

UNIVERSIDAD DE GRANADA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA
CARTOGRAFÍA URBANA APLICADA
A LA CIUDAD DE GRANADA

TESIS DOCTORAL

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ DEL POZO

NP

E.T.S. I. CAMINOS	
BIBLIOTECA	
CDU	<u>CAAT 624.1</u>
AUTOR	<u>HER</u>
TITULO	<u>ana</u>

UNIVERSIDAD DE GRANADA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



ANÁLISIS METODOLÓGICO
DE LA CARTOGRAFÍA
GEOTÉCNICA URBANA.
APLICACION A LA CIUDAD
DE GRANADA

TESIS DOCTORAL



JUAN CARLOS HERNÁNDEZ DEL POZO

1998

ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA CARTOGRAFÍA URBANA APLICADA A LA CIUDAD DE GRANADA

Tesis Doctoral que presenta el Ingeniero Juan Carlos Hernández del Pozo para obtener
el título de Doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE GRANADA



Vº Bº del Director

D. José María Rodríguez Ortiz

Departamento de Estructuras de la Edificación
Universidad Politécnica de Madrid

El Doctorando

D. Juan Carlos Hernández del Pozo

Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Granada

AGRADECIMIENTOS

Hay momentos especiales en la vida de las personas y en la vida de las ideas. Estas pequeñas líneas llegan un poco tarde cuando el que suscribe se encuentra más allá de la madurez; como decía el poeta de otros tiempos, "pero estoy ya de agradecer cansado". No a lugar al agradecimiento, a lugar al reconocimiento.

Hace años, más de los necesarios, cuando el autor de este documento era un ingeniero a la caza de un tema para tesis, la figura del profesor Rodríguez Ortiz, compañero de trabajo en momentos duros, de una obra dura, apareció ante mí con la potencia del arado que surca los campos en línea recta y con la humanidad del gañán que abreva a los caballos con paciencia. Recuerdo con cariño, las noches de la costa de Granada, cuando no había lugar a seguir hablando de la ladera que no quería vivir, las discusiones filosóficas sobre el tratamiento de los bancos de datos, mi sorpresa ante la cultura llana de José María que sin querer demostraba con su conocimiento, que ya estaba escrito lo que yo quería escribir, que las reflexiones sobre cartografía urbana que a mí me parecían originales no eran más que maduras, que la línea de pensamiento que yo entendía como metodología no era otra caso que un corsé cartesiano de corte alemán, que el filo de la navaja por el que caminaba mi discurso, en lugar de fronterizo entre el tratado de la tierra y la tecnología aplicada no era más que barroquismo mal entendido. Sin el profesor este trabajo no tendría título.

Mi amigo el Arquitecto Emilio Yanes le dio un sentido a este trabajo con sus matizaciones sobre la forma de expresión que es necesaria para obtener la capacidad de la representación que el pueblo llano pueda leer que quizás yo no habría sabido encontrar, la dureza de la expresión que solo mantienen los genios acompañada por las matizaciones de Berenguer tu colaborador de toda la vida, le dieron la forma justa en el papel al tema central de este documento, " el mapa sintético sobre condiciones de cimentación".

Cuando la bibliografía está consultada, cuando aparece el desmayo ante la labor que te espera, cuando un ingeniero que vive en el mundo real se ve enfrentado a la labor de darle forma a un documento que tiene que leerse como tesis, apareció el profesor Chacón como una nube que da sombra cuando el cansancio te regala un sudor infinito, con su suavidad acostumbrada, con su forma posibilista de ver las cosas, con la esperanza de hacer útil la indefinición de la mente. Gracias Pepe.

Carlos, sin tu capacidad de empujar hacia delante, que la gente mediocre confunde con mal carácter, posiblemente está tesis estaría todavía durmiendo el sueño de los justos. Que suerte haber trabajado contigo, profesor Oteo, que desgracia que por avatares del destino ya no estés con nosotros.

Isidro y Santos no sois mis amigos de hoy, representáis al grano de arena de las muchas personas que me aguantaron en mis nervios por acabar, en tu caso Isidro, tu solo eres una cantera. A todos los que me escucharon, me criticaron o me ayudaron, solo me queda decir que este librito no es un punto y final, tiene que tener continuación, mis experimentos del lenguaje espero tomen otros derroteros, quizás bajo las olas del mar y en la ladera de poniente donde quedó preñada la madre de estos apuntes que ahora nacen sin cesárea.

Juan Carlos Hernández del Pozo

INDICE

I.- OBJETIVO Y PLANEAMIENTO DEL TRABAJO

II.- ANTECEDENTES

II.1. ESTADO DE CONOCIMIENTOS EN CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA URBANA Y BANCO DE DATOS GEOTÉCNICOS

II.2 BANCO DE DATOS ESPAÑOLES

- II.2.1. Estudio preliminar para la construcción de un banco de datos geotécnicos, integrado en el banco de datos del subsuelo.
- II.2.2. Banco de datos del Servicio Geológico de Obras Públicas y la E.T.S. de Ingenieros de C.C. y P. de Madrid, para el Ayuntamiento de Madrid.
- II.2.3. Diseño de un Banco Geológico-Geotécnico. Área piloto de la ciudad de Barcelona.
- II.2.4. Base de datos geotécnicos de la Comunidad de Madrid, Unidad de Seguimiento y Auscultación, Ampliación del Metro de Madrid, 1995-1999.

II.3 BANCOS DE DATOS EXTRANJEROS

- II.3.1. Banco de datos geotécnico de la ciudad de Johannesburg (Sudáfrica).
- II.3.2. Banco de datos "Geosys" de la Universidad de Sheffield, Inglaterra (1982).
- II.3.3. El banco de datos geotécnicos en la ciudad de Rouan (Sistema Fidji-Vercors) (1979).
- II.3.4. Banco de datos del subsuelo (B.S.S.) del Bureau de Recherches Geologiques et Minières (B.R.G.M.). Francia (1979)
- II.3.5. Banco de datos de los Laboratorios Regionales de Ponts et Chaussées. Francia (1979).
- II.3.6. Banco de datos de la ciudad de París (1979)
- II.3.7. El banco de datos para uso geotécnico del condado Tyne & Wear (1982)
- II.3.8. Característica geotécnicas y cartográficas del subsuelo en la zona de Turín (1986)
- II.3.9. Concepto y realización de un banco de datos geológicos y geotécnicos orientado a la cartografía geotécnica: Aplicación a la ciudad de Túnez (1988)
- II.3.10. Otros bancos de datos extranjeros

II.4. RESUMEN DE LA BIBLIOGRAFÍA ESTUDIADA

III.- METODOLOGÍA DE LA CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA URBANA. CRITERIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO DE DATOS.

III.1. INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE LA CIUDAD

III.1.1. Generalidades

III.1.2. Definición, naturaleza y origen de la Información Básica (I.B.)

III.1.3. Clasificación de la Información Básica

III.1.4. Definición geográfica

III.1.4.1. Situación geográfica (TGP1)

III.1.4.2. Localización (TGP1C1)

III.1.4.3. Topográfico (TGP1C2)

III.1.4.4. Accidentes (TGP1C3)

III.1.4.5. Climatología (TGP1C4)

III.1.4.6. Geografía socioeconómica (TGP1C5)

III.1.5. Encuadre geológico

III.1.5.1. Localización (TGP3C1)

III.1.5.2. Litología (TGP3C2)

III.1.5.3. Neotectónica (TGP3C3)

III.1.5.4. Sismología (TGP3C4)

III.1.6. Evolución geomorfología

III.1.6.1. Geodinámica externa (TGP4C1)

III.1.6.2. Acciones antrópicas (TGP4C2)

III.2. DOCUMENTACIÓN GEOTÉCNICA (TGP5)

III.2.1. Presentación del campo de trabajo (TGP5C1)

III.2.1.1. La escala (TGP5C1D1)

III.2.1.2. Plano Urbano (TGP5C1D2)

III.2.1.3. Plano de Sondeos (TGP5C1D3)

III.2.1.4. Plano de Sectores (TGP5C1D4)

III.2.1.5. Plano de Cuadrícula (TGP5C1D5)

III.2.2. Información general (TGP5C2)

III.2.2.1. Información del Lugar (TGP5C2D1)

III.2.2.2. Proyectos de Cimentación (TGP5C2D4)

III.2.2.3. Notas Previas (TGP5C2D5)

III.2.3. Información especializada (TGP5C3)

III.2.3.1. Sondeos Mecánicos (TGP5C3D1)

III.2.3.2. Ensayos Penetrométricos (TGP5C3D2)

III.2.3.3. Ensayos de laboratorio en muestras alteradas (TGP5C3D3)

III.2.3.4. Ensayos de laboratorio en muestras inalteradas (TGP5C3D4)

III.2.3.5. Dictamen (TGP5C3D5)

III.2.4. Presentación de la información especializada (TGP5C4)

III.2.4.1. Datos previos (TGP5C4D1)

III.2.4.2. Situación (TGP5C4D2)

III.2.4.3. Trabajos realizados (TGP5C4D3)

III.2.4.4. Tipo de material (TGP5C4D4)

III.2.4.5. Tipos de cimentación recomendada (TGP5C4D5)

III.2.5. Tratamiento de la información (TGP5C5)

III.2.6. Aspectos geotécnicos

III.2.7. Evaluación de la Documentación Geotécnica

III.2.7.1. La Cartografía Geotécnica Urbana (C.G.U.) y el Banco de Datos (B.D.G.U.).

III.2.8. El discurso dialéctico

III.2.9. Unidades geotécnicas

III.2.9.1. Introducción

III.2.9.2. Clasificación

III.2.9.3. Zona Geotécnica

IV. CONSTITUCIÓN DEL BANCO DE DATOS

IV.1. GENERALIDADES

IV.2. UNIDAD BASICA DE INFORMACIÓN

IV.2.1. Elección de la Unidad Básica

IV.2.2. Análisis de la Unidad Básica

IV.2.3. Densidad y distribución

IV.2.4. Depuración de la Información

IV.3. ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO

IV.3.1. Metodología previa

IV.3.2. Tratamiento Geoestadístico

IV.3.2.1. Introducción

IV.3.2.2. La geoestadística

IV.3.3. Análisis estadísticos de propiedades

IV.3.4. Análisis de las fuentes de información

IV.3.4.1. La gráfica real en Granada

V. RESULTADOS DEL ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA URBANA APLICADA A LA CIUDAD DE GRANADA

V.1. PLANO LITOLÓGICO

V.2. PLANOS DE PROFUNDIDAD DEL MATERIAL DE RELLENO Y DE PROFUNDIDAD DEL MATERIAL COMPETENTE

V.3. PLANO DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

VI. ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE UNA ZONA DEL CASCO URBANO DE GRANADA

VII. ANÁLISIS GEOTÉCNICO DEL RESTO DE LAS ZONAS DEL CASCO URBANO DE GRANADA

VIII. CONCLUSIONES

IX. BIBLIOGRAFÍA

X. ANEJOS

ANEJO A. DESARROLLO HISTÓRICO

A.1. Cartografía Histórica (TGP2C1)

A.2. Distritos Historiados (TGP2C2)

A.2.1. Árabe (TGP2C3D1)

A.2.2. Renacentista (TGP2C3D2)

A.2.3. Barroca ilustrada (TGP2C3D3)

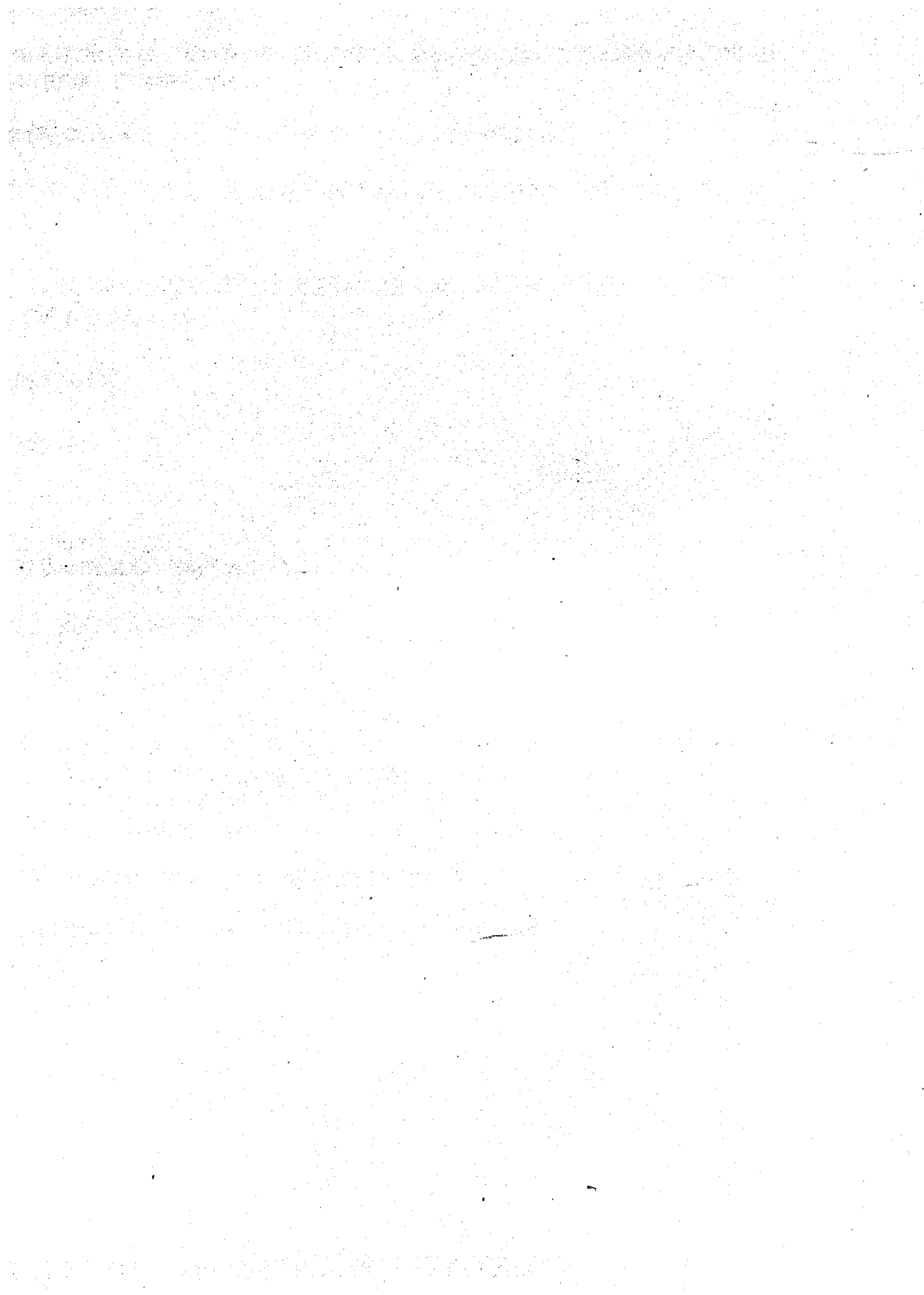
A.2.4. Industrial (TGP2C3D4)

A.2.5. Especulativa

ANEJO B. TRATAMIENTO INFORMATIZADO DE DATOS

ANEJO C. ARCHIVO DE DATOS PUNTUALES DE INFORMACIÓN

I. OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO



Para abordar la justificación de la tesis que aquí se desarrolla, es imprescindible situarla desde los siguientes puntos de partida. En primer lugar destacar la búsqueda de un método lo más racional posible, para tratar los problemas de la ingeniería del subsuelo y la cimentación. En segundo lugar, la interrelación que debe existir entre disciplinas complementarias como único medio de plantear y resolver científicamente los problemas planteados, de acuerdo con la metodología desarrollada.

El presente trabajo comienza en la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, contemplando una primera fase del trabajo. Posteriormente el grueso de investigación dedicada a la Cartografía Geotécnica se desarrolla en Granada.

El primer paso que se ha dado ha sido la búsqueda de información sobre Cartografía Geotécnica y Bancos de Datos tanto en España como en el extranjero.

Una vez sabidas las técnicas de trabajo a este respecto y su evolución en el tiempo, nos centramos en la zona de estudio.

A partir del año 1989 y bajo el título "*Banco de Datos Geotécnico de la ciudad de Granada*", se ha realizado un trabajo de recopilación, ordenación e interpretación de los datos existentes, dentro del entorno de la ciudad de Granada. En este contexto, el objetivo principal fue la recopilación de todos los parámetros geotécnicos que constituyen la información de partida sobre el suelo granadino.

Podemos sintetizar los estudios realizados con los que creemos completado, en buena medida, el objetivo propuesto:

- A. Desarrollo de una metodología para la Cartografía Geotécnica Urbana y criterios para el establecimiento de un Banco de Datos, no sólo aplicable a la ciudad de Granada, sino a otras poblaciones donde se disponga de información suficiente.

Para ello se han analizado también experiencias similares desarrolladas en otros países como los realizados en *Tyne & Wear (Newcastle)* y *Geosys (Sheffield)* en Inglaterra, *Johannesburgo* en Sudáfrica, *París (Ponts y Chaussées)* en Francia, el *IGME Madrid* y el *Servicio de Obras Públicas del Ayuntamiento de Madrid*, todos ellos para el diseño de bancos de datos.

B. Estudio de Unidades Básicas de Información de tipo:

Geográfico: Donde se realiza una descripción de las condiciones formales en que se desarrolla la ciudad.

Geológico: En ella se estudia la naturaleza de los materiales que componen el subsuelo, así como las estructuras que lo conforman.

Geomorfológico: Se tendrán en cuenta las formas que adopta el terreno en el área de estudio, producidas tanto por agentes naturales como antrópicos.

Históricos: Cuyos datos irán encaminados en comprender el por qué de las modificaciones del subsuelo y nos servirá como complemento para interpretar anomalías geotécnicas.

Geotécnico: Constituye el punto central del estudio. Por un lado se realiza una recopilación y presentación de la documentación geotécnica, para culminar con la elaboración, a partir de toda la información anterior, del Plano Geotécnico sobre Condiciones de Cimentación Superficial de la ciudad de Granada.

C. Estudio Geoestadístico, Análisis de Densidad, Distribución y Depuración de Datos Geotécnicos, Modelos Matemáticos para el Tratamiento de las Zonas Geotécnicas, referidos a una zona concreta del casco urbano y posteriormente aplicada a toda la población.

Desde este momento queremos destacar que en este tipo de trabajos siempre faltarán datos que incluir; primero porque el conocimiento del subsuelo avanza con los trabajos que sucesivamente se realizan; y en segundo lugar, porque nunca una cartografía geotécnica debe considerarse cerrada a su posible complementación.

II.- ANTECEDENTES

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

II.1.- ESTADO DE CONOCIMIENTOS EN CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA URBANA Y BANCO DE DATOS GEOTÉCNICOS.

El desarrollo de la Cartografía Geotécnica y la incidencia cada vez mayor de los problemas Geomecánicos en la ordenación territorial y urbana y las obras públicas, ha hecho sentir la necesidad de unificar la información geotécnica y hacerla disponible al mayor número de usuarios evitando la duplicidad de las prospecciones y ensayos, reduciendo los costes y la dispersión de los estudios geotécnicos.

Se pretende con esto conseguir los siguientes objetivos:

- Creación de Bases de Datos (o Banco de Datos), cuyo objetivo es obtener un almacenamiento de los datos, que facilite herramientas de análisis y optimice su explotación.
- Programas de explotación, cuyo objetivo es el tratamiento matemático, estadístico y eventualmente geoestadístico de los datos.
- Programas de cartografía, cuyo objetivo es la restitución de datos geológicos y geotécnicos en forma gráfica.

Un análisis del estado actual de los Bancos de Datos Geotécnicos (BDG) indica una cierta proliferación de los mismos, aunque con un grado de desarrollo muy dispar. En muchos casos no han alcanzado el nivel operativo, generalmente por problemas presupuestarios pero, aún así, sus bases teóricas resultan muy útiles como punto de partida para la creación de uno nuevo.

En nuestro país no existe aún ningún Banco de Datos Geotécnicos de carácter general y accesible, si bien en la ciudad de Barcelona se llevó a cabo una experiencia piloto de diseño de un Banco Geológico-Geotécnico, pero en otros países, estos archivos se han iniciado desde hace más de veinte años.

A continuación vamos hacer una recopilación de los distintos lugares en los que se están realizando Bancos de Datos Geotécnicos orientados a la cartografía, y de su estado de conocimientos.

Separaremos por un lado los bancos de nuestro país y por otro los extranjeros.

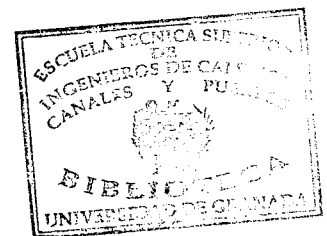
Asímismo relacionaremos los distintos bancos por orden cronológico, a fin de observar la evolución sufrida en el desarrollo de éstos con el tiempo.

Especial importancia daremos a los estudios realizados en Túnez y Turín por la similitud con el problema que nos ocupa.

II-2.- BANCO DE DATOS ESPAÑOLES

Pueden considerarse como más interesantes los trabajos siguientes:

- 1984 - *Estudio preliminar para la constitución de un banco de datos geotécnicos, integrado en el banco de datos del subsuelo (IGME, MADRID).*
- 1984 - *Banco de datos elaborado por el Servicio Geológico de Obras Públicas y la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Madrid para el Ayuntamiento de MADRID.*
- 1988 - *Diseño de un banco geológico-geotécnico. Área piloto de la ciudad de BARCELONA.*
- 1997 - 98- *Banco de datos geológico-geotécnicos de la Junta de Andalucía (en elaboración).*
- 1998- *Base de Datos Geotécnicos de la Comunidad de Madrid, Unidad de Seguimiento y Auscultación, Ampliación del Metro de Madrid, 1995-1999.*



II.2.1.-ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE DATOS GEOTÉCNICOS, INTEGRADO EN EL BANCO DE DATOS DEL SUBSUELO.

El Instituto Geológico y Minero (actual ITGME) realizó en el año 1984, un estudio para incluir en un Banco de Datos todos los datos de que se disponía sobre el subsuelo, proyecto ambicioso que incluía la minería y la obra pública, sin que haya llegado a ser operativo.

Estudió las posibilidades de desarrollo de un BDG en nuestro país, partiendo además de la positiva experiencia del denominado Banco de Datos del Subsuelo.

Este banco tiene un enfoque predominantemente geológico e hidrogeológico, pero resultaba atractivo analizar hasta qué punto su estructura permitía la adaptación de otros aspectos de tipo geotécnico o minero.

Los sistemas incluidos en el Banco de Datos son:

PASCAL-GEODE: Es un archivo mecanizado que contiene un fichero bibliográfico y de proyectos, que incluye información geológico-minera. El acceso se efectúa por palabras claves y temas.

A partir de 1981 el sistema sufre un cambio al unirse al sistema Pascal de Georet, realizándose cambios importantes en la indexación de documentos.

Este fichero puede tener un interés marginal para el BDG permitiendo recuperar informes, artículos, etc., donde exista información geotécnica puntual o elaborada.

CARTOTECA: Es un fichero iniciado en 1978 para ordenar el Fondo Documental Cartográfico del IGME.

Toda la información se procesa y archiva en ficheros, de forma mecanizada

mediante palabras claves y códigos numéricos según áreas científicas.

Para la mecanización, adoptaron una ficha cerrada sin posibilidad de variación de palabras claves y códigos, que, sin embargo, permita una mayor rapidez en su cumplimiento.

CATASTRO MINERO NACIONAL: Este fichero puede constituir un soporte racional para almacenar datos de geotécnica aplicada a la minería, concentrando la información en los puntos donde se produce y se utiliza.

El fichero consta de archivos físicos y magnéticos independientes, aunque conectados mediante los sistemas de bases de datos TOTAL y G-EXEC.

La utilidad geotécnica de este sistema aumentaría si en los planes de labor minera y en las concesiones se definieran con cierta precisión las características estructurales y litológicas de los yacimientos.

ARCHIVOS DEL MAGNA: Se trata de un conjunto de archivos creados con objeto de almacenar el gran volumen de datos asociados con la elaboración del Mapa Geológico Nacional a escala: 1:50.000.

Estos archivos resultan útiles como soporte bibliográfico del BDG y en algunos casos pueden proporcionar datos de uso directo, sobre todo cuando se trata de formaciones rocosas aflorantes.

BANCO DE DATOS GEOQUÍMICOS: Dado su carácter específico, no tiene asimilación posible con el BDG.

En su planteamiento original este archivo y sus fichas de registro, se consideraban bastante asimilables a un BDG, sin embargo, al plantearlo en detalle se ha visto que las dimensiones de los conceptos a introducir superaban en bastantes casos lo previsto en este archivo.

II.2.2.-BANCO DE DATOS DEL SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS Y LA E.T.S. DE INGENIEROS DE C.C. Y P. DE MADRID PARA EL AYUNTAMIENTO DE MADRID.

Otro Banco de Datos que puede analizarse es el que creó en el año 1984 el Servicio Geológico de Obras Públicas para el Ayuntamiento de Madrid, al objeto de elaborar el Mapa Geotécnico de la capital a escala 1:10.000.

Las bases de información de este Banco de Datos son los archivos de datos de geotécnica y de hidrogeología.

La estructura elegida es la de archivos indexados y formateados. Los archivos se ordenan de la misma forma que las fichas de recogida de datos, es decir, están constituidas por un número fijo de campos o de datos, pudiendo ampliar o reducir su número o el número de directorios para todo el fichero.

Se ha dado prioridad sobre otros factores, al tiempo de acceso a la información, para lo cual se han intentado reducir al máximo los programas de tratamiento, eliminando subrutinas, almacenando datos auxiliares en ficheros paralelos de formatos, revisando la información de cada ficha automáticamente, antes de la salida de los datos por terminal.

Las líneas de trabajo que se siguen son las siguientes:

- Incorporación de las fichas cumplimentadas, al Banco de Datos.
- Verificación de la información.
- Selección, clasificación y ordenación de puntos según criterios de interés.
- Estudios estadísticos.
- Salidas numéricas, semigráficas y gráficas.

II.2.3.-DISEÑO DE UN BANCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO. AREA PILOTO DE LA CIUDAD DE BARCELONA

El Banco de Datos Geológico-Geotécnico del Llano de Barcelona ha sido planteado a nivel de tesis doctoral por L.Candela.

El paquete de programas creado consta de tres bloques:

- Entrada y almacenamiento de la información.
- Tratamiento estadístico.
- Salidas gráficas.

La unidad básica de información es el sondeo. Para la descripción de las capas se utilizan diccionarios.

El de adjetivos y términos geotécnicos es de 608 palabras y el de términos litológicos de 138 términos.

