

## 2.9 ANEJO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

### Índice

1. Introducción.....	2
2. Consideraciones para la realización de las cubicaciones.....	3
2.1 Consideraciones generales.....	3
2.2 Coeficiente de esponjamiento y de paso.....	3
3. Cálculo de cubicaciones.....	5
3.1 Método de los perfiles transversales.....	5
4. Aprovechamiento y composición de rellenos.....	5

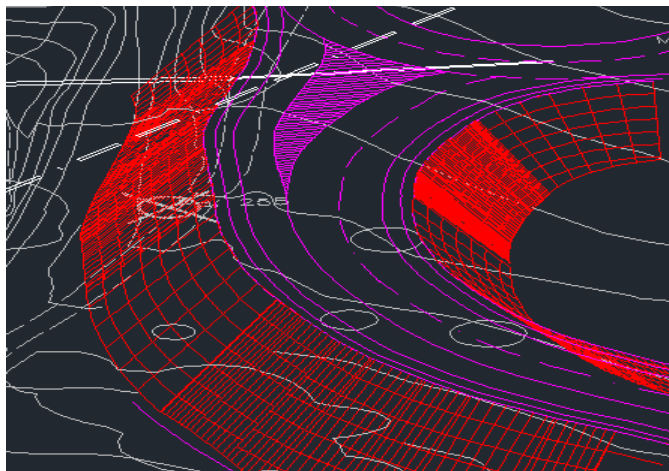
## 1. Introducción

En el presente anejo se estudiará el movimiento de tierras que se va a realizar para la necesaria ejecución del vial.

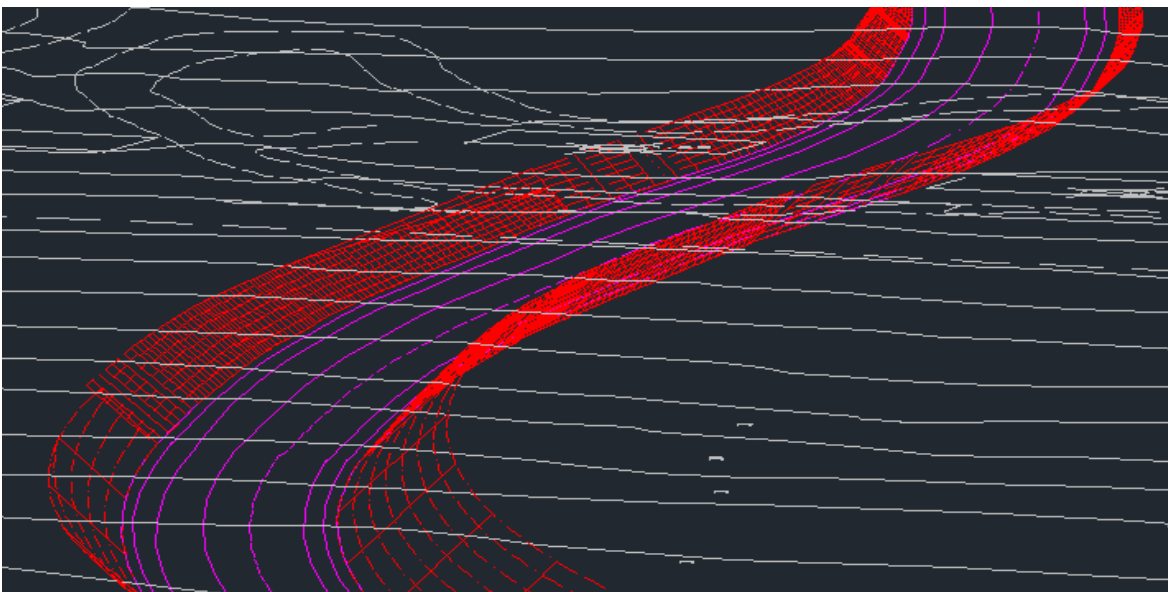
El objetivo consiste en medir los volúmenes totales tanto de desmontes como de terraplenes a lo largo de la carretera, y realizar posteriormente un balance de tierras para que, en caso de estar descompensado, extraer la cantidad necesaria de préstamos externos o en caso contrario llevar el excedente a vertedero.

