

Átlas Geotécnico de los Puertos Españoles

TOMAS ECHEGOYEN MARTIN (*); ALFREDO HERNANDEZ LOPEZ (**)

RESUMEN Se describe el desarrollo del sistema informático y el formato adoptado para el Átlas geotécnico de los Puertos Españoles.

En primer lugar se plantea la necesidad de sintetizar la información de múltiples estudios geotécnicos. La obtención de una visión global mejora las bases de partida para nuevos estudios.

A continuación se indica la necesidad de establecer los tipos de datos que componen el Átlas y se define los distintos formatos. Se hace especial incidencia en la estructura tridimensional del terreno.

Finalmente se describe el aspecto e la aplicación y su manejo.

GEOTECHNICAL ATLAS OF SPANISH HARBOURS

ABSTRACT The development of the computer application and the adopted format for the Átlas Geotécnico de los Puertos Españoles (Geotechnical Atlas of Spanish Harbours) are described in this article.

At first place, we present the need of summarising the information obtained from multiple geotechnical researches. By obtaining a global vision we improve the starting basis for further studies.

Then the necessity of establishing the types of data which make up the Átlas is pointed out and the different formats are defined, emphasizing the tridimensional structure of terrain.

Finally, we find the description of the application's appearance and working method.

Palabras clave: Átlas; Geotécnico; Puertos.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de su existencia y operación, los puertos españoles han tenido que realizar obras para adecuarse a sus necesidades de servicio y explotación. Para la ejecución de esas obras se han tenido que hacer estudios previos del terreno. En la ejecución de las obras se han podido comprobar las características geotécnicas de los materiales del suelo. Con posterioridad, en la explotación de las obras, se ha visto lo adecuado de las previsiones.

Como resultado de lo anterior, se ha ido formando un gran volumen de conocimientos sobre las propiedades geotécnicas del lugar donde se halla cada puerto. Sin embargo, debido a su origen por acumulación de estudios y noticias, este gran volumen de datos suele exigir la realización de un trabajo de síntesis.

El estudio por expertos en geotecnia de todos los datos reunidos, en una labor síntesis de la información existente, permite obtener la visión del conjunto, necesaria para su puesta en valor.

Una vez hecha esta síntesis de datos inicial, los nuevos estudios geotécnicos que se realicen, podrán partir del conocimiento global establecido. Las bases de partida de los estudios se establecerán con mayor certeza.

Cuando en el futuro, un nuevo estudio se termine, sus conclusiones servirán a su vez para corregir y mejorar la visión global de la geotecnia en su zona portuaria. Lo mismo sucederá con las incidencias de la explotación de las obras, cuya interpretación se podrá hacer con mayor fiabilidad. La explotación de este conocimiento será cada vez más interesante a medida que aumente la incorporación de nuevos datos.

Se han elegido los puertos de Algeciras, Cádiz, Sevilla, Valencia, Bilbao y Barcelona como elementos de estudio en una primera fase.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A ESTUDIO

Uno de los factores que determinan la calidad de los estudios y proyectos en la Ingeniería es la adecuada utilización de las aplicaciones informáticas disponibles. La creación y puesta a disposición de la comunidad técnica de nuevas aplicaciones es una forma de ampliar sus posibilidades y de alcanzar mejores niveles de calidad.

En el caso que nos ocupa, el desarrollo de los programas informáticos por parte del CEDEX, con simultaneidad de su aplicación a casos concretos por empresas especializadas en geotecnia, ha ido formando poco a poco este Átlas Geotécnico de los Puertos Españoles que hoy presentamos. Las experiencias y dificultades que surgieron de este proceso, han servido para superar sucesivas metas de calidad.

Hemos podido llegar a conclusiones globales que hubiera sido muy difícil establecer sin disponer de esta apli-

(*) I.C.C.P. Jefe del Área de Ing. de Sistemas y Redes de Medida del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Ministerio de Fomento).

(**) A.H.L. Ayudante O.P. del Área de Ing. de Sistemas del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (Ministerio de Fomento).



FIGURA 1. Portada del Atlas.

cación, y más difícil presentar y explicar, dado el gran volumen de información a sintetizar. Al mismo tiempo hemos ido añadiendo opciones de datos y facilidades de uso que no se previeron al comienzo y que se han ido mostrando necesarias.

La representación mecanizada del Atlas Geotécnico de los Puertos Españoles no es la informatización simple de un Atlas previamente editado en soporte de papel. Hemos querido que fueran los datos originales, aquellos que se han empleado para trazar los planos en papel por medios automáticos, los que se vertieran en las estructuras de datos que subyacen al Atlas. De esta manera ni la precisión ni la calidad de los datos han sufrido la merma que suponen los sucesivos cambios de soporte.

