos rectilíneos que unan puntos de la nube sin atravesar a los segmentos considerados anteriormente.

"La triangulación de Delaunay aplicada a modelos digitales de terreno" – Depto. de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universidad Politécnica de Valencia.

#### MALLA O RED TIN

Se constituye por la triangulación de un conjunto de puntos.

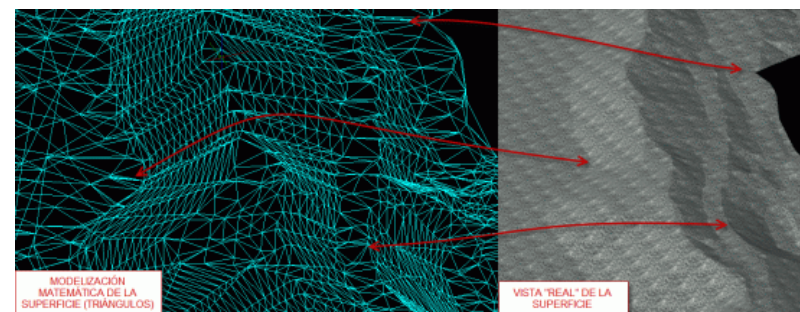
Estos puntos serán los vértices de los triángulos que están conectados mediante las aristas, formando así una red.



#### SUPERFICIE TIN

Una superficie TIN es la representación de una superficie continua, generada a partir de un proceso de triangulación, utilizando un conjunto de datos espaciales.

Cada uno de los planos triangulares representan a una parte de la superficie y compartirán uno de su segmentos con otros planos para formar una superficie continua.



## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### TRIANGULACIÓN DE DELAUNAY

Los algoritmos utilizados para la generación de la malla de triángulos irregulares (descrita anteriormente) tiene su fundamento matemático en la triangulación de Delaunay, la que permite la construcción de una triangulación óptima para la representación del terreno.

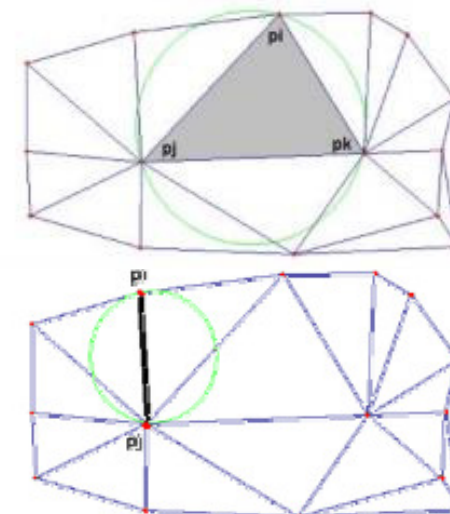
La triangulación de Delaunay garantiza que ningún vértice esté en el interior de los círculos circunscritos de los triángulos de la red. Si se cumple el criterio de Delaunay en todo el TIN, se maximiza el ángulo interior mínimo de todos los triángulos. De este modo, se evitan en la medida de lo posible los triángulos largos y estrechos.

#### Caracterización de la triangulación de Delaunay:

Sea  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  un conjunto de puntos en el plano, una triangulación de Delaunay de  $P$  cumplirá las siguientes propiedades:

**Propiedad 1:** Tres puntos  $p_i, p_j$  y  $p_k$  pertenecientes a  $P$  son vértices de la misma cara de la Triangulación de Delaunay de  $P$ , si y solamente si, el círculo que pasa por los puntos  $p_i, p_j$  y  $p_k$  no contiene puntos de  $P$  en su interior.

**Propiedad 2:** Dos puntos  $p_i$  y  $p_j$  pertenecientes a  $P$  forman un lado de la Triangulación de Delaunay de  $P$ , si y solamente si, existe un círculo que contiene a  $p_i$  y  $p_j$  en su circunferencia y no contiene en su interior ningún punto de  $P$ .



## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### PERFILES LONGITUDINALES

Podemos definir un perfil longitudinal como la intersección de una superficie vertical con el terreno. Esto determinará una **traza**, que es la forma del terreno a lo largo de la alineación definida por dicho plano vertical.

Esta representación es la que se emplea en aquellas obras que poseen un gran desarrollo en una dirección como es el caso de proyectos de rutas, vías férreas, líneas de alta tensión, tuberías de agua, canales para riego, etc., donde se hace necesario conocer como se comporta altimétricamente el terreno.

En los perfiles longitudinales se debe indicar:

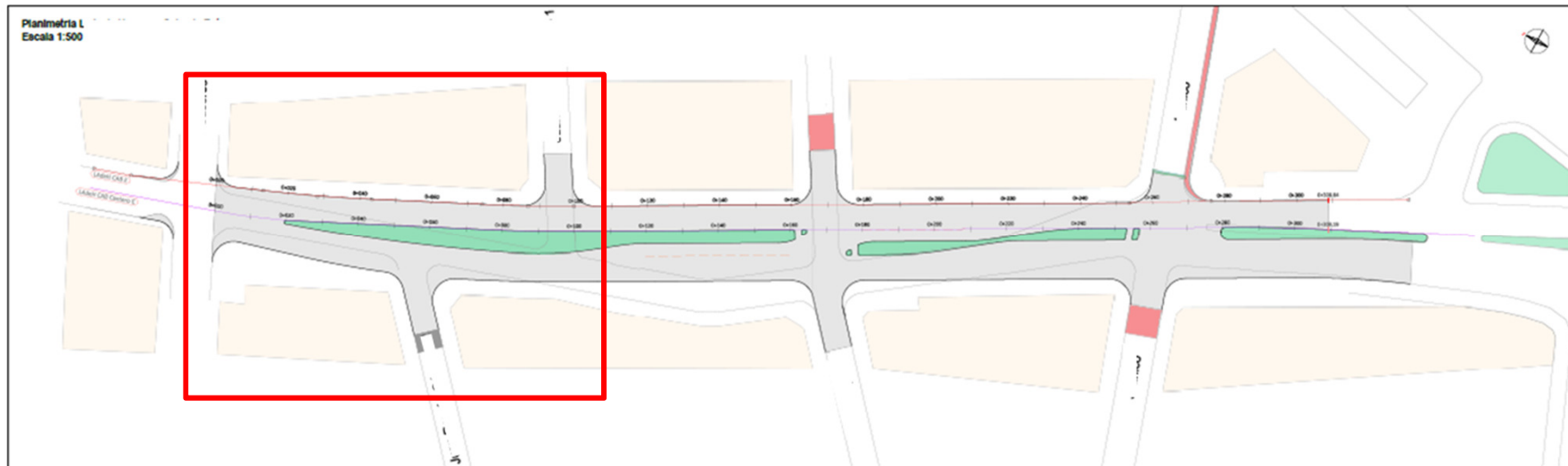
- Origen de progresivas
- Progresivas acumuladas
- Cota de Terreno
- Cota de proyecto (si lo hay)
- Escala Horizontal
- Escala Vertical
- Ubicación planimétrica del perfil longitudinal



## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### PERFILES LONGITUDINALES

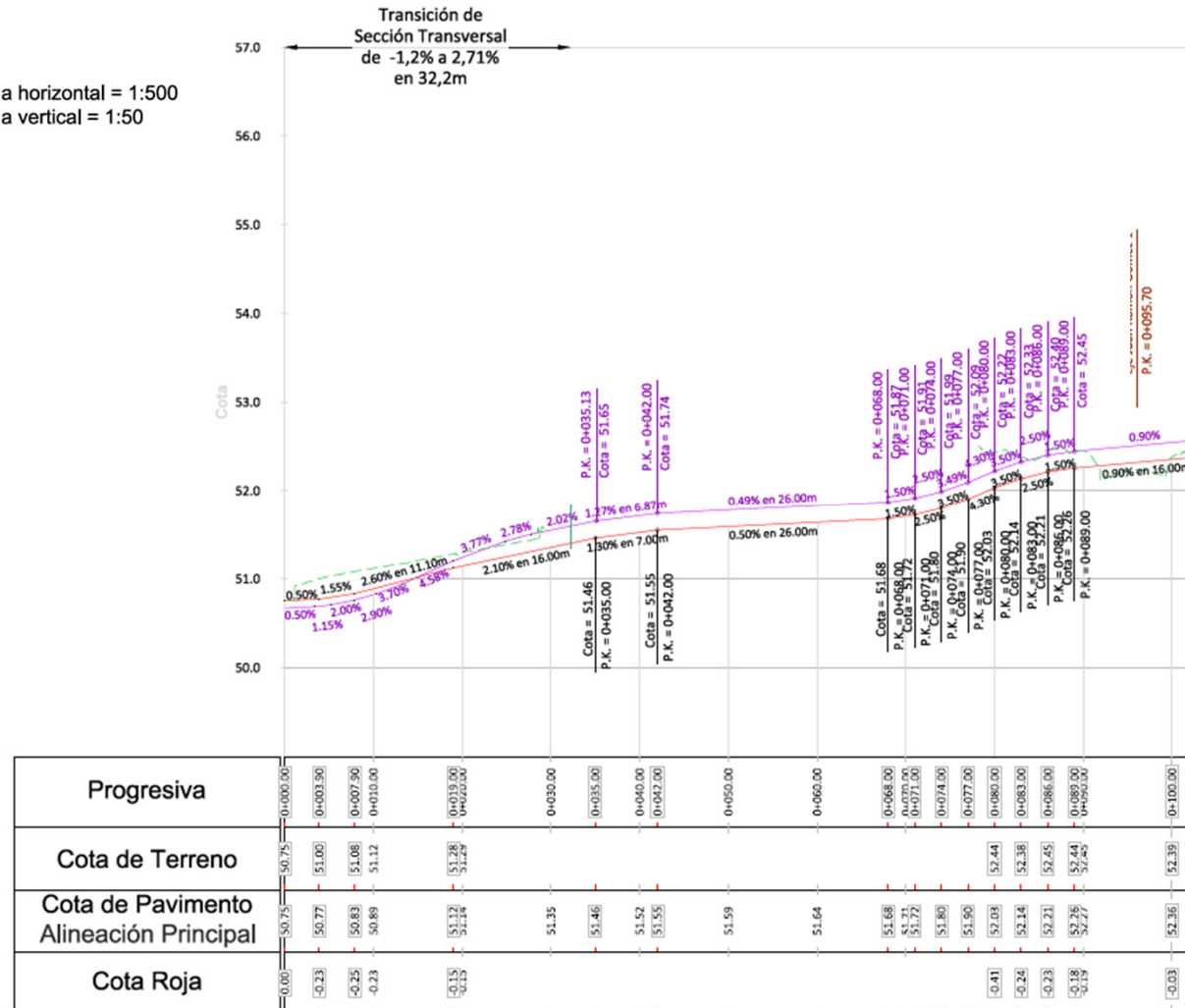
Ubicación planimétrica del perfil longitudinal



**MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO**

**PERFILES LONGITUDINALES**

Escala horizontal = 1:500  
 Escala vertical = 1:50

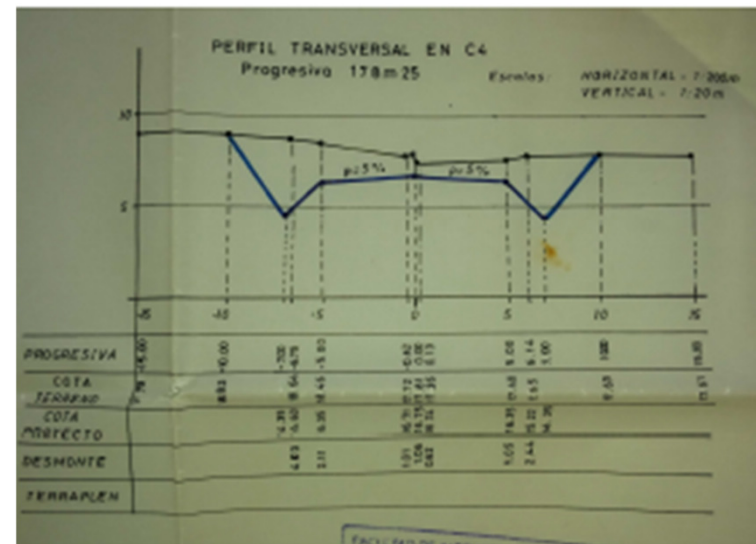
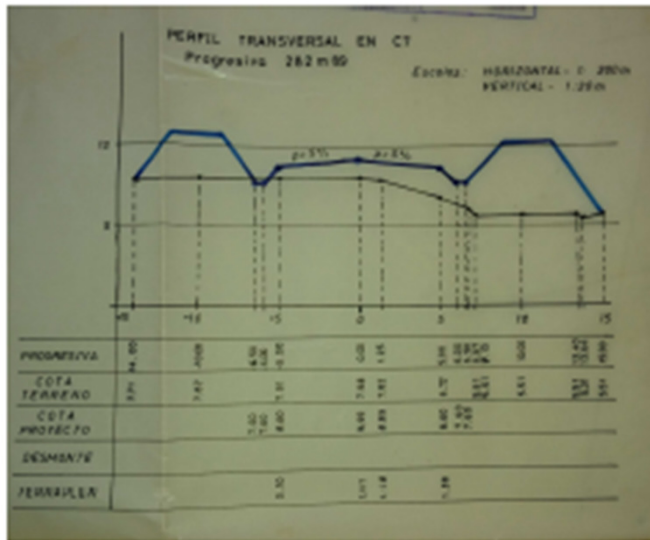


**MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO**

**PERFILES TRANSVERSALES**

Así mismo, para ciertas obras de ingeniería, como las mencionadas anteriormente, también se hace necesario conocer cómo es la conformación del terreno a ambos lados del eje, por lo que, a determinada distancia, y cuando las condiciones del terreno así lo requieran, deberán levantarse perfiles normales al eje.

Esto permitirá obtener un modelo del terreno en toda la faja, mediante el cual podrán dibujarse las curvas de nivel, u obtener las áreas de las secciones transversales para efectuar el cálculo de los volúmenes necesarios para los movimientos de suelos de la obra.



## **MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO**

### **CURVAS DE NIVEL**

La representación del relieve en las cartas planialtimétricas se realiza fundamentalmente por medio de curvas de nivel.

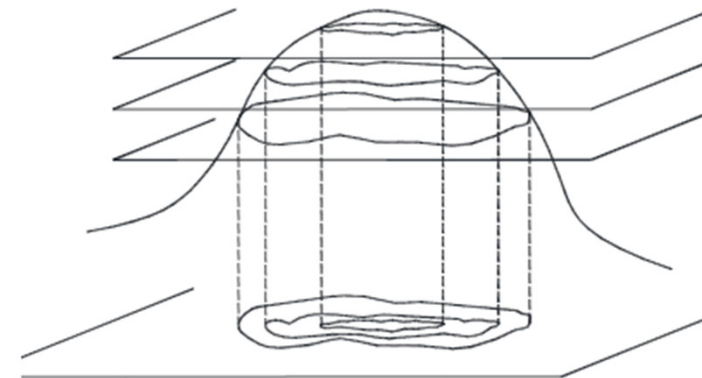
Una curva de nivel puede definirse como el lugar geométrico del terreno cuyos puntos poseen igual cota.

Éstas se obtienen seccionando el terreno mediante superficies horizontales regularmente espaciadas, proyectándose luego ortogonalmente sobre una superficie de referencia.

Las trazas de las curvas de nivel dependerán de la topografía del terreno, la que a su vez está fuertemente determinada por la naturaleza física del mismo.

Así podremos encontrarnos con dos grandes grupos:

- a) Curvas de nivel de terreno natural, donde el relieve y la superficie no han sido modificados por obras. En este caso, las curvas de nivel poseen formas irregulares.
- b) Curvas de nivel de terreno modificado. En este caso las curvas tienen formas regulares.



**CURVAS DE NIVEL**

## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### CURVAS DE NIVEL

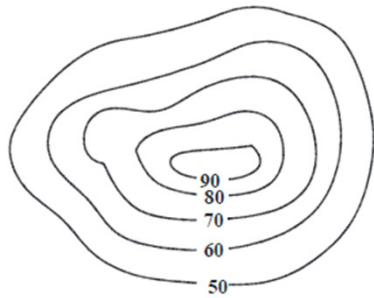
Las curvas de nivel cumplen además con una serie de propiedades:

1. Como la Tierra es una superficie continua, todas las curvas de nivel deben cerrarse en sí mismas.
2. No pueden ramificarse o dividirse en dos curvas de igual elevación ni cortarse.
3. El espaciamiento de las curvas de nivel es un indicativo de la pendiente del terreno.
4. Las curvas de nivel son perpendiculares a la dirección de máxima pendiente del terreno.
5. Una serie de curvas cerradas, concéntricas, que crecen en elevación indican promontorios o cimas.
6. Las curvas que forman un circuito cerrado que decrecen en elevación indican depresiones del terreno.
7. Las curvas uniformes sin cambios bruscos y espaciadas indican la presencia de terrenos con pendientes graduales.
8. Aquellas curvas irregulares y generalmente concentradas muestran terrenos escarpados o accidentados.
9. En los valles se tienen generalmente curvas con formas de "V" y en las cimas con formas de "U".
10. Las "V" que forman las curvas cuando cruzan una corriente apuntan siempre aguas arriba.

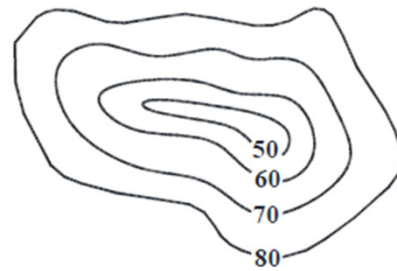
**MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO**

**CURVAS DE NIVEL**

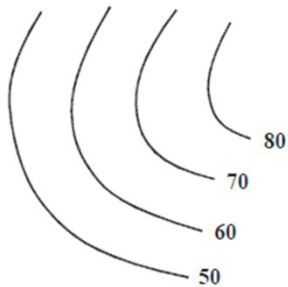
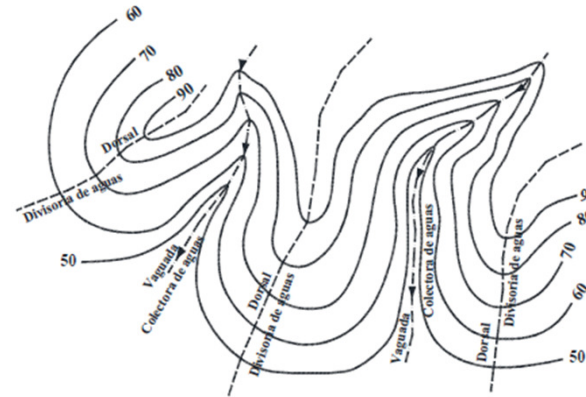
Distintas formas de curva de nivel



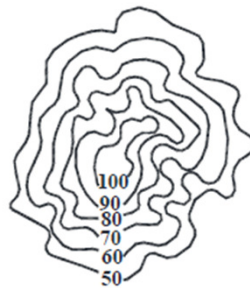
**CIMA, PROMONTORIO**



**DEPRESIÓN**



**LADERA, PENDIENTE SUAVE**



**TERRENO MUY ESCARPADO**

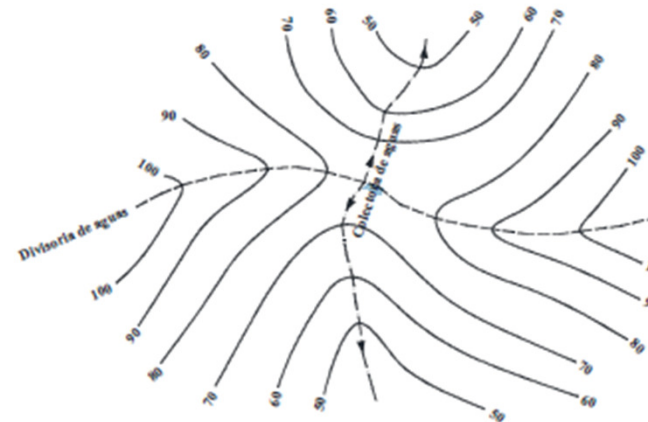
## MODOS DE REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

### CURVAS DE NIVEL

Distintas formas de curva de nivel



SILLA DOBLE



SILLA DE MONTAR

## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### GENERALIDADES

#### CUBICACIÓN:

Cálculos necesarios para conocer el volumen correspondiente al movimiento de tierra requerido para realizar la explanación de un terreno.

#### DESMONTE:

Movimiento de tierra que tiene como objetivo rebajar el nivel del terreno mediante la excavación (extracción de material).

