

EJEMPLOS DE CONTROL INSTRUMENTAL DE LAS DEFORMACIONES. INSTRUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE LAS DEFORMACIONES EN EL TERRENO

José Miguel Galera Fernández*

RESUMEN

En este artículo se resalta la importancia que el control de las deformaciones posee para analizar la estabilidad de una excavación.

Las deformaciones medidas en el terreno a través de la instrumentación deben ser contrastadas con las previsiones realizadas durante el proyecto, con objeto de tomar decisiones acertadas durante la obra.

Palabras clave

Instrumentación; deformación; análisis tenso-deformacional.

ABSTRACT

In this paper it is remarked the importance that the strain control has in the stability analysis of an excavation.

The strain measured by means of instrumentation, has to be compared with the one predicted in the design, so useful decisions while the construction can be adopted.

Key words

Instrumentation; strain; stress-strain analysis.

INTRODUCCIÓN

El control de las deformaciones, que una determinada excavación o un proceso natural induce en el terreno como consecuencia de su respuesta tensodeformacional, resulta imprescindible a la hora de tomar decisiones. En este sentido, a título de ejemplo, en la Tabla I (Romana, 1988) adjunta se muestra una escala de las velocidades de corrimientos esperables en un deslizamiento de ladera, con la correlación del plazo de rotura y las medidas a adoptar.

Así mismo, en la Figura 1 se incluye un esquema del Diseño Estructural Activo (Celada, 1997) en el que se muestra la importancia que posee la medida de la deformación, en el diseño de una obra subterránea.

En este artículo se presentan dos ejemplos, ambos basados en inclinometría y extensometría, de aplicación a una obra subterránea y al riesgo de asentos por descenso del freático, en el que se muestra la importancia que tiene el control de las deformaciones inducidas por sendos

procesos antrópicos: excavación y explotación de un acuífero.

En la actualidad existen además de estas técnicas otras muchas: deflectometría, interferometría de radar, láser aerotransportado, topografía (clásica o GPS), etc., que permiten controlar las deformaciones en el terreno.

Cada técnica tiene su campo de aplicación óptimo y sus limitaciones, siendo sin duda, la inclinometría y la extensometría, la instrumentación más empleada en la actualidad.

APLICACIÓN A LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DE LA LÍNEA 3 DEL FMB

Desde finales de 1999 hasta noviembre de 2000, se llevó a cabo la construcción de la extensión de la línea 3 del Metro de Barcelona, entre las estaciones de Montbau y Canyelles. La situación de este tramo se muestra en la Figura 2.

Tabla I. Escala de velocidades de corrimientos (*) (ROMANA, 1988)

VELOCIDAD	TIPO	ROTURA	PLAZO A LA ROTURA	MEDIDAS A TOMAR	CORRECCIÓN POSIBLE
1 m/día	Caida Corrimiento (final)	INMEDIATA	Días	Evacuación	Ninguna (Drenaje?)
1 dm/día	Corrimiento	PRÓXIMA	1 semana a 6 meses	(Evacuación) Corrección urgente	Drenaje Excavación
1 cm/día	Corrimiento (inicial)	POSIBLE	6 meses a 1 año	Corrección	Drenaje Excavación Consolidación
1 mm/día	Reptación	LEJANA	Varios años o nunca	Observación	
0,1 mm/día					

(*)Para desplomes y/o caídas de masas de rocas, esta escala NO ES VÁLIDA. Deben multiplicarse las velocidades por un factor mayor que 10.

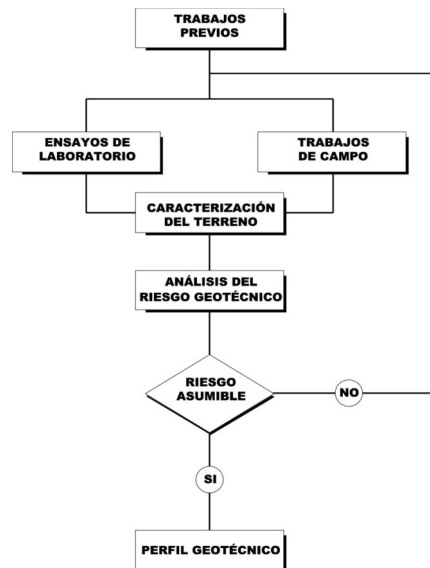


Figura 1. Diseño Estructural Activo (DEA)



Figura 2. Situación del tramo en construcción

El método constructivo de este tramo de túnel fue el DEA (Celada, 97); realizándose la excavación en avance y destroza tal como se indica en la Figura 3 y se muestra en la Fotografía 1.