La información que maneja el Atlas está estructurada en unidades específicas que se refieren a zonas portuarias de interés. Dentro de cada unidad la información se trata en su conjunto, definiendo el modelo de terreno que exista en la zona, mediante una serie de capas representativas de los diversos materiales y estructuras geotécnicas existentes. También se incluye la especificación de las características geotécnicas de los materiales y estructuras establecidos.

Hemos centrado el trabajo en torno a dos objetivos básicos:

- a) Establecer una especificación o nuevo formato de datos que facilite el trabajo del consultor geotécnico o técnico especialista.
- b) Realizar una aplicación informática que pueda trabajar bajo unas características básicas y en un entorno de usuario final con las mínimas limitaciones posibles.

A lo largo del desarrollo del trabajo hemos mantenido la intención de hacer una consulta de los datos sencilla de utilizar, sin renunciar al manejo avanzado de datos y a su representación tridimensional.

3. TIPOS DE DATOS

Después de un estudio inicial de la información a presentar y del aspecto final que debía presentar el Atlas, hemos decidido clasificar la información en tres tipos de datos:

1. **Datos planimétricos**, cuya función es servir de base para localizar y referenciar el resto de los datos. Hemos

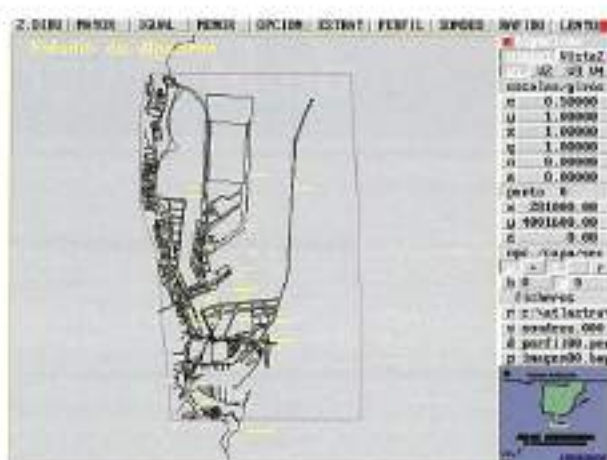


FIGURA 2. Plano general del puerto de Algeciras.

solicitado la información actualizada de la planimetría de cada puerto objeto de estudio y la hemos referido a sus coordenadas U.T.M.

Este tipo de datos se presentan como:

Instrucciones de trazado (planos vectoriales) con la máxima precisión posible para la localización de lugares y para la compatibilidad con otras fuentes de información.

Imágenes Cartográficas (planos ráster) blanco y negro comprimidas, para la especificación de características zonales de menor precisión.

2. **Datos geométricos**. Representan las superficies de separación entre distintas unidades geotécnicas. Tienen estructura de malla rectangular regular, para una lectura más rápida cuando se trazan los cortes verticales o perfiles. Estos datos geométricos también están georreferenciados en el mismo sistema U.T.M. que los datos planimétricos.

Como datos derivados se incluyen las secciones horizontales a varias profundidades. Tienen una estructura análoga a la de las superficies de separación de unidades geotécnicas, pero su significado es diferente.

En las superficies, se almacenan las profundidades de los puntos de la malla. Para obtener la profundidad de un punto intermedio, se interpola. En las secciones, se almacena el número de la capa geotécnica. Para obtener la capa geotécnica de un punto intermedio se le asigna la capa del punto de malla más próximo.

3. **Datos geotécnicos**. Recopilan la descripción de las características geotécnicas que corresponden a cada capa o estructura. Se recogen en modo alfanumérico (ASCII) y se consultan haciendo referencia a la capa geotécnica. Tienen un formato de 40 caracteres por línea para poder representarlos en la pantalla de textos del Atlas.

Todos estos datos, resultado del estudio de una zona portuaria, se representan de forma conjunta en los mapas geotécnicos.

Se ha llamado mapa en la aplicación informática del Atlas Geotécnico al fichero que contiene la relación de las diversas clases de datos junto con los parámetros necesarios para su representación.

4. UN FORMATO DE INTERCAMBIO DE DATOS

Los dos objetivos principales en la creación de cada estudio geotécnico portuario son la definición de las unidades geotécnicas y sus características asociadas y el establecimiento de la estructura tridimensional del terreno a que se refieren las unidades geotécnicas.

Ya que las técnicas de Sistemas de Información Geográfica tienen una difusión y madurez suficientes, establecimos la máxima libertad para su utilización por parte de los consultores geotécnicos, con el fin de obtener la estructura tridimensional del terreno.