#### TERRAPLÉN:

Movimiento de tierra que tiene como objetivo el aporte de tierras para elevar el nivel del terreno (acopio de material).

#### ALGUNAS VARIABLES INTRINSECAS AL ERROR DE CUBICACIÓN:

Errores asociados al levantamiento de la información (error de relevamiento, densidad del relevamiento, error de cálculo, error instrumental, error gráfico, etc.)

En explanaciones a realizar a media ladera se comete mayor error en la cuantificación de tierra que en explanaciones de desmonte o terraplén puras. Para minimizarlo, se debe aumentar el número de perfiles transversales.

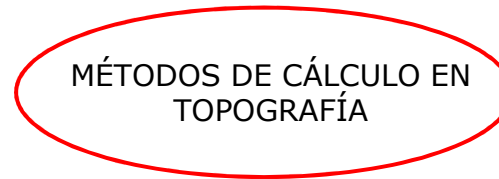
La morfología del terreno influye en el error de cubicación, siendo este mayor cuanto en función del aumento de la rugosidad del terreno.



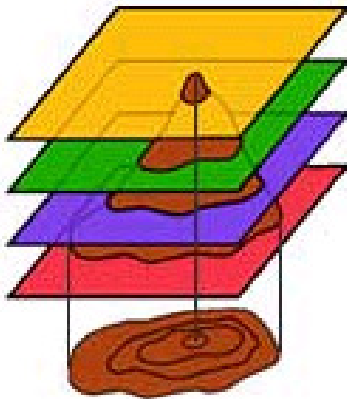
**CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA**

MÉTODOS DE CÁLCULO

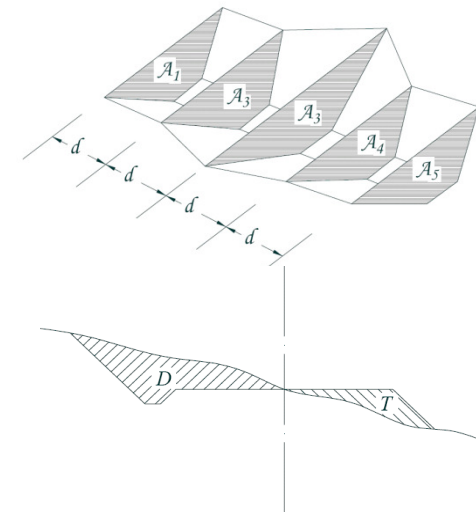
**VOLÚMENES DE TIERRA**



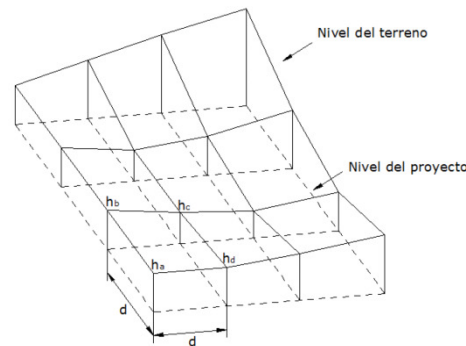
SECCIONES HORIZONTALES



PERFILES

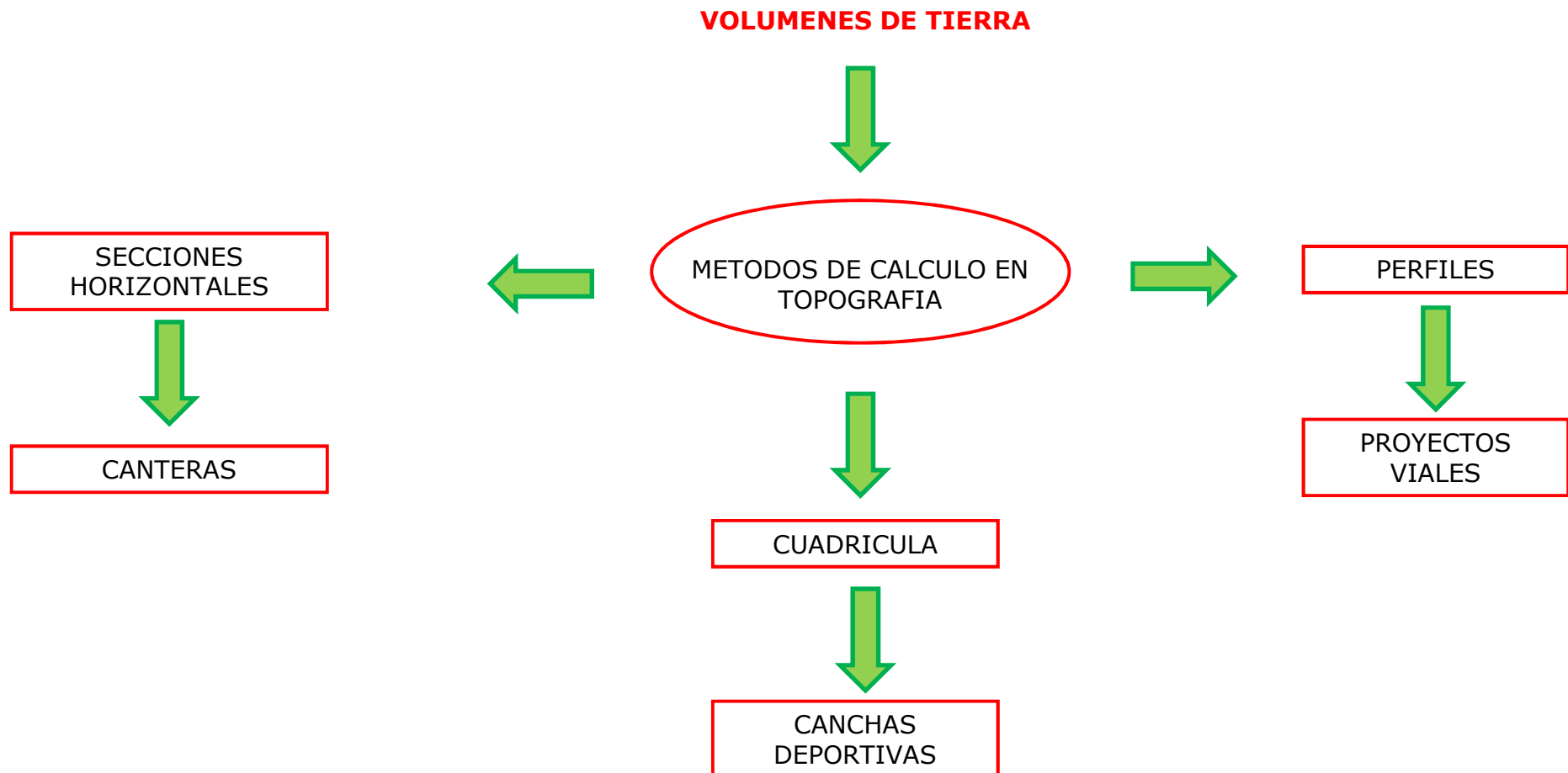


CUADRÍCULA



## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### EJEMPLOS PRÁCTICOS



## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### SECCIONES HORIZONTALES Ó CURVAS DE NIVEL

#### CARACTERÍSTICAS:

Este método se utiliza cuando el terreno del cual debemos calcular su volumen tiene forma de montículo o cubeta.

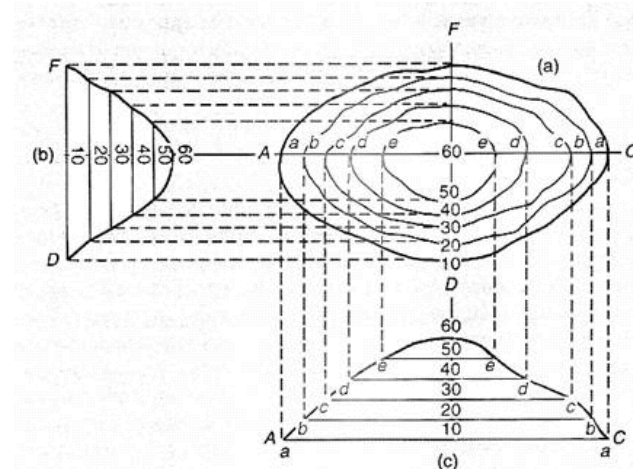
Es un método de aplicación limitada, debido a:

- forma característica del terreno
- precisión obtenida en función de:
  - equidistancia
  - densidad de puntos relevados
  - precisión en cálculo del área de la curva de nivel

#### FÓRMULAS DE CÁLCULO:

Entre dos curvas de nivel consecutivas:  $V = D \frac{(A_x + A_y)}{2}$

Siendo:  $A_x$  = Área de la curva de nivel "x"  
 $A_y$  = Área de la curva de nivel "y"  
 D = Equidistancia entre curvas de nivel



Docente - Martin Wainstein

## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### SECCIONES HORIZONTALES Ó CURVAS DE NIVEL

En general:

$$V = \frac{D}{2} (A_1 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} A_i + A_n)$$

Utilizando la fórmula del prismoide:

$$V = \frac{D}{6} (A_1 + 4M + A_2)$$

Siendo:

$A_1$  = Área inicial

$A_2$  = Área final

D = Equidistancia entre sección inicial y final

M = Área de la sección a media distancia entre sección inicial y final (*no es el promedio de las áreas*)

## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### CUADRÍCULA:

### CARACTERÍSTICAS:

Este método se utiliza cuando el terreno del cual debemos calcular su volumen no tiene pendientes muy marcadas, sino que, por el contrario, se caracteriza por tener una forma suave, careciendo de grandes accidentes topográficos.

Se aplica a superficies relativamente pequeñas, debido a la laboriosidad que implica el procedimiento de relevamiento (demarcación de la cuadrícula, denominación inequívoca de los puntos relevados, etc.).

A mayor suavidad del terreno, mayor puede ser el lado de la cuadrícula. En contraposición, a mayores accidentes topográficos, menor será el lado de la cuadrícula utilizada.

### METODOLOGÍA:

Mediante una nivelación y refiriendo los valores a un punto de cota conocida o considerando un valor de referencia arbitrario, se definen las cotas de cada uno de los vértices de la cuadrícula.

Comparándolas con las cotas del proyecto, se podrán calcular los volúmenes de tierra a Desmontar o Terraplenar.

