



XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA GRÁFICA



DISEÑO DE UN MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO 3D DE LA VEGA BAJA DEL RÍO SEGURA (ALICANTE, SE ESPAÑA)

R. Tomás¹⁾, A. Cuenca²⁾, J. Delgado³⁾, C. Doménech⁴⁾

⁽¹⁾ Universidad de Alicante, España. Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía.
Correo electrónico: roberto.tomas@ua.es

⁽²⁾ Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte, España. Laboratorio de Carreteras
Correo electrónico: artemio.cuenca@coput.m400.gva.es

⁽³⁾ Universidad de Alicante, España. Departamento de Ciencias de la Tierra
Correo electrónico: jose.delgado@ua.es

⁽⁴⁾ Instituto Técnico de la Construcción, S.A., España. Área de Geotecnia
Correo electrónico: geotecnia@itcsa.es

RESUMEN

Los modelos geológico-geotécnicos permiten al ingeniero comprender mejor las condiciones reinantes en un determinado lugar, además de identificar los principales problemas geotécnicos y hacer más realista la estimación de propiedades del suelo. En este trabajo se presenta la metodología empleada para el diseño de un modelo geológico-geotécnico tridimensional de la Vega Baja del Río Segura que consta de cuatro zonas caracterizadas por sus propiedades geotécnicas y su problemática asociada. El modelo resulta fundamentalmente de gran utilidad para la planificación de investigaciones preliminares de obras civiles.

Palabras clave: Modelo geológico-geotécnico tridimensional, Vega Baja del Río Segura

ABSTRACT

Geological-geotechnical models allow the engineers to understand better the site conditions, to identify the principal geotechnical problems and to estimate more realistically the soil properties. In this work we present the used methodology for the design of a geological-geotechnical three-dimensional model of the Segura River flood plain composed of four zones characterized by their geotechnical properties and the associated problems. The model is very useful for the preliminary site investigation planning of civil works.

Keywords: Three-dimensional geological-geotechnical model, Segura River flood plain

1. Introducción

Los modelos constituyen simplificaciones de problemas más complejos acordes con la realidad, que permiten comprender mejor el comportamiento o funcionamiento de un sistema. Los modelos son muy utilizados en todas las ciencias, aunque adquieren una gran relevancia en la Ingeniería Geológica. Dentro de esta disciplina podemos diferenciar tres tipos básicos de modelos (Vallejo et al., 2002) que son: el modelo geológico, que representa la distribución espacial de los materiales, accidentes tectónicos, características hidrológicas, geomorfológicas etc.; el modelo geomecánico, en el cual se diferencian las características geotécnicas e hidrogeológicas de los materiales; y el modelo geotécnico de comportamiento, que representa la respuesta del terreno durante y después de la construcción de las obras de ingeniería que afectan a la zona de estudio.

El primer paso en la elaboración de un modelo geológico es caracterizar correctamente el lugar y definir unidades con comportamiento similar (Anonymous, 1972, 1976). A través de esta información los ingenieros geólogos o geotécnicos pueden desarrollar un modelo geológico conceptual (Fookes, 1997) que resulte de gran utilidad para los proyectos desarrollados sobre el mismo terreno.

Algunos ejemplos de modelos geológico-geotécnicos son los elaborados por Mollah (1993), Bozzano et al. (2000) y Griffiths (2001) entre otros.

En este trabajo se presenta un modelo geológico del sector del Río Segura más próximo al Mar Mediterráneo basado en datos sedimentológicos, geomorfológicos y estructurales (Delgado et al. 2003). El modelo se completa con las propiedades geotécnicas de los materiales (modelo geomecánico), estableciendo finalmente los comportamientos más significativos de cada una de las zonas establecidas en el modelo geotécnico (modelo geotécnico de comportamiento).

2. Metodología

La elaboración de un modelo geológico-geotécnico consta de varias etapas de trabajo. En el caso de la Vega Baja del Segura el trabajo de modelización comenzó con la recopilación de todos aquellos datos topográficos (fotografías aéreas y modelos digitales del terreno), geológicos (mapas estructurales, mapas geomorfológicos, mapas geológicos y mapas de isopacas o espesor de sedimentos), geotécnicos (sondeos mecánicos, ensayos de laboratorio y ensayos in situ) y de auscultación (lecturas de líneas continuas de asiento -LCA-, lecturas de piezómetros, informes de patologías, etc.) disponibles sobre el sector de estudio.