Las aplicaciones comerciales presentan una amplia gama de formatos para el almacenamiento de los datos, bastante específicos de cada una de ellas. Dado este carácter específico, el formato de datos de una aplicación no suele ser compatible con otras aplicaciones diferentes. Para paliar este problema, existen algunos tipos de formatos de intercambio de datos entre aplicaciones. Estos formatos no suelen recoger todas las características de todos los sistemas. También existen los conversores de formatos entre aplicaciones.

Las soluciones para intercambiar datos entre distintos sistemas suelen adolecer de falta de interés comercial, lo que lleva a veces a dificultades importantes en operaciones de trasvase de datos relativamente sencillas.

Para controlar este tipo de problemas se ha establecido un formato obligatorio para la recepción de los datos del Atlas en soporte informático.

5. SISTEMA DE REFERENCIA PARA LA CALIDAD DE LAS SUPERFICIES

La libre elección del Modelo Digital de Terreno para la definición de las superficies que integran la definición del terreno plantea un problema de comprobación de la validez de las hipótesis en que se basa el modelo elegido.

Cuando se aborda un estudio, solo se conoce directamente la estructura del terreno en los puntos donde se han realizados sondeos, calicatas, etc. Un conocimiento más general, pero basado en medidas indirectas, se puede obtener de las campañas geofísicas.

En general, la extensión de lo que se sabe del terreno en los puntos de medida al resto de la zona objeto de estudio tiene algo de especulativo. Para este fin se suelen utilizar los perfiles. Los perfiles se realizan trazando sobre el te-

reno una línea de puntos de sondeo, espaciados adecuadamente para alzar una sección vertical.

El espaciado de los puntos de sondeo es adecuado si no se pierde información relevante, tanto de estructura como de composición, entre dos sondeos. Es lógico pensar que no debe haber una gran diferencia entre el espaciado de sondeos adecuado para trazar perfiles y el adecuado para definir superficies.

Sin embargo hay que hacer dos precisiones:

En primer lugar, el número de sondeos implicado en el trazado de superficies es mucho mayor, ya que se distribuyen en una superficie y, si existen estructuras del terreno con incidencia en planta, el espaciado de sondeos puede cambiar según zonas y direcciones.

En segundo lugar, la superficie obtenida es sensible al método de interpolación entre sondeos empleado.

El alzado de una sección, con sondeos adecuadamente espaciados, es una operación relativamente sencilla. La sección se puede considerar formada por tramos independientes entre sondeos. Esto es así porque cada punto de sondeo es un punto de mínima incertidumbre y las características de cada tramo están muy relacionadas con los valores obtenidos en los dos sondeos que limitan cada tramo.

En la determinación de las superficies, por el contrario, no existe una forma única de delimitar áreas independientes, ni es fácil expresar el nivel de certidumbre. De aquí surgen dos clases de métodos de modelización de superficies:

- Métodos basados en la segmentación geométrica a partir de los puntos de sondeo
- Métodos basados en establecer la certidumbre estadística a partir de las distancias a los puntos de sondeo.

En los métodos de la primera clase, uno de los más populares es la red de triángulos irregulares basada en el criterio de Voronoi-Delauney. Este criterio optimiza los ángulos de los triángulos que componen la partición y es conjugado del criterio de partición en polígonos de Dirichlet-Tiessen.

En los métodos de la segunda clase, uno de los más precisos es el "kriging", que se basa en el análisis de la correlación espacial de los datos en función de la dirección y la distancia. A partir de este análisis se obtienen los valores de la

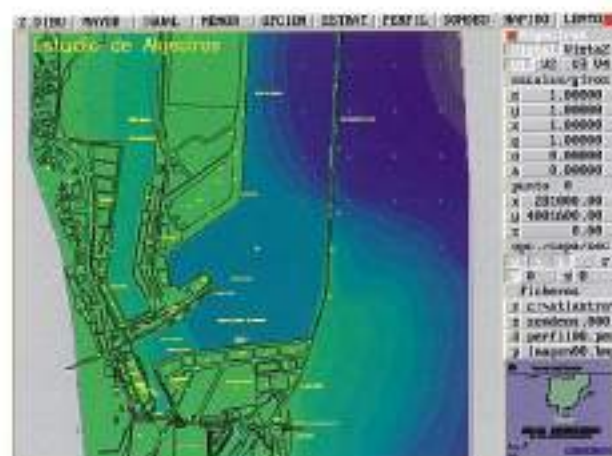


FIGURA 3. Plano con batimetría (copia C).