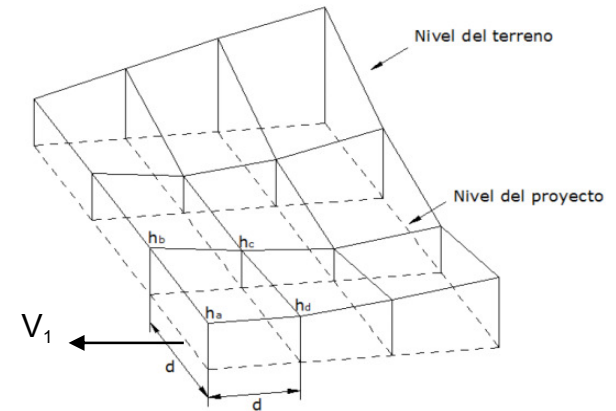
## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### CUADRÍCULA:

#### FÓRMULAS DE CÁLCULO:

$$V_1 = d^2 \frac{(h_a + h_b + h_c + h_d)}{4}$$

Siendo:  $h_i$  = altura de cada uno de los vértices de la unidad cuadrícula  
 $d$  = lado de la cuadrícula  
 $V_1$  = volumen del prisma correspondiente a la unidad cuadrícula



$$V_{\text{Total}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Siendo:  $V_i$  = volumen del prisma correspondiente a cada unidad cuadrícula  
 $V_{\text{TOTAL}}$  = volumen total calculado

$$V_{\text{Total}} = \frac{d^2}{4} (\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4)$$

Siendo:  $h_1$  = alturas que se utilizan una sola vez  
 $h_2$  = alturas que se utilizan dos veces  
 $h_3$  = alturas que se utilizan tres veces  
 $h_4$  = alturas que se utilizan cuatro veces  
 $d$  = lado de la cuadrícula  
 $V_{\text{TOTAL}}$  = volumen total calculado

## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### PERFILES O SECCIONES TRANSVERSALES:

#### CARACTERÍSTICAS:

Este método se utiliza en obras lineales: vías de comunicación, excavaciones para tuberías, vías férreas, canales, etc.

#### METODOLOGÍA:

Replanteado el eje de la obra, se levantan puntos de terreno correspondientes a los perfiles transversales (equidistantes entre sí) y al perfil longitudinal.

Comparando cada perfil con el perfil del proyecto correspondiente a cada sección, obtenemos las áreas correspondientes al cálculo de volúmenes a desmontar o terraplenar.

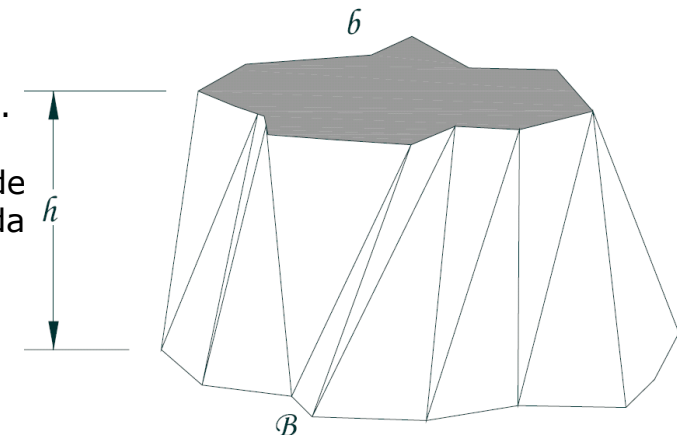
#### GENERALIDADES:

Este método de cálculo se basa en el cálculo de volúmenes del prismoide.

Un prismoide es un sólido limitado por dos caras planas y paralelas de forma cualquiera, llamadas bases, y por la superficie reglada engendrada por una recta que se apoya en ambas bases.

$$V_P = \frac{1}{2} h \cdot (S_B + S_b)$$

Siendo:  $S_B$  = superficie de la base B  
 $S_b$  = superficie de la base b  
 $h$  = distancia entre las bases  
 $V_p$  = volumen del prismoide



## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### PERFILES O SECCIONES TRANSVERSALES:

Para el cálculo del volumen total del movimiento de tierra ( $V_T$ ), se calculan primeramente el volumen de los prismoides que se forman entre cada par de perfiles transversales consecutivos ( $V_i$ ), como se muestra en la figura.

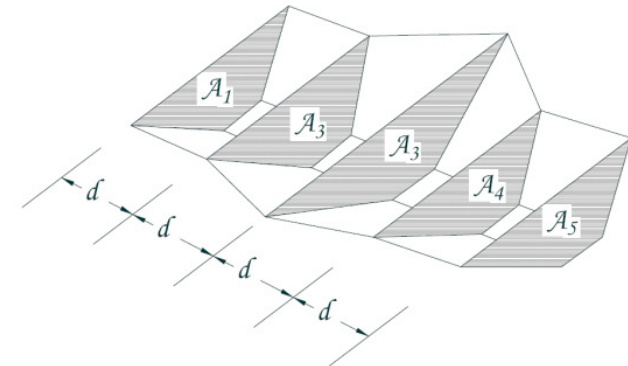
### FÓRMULAS DE CÁLCULO:

$$V_i = \frac{1}{2}d \cdot (A_i + A_{i+1})$$

Volumen entre dos perfiles consecutivos

$$V_T = \frac{1}{2}d(A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{n-1} + A_n)$$

Volumen Total (todo a desmontar o todo a terraplenar)



Siendo:

- $A_i$  = superficie del perfil "i"
- $A_{i+1}$  = superficie del perfil "i+1"
- d = distancia entre perfiles
- $V_i$  = volumen del prismaoidal definido entre perfiles consecutivos
- $V_T$  = volumen total correspondiente al movimiento de tierra



**CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA**

PERFILES O SECCIONES TRANSVERSALES:

FÓRMULAS DE CÁLCULO:

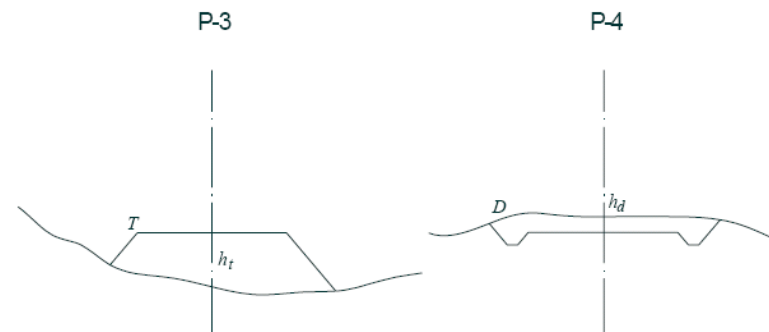
1) Ambos perfiles con terreno a desmontar (D - D):  $V = \frac{(D_1 + D_2)}{2} * d$

2) Ambos perfiles con terreno a terraplenar (T - T):  $V = \frac{(T_1 + T_2)}{2} * d$

3) Perfiles con terreno a desmontar y terraplenar (D - T):  $V_{Des} = \frac{D^2}{D + T} * \frac{d}{2}$

$V_{Terr} = \frac{T^2}{D + T} * \frac{d}{2}$

Siendo:  $D_i$  = superficie del perfil a desmontar  
 $T_i$  = superficie del perfil a terraplenar  
 d = distancia entre perfiles consecutivos  
 $V_D$  = volumen total a desmontar  
 $V_T$  = volumen total a terraplenar

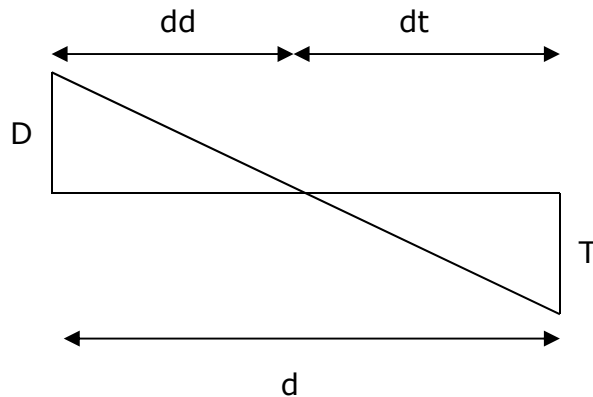


**CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA**

**PERFILES O SECCIONES TRANSVERSALES:**

**FÓRMULAS DE CÁLCULO:**

3) Perfiles con terreno a desmontar y terraplenar (D - T):



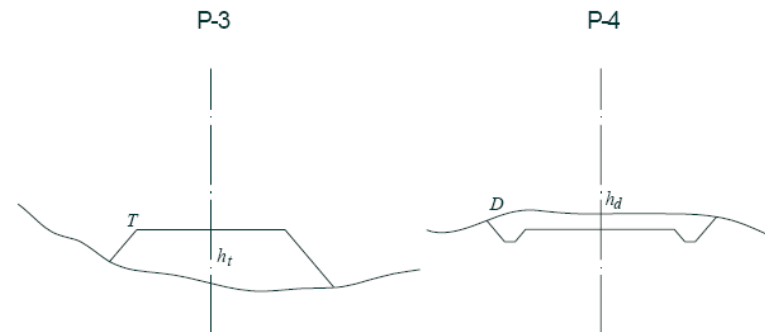
$$\frac{D}{dd} = \frac{D + T}{d} \Rightarrow dd = \frac{D}{D + T} \times d$$

$$\frac{T}{dt} = \frac{D + T}{d} \Rightarrow dt = \frac{T}{D + T} \times d$$

$$V_{Des} = \frac{D \times dd}{2} = \frac{D^2}{D + T} \times \frac{d}{2}$$

$$V_{Terr} = \frac{T \times dt}{2} = \frac{T^2}{D + T} \times \frac{d}{2}$$

Siendo:  
 $D_i$  = superficie del perfil a desmontar  
 $T_i$  = superficie del perfil a terraplenar  
 $d$  = distancia entre perfiles consecutivos  
 $V_D$  = volumen total a desmontar  
 $V_T$  = volumen total a terraplenar

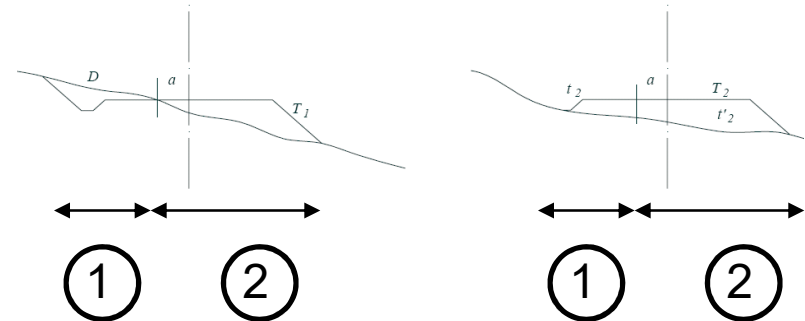


**CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA**

PERFILES O SECCIONES TRANSVERSALES:

FÓRMULAS DE CÁLCULO:

4) Perfiles mixtos:  
 son aquellos que contienen desmonte y terraplén en su sección.