En primer lugar se recompuso la topografía a partir de un modelo digital del terreno (MDT) a escala 1:25.000. Esta topografía constituyó la base sobre la cual se irían superponiendo los diferentes aspectos temáticos.

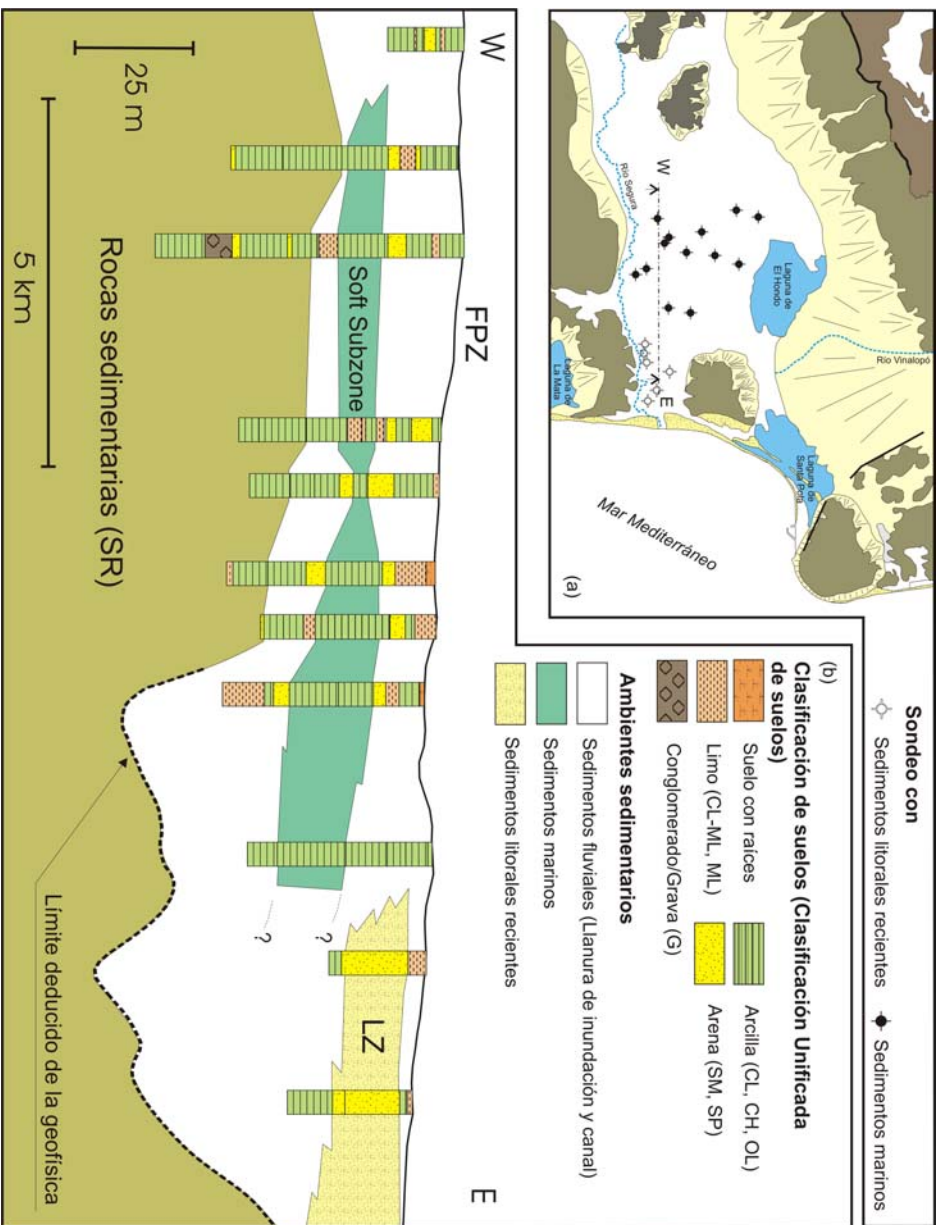


Fig. 1.- (a) Disposición de sedimentos marinos y litorales en los sondeos. (b) Ambientes y tipos de suelos (modificado de Delgado et al., 2003).

El siguiente paso en la definición del modelo fue la elaboración de una cartografía sedimentológica basada en los datos extraídos del reconocimiento y análisis de las muestras de sondeos, que permitiera establecer las cuatro unidades principales existentes en la Vega Baja del río Segura así como las subunidades presentes en estos ambientes.