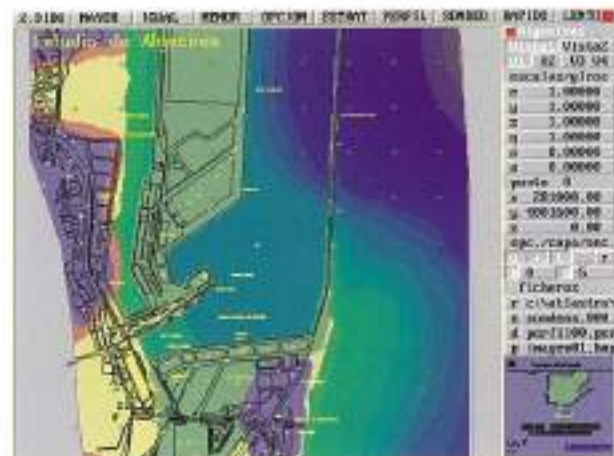


FIGURA 4. Sección a -5 m y batimetría.

superficie como una función ponderada de los datos a través de la correlación establecida.

Dado que existen divergencias notables entre los distintos métodos de generación de superficies, es necesario tener una referencia para determinar la calidad de las superficies generadas.

Desarrollado en el CEDEX, el Modelo Digital de Terreno SITEM, participa de los dos criterios. Este sistema de generación de superficies, realiza una partición inicial no triangular con criterios de distancias mínimas.

El resultado es una red irregular de polígonos en los que los datos (vértices) están ligados a los puntos de datos más próximos según criterios de dirección y distancia. Este criterio es más próximo a las técnicas de correlación que los criterios basados en ángulos.

A continuación, dentro de cada celda o polígono, se determinan los valores de la superficie en cada punto, mediante ocho secciones según distintas direcciones. Los resultados de las ocho secciones se promedian en función de sus distancias al borde de la celda. El valor de la superficie resulta una función ponderada en distancia y dirección de los datos de su entorno (celda).

SITEM se podría catalogar como un "kriging celular", en el que los fenómenos de correlación de datos se limitan al interior de las celdas o polígonos. Las líneas de rotura de continuidad son siempre bordes de celda e implican también rotura de la correlación.

Las características de SITEM lo hacen ideal para el contraste de resultados de otros modelos digitales de terreno. De esta forma se ha podido mantener una alta calidad de las superficies generadas con independencia de las herramientas y metodología empleada por el consultor geotécnico.

6. COHERENCIA ENTRE LAS SUPERFICIES DE LA ESTRUCTURA DEL TERRENO

Las capas o estratos de los materiales que componen la estructura del terreno tienen que tener siempre un espesor mayor o igual a cero. No es posible que una capa tenga un espesor negativo.

Al obtener las superficies de techo de capa por interpolación de los datos de los sondeos y de la geofísica, puede ocurrir que los espesores de los estratos resulten negativos.

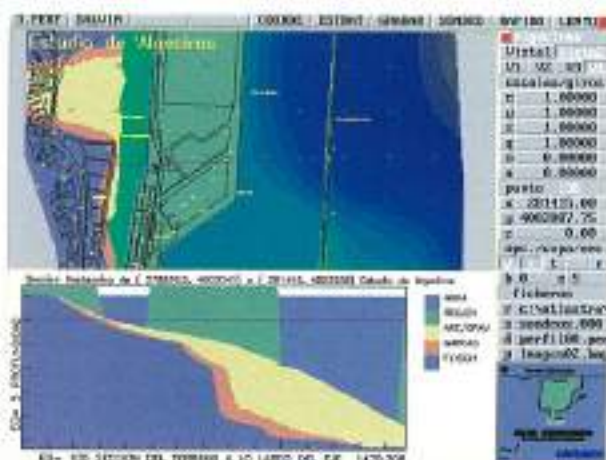


FIGURA 5. Perfil según una traza.

La razón para que esto ocurra es que cada superficie se interpola a partir de los datos de sus profundidades, sin tener en cuenta las demás capas. Al calcular las superficies de forma independiente entre sí, es posible que las superficies se corten. Al cortarse dos superficies, la superficie que está debajo pasa a estar encima, lo que produce un espesor negativo de la capa que delimitan.

En el proceso de obtención de la estructura del terreno, a partir de datos reales de un estudio, hemos comprobado la ocurrencia de pequeños valores de espesores de capa negativos. Estos valores negativos suelen ser de muy pocos centímetros e inferiores al intervalo de confianza con que se determinan las superficies.

Para evitar este problema se ha adoptado la hipótesis de que las superficies más someras son mejor conocidas que las más profundas. A partir de esta hipótesis se han modificado las superficies de techo de capa obtenidas, comparando las superficies dos a dos y, en el caso de obtener un espesor negativo, modificando los valores de la superficie más profunda, para que el espesor de capa resulte nulo.