$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} & \left\{ \begin{aligned} V_{\text{Tot D}} &= \frac{D^2}{D+t_2} * \frac{d}{2} \\ V_T &= \frac{t_2^2}{D+t_2} * \frac{d}{2} \end{aligned} \right. \\
 \textcircled{2} & \left\{ \begin{aligned} V &= \frac{(T_1+t'_2)}{2} * d \end{aligned} \right. \\
 & \left. \left\{ V_{\text{Tot T}} = \frac{t_2^2}{D+t_2} * \frac{d}{2} + (T_1+t'_2) * \frac{d}{2} \right. \right.
 \end{aligned}$$

Siendo:

a = distancia desde el eje hasta el punto de intersección del perfil del terreno con el plano de la rasante

$T_2 = t_2 + t'_2$

$D_i$  = superficie del perfil a desmontar

$T_i$  = superficie del perfil a terraplenar

d = distancia entre perfiles consecutivos

$V_{\text{Tot D}}$  = volumen total a desmontar

$V_{\text{Tot T}}$  = volumen total a terraplenar

## CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA

### METODOLOGÍA PARA RELEVAMIENTOS:

- 1) Relevamiento inicial de terreno existente.
- 2) Estudio de suelos mediante cateos (trabajo interdisciplinario).
- 3) Descarte de capa vegetal.
- 4) Implantación de proyecto civil/arquitectónico.
- 5) Cálculo **geométrico** de movimiento de suelos.
- 6) Aplicación de coeficientes de esponjamiento y compactación.
- 7) Relevamiento durante la obra.
- 8) Relevamiento final.

Coeficientes de esponjamiento y contracción de diferentes materiales

MATERIAL	ESPONJAMIENTO 1 + e (m <sub>3</sub> S)	CONTRACCIÓN 1 - e (m <sub>3</sub> C)
Arena y grava limpia seca	1,07 a 1,15	0,93 a 0,87
Tierra y grava limpia mojada	1,09 a 1,18	0,92 a 0,85
Capa vegetal	1,11 a 1,20	0,90 a 0,84
Tierra común	1,20	0,84
Marga arenosa	1,18	0,83
Marga arcillosa	1,25	0,80
Tierra margosa	1,20	0,84
Lodo	1,24 a 1,35	0,81 a 0,74
Arcilla con arena y grava	1,30 a 1,45	0,77 a 0,69
Arcilla blanda y friable densa	1,35 a 1,55	0,74 a 0,75
Arcilla dura y tenaz	1,42 a 1,50	0,70 a 0,67
Arcilla dura con piedras y raíces	1,62	0,62
Roca friable blanda	1,50 a 0,75	0,67 a 0,68
Roca dura muy partida	1,58	0,65
Roca dura partida con grandes trozos	1,98	0,50
Caliche	1,20	0,924

### ESPECIFICAR TIPO DE CALCULO EN LOS RELEVAMIENTOS

TOPOGRAFIA ALTIMÉTRICA

**CÁLCULO DE VOLÚMENES PARA MOVIMIENTOS DE TIERRA**

METODOLOGÍA PARA RELEVAMIENTOS:



VOLUMENES APARENTES				
	EXCAVACION	CARGA	TRANSPORTE	COMPACTACION
EXCAVACION EN TIERRAS	 1,0	 CARGADA	 1,20 a 1,30	 VERTIDA      PISADA COMPACTADA 1,10      1,0 1,20      1,10      0,95 RELLENOS      1,0
	VOLUMEN APARENTE			
EXCAVACION ROCA EN CANTERAS	 EN BANCÓ 1,0	 VOLADA 2,0	 1,25 a 1,50	 MACHAQUEO PRIMARIO TRITURACION 1,30 a 1,40 1,20 a 1,30

Los coeficientes en las imágenes son ilustrativas, exigir cateo de suelos. En caso contrario realizar cálculo geométrico.

## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

### Diferencia entre MDT y MDE

MDT. – Modelo Digital de Terreno. “Es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua”.

MDE. – Modelo Digital de Elevación. “Se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno”.

## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

### ASPECTOS BASICOS Y FUNDAMENTALES

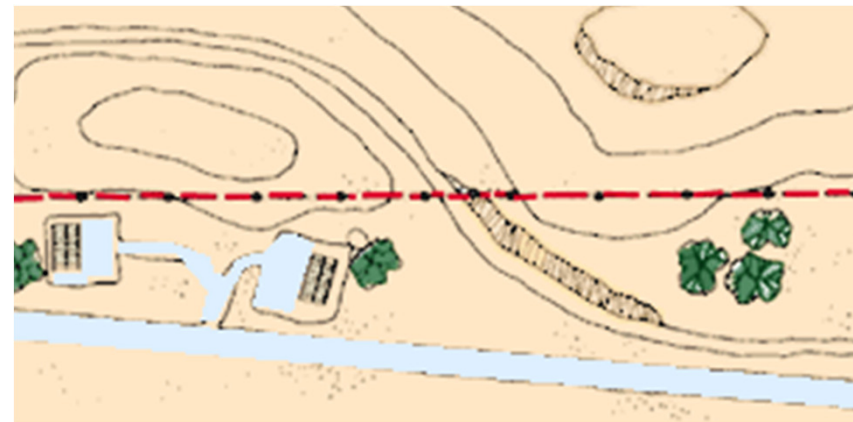
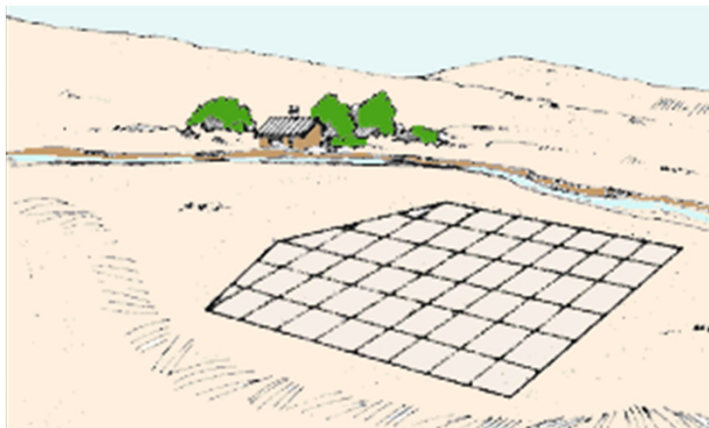
En general todos los softwares de dibujo asistido (CAD) trabajan con la misma secuencia de datos de insumo.

- Puntos de terreno del relevamiento (Con sus códigos)
- Definición de Líneas de quiebre (Breaklines)
- Formación de Red de triángulos (TIN)
- Confección de Curvas de Nivel
- Calculo de Volumen y Confección de Perfiles

**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

**Relevamiento de Campo (Taquimetria)**

La forma de relevamiento va a depender del profesional a cargo, pero en general se intenta seguir un itinerario para mantener el orden.



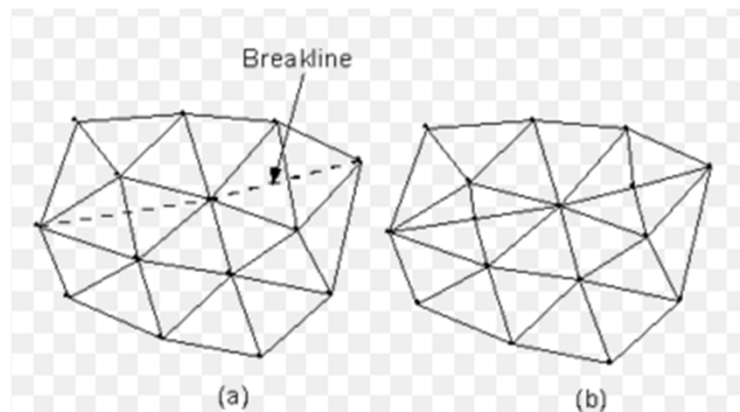
Puede ser por cuadrícula o malla, o por perfiles, dependiendo del resultado final que se quiere obtener.

Se deben relevar los puntos notables, como los cambios de nivel



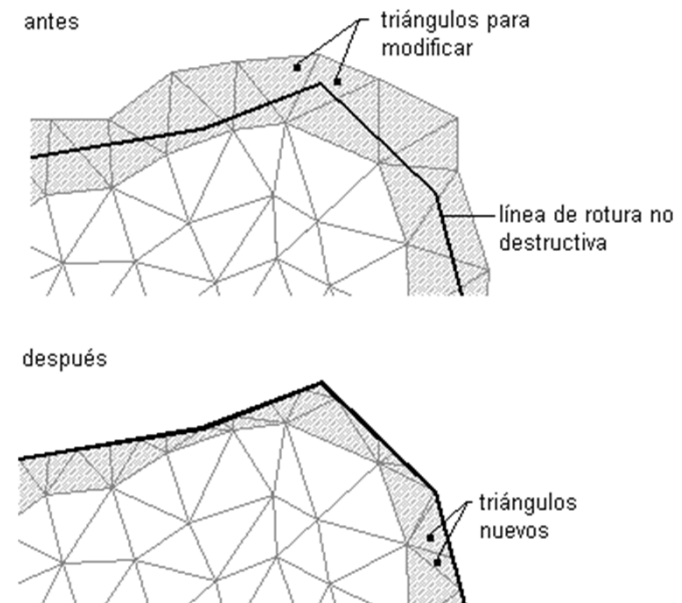
## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

### Definición de líneas de quiebre (Breaklines)



Las líneas de quiebre cortan la red de triángulos, generando un modelo acorde a la realidad evitando una representación errónea.

Es por esto la importancia del correcto relevamiento de los puntos notables del terreno.



## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

### Formación de red de triángulos (TIN)

**TIN. – Red Irregular de Triángulos.** “Las TIN son una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos).

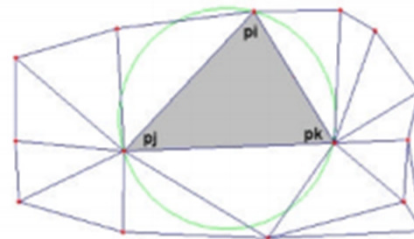
**Triangulación de Delaunay.** – “La triangulación de Delaunay garantiza que ningún vértice esté en el interior de los círculos circunscritos de los triángulos de la red. Si se cumple el criterio de Delaunay en todo el TIN, se maximiza el ángulo interior mínimo de todos los triángulos. De este modo, se evitan en la medida de lo posible los triángulos largos y estrechos”.

## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

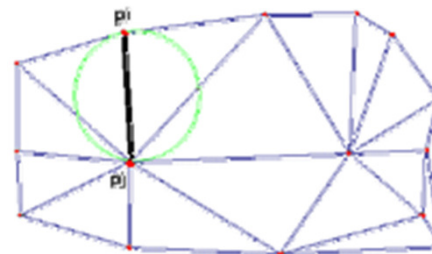
### Triangulación de Delaunay

Caracterización de la triangulación de Delaunay: Sea  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  un conjunto de puntos en el plano, una triangulación de Delaunay de  $P$  cumplirá las siguientes propiedades:

- Propiedad 1: Tres puntos  $p_i, p_j$  y  $p_k$  pertenecientes a  $P$  son vértices de la misma cara de la Triangulación de Delaunay de  $P$ , si y solamente si, el círculo que pasa por los puntos  $p_i, p_j$  y  $p_k$  no contiene puntos de  $P$  en su interior



- Propiedad 2: Dos puntos  $p_i$  y  $p_j$  pertenecientes a  $P$  forman un lado de la Triangulación de Delaunay de  $P$ , si y solamente si, existe un círculo que contiene a  $p_i$  y  $p_j$  en su circunferencia y no contiene en su interior ningún punto de  $P$



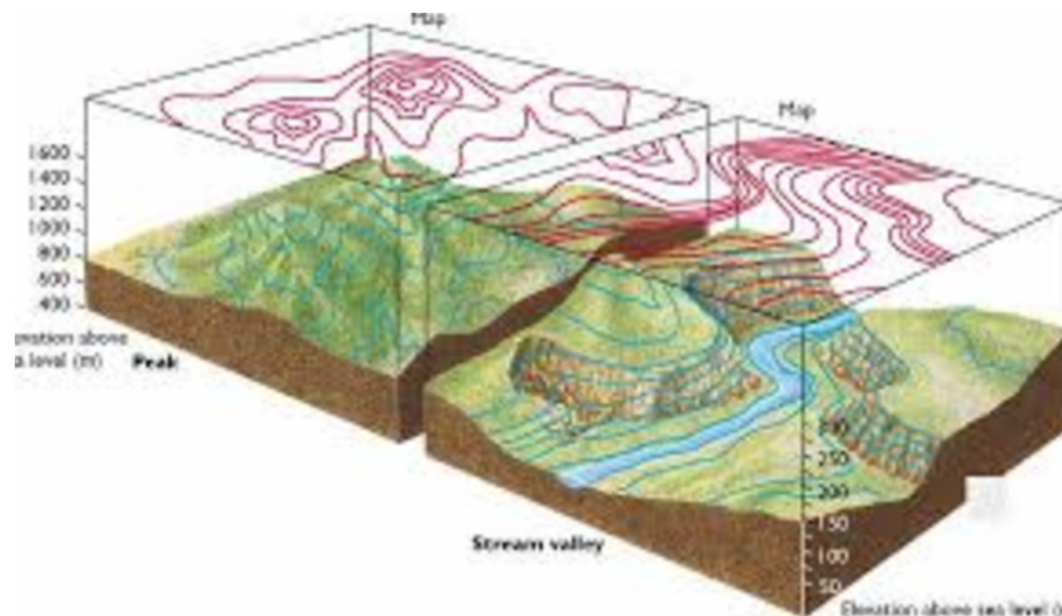
## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

### Confección de curvas de nivel

**Curvas de nivel.** – “Se denomina Curva de nivel la línea que une en el plano los puntos de igual cota”

Una vez generada la red de triángulos (TIN) y definido las líneas de quiebre, se genera el MDE, y con ello las curvas de nivel.

El Plano de curvas de nivel, es una forma de representación grafica en 2D. Teniendo menor información asociada respecto al MDE.



**Tener en cuenta el intervalo de las curvas (*nivel de detalle en el relevamiento*)**

## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

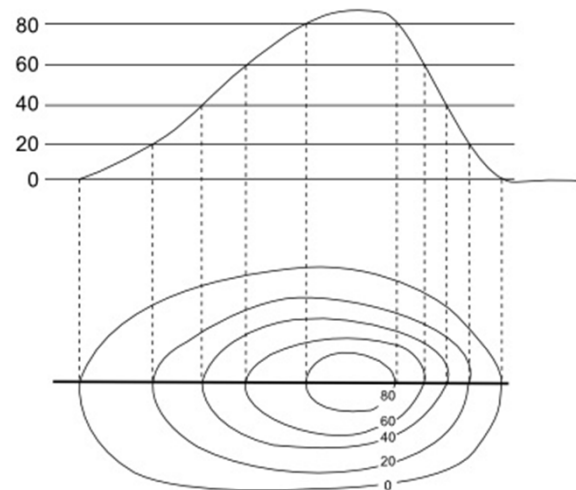
### Cálculo de volumen y confección de perfiles

La mayoría de los softwares permiten realizar el cálculo:

- Respecto a un plano (Cota fija)
- A un MDE proyecto (Superficie teórica)

Depende del insumo que es brindado, pero en general se trabaja con una superficie teórica. El resultado es un volumen de desmonte y un volumen de terraplén (*Movimiento de Suelos*)

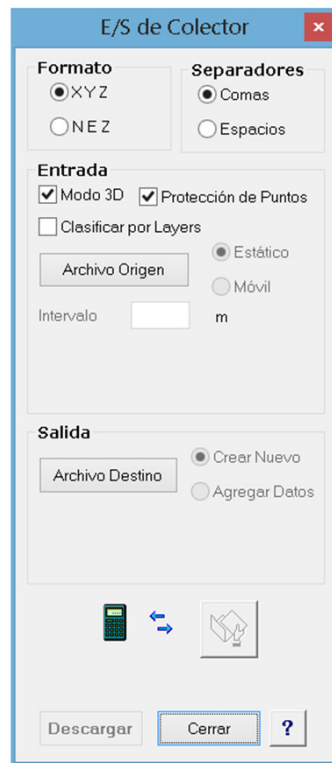
En el caso de los perfiles, se debe trazar una línea teórica en el cual se re proyecta en 2D los cambios de nivel entre la superficie teórica con la relevada.



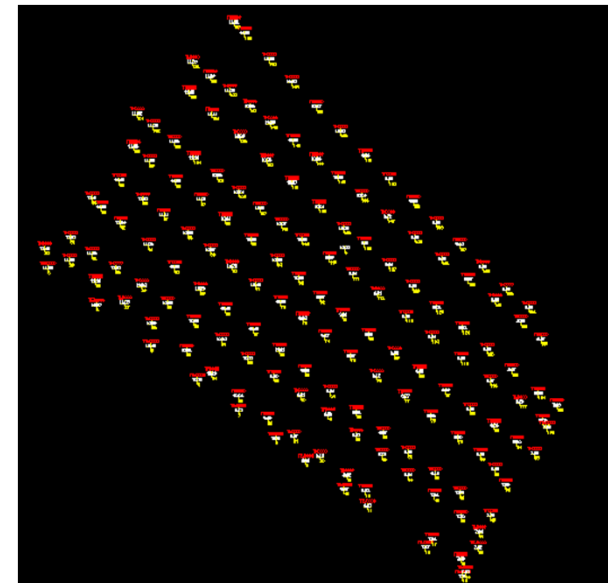
## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

### BRICSCAD - TOPOSTUDIO

- 1) Comando CFG – Configuración del proyecto, entre ellos la escala del plano.
- 2) Comando PCO – Carga la nube de puntos del relevamiento



El comando pco carga la nube de puntos, separando en 3 layers el punto, la cota del punto y la descripción.



**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

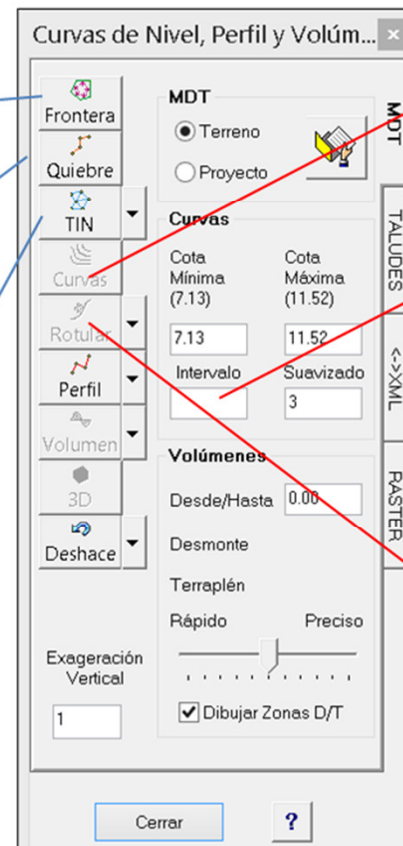
**BRICSCAD - TOPOSTUDIO**

3) Comando CVN – Comando de curvas de nivel

Se debe asignar una frontera, o de lo contrario calculará el TIN con todo el espacio.