Simultáneamente se llevó a cabo la elaboración del mapa estructural y geomorfológico para lo que resultó imprescindible el uso de las fotografías aéreas del sector de estudio.

La distribución espacial de los diferentes ambientes sedimentológicos (Figs. 1.a y b) y litológicos (Fig. 1.b), así como de los principales accidentes tectónicos y elementos geomorfológicos permitieron la distinción de los distintos sectores o unidades geotécnicas que se establecen en el modelo geológico de la Vega Baja del Río Segura.

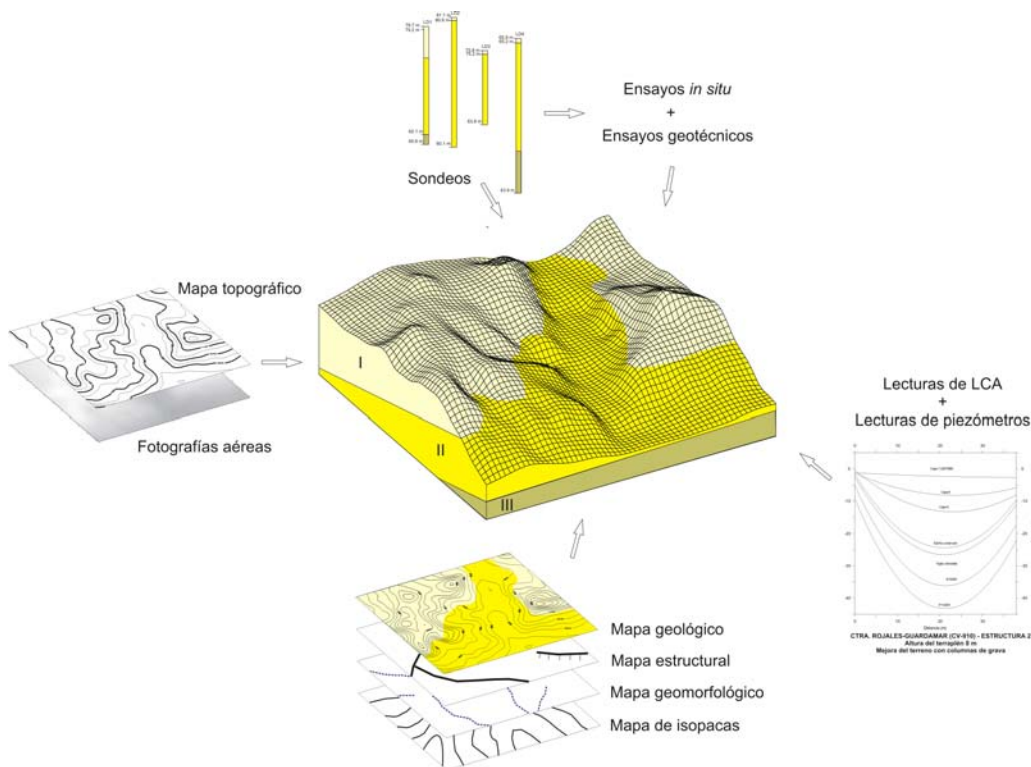


Fig. 2.- Datos utilizados para la elaboración del modelo

El siguiente paso era asignar propiedades geotécnicas a las diferentes unidades y subunidades. Para ello se contaba con 128 sondeos con profundidades de exploración que oscilaban entre los 0 y los 50 m además de numerosos datos de penetraciones estáticas y dinámicas. La situación geográfica del sondeo en coordenadas xyz permitió identificar la unidad geológica a la que pertenecía y por lo tanto hacer esa propiedad extensiva a toda la unidad. Puesto que el número de sondeos pertenecientes a cada

unidad era numeroso, los datos de los ensayos realizados sobre muestras de los mismos fueron tratados estadísticamente para asignar valores medios con sus correspondientes desviaciones. Las propiedades geotécnicas de los suelos consideradas fueron la densidad seca y aparente, el peso específico de las partículas, la humedad natural, el índice de huecos inicial, el diámetro medio de las partículas, los porcentajes de limo, arena y arcilla, los límites de Aterberg, la cohesión, el ángulo de rozamiento, el SPT y la resistencia a compresión simple.

Las unidades geológicas que constituyen el modelo geológico junto con las propiedades geotécnicas asignadas a cada una de ellas conforman el modelo geomecánico de la Vega Baja del Río Segura.