Una vez establecida la coherencia formal de las superficies, los resultados se han sometido finalmente a una revisión por parte de los especialistas geotécnicos que elaboraron las superficies iniciales, tratando de forma específica los casos en que la estructura del terreno así lo exige.

7. ESTRUCTURA DE TERRENO MULTICAPA

Hasta aquí hemos dicho que la estructura de terreno se compone de un conjunto de superficies de techo de capa y que el formato de las superficies es el de rejilla rectangular regular. También hemos dicho que los datos del Atlas Geotécnico de los Puertos Españoles están georreferenciados.

La definición de la estructura de terreno multicapa del Atlas Geotécnico de los Puertos Españoles se completa con las siguientes precisiones:

- La rejilla rectangular regular que define las superficies es la misma para cada bloque de terreno. Todas las superficies del mismo bloque tienen el mismo número de filas y columnas y los mismos incrementos entre filas y entre columnas.
- Los parámetros de georreferencia (matriz de giro y traslación) son los mismos para todas las superficies de un mismo bloque de terreno.



FIGURA 6. Datos geotécnicos de un punto.

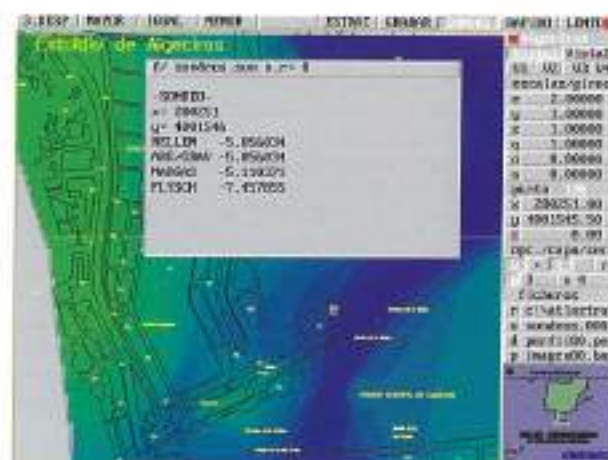


FIGURA 7. Sondeo virtual.

- Las superficies están corregidas para evitar espesores de capa nulos.
- En el fichero de mapa, las superficies están ordenadas y numeradas de acuerdo con su profundidad.
- La zona de datos válidos en planta está delimitada en todas las superficies por igual. Los puntos de las superficies, exteriores a la zona válida de datos, están marcados como puntos sin datos.

La primera superficie que define la estructura de terreno multicapa es la superficie actual, incluyendo obras, rellenos, etc. El resto de los estratos podrán aflorar en ella, si todas las capas, superiores a cada uno de ellos, tienen espesor nulo.

Inmediatamente debajo de esta primera superficie se sitúan las obras y los rellenos. A continuación van las diferentes capas de las unidades geotécnicas establecidas en cada estudio, por orden de profundidad.

8. SONDEOS Y PERFILES

Con la anterior definición de estructura de terreno multicapa se simplifica el acceso a los ficheros que contienen las superficies y se hace más eficaz la obtención de sondeos virtuales y de perfiles.

Los **sondeos virtuales** son las lecturas de las profundidades que corresponden a cada capa en la vertical del punto en que se realiza el sondeo.

Los **perfiles** son secciones verticales del terreno a lo largo de una línea que se define en la planta. La representación gráfica de perfiles permite dar una visión clásica de la estructura del terreno.

La obtención de un perfil se realiza mediante la toma de una serie de sondeos virtuales regularmente espaciados a lo largo de la traza del perfil. La optimización del proceso obliga a que primero se obtengan los valores de la primera capa, después los de la segunda y así sucesivamente. La lectura de los datos correspondientes a un punto se hace por interpolación entre las profundidades de los cuatro puntos que delimitan la cuadrícula de la rejilla rectangular regular donde se encuentra el punto.

El Atlas permite consultar sobre el perfil representado los datos asociados al material que forma el estrato y los datos geométricos de coordenadas, espesores y profundidades.



FIGURA 8. Pantalla de ATLASCON.

9. UNIDADES GEOTÉCNICAS

Una vez establecida la definición de la estructura tridimensional, formada por varias capas de terrenos con diferentes propiedades geotécnicas, hay que definir las unidades que puedan ser representadas por un comportamiento geotécnico uniforme y que puedan ser asimiladas a cada capa de la estructura del terreno.

Aunque cada unidad puede estar compuesta por capas uniformes, alternantes etc, su comportamiento geotécnico se asocia a un único material teórico, para el que se establecen sus parámetros más relevantes desde el punto de vista geotécnico, como el ángulo de rozamiento, cohesión, compacidad, densidad, etc.