Esta línea suponía el paso bajo:

- Edificios (emboquille)
- Colector-interceptor de rieras (Ronda de Dalt)
- Túnel ATLL (abastecimiento agua potable)

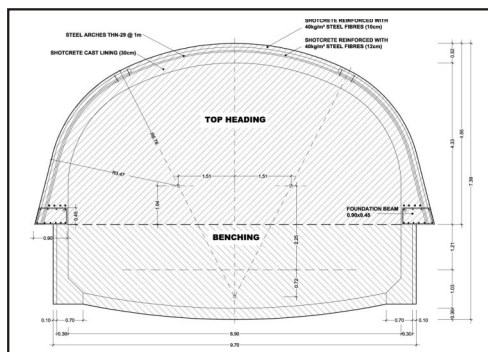
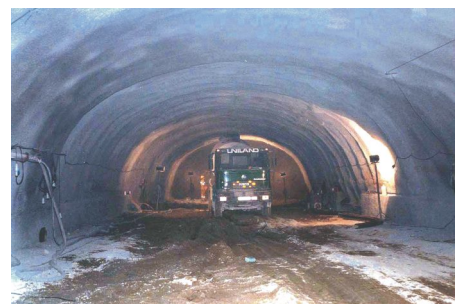


Figura 3. Sostenimiento y revestimiento del túnel

Emboquille

El emboquille, tras la sección entre pantallas en el lado Montbau, era especialmente complicado tanto por su geotecnia como por el hecho de encontrarse bajo edificaciones.

En la Figura 4 se muestra una planta con la instrumentación instalada, un perfil longitudinal con la geología de la zona, situada en su integridad en recubrimientos cuaternarios; y una perfil transversal donde se aprecia la colocación de dos inclinómetros (IIN, IIS) y un extensómetro (EIC).