Finalmente, se elaboró el modelo geotécnico de comportamiento. Este modelo está constituido por el modelo geomecánico completado con los datos disponibles de comportamiento de los suelos que constituyen cada unidad. Es por tanto el máximo grado de concreción del modelo, y contiene información sobre la capacidad portante del suelo, los asentos del terreno, la licuefacción del suelo y los problemas hidrológicos de cada unidad. La Figura 2 resume esquemáticamente los datos empleados en la elaboración del modelo geológico-geotécnico de la Vega Baja del Río Segura.

3. Modelo geológico-geotécnico de la Vega Baja del río Segura

El modelo elaborado para la Vega Baja del Río Segura (Delgado et al. 2003) consta de cuatro unidades bien diferenciadas (Fig. 3). La primera de ellas está constituida por los sedimentos (alternancias de limos y arcillas con algunos niveles arenosos) saturados que constituyen la gran planicie inundable a través de la cual discurre el Río Segura. Esta unidad recibe el nombre de Flood Plain Zone (FPZ) o Llanura de Inundación. Estos materiales se caracterizan principalmente por su baja resistencia al corte y su elevado índice de huecos. Dentro de esta unidad existe otra unidad altamente compresible denominada Soft Subzone o Subzona Blanda de características geotécnicas mucho peores que las del resto de la unidad FPZ. La unidad FPZ presenta una baja capacidad portante lo que se traduce en un uso de cimentaciones por losas o pilotes. Por otro lado esta zona se caracteriza por su alta compresibilidad, sobre todo en la Soft Subzone, lo que ha obligado al control de medidas de asiento en los terraplenes de carretera construidos sobre esta unidad además de la ejecución de columnas de grava para reducir los asentos (Cuenca et al., 2000; Tomás et al., 2002.a; Tomás et al., 2002.b; Delgado et al., 2003). Otra característica destacable de esta unidad es su alto riesgo de licuefacción (Delgado et al., 1998; Delgado et al., 2003) así como por las inundaciones que sufre por desbordamiento periódico del Río Segura.

La segunda unidad recibe el nombre de Sedimentary Rocks (SR) o Rocas Sedimentarias. Se encuentra situada bajo los sedimentos de la unidad FPZ constituyendo el basamento geotécnico de la cuenca dadas sus mejores propiedades geotécnicas. Constituye el soporte de las cimentaciones por pilotes que se ejecutan en la FPZ debido a su mayor capacidad portante. No presentan problemas de asiento estando constituida por conglomerados, margas, areniscas, gravas y arenas compactas