Esta simplificación debe hacerse, de acuerdo con la idea inicial, de ofrecer una visión de síntesis de la geotecnia de la zona objeto de estudio. Una adecuada selección de las unidades geotécnicas, permite mantener la visión del conjunto, mientras que se disminuye el volumen de datos a manejar y se mejoran los tiempos de consulta.

10. ASPECTOS GENERALES DE LA APLICACIÓN

El Atlas Geotécnico de los Puertos Españoles está diseñado para ser utilizado a través de un conjunto de menús asociados a las primeras 10 teclas de función. Estas funciones pueden activarse mediante el teclado o mediante el cursor del ratón. Hay un área de parámetros de control que también es sensible al cursor del ratón.

El Atlas Geotécnico de los Puertos Españoles utiliza un directorio específico para cada estudio portuario. De esta manera es posible controlar los ficheros que componen cada estudio. También utiliza un directorio de trabajo para ficheros temporales y extracción de datos. Está previsto que se puedan instalar en unidades remotas o en común los directorios de la aplicación y de los estudios portuarios. El directorio de trabajos temporales debe instalarse en un disco en el que se pueda escribir.

La pantalla de consulta se divide en cuatro áreas o ventanas para la representación.

- Área de teclas y menús
- Área de parámetros de control.
- Área de la 1ª ventana gráfica
- Área de la 2ª ventana gráfica.

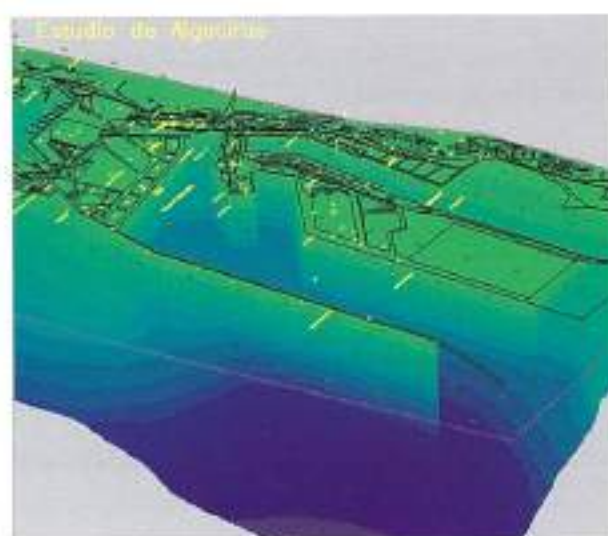


FIGURA 9. Perspectiva de la batimetría.

El área de pantalla de teclas y menús está dividida en 10 celdillas que corresponden a las diez primeras teclas de función. Pulsando cualquiera de ellas, o el botón de la izquierda del ratón, posicionada encima de una de las teclas, desencadena la acción señalada.

El área de parámetros de control permite el conocimiento de las opciones, parámetros de la vista, coordenadas del punto, ficheros auxiliares, etc. Aunque el sistema de operación del Atlas permite acceder a todos ellos a través del sistema de menús, el área de parámetros de control ha sido activada a la pulsación del ratón, lo que permite un acceso directo y una gran economía de tiempo.

No obstante, los parámetros que implican volver a dibujar la pantalla, como son, el cambio de parámetros de la vista y el cambio de opciones de dibujo, no se ejecutan aunque cambien de valor. Esto permite cambiar varios parámetros sin la pérdida de tiempo de volver a trazar los gráficos en cada acción.

La primera ventana gráfica es la más grande de todas y se puede utilizar de forma completa o dividida en dos de forma horizontal. Cuando se utiliza de forma completa es muy útil para la visualización de planos y mapas, y partida se utiliza para la representación de perfiles.

La segunda ventana gráfica es pequeña y se puede utilizar para funciones auxiliares como representación de vídeos y otros gráficos y logotipos.

9. MANEJO DE LA APLICACIÓN

El programa del Atlas Geotécnico de los Puertos Españoles tiene una portada inicial que sirve de base para acceder a los estudios geotécnicos de cada puerto, de los que está compuesto.

Esta portada inicial se compone de los logotipos del Ente de Puertos y del CEDEX y de un mapa esquemático donde se sitúan los puertos españoles. La portada inicial se puede aumentar de escala para localizar con mayor facilidad los puertos.

Como está previsto que se vayan haciendo ediciones sucesivas de los diversos estudios, los nombres de los puertos se representan en distinto color según que su estudio portuario esté disponible o no. La selección de un estudio portuario se

puede hacer por medio del cursor del Atlas. Situado este cursor en un punto de la pantalla, al pulsar la tecla de retorno se selecciona el puerto más próximo.