Para el cálculo de movimientos de tierras se empleará el programa Autocad Civil 3D, definiendo en el programa los taludes hallados en el Anejo de Geotecnia y éste hallará automáticamente la línea de talud, intersección de estas superficies con la superficie topográfica.

La línea de paso intersecta al eje del vial en las coordenadas (85.72, 775.77), es decir, en el P.K. 0 + 618.80



*Captura de tramo en terraplén*



*Captura de pantalla para el tramo de desmonte*

El cálculo de volúmenes de tierras mediante el método de los perfiles transversales cada 20 metros tiene su base en la siguiente fórmula:

$$V_d = \left( \frac{S_{d_1} + S_{d_2}}{2} \right) \times d \quad V_t = \left( \frac{S_{t_1} + S_{t_2}}{2} \right) \times d$$

Donde los sumandos del numerador indican las áreas de los perfiles transversales extremas consideradas y d es la equidistancia (20 metros). Se emplean para volúmenes de desmontes y terraplenes indistintamente.

## 2. Consideraciones para la realización de las cubicaciones

### 2.1 Consideraciones generales

- Las explanadas que se ubican en la coronación de los terraplenes no se contemplan en este anejo, y será objeto del anejo de firmes y pavimentos.
- El espesor de tierra vegetal es parte del volumen que se ha tenido en cuenta en los cálculos, tanto en rellenos como en desmontes.
- Según análisis efectuados in situ se ha podido estimar que el espesor de la tierra vegetal es de 0.15 metros.
- Los materiales serán extraídos con medios mecánicos convencionales salvo que una vez ejecutada la obra se requiera el uso del ripper por la resistencia del terreno.

### 2.2 Coeficiente de esponjamiento y de paso

Ya que casi cualquier material procedente del terreno al ser excavado sufre un aumento de volumen (fenómeno conocido por esponjamiento) es necesario cuantificar dicho incremento para realizar correctamente el balance de movimiento de tierras puesto que al emplear materiales para rellenos, el volumen del mismo puede volver al original e incluso ser menor.

El coeficiente de esponjamiento permite pues hallar ese incremento de volumen al ejecutar la extracción del material, ya que se define como la relación entre el volumen del material in situ y el volumen que adquiere una vez extraído del terreno.

El coeficiente de paso se define como la relación entre volumen final y volumen inicial, o dicho de otro modo, la relación que existe entre la densidad seca inicial y la densidad del material una vez debidamente compactado.

Coeficiente de paso = Densidad seca inicial / (densidad proctor \* compactación)

En la siguiente tabla se muestran las densidades y características de las cuatro unidades geotécnicas consideradas así como el coeficiente de paso y de esponjamiento adoptado.

Se ha considerado un grado de compactación del 95%.

Unidad g.	Clasificación PG-3	D. seca (g/cm3)	D. Proctor (g/cm3)	C. Paso	C. esponjamiento
Arenas medias	Tolerable: 43% Adecuado: 52% Seleccionado: 5%	1.90	1.92	1.04	0.89
Arcillas	Tolerable: 100%	1.54	1.57	1.03	0.8
Calizas	Marginal:65% Tolerable:25% Adecuado:10%	1.79	1.79	1.05	0.59
Margas	Seleccionado: 100%	1.88	1.90	1.04	0.71

A falta de ensayos que permitan hallar el coeficiente de esponjamiento, éste se ha determinado por la siguiente tabla procedente del documento Movimiento de Tierras, Universidad de Cantabria (Ingeniería Industrial 5º curso)

Se ha escogido para cada material el coeficiente más desfavorable:

MATERIAL		d <sub>L</sub> (t/m <sup>3</sup> )	d <sub>B</sub> (t/m <sup>3</sup> )	S <sub>w</sub> (%)	F <sub>w</sub>
Caliza		1,54	2,61	70	0,59
Arcilla	Estado natural	1,66	2,02	22	0,83
	Seca	1,48	1,84	25	0,81
	Húmeda	1,66	2,08	25	0,80
Arcilla y Grava	Seca	1,42	1,66	17	0,86
	Húmeda	1,54	1,84	20	0,84
Roca Alterada	75% Roca - 25% Tierra	1,96	2,79	43	0,70
	50% Roca - 50% Tierra	1,72	2,28	33	0,75
	25% Roca - 75% Tierra	1,57	1,06	25	0,80

Tierra	Seca	1,51	1,90	25	0,80
	Húmeda	1,60	2,02	26	0,79
	Barro	1,25	1,54	23	0,81
Granito Fragmentado		1,66	2,73	64	0,61
Grava	Natural	1,93	2,17	13	0,89
	Seca	1,51	1,69	13	0,89
	Mojada	2,02	2,26	13	0,89
Arena y Arcilla		1,60	2,02	26	0,79
Yeso Fragmentado		1,81	3,17	75	0,57
Arenisca		1,51	2,52	67	0,60
Arena	Seca	1,42	1,60	13	0,89
	Húmeda	1,69	1,90	13	0,89
	Empapada	1,84	2,08	13	0,89
Tierra y Grava	Seca	1,72	1,93	13	0,89
	Húmeda	2,02	2,23	10	0,91
Tierra Vegetal		0,95	1,37	44	0,69
Basaltos ó Diabasas Fragmentadas		1,75	2,61	49	0,67
Nieve	Seca	0,13	---	---	---
	Húmeda	0,52	---	---	---

### 3. Cálculo de cubicaciones

#### 3.1 Método de los perfiles transversales

Se efectuarán perfiles paralelos a un plano vertical cada 20 metros a lo largo del eje de la vía salvo en la línea de paso y en las curvas circulares de radio reducido que requerirán una mayor precisión.

El cálculo del volumen de tierras se hace en primer lugar para el desmonte y en segundo lugar para el terraplén, permitiendo comparar ambos por separado. Así pues, en el documento de Mediciones y Presupuesto, apartado de mediciones auxiliares se exponen los resultados del análisis de movimientos de tierras, habida cuenta del coeficiente de esponjamiento y de paso expuestos en el apartado anterior, así como del volumen aprovechable del material procedente de la traza que pueda aplicarse en los rellenos.

### 4. Aprovechamiento y composición de rellenos

A priori el volumen de desmontes y terraplenes están notablemente compensados y no se requiere de préstamos externos para ejecutar los rellenos necesarios.

No obstante, el tramo del vial que transcurre en desmonte lo hace mayoritariamente sobre materiales tipo caliza, donde se veía que la clasificación PG-3 era el 65 % marginal.

Medido sobre el plano de geología, el trazado en desmonte transcurre sobre materiales tipo marga (100% seleccionado) en una longitud de 40 metros, desde aproximadamente el PK. 0 + 510 hasta el P.K. 0 + 540.

El resto del trazado tiene lugar sobre calizas.

El volumen de margas en desmonte es de 124 m<sup>3</sup>, o de 174 m<sup>3</sup> tras aplicarle el coeficiente de esponjamiento el cual puede emplearse en parte para la coronación de rellenos.

