

Subtramo Alcarrás-Lleida del tramo Zaragoza-Lleida

.....
Luis M^a Pérez Fabregat
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director de Obra
.....

RESUMEN

Las obras del Subtramo VII del AVE en el tramo Zaragoza-Lleida, recorren los Términos de Alcarrás y de Lleida, en una longitud de 16,1 Km. De éstos, 11 Km. son de vías generales, y 5,1 Km. de la Vía de Acceso del AVE a la actual Estación ferroviaria de Lleida.

Esta obra de infraestructura ferroviaria, incluye la ejecución de 1,6 millones de m³. de desmonte, 1,3 millones de m³. de terraplén de préstamos, y 170 Km. de mechas drenantes.

Entre las estructuras se realiza un puente sobre el Canal de Aragón y Cataluña, siete Pasos Superiores, ocho Pasos Inferiores, de los que uno es empujado bajo la vía actual, y treinta y una Obras de Riego y Drenaje transversales.

Se han repuesto todos los riegos y drenajes afectados, muy numerosos en ésta importante zona de regadío. Se han modificado en los 8 Km. en los que la traza discurre junto a la Vía actual de Renfe, todas las Instalaciones de Seguridad y Comunicaciones, y la Electrificación.

Se ha trabajado durante varios meses en la zona de El Vilot de Montagut con un equipo de cinco arqueólogos para recuperar unas once mil muestras arqueológicas.

ABSTRACT

The works relative to the 16.1 km long subsection of the Zaragoza-Lleida section of the high speed railway runs through the town of Alcarrás and Lleida. Of these 16.1 km, 11 are main lines and 5.1 are access lines for the high speed railway to the present railway station in Lleida.

This railway infrastructure includes the execution of 1.6 million cubic metres of cuts, 1.3 million cubic metres of embankment fills and 170 km of drainage.

Among the structures constructed is a bridge over the Aragón and Cataluña canal, 7 flyovers, 8 underpasses, of which one was pushed under the present day rail line, as well as 31 irrigation and transverse drainage works.

In this area of important water usage, all irrigation and drainage works affected have been restored. Along the 8 km where the line runs alongside the present RENFE railway track, all the Security and Communication and Electrification systems have been modified. A team of 5 archaeologists worked for a number of months in the area of Vilor de Montagut retrieving some 11 thousand archaeological samples.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRAZADO

Las obras del Subtramo VII, se inician en el P. K. 700/000, en el Término Municipal de Alcarrás, y finalizan en el P. K. 5/111, que es la boca de entrada del túnel del ferrocarril actual en la ciudad de Lleida. Este Subtramo tiene 16,1 Km. de longi-

tud, y se divide en dos tramos, uno de 11 Km. con plataforma de doble vía para las Vías Generales; y el otro de 5,1 Km. con plataforma de vía única para la Vía de Acceso a la actual Estación Ferroviaria de Lleida. El trazado en planta de las Vías Generales, presenta dos curvas de amplios radios (32.440 y 15.000 m.), para velocidades de 350 Km/ h. El trazado de la

Vía de Acceso a Lleida es una recta que discurre paralela a la vía actual de Renfe, y termina con una curva de radio 955 m. de acceso al túnel para una velocidad de 140 Km/h.

En alzado, la pendiente máxima es de 25 milésimas, que permite salvar la Sierra del Coscollar mediante un desmante de unos 25 m. de altura.

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

2.1. Desmante del Coscollar

En el capítulo de movimiento de tierras, se incluye la ejecución de 1,6 millones de m³. en desmante, y de 1,3 millones de m³. de terraplén procedente en su mayor parte de préstamos. El principal desmante se produce al tener que atravesar la Sierra del Coscollar, en una longitud de unos 900 m., y una altura de unos 25 m. La sección es la 1H/1V en los primeros 15 m., con bérma de 5m. a esa altura, y con talud 3H/2V desde los 15 m. hasta arriba.

En la excavación de este desmante se ha empleado una retroexcavadora Liebherr-974, cuatro dúmpers extraviales Komatsu HD-465, apoyados por un bulldozer Caterpillar D-10 R. Este equipo trabajó a doble turno, 18 horas de trabajo al día, y 6h. de mantenimiento; con un rendimiento de unos 550 m³.hora. En la parte inferior de este desmante aparecen capas de arenisca intercaladas, de espesores entre 1 y 3 m., que han requerido el empleo de voladura con explosivos.

2.2. Terraplenes cimentados en suelos blandos.

Campaña de investigación previa realizada

Entre las singularidades de este Subtramo VII, cabe destacar que cuatro de sus terraplenes, en una longitud de unos 3 Km., se encuentran cimentados en zonas con suelos blandos, constituidos por arcillas y limos saturados con baja capacidad portante.

Para su estudio, la campaña de investigación realizada ha consistido en la realización de los siguientes sondeos, calicatas, y ensayos "in situ":

- ▼ Siete sondeos a percusión, con el objetivo de recuperar el máximo de suelo.

TABLA 1. VALORES MEDIOS DE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LOS SUELOS ARCILLOLIMOSOS

		ARCILLAS LIMOSAS DE LA COSTRAS	ARCILLAS LIMOSAS BLANDAS
HUMEDAD(%):		19	26
DENSIDAD SECA (Tn/m ³)		1,68	1,60
DENSIDAD APARENTE (Tn/m ³)		2,0	2,0
% PASA POR TAMIZ N° 200		85	85
LÍMITES	LÍMITE LÍQUIDO	29	29
ATTERBERG	LÍMITE PLÁSTICO	18	18
	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11	11
ÍNDICE DE POROS (e)			
COMPRESIBILIDAD	$\frac{C_c}{1+e_0}$ (Rama virgen)	0,10	0,10
	$\frac{C_c}{1+e_0}$ (Rama recompresión)	0,016	0,016
COMPRESION SIMPLE q_u (kg/cm ²)		1,90	0,64
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA C_u (kg/cm ²)	$q_u/2$	0,95	32
	PIEZOCONOS	—	0,42
	VANES "IN SITU"	1,61	0,24
RESISTENCIA AL CORTE EN EFECTIVAS	C' (kg/cm ²)	0,18	0
	ϕ'	31°	31°
VELOCIDAD DE CONSOLIDACIÓN	C_h (cm ² /día)	1.500	1.500
	C_v (cm ² /día)	380	380

- ▼ Toma de muestras inalteradas con tomamuestras de pared delgada tipo Shelby.

- ▼ Dieciséis ensayos CPTU (piezoconos), que permiten obtener el coeficiente C_h de velocidad de consolidación horizontal del suelo.