También se puede recorrer secuencialmente la lista de puertos mediante las teclas de función F5 y F7. Una vez seleccionado el puerto, se accede a su estudio geotécnico al pulsar la tecla de función F6, rotulada en la parte superior de la pantalla como "PUERTO". En el caso de que se hubiese intentado acceder a un estudio no realizado, el Atlas indica esta circunstancia.

Para acceder al estudio geotécnico, el programa lee de una base de datos el nombre del directorio donde se encuentran los ficheros de datos del estudio y el nombre de su fichero de mapa. A continuación borra la portada y presenta una pantalla en blanco con el nombre del estudio en la parte superior.

Cuando se accede con el programa a un estudio geotécnico se pueden seleccionar las opciones que aparecen en los diversos menús. Estas opciones se describen con detalle en el manual de utilización. Además hay una pequeña ayuda en línea que se activa al pulsar el punto rojo de la esquina superior derecha.

Para obtener una primera imagen del estudio basta con pulsar las opciones F4 "DIBUJO" y a continuación F3 "IGUAL", con lo que se obtiene un plano con las opciones básicas que se han seleccionado en el mapa del estudio geotécnico.

El Atlas tiene capacidad de representar en perspectiva axonométrica los objetos tridimensionales que componen el estudio. De esta manera es más fácil captar una idea de las estructuras geotécnicas que hay en el terreno.

La obtención de perfiles tiene una opción específica. Basta con marcar, con el cursor de Atlas, dos puntos en planta. El programa los une con una recta y obtiene el perfil correspondiente leyendo las profundidades de las diferentes capas.

Una vez obtenido el perfil, se representa en pantalla y es posible trabajar sobre el perfil para consultar sus características geométricas y geotécnicas.

El programa permite grabar los perfiles en ficheros de datos. También permite grabar las imágenes en ficheros de imágenes en formato "bitmap". Estas imágenes en formato "bitmap" pueden ser incorporadas a procesadores de textos, etc.

Se han preparado varios programas auxiliares. En cuanto a los programas para su distribución con el Atlas, existe un programa para configurar los mapas de los estudios y además permite darlos de alta en la base de datos. También hay un programa para visualizar las imágenes que se obtienen con el Atlas.

10. CONCLUSIONES

El uso de la técnica de Sistemas de Información Geográfica como soporte de la información geotécnica de los puertos es muy adecuado. Sin embargo, para obtener una visión global de la problemática de la geotecnia de una zona es imprescindible añadir, a la herramienta informática, el estudio y el análisis por especialistas en geotecnia, para llegar a la síntesis deseada.

El programa del Atlas Geotécnico es un soporte para la presentación de la visión global obtenida en cada uno de los estudios. Lo importante al proyectar este programa, fue siempre facilitar la consulta de los estudios geotécnicos. La calidad de los estudios es la que determina la utilidad real del Atlas.

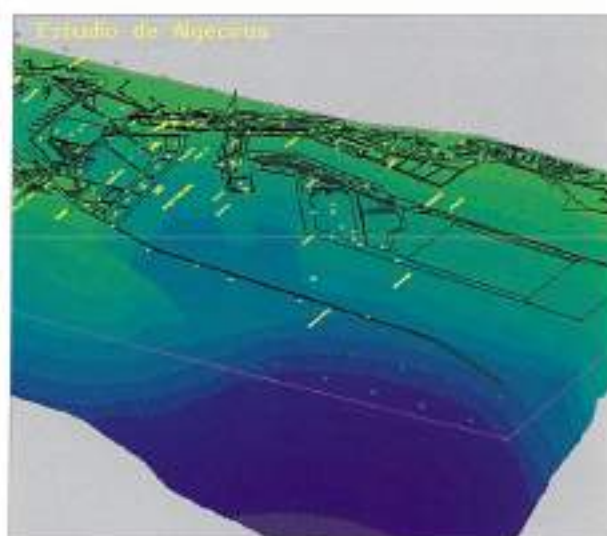


FIGURA 10. Perspectiva de la superficie rellenos/arenas.

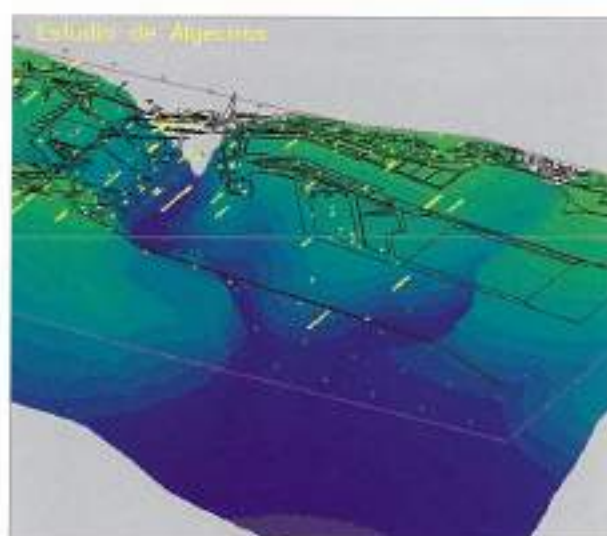


FIGURA 11. Perspectiva del techo de la roca inalterada.