Fotografía 1. Aspecto de la excavación en avance

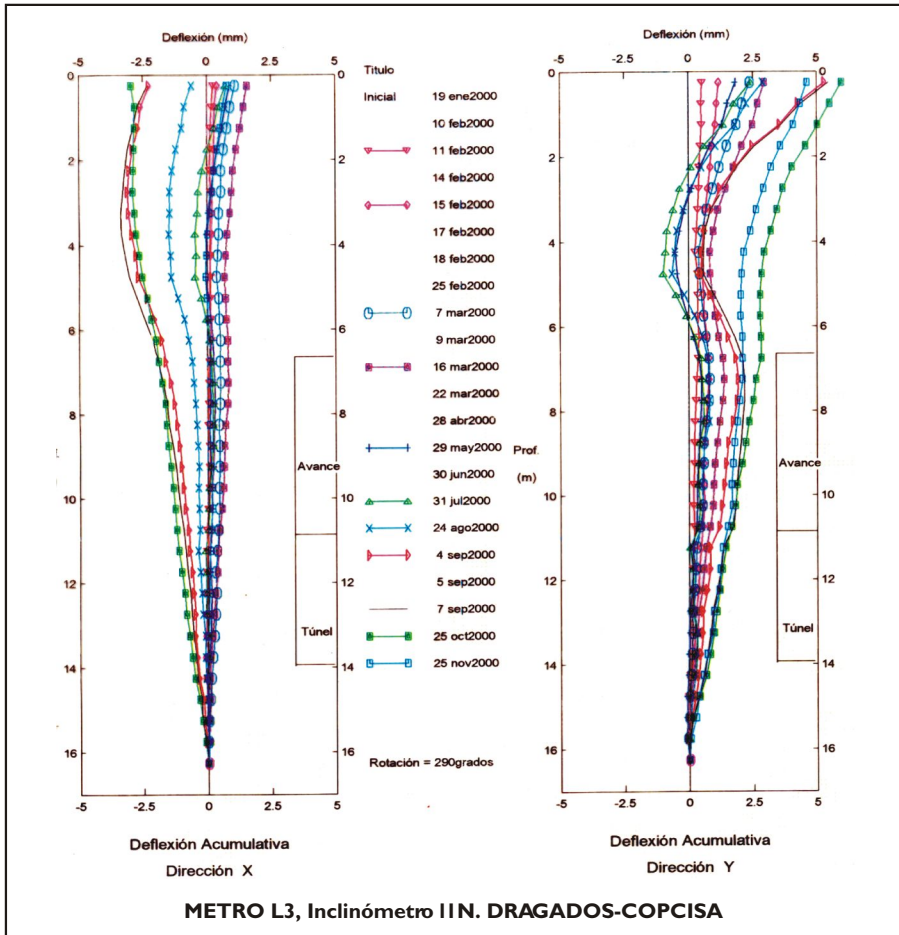


Figura 5. Lectura del inclinómetro IIN

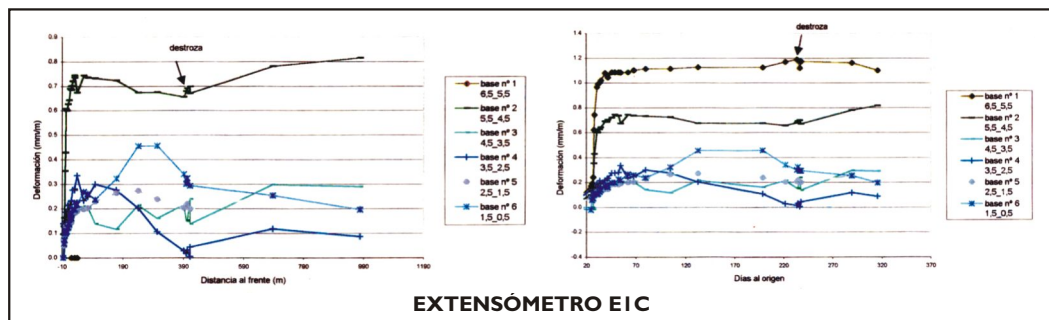


Figura 6. Lectura del extensómetro EIC

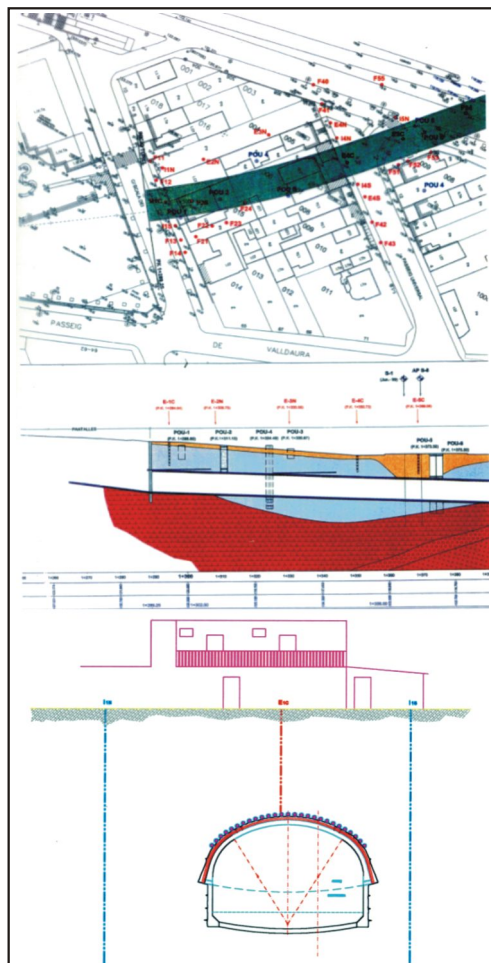


Figura 4. Emboquille

La excavación que se realizó entre paraguas, apenas supuso deformaciones en horizontal de 5 mm, tal como se ilustra en la Figura 5 donde se muestra la respuesta del inclinómetro IIN, que fue el que detectó una mayor deformación.

A su vez en la Figura 6 se muestra la lectura del extensómetro FIC que detectó una deformación máxima de 1,1 mm/m totalmente asumible por las edificaciones.

Cruce bajo la galería de ATLL

La geología de este segundo paso crítico difiere del anterior ya que, tal como se ilustra en la Figura 7 el túnel se encuentra excavado en sauló (granito meteorizado) y granito, aunque la galería de ATLL (Aguas del Ter-Llobregat) que suministra agua potable a la ciudad de Barcelona, se sitúa en depósitos cuaternarios.

Para el control de este punto singular se dispuso de varios inclinómetros y extensómetros en diversas secciones de la intersección.