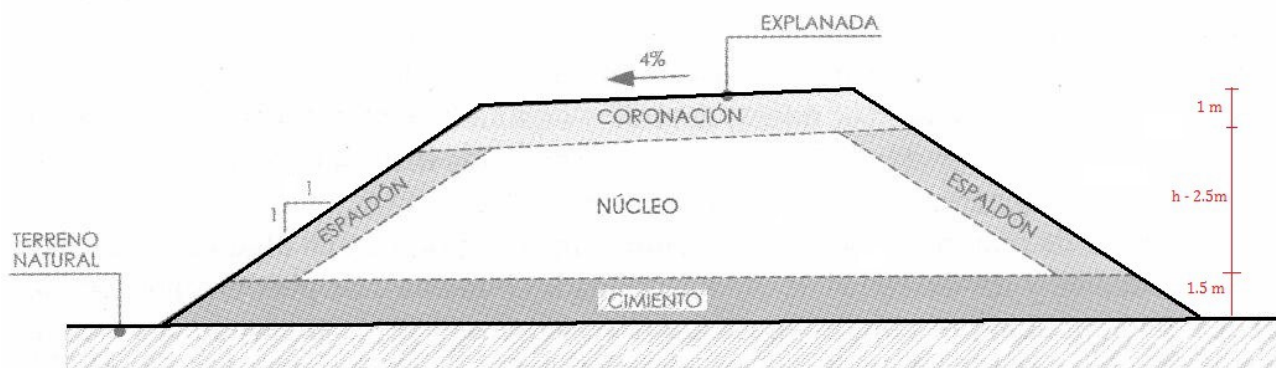
El volumen de calizas en desmonte total es de 31.525 m<sup>3</sup>, de los cuales son de categoría tolerable 13357 m<sup>3</sup> y de la categoría adecuado 5342 m<sup>3</sup> (todo ello tras aplicar el coeficiente de esponjamiento)

El resto del material procedente de desmonte debe llevarse a vertedero dado que no es posible utilizarla para los rellenos.

### Composición de los terraplenes

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones previas:

- La coronación es la zona prioritaria desde el punto de vista de la calidad. Es decir, debe estar constituido por material exclusivamente seleccionado. Su espesor será de 1 metro.
- El cimiento ocupa el segundo lugar, constituido por material seleccionado si hubiera excedente de la coronación o, en caso contrario, ejecutado con material adecuado. Teniendo en cuenta que la IMD posee un valor medio – bajo el espesor será de 1.5 metros.
- El relleno será la parte comprendida entre ambos, de espesor  $h$  = altura total del terraplén -2.5 metros y constituido por material adecuado y tolerable.



*Esquema del terraplén con dimensiones*

En la siguiente tabla se muestra para cada zona que compone el terraplén los volúmenes necesarios así como los tipos de materiales exigidos.

Para ello se ha empleado el método de los perfiles transversales de manera que al comenzar el terraplén la primera zona en aparecer sea la coronación.

Zona	Volumen (m <sup>3</sup> )	Material exigido
Coronación	3.581	Seleccionado
Cimentación	5.535	Seleccionado o adecuado
Relleno	23.442	Seleccionado, adecuado o tolerable

El volumen necesario para ejecutar la coronación refleja que se requiere aportación de material externo.

<b>Zona</b>	<b>Material de la traza (m3)</b>	<b>Material de préstamos (m3)</b>
Coronación	Seleccionado: 137	3444
Cimentación	Adecuado: 3152	2383
Relleno	Tolerable: 7881	15561

El diagrama de masas pues sale negativo, requiriendo el empleo de material de préstamos de la cantera que se detalla en el anejo de geología.

La zona de coronación puede ejecutarse no obstante con material adecuado, adoptando las medidas necesarias para lograr la explanada buscada.

Aquí se considerará una zona de coronación creada con material seleccionado.

Los volúmenes pues a tener en cuenta de los pertinentes movimientos de tierra son:

- Desmante

<b>Elemento</b>	<b>Volumen (m3)</b>
Glorieta Sur	70.024,30
Carril segmentación	18.658,70
Vial CC-80	64.543,70
Enlace deceleración	11.443,04

- Terraplén

El volumen total de rellenos, cuya descomposición y justificación se puede encontrar en el documento mencionado, asciende a un total de 86.183,43 m3