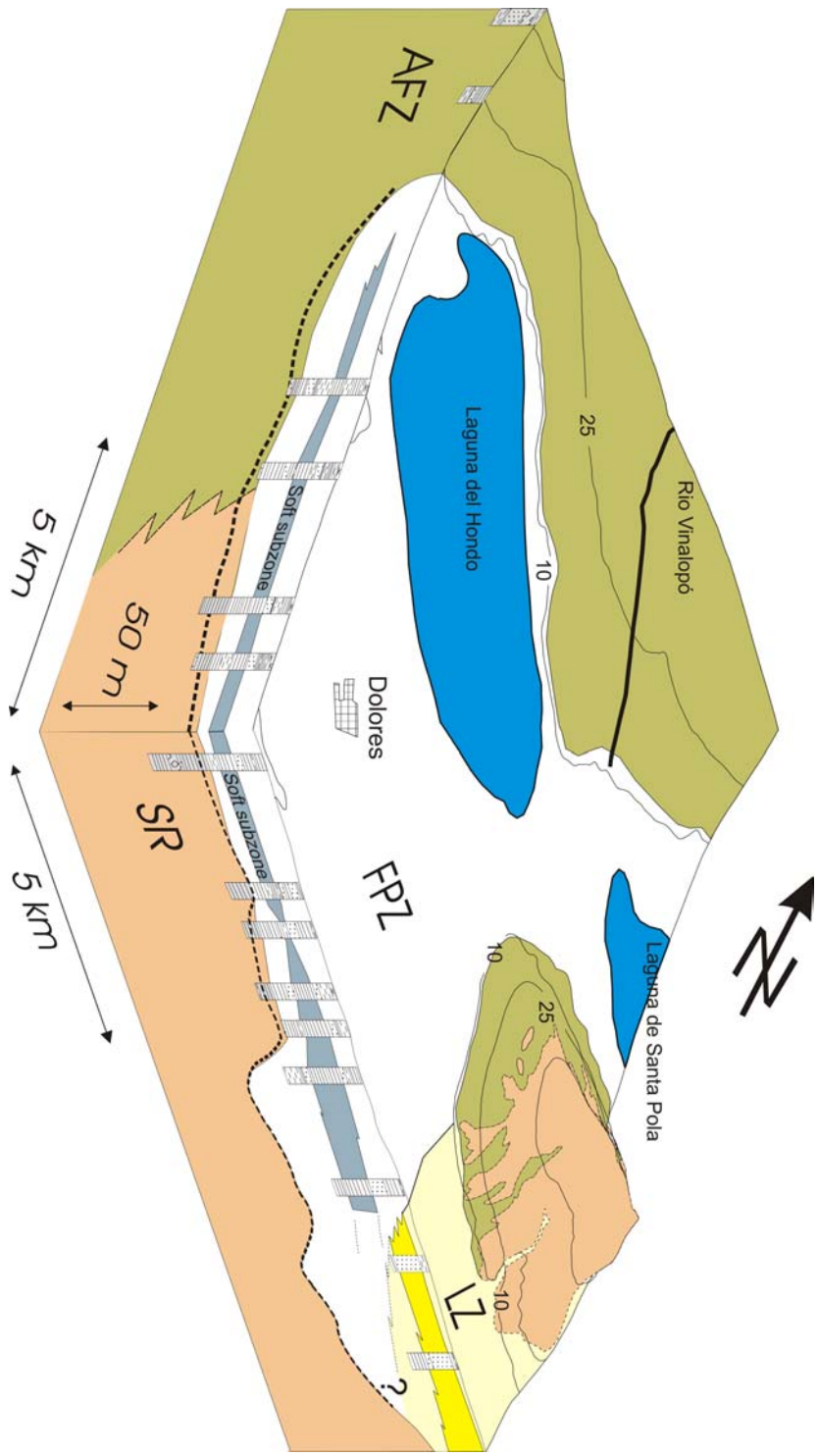


Fig. 3.- Modelo geológico-geotécnico 3D de la Vega Baja del río Segura (Delgado et al. 2003)

que afloran en superficie en algunos puntos de la Vega Baja del río Segura. Las mejores propiedades de esta unidad permiten el uso de cimentaciones aisladas por zapatas. El riesgo de licuefacción de esta unidad es nulo.

La tercera unidad geotécnica definida en el modelo es la unidad de Abanicos Aluviales o Aluvial Fan Zone (AFZ) constituida por arenas y gravas ocasionalmente cementadas. Ésta se caracteriza por su proximidad a los relieves periféricos de la cuenca, contando con altos valores de penetración dinámica y de resistencia a compresión simple, aunque inferiores a los de la unidad SR. Al igual que en la unidad anterior, la zona de abanicos aluviales permite el uso de cimentaciones con zapatas, no presentando problemas de asiento ni de licuefacción destacables.

La cuarta unidad recibe el nombre de Zona Litoral (Litoral Zone, LZ). Esta unidad, de composición predominantemente arenosa, se caracteriza por la presencia de *Possidonia* Oceánica, ya que son sedimentos de origen fundamentalmente marino reciente. La capacidad portante de esta unidad es baja aunque no tanto como la de la unidad FPZ. Los asentos generados en esta unidad dependen en gran medida de la presencia de la unidad FPZ bajo ella. El riesgo de licuefacción en estos materiales es alto, al igual que el de inundación.

4. Utilidad del modelo

Una vez elaborado el modelo el conocimiento sobre la distribución espacial en xyz de los suelos de la Vega Baja del Segura ha mejorado considerablemente encontrándonos en condiciones de explotarlo.

La principal utilidad de este modelo estriba en la posibilidad de establecer itinerarios pertenecientes a obras lineales (carreteras, canales, ferrocarriles, etc.) y determinar por qué unidades transcurre, que propiedades y que problemática afectará a cada tramo de ese recorrido. Esto supone que el modelo geológico-geotécnico de la Vega Baja del Segura propuesto puede ser aplicado directamente para la planificación y diseño de las campañas de investigación previa a la ejecución de obras, constituyendo una importante fuente de información con el consecuente beneficio económico.

Por otro lado, el modelo permite también la determinación del tipo de cimentación más conveniente y la estimación de las profundidades de pilotaje en el caso de que se opte por esta tipología de cimentación.