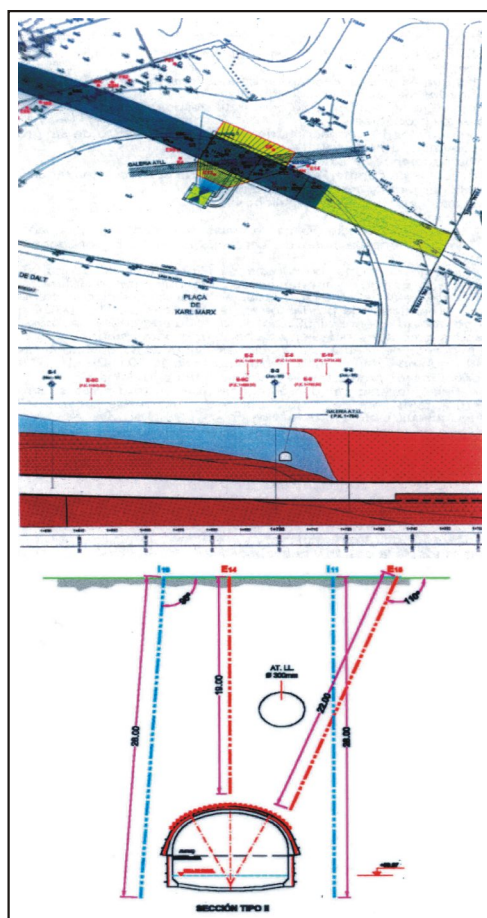


Figura 7. Cruce bajo la galería de ATLL

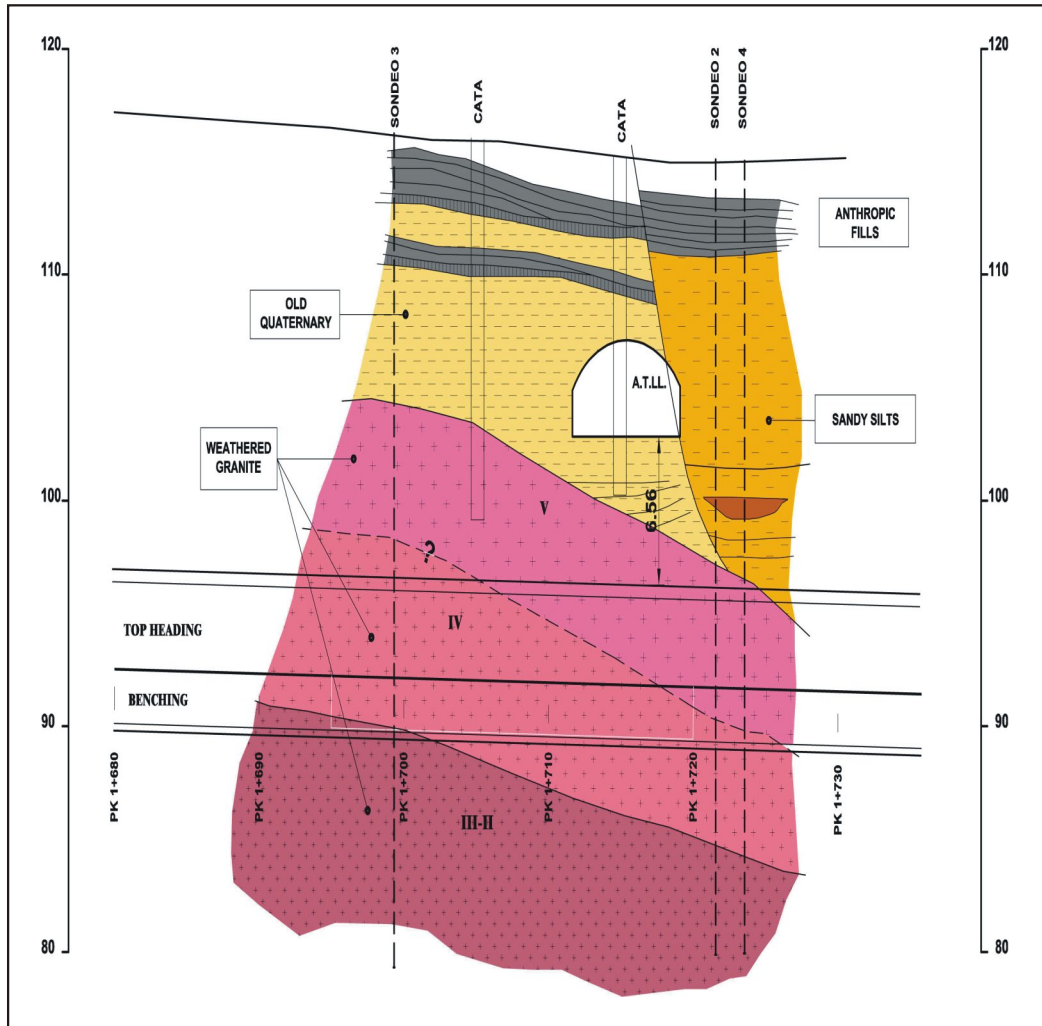


Figura 8.
Corte geológico longitudinal del túnel

En la Figura 8 se muestra un corte geológico longitudinal de detalle del túnel donde se aprecia la posición del sustrato granítico y sus diversos horizontes de meteorización así como los tipos de depósitos cuaternarios detectados formados por cuaternario antiguo (Tricicle del Plá de

Barcelona), limos arenosos y rellenos antrópicos.