El Banco de Datos consta de ocho ficheros relacionados:

- Fichero de acceso directo, que soporta información referente a coordenadas de sondeo, cota y puntero que enlaza con el fichero 2.
- Fichero general que contiene toda la información específica realizada en un sondeo: Empresa, cota, coordenadas, tipo de sondeo... Además posee la información de los punteros de los ficheros 3 a 7.
- Información general sobre las muestras.
- Información general de los SPT

- Información de los ensayos SPT.
- Información sobre la piezometría.
- Información geológica y geotécnica del sondeo.
- Información específica de los ensayos realizados con las muestras obtenidas.
- Fichero de literales (diccionarios) directamente conectado con el fichero 7.

El objeto principal de los ficheros que componen la Base de Datos es almacenar el conjunto de todas las informaciones procedentes de sondeos o informes con el fin de poder seleccionar de inmediato los datos correspondientes a toda pregunta establecida de antemano, facilitando al máximo el acceso a la información.

Cualquier información introducida en el BDG puede ser recuperada a partir de los periféricos de salida del ordenador. La información puede ser obtenida en su totalidad, o bien de forma parcial de los aspectos que interesen al usuario.

El sistema documental permite:

1. Constituir y actualizar el fondo documental.
2. Interrogar al BD para encontrar entre los documentos archivados, aquellos que respondan a ciertos criterios.
3. Restitución impresa de todo o parte del material contenido en los ficheros, de forma fácil, económica y rápida.
4. Promover la utilización de nuevos métodos de tratamiento de datos.

La base de datos explicada anteriormente fue aplicada a una pequeña área urbana de Barcelona.

Se han utilizado 79 sondeos con datos descriptivos, descripciones geotécnicas y ensayos de laboratorio.

La filosofía ha sido aceptar todos los datos como válidos sin intentar cuantificar el grado de fiabilidad.

La información geológica de los sondeos fue analizada y codificada para almacenarla en la Base de Datos, haciendo uso de los diccionarios. Esto permitió combinar la información geológica con el emplazamiento de los sondeos (coordenadas geográficas, cota y profundidad) para utilizarlos en el procedimiento automático de obtención de contornos.

La teoría de variables regionalizadas, la cual incluye el krigeage, fue aplicada ordenadamente, para estimar valores para una superficie en los nudos de una red regular superpuesta.

II.2.4.- BASE DE DATOS GEOTÉCNICOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID, UNIDAD DE SEGUIMIENTO Y AUSCULTACIÓN, AMPLIACIÓN DEL METRO DE MADRID, 1995-1999.

Se trata de una Base de Datos que pretende recoger la información disponible referente a prospecciones geotécnicas realizadas con motivo de la Ampliación del Metro de Madrid, así como las correspondientes a obras anteriores de éste o las procedentes de estudios geotécnicos realizados para edificación, obras públicas u otros fines. A partir de esta Base de Datos se deducirán valores estadísticos de las propiedades geotécnicas de los distintos suelos y se eleaborará una cartografía en planta y perfiles que pueda ser de utilidad para la Comunidad de Madrid.

Tanto la introducción de datos como su depuración se realiza por personal encargado de esta función aunque el programa pretende detectar automáticamente el mayor número de incoherencias posibles.

Igualmente se obvia gran parte del detalle estratigráfico, considerándose aceptable agrupar en una misma capa alternancias pequeñas de terrenos no muy diferentes.

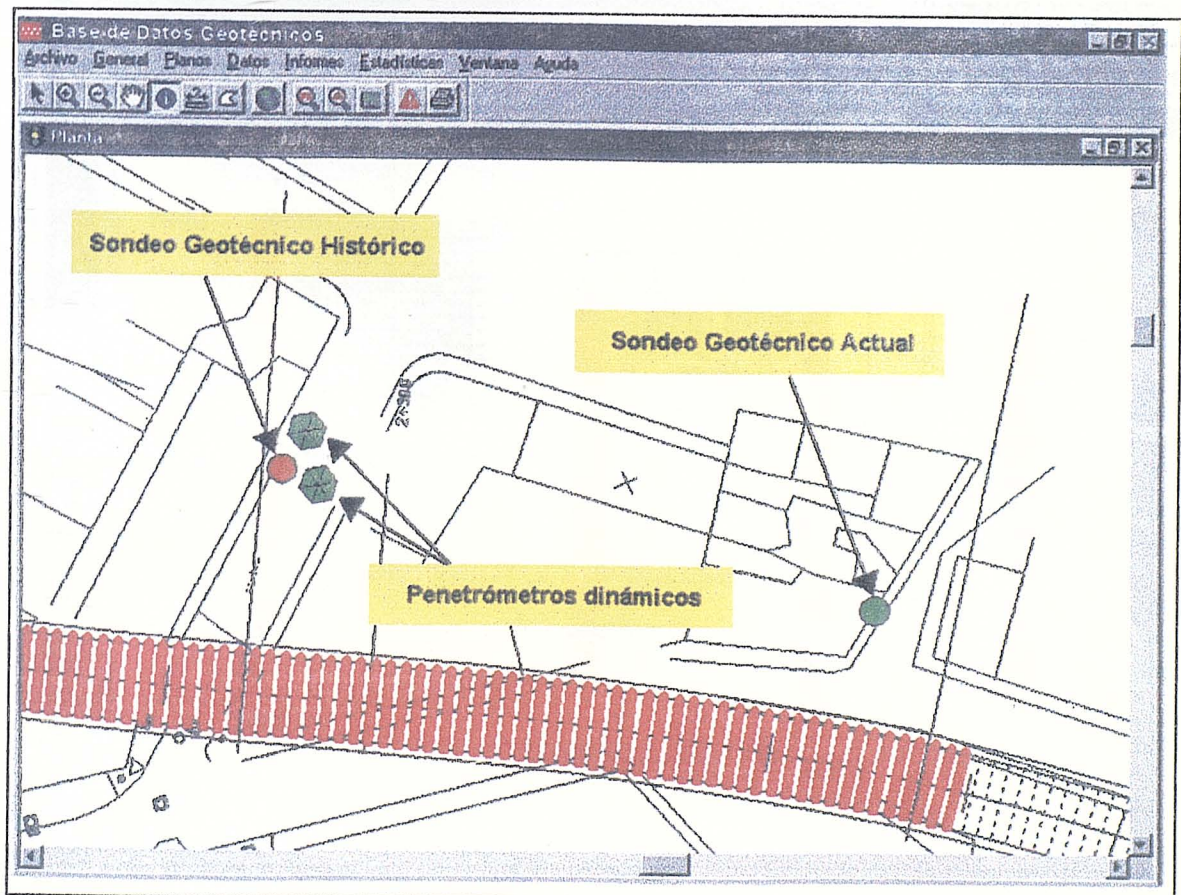
A continuación se representan algunas imágenes de esta base de datos.

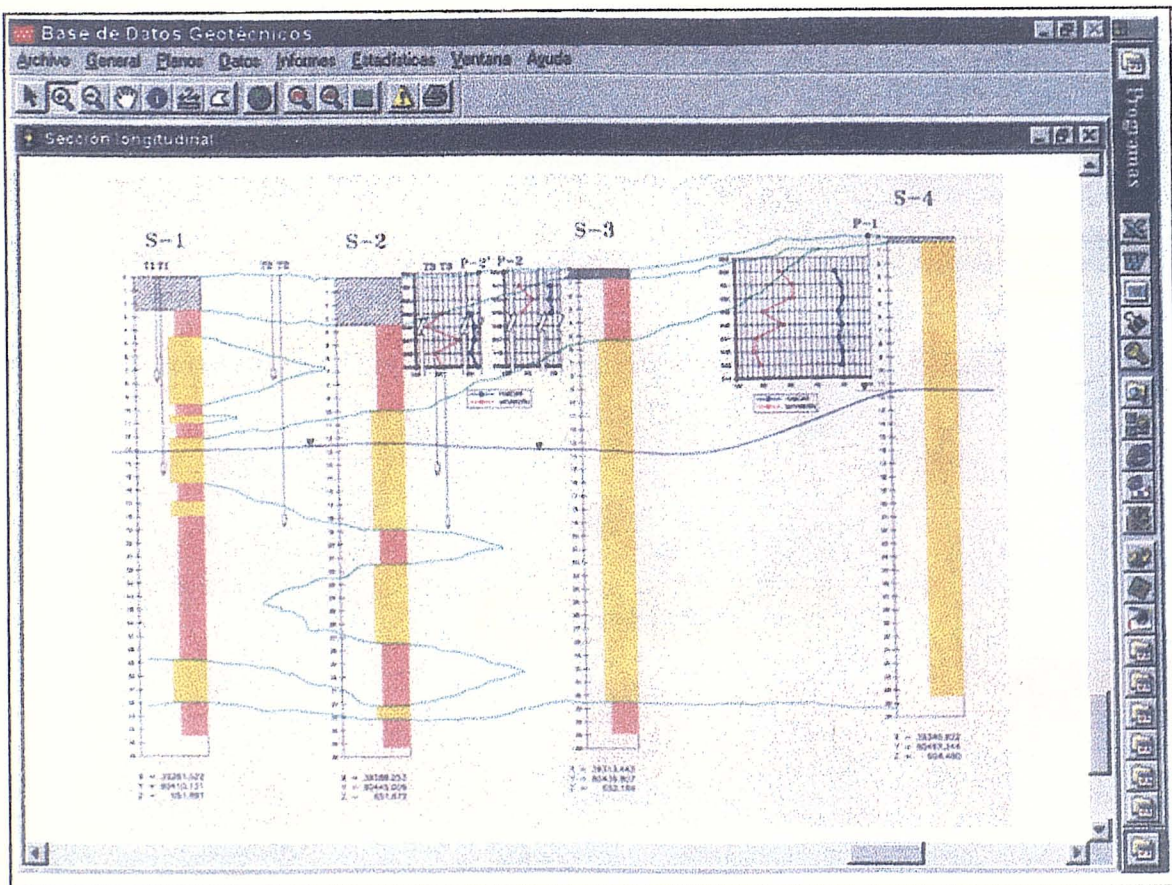
Microsoft Visual FoxPro
Gestor Base de Datos Visualización Gráfica
Entrada/Actualización de Datos Nuevo

Datos Generales		Datos Geométricos		Datos Físicos	
CODIGO	SN0001				
Referencia		Fecha	25/06/1998		
Empresa estudio		Tipo prospección			
Emp. prospección		Subtipo	Dinámico		
		Longitud	0.00		
Coordenada X	14254.0000	Nº N Geotécnicos	0		
Coordenada Y	20967.0000	Nº N Freáticos	0		
Coordenada Z	601.000				
Cuadrante		Fichero informe			
Dirección		Ubicación			

Guardar Cambiar Modificar Datos Empresa Visualizar Informe Salir

Informe (MedidaInforme) Record: EOF/2 Exclusive NUM





II-3.- BANCOS DE DATOS EXTRANJEROS

- 1960 - *Banco de Datos (no informatizado) de la ciudad de ROTTERDAM (Holanda).*
- 1978 - *Banco de Datos "GEOSYS" de la Universidad de SHEFFIELD (Inglaterra).*
- 1979 - *Banco de Datos Geotécnico en la ciudad de ROUAN (Sistema FIDGI-VERCORS).*
- 1979 - *Banco de Datos del Subsuelo (B.S.S.) del Bureau de Recherches Geologiques et Minières (B.R.G.M.) FRANCIA.*
- 1979 - *Banco de Datos Geotécnicos de los Laboratorios Regionales de Ponts et Chaussées. FRANCIA.*
- 1979- *Banco de Datos de la ciudad de PARIS.*
- 1980 - *Contribución a la cartografía geotécnica de la ciudad de París. Estudio de la colina de BELLEVILLE.*
- 1982 - *El banco de datos para uso geotécnico del condado "Tyne & Wear" NEWCASTLE. (Inglaterra).*
- 1983 - *El sistema "GEOTEC" de tratamiento de datos geotécnicos para aplicaciones urbanísticas y de construcción. NANCY. (Francia).*
- 1986 - *Características geotécnicas y geográficas del subsuelo en la zona urbana de TURIN. (Italia).*
- 1988 - *Concepto y realización de una Base de Datos Geológicos y*

Geotécnicos, orientados hacia la cartografía geotécnica. Aplicaciones en la zona de TUNEZ.

1990 - *Cartografía geotécnica para el planeamiento urbano en Pretoria, SUDAFRICA.*

1990 - *Estudio piloto en Amsterdam, HOLANDA.*

1990 - *Cartografía y problemas geotécnicos en Argel, ARGELIA.*

1990 - *Dstrucción y protección del entorno geológico en áreas urbanas. Belgrado, YUGOSLAVIA.*

1990 - *Mapas geotécnicos de Mainz/Rhin, ALEMANIA.*

1990 - *Mapas de elementos del entorno geológico en la ciudad de Pingdingshan, provincia de Henan, REPUBLICA POPULAR CHINA.*

1990 - *Cartografía geologica-geotécnica de la región metropolitana de Rio de Janeiro, BRASIL*

IL3.1.-BANCO DE DATOS GEOTÉCNICOS DE LA CIUDAD DE JOHANNESBURGO (SUDAFRICA).

El Banco de Datos de Johannesburgo fue creado por el departamento de la "*South African Institution of Civil Engineers*" de Johannesburgo. Está formado por una serie de archivos con datos e información de dos tipos:

1. Datos cedidos por otras entidades.
2. Archivos de datos propios.

Existe un índice que sirve para localizar los archivos de datos y su contenido.

Un "archivo" consiste en una recopilación de datos geotécnicos pertenecientes a un lugar determinado que se agrupan y procesan como un conjunto y que han sido descritos según normas preestablecidas. En el esquema inicial, se trata de los datos recogidos en la ficha de entrada, junto con cortes de terreno, registros de sondeos y planos locales.

Para evitar una excesiva complicación en los programas de ordenador, los detalles de los datos disponibles no se almacenan en éstos, sino en microfilm, lo cual tiene el inconveniente de requerir un tiempo extra para su consulta.

El Banco de Datos está formado por las siguientes partes:

- El Índice.
- El Índice Especial
- Planos transparentes recogiendo información selectiva.
- Los datos contenidos en microfilm.

El índice es un listado de ordenador de todos los registros almacenados en el Banco de Datos.

El listado del índice comprende 36 campos, que describen conceptos relacionados con la geotécnica.

El índice especial es un listado de cualquier combinación de campos, presentado en cualquier orden.

Sirve para aumentar la velocidad de recuperación de datos importantes. Solamente tendrá un auténtico valor cuando se haya introducido en el índice un gran número de datos o cuando ya suponga demasiado tiempo realizar una consulta manual del índice.

Las transparencias consisten en dibujar sobre hojas de plástico transparente, todos los lugares de los que existen registros, anotados en el índice y colocarlas sobre los planos de Johannesburgo a escala 1:50.000.

Se dibuja también una cuadrícula sobre la transparencia y se anota cada lugar de interés, junto con su número de referencia y nombre y su número de identificación del organismo que lo ha suministrado.

Los datos contenidos en microfilm son:

- Cortes del terreno
- Registros de sondeos
- Planos locales

Estos datos no se introducen en el ordenador, con objeto de no complicar el sistema, al menos hasta que no se haya demostrado su viabilidad.

La recuperación de los datos del sistema se hace primero con un plano guía, que muestra todos los planos a escala 1:5.000 que cubre la zona de Johannesburgo y de éstos se selecciona el que interesa. Después se hace una consulta detallada del plano

seleccionado, con transparencias colocadas sobre el mismo, para identificar las zonas de interés próximas al lugar del que el usuario desea conocer los datos.

A continuación consulta el listado del índice para obtener más detalles geotécnicos de la zona de interés y acto seguido, se consultan los datos almacenados en el Banco de Datos, la mayoría de los cuales están en forma de cortes del terreno, registros de sondeos y planos locales, con una indicación de los datos adicionales que están disponibles.

Este Banco de Datos solo es aplicable en la actualidad a determinadas zonas de la ciudad de Johannesburgo, aunque con pequeñas alteraciones de los programas de ordenador se puede aplicar a cualquier ciudad.

IL3.2.-BANCO DE DATOS "GEOSYS" DE LA UNIVERSIDAD DE SHEFFIELD, INGLATERRA (1982).

El Banco de Datos "GEOSYS" de la Universidad de Sheffield es un sistema de almacenamiento y procesos de datos geotécnicos puesto a punto por los "Engineering Geology Laboratories" de la Universidad de Durham (Inglaterra).

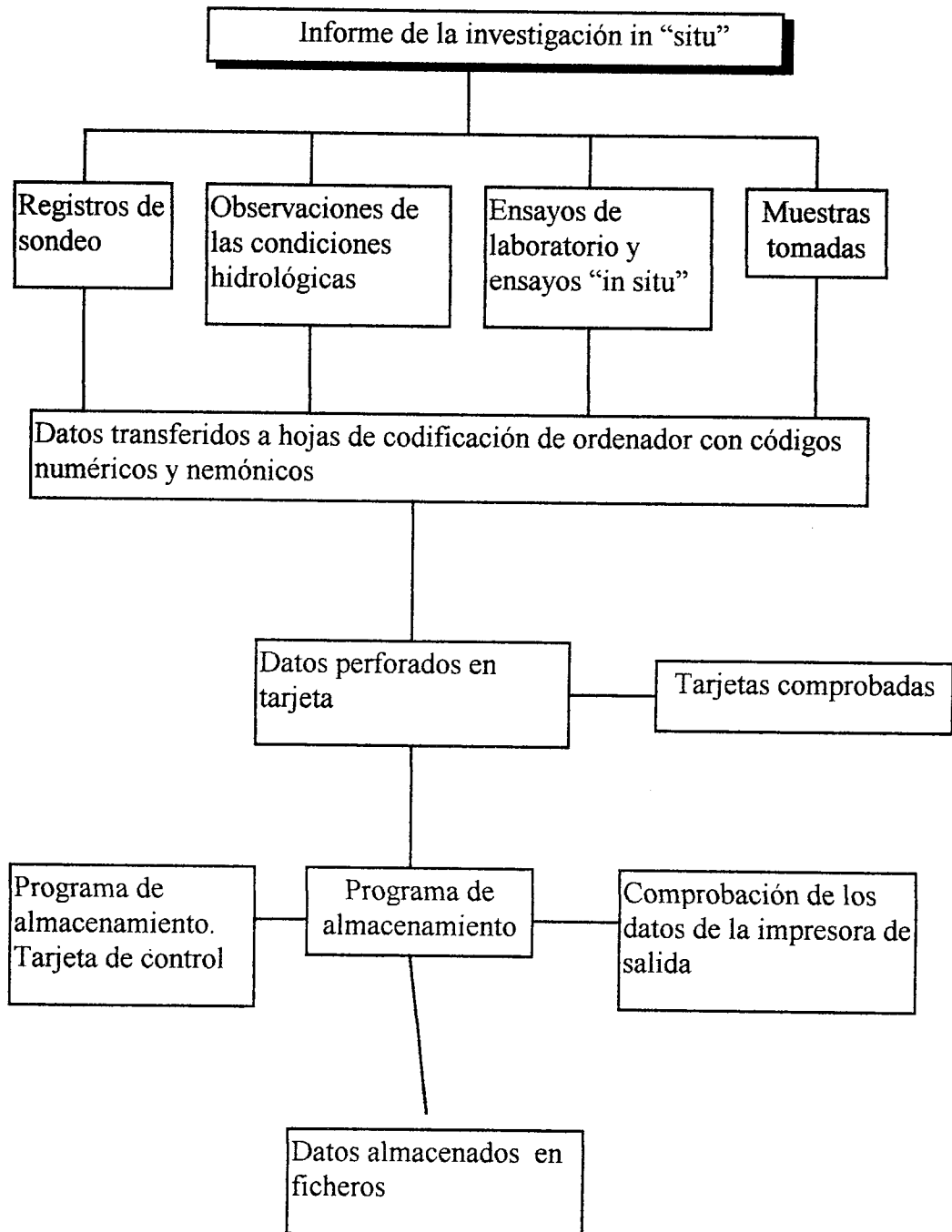
Se han elaborado una serie de programas de ordenador denominados "GEOSYS", para el almacenamiento, proceso y recuperación de datos geológicos y geotécnicos.

La zona elegida para desarrollar este trabajo ha sido la ciudad de Newcastle-Upon-Tyne, donde la construcción de nuevos edificios, carreteras y metro, proporcionan abundantes datos que podrán ser utilizados en ulteriores fases de desarrollo urbano.

En este sistema se considera de especial importancia los registros de los sondeos y los datos geotécnicos obtenidos de ellos, así como testigos procedentes de los mismos.

Cada registro comprende la referencia del sondeo, seguida por una serie de líneas de datos, suficientes para incluir toda la información que se va a almacenar, siendo necesario abreviar los datos almacenados mediante la utilización de códigos numéricos y nemónicos.

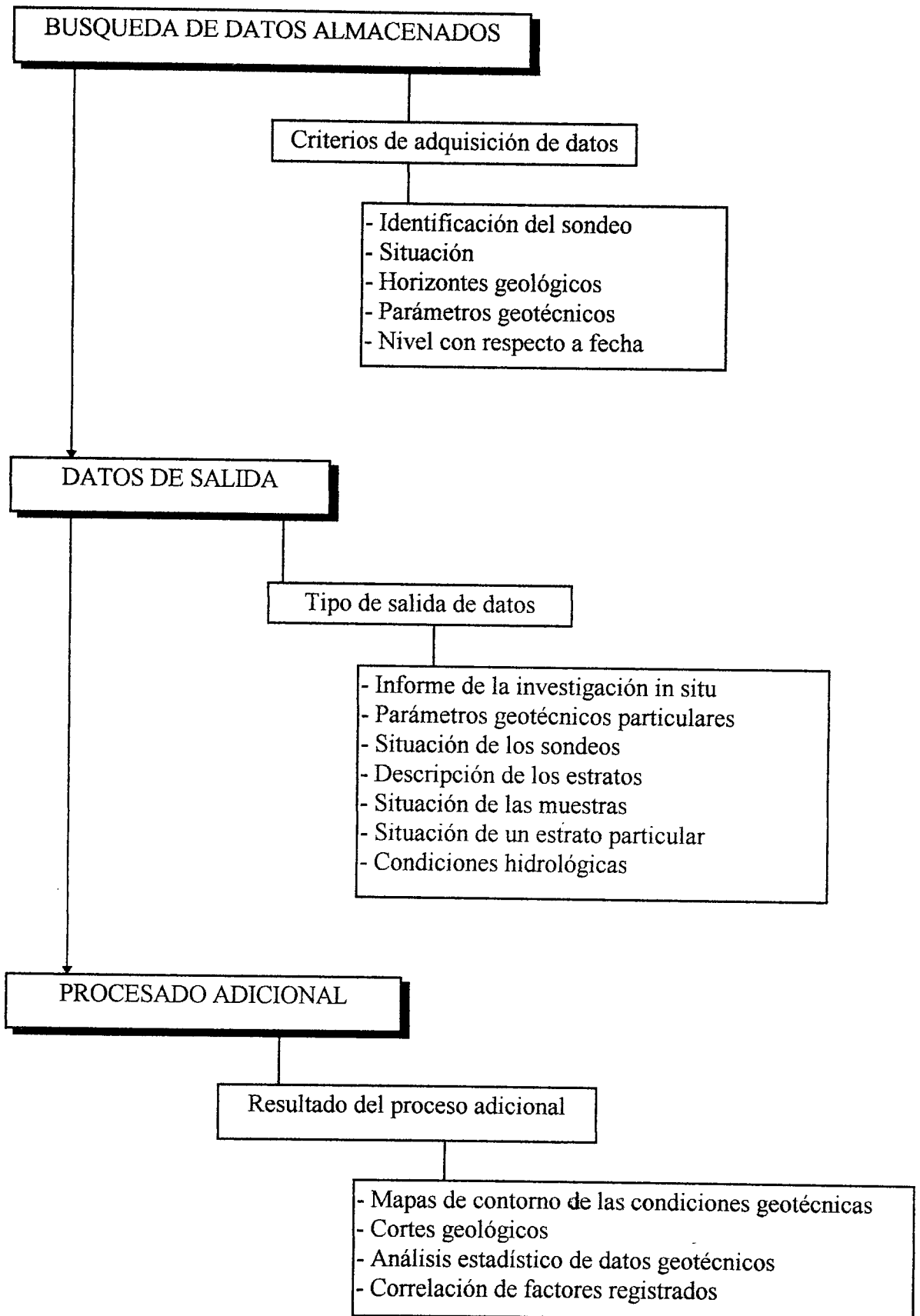
La figura siguiente ilustra el proceso completo de almacenamiento.



Proceso de Almacenamiento. Banco de datos GEOSYS.

Como puede observarse existen tipos de salidas de datos muy diversos, que pueden obtenerse mediante procesados adicionales de la salida. Algunas formas útiles de presentar los datos son por ejemplo, mapas de contornos o análisis de tendencias y cortes geológicos o geotécnicos dibujados por extrapolación de datos de sondeos próximos. Normalmente se recurre a listados de datos en tablas.

En la siguiente figura se presenta el esquema de obtención de datos del sistema "GEOSYS".



Esquema de obtención de datos. Base de datos GEOSYS.

II.3.3.-EL BANCO DE DATOS GEOTÉCNICOS EN LA CIUDAD DE ROUAN (SISTEMA FIDGI-VERCORS) (1979).

El Banco de Datos geotécnico de la ciudad de Rouan recoge la información obtenida en unos 2.000 sondeos, repartidos en unos 250 Km², procedente de los archivos del LPC, BRGM, etc. Para cada uno de los sondeos se registran las informaciones siguientes:

- Situación geográfica.
- Características técnicas del sondeo.
- Columna estratigráfica de los terrenos.
- Resultado de los ensayos efectuados.

Se ha intentado que el archivo sirva para la búsqueda de documentación a la escala de un proyecto, ya sea de edificación o de obra civil concreta, más que para estudios de ámbito general o a la escala de toda el área metropolitana.

Los principios metodológicos de utilización son los siguientes:

- El archivo se emplea como útil de documentación sistemático.
- La utilización cartográfica se ha hecho a la misma escala que el plano metropolitano (1:10.000)
- El área de estudio se ha concentrado en la formación del Albiense de Rouan.
- El archivo ha servido, mediante un tratamiento estadístico de resultados de ensayo, para establecer las posibles relaciones entre los distintos parámetros geotécnicos de la formación.

La selección de sondeos se hace a partir de los archivos para los cuales se han definido un cierto número de claves de tratamiento.

Los criterios son los siguientes:

- Localización geográfica sobre la que se efectúa la consulta: Se define mediante una cuadrícula Lambert, o por el nombre del lugar al que corresponde.
- Interpretación litoestratigráfica: Se buscan los sondeos que alcanzan el substrato, un piso geológico, o un horizonte determinado.
- Tipo de datos geotécnicos: Los datos geotécnicos que se obtienen, proceden de ensayos de muestras de sondeos. También se pueden obtener datos sobre niveles freáticos para hacer un mapa hidrogeológico.

Los puntos de información seleccionados por los criterios precedentes pueden dar lugar a:

- Una restitución impresa.
- Informes cartográficos con plotter.
- Tratamiento estadístico.