Las líneas de quiebre deben de ser poli líneas previamente dibujadas

Genera la red de triángulos TIN



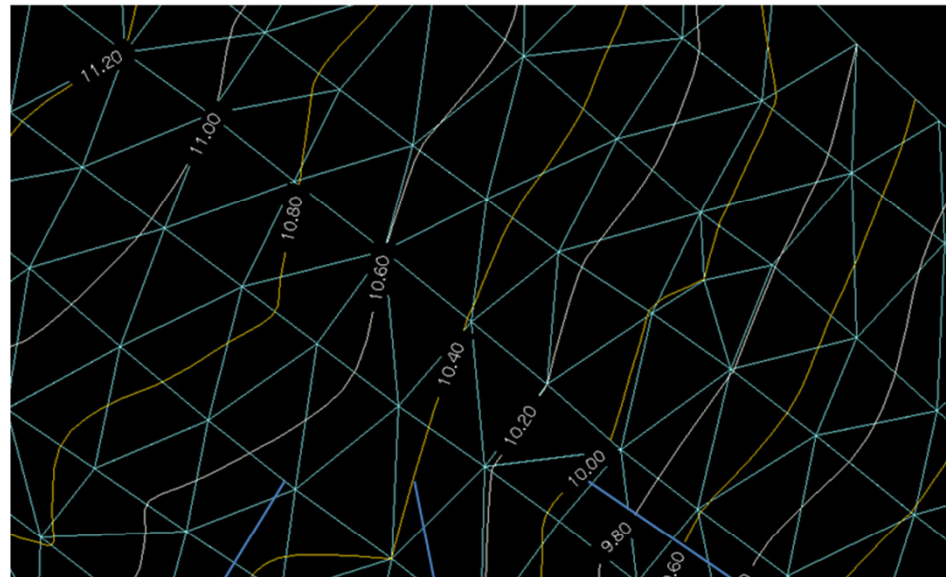
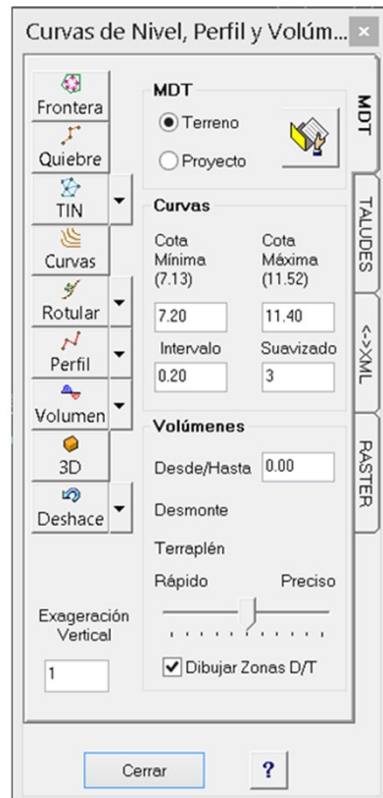
Una vez generado el TIN, se pueden generar las curvas de nivel con el intervalo deseado.

El rotulado de las curvas queda según la escala escogida en el CFG

**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

**BRICSCAD - TOPOSTUDIO**

3) Comando CVN – Comando de curvas de nivel



TIN

Curva de nivel

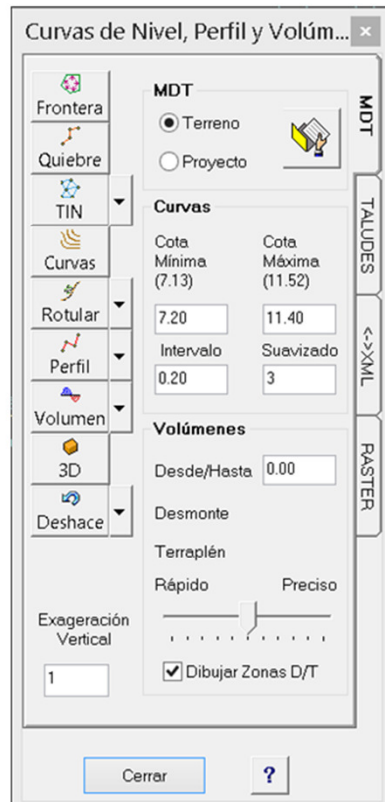
Rotulado de curva



## CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO

### BRICSCAD - TOPOSTUDIO

#### 4) Comando CVN – Confección de perfiles



Usando MDT  
 Usando MDT Cotas enteras  
 Usando MDT Progresivas enteras  
 Usando Curvas de Nivel  
 Generar Cuadrícula  
 Actualizar Perfil

Selección del cuadro perfiles – Se desplaza las opciones de referencia a realizar los perfiles.

Para confeccionar un perfil es necesario tener trazada la poli línea por donde se va a generar el perfil.

El software solicita referencia altimétrica y selección de la traza.

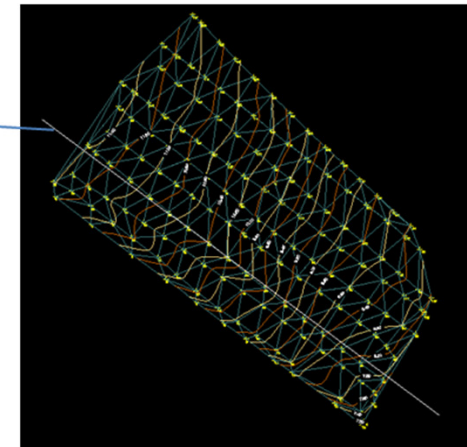
**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

**BRICSCAD - TOPOSTUDIO**

5) Comando CVN – Confección de perfiles

PLANO REFERENCIA 0.00																									
PARCIALES	17.64	24	3.92	4.03	4.42	4.68	6.88	10.17	9.83	10.17	10.03	9.61	9.59	9.87	10.6	8.90	11.6	5.34	4.53	4.78	5.5	7.83	4.94	1.26	
ACUMULADAS	17.64	20.28	24.18	31.57	33.12	38.42	48.15	58.32	68.15	78.10	88.17	98.03	107.44	117.03	126.83	135.93	145.33	154.99	164.66	174.44	184.33	194.33	204.44	214.58	224.84
COTA PROYECTO																									
COTA TERRENO	11.46	11.49	11.37	11.35	11.23	11.23	11.08	11.07	10.96	10.84	10.68	10.46	10.24	10.04	9.84	9.65	9.46	9.28	9.11	8.95	8.78	8.62	8.48	8.34	8.21

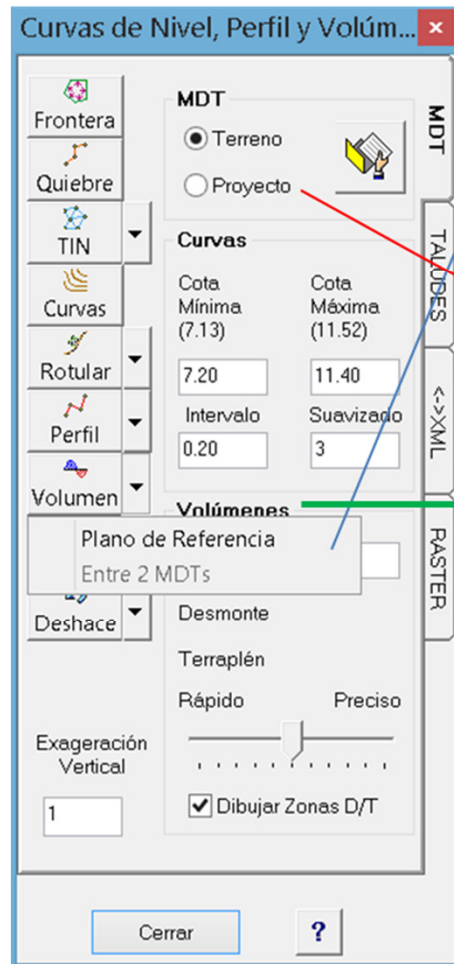
Resultado final del perfil solicitado



**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

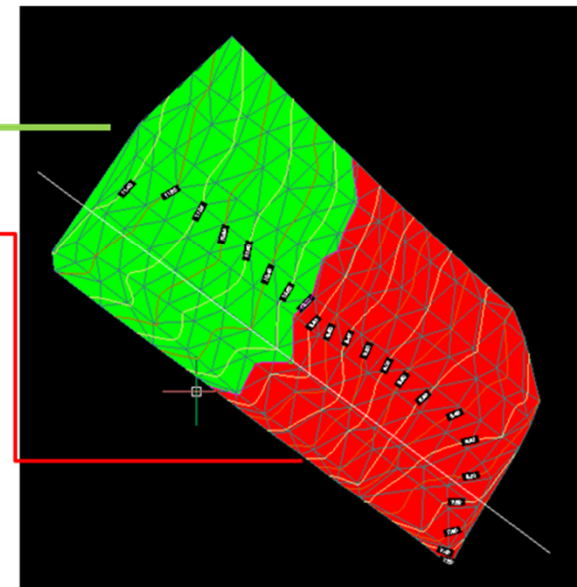
**BRICSCAD - TOPOSTUDIO**

6) Comando CVN – Calculo de volumen



El calculo de volumen se puede hacer entre un plano de referencia o entre 2 MDT.

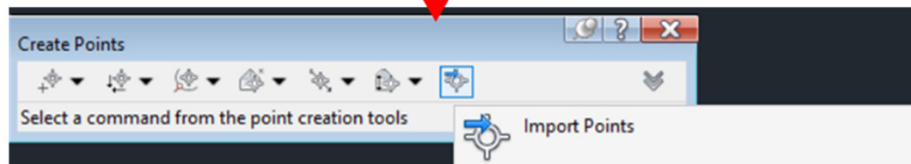
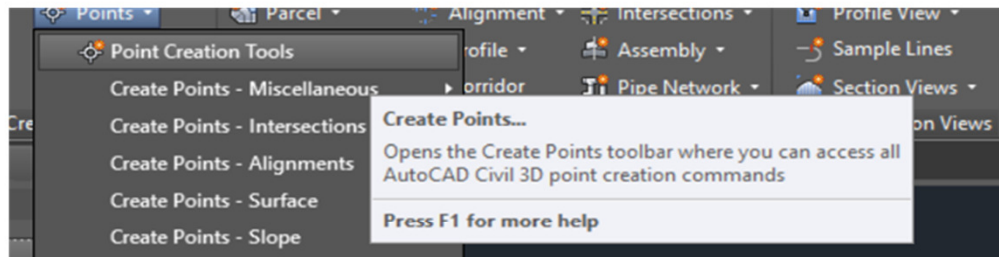
En el caso de realizar mediante 2 MDT, es necesario asignar uno como MDT terreno y otro como MDT proyecto.