- ▼ Diecisiete ensayos "in situ" tipo Vane ó de molinete, que nos permite determinar la resistencia al corte no drenada de los suelos.

- ▼ Diecisiete calicatas de hasta 6 m. de profundidad, para determinar el espesor de suelos blandos en los extremos de los terraplenes.

El trabajo de campo se completó con la elaboración de los siguientes ensayos de laboratorio: determinaciones de humedad natural (22), de densidad seca (22), de densidad aparente (22), de límites de Atterberg (22), granulometrías por tamizado (10), compresiones simples (8), compresiones simples con presión lateral de célula en aparato triaxial (14), triaxiales con consolidación y sin drenaje con medida de presiones intersticiales (2), y edómetros (4).

TABLA 2. ENSAYOS DE DISIPACIÓN

TERRAPLEN NÚM.	PIEZOCONO NÚM	PROFUNDIDAD ENSAYO DE DISIPACIÓN (m)	C_h (cm ² /día)
T-2	CPTU -1 703+300	3,05	15.949
		3,98	8.475
		4,88	8.812
	CPTU -2 703+600	5,99	34.983
		5,81	5.858
		6,76	25.816
T-3	CPTU -3 704+906	7,70	7.041
		8,12	8.475
		2,83	41.705
T-3	CPTU -3 704+906	3,74	47.148
		4,63	31.89
T-4	CPTU -4 706+885	2,77	13.729
		3,42	41.705
T-5	CPTU -5 708+400	4,58	13.729
		5,56	12.182
	CPTU -6 708+650	6,61	84.06
		6,99	7.041
T-2	CPTU -7 703+100	2,4	4.156
		3,87	6.575
		6,13	397 (Substrato)
		7,25	98.582 (Gravas arenosas o substrato)
	CPTU -8 703+200	5,47	3.067
		6,92	6.057 (Gravas arenosas)
CPTU -9 703+400	4,16	8.476 (Substrato)	
T-3	CPTU-10 704+870	3,98	3.119
		4,73	683 (Substrato)
	CPTU-11 704+960	2,5	21.686
		4,04	11.664
		6,12	57.076 (Grava arenosa)
		6,56	20.079 (Grava arenosa)
T-4	CPTU-12 706+850	1,57	27.112
		3,04	4.933
		4,2	19.025 (Grava arenosa)
		4,76	5.797 (Grava arenosa)
	CPTU-13 706+930	3,03	12.468
		5,87	12.468
T-5	CPTU-14 708+350	6,82	27.803 (Grava arenosa)
		3,34	45.187
		4,15	6.264
	CPTU-15 708+500	5,51	12.468 (Grava arenosa)
		6,03	2.385
		8,40	2.748 (Substrato)
CPTU-16 708+600	5,09	19.025 (Arenas)	
	7,31	674 (Substrato)	



Células hidráulicas en Sección de control.

Los terraplenes se ubican en valles de fondo plano, con los bordes laterales con relieve poco pronunciado. Los fondos de los valles están colmatados por suelos cuaternarios de origen aluvial, constituidos por arcillas limosas marrones, de espesores variables de hasta 10 m. Existe una costra superior de arcilla preconsolidada y endurecida por desecación, de hasta 3 m. El substrato que aparece bajo los suelos cuaternarios esta constituido por rocas sedimentarias miocenas, pertenecientes a la Cuenca Terciaria del Ebro, se trata de lutitas (arcillas margosas duras), y areniscas.

Los valores medios obtenidos de los parámetros geotécnicos de los suelos arcillolimosos se representan en la Tabla nº 1, distinguiendo entre las arcillas limosas de la costra superior endurecida, y las inferiores más blandas. La velocidad de consolidación es un parámetro básico en nuestro

TABLA 3. ASIENTOS TOTALES

Terraplen núm	PK del PÉRFIL de CÁLCULO	ALTURA del TERRAPLEN (m.)	ESPESOR de SUELOS ARCILLOSOS (m.)	ASIENTO TOTAL (cm.)
T-2	703+360	13	7	49
	703+650	8	9	39
T-3	704+900	10	8	47
	704+800	11	4	28
T-4	706+900	4,5	6,5	29
T-5	708+650	7	8	32