Vista la conveniencia de obtener salidas cartográficas, perfiles, bloques diagrama, etc. se estudió en 1977 la conexión con el sistema VERCORS desarrollado por el SETRA (Servicio de Estudios Técnicos para Carreteras y Autopistas). Este sistema está especialmente adaptado al dibujo de perfiles geotécnicos a partir de sondeos y el trazado de mapas de isovalores.

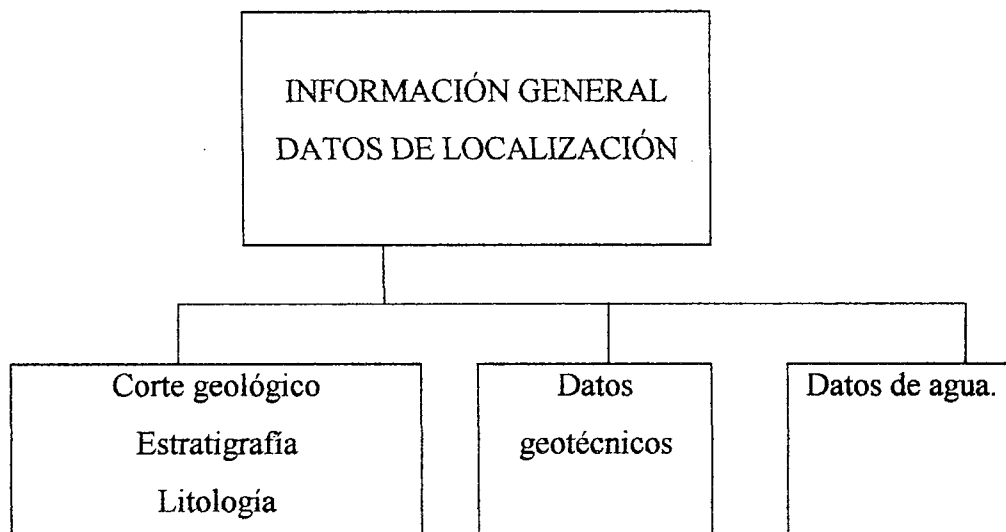
Los ensayos efectuados han sido prometedores y se confía en la utilización de este sistema para la actualización progresiva de la cartografía urbana de Rouan.

IL3.4.-BANCO DE DATOS DEL SUBSUELO (B.S.S.) DEL BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIÈRES (B.R.G.M.). FRANCIA (1979).

El Banco de Datos del Subsuelo fue desarrollado inicialmente en colaboración con el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, sin llegar a alcanzar niveles operativos. Actualmente se encuentra en fase de revisión y relanzamiento.

Los esfuerzos iniciales se dirigieron hacia una normalización de las descripciones y un análisis semántico. No obstante se conservan los documentos originales para no perder información. La orientación es hacia un fichero centralizado a escala nacional, con posibilidad de terminales regionales. El B.R.G.M. dispone de unos 200.000 informes antiguos cuya incorporación al B.S.S. se prevé a razón de unos 15.000 por año, además de los 12.000 que pueden generarse.

La estructura del Banco de Datos tiene 8 niveles de organización, resumidos en la siguiente figura:



Para el tratamiento informático se cuenta con el GEISHA (Sistema de Gestión y Extracción de Información de Estructura Jerárquica Ramificada), puesto a punto por el B.R.G.M. 38.

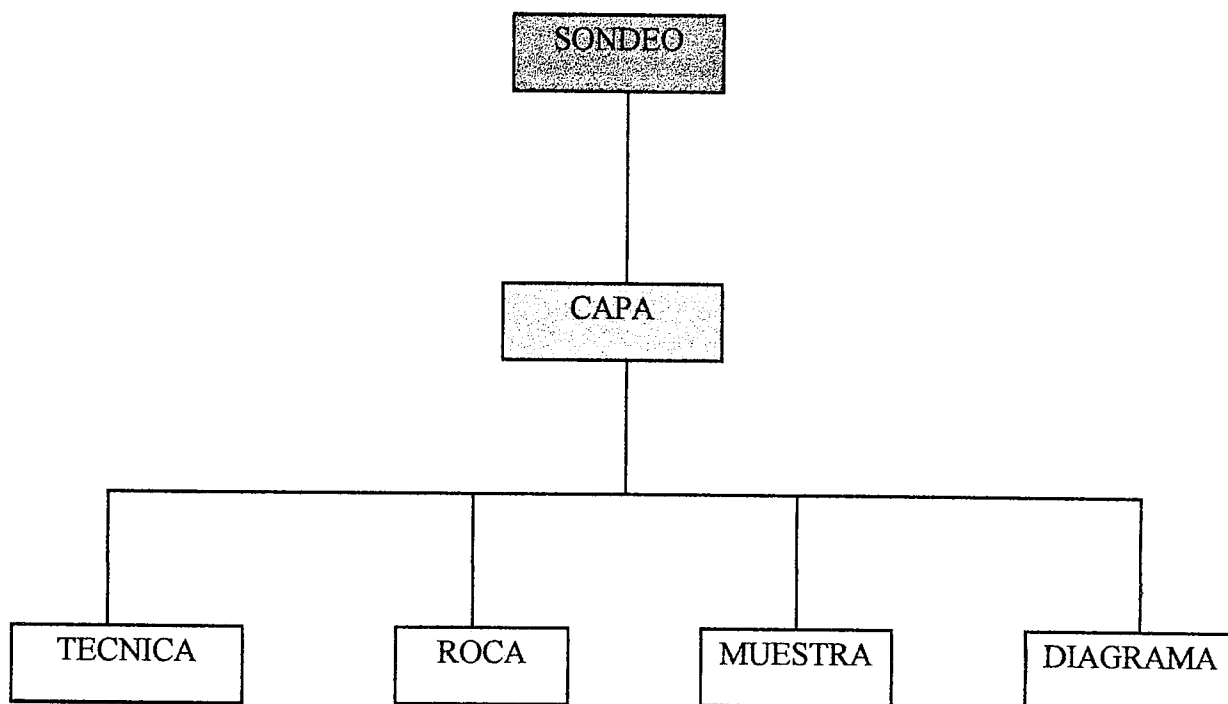
II.3.5.-BANCO DE DATOS DE LOS LABORATORIOS REGIONALES DE PONT ET CHAUSSEES, FRANCIA (1979).

Los Laboratorios Regionales de Ponts et Chaussées han desarrollado sistemas informatizados de tratamiento de datos con el objetivo de crear un Banco de Datos geotécnico. Si bien la experiencia en el momento actual indica que ninguno de estos proyectos han alcanzado un nivel operativo.

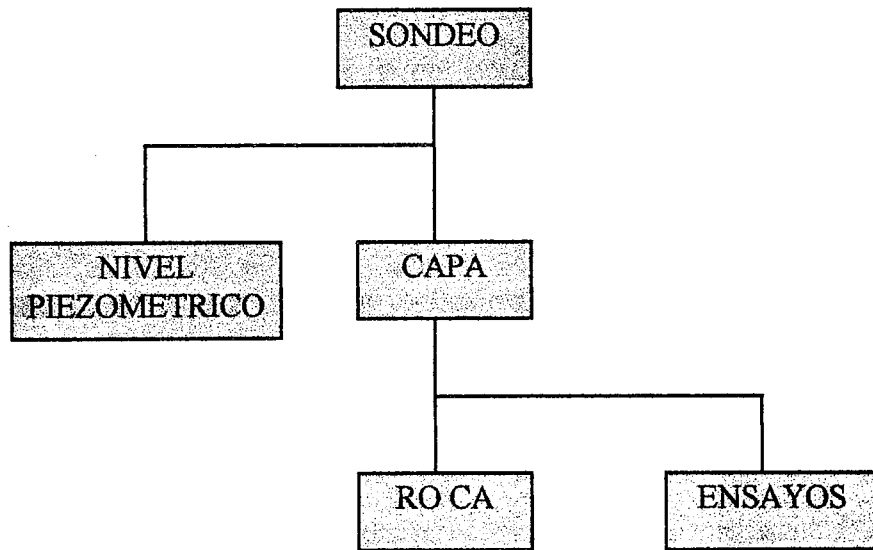
No obstante, los planteamientos teóricos contienen bastantes ideas aprovechables.

Los sistemas más utilizados han sido: FIDGI, SYGFRID, MIISFIIT y SOCRATES, cuyas estructuras básicas se presentan a continuación:

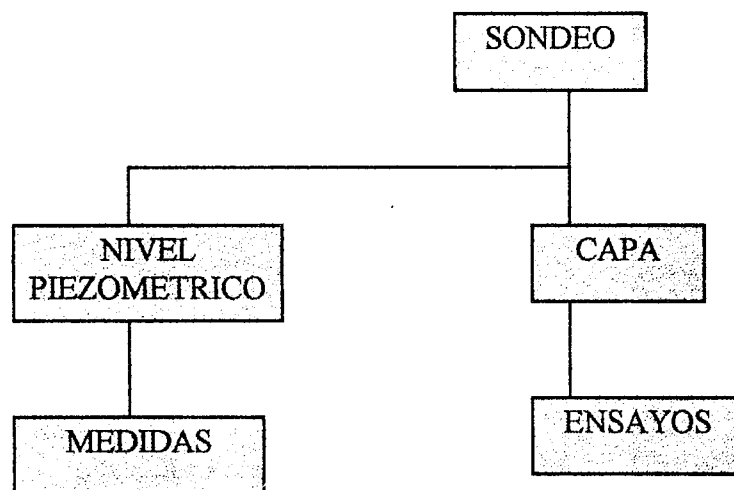
Fichero FIDGI, estructura arborescente en 2 niveles:



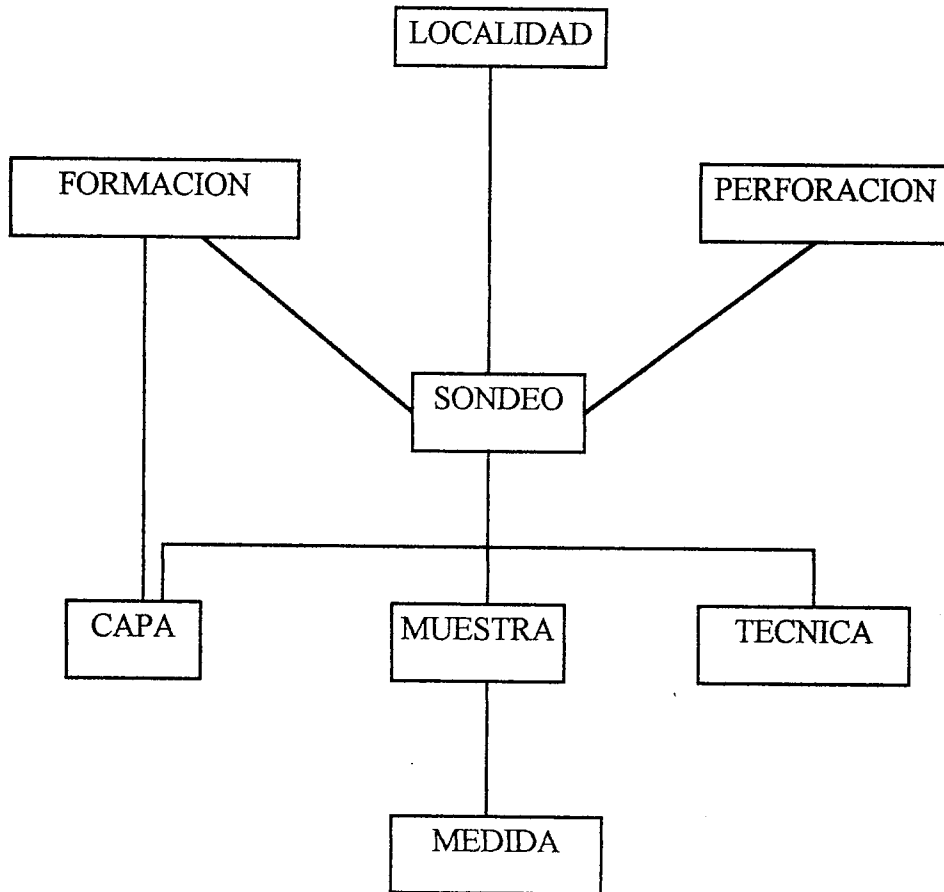
Fichero SYGFRID, estructura arborescente en 3 niveles:



Fichero MIISFIIT, estructura arborescente en 3 niveles:



Banco de Datos SOCRATES, estructura reticular:



Se parte de un modelo único de hoja de sondeo, al que se ha llegado después de algunos datos de intercambio de experiencias entre los laboratorios.

La información relativa a propiedades llega a través de una sucesión de filtros conceptuales de interpretación. Se ha convenido en no aceptar más que los ampliamente reconocidos.

Los grupos más importantes de información en los ficheros son:

- Las coordenadas geográficas
- Los nombres de formaciones

En cuanto a la elección de código y lenguajes se observa que las variables lógicas y numéricas se prestan bien al tratamiento informático. Sin embargo, en lo referente a informaciones cualitativas o semánticas, las perspectivas son menos favorables. El problema de la restitución del significado se plantea a dos niveles:

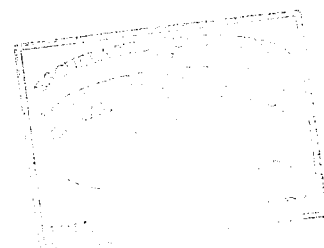
- A nivel léxico-gráfico a través de la creación de un diccionario con el cual se normaliza el vocabulario, introduciendo un código externo o bien interno, integrado en el propio "software" empleado.
Más que una normalización, se busca una homogeneización a nivel de fichero. El código mismo tiene una doble utilidad con lo que se asegura una reducción de volumen de información en la toma de datos y en el ordenador, aunque se ve contrarrestado por una pérdida de tiempo en la consulta de los léxicos y por riesgos de errores.
- A nivel de sintaxis, el problema de la restitución del significado se plantea mediante la definición de un lenguaje de normalización, no siendo útil para cortes geológicos.

II.3.6.-BANCO DE DATOS DE LA CIUDAD DE PARÍS (1979).

Por la importancia del desarrollo urbano, la ciudad de París ha ido generando abundante información geotécnica que ha sido recogida y centralizada en diversos organismos, variando mucho el tipo de soporte, los usuarios y la naturaleza y origen de los datos.

Tienen interés los siguientes organismos:

- El Servicio de Canteras: Puede decirse que este servicio almacena el 60% de los sondeos actuales realizados (el 100% de los anteriores a 1950) y el 40% de los resultados geotécnicos. Fue creado en 1977 y controla los trabajos subterráneos y de extracción de materiales, realizados en el área urbana. Ha editado un atlas de 125 planos a escala 1:1.000 que cubre la mayor parte de la ciudad, así como un mapa geológico a escala 1:5.000 que incluye datos de sondeos, afloramientos, etc. Los trabajos de la Escuela Nacional de Minas: La citada escuela ha realizado numerosos trabajos de cartografía y tratamiento informático sobre los datos disponibles en París, los cuales han quedado recogidos en diversas publicaciones, incluida ésta.
- La cartografía geotécnica del distrito XIII (tesis doctoral de J.F. BROQUET, 1976). Se han utilizado 1870 sondeos y como resumen se hace una zonificación geotécnica a escala 1:10.000.
- Archivos privados: Al igual que sucede en otras grandes ciudades, la mayoría de los estudios geotécnicos privados se centralizan en París en unas pocas empresas (L.Menard, Fondasol, Géosol, Mécasol, Simecsol, Technosol) cuya respuesta a trabajos de investigación parece positiva, aunque los planteamientos son distintos respecto a la constitución de Bancos de Datos.



Dentro del Banco de Datos de París, el trabajo realizado en la Colina de Belleville (1980) destaca por la presentación geográfica, geológica y geotécnica de los datos así como por la escala del estudio.

Define los problemas peculiares con los cuales nos podemos encontrar al plantearnos este trabajo de cartografía geotécnica.

Cuando se entra en descripciones geológicas muy generales, debido a una pequeña escala, se pasaran obligatoriamente por alto problemas específicos que en geotécnica urbana son de mucha importancia.

El estudio ha elegido la escala 1:5.000 por parecer la más adecuada.

La metodología adoptada tiende a simplificar la presentación mediante documentos sintéticos que sean fácilmente inteligibles para el experto en geotécnica.

En cuanto al método del tratamiento cabe decir que posiblemente por la fecha en que se realizó el estudio, no se ha producido un almacenaje automático de la información, tratándola con un fichero normal de fácil acceso, pero que requiere un personal muy especializado.

El tratamiento de información se ha utilizado para el balance de información dentro de datos homogéneos.

Se le ha dado mucha importancia en el estudio al análisis estructural.

La presentación de los documentos es simple y accesible. Se presentan muchos de ellos sin buscar un agrupamiento sobre mapas sintéticos complejos.

Se recomienda usar los documentos para definir las campañas de reconocimiento, no para eliminarlas.

Se busca presentar la información lo más homogénea y completa que sea posible.

Asimismo, se tratan factores hidroquímicos e hidrogeológicos, de suma importancia, insistiendo también en el conocimiento cultural de la ciudad.

Es de destacar la importancia de la metodología como acercamiento al conocimiento.

II.3.7.- EL BANCO DE DATOS PARA USO GEOTÉCNICO DEL CONDADO DE TYNE & WEAR (1982).

A pesar de las limitaciones tanto económica como de tiempo, se ha puesto en marcha un Banco de Datos del cual pueden extraerse fácilmente los datos geológicos correspondientes a cada cuadrícula normalizada.

Este banco no ha entrado en fase operativa, pero su planteamiento resulta bien como ejemplo de solución económica y de acceso directo.

Los objetivos iniciales del proyecto comprenden:

- La confección de un banco de datos de información geológica.
- La edición de mapas de síntesis y memorias interpretativas.
- La investigación de problemas de ingeniería específicos relacionados con la geología en la zona de Tyne & Wear.

El sistema de base de datos comprende dos partes que son:

- El Banco de Datos, dentro del cual se almacenan los datos sin tratamiento previo, actualmente recogidos en microfilm.
- La información asociada a planos documentales, que muestran espacialmente donde está la información y también indica donde está completa.

El Banco de Datos se utiliza para almacenar la información existente del terreno. La mayoría de esta información consiste en informes de campo realizados para la ingeniería civil.

En el siguiente esquema viene indicado un diagrama de flujo desde la etapa de recogida de datos hasta su introducción en el Banco de Datos.

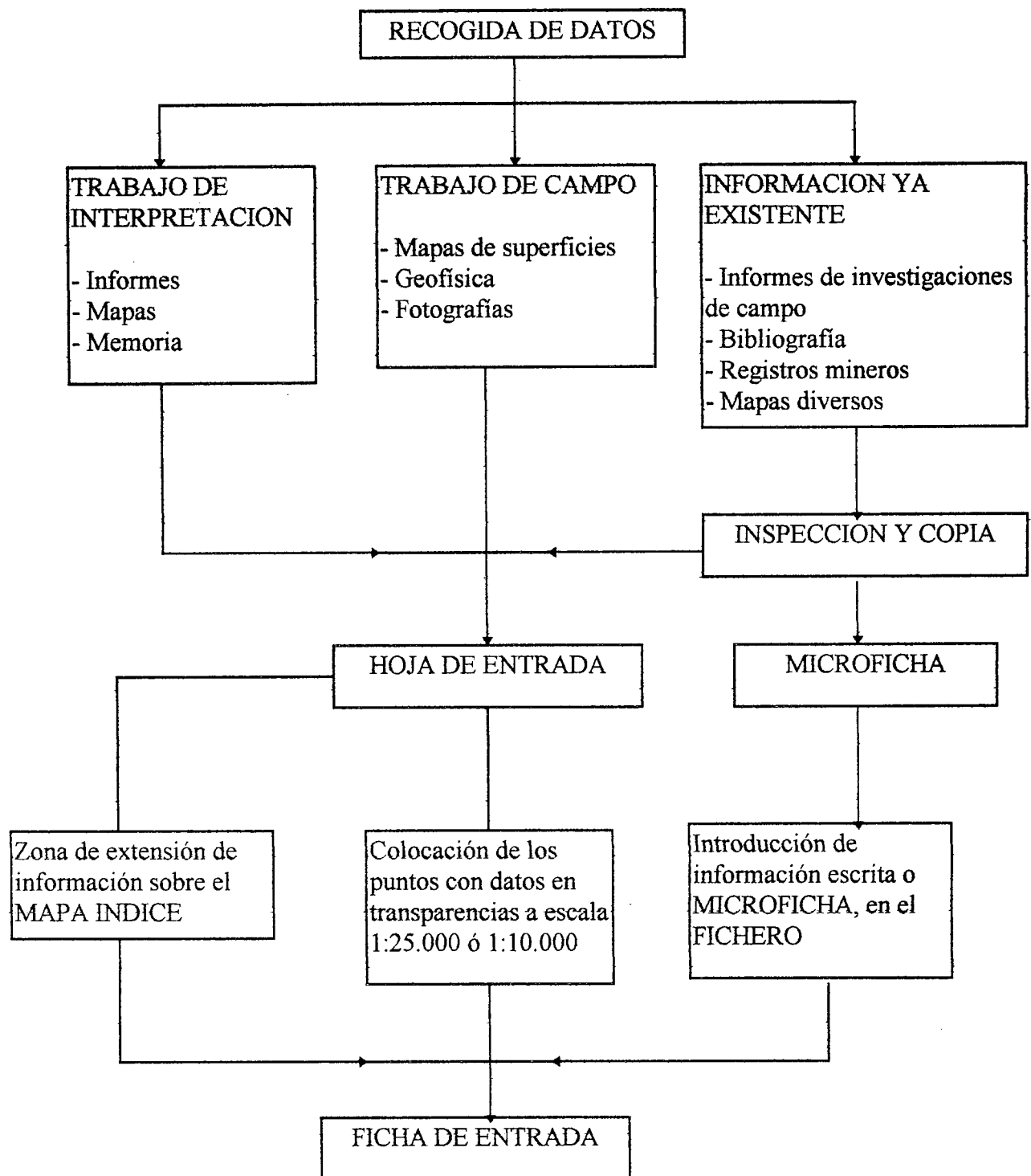
Todos los datos se almacenan en microfilm por ser este método más rápido que el introducir la misma información en un disco de almacenamiento de ordenador.

La mayoría de los datos se encuentran en forma de registros de sondeos y donde es posible, estos sondeos se marcan en planos a escala 1:2.500.

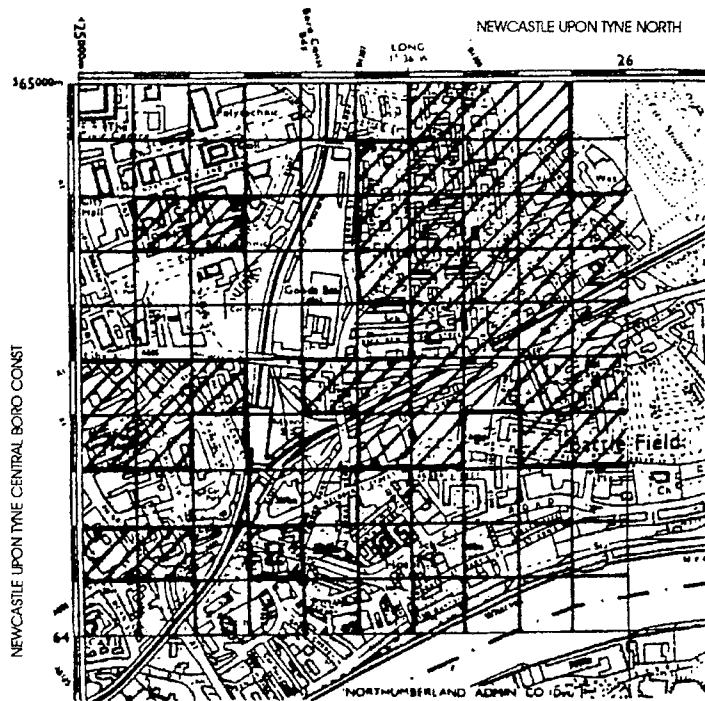
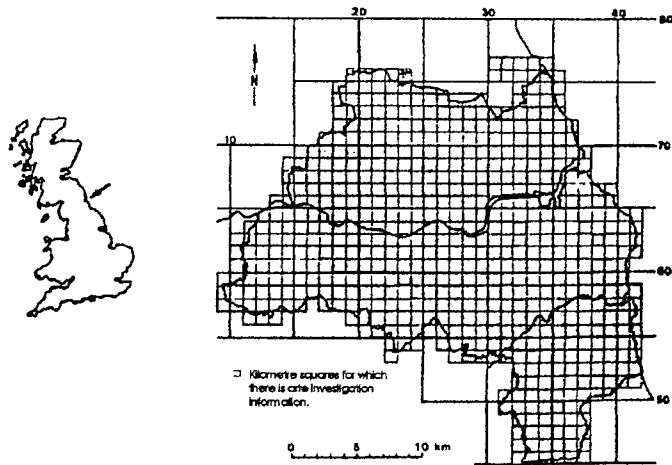
Se utilizan transparencias con cuadrículas sobre los planos topográficos de ordenación y después de que los sondeos se han señalado sobre los mismos, se pueden reproducir fácilmente mediante algún proceso de reprografía.

Los sondeos se representan con símbolos que reflejan su tipo y características, junto a estos símbolos se da un número de referencia para identificar cualquier sondeo concreto.

Los datos se utilizan normalmente para producir mapas y planos interpretativos, que muestran la situación geológica del subsuelo.



Banco de Datos del Condado de Tyne & Wear.
Diagrama de flujo del almacenamiento de datos.



Esquema de trabajo con cuadrícula en el condado de Tyne & Wear.

IL3.8.-CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS Y CARTOGRÁFICAS DEL SUBSUELO EN LA ZONA DE TURÍN (1986).

El presente trabajo es una versión breve de un amplio trabajo llevado desde 1979 a 1984 por un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería Politécnica de Turín en cooperación con el personal del Gabinete Técnico del Municipio de Turín.

Con el objeto de individualizar las características geotécnicas y geológicas principales del subsuelo de la ciudad, se ha considerado juicioso partir de los aspectos puramente geológicos y geomorfológicos que pueden, de cualquier modo, ser deducidos de la cartografía existente.

Se pretende recopilar una serie de seis mapas temáticos analíticos Geotécnicos.

Los parámetros más importantes son tratados, en una escala adecuada, definiendo el comportamiento de los diversos suelos en relación a la seguridad y preservación de la utilidad íntegra del subsuelo urbano. En el presente trabajo son discutidos los resultados del estudio geotécnico-geológico.

Los datos recogidos y la inspección básica ha sido llevada a cabo siguiendo la sucesión:

- Búsqueda y recolección de los documentos existentes referentes a los sondeos realizados en Turín en los últimos 30 años.
- Inspección directa, por medio del establecimiento de modelos de la litoestratigrafía del subsuelo, deducidos durante la excavación de cimientos.
- Digitalización y puesta al día del Banco de Datos, listado y homogeneización.
- Integración de los datos extraviados, especialmente por sondeos, y comprobación "in situ" en áreas carentes de datos, o donde los datos no parecen fiables.