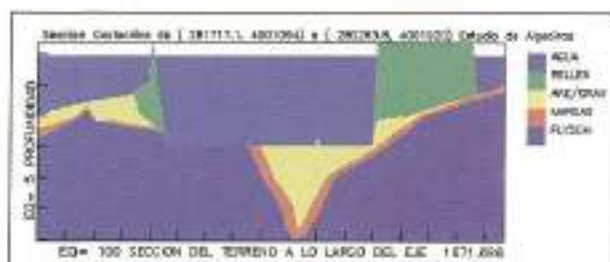


FIGURA 12. VERFER. Imagen de un perfil.

No nos debe engañar la facilidad de obtener datos e información a través del Atlas Geotécnico y hacernos pensar que esta información sustituye al conocimiento real del terreno. Cuando sea necesaria esta información para el proyecto y ejecución de obras, habrá que ir a buscar al terreno. El Atlas nos servirá para saber qué información hay que buscar y dónde hay que buscarla.

Agradecemos el enorme interés que han mostrado en todo momento D. José Llorca Ortega y D^a. Iciar Rodríguez Aguirre, del Departamento Técnico de Investigación y Tecnología, del Ente de Puertos del Estado, sin cuya colaboración no hubiera sido posible este trabajo. También agradecemos al Director del Centro de Estudios de Puertos y Costas, D. José María Grassa Garrido por la idea inicial de informatización del Atlas y por el continuo apoyo al mismo y al personal de Ingeniería de Sistemas por el soporte recibido.

11. BIBLIOGRAFÍA

G. PETRIE; T. J. M. KENNIE, ed. *Terrain modelling in surveying and civil engineering*. (1-870325-30-3). (1990). Whittles Publishing & Thomas Telford, pp. 351.

C. DANA TOMLIN. *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. (0-13-350927-3). (1990). Prentice Hall, pp. 249.

J. BOSQUE SENDRA. *Sistemas de información geográfica*. (84-321-2922-4). (1992). Ediciones Rialp, pp. 451.

CLIFFORD A. SHAFFER. Data representations for geographic information systems. *Annual review of information science and technology*. 27, (0-938734-66-0). (1992). pp. 135-172.

T. ECHEGOYEN. Realización de un modelo digital de terreno. *Ingeniería civil*. (n. 79). (0213-8468). (1991). pp. 95-112.

T. ECHEGOYEN; A. HERNANDEZ. Trazado de curvas de nivel en superficies definidas mediante mallas de polígonos. *Ingeniería civil*. (n. 81). (0213-8468). (1991). pp. 21-32.

GOODCHILD, MICHAEL F., ed. *Geographical information systems: principles and applications*. (0-470-21789-8). (1991). Longman scientific & technical, pp.

LOH, DOUGLAS K. Integrated resource management systems: coupling expert systems with data-base management and geographic information systems. *Environmental Management: an international journal for decision makers, scientists, and environmental auditors*. v.16. (n.2). (1992). pp. 167-177.

WORRALL, LES, ed. *Geographic information systems: developments and applications*. (1-85293-140-K). (1990). Belhaven Press, pp. 251.

T. ECHEGOYEN. Lenguaje de proceso de mallas. Cuadernos de investigación C-31 CEDEX (1993). ISBN 84-7790-143-0

T. ECHEGOYEN. Los sistemas de Información Geográfica. ARECDAO'93, Institut de Tecnología de la Construcció de Catalunya-ITEC Marzo 1993. ISBN: 84-7853-152-1. pp 45-55

LA CARRETERA VARÍA...

DE IZQUIERDA

A DERECHA

DE IZQUIERDA

A DERECHA

LA CALIDAD DE NUESTROS ASFALTOS, NO.

PRODUCTOS ASFALTICOS. A lo largo de miles de kilómetros, una carretera puede variar de izquierda a derecha de manera más o menos pronunciada. Pero lo que no varía nunca es la calidad de los asfaltos Cepsa. Siempre es la misma. Siempre la mejor.

PROAS Avda. de América, 32. 28028 MADRID Tel.: (91) 337 71 27 / 25 Fax: (91) 337 71 33 / 32 / 34.



TODA NUESTRA ENERGÍA.
PARA QUE VIVAS MEJOR.