

Sistemas de información en geotecnia.

Por Héctor Parra F.
Ingeniero Civil Universidad de los Andes.

Resumen.

El uso extendido de sistemas de información y el desarrollo acelerado de computadores cada vez más potentes y pequeños, así como de programas especializados en información, hacen que éstos tengan cada vez más aceptación en disciplinas como la geotecnia, cuyo ejercicio depende en gran medida de la experiencia de diseños anteriores y de disponer de información sobre las características del suelo en un sitio dado.

Los sistemas de información geográfica desarrollados para manejar grandes volúmenes de datos relativos a tierra y agua en una región, tales como Arcinfo o Ilwis, pueden utilizarse como modelo para información de geotecnia. Otros programas de bases de datos tradicionales como Dbase, o Filemaker son útiles aunque tienen limitaciones de manejo de información gráfica, que se considera esencial en un sistema de información para geotecnia. Planos de zonificación, o de geología digitalizados mediante herramientas como Autocad, y manejadores de información topográfica, son buenas soluciones para la edición y análisis de planos de pendientes o de zonificación o de cimentación de estructuras.

Mediante el programa Hypercard (1) se puede organizar un archivo de estudios de suelos con referencia a las soluciones de cimentación adoptadas y con archivos gráficos de información del suelo, para una rápida consulta de "ficheros" de información.

De la alimentación de información de suelos, de soluciones de cimentación y del comportamiento de soluciones existentes a través del tiempo, se pueden derivar ventajas tales como información valiosa para el planeamiento de proyectos o desarrollos, y perfeccionamiento de los métodos de diseño y análisis.

Antecedentes:

Avances recientes de la electrónica.

El vertiginoso desarrollo de la industria electrónica que ha puesto en nuestras manos máquinas de capacidad increíble y de velocidad de procesamiento no menos sorprendente, nos abre las puertas para un manejo de grandes volúmenes de información de acceso fácil y rápido al usuario. Hace solo 25 años, el computador de la Universidad de los Andes un IBM 650, ocupaba " la caneca", un amplio galpón prefabricado en donde hoy se practica gimnasia , karate y baile, y tenía menos capacidad de memoria y velocidad de procesamiento que una calculadora programable de la actualidad. Un computador portátil corriente tiene hoy 100 megabytes de capacidad de memoria y 4 megabytes de memoria RAM con velocidades de proceso frecuentemente mayores que 24 megahertz.

Uso del computador en el cálculo estructural.

El ingeniero estructural, desde la aparición de los computadores, ha hecho un uso intensivo de éste, y los métodos de análisis de estructuras han sido programados en toda clase de lenguajes. Los últimos programas de estructuras son de tipo gráfico en donde los pórticos son analizados tridimensionalmente mostrando al usuario las deformadas de cada elemento, y su uso requiere del conocimiento de instrucciones sencillas y de una entrada de datos ordenada. Lo sorprendente es que estos también pueden operarse en pequeños computadores portátiles.

La edición de planos en plotters y el despiece automático de algunos programas hacen que los cuadros de hierros o despieces sean hoy en día una tabla más sin muchas complicaciones ni errores.

Uso del computador en geotecnia.

La geotecnia es dentro de las disciplinas de la ingeniería civil, una de las de más reciente desarrollo. Salvo sabios como Coulomb que vivió en el siglo XVIII todos los demás investigadores y maestros de la geotecnia son de este siglo, y principalmente desde 1940 para adelante, a excepción de los pioneros Casagrande y Terzaghi que desarrollaron sus investigaciones en la primera mitad del siglo.

En la geotecnia el uso del computador ha estado más restringido por ser el suelo un medio heterogéneo, difícil de modelar. Aplicaciones específicas se han desarrollado desde hace tiempo para resolver problemas aislados como es el caso de los programas de análisis de estabilidad de taludes utilizando los métodos de Bishop u otros, y frecuentemente se programan o se diseñan hojas de cálculo con soluciones de capacidad portante, cálculo de asentamientos, cálculo de muros de contención, etc. Análisis para presas y formas complejas de suelos o estratigrafías, ameritan el uso de métodos por elementos finitos.

Las tendencias actuales en la geotecnia han mostrado la necesidad de disponer de "zonificaciones", o sectorización de áreas de terreno o poblaciones en las cuales se identifica la estratigrafía (o litología) predominante en los diferentes sectores de un terreno o población con el objeto de disponer de un "geo-argumento" para la planificación de un proyecto o de un desarrollo urbano. Estas zonificaciones se basan, en:

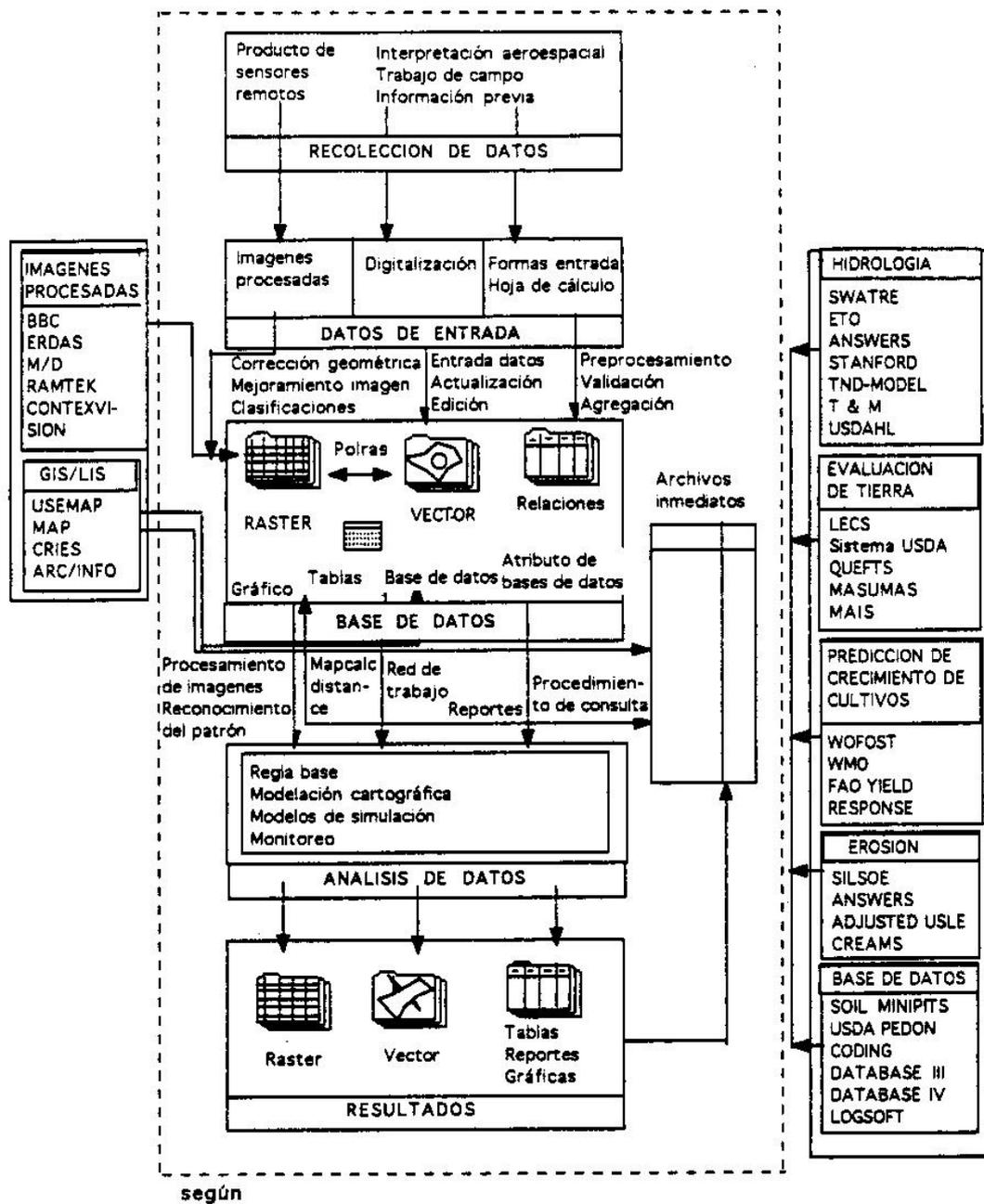
Geología.

Información de sondeos geotécnicos.

Información de resultados de ensayos de laboratorio de suelos.

No se incluye en una zonificación, pero sería deseable incluirla dentro de la información disponible para un sistema de información en geotecnia, aquella derivada de las soluciones de cimentación adoptadas en cada área y características de su comportamiento a través del tiempo.

REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL SISTEMA ILWIS



según : Valenzuela, C.R. "Ilwis overview" 1988

Sistemas de información.

Una definición que se encuentran en libros de textos de administración define al sistema de información, como " sistema orientado a reunir y procesar información externa principalmente con propósitos de planeación". Esta definición es válida para un sistema de información de ingeniería, y se concluye que antes de la aparición de los computadores, un sistema de información elemental puede identificarse con el archivador de gavetas, o el escritorio del usuario en donde aparece la información organizada de cierta manera. (5)

El estado actual de los programas y computadores ha conducido al desarrollo de los sistemas de información, en los cuales un usuario tiene acceso a grandes volúmenes de información de una manera que su consulta le permita, o documentarse, o tomar decisiones. Tal vez, el primer desarrollo de estos fue el sistema de información gerencial en el cual el gerente o ejecutivo de una corporación se sienta en su monitor y puede consultar la información de la empresa teniendo acceso a los sistemas contables, programáticos y de resultado, y consultando la información precisa que le permita tomar una decisión, o configurar un reporte para su Junta y planificar a largo plazo.

Los sistemas de información geográfica.

El sistema de información geográfica o SIG , se generó por la necesidad de manejar los grandes volúmenes de información resultantes del análisis de problemas de tierra y agua. Una de estas aplicaciones desarrollada en Holanda, el ILWIS, refleja con precisión esta necesidad. Esta sigla significa " Integrated Land and Water Information System" y sus creadores lo describen como una herramienta que " ...está basada en los conceptos multidisciplinarios para resolver problemas en el amplio dominio de tierra y agua." (Esquema 1) (6)

Los SIG, permiten manipular información digitalizada de planos o imágenes del terreno, ya sea información raster (áreas sin distinción de contornos o elementos) o

vectorial o puntual (como el caso de un pueblo, una vía, un ducto, un río, o un deslizamiento). A estos elementos el sistema puede asociar además tablas de información numérica o alfanumérica y la gran virtud del programa finalmente es la de poder ejecutar operaciones y superposiciones entre las diferentes tablas de datos numéricos o entre las diferentes capas de información , y editar los informes o planos que de estas operaciones se deriven como resultado.

Se han desarrollado recientemente diversos sistemas de SIG, los cuales en general se pueden utilizar como sistemas de información en geotecnia.(2)

Sistemas de información en geotecnia.

El archivo geotécnico es de gran dinámica, ya que continuamente se está consultando la información de suelos de una zona ya investigada y prácticamente todos los proyectos estudiados ofrecen el mismo interés para la consulta, no importa su antigüedad.

Principalmente se trata de consultar la información de suelos, o sea la estratigrafía, pero sería muy deseable contar con la información de soluciones de cimentación y su comportamiento con el objeto de poder afinar métodos de diseño y reducir costos. Lamentablemente todavía dista mucho el momento en que se vuelva rutinaria, durante la construcción, la medición y seguimiento del comportamiento de una cimentación.

Cuál sería el ideal de la información que quisiera tener disponible el ingeniero para consulta permanente? Podemos pensar en los siguientes grupos de información, que en orden de grado de detalle son:

- * Zonificación.
- * Estratigrafía de suelos.
- * Propiedades de los suelos.
- * Soluciones de cimentación.
- * Comportamiento de las soluciones de cimentación.

Zonificaciones:

La zonificación es básicamente un mapa en donde se distinguen los diferentes tipos de suelos de superficie, o de secuencias de estratos de suelos con interés para el ingeniero, y con un resumen de las propiedades más importantes para ingeniería. Se basan en mapas geológicos y en datos concretos de sondeos o investigaciones de suelos realizadas en diferentes sitios, y se utilizan principalmente en ciudades donde la densidad de la información es alta, y donde se requiere cada vez más planificar el desarrollo de éstas con base en estos mapas. (4)

Las zonificaciones se han desarrollado recientemente como un esfuerzo investigativo por parte de las Universidades y empresas del sector público, o empresas especializadas en geociencias como Ingeominas, en ocasiones por encargo de las alcaldías o por la necesidad de incorporar esta información básica dentro de códigos de construcción o manuales de planeación urbana o regional.

La principal limitación de este tipo de información es que no siempre existe, y cuando la hay, está a un nivel investigativo aún. Otra característica de las zonificaciones es que siempre serán susceptibles de ser mejoradas mediante la incorporación de una muestra más grande de datos.

Son una herramienta importante para ubicarse dentro del ambiente geotécnico de un sitio, hacia el comienzo de una investigación del suelo, y permiten ante todo una mejor programación de una investigación de campo y de laboratorio de suelos.

Estratigrafía y propiedades de los suelos:

Si existe un sondeo con muestreo y ensayos de campo y de laboratorio en cercanías del sitio que se pretende estudiar, ésta será la mejor información para guiar el planeamiento de una investigación de suelos.

Las limitaciones de este tipo de información concreta están dadas por la mayor o menor similitud que pueda tener la información existente con el sitio exacto donde se

pretende iniciar una investigación, y solo el criterio del ingeniero podrá decidir acerca del grado de similitud esperada. La observación en el campo de los accidentes y de la semejanza topográfica y morfológica serán de buena ayuda y se deberán tener en cuenta los cambios que haya podido sufrir con el tiempo la información existente, debido a movimientos de tierra, obras civiles construidas o cambios en la hidráulica del suelo.

Soluciones de cimentación:

La información de la solución de cimentación adoptada para un tipo dado de estructura, es práctica, y si su funcionamiento ha sido adecuado, habla indirectamente de las propiedades de los suelos, como de su resistencia y compresibilidad.

Comportamiento de las soluciones de cimentación:

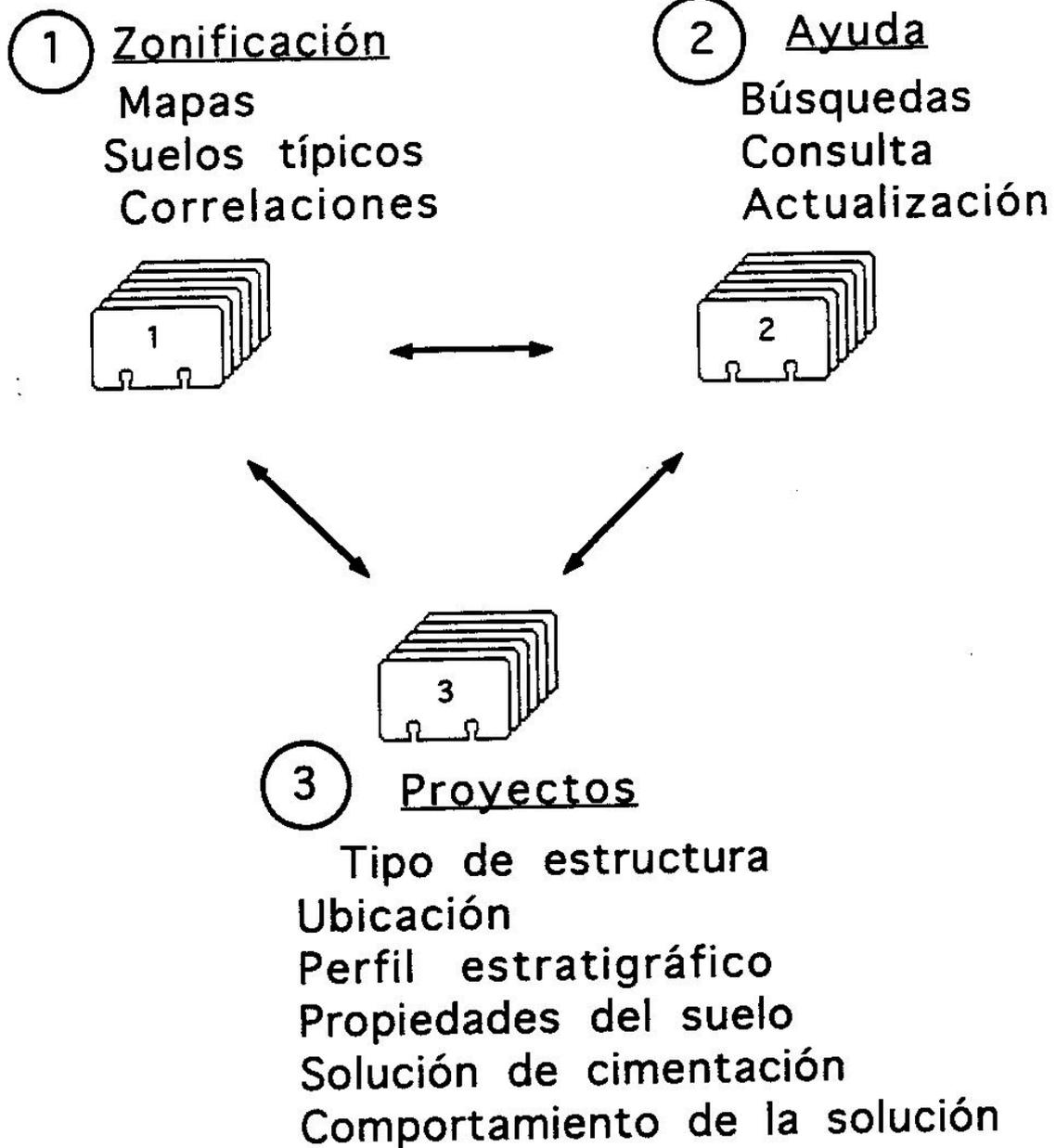
Puede ser uno de los datos más valiosos que permita perfeccionar métodos de diseño, técnicas de ingeniería y optimizar costos, pero lamentablemente es uno de los datos más difíciles de recopilar ya que en la gran mayoría de obras no se practica la medición y el seguimiento de la cimentación.

Modelo de Sistema de Información Geotécnica.

En el esquema N° 2 se presenta una propuesta de sistema de información geotécnica basada en el programa Hypercard y con un contenido similar al descrito en el capítulo anterior, para la ciudad de Bogotá. Este programa trabaja en ambiente Macintosh y se especializa en manejar "tarjeteros o ficheros", o pilas (traducción española del original "stack" en inglés), similar a ficheros bibliográficos. El programa permite hacer conexiones entre tarjeteros y disponer de la información mediante la pulsación de "botones", lo cual lo hace especialmente atractivo por lo fácil de usar para el usuario que quiere consultar la información.

SISTEMA DE INFORMACION EN GEOTECNIA

II Encuentro Nacional de Ingenieros de Suelos y Estructuras



El sistema cuenta con los siguientes tarjeteros:

Tarjetero de Zonificación:

Incluye un mapa de la ciudad de Bogotá con las cinco diferentes zonas identificadas como típicas en el trabajo presentado por la Universidad de los Andes en las VI Jornadas Geotécnicas de la Sociedad Colombiana de Ingenieros en 1990. (3)

Los perfiles estratigráficos promedio para cada una de las 5 zonas son otras tarjetas de la pila, y se incluyen las correlaciones derivadas del estudio de las propiedades del suelo de la misma investigación.

Tarjetero de proyectos:

Incluye una recopilación de estudios de suelos para edificios realizados en la ciudad, de los cuales se extrae la ubicación exacta, la estructura, su solución de cimentación y un perfil estratigráfico promedio en forma gráfica. Cada estudio resumido entra en una tarjeta.

Este tarjetero se puede utilizar para resumir el resultado de estudios para propósitos diferentes de edificios, como desizamientos, presas, o vías.

Tarjetero de ayuda:

Desde cualquier tarjeta , se puede llegar a un tarjetero que incluye instrucciones de ayuda rápida para el usuario dependiendo de lo que quiere buscar o consultar, y el cual incluye instrucciones para la operación del programa en sí.

Este incluye también la rutina de actualización de información y la rutina de consulta.

La rutina de actualización incluye la creación de nuevas tarjetas (proyectos nuevos) o la incorporación de nuevos datos dentro de tarjetas existentes e incluye instrucciones

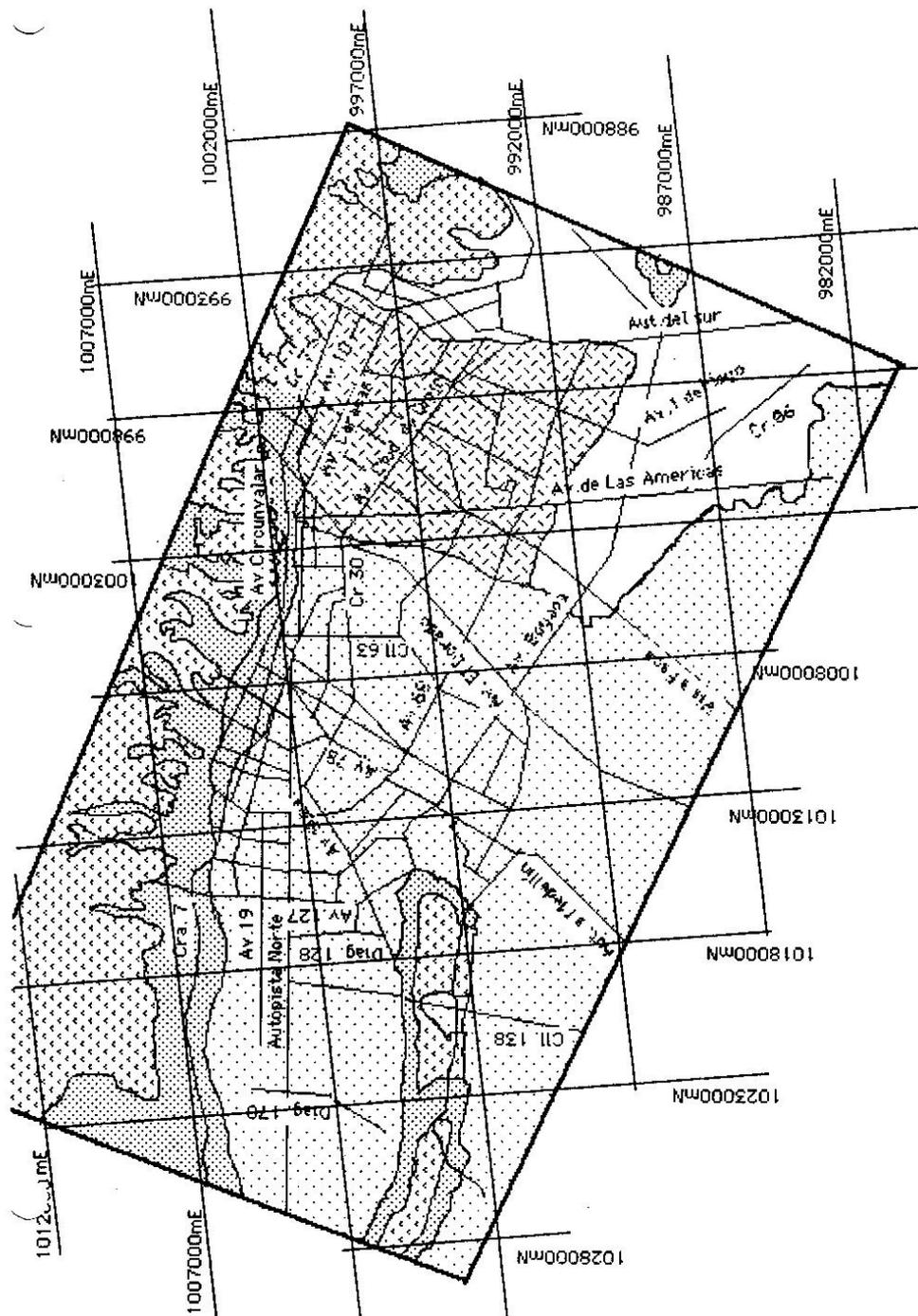
de cómo buscar dentro de la información perfiles de suelos y características cercanas a un sitio de interés, o soluciones de cimentación adoptadas en cierta zona para un tipo determinado de estructura.

Conclusiones.

1. Los sistemas de información son adaptables a la geotecnia y a las estructuras de cimentación adoptadas, mediante la incorporación de información existente de suelos, zonificaciones y descripción de las cimentaciones construidas para un determinado tipo de estructuras.
2. Las bases de datos tradicionales se pueden adaptar para un archivo de estudios geotécnicos y estructuras de cimentación utilizadas pero tienen limitaciones para manejar información gráfica la cual se considera importante en la información geotécnica.
3. Los sistemas de información geográfica son una buena solución para un sistema de información en geotecnia, y los programas como Hypercard proporcionan un uso de fácil acceso al usuario.
4. De la recopilación de datos de suelos y del perfeccionamiento de zonificaciones de suelos, así como de la inclusión de información sobre soluciones de cimentación adoptadas y su comportamiento a través del tiempo, se pueden derivar ventajas tales como ayuda para el planeamiento de una investigación de suelos y cimentación, planificación de desarrollos urbanos, perfeccionamiento de métodos de diseño y optimización de costos en la construcción de soluciones. La disponibilidad ordenada y ágil de esta información para el ingeniero, se puede organizar en un sistema de información geotécnica.

Bibliografía:

1. Hypercard User 's Guide. Apple Computer Inc.
2. Interproyectos Ltda. "Implementación de un sistema de información geográfica para la CAR". Informe de mayo de 1993.
3. Martínez J. M., Piñeros J.D., Rubiano D. "Propuesta de zonificación geotécnica para Bogotá, Universidad de los Andes. VI Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería de Colombia. Sociedad Colombiana de Ingenieros.1990.
4. Parra H. y Salazar L. "Modelo de zonificación y clasificación del subsuelo". Uniandes, 1972.
5. Scott George M. "Principios de sistemas de información" MacGraw Hill, 1988.
6. Van Westen C.J. "ITCX-UNESCO Project on G.I.S. for Mountain Hazard Analysis." I Simposio suramericano de deslizamientos, 1989, Paipa.



Mapa de Zonificación Geotécnica de Bogotá

según Martínez J.M., Piñeros J.D., Rubiano D.M., Uniandes 1990
 versión para Hypercard de Ingenierías S.A. Versión 2 / 1993

Zonificación geotécnica de Bogotá *

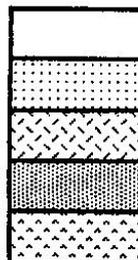
Zona de arcillas duras y expansivas

Zona de arcillas blandas

Zona de arcillas duras

Zona de coluviones, talus, y conos

Zona de roca

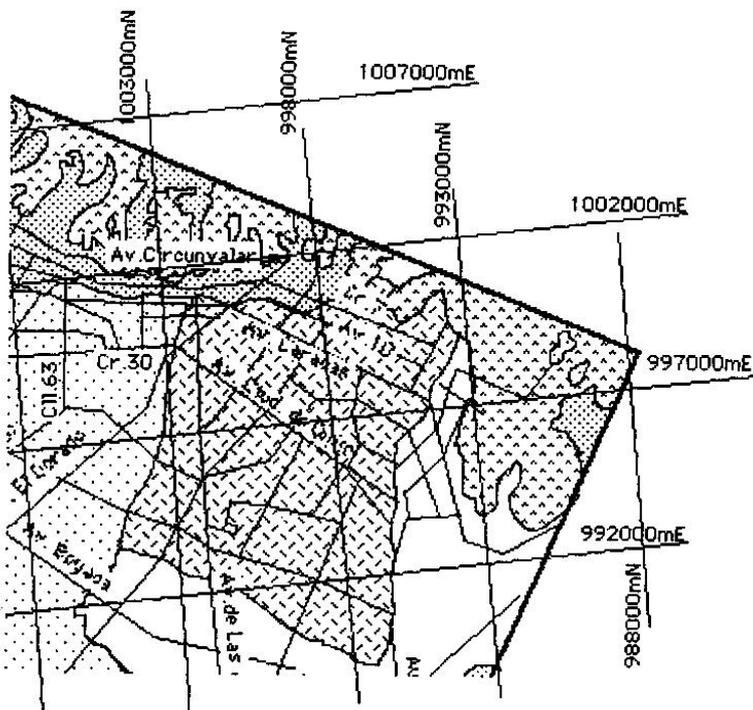
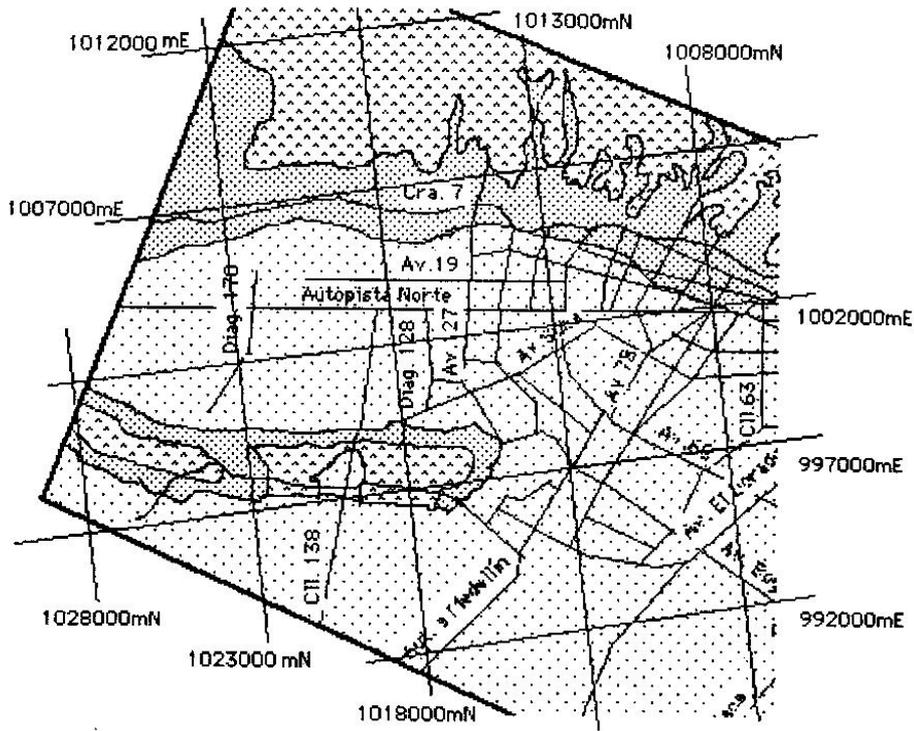


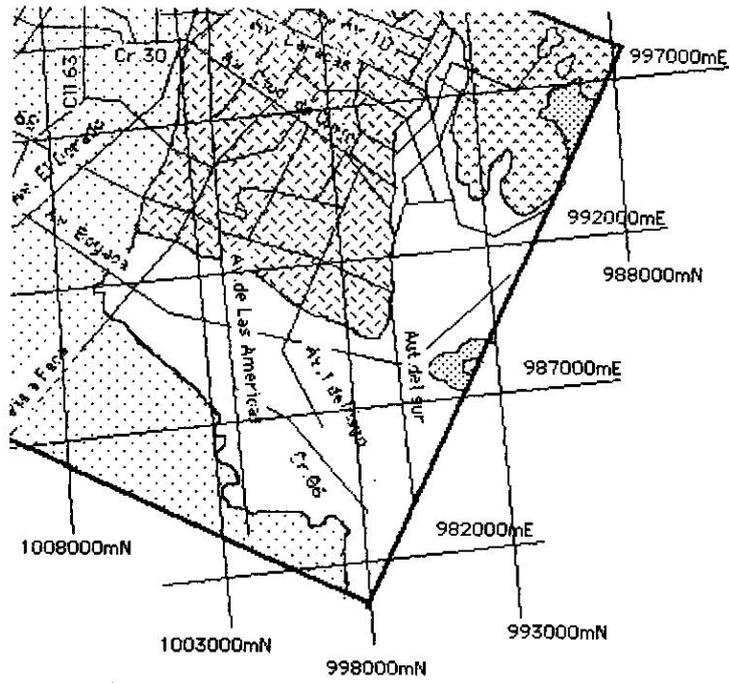
Mapas



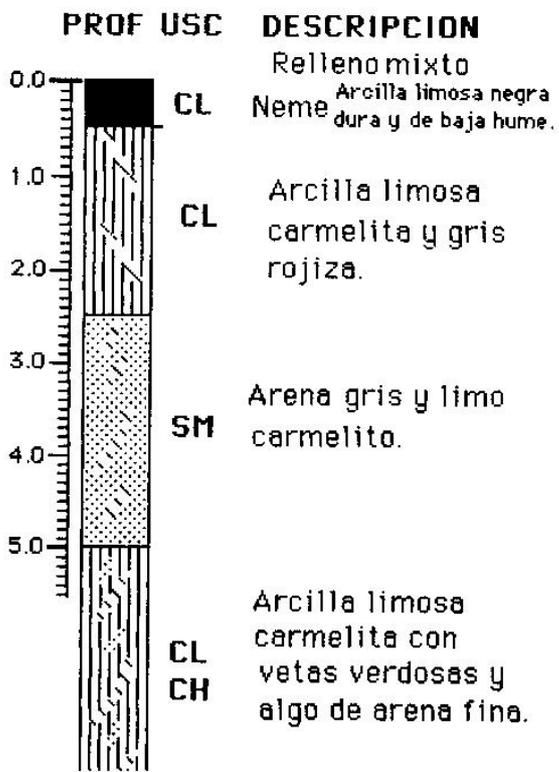
* Adaptación para Hypercard de "Propuesta de zonificación geotécnica para Bogotá", Martínez J.M., Piñeros J.D., Rubiano D.M., Uniandes 1990.
© ingeciencias S.A. versión 2, 1993.



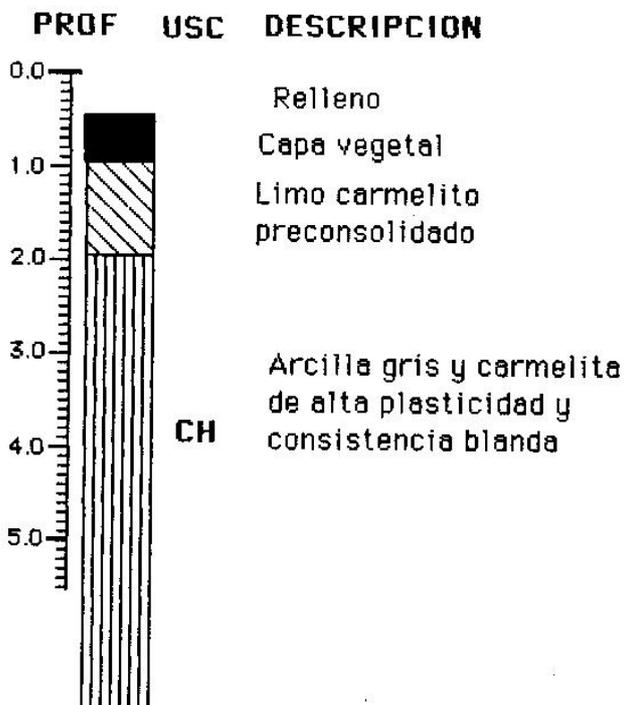
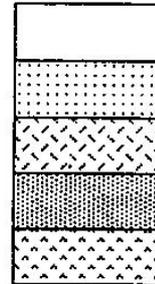




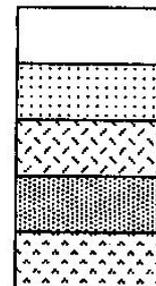
A vertical column of icons and a legend. At the top is a house icon. Below it is a legend consisting of five horizontal rectangular boxes with different hatching patterns: a white box, a box with a grid pattern, a box with a diagonal line pattern, a box with a cross-hatch pattern, and a box with a dotted pattern. Below the legend are three navigation icons: a left-pointing arrow, a right-pointing arrow, and a square button containing a right-pointing arrow.

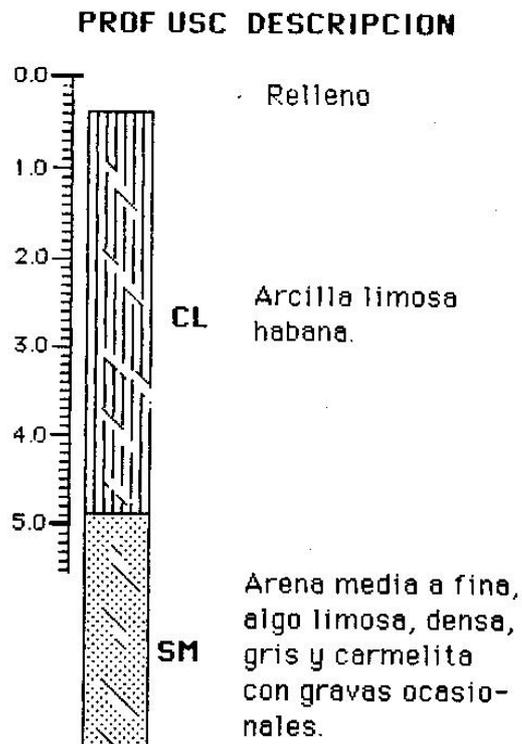


**Zona de arcillas
duras y expansivas**

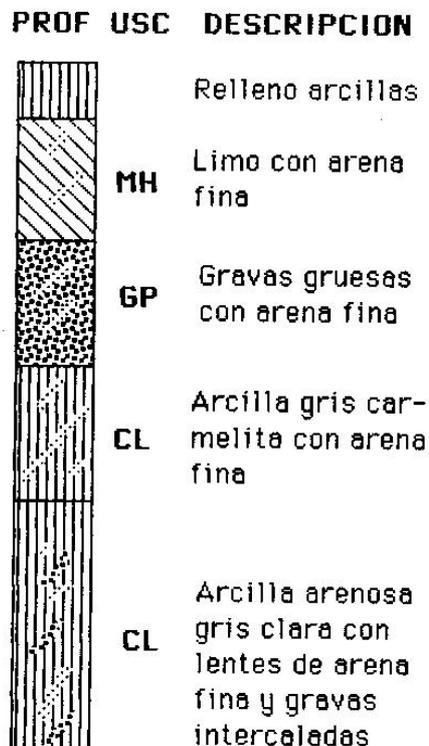
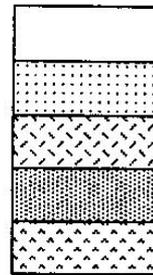


**Zona de arcillas
blandas**

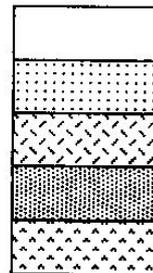




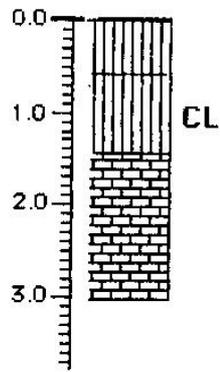
Zona de arcillas duras.



Zona de coluviones



PROF USC DESCRIPCION



Relleno arcillas
 Arcilla gris con arena fina
 Arenisca o arcillolita.

Zona de roca