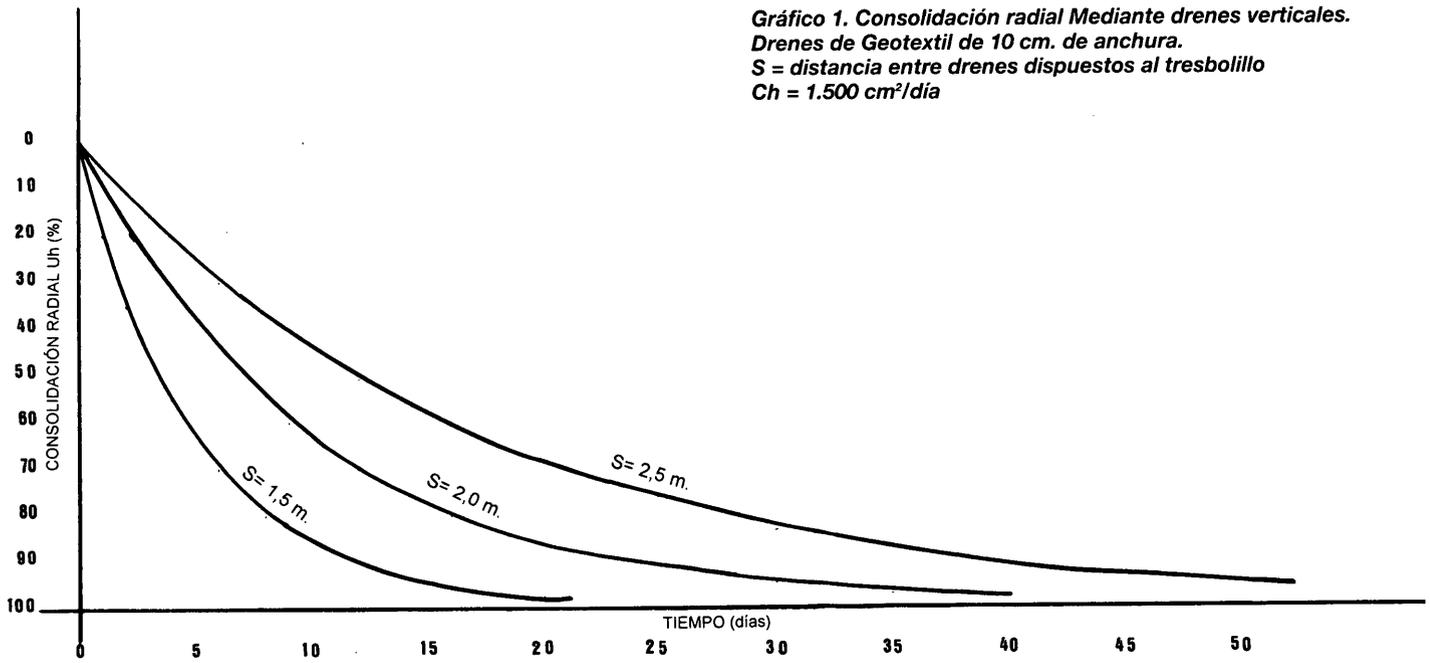
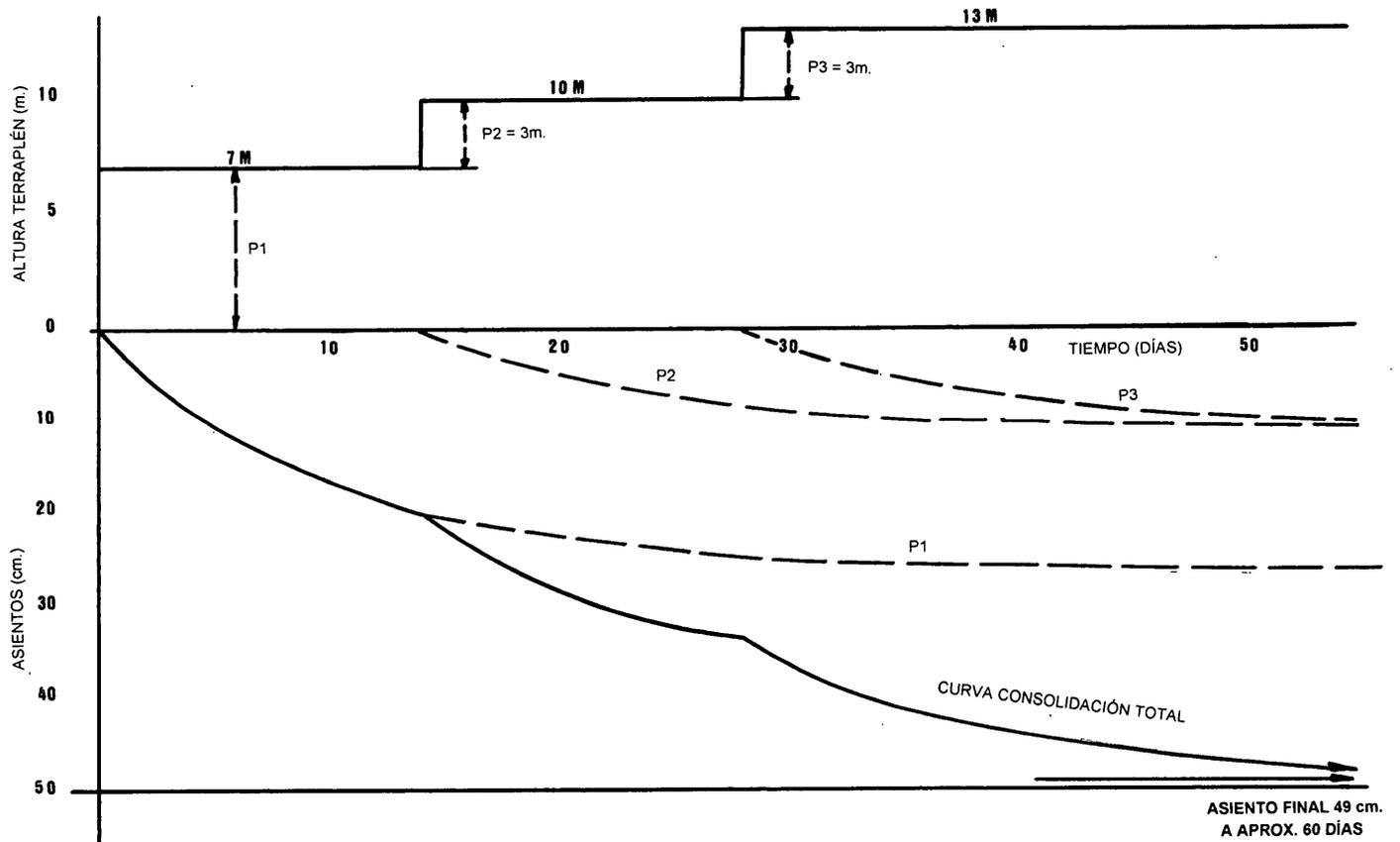
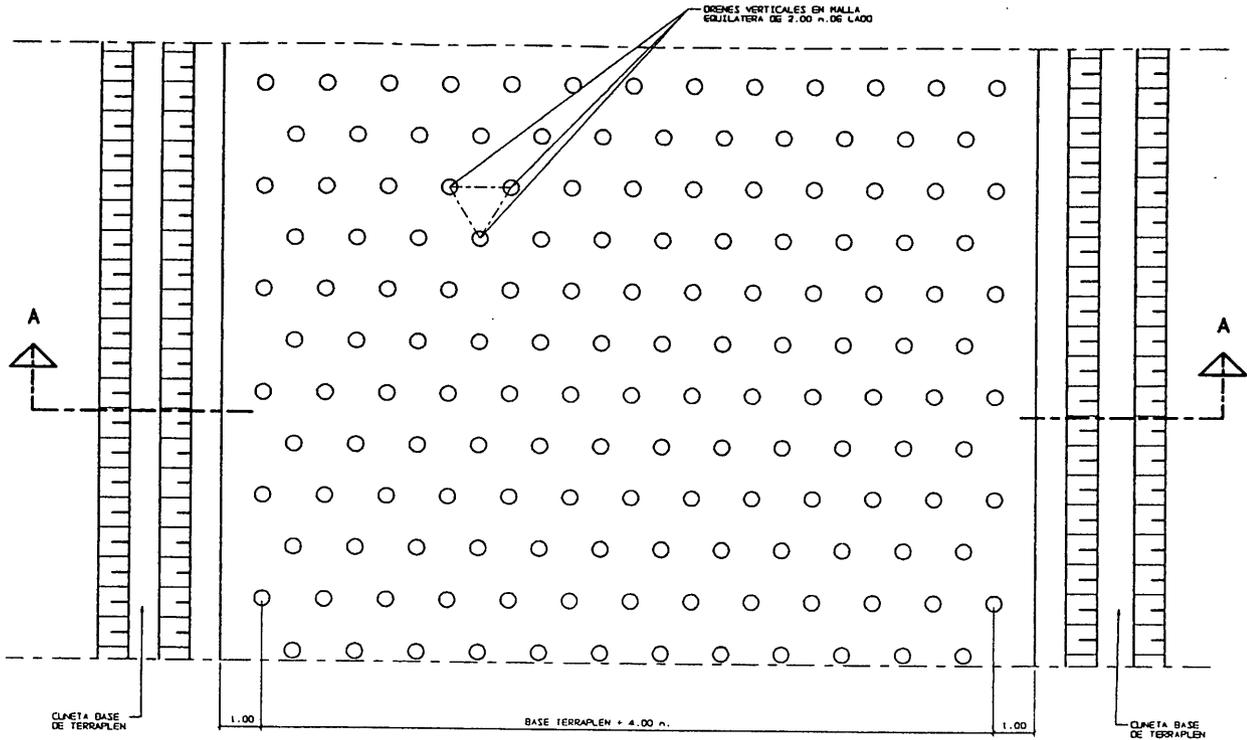
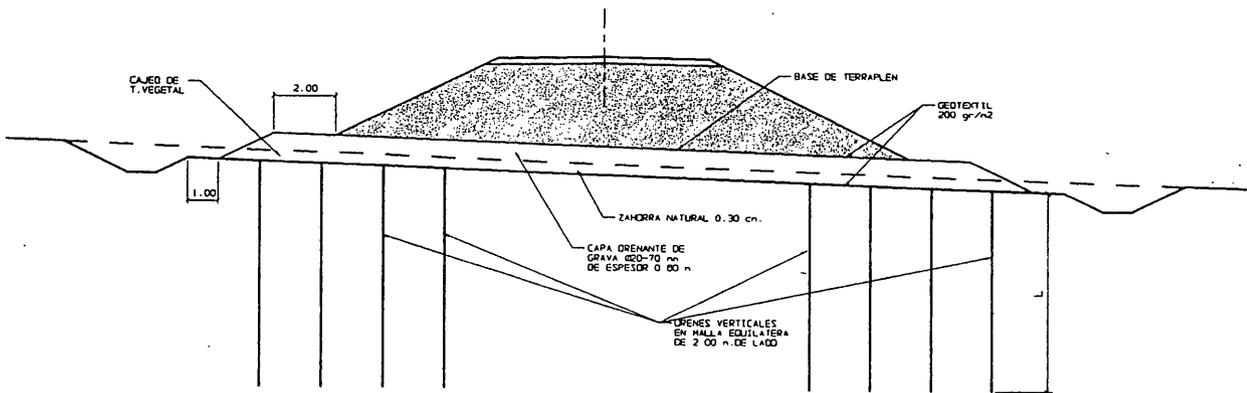