El modelo geotécnico de comportamiento permite además establecer la distribución espacial de los problemas geotécnicos asociados a cada unidad para así llevar a cabo un diseño y una ordenación del territorio acorde con éstos.

5. Conclusión

El presente trabajo muestra la metodología de diseño de un modelo geológico-geotécnico de la Vega Baja del río Segura. En este modelo se establecen cuatro zonas

geotécnicas con problemas geotécnicos diversos lo que facilita el diseño y planificación de posteriores campañas de investigación en la zona.

Los principales problemas de la FPZ, dentro de la cual se diferencia una capa de arcillas blandas (Soft subzone), son la baja resistencia portante de los suelos, los grandes asentos que sufren éstos al ser cargados y el alto potencial a la licuefacción.

Otra zona diferenciada en el modelo ha sido la LZ, que presenta una mayor resistencia portante y menores problemas de asiento, aunque estas propiedades dependen directamente de la existencia de la unidad FPZ bajo de los sedimentos. Su principal problema es el riesgo de licuefacción de estos materiales.

La tercera unidad descrita en el modelo ha sido la AFZ , junto con la cuarta, SR, presentan mejores propiedades geotécnicas pudiendo ser consideradas como el sustrato de la cuenca y siendo mucho más aptos para todo tipo de obra civil.

La utilidad práctica del modelo es evidente y permitirá a los futuros planificadores del territorio y a los diseñadores de estructuras lineales y edificaciones tener una mejor idea del terreno disponible en su área de actuación. Esto les facilitará notablemente la tarea de planificar las campaña de investigación previa a la obra con mayor rigor además de ayudarles a tomar las medidas de mejora del terreno y de cimentación oportunas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto CTIDIB/2002/177 y es la publicación 02/2004 de la unidad de Ingeniería Geológica del grupo de investigación GRUPOS03/085 de la Generalitat Valenciana.

Referencias

ANONYMOUS, C. (1972). *The preparation of maps and plans in terms of engineering geology*. Quaterly Journal of Engineering Geology, 5, 293-381.

ANONYMOUS, C. (1976). *Engineering Geological Maps: a guide to their preparations* The UNESCO Press, Paris.

BOZZANO, F., ANDREUCCI, A., GAETA., M., SALUCCI, R. (2000). *A geological model of the buried Tiber river valley beneath the historical center of Rome*. Bulletin of Engineering Geology and Enviroment, 59, 1-21.

CUENCA, A., DELGADO, J., DOMÉNECH, C., TOMÁS, R. (2000). *El Cuaternario reciente de la Vega Baja del Segura: Problemática geotécnica*. En Itinerarios Geológicos por la provincia de Alicante y limítrofes.

DELGADO, J., LÓPEZ CASADO, C., ALFARO, P., GINER, J., ESTÉVEZ, A. (1998). *Liquefaction potential in the Lower Segura Basin (Southeast Spain)*. Engineering Geology, 49, 61-79.

DELGADO, J., ALFARO, P., ANDREU, J.M., CUENCA, A., DOMÉNECH, C., ESTÉVEZ, A., SORIA, J.M., TOMÁS, R., YÉBENES, A. (2003). *Engineering-geological model of the Segura River flood plain (SE Spain): a case of study for engineering planning*. Engineering Geology, 68, 171-187.

FOOKES, P.J. (1997). *Geology for engineers: the geological model, prediction and performance*. Quarterly Journal of Engineering Geology, 30, 293-424.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, L.I., FERRER, M., ORTUÑO, L., OTEO, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Editorial Prentice Hall. Madrid.

GRIFFITHS, J.S. (Ed) (2001). *Land surface evaluation for Engineering practice*. Geological Society of Engineering Geology Special Publications, vol. 18. The Geological Society, London, 248 pp.

MOLLAH, M.A. (1993). *Geotechnical conditions of the deltaic alluvial plains of Bangladesh and associated problems*. Engineering Geology, 36, 125-140.

TOMÁS, R., CUENCA, A., DELGADO, J., DOMÉNECH, C., SENTANA, I. (2002.a). *Seguimiento geométrico de terraplenes mediante línea continua de asientos en la Vega Baja del Segura (Alicante)*. Actas del XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, 785-792. Cantabria, España.

TOMÁS, R., CUENCA, A., DELGADO, J., DOMÉNECH, C. (2002.b). *Auscultación de terraplenes mediante línea continua de asientos en la Vega Baja del Segura (Alicante). Comparación con los asientos previstos*. Revista Carreteras, 124, 50-59.