Dadas las severas restricciones impuestas en lo que deformación inducida se refiere, se realizó además una modelización con FLAC-3D de la intersección, con objeto de prever las deformaciones previsibles.

Como se aprecia en la Figura 9 la intersección se realizó adoptando una pata de elefante en el avance, y recalzando esta pata de elefante mediante micropilotes.

Además se excavó un pozo desde el que, como medida preventiva se dispuso un sistema de inyecciones de compensación.

Como consecuencia de una adecuada metodología de trabajo, previendo las

deformaciones y comprobando estas mediante instrumentación, se pudo ejecutar la obra sin problemas.

Las estimaciones del proyecto fueron controladas mediante medidas distribuidas en diez secciones transversales entre el emboquille Oeste y la tubería ATLL, que permitieron un eficaz seguimiento de la obra.

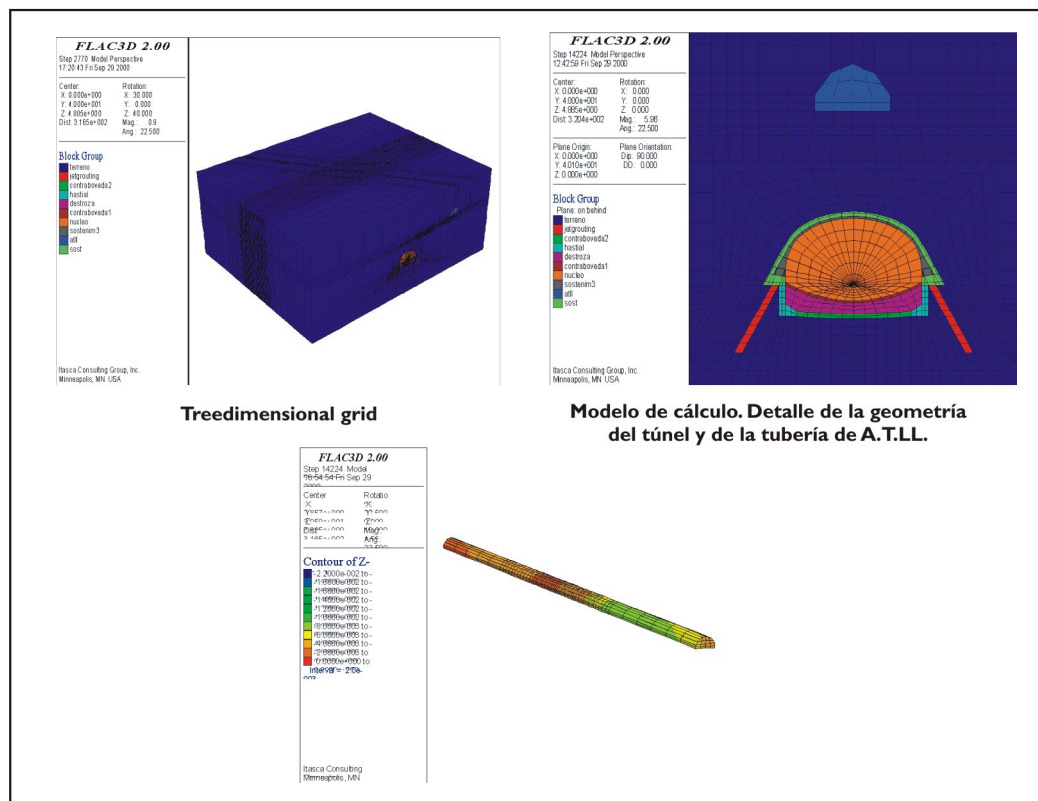


Figura 9. Resultados de los cálculos tridimensionales

BIBLIOGRAFÍA

Romana, M. 1988. El Desmonte de Rabat: una rotura anunciada. II Simposio sobre Taludes y Laderas Inestables, pp.343-370.

Celada, B. 1997. Diseño del sostenimiento de túneles, en: Manual de túneles y obras subterráneas, cap. 12, Ed. López Timero. Entorno Gráfico, Madrid.