Gráfico 2. Terraplen T-2. Curva de asientos-tiempo por P.K. 703+600.

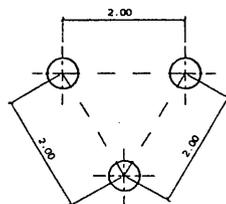




PLANTA
ESCALA 1:100



SECCION A-A
ESCALA 1:100



TRAMO	
T2	702+940 A 703+880
T3	704+720 A 705+220
T4	708+750 A 707+100
T5	708+280 A 708+760

GRAFICO Nº 3.-

DETALLE DISTRIBUCION DRENS
ESCALA 1:50

Gráfico 3.

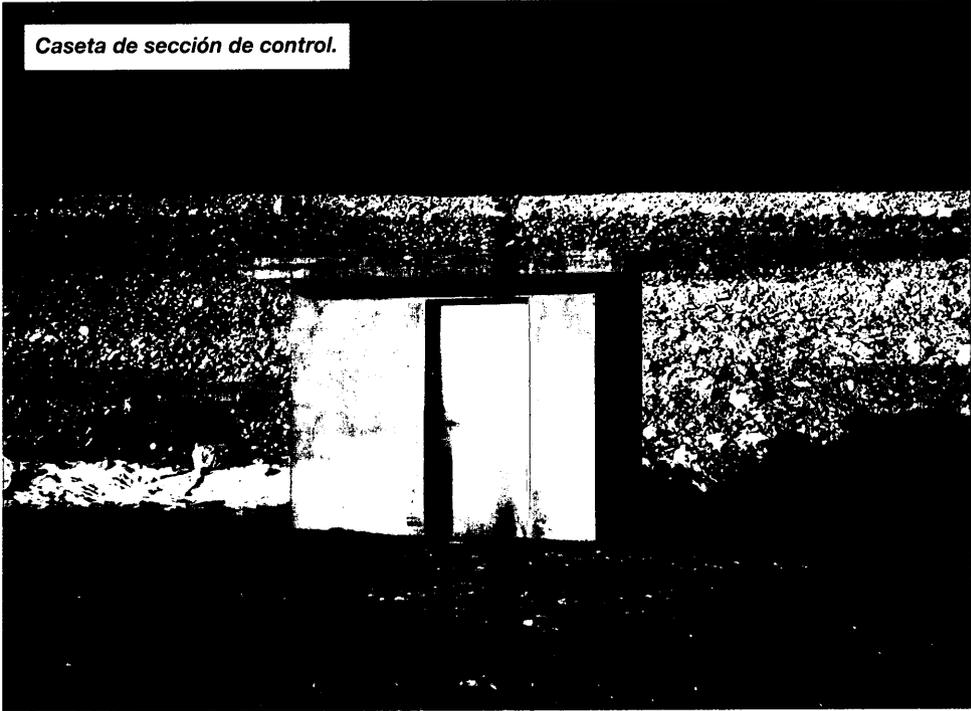
estudio, ya que nos permite dimensionar la malla de mechas drenantes. El valor de la consolidación horizontal Ch se ha obtenido a partir de los 44 ensayos de disipación efectuados en los piezoconos, cuyos resultados se reflejan en la Tabla nº 2. Como se ve los valores menores de Ch obtenidos son muy altos, determinando una velocidad de consolidación horizontal del terreno extraordinariamente elevada. Para el diseño de la malla de mechas drenantes se ha adoptado un valor conservador de Ch de 1500 cm²/día. El coeficiente de consolidación vertical, Cv, se ha obtenido de los ensayos edométricos, con valores entre 100 y 280 cm²/día. La experiencia demuestra que estos valores obtenidos de los edómetros son muy conservadores frente a los valores reales del Cv del terreno, adoptandose un valor de 1/ 4 de Ch, por lo que en nuestro caso adoptamos un valor de Cv de 380 cm²/día.

Dimensionamiento de la malla de drenes verticales

A partir de estos resultados se ha dimensionado una malla triangular equilátera de 2,0 m. de lado para la ejecución de los drenes verticales, que rebase en 2,0 m. a cada lado del pié de terraplén, y con un ancho de banda de 10 cm. en los drenes. Se han calculado, para las secciones más desfavorables de cada terraplén, las curvas de asentamientos-tiempo, así como los asentamientos máximos a alcanzar. Se han determinando los coeficientes de seguridad desde el punto de vis-

TABLA 4. LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DE LOS TERRAPLENES

TERRAPLEN Nº	PLACAS DE ASIENTOS	LÍNEAS CONTÍNUAS DE ASIENTOS	PIEZÓMETROS ELÉCTRICOS
T-2	P.K.703/100 P.K.703/200 P.K.703/300 P.K. 703/400 P.K. 703/500 P.K. 703/600 P.K. 703/700 P.K. 703/800	Sección del P.K. 703/360 Sección P-K- 703/650	2 Sondeos en P.K. 703/360 con un piezómetro a 2 y 4 m de profundidad respectivamente 2 Sondeos en P.K. 703/650 con un piezómetro a 2 y 5 m de profundidad respectivamente
T-3	P.K. 704/780 P.K. 704/850 P.K. 704/900 P.K. 704/950 P.K. 705/100 P.K. 705/150 P.K. 705/200 P.K. 705/400 P.K. 705/450	Sección del P.K. 704/960	2 Sondeos en P.K. 704/960 con un piezómetro a 2 y 6 m. de profundidad respectivamente
T-4	P.K. 706/850 P.K. 706/900 P.K. 706/950 P.K. 707/020	Sección del P.K. 706/950	2 sondeos en P.K. 706/950 con un piezómetro a 2 y 6 m. de profundidad respectivamente
T-5	P.K. 708/300 P.K. 708/400 P.K. 708/500 P.K. 708/570 P.K. 708/680	Sección del P.K. 708/650	2 sondeos en P.K.708/650 con un piezómetro a 1,5 y 6 m. de profundidad respectivamente



ta de la estabilidad para cada uno de los escalones de carga, en las secciones más desfavorables, es decir, las de mayor altura de terraplén, y con mayor estrato de suelos blandos. En el gráfico nº 1 vemos los valores de la consolidación radial $U_h \%$, para drenes de 10 cm. de ancho de banda con separaciones de 1,5 m., 2,0 m. y 2,5 m., y para el valor de C_h de 1500 $\text{cm}^2/\text{día}$ de nuestros suelos.

Los resultados de los asientos totales calculados se resumen en la tabla nº 3, en donde vemos que el asiento máximo se nos producirá en el terraplén T2, en el p. k. 703/650. En el gráfico nº 2 se muestra la curva calculada de asientos-tiempo para este p. k. del terraplén T2, en la que se especifican los dos escalones de carga a los 7,0 y 10,0 metros, con paradas de dos semanas en la ejecución del terraplénado.

Instrumentación y auscultación de los terraplenes

La sección tipo de los terraplenes con drenes verticales se ve en el gráfico nº 3. La ejecución de estos terraplenes se ha realizado en las siguientes fases constructivas:

- ▼ Tras el desbroce, extendido de un geotextil de 200 gr/cm^2 .
- ▼ Extensión de una capa de zahorra natural de regularización de 30 cm., que servirá para el paso de la maquinaria y desde la que se instalarán los drenes, que sobresaldrán unos 50 cm. de ella.
- ▼ Colocación de una capa drenante de grava clasificada de 20-70 mm., que se recubre de otra capa de geotextil, sobre la que se extiende la primera tongada de terraplén.

Para el seguimiento y control de los asientos reales de los terraplenes, así como la evolución de las presiones intersticiales se han instrumentado los terraplenes con drenes verticales mediante el empleo de placas de asiento, de células hidráulicas de control de asientos, y de piezómetros colocados en sondeos. En la tabla nº 4, se determina la colocación de la instrumentación realizada.

En concreto, en el terraplén T2 se han controlado los asientos en las secciones de control de los p. k. 703/360 y 703/650, con las secciones que figuran en el gráfico nº 4. Los resultados obtenidos del seguimiento a día de hoy, se encuentran reflejados en los gráficos nº 5 y 6. En los gráficos nº 7 y 8 vemos los resultados obtenidos del control de

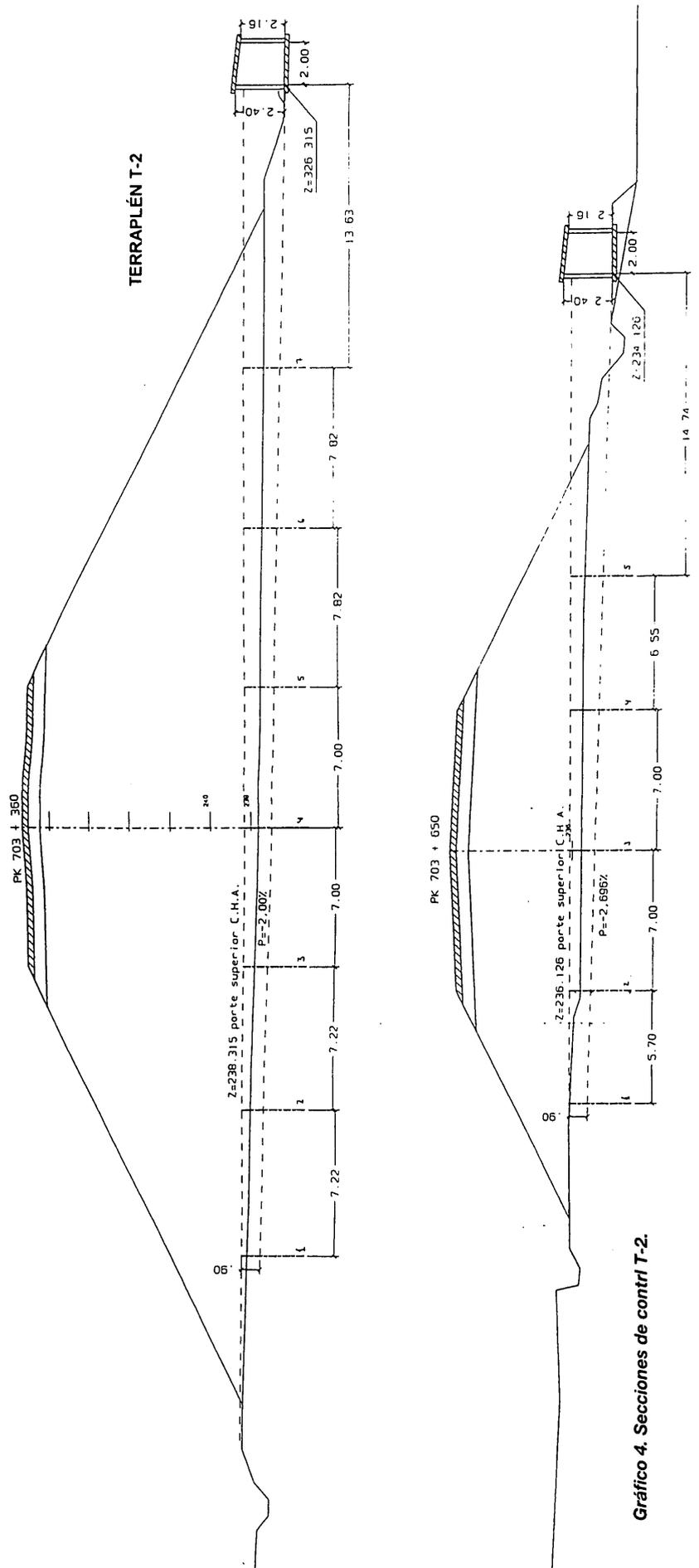


Gráfico 4. Secciones de control T-2.

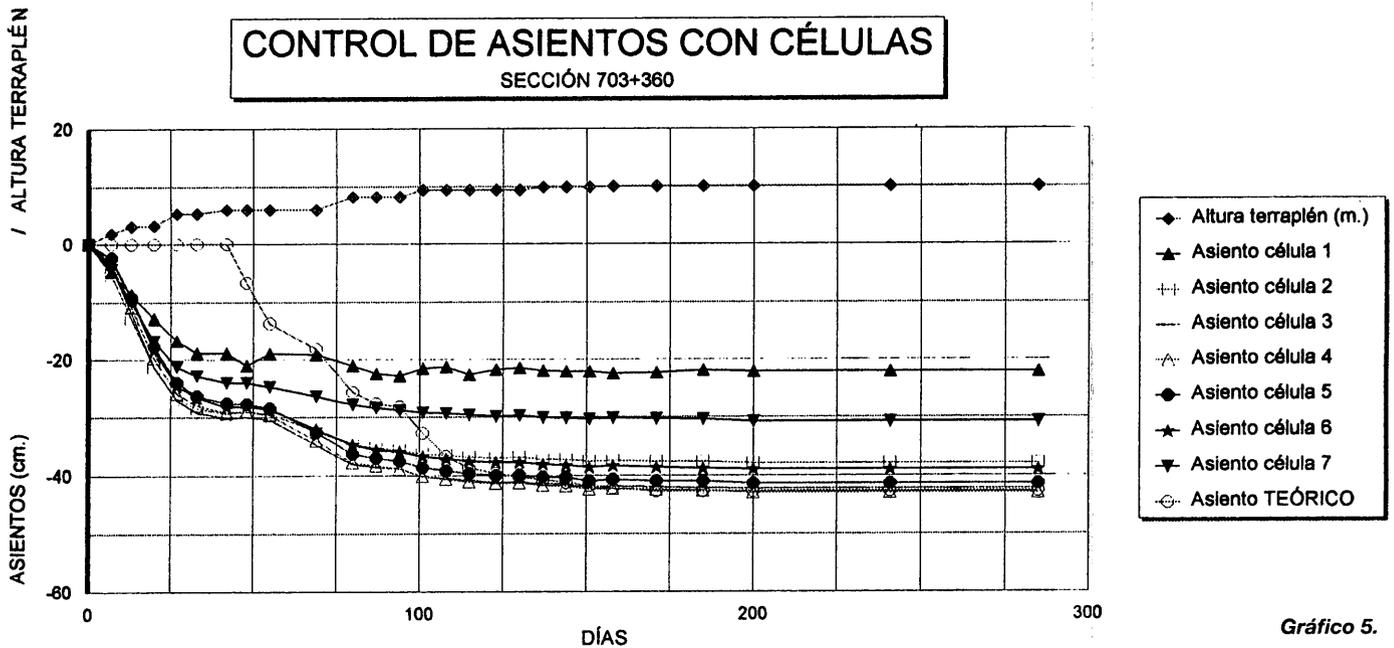


Gráfico 5.

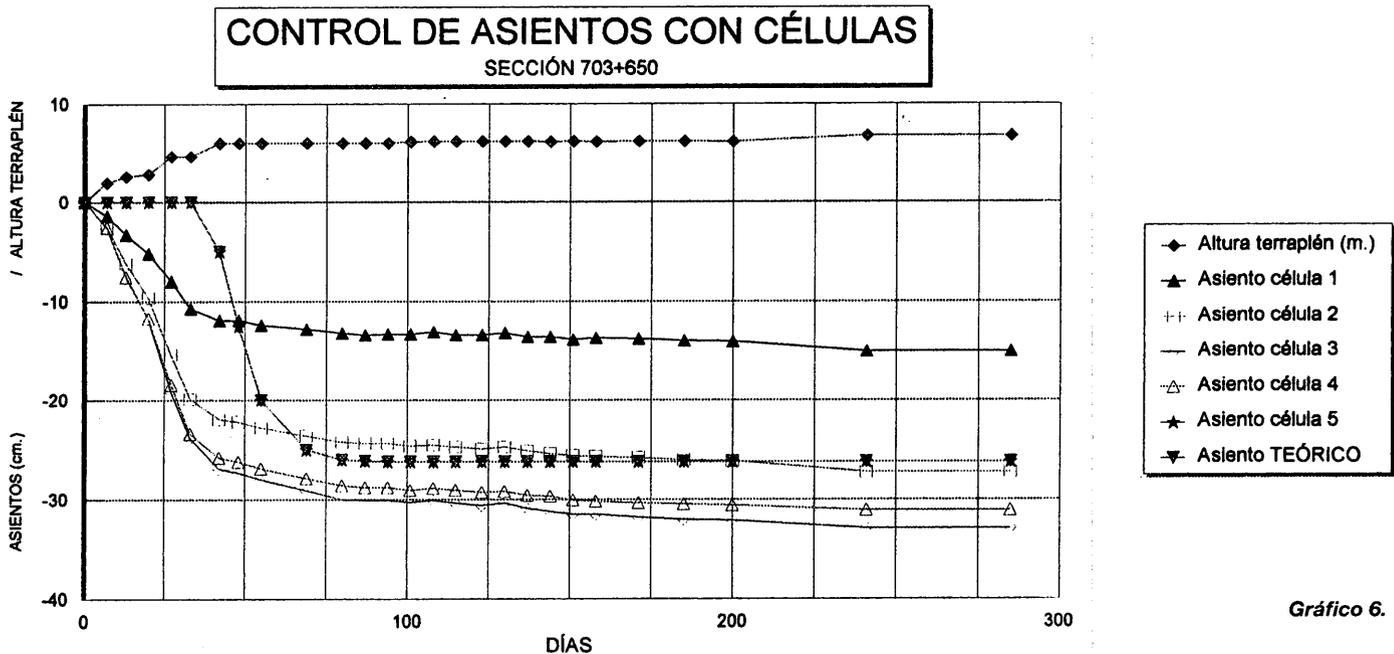


Gráfico 6.

asientos mediante placas de asiento en el p. k. 703/300 del terraplén T2, con un asiento estabilizado máximo obtenido de 56 cm., algo superior al estimado de 49 cm. en el p. k. 703/360.

3. ESTRUCTURAS Y REPOSICIONES DE SERVICIOS

Entre las estructuras que se realizan en este Subtramo VII, se encuentra el Puente de dos vanos (15,5 y 16,5 m.) sobre el

Canal de Aragón y Cataluña, siete Pasos Superiores, ocho Pasos Inferiores, de los que uno se ha empujado bajo la línea actual de Renfe, y treinta y una Obras de Riego y Drenaje transversales.

Se han repuesto todos los riegos y drenajes afectados, muy numerosos en esta importante zona de regadío de Lleida, consiguiendo que los cruces bajo las Vías Generales sean visibles en su totalidad. Se han modificado en los 8 Km. en los que la traza discurre junto a la actual vía de Renfe de la L/Ma-



drid-Barcelona, todas las Instalaciones de Seguridad y Comunicaciones, y la Electrificación.

4. INTEGRACIÓN AMBIENTAL Y ARQUEOLOGÍA

Para la ejecución de las obras ha sido necesario la utilización de materiales procedentes de préstamo (zahorras), y la disposición de superficies como vertederos de tierras. Para esto se han tramitado cinco Proyectos de préstamos-vertedero con el objetivo de minimizar su Impacto Ambiental. Se realizan también plantaciones de pinos, arbustos, siembras, e hidrosiembras a lo largo de la traza que integren la obra con el paisaje circundante.

Los trabajos de Arqueología realizados, se iniciaron con las obras. Tras una prospección inicial de todo el trazado y afecciones, realizada por un equipo de arqueólogos, de acuerdo con el Departamento de Cultura de la Generalidad de Cataluña, se detectó una zona junto al Vilot de Montagut con restos

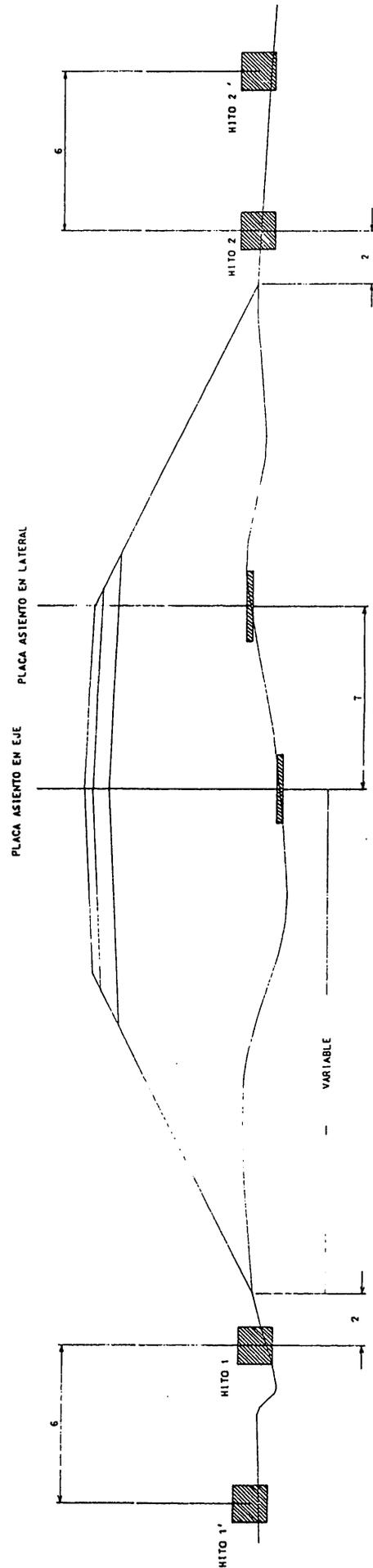
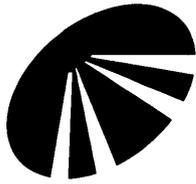


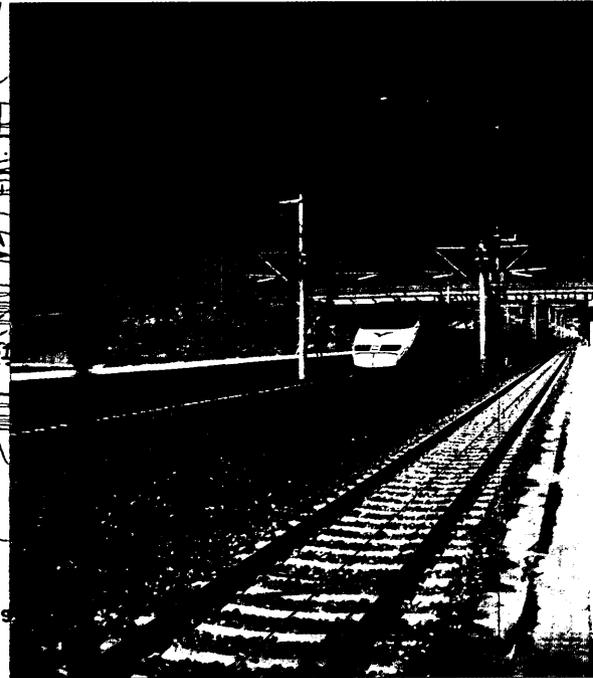
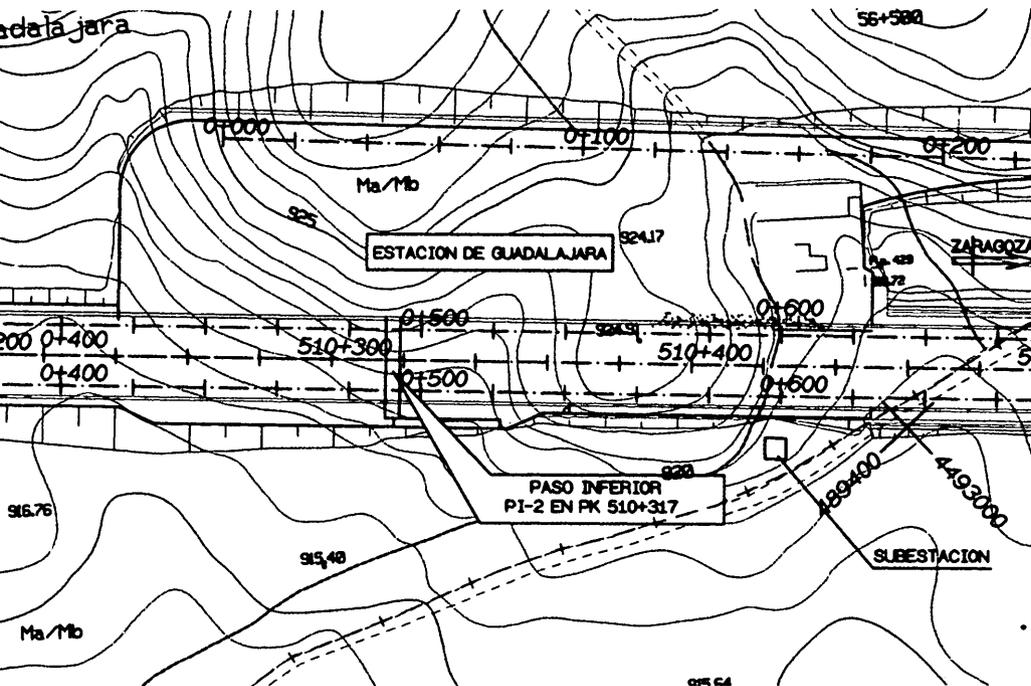
Gráfico 7. Control de asentamientos con placas.



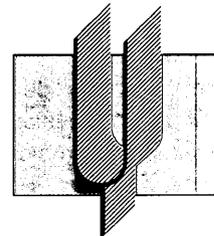
GIF Gestor de
Infraestructuras
Ferroviarias

LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD

MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA



Redacción del proyecto y
control de las obras en
la línea de alta velocidad
Madrid-Barcelona-Frontera Francesa
Tramo: Madrid-Zaragoza
Subtramo: V-A Plataforma



UTE

ofiteco

Intraesa



Detalle de excavación arqueológica en el Vilot.



Algunas muestras arqueológicas recuperadas en el Vilot.

cerámicos que se afectaba por la traza. Tras la realización de unas catas arqueológicas, se determinó la extracción de todos los restos de la zona afectada, representada en el gráfico nº 9, trabajos realizados por el equipo de arqueólogos autorizado por Cultura. De los resultados obtenidos de estas excavaciones se puede afirmar que se trata de una zona marginal del que sería el poblado o zona habitada, cuyos restos más antiguos se han datado (Radiocarbono C-14), entre el año 700 y 900 antes de Cristo. A partir de las cerca de 12.000 restos y muestras recuperadas, se han realizado los informes de arqueofauna, paleocarpología, fitolitos, traceología, sedimentología, antracología, y palinología realizados por diversos profesores de varias Universidades (Lleida, Barcelona, Zaragoza, Autóno-

ma de Barcelona, Complutense de Madrid, Branch- Florida). Toda esta documentación quedará recogida en un Informe-Memoria final.

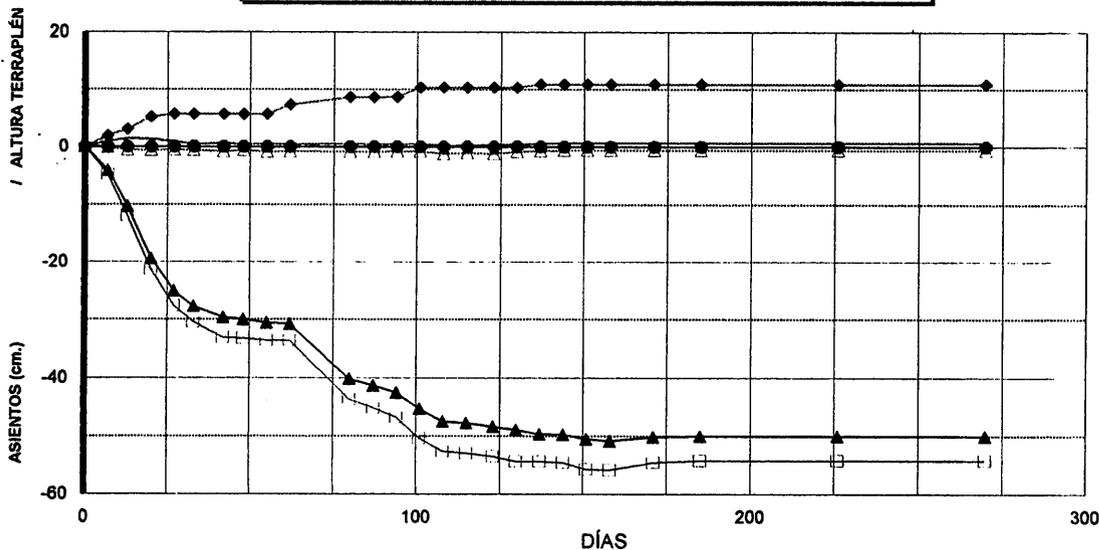
5. PRESUPUESTO DE LA OBRA Y PLAZO DE EJECUCIÓN

El importe líquido de la obra del Subtramo VII del tramo Zaragoza-Lleida de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa asciende a 4.838.568.983 Pts. y su plazo de ejecución es de 33 meses.

El importe líquido de la obra asciende a 4.838.568.983 Pts., y su plazo de ejecución es de 33 meses. ●

CONTROL DE ASIENTOS CON PLACAS

SECCIÓN 703+300



- ◆ Altura terraplén (m.)
- ▲ Asiento eje
- ++ Asiento lateral
- Asiento hito 1
- △ Asiento hito 1'
- Asiento hito 2
- ★ Asiento hito 2'

Gráfico 8.