**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

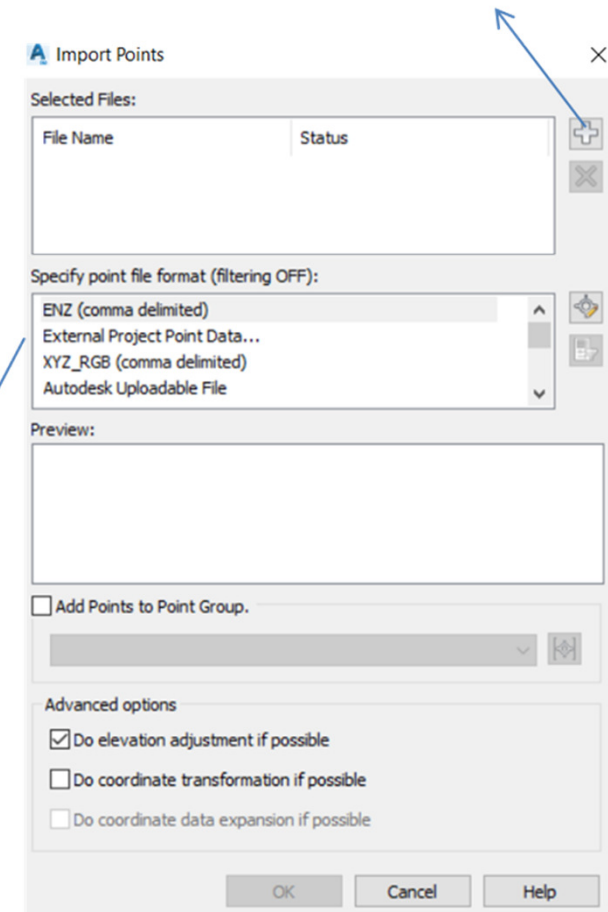
**AUTOCAD CIVIL 3D**

1) Carga de puntos – Nube de puntos



Ruta: Point Creation Tools/Import Points/Select File

Cargar archivo

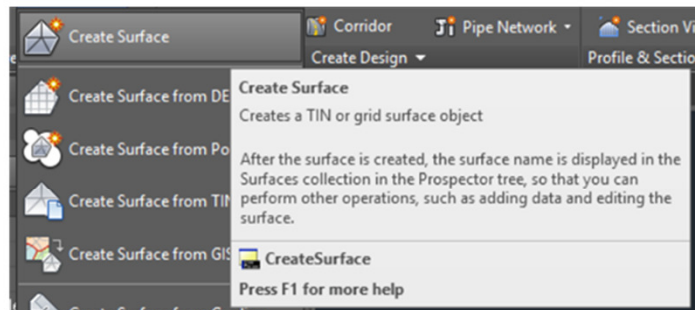


Formato del archivo

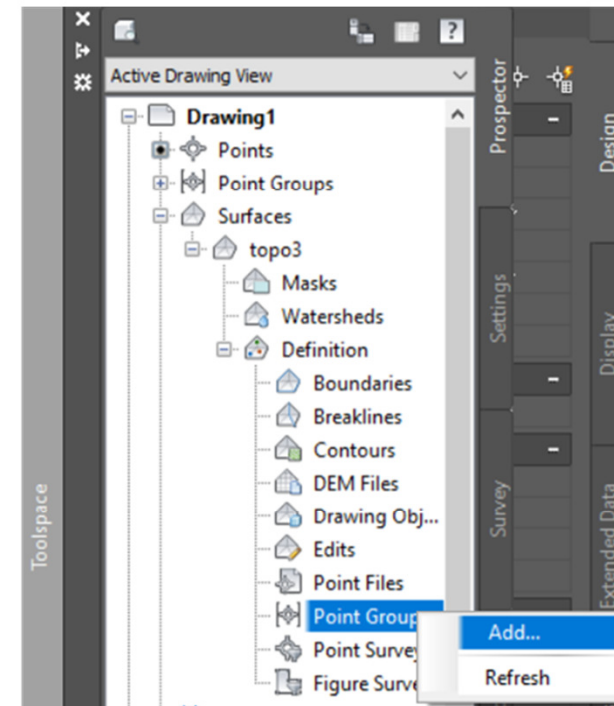
**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

**AUTOCAD CIVIL 3D**

2) Creación de superficies



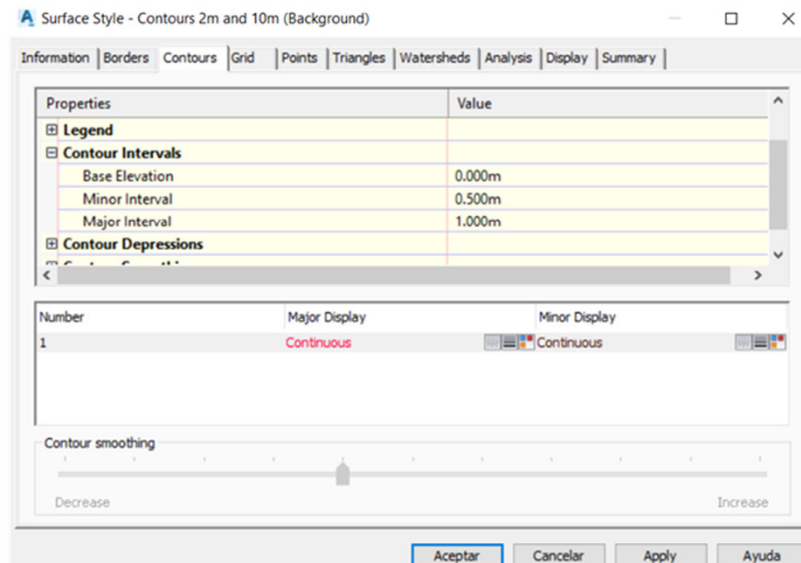
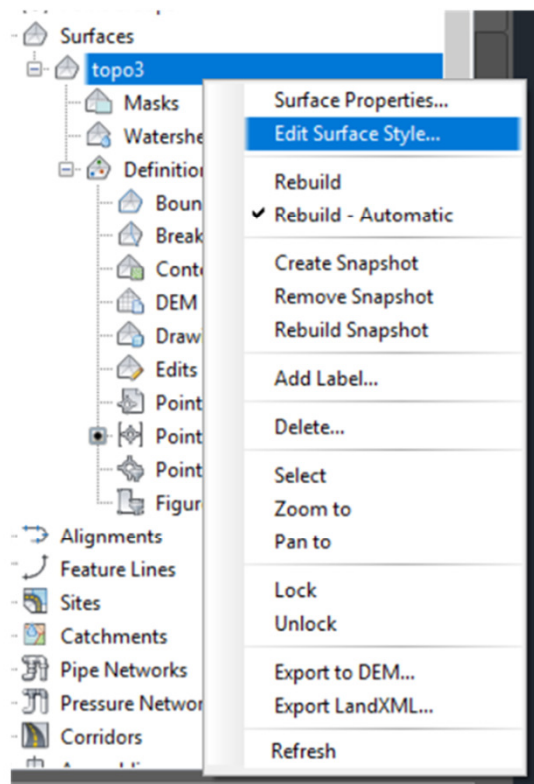
- Create surface: Crea una superficie con un nombre asociado.
- Se definir Puntos asociados a la superficie, limite de la superficies y breaklines de la misma.
- Ruta: Toolspace/surfaces/definition...



**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

**AUTOCAD CIVIL 3D**

3) Confección de curvas de nivel

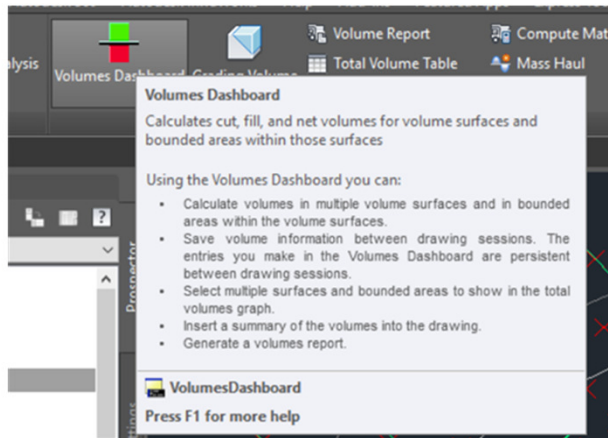


Al generar la superficie, se generan automáticamente las curvas de nivel, es necesario especificar el intervalo de las mismas

**CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN  
 MEDIANTE SOFTWARE ASISTIDO**

**AUTOCAD CIVIL 3D**

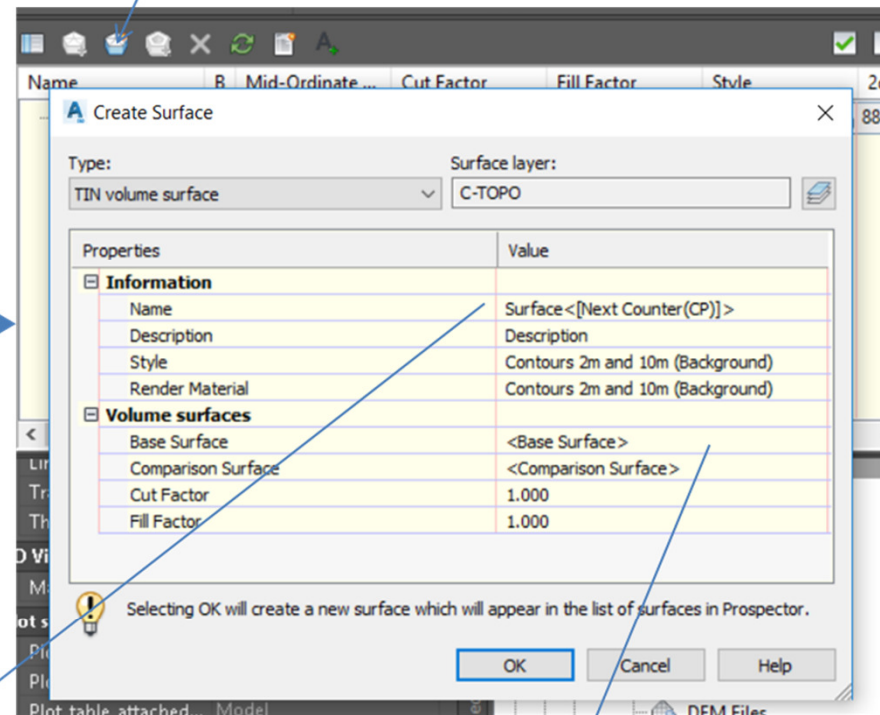
4) Cálculo de volumen



Ruta: Analyze/Volume Dashboard

Nombre de la nueva superficie

Create surface



Seleccionar superficies a comparar

Resultado final del cálculo

Name	B	Mid-Ordinate ...	Cut Factor	Fill Factor	Style	2d Area(sq.m)	Cut(adjusted)(Cu...	Fill(adjusted)(Cu...	Net(adjusted)(Cu...	Net Graph
✓ volumen			1.000	1.000	Contours 2...	886.96	0.00	964.48	964.48<Fill>	