De un examen comparado de los datos se obtiene lo siguiente:

- Los datos mononuméricos en el suelo y su profundidad típica (sobre 10 mts.) han parecido ser adecuados para la escala usada.
- La densidad media de datos del área es de 6 por Km.
- La distribución real no ha resultado ser uniforme sobre todo el territorio; Ha parecido ser suficiente en áreas centrales, mientras que no es uniforme especialmente en áreas fuera de los bordes Norte y Sur de la ciudad.
- Se ha hecho notar la falta de una estandarización mínima de las definiciones. Lo que es frecuentemente necesario para interpretar los datos.

Para elaborar una serie bien definida de mapas temáticos, donde uno integra o discrimina al anterior, según un esquema operativo ampliamente experimentado, se ha establecido una ilustración general suficientemente definida de la naturaleza geotécnica del suelo y una situación actual geológico-técnica del subsuelo de la ciudad.

Este estudio no puede ser usado directamente, pero tiene también un papel primario como proyecto general urbano ideado sobre una escala amplia.

Los resultados de este examen son también ilustrados por los mapas temáticos analíticos, poniendo en evidencia esos factores, asociados con los característicos del suelo y su naturaleza geológica, lo que es muy interesante al evaluar los parámetros tratados en ingeniería.

En adelante los factores principales comprenden:

- Litología de los suelos terraplenados y el substrato aluvial inmediato.
- Espesor de los niveles del suelo característico.
- Compactación del suelo, anotando los niveles cementados y/o pseudocoherentes.
- Dirección general y profundidad desde la superficie del terreno al nivel freático y su posible influencia en las características técnicas del suelo.

Resumen de los datos obtenidos:

De acuerdo con los ensayos in situ (SPT) y los ensayos realizados en el laboratorio, el subsuelo de Turín puede ser clasificado en cinco complejos diferentes.

Dentro de la mayor parte de los suelos superficiales (generalmente referido a los terraplenes debidos a las mayores o menores alteraciones pertinentes sufridas), según los análisis granulométricos, ha sido posible distinguir tres complejos diferentes.

El complejo de grava predominante y el de arena, tienen características geotécnicas similares a los del substrato cuaternario.

Los suelos superficiales, donde prevalecen los limos, por el contrario, están caracterizados por pobres parámetros geotécnicos. Sin embargo, ellos pueden causar problemas de construcción y utilización, especialmente en aquellas áreas (no obstante no es muy frecuente en el área llana de esta ciudad) donde sus espesores están sobre cinco metros, o en la totalidad de las áreas montañosas, donde, debido a la influencia antrópica, la cobertera aluvial-coluvial puede causar deslizamientos sobre el substrato.

La capa de agua libre, excepto algunas zonas del territorio (cerca del principal curso de agua) permanece a una profundidad de unos 10 m. bajo la superficie del terreno. Por esta causa no interfiere en las condiciones del desarrollo proyectado de la ciudad, excepto en el caso de excavaciones muy profundas. Por tanto, el mapa geotécnico de la ciudad de Turín es un ejemplo de la cartografía temática. Así se ha obtenido una microzonación del subsuelo, siendo interesante su comportamiento en relación al proyecto principal de desarrollo de la ciudad.

El análisis de los datos ha permitido obtener una perspectiva general bastante fiable de la situación geotécnica-geológica que caracteriza el subsuelo de la ciudad y lo individualiza, aunque a nivel cualitativo (debido a la escala usada) se plantean problemas durante el diseño de estructuras y preservación de subservicios.

II.3.9.-CONCEPTO Y REALIZACIÓN DE UN BANCO DE DATOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS ORIENTADO A LA CARTOGRAFÍA GEOTÉCNICA: APLICACIÓN A LA CIUDAD DE TÚNEZ (1988).

Los autores de este trabajo consideraron que los datos de este dominio podrían tener una estructura jerárquica (Base de Datos arborescente).

Como consecuencia del fracaso de este tipo de Base de Datos, trabajaron sobre Base de Datos en redcilla o red.

Estos dos tipos de Bases de Datos no han podido eliminar de una manera definitiva la redundancia y sobre todo la codificación interna de los datos geológicos.

Para alcanzar este objetivo, asegurar una independencia total entre los datos y los programas de tratamiento y obtener una base de datos geológicos y geotécnicos más flexible, han utilizado para la concepción de TUNIS-DATA-BANK, el sistema de gestión de Base de Datos relacionado general, considerando que todos los datos podían ser modelizados bajo forma de tablas (ficheros) en los que una de las columnas es la clave.

Cada columna será un dominio geológico y geotécnico y cada línea un registro.

Con el modelo escogido se ha alcanzado, tras un análisis preliminar muy importante, una descripción global y total de todos los datos geológicos y geotécnicos recogidos sobre la ciudad de Túnez.

Este modelo asegura, además, una independencia física y lógica, una repartición de los datos (un mismo dato puede ser utilizado por varios programas), una no redundancia de datos, la no codificación de los datos geológicos, una gran facilidad de relación entre ficheros independientes y una integridad (validez) total de los datos.

Tras la creación de TUNIS-DATA-BANK se prosigue a su utilización que es el objetivo de partida fijado.

Se han creado en una primera fase cinco tipos de ficheros:

- Fichero para el trazado automático de las curvas penetrométricas y presiométricas.
- Fichero para el trazado automático de capas geológicas.
- Fichero para el trazado automático de perfiles geológicos.
- Fichero para restituir automáticamente los mapas de isovalores.
- Fichero para restituir automáticamente los mapas geotécnicos.

Esta fase de utilización está actualmente en vía de estudio y desarrollo.

DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Los datos de una manera general se clasifican en dos categorías:

- Datos cuantitativos (numéricos) descritos por cifras (humedad, profundidad...) o por gráficos (curvas penetrométricas...)
- Datos cualitativos (semánticos) traducidos por palabras y frases (descripción litológica de un corte geológico).

Una vez hecho este análisis se pasa a la fase de definición lógica de TUNIS-DATA-BANK y elaboración de un esquema conceptual. El objetivo de esta fase es poner en evidencia el método de organización de los datos, para ello se definen los siguientes conceptos:

- Individuos geológicos y geotécnicos (I.G.G.).
- Clase de individuos geológicos y geotécnicos (C.I.G.G.).
- Atributos geológicos y geotécnicos (A.G.G.).

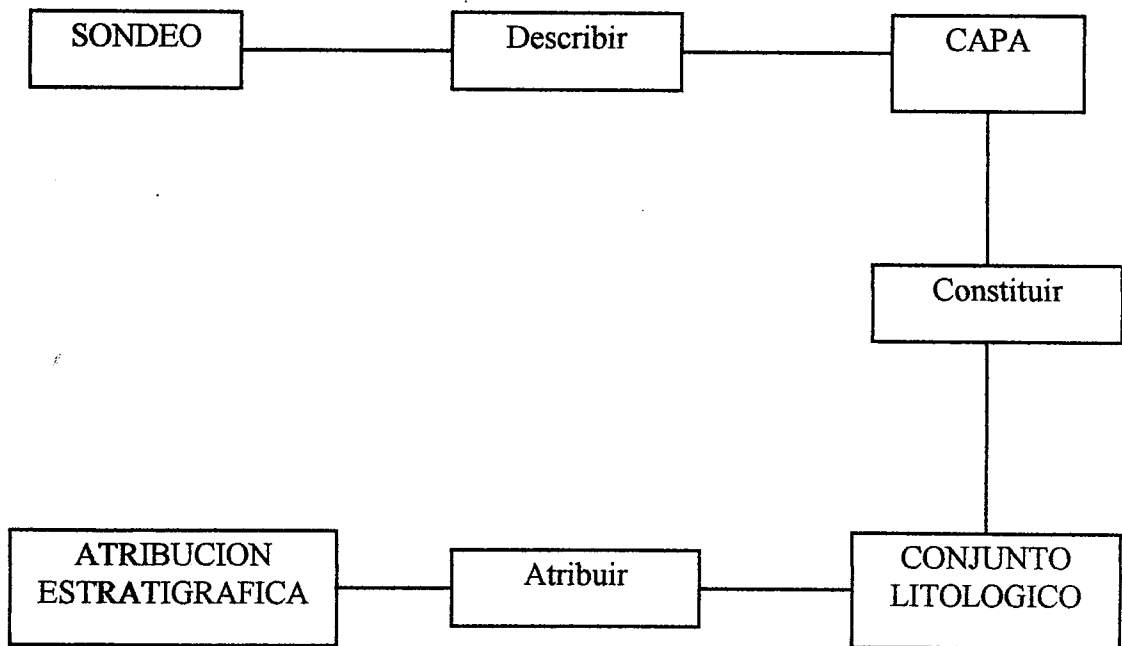
- Valores de los atributos geológicos y geotécnicos (V.A.G.G.).
- Identificantes geológicos y geotécnicos (Id.G.G.).
- Relación entre individuos (R.I.G.G.).
- Número de relaciones (C.R.I.G.G.).
- Esquema conceptual global.

Haciendo el inventario de todos los individuos geológicos y geotécnicos, uniéndolos con las relaciones y precisando sus números, se ha podido obtener un esquema conceptual global.

Subesquema del esquema conceptual global de TUNIS - DATA - BANK.

La concepción de subesquemas es una visión particular de la Base desde la óptica de aplicaciones específicas.

Ejemplo: Caso de una minibase geológica (Tunis Data Bank).



Tras la definición de todos estos conceptos y el inventario de todos los parámetros, se ha elegido un sistema de gestión de Base de Datos que es un modelo relacional que utiliza ficheros bajo forma de tablas donde serán almacenados cada

individuo geológico y geotécnico.

Cada fichero debe tener un nombre, ejemplo: SITUACIÓN, y debe estar caracterizado por:

- Un nombre de rúbrica (ejemplo: "\$NODRE").
- Una longitud, que es el número de espacios necesarios para almacenar los datos de las rúbricas (ejemplo 5 para "\$NODRE").
- Una Longitud de salida, el número de espacios necesarios para fijar o imprimir los valores de las rúbricas.
- Un tipo de rúbrica (ejemplo 1 para "\$NODRE").

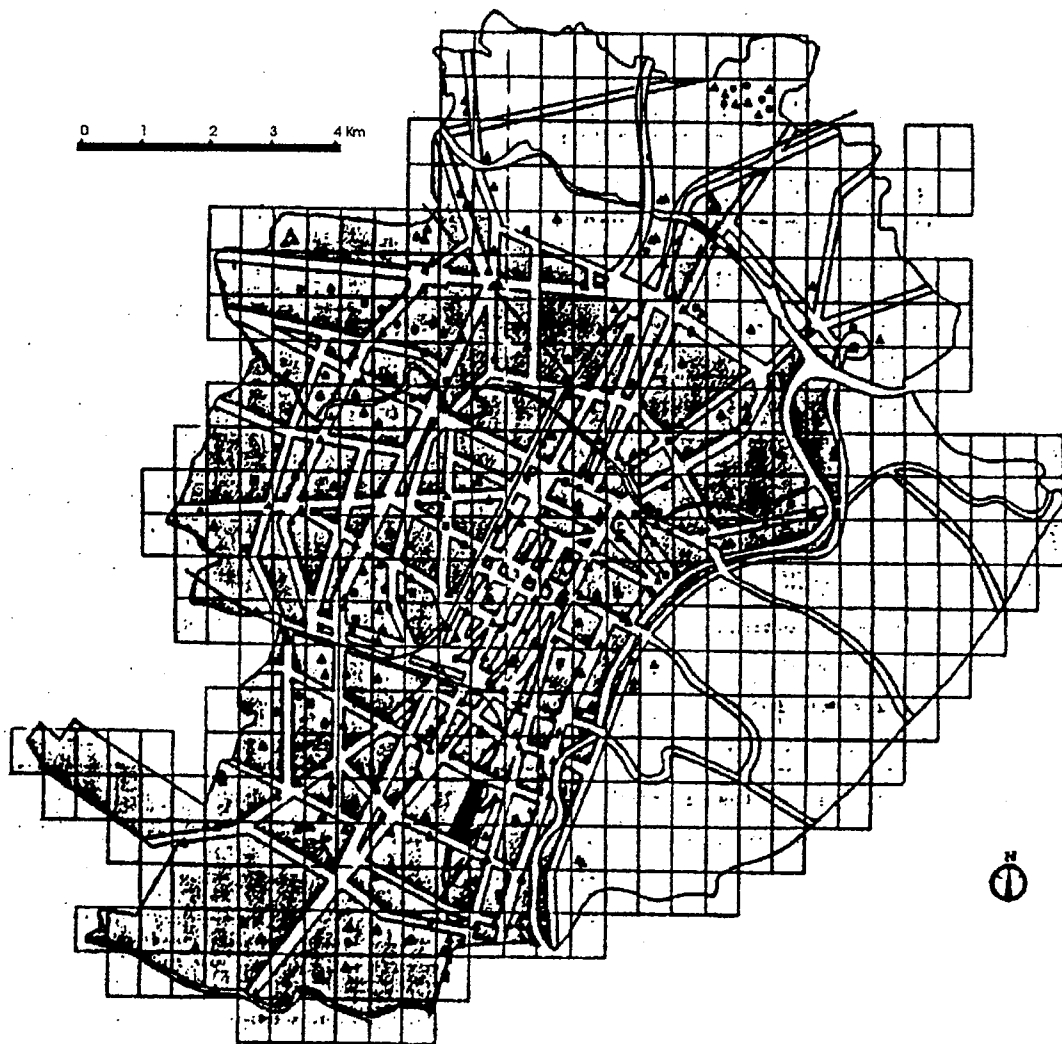
Para TUNIS-DATA-BANK se han utilizado solamente 4 tipos de rúbricas (de entre ocho): caracteres (C), números enteros (I), números decimales (N) y los datos (D).

Y para obtener una seguridad total de la base y controlar los accesos a los ficheros, se han protegido estos con claves de acceso.

Una vez descrita la Base de Datos pasamos a una fase de manipulación de ésta.

Esta es la etapa de relación de ficheros, selección y consulta de registros, la edición de datos, la puesta al día de la Base de Datos y eventualmente la modificación de la estructura de los ficheros. En cuanto a la relación de ficheros, debido a la ventaja de tener ficheros independientes, es posible poner en comunicación 10 ficheros.

Es también interesante destacar de esta Base de Datos, los "criterios de búsqueda", es decir, nos permite una interrogación vertical y horizontal de la base, lo que hace que se puedan conocer muy bien las variaciones verticales y horizontales en cuanto a la naturaleza del terreno en el lugar de estudio.



Esquema de trabajo en la zona urbana de Turín.

II.3.10.-OTROS BANCOS DE DATOS EXTRANJEROS

Se resumen a continuación las características de algunos sistemas de tratamiento de datos desarrollados en otros países y de los que existe menos información que de los tratados anteriormente.

El Archivo de Datos Geotécnicos de Hungría

En Hungría la información geotécnica se centraliza en el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo. El archivo desarrollado fundamentalmente a partir de 1954, almacena unos 800.000 sondeos, los cuales están a disposición de cualquier usuario. El soporte tradicional está en fase de almacenamiento en microfilm y ordenador pero aún predomina el archivo manual por una clasificación de tipo decimal arborescente (REMENY, 1978).

El sistema CARS de la U.R.S.S.

Es un sistema informatizado en lenguaje Cobol que almacena información geotécnica con controles de entrada de tipo estadístico mapas de isolíneas, perfiles, etc. Parece que se ha aplicado únicamente a la ciudad de Cheliabonsk en los Urales del Sur. (AFINKIEV et al., 1978).

El GEORET de la Universidad de Padua

El manejo del programa es de tipo conversacional y permite seleccionar sondeos dentro de los existentes en una determinada cuadrícula. La información suministrada puede incluir la columna estratigráfica y resultados de ensayo.

En el Banco de Datos se han registrado 2.000 sondeos correspondientes a la región Veneciana. El control de las zonas cubiertas se lleva por orden numérico y geográfico sobre mapas a escala 1:25.000. (MONTANARI Y PREVIATELLO, 1979).

II-4.- RESUMEN DE LA BIBLIOGRAFÍA ESTUDIADA

A partir de la revisión anterior se ha elaborado la figura y la tabla adjunta. Como puede observarse se han representado en ambas los datos correspondientes a las ciudades de :

- París (P).
- Newcastle (M).
- Turín (R).
- Tunez (T).
- Granada (G).

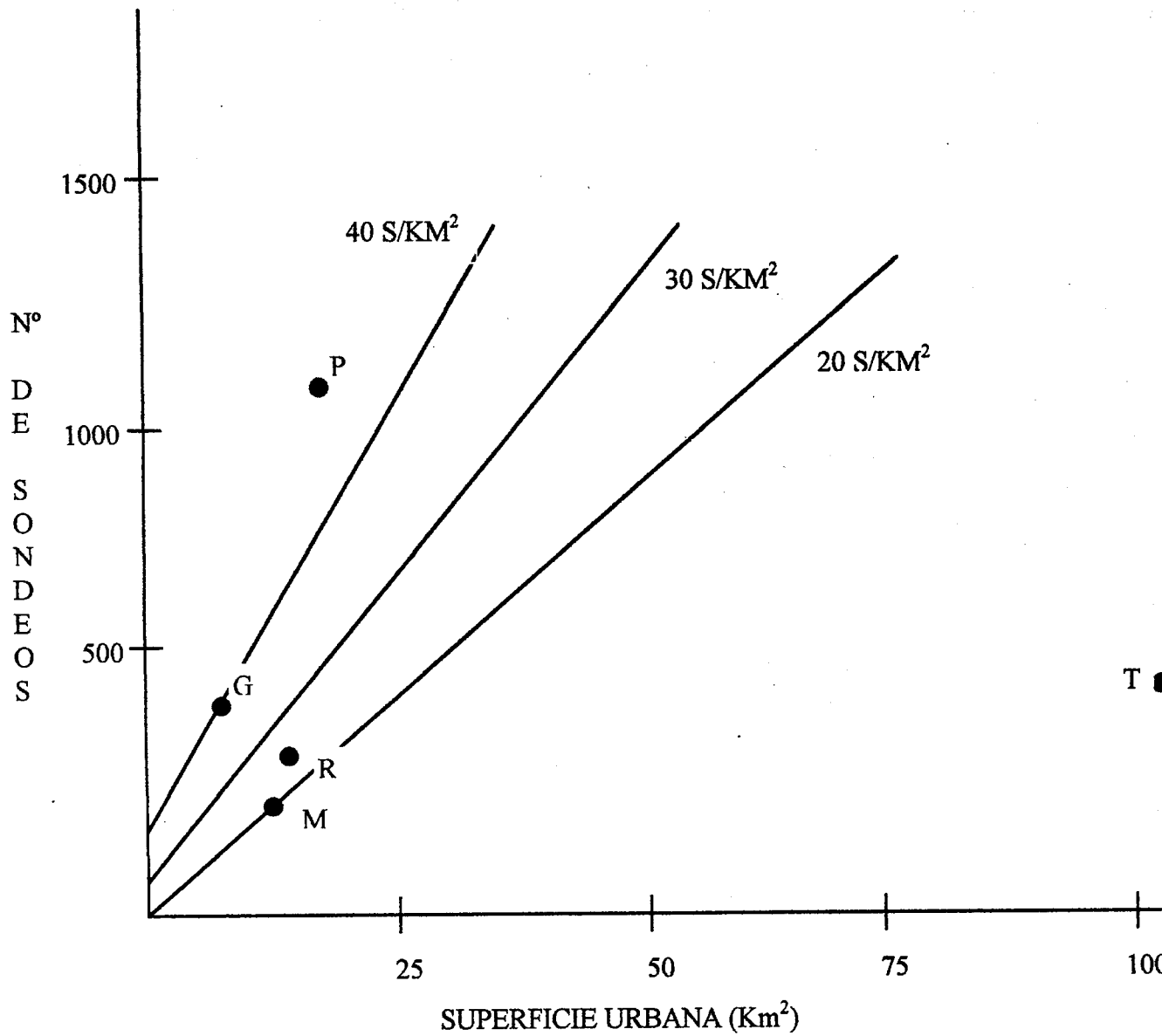
Según la figura donde se representa la densidad de información en los distintos puntos podemos obtener las siguientes conclusiones:

1.- Las ciudades con mayor densidad de información son París y Granada, seguidas por Turín, Newcastle y Tunez.

2.- El mayor número de sondeos se ha realizado en París, seguido por Granada, Tunez, Turín y Newcastle.

3.- La mayor zona que incorporan las Bases de Datos, es la Tunez, seguida por París, Turín, Newcastle y Granada.





Densidad de información en distintos puntos . P.- París, G.- Granada, R.- Turin,
M.- Newcastle, T.- Túnez.

CUADRO RESUMEN DE BANCOS DE DATOS GEOLOGICOS-GEOTECNICOS

	PARIS	NEWCASTLE	TURIN	TUNEZ	GRANADA
TRATAMIENTO AUTOMÁTICO	NO	NO	NO	SI	SI
ESCALA	1:5000	1:10000	1:10000	NO DEFINIDA	1:5000
TRATAMIENTO GEOESTADÍSTICO	SI	NO	NO	NO	NO
DEFINICIÓN DE CUADRICULA	NO	SI 100 * 100 m	SI 500*650 m	NO	SI 500*500 m
INFORMACION BASICA	SI GEOLOGICA Y GEOTECNICA	SI GEOLOGICA MINERA Y GEOTECNICA	SI GEOLOGICA Y GEOMORFOLOGICA	SI GEOLOGICA Y GEOTECNICA	SI GEOLOGICA GEOMORF. HISTORICA...
REFERENCIA DE LOS SONDEOS	COORDENADAS LAMBERT	Nº DEL INFORME Y Nº PROPIO		COORDENADA S LAMBERT	COORDENADAS CARTESIANAS
DENSIDAD DE INFORMACION	ALTA 180 s/km ²		BAJA 6 s/km ²		ALTA 50 s/km ²
UTILIZACION DE DICCIONARIOS	NO	NO	NO	SI	SI
MAPAS SINTETICOS Y PERFILES	SI	SI	SI MAPAS	NO	SI,
UNIDAD BASICA	SONDEO	INFORME	SONDEO	SONDEO	INFORME

**AFIA GEOTECNICA
STABLECIMIENTO
BANCO DE DATOS**

III.1.- INFORMACION BASICA SOBRE LA CIUDAD

III.1.1.- GENERALIDADES

Desde el inicio de este trabajo, que obviamente ha tomado derroteros distintos a los primeros escarceos, sentimos la necesidad de conocer el objeto de nuestro estudio a través de una Información Básica de tipo geográfico, geológico, histórico y geomorfológico, más perceptible para el observador que la colección de datos geotécnicos.

Aunque nuestro objetivo es la caracterización geotécnica de la ciudad, a través de un Banco de Datos y su cartografía, nos hemos propuesto desarrollar una metodología que permita depurarse con el tiempo y hacer más asequible la particularización a ciudades concretas del método tratado.

El fin de este capítulo es el preparar la metodología de la Información Básica antes de penetrar en la documentación geotécnica que obviamente será el cuerpo del trabajo.

III.1.2.- DEFINICIÓN, NATURALEZA Y ORIGEN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA (I.B.).

DEFINICIÓN

Entendemos como información básica, aquella que no siendo documentación geotécnica, contiene aspectos que sirven como soporte de la documentación geotécnica o que nos orienta para una mejor interrelación de los datos que nos proporcionan la evaluación del terreno.

NATURALEZA

Dicho así, la naturaleza de la información básica deviene en dos tipos, posicional y dinámica.

- Definimos como información básica situacional la que es acrónica y conservadora. Acrónica en el sentido de su independencia del tiempo tomado sobre la escala de nuestra civilización. Conservadora entendida como información básica que no varía en esencia. Sus posibles alteraciones son debidas al sistema de ejes de referencia. Un ejemplo de IB posicional sería el campo del estudio definido por su enmarque en coordenadas geográficas o por su plano de localización. En otro caso, será también IB posicional la definición geológica del substrato por las características litológicas de sus materiales o por la edad de las formaciones.
- Entendemos como IB evolutiva aquella que es reológica y a su vez disipativa. Queremos decir al llamarla reológica, que el tiempo interviene sobre la información no como un factor secuencial, sino como una variable tal que se puede definir el desarrollo de la IB como un funcional del tiempo en una escala perceptible por el hombre. El que sea disipativa lo entendemos como

IB que es hereditaria de situaciones anteriores. A su vez pierde información o la enmascara, teniendo que acudir a la interpretación de la herencia para reconstruir escenas que pueden influir de una forma decisiva en el cabal conocimiento de esta información. Ejemplo de Información Básica dinámica podría ser un plano de murallas de la ciudad o el curso de los ríos. Debemos entender los ejemplos citados como estructuras lineales que pueden crear situaciones límites o puntos singulares donde la documentación geotécnica tendría difícil interpretación, de no conocerse estos factores. Presentamos el siguiente cuadro a modo de resumen.

CLASIFICACIÓN POR LA NATURALEZA DE LA INFORMACIÓN

IB	CARACTERÍSTICAS	
SITUACIONAL	ACRÓNICA	CONSERVATIVA
EVOLUTIVA	REOLÓGICA	DISIPATIVA

Las informaciones que participan de características intermedias se filtrarán en una dirección al objeto de no complicar el método de desarrollo.

Un ejemplo sería la climatología de la ciudad, ya que la vamos a entender como posicional porque el tiempo o se sale de nuestra escala de medida o es secuencial al modo de una cámara fotográfica.

La topografía que podría entenderse como fija secuencialmente, preferimos entenderla como evolutiva porque es cambiante por procesos naturales o antrópicos y así mismo es hereditaria y disipativa porque esconde información por su presentación secuencial, información que se podrá observar en la conexión de informaciones próximas, bien sea en el espacio o en el tiempo.

ORIGEN

El origen de la IB puede ser antrópico o del conocimiento del terreno entendido como substrato. Entendemos como información antrópica aquella que nos llega de la actuación directa del hombre sobre el medio ya sea a través de unos ejes de referencia o por las modificaciones que causa sobre la naturaleza objeto de nuestro estudio.

Según esto, sería información de tipo antrópico la delimitación de la ciudad a lo largo del tiempo por sus murallas o las coordenadas geográficas o climáticas debido a los ejes de referencia que ha marcado la mano del hombre.

La información del terreno es a su vez la que recogemos directamente del substrato, basando sus características en factores que pertenecen a la naturaleza intrínseca de la tierra, independientemente de que se considere secuencial o evolutiva.

Un ejemplo de Información Básica del terreno sería la litología de los materiales del substrato o el curso de los ríos, la topografía, ya sea actual o pasada y las formaciones geológicas.

Resumimos en el siguiente cuadro:

ORIGEN DE LA INFORMACION BASICA

IB	Características	
Antrópica	Por actuación urbana	Fijando ejes de referencia
		Actuando sobre el medio
Información de la tierra	Actuación natural	

III.1.3.- CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA

Entendemos que la documentación geotécnica pertenece a la Información Básica de la ciudad, aceptaremos como soporte de dicha documentación geotécnica la integración de los factores del terreno y del hombre.

Se entiende que vamos a tomar las funciones paramétricas antrópicas con la misma categoría relacional cuando se refieren a actuaciones directas o de la fijación de ejes de referencia.

Los parámetros que hemos definido con anterioridad los podemos reflejar en el siguiente cuadro:

Naturaleza Origen	Situacional	Evolutivo
Antrópico	Geografía	Historia
Del terreno	Geología	Geomorfología

Las combinaciones de estos factores se autodefinen por las siguientes relaciones de equivalencia:

Antrópico posicional \equiv definición geográfica

Antrópico dinámico \equiv desarrollo histórico

Posicional del terreno \equiv encuadre geológico

Evolutivo de la Tierra \equiv modificaciones geomorfológicas

Este cuadro que se puede entender como Información Básica primaria, constituirá el soporte de la documentación geotécnica, independientemente del sistema que se elija para el archivo y presentación de dicha documentación.

Cada uno de estos puntos de Información Básica primaria contendrá tanta información como sea posible para cada zona de estudio, no obstante creemos que ha de responder al siguiente esquema de contenidos:

- Situación Geográfica
- Desarrollo Histórico
- Encuadre Geológico
- Evolución Geomorfológica
- Documentación Geotécnica.

INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE LA CIUDAD

Para desarrollar el modelo del que hablamos anteriormente, planteamos una forma de aproximación de tipo generativo (Chomsky) a partir de unas reglas de base.

Definimos dos tipos de reglas:

- Reglas ESCRITURALES:

Constituyen una condición de ordenamiento (Diccionarios).

- Reglas TRANSFORMACIONALES:

Constituidas por lo que definiremos como axiomas de evaluación y que nos permitirían evaluar los modelos propuestos en relación con el estudio pretendido.

A continuación vamos a pasar a definir una serie de conceptos invariantes (puntos de referencia), que, junto con las reglas, nos definen un esquema que no permite perderse y que puede definirnos un sistema de operar dentro de un trabajo metódico y organizado.

Términos generales

Por una cuestión puramente metodológica, hemos seleccionado una serie de vocablos que denominaremos "Términos Generales -TG-". Estos TG estarán referidos siempre a la "Información básica sobre la ciudad" que desde ahora denominaremos I.B.C.

Cinco son los términos que consideramos tendremos que dar siempre, o al menos, este es el criterio que hemos seguido, para definir la I.B.C.

- Geografía.
- Historia
- Geología
- Geomorfología
- Geotecnia

Los TG alcanzan su verdadero significado si se encadenan en un orden predeterminado, constituyendo lo que podríamos denominar una "cadena básica".

La cadena generada del tipo anterior constituye, a nuestro entender, un dispositivo muy natural que nos permite asignar fácilmente un sistema de relaciones y funciones a los términos generales.

- El sentido de **Geotecnia**, en nuestro trabajo, no será el etimológico propio de "técnica de la Tierra", sino el más concreto de *ciencia que se ocupa de las modificaciones que en los estados de equilibrio y tensión de la corteza terrestre producen las construcciones humanas.*

Al ser la Geotecnia el fin último en el estudio de nuestro trabajo, en el encadenado que hemos propuesto de “términos generales”, ocupará el último lugar.

- **Geomorfología** será el *tratado de la forma que adopta la Tierra* en el área de nuestro estudio, entendido de forma dinámica, es decir, atendiendo al tiempo como un factor de escala e incluyendo no sólo las modificaciones producidas por los agentes naturales, sino también las antrópicas producto de las culturas que se han ido superponiendo a lo largo de la vida de la ciudad.

- Si centramos el estudio **Geológico** *en la naturaleza de los materiales que componen el subsuelo, así como en las estructuras que lo conforman*, entendida como un conjunto ordenado de elementos, encontraremos unos datos de partida que suavizarán nuestro trabajo de interpretación geotécnica.

- La información **Histórica** sobre la ciudad irá encaminada a comprender el por qué de las modificaciones del subsuelo y nos servirá como complemento para interpretar las anomalías geotécnicas difíciles de interpretar si no es recibiendo el legado histórico de la forma de vivir de la ciudad y que ha dejado su huella sobre las construcciones antiguas y las perturbaciones infligidas al medio físico en el natural devenir de la historia.

- Entendemos **Geografía** como *ciencia puramente descriptiva de las condiciones formales en que se desarrolla la ciudad* y que, al menos, nos servirá como introducción antes de penetrar en el interior del macizo y conocer sus propiedades a una escala de Ingeniería Civil.

Notemos que podríamos haber definido, de una manera obvia, los TG, no en función a la generación que conlleva la propia cadena, sino en forma de conceptos más generales. Pero lo importante es que, una vez reconocido el carácter relacional de estos conceptos, vemos de inmediato que están colocados de una forma apropiada.

Términos particulares

De igual forma que preparábamos anteriormente unos “términos generales”, seleccionamos a continuación otra serie de vocablos que denominaremos “términos particulares –TP-“. Tales TP acompañan a los TG y ayudan a seguir ordenando de una forma metódica el trabajo

TG	TP
Geografía	1. Situación
Historia	2. Desarrollo
Geología	3. Encuadre
Geomorfología	4. Evolución
Geotecnia	5. Documentación

Los TP, que a su vez constituyen una nueva cadena, no están colocados de una forma caprichosa sino que guardan una relación preestablecida con los TG a los que acompañan.

Situación – Desarrollo – Encuadre – Evolución

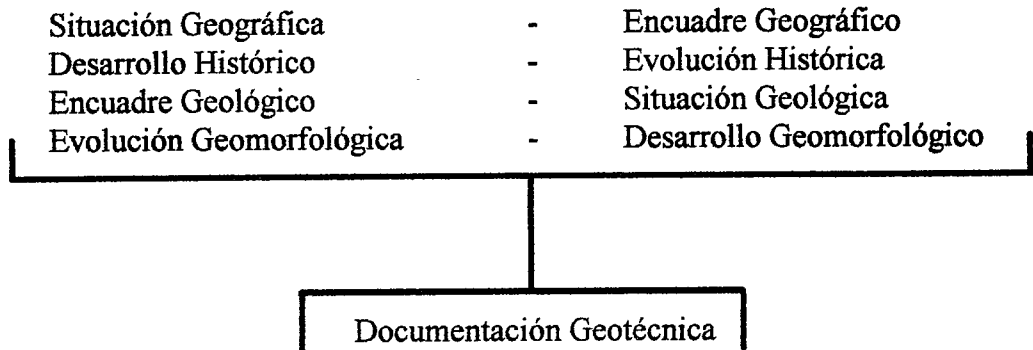
son términos de cualificación que pueden intercambiarse dos a dos:

Situación - Encuadre
Desarrollo - Evolución

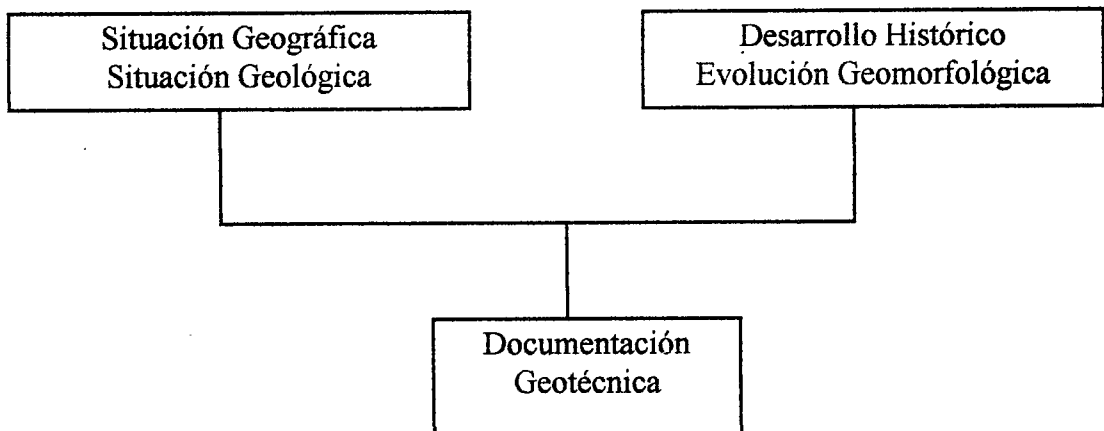
pero que no pueden romper el orden de aplicación establecido en la cadena si no es escapando de los fines propuestos.

Síntesis de TG y TP

Vemos que se puede desarrollar un método de estudio en sentido progresivo con intercambio de los TP1 propuestos siempre que $1 = 1 + 2$



También podría realizarse de una forma semiarborescente



Hemos repetido a conciencia el TP1 = Situación, con objeto de poder modelizar como si fuesen sinónimos los TP1 y TP3.

- La acepción en que usamos **Situación** corresponde a la disposición de un cuerpo respecto del lugar que ocupa en el espacio.

De esta forma, definimos el TG **Geografía** y el TP **Situación** obtenemos lo que denominaremos "**Término Completo –TGP–" Situación Geográfica**.

En este TGP1 tendremos la precaución de excluir los condicionantes de tipo evolutivo o de desarrollo.

- El TP **Desarrollo** lo utilizaremos en el sentido de explicar el TGP2 **Desarrollo Histórico**, yendo de deducción en deducción hasta las últimas consecuencias que podamos extraer.

- **Encuadre** nos permitirá definir los límites en que se moverá el estudio del TGP3 **Encuadre Geológico**.

Pretendemos definir los límites de una forma lo más concreta posible al efecto de no perder el sentido geotécnico que vamos buscando de la mano de la rama geológica.

- El TGP4 **Evolución Geomorfológica** estará referido al cambio de actitud del subsuelo, en que se encuentra nuestro campo de trabajo, en el devenir del tiempo.

Esta evolución está presidida, de forma natural, por el agua dinámica que, de forma usual en los estudios sobre la tierra, asume papeles fundamentales. Por ello incluiremos las acepciones hidrogeológicas.

- En cuanto al TGP5 **Documentación Geotécnica** diremos que le damos el sentido menos trascendente de los posibles, ya que consideramos que no tiene otra misión más que coleccionar los hechos tomados de la realidad y presentarlos a modo de secuencia fotográfica.

Aunque resulta paradójico, después de lo expuesto en el párrafo anterior, como se puede apreciar, en este estudio intentamos poner al servicio de la Geotecnia y como ciencias auxiliares las restantes acepciones.

TGP

-
1. Situación Geográfica
 2. Desarrollo Histórico
 3. Encuadre Geológico
 4. Evolución Geomorfológica
 5. Documentación Geotécnica

Términos completos

Definidos, como anteriormente hemos visto, nuestros “Términos Completos - TPG”, por las mismas razones que exponíamos anteriormente no son intercambiables, no debiendo alterarse el orden predeterminado, al menos en interés del sentido metodológico de este trabajo.

$TGP \equiv TG + TP$ no constituye una ecuación de identidad en sentido matemático ya que solo acepta su verdadero significado si le fijamos un subíndice del tipo

$$TGP^1 \equiv TG^1 + TP^1$$

Se intenta con el **indicador** que se ha expuesto crear una situación **generativa** que siguiendo a Chomsky, produzca un cambio que pueda ser más fecundo que la descripción no ilativa de tipo estructuralista.

Con esta forma de proceder se ha creado una especie de “brújula de navegar” que no nos aparte del camino propuesto aunque le resta brillantez a la exposición del texto.

Las referencias expuestas en esta introducción del desarrollo de cada uno de los TGP están realizadas con el interés de mantenernos dentro de los estrechos límites que nos hemos fijado. Por ello, recomendamos al lector interesado en profundizar en el trabajo no extraiga más consecuencias que las que buenamente se pretenden.

Axiomas de Evaluación

Constituyen lo que denominábamos **Reglas Transformacionales**. Los utilizaremos a la hora de elegir un camino u otro en la evaluación de los modelos propuestos y en relación con las consecuencias sobre el estudio que se deriva de estos axiomas.

Aunque con la definición de los TG y TP no seríamos capaces de ultimar el modelo a seguir ya que todavía tendríamos un campo de actuación muy amplio y necesitamos de unos nuevos términos que nos lo delimiten, sí podemos decir que éstos constituyen el núcleo básico del modelo. Por ello, podemos definir e incluso aplicar los axiomas de evaluación antes de tener nuestro modelo totalmente completo.

Axiomas de Evaluación (AE)

AE1: La **Universalidad** respecto a las propiedades a definir dentro del campo de actuación de cada TGP; tal Universalidad constituirá un síntoma de ineficacia.

AE2: La **Transcendencia**, en el sentido de poder evolucionar, cambiar de configuración, y que daría vida a un modelo bien dimensionado independientemente de su generalidad. En nuestro caso, el trascender del modelo depende de su carácter evolutivo y ello por las acepciones de los términos, tanto generales como particulares.

Debemos tener en cuenta que cada vez que se produce una evolución, el modelo aumenta su potencia en detrimento de su capacidad dialéctica; es decir, el modelo se rigidiza conforme evoluciona.

AE3: La **Compatibilidad** en los términos TG y TP que definen el modelo (en el sentido del discurso dialéctico o matemático) es imprescindible para el funcionamiento de nuestro cuerpo ideal.

Así podemos observar que son incompatibles TP4 con TG1 Y TP1 con TG2, ya

que en nuestro estudio no podemos asimilar **Evolución con Geografía** por el propio mecanismo de trabajo.

AE4: La **Simplicidad** del modelo es muy importante desde el punto de vista de la fecundidad. Cuanto más fácil sea de manejar el modelo propuesto, así como más inteligible, tanto mayor será la posibilidad de aplicarlo.

AE5: La **Utilidad**, entendida como un axioma de evaluación en tanto que los propios AE sean funcionales del tiempo. Ocurre que modelos que pueden ser de mucha utilidad al inicio del trabajo (y con algunos hemos experimentado) devienen en inútiles en cuanto se profundiza en el experimento conceptual.

AE

-
1. Universalidad
 2. Transcendencia
 3. Compatibilidad
 4. Simplicidad
 5. Utilidad

Tal y como hemos expuesto los AE, podemos decir que la instalación de un modelo debe evaluarse desde la utilidad aplicada en la perspectiva de “transcender en sentido hereditario descendente a lo largo de las secuencias temporales previstas en el trabajo”.

Siguiendo una línea más bien propia de estudios de otra índole, como el lector habrá podido observar, trabajamos sobre base cinco más uno, ello, al objeto de excluir el cero como indicador de posición, reservándole un papel de receptor de anomalías.

La razón de trabajar con cinco acepciones, incluso lingüísticas, a lo largo del estudio, proviene de un análisis de la documentación existente que nos ha llevado a forzar, casi como disciplina en este encuadre, el método de trabajo.

Si hubiese sido necesario, la dimensión de la matriz conceptual podría haber sido otra, ya que nuestro interés radica, precisamente, en fijar la dimensión y no en el número en que se fija.

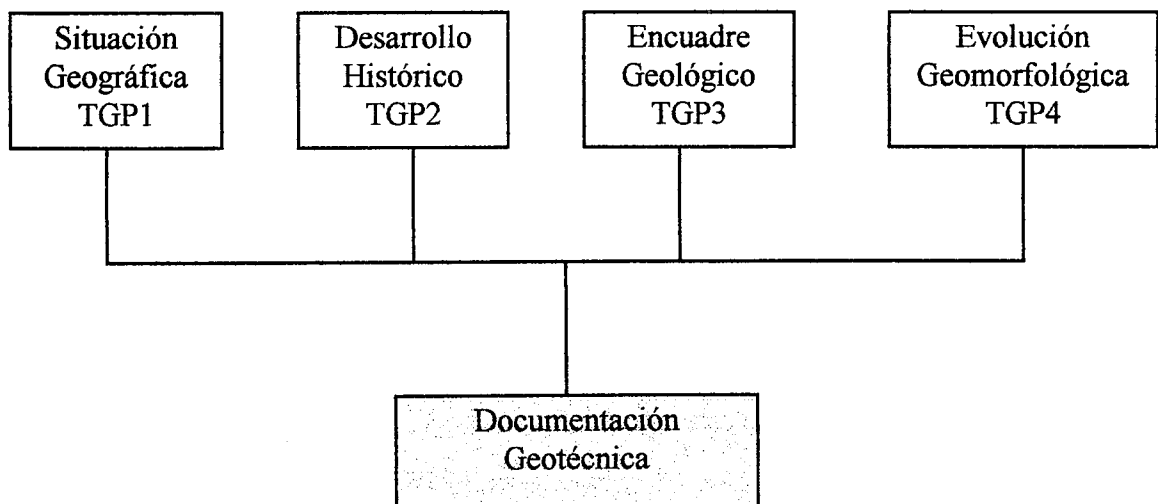
Propuestas de Modelo y aplicación a los mismos de los Axiomas de Evaluación.

Según las teorías estructuralistas, a partir de una observación empírica se define un modelo mecánico o físico que mediante una función de transferencia pasa a constituirse en un dialéctico o matemático.

En nuestro caso no buscamos un modelo estructuralista sino que pretendemos conseguir un modelo de tipo generativo por entender que el estructuralista, basado en la descripción empírica, no es suficiente para la profundidad dentro del mundo del conocimiento que buscamos dar al tema sobre el que estamos trabajando.

En nuestras propuestas de modelo de tipo generativo, evidentemente, tienen que estar conectados los TG y los TP como suma (no en sentido matemático o de adición, sino en sentido lingüístico) y siempre teniendo en cuenta que los términos los definimos por sus afinidades y no por sus diferencias, como ocurre en los modelos de tipo estructuralista.

Modelo arborescente:



Prueba de los AE:

AE1.- El modelo admite definiciones muy amplias en cada casilla, haciéndose necesaria una depuración previa antes de incorporarse al tronco general con objeto de no repetir conceptos.

Lo anterior nos presenta un síntoma de ineficacia del modelo.

AE2.- Este modelo sería trascendente simplemente con incorporar a los TG y TP definidos unos nuevos términos que nos vayan concretizando sucesivamente hasta conseguir una rigidización total del modelo.

AE3.- Su compatibilidad la podemos asegurar impidiendo, mediante una simple relación de dependencia, la unión de TG y TP incompatibles.

Según todo lo expuesto en los epígrafes anteriores, las incompatibilidades a estos efectos se presentarán en:

TG1 y TG3 con TP2 y TP4

TG2 y TG4 con TP1 Y TP3

AE4.- No hay duda de que el modelo propuesto es fácilmente inteligible y de ello deriva su simplicidad

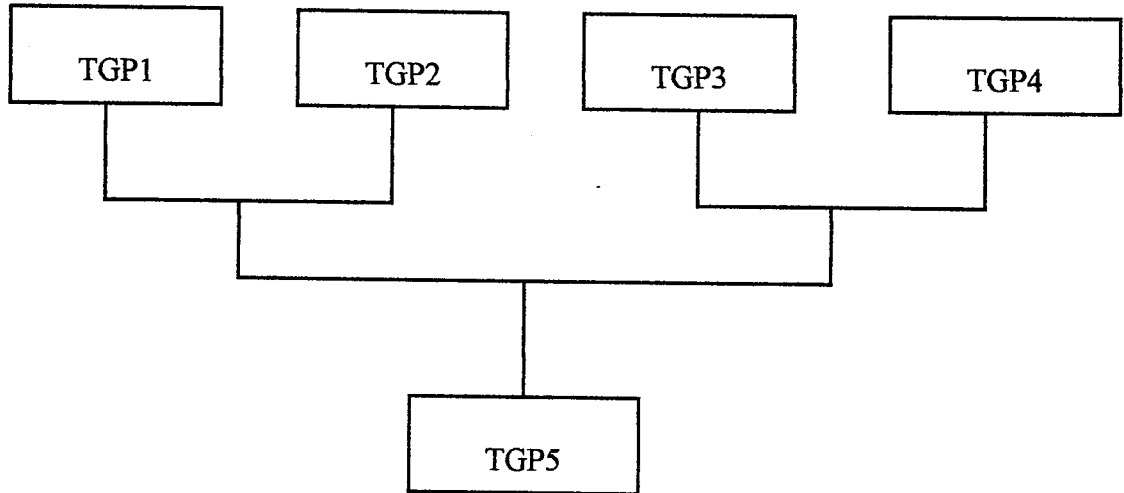
AE5.- Claramente se puede apreciar que este tipo de modelo es funcional del tiempo y puede ir acoplándose a lo largo del presente trabajo por muy fecundo que éste resulte.

Conclusión:

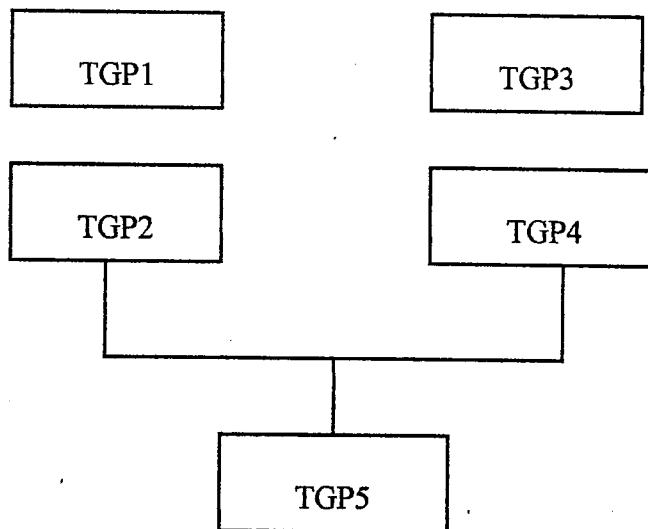
El modelo de tipo arborescente solamente no resiste el AE1 puesto que pierde eficacia al ser necesaria una depuración previa del TGP5.

Se nos presentaría el problema de la posible repetición de conceptos ya que tenemos cuatro operadores –TGP1, TGP2, TGP3 y TGP4- que se pueden intercambiar en su posición.

Modelo Semiarborescente



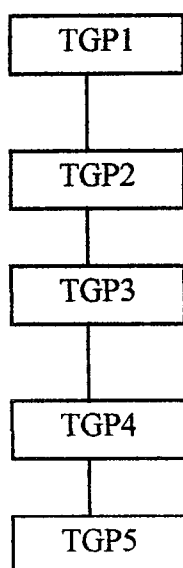
Modelo Semiarborescente - Semiencadenado



En estos dos modelos se nos sigue presentando, si bien de una forma menos acentuada, el problema de la universalidad.

En cada "casilla" se nos pueden seguir repitiendo términos y no tenemos capacidad alguna de analizar una casilla frente a otra.

Modelo Encadenado



Si se ha comprendido la intención de los AE, claramente se puede apreciar que este tipo de modelo acepta plenamente la prueba de los AE, resolviéndose el problema de la universalidad al obligarnos el encadenado a no admitir definiciones iguales en las distintas casillas.

No han sido solamente las anteriores, las pruebas que hemos realizado hasta llegar al modelo que consideramos idóneo, pero nos parecería demasiado repetitivo el plasmarla todas en este documento.

Por tanto, éste será nuestro modelo a seguir, en el que tenemos definido nuestros términos y la invarianza.

Según nuestros postulados anteriores, analizaremos los TPG, de forma encadenada, lo que supone:

- No son repetibles informaciones contenidas en TGP anteriores.
- Para cada TGP se podrán definir unos nuevos términos que concreten y que en adelante denominaremos “Términos de concreción -TC-”.

Términos de Concreción, Definición y Medición

Todos estos nuevos términos nos servirán para cerrar el abanico de posibilidades, que quedaría abierto sin ellos, en cada TPG.

Para cada TPG definimos unos TC que estarán regidos, de igual forma, por la ley de invarianza $0 < 1 < 6$.

Asimismo, dejaremos libre el término “< 0” para situaciones de indiferencia o eventualmente para una nueva situación de gran valor.

Los términos de concreción estarán acompañados, a su vez, por unos términos que denominamos “definición -TD-”, y que también se regirán por las leyes anteriormente citadas.

En cuanto a los vocablos que denominaremos “Términos de Medición -TM-”, los utilizaremos como apoyo en el desarrollo en los TD.

- Los TC no tienen existencia organizada (fuera del archivo) sin la prelatura de un TGP.
- Los TD no tienen existencia por sí mismo sin la existencia de un TC.

- Los TM necesitarán de un TC anterior para tener existencia propia.

Dicho de otra forma, el tensor que define nuestra aproximación cognoscitiva a la ciudad, se podrá expresar de la siguiente forma:

$$T G^i P^j C^k D^l M^m \equiv [TGPCDM]^{ijkl}$$

Con las siguientes condiciones:

- Los subíndices serán, en cualquier caso, números enteros no negativos e inferiores a seis.
- El invariante se define en este sistema como el número seis, aunque podría organizarse el mismo sistema con otro invariante.

Resumen

En el presente capítulo se han definido una serie de operadores de carácter alfanumérico al objeto de racionalizar el trabajo.

Definiciones

- **Término completo (TPG).** Se constituye con “TP + TG” con sentido de complementariedad.
- **Término general (TG)**
 - Es el vocablo que tiene sentido fuera de nuestro estudio.
 - Se usan en la acepción particular que se les asigna en el presente estudio.

- Toman su verdadera expresión si se encadenan de una forma lógica.
- Constituyen un diccionario definido por un estimador (i) y por las siglas (TG).

TG.	1. Geografía
	2. Historia
	3. Geología
	4. Geomorfología
	5. Geotecnia

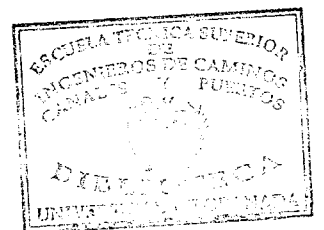
- **Término particular (TP).**

- Acompañan a los TG calificando su acepción.
- Se usan en la acepción general que tiene la palabra.
- Son intercambiables en principio según la regla.

$$TP(1) = TP(1 + 2) \text{ si } < 3$$

- Constituyen un diccionario definido por un estimador (i) y por las siglas (TP).

TP.	1. Situación
	2. Desarrollo
	3. Encuadre
	4. Evolución
	5. Documentación



- **Axiomas de evaluación (AE).**

- Se definen cinco operadores con el objeto de comparar los modelos que se proponen.

AE.	1. Universales
	2. Transcendentes
	3. Compatibles
	4. Simples
	5. Útiles

- El estimador (i) se hace variar entre 1 y 5.
- Se mantiene, a lo largo del trabajo, $0 < i < 6$ como un invariante.
- Se mantiene libre $i = 0$ para situaciones de indiferencia.

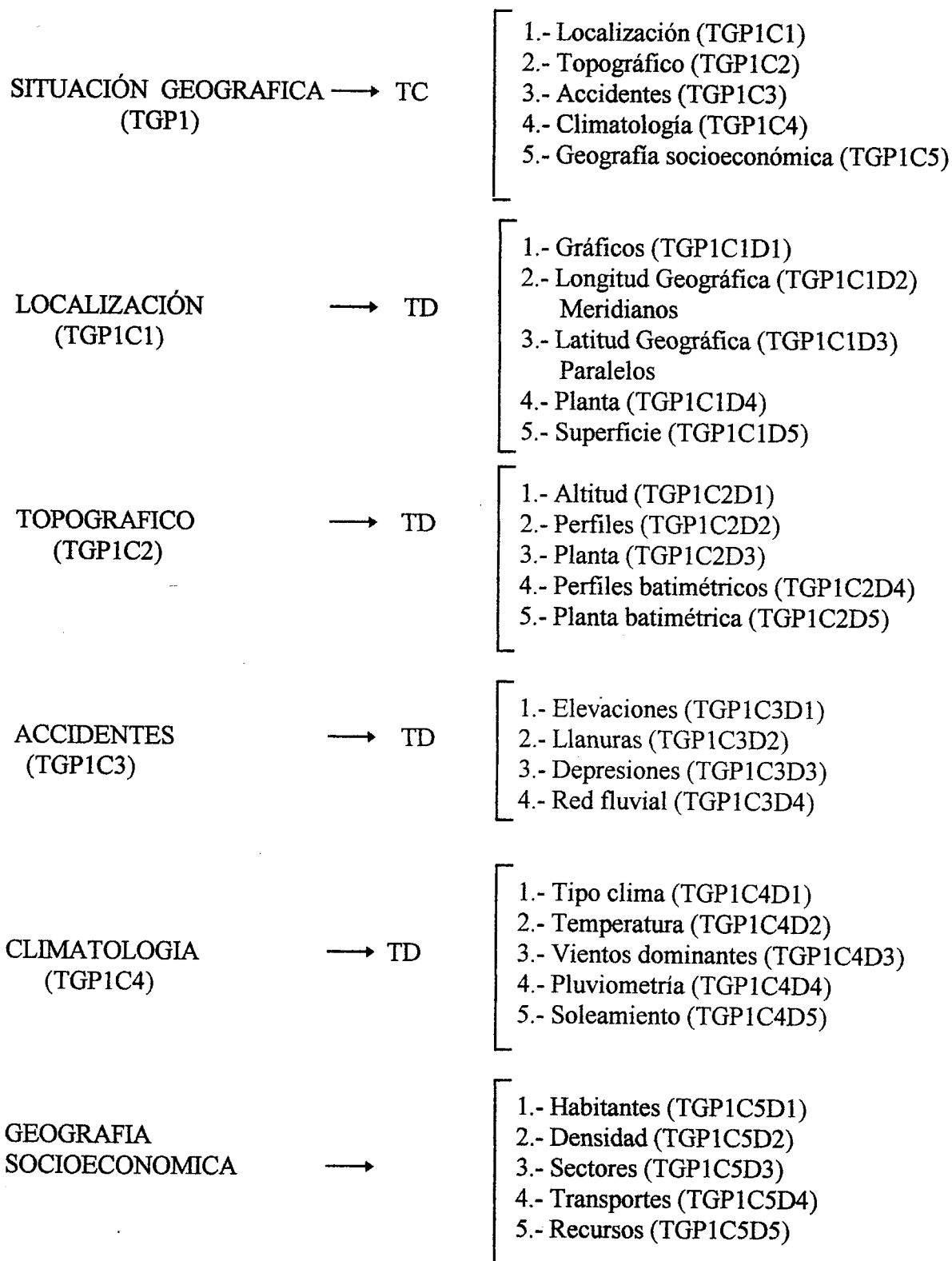
- **Propuesta de modelos.**

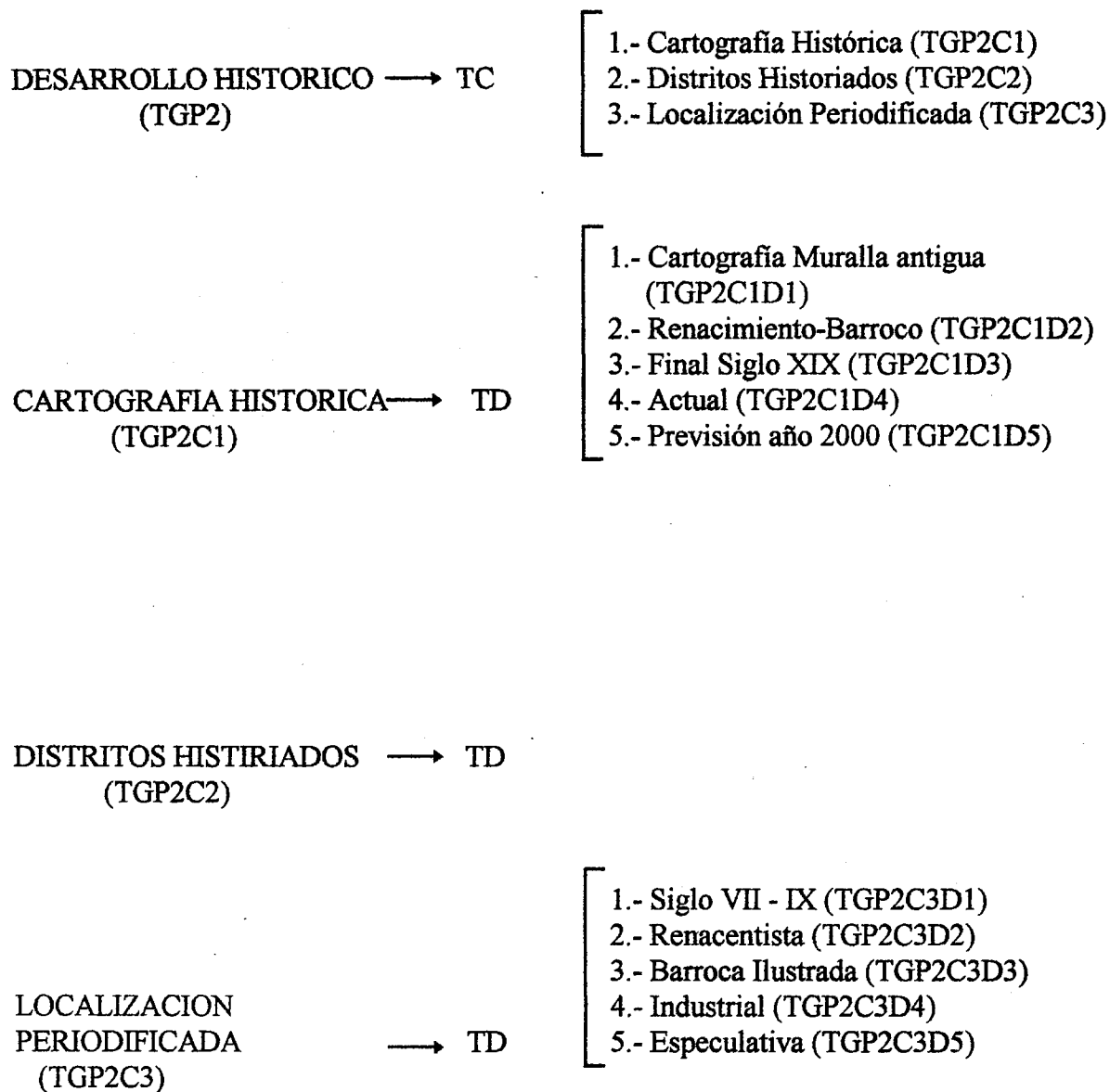
- Se proponen una serie de modelos teóricos.
- Se someten los modelos a la prueba de los AE.
- Elegimos el modelo encadenado por cumplir mejor la prueba.

$$\sum_{i=1}^5 AE (i)$$

- Dejamos abierto el procedimiento para que otras personas, a los que brindamos todo nuestro apoyo, traten este desarrollo incluso con resultado distinto al propuesto.

Desarrollo esquemático del Modelo propuesto





En este punto los TM responderán, en general a:

- Forma de vida
- Revoluciones
- Definir cambio
- Velocidad de cambio
- Dirección del cambio y su velocidad

ENCUADRE GEOLOGICO (TGP3)	→ TC	<ul style="list-style-type: none">1.- Localización (TGP3C1)2.- Litología (TGP3C2)3.- Neotectónica (TGP3C3)4.- Sismología (TGP3C4)
LOCALIZACIÓN (TGP3C1)	→ TD	<ul style="list-style-type: none">1.- Situación (TGP3C1D1)2.- Edad (TGP3C1D2)3.- Gráficos (TGP3C1D3)
LITOLOGIA (TGP3C2)	→ TD	<ul style="list-style-type: none">1.- Grandes Unidades Geológicas (TGP3C2D1)2.- Columna de secuencia temporal (TGP3C2D2)3.- Materiales postorogénicos (TGP3C2D3)4.- Planta litológica (TGP3C2D4)5.- Perfiles (TGP3C2D5)
NEOTECTONICA (TGP3C3)	→ TD	<ul style="list-style-type: none">1.- Periodo distensivo (TGP3C3D1)2.- Periodo compresivo (TGP3C3D2)
SIMOLOGIA (TGP3C4)	→ TD	<ul style="list-style-type: none">1.- Origen de los sismos (TGP3C4D1)2.- Distribución geográfica (TGP3C4D2)3.- Riesgos sísmicos (TGP3C4D3)

EVOLUCION
GEOMORFOLOGICA
(TGP4)

→ TC

- 1.- Geodinámica Externa (TGP4C1)
- 2.- Acciones antrópicas (TGP4C2)

GEODINAMICA EXTERNA → TD
(TGP4C1)

- 1.- Procesos (TGP4C1D1)
- 2.- Hidrogeología (TGP4C1D2)
- 3.- Consideraciones ambientales (TGP4C1D3)
- 4.- Análisis del modelado (TGP4C1D4)

ACCIONES ANTROPICAS → TD
(TGP4C2)

- 1.- Origen (TGP4C2D1)
- 2.- Influencia en el relieve (TGP4C2D2)
- 3.- Caracterización anual (TGP4C2D3)
- 4.- Dinámica futura. Consecuencias (TGP4C2D4)

DOCUMENTACION
GEOTECNICA
(TGP5)

→ TC

- 1.- Representación del campo de trabajo (TGP5C1)
- 2.- Información general (TGP5C2)
- 3.- Información especializada (TGP5C3)
- 4.- Presentación de la información especializada (TGP5C4)
- 5.- Análisis de la información (TGP5C5)

REPRESENTACION DEL
CAMPO DE TRABAJO
(TGP5C1)

→ TD

- 1.- La Escala (TGP5C1D1)
- 2.- Plano Urbano (TGP5C1D2)
- 3.- Plano de Sondeos (TGP5C1D3)
- 4.- Plano de Sectores (TGP5C1D4)
- 5.- Plano de Cuadrícula (TGP5C1D5)

INFORMACION GENERAL → TD
(TGP5C2)

- 1.- Información del lugar (TGP5C2D1)
- 2.- Planos Geotécnicos (TGP5C2D2)
- 3.- Riesgos geotécnicos (TGP5C2D3)
- 4.- Proyectos de cimentación (TGP5C2D4)
- 5.- Notas previas (TGP5C2D5)

INFORMACION
ESPECIALIZADA
(TGP5C3)

→ TD

- 1.- Sondeos Mecánicos (TGP5C3D1)
- 2.- Ensayos Pentrométricos (TGP5C3D2)
- 3.- Ensayos de laboratorios en Muestras Alteradas (TGP5C3D3)
- 4.- Ensayos de laboratorio en Muestras Inalteradas (TGP5C3D4)
- 5.- Dictamen (TGP5C3D5)

PRESENTACION DE LA
INFORMACION
ESPECIALIZADA
(TGP5C4)

→TD

- 1.- Datos Previos (TGP5C4D1)
- 2.- Situación (TGP5C4D2)
- 3.- Trabajos Realizados (TGP5C4D3)
- 4.- Tipo de Material (TGP5C4D4)
- 5.- Tipo de cimentación recomendada (TGP5C4D5)

No creemos conveniente ir enunciando cada uno de los diccionarios correspondientes a los términos de medición.

Por otra parte, pensamos que estos TM, al servir exclusivamente como elemento de apoyo, no son lo suficientemente generales como para que todos ellos se puedan aplicar a cualquier ciudad, sino que están abiertos a modificaciones atendiendo a la ciudad en concreto a la que se vaya a aplicar el trabajo.

III.1.4.- DEFINICION GEOGRAFICA

III.1.4.1.-Situación Geográfica. (TGP1)

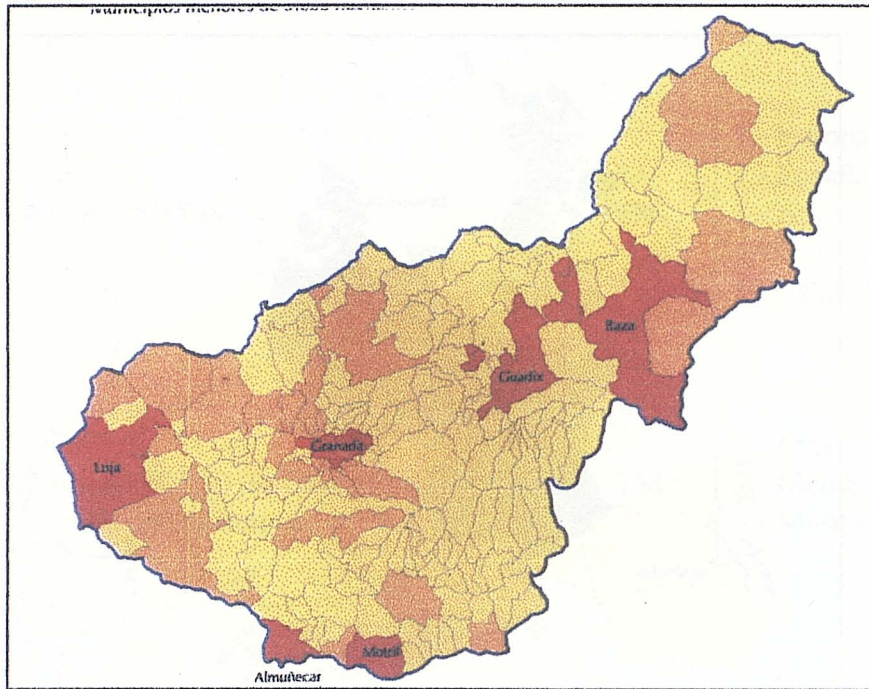
Utilizando la Geografía en el sentido de “ciencia descriptiva de las condiciones formales en que se desarrolla la ciudad”, procedemos a desarrollar el TGP1, una vez conocidos los TC que nos delimitan el abanico de posibilidades; a su vez, estos TC irán acompañados de unos términos de definición “TD” que, siguiendo el modelo propuesto, estarán delimitados por sus correspondientes términos de medición “TM”.

TC	[1.- LOCALIZACION
		2.- TOPOGRAFÍA
		3.- ACCIDENTES
		4.- CLIMATOLOGIA
		5.- GEOGRAFIA SOCIOECONOMICA
]	

En el desarrollo de estos “términos de concreción” iremos enunciando los “TD” y “TM” que los complementan.

III.1.4.2.- Localización. (TGP1C1)

TC1=TD	1.- GRAFICOS	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Europa 2.- España 3.- Andalucía 4.- Provincia 5.- Casco Urbano
	2.- LONGITUD GEOGRAFICA Meridianos	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Máxima 2.- Media 3.- Mínima
	3.- LONGITUD GEOGRAFICA Paralelos	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Máxima 2.- Media 3.- Mínima
	4.- PLANTA	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Longitudinal 2.- Transversal
	5.- SUPERFICIE	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Km²

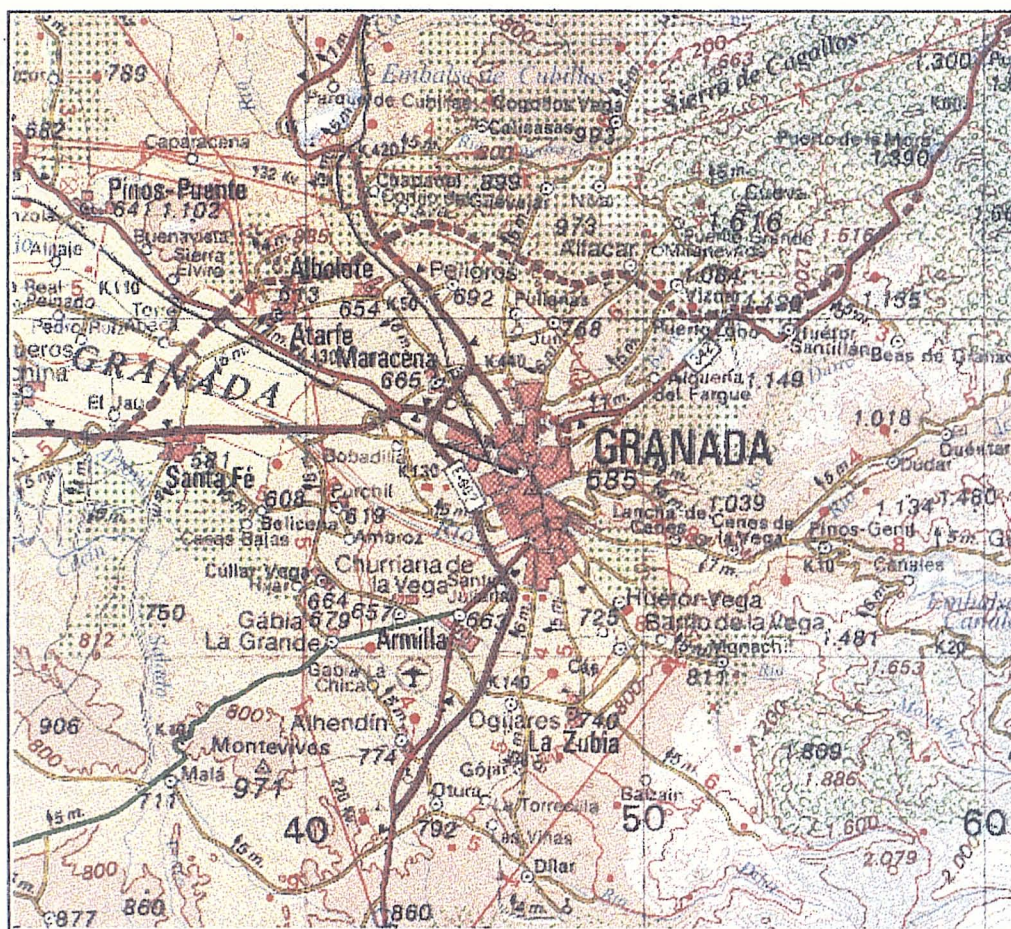


Situación dentro de la Provincia



Granada en el entorno de su Vega y Sierra Nevada.





El casco urbano de la Capital se encuentra rodeado por numerosas poblaciones que forman su cinturón.

2.- LONGITUD GEOGRÁFICA (TGP1C1D2)

La ciudad de Granada, asentada al pie de Sierra Nevada se encuentra situada en los $0^{\circ} 5' y 15''$ de longitud E del meridiano de Madrid.¹

3.- LATITUD GEOGRÁFICA (TGP1C1D3)

Se sitúa la ciudad en los $37^{\circ} 10' y 37''$ de latitud N.¹

4.- PLANTA (TGP1C1D4)

La mayor dimensión en planta de la ciudad es en su sentido E-O (longitudinal) de 4,3 Km. y en el sentido N-S (transversal) de 2.3 Km. Aproximadamente.²

5.- SUPERFICIE (TGP1C1D5)

Ocupa el casco urbano una extensión superficial de 4.70 Km² aproximadamente.²

¹ Entendemos LONGITUD Y LATITUD en el sentido utilizado en Cartografía Geográfica.

² Datos referentes al año 1.987

III.1.4.3.- Topográfico. (TGP1C2)

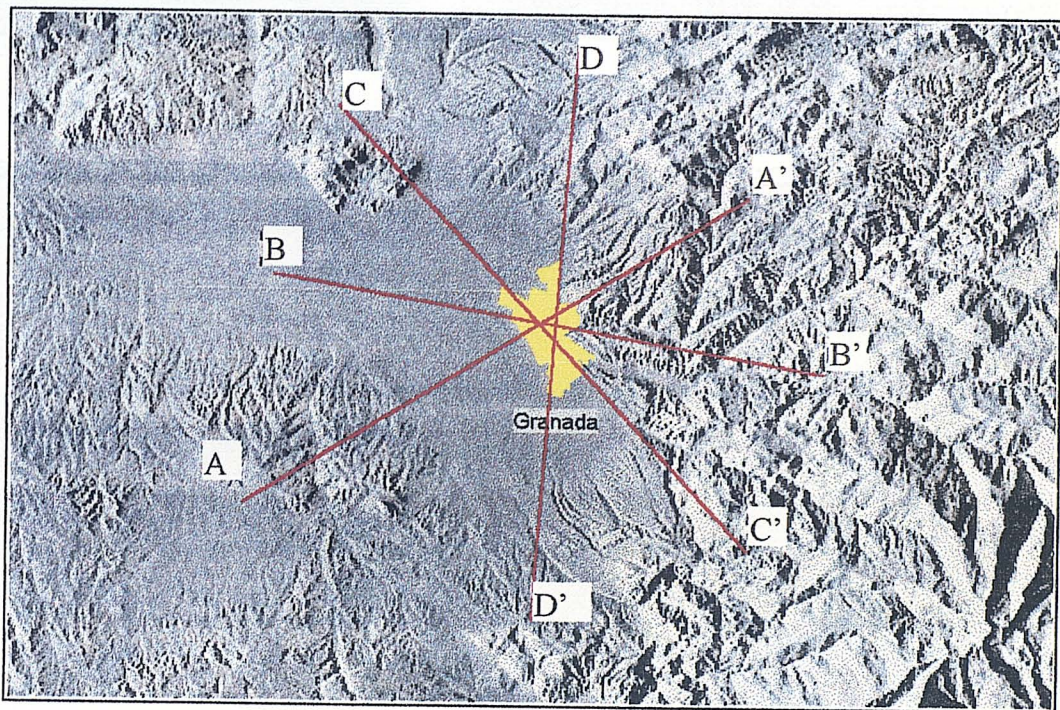
TC2=TD	1.- ALTITUD	→ TM	1.- Máxima 2.- Media 3.- Mínima
	2.- PERFILES	→ TM	1.- Longitudinal 2.- Transversal
	3.- PLANTA		
	4.- PERFILES BATIMETRICOS		
	5.- PLANTA BATIMETRICA		

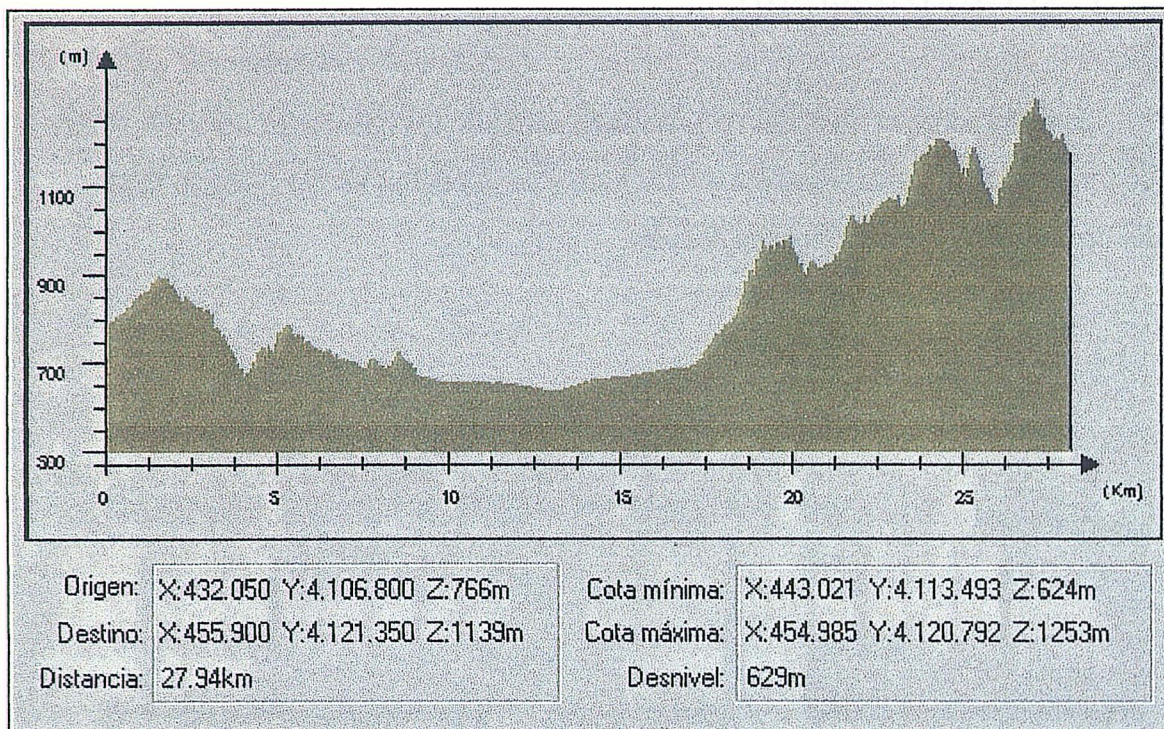
1.- ALTITUD (TGP1C2D1)

La altura sobre el nivel del mar oscila (a causa de los desniveles del suelo) entre los 662 metros en el punto más bajo y 780 metros en el punto más alto, siendo la altitud media de unos 685 metros aproximadamente.

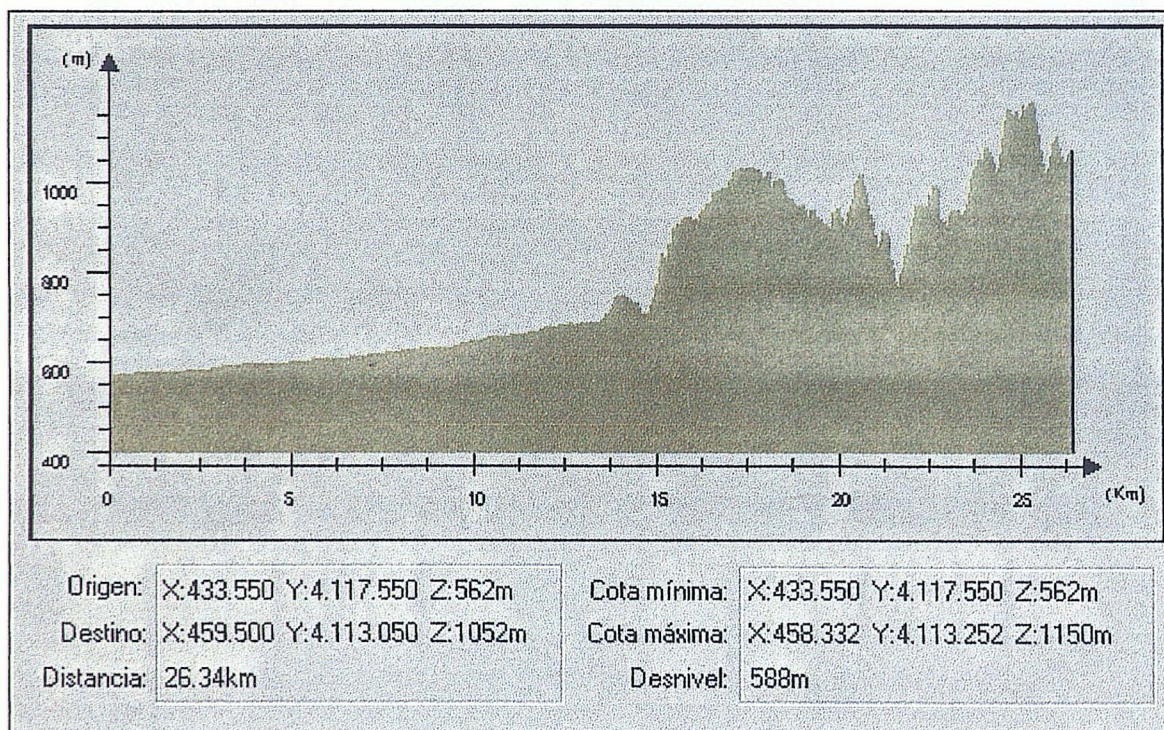
2.- PERFILES (TGP1C2D2)

Se representa a continuación cuatro perfiles topograficos de Granada y su entorno.

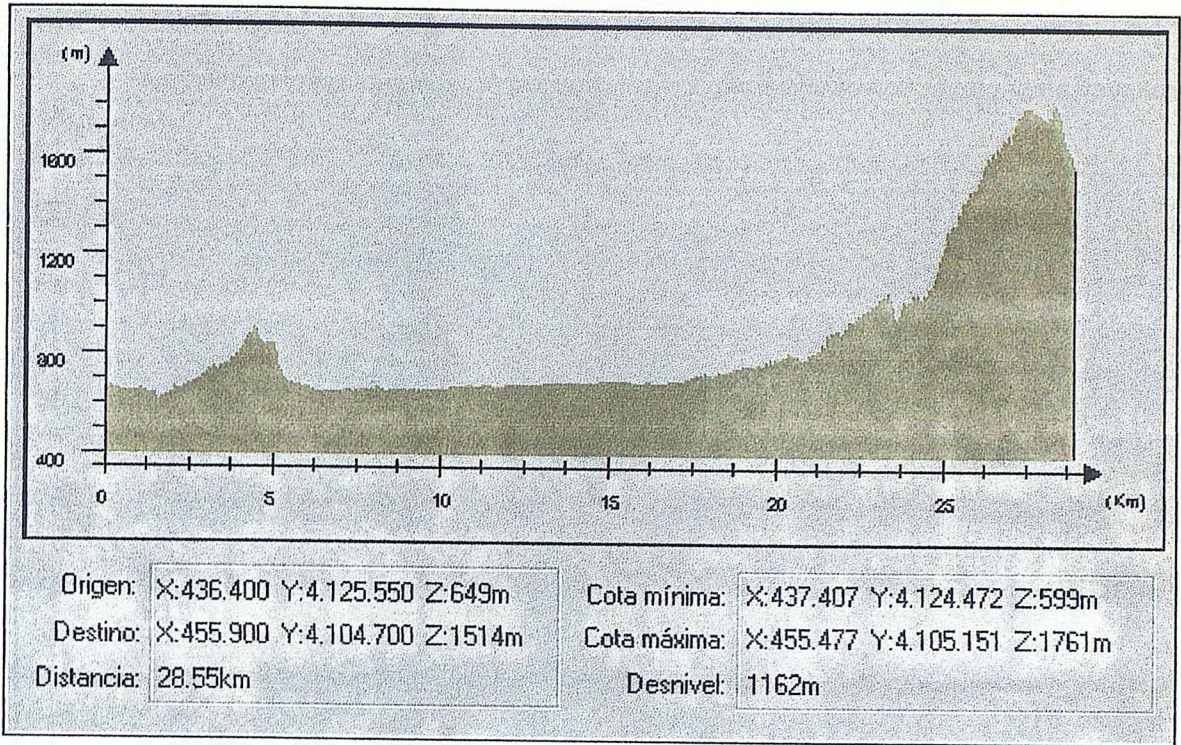




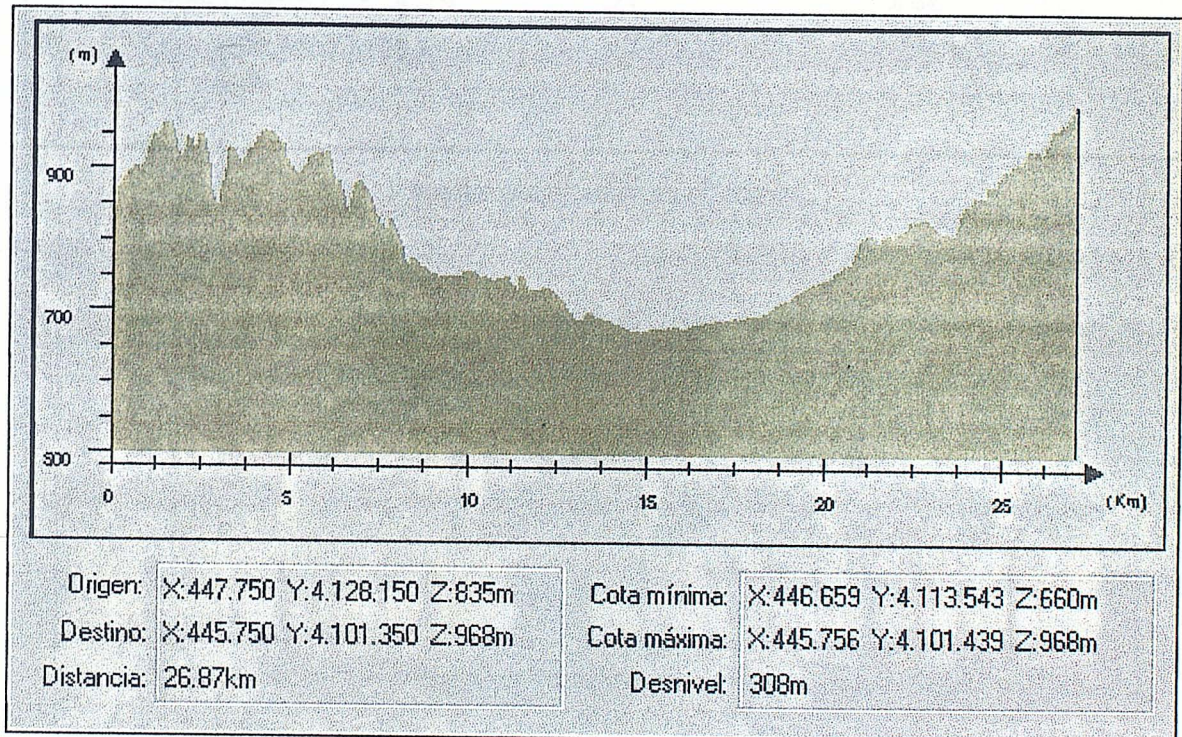
Perfil A-A'



Perfil B-B'

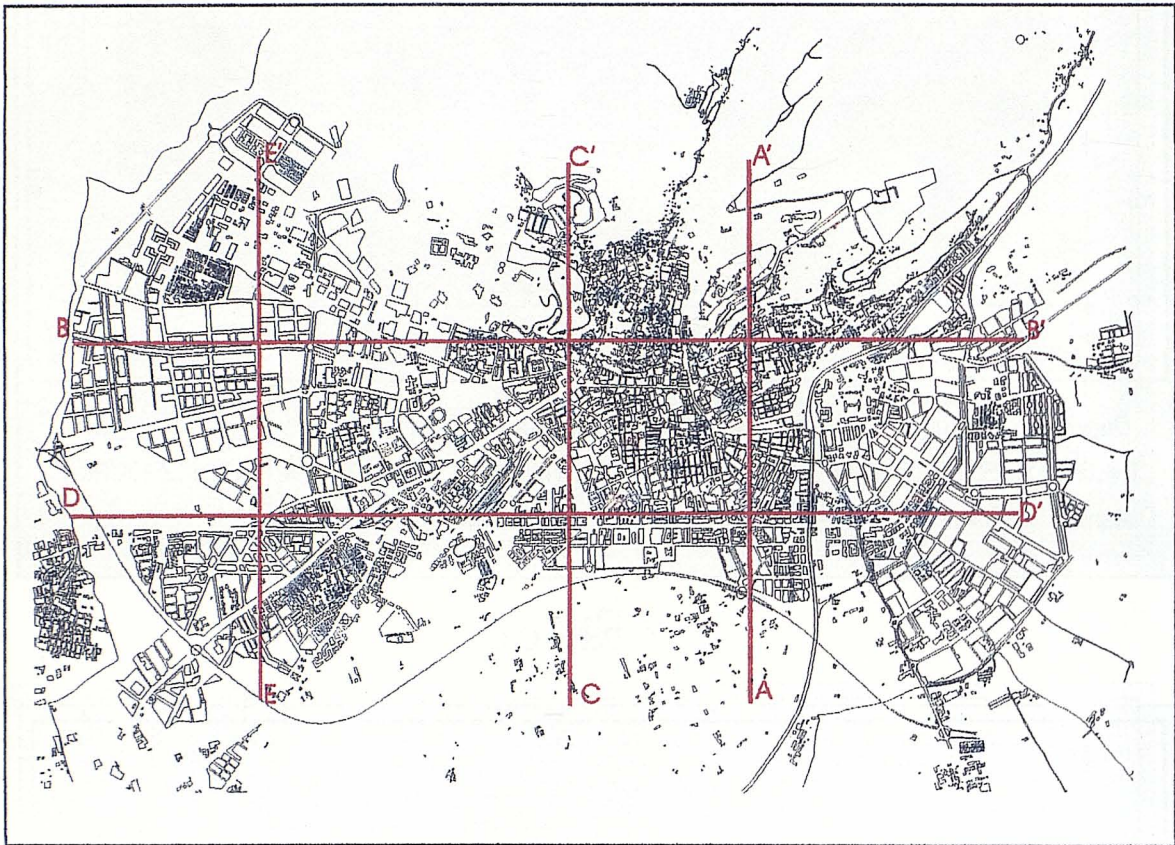


Perfil C-C'

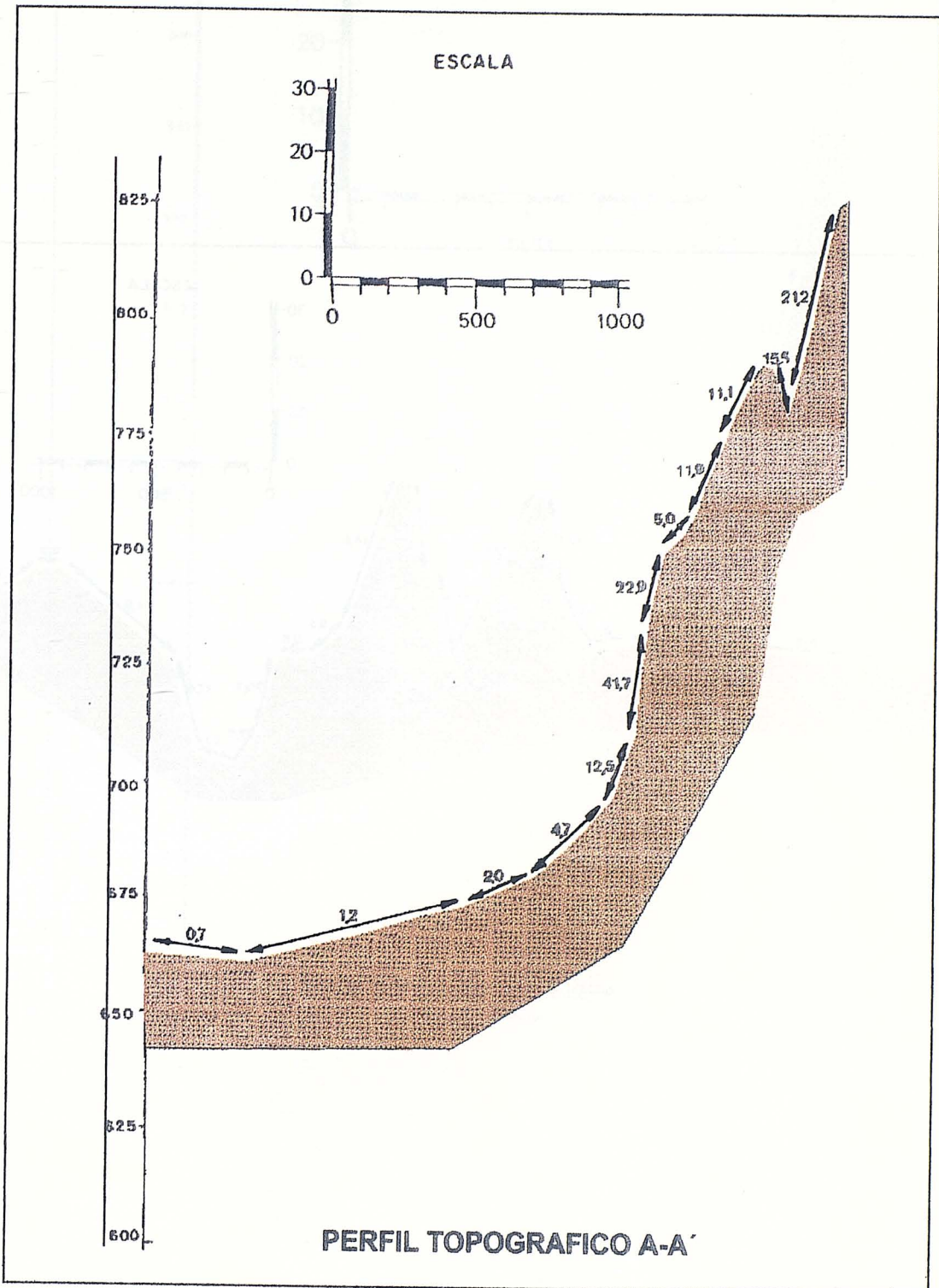


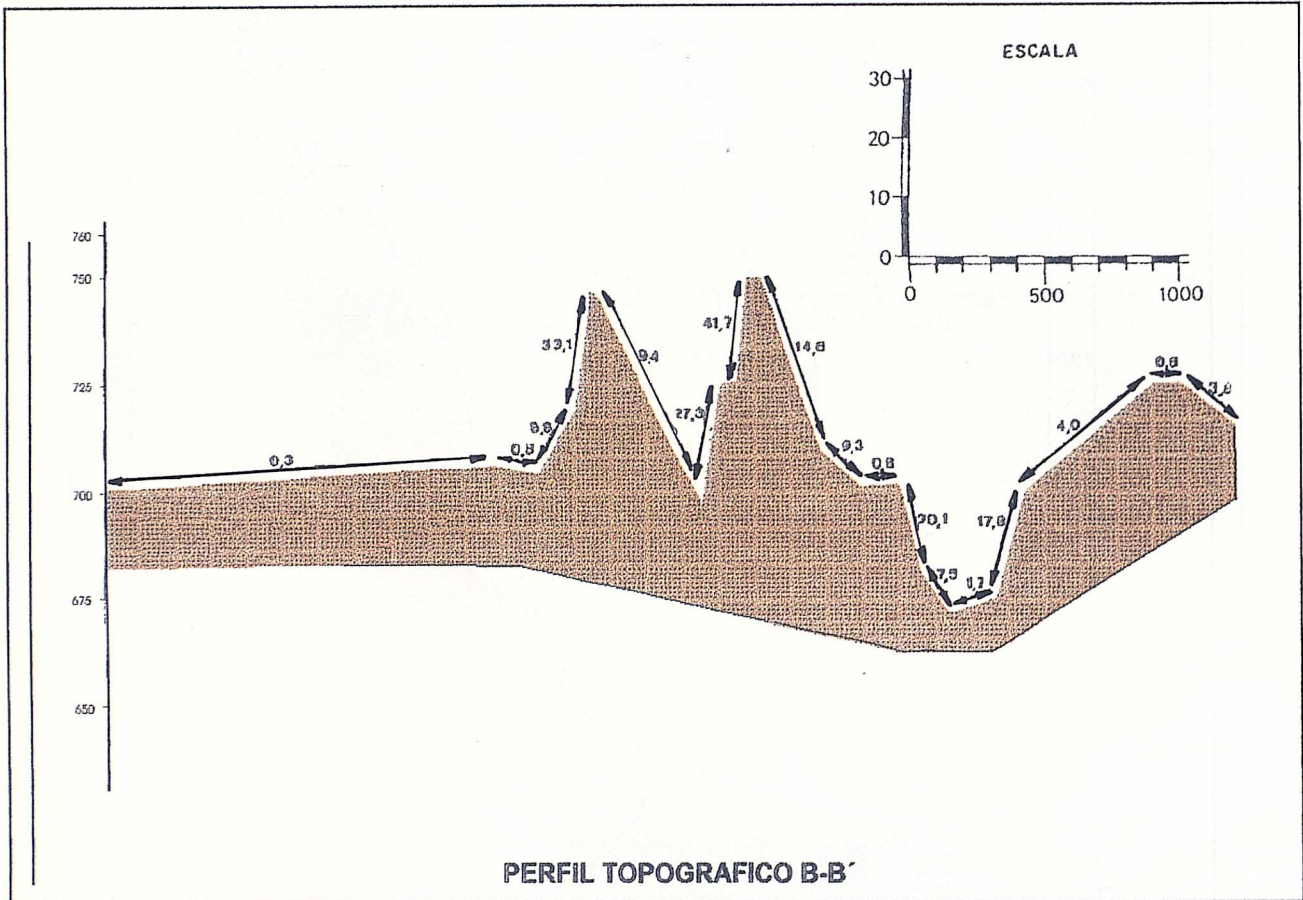
Perfil D-D'

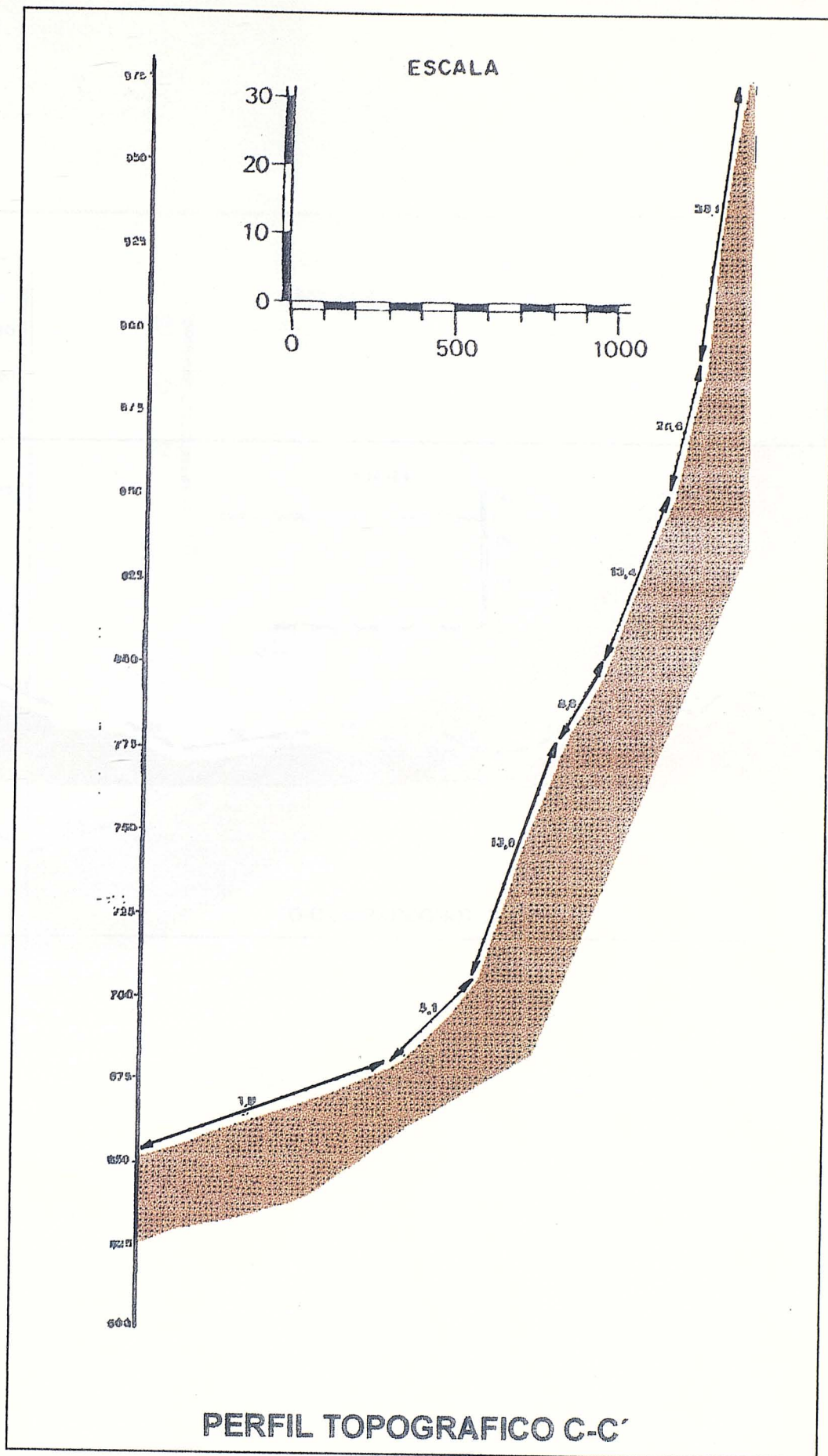
Acompañamos 5 perfiles esquemáticos de la ciudad –dos longitudinales y tres transversales- con el convencimiento de que pueden ser los más representativos.



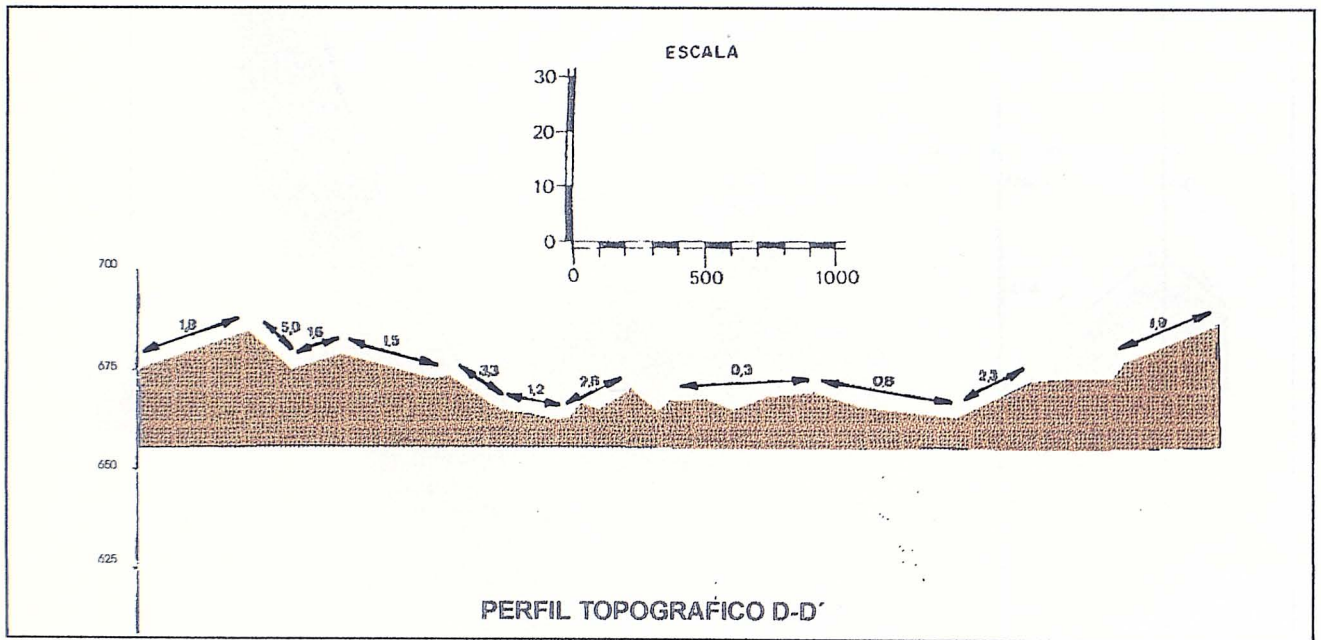
Planta de perfiles topográficos.

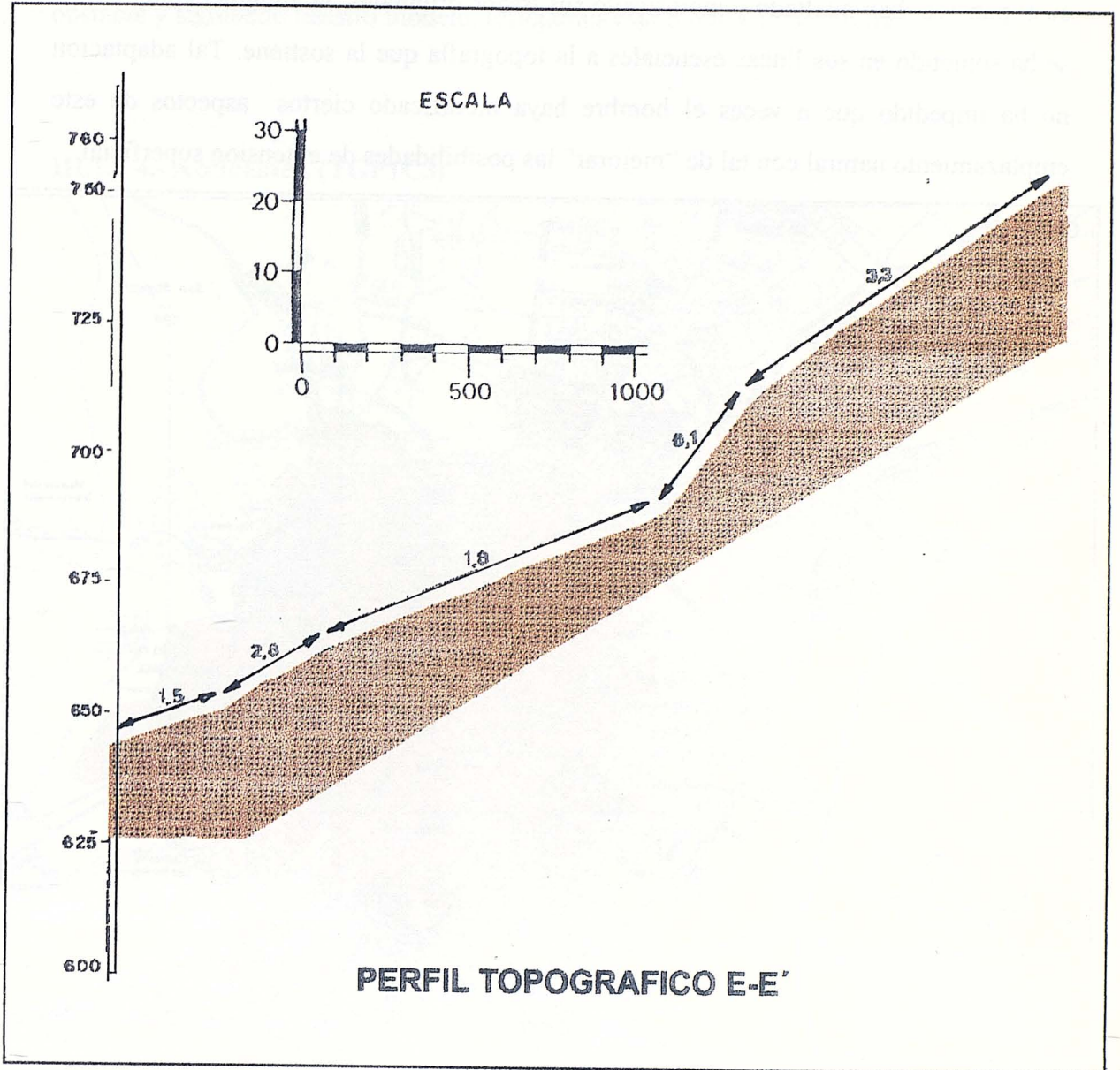






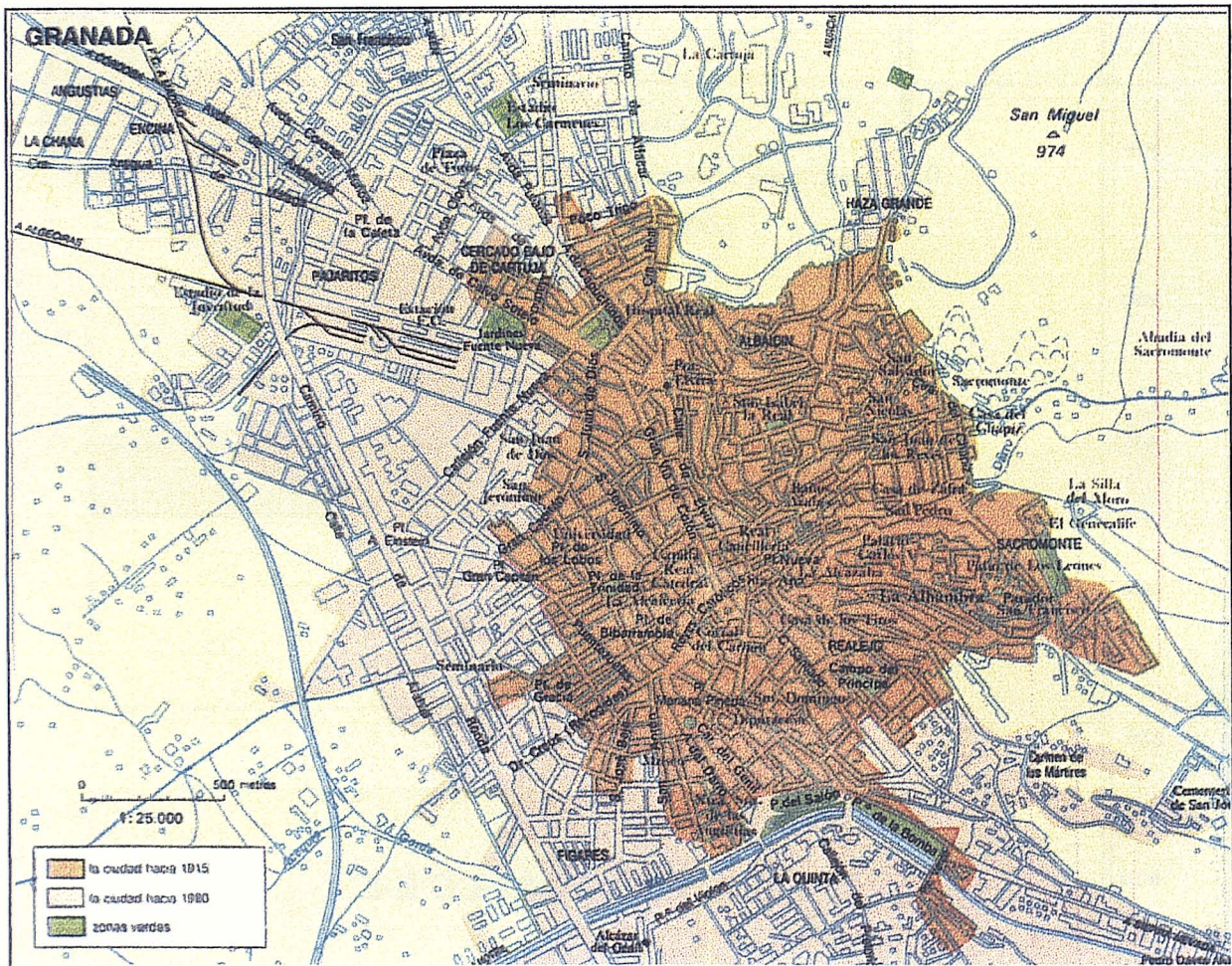
AJAD23





3.- PLANTA (TGP1C2D3)

Granada es una ciudad adaptada perfectamente a las condiciones del relieve donde se encuentra emplazada. A diferencia de otros muchos núcleos urbanos, que en su expansión han ocultado y modificado sus trazos originales, la antigua capital nazari se ha sometido en sus líneas esenciales a la topografía que la sostiene. Tal adaptación no ha impedido que a veces el hombre haya modificado ciertos aspectos de este emplazamiento natural con tal de “mejorar” las posibilidades de extensión superficial.



Planta de la Ciudad de Granada. Evolución en el Siglo XX.

4, 5.- PERFILES Y PLANTA BATIMÉTRICA (TGP1C2D4 Y 5)

Al no ser Granada una ciudad costera, este tipo de información no existe; no obstante y siguiendo nuestro modelo, reflejamos este punto en nuestro trabajo.

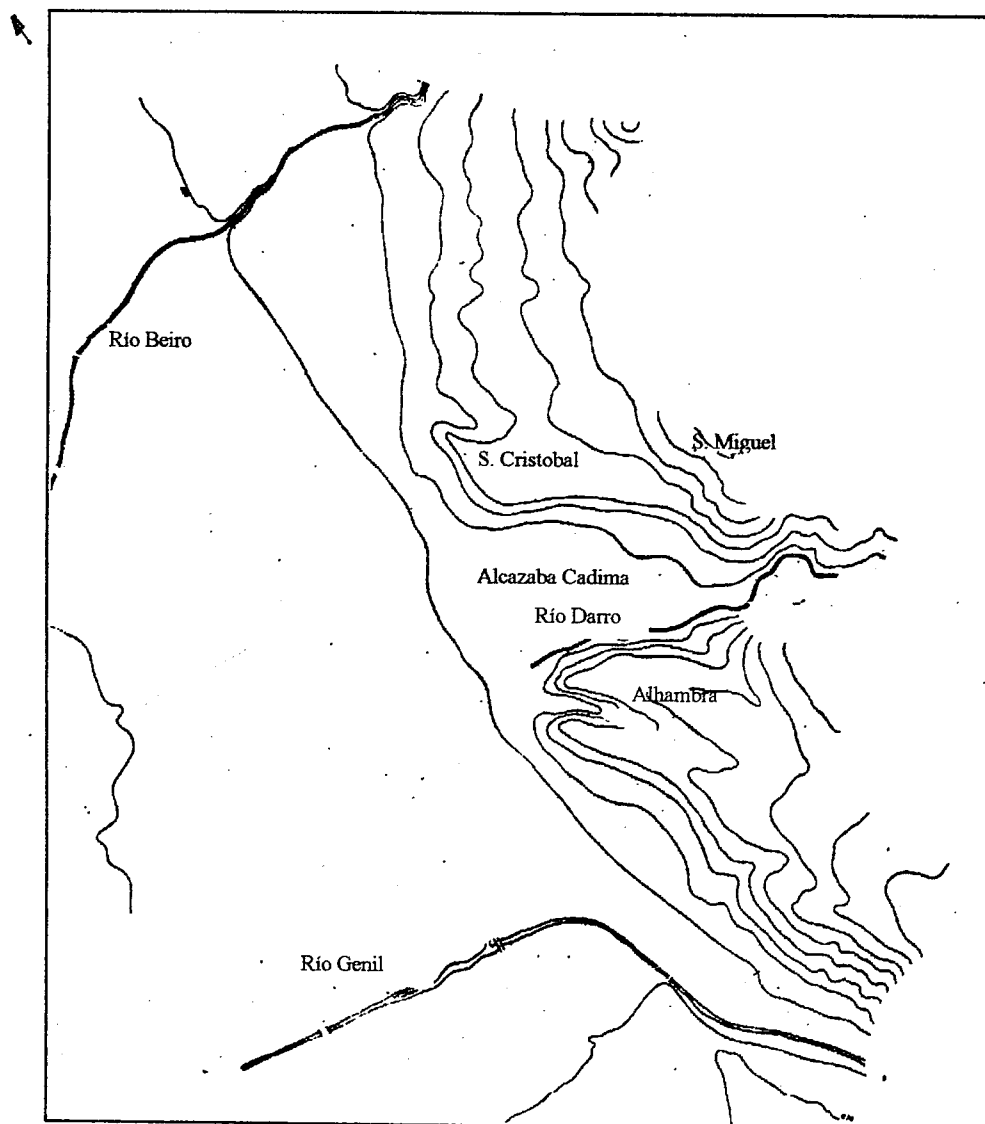
III.1.4.4.- Accidentes. (TGP1C3)

TC3=TD	1.- ELEVACIONES	→	TM	1.- Altura 2.- Tipo de Relieve 3.- Orientación
	2.- LLANURAS	→	TM	1.- Situación 2.- Extensión
	3.- DEPRESIONES	→	TM	1.- Situación
	4.- RED FLUVIAL	→	TM	1.- Ríos 2.- Fuentes 3.- Subterráneos



1.- ELEVACIONES (TGP1C3D1)

Esencialmente, Granada es y, sobre todo, ha sido una ciudad acrópolis. Tres colinas conquistadas sucesivamente por las edificaciones humanas, sostienen los trazos del relieve natural y más antiguo de la ciudad. Estos tres cerros situados al pie de Sierra Nevada se extienden de Norte a Sur, entre la Sierra antedicha y la de Arana.



Zonas de los relieves más abruptos.

Las tres colinas tienen una altura similar, en torno a los 750 metros. La de San Cristóbal, la Xarea musulmana, al Norte, se eleva hasta los 760 metros en su punto más elevado; es sumamente escarpada, con una silueta agreste y dura. En conjunto, es apenas un duro espolón que, como una quilla de nave, proyecta hacia la Vega el cerro

de San Miguel (974 metros)¹. Desciende en brusco declive hacia el Norte, enlazando con la ladera donde se encuentran las dos Cartujas. Su vertiente meridional forma una leve vaguada que, siguiendo la cuesta de la Alhacaba, une la colina de San Cristóbal con la de la Alcazaba-Cadima o baja. Esta última tiene una altura inferior y su relieve es más suave. Su perfil desciende bruscamente al Oeste, sobre la Vega, a la que opone un frente ancho aunque abrupto de 60 metros de desnivel. Por el contrario, la ladera meridional, al descender sobre el Darro, lo hace más lentamente.

La tercera colina, la de la Alhambra, es la más alta 790 metros, y la más extensa. Se alza en duros escarpes sobre el valle del Darro. La colina, que a Oriente está separada del cerro del Sol (980 metros) por el profundo barranco del Rey Chico, se encuentra prácticamente aislada, por escarpes y gargantas, de la Vega y de las montañas que la respaldan.

La Assabica, con su disposición longitudinal, separa el cerro de la Alhambra propiamente dicho de la otra cumbre, el Ahabul musulmán, el Mauror cristiano, menos alta (760 metros), donde se alzan las Torres Bermejas.

2.- LLANURAS (TGP1C3D2)

La colina de San Cristóbal ofrece en su nivel superior escasas superficies llanas para la extensión urbana. Por el contrario, en la de la Alcazaba-Cadima se presenta en la cumbre una amplia y extensa superficie llana de unos 300 metros de ancho y 1 km. de longitud, muy favorable a la ocupación humana.

El contacto de la colina de la Alhambra con el valle del Genil, tras un brusco salto de 100 metros, se realiza a través de una amplia terraza fluvial sobre la que se levanta la ciudad baja.

¹ En realidad, como se puede apreciar en el plano que acompañamos, se trata solamente de dos colinas, ya que San Cristóbal y San Miguel, constituyen un conjunto en el que este último remata la cumbre.

No podemos considerar ninguna otra zona en concreto como llanura a causa de los desniveles que presenta el suelo de esta ciudad, asentada en lo que puede llamarse un espacio de transición entre los montes y la depresión constituida por la Vega.

3.- DEPRESIONES (TGP1C3D3)

La depresión de Granada, en cuyo borde Oriental se levanta la ciudad de Granada, se extiende al Noroeste de Sierra Nevada. La Vega situada en esta depresión forma el último carácter distintivo del relieve urbano granadino.

4. RED FLUVIAL (TGP1C3D4)

A retaguardia de la ciudad, la existencia de Sierra Nevada con sus importantes reservas de agua, han determinado la creación de una red fluvial que en su marcha hacia el Guadalquivir, atraviesan la depresión granadina. Tal red fluvial, que tiene por eje principal al Genil, penetra en la depresión a través de los profundos tajos que han favorecido la definición de las tres colinas donde se asienta Granada. Precisamente en este punto es donde tiene lugar la confluencia con el Genil de sus dos emisarios, el Darro y el Beiro.

Este último, que contornea por el Norte a la ciudad, se adentra más tarde en la vega hasta desembocar a la altura de Purchil; poco caudaloso y de carácter torrencial, ha excavado un lecho estrecho, profundo y escarpado.

Por su parte, el Darro, después de hendir un profundo tajo y separar las colinas de la Alcazaba-Cadima y de la Alhambra, contornea ésta última y, girando bruscamente hacia el sur, se une al Genil en la misma Granada.

El Genil, que al llegar a la ciudad se tranquiliza y ensancha después de un recorrido lleno de gargantas, forma el límite meridional de la urbe.

En la Vega, abundantísima en agua, podemos distinguir el acuífero detrítico cuaternario situado en la cuenca del Alto Genil.

Los recursos medios de este acuífero oscilan entre 100 y 250 hm³/año, proviniendo la mayor parte de las entradas del sistema de infiltración de las aguas de escorrentía superficial y de las correspondientes al regadío.

El resto de las aportaciones están repartidas entre la infiltración de la lluvia útil caída sobre la superficie y las escorrentías subterráneas que recibe de los acuíferos acuitados limítrofes.

III.1.4.5.- Climatología. (TGP1C4)

TC4=TD	1.- TIPO CLIMA	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Continental 2.- Mediterráneo
	2.- TEMPERATURA	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Máx. absoluta 2.- Máx. media 3.- Media 4.- Mín. media 5.- Mín. absoluta
	3.- VIENTOS DOMINANTES	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- N 2.- S 3.- E 4.- O 5.- Combinaciones
	4.- PLUVIOMETRIA	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Máxima 2.- Mínima 3.- Media 4.- Días lluvia
	5.- SOLEAMIENTO	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Cubiertos 2.- Despejados 3.- Niebla 4.- HPS 5.-Humedad relativa Media

1.- TIPO CLIMA (TGP1C4D1)

Para el estudio climático de Granada, puede contarse con las numerosas observaciones perfectamente contrastadas, del Observatorio Meteorológico de Cartuja. De ellas dedujo Gómez Gullamón la existencia de un clima similar al de la Submeseta Sur que contrasta con el auténtico microclima tropical de la hoya Motril-Salobreña en tan sólo una distancia de 50 km.

El clima representa rasgos de acusadas continentalidad que podrían parecer extraños dada la latitud de Granada (37° 11' N) y su proximidad al mar, pero que son normales si se tiene en cuenta la altitud y la disposición del relieve.

Podemos decir que el clima de Granada es benigno y seco, pudiéndose clasificar como un clima moderadamente continental, con influencia mediterránea.

2.- TEMPERATURA (TGP1C4D2)

Acorde con el clima, en el conjunto de Andalucía, la ciudad de Boabdil constituye un anormal núcleo térmico tanto por sus temperaturas como por su régimen anual y sus oscilaciones (Véase gráfico siguiente referido al Régimen Térmico).

La media térmica anual es de 14'8 °C, muy similar a la de las ciudades de la meseta. El régimen térmico acentúa y agrava tal caracterización: inviernos fríos y prolongados, primaveras templadas con heladas frecuentes y abundantes, muy parecidas al otoño y veranos muy calurosos y largos.

3.- VIENTOS DOMINANTES (TGP1C4D3)

Son raros los vientos fuertes, siendo los vientos dominantes los O, más exactamente O-NO y, durante las noches y el día, especialmente en invierno, los N y NE.

Causa de este tipo de orientación de los vientos son la Sierra Nevada, de Alhama, Loja, Parapanda, Moclín y Cogollos, que ciñen, como un cinturón, la depresión granadina.

4.- PLUVIOMETRÍA (TGP1C4D4)

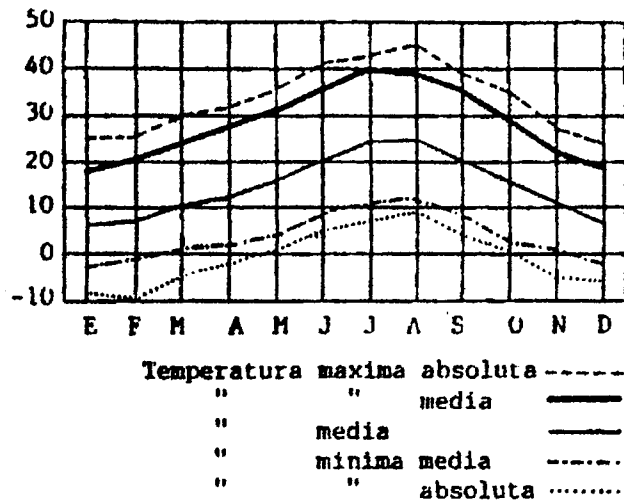
Con un carácter esencialmente mediterráneo, las precipitaciones constituyen el elemento meteorológico más caracterizado.

La media anual de las lluvias recogidas, 450 mm/m^2 , es claramente insuficiente. Estas escasas precipitaciones, que pueden generalizarse para el conjunto de la depresión granadina, contrastan con las abundantes lluvias de toda la orla montañosa..

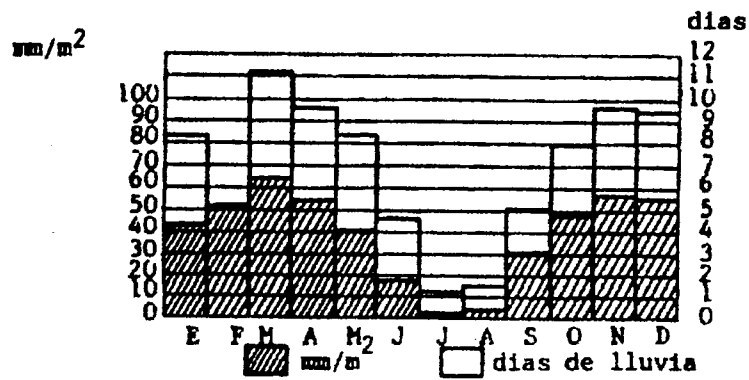
La escasez pluvial viene agravada por las agudas fluctuaciones del régimen pluviométrico, en tanto que Marzo recibe las máximas cantidades (658 mm), el doble del promedio mensual, Julio y Agosto presentan un mínimo acusado, apenas perceptible en marcadas ocasiones.

En general, la sequía estival contrasta con el predominio primaveral o invernal de las lluvias. Estas lluvias, no muy abundantes, se producen además en el transcurso de unos pocos días, 84 como media anual.

La repartición representada en el gráfico referido a “Régimen pluviométrico medio” nos revela el predominio de lluvias torrenciales, tormentas en verano; en cambio, durante el otoño y el invierno, sin perder totalmente tal carácter, abundan los temporales de precipitación lenta y continua. Cabe destacar las profundas alteraciones que sufre de un año a otro, no solo el régimen pluvial, sino toda la abundancia anual.



Régimen Térmico



Régimen Pluviométrico medio

5.- SOLEAMIENTO (TGP1C4D5)

Presentamos en este punto un cuadro en el que representamos el número de días cubiertos, despejados, de niebla, las horas pico de sol (HPS)¹ y la humedad relativa media existente en el ambiente.

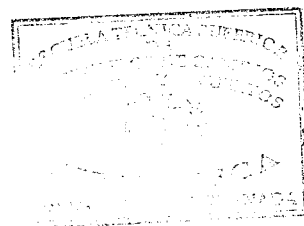
Cubiertos	Despejados	Niebla	HPS	Humedad Relativa Media
79.8	120.9	18.1	6	60

(2)

-
- (1) La medida diaria de H.P.S. será, simplemente, la energía media diaria, expresada en kw.h, que coincide por m² de superficie en una zona determinada.
- (2) Datos procedentes del "Curso de Energía Solar" publicado por PROGENSA, S.A.

III.1.4.6.- Geografía Socioeconómica. (TGP1C5)

TC5=TD	1.- HABITANTES	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Hecho 2.- Derecho 3.- Por Distrito
	2.- DENSIDAD	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- % por distrito
	3.- SECTORES	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Almanjayar Norte 2.- Chana 3.- Sacromonte-Albaicin 4.- Centro 5.- Zaidín-Ctra. Sierra Sur
	4.- TRANSPORTES	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Aeropuertos 2.- Puertos 3.- Carreteras 4.- Ferrocarril 5.- Urbanos
	5.- RECURSOS	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Estado pavimento 2.- Viv. Familiares según estado 3.- Edif. Según nº de plantas 4.- Viv. Según época de construcción 5.- Edificios terminados en último decenio



1.- HABITANTES (TGP1C5D1)

Demográficamente, la ciudad de Granada tiene actualmente 262.182 habitantes de hecho, de los que 246.642 son de derecho.

Acompañamos un cuadro de distribución de la población conforme a los distritos en que se encuentra dividida la ciudad.

DISTRITOS	HABITANTES	
	De Derecho	De Hecho
1	33.788	37.651
2	65.860	66.711
3	49.673	54.771
4	5.055	6.050
5	2.824	2.877
6	28.506	29.048
7	44.069	47.872
8	8.043	8.082
9	8.824	9.120
TOTAL	246.642	262.182

(1)

3.- DENSIDAD (TGP1C5D2)

Al no haber encontrado estadísticas recientes correspondientes a la densidad de población de la ciudad de Granada, datándose la única encontrada en el año 1950, vamos a exponer simplemente en este punto el porcentaje de población distribuido por distritos. Al lector interesado en conocer la densidad de población le bastará con conocer la extensión superficial de cada uno de los distritos.

(1) Las estadísticas nos presentan un notable incremento de población, cifrándose éste en un 32% en el último decenio.

Fuente: I.N.E. "Censo 1981"
2.- DENSIDAD (TGP1C5D2)

DISTRITOS	% POBLACION
1	14.36
2	25.44
3	20.89
4	2.31
5	1.10
6	11.07
7	18.27
8	3.09
9	3.47
TOTAL	100% = 262.182

3.- SECTORES (TGP1C5D3)

Independientemente de la sectorización realizada según la planificación urbana de la ciudad de Granada, hemos optado por realizar una división sectorial acorde con los modismos locales.

Existe por antonomasia una zona antigua de la ciudad conocida como el conjunto Albaicín-Sacromonte, con un importante valor histórico-artístico debido en parte a su arquitectura tradicional, en donde se puede encontrar pequeñas viviendas unifamiliares perfectamente adaptadas a la topografía existente junto a los tradicionales cármenes granadinos. Zona eminentemente paisajística en donde lo artístico y folklórico son factores determinantes de máxima atracción turística.

En el resto del área turística existen unas actividades determinadas que conviven con ella, si bien la enmascaran y atenúan considerablemente. Así, es predominante la existencia de funciones político-sociales que marcan este sector centro de la ciudad y que exigen un fácil y cómodo sector acceso para las personas que utilizan sus servicios.

La íntima relación entre los diversos organismos provocó una incesante concentración de edificios y personas que, con el transcurso del tiempo, se ha ido deshaciendo, y partiendo del corazón de la ciudad antigua, en torno a la Catedral, que

parecía ser la clave coordinadora, se han distribuido los servicios a varios centros de aglomeración siempre en torno a unas grandes líneas de comunicación urbana, formadas por la Gran Vía, Reyes Católicos-Recogidas y Camino de Ronda.

En esta zona “centro” se desarrolla también gran parte de la actividad universitaria ubicada en el polígono de Fuente Nueva.

La evolución de la ciudad determina la creación de nuevos ejes de desarrollo. Así, podemos hablar del sector Chana y del sector que hemos denominado Zaidín-Carretera de la Sierra.

Estas zonas que en principio surgen como simples barrios periféricos –pequeñas ciudades dormitorio- poco a poco van desarrollando actividades económicas y comerciales que han producido su total integración dentro del casco urbano, formando una parte activa de la ciudad.

Allá por los años 60 se creó un nuevo eje de desarrollo urbano, el Polígono de la Paz, actualmente conocido por Almanjayar. Este polígono se llevó a efecto dentro de un marco de política general a nivel estatal con el fin de hacer frente a la urgente demanda de viviendas, infraestructura residencial; pero el intento de desviar las tendencias de crecimiento de la urbe hacia un asentamiento más lógico y racional fue insuficiente y tardío.

La instalación de una parte considerable del proletariado granadino en el Polígono provocó un rechazo clasista que conllevó la remodelación del Plan en cuanto a volúmenes y altura a fin de que los móviles económicos hiciesen más apetecible la introducción en el Polígono.

En la actualidad, ya se ha aprobado una segunda fase de ampliación, llegando de esta forma a quedar vinculado a la carretera de Jaén-Madrid y próximo a los polígonos industriales del Polo de Desarrollo.

4.- TRANSPORTES (TGP1C5D4)

Como consecuencia lógica de las condiciones y características del medio físico y natural en que surgió y se desarrolló la ciudad de Granada, la actual ciudad moderna, con unos rasgos urbanísticos que han sido crisol de diferentes culturas y de momentos históricos de esplendor y crisis, posee unas buenas condiciones medias de accesibilidad y centralidad respecto a la dos Andalucías y unas fáciles comunicaciones con la totalidad de España, por extensión también con Europa y preferentemente con África.

La proximidad de Granada con el Estrecho de Gibraltar y con el Mediterráneo, le facilitan el contacto con el norte de África y con las rutas marítimas intercontinentales que discurren por el “Mare Nostrum”.

Granada dista poco más de una hora de Málaga, donde se encuentran unas buenas comunicaciones marítimas, así como un aeropuerto internacional.

Dentro de la propia provincia, podemos destacar el puerto de Motril, con funciones esencialmente de transporte de mercancías, así como el puerto deportivo de marina del Este en la Herradura (Almuñecar).

Respecto a las ciudades de la Andalucía del Guadalquivir, y por transporte terrestre, está Granada a menos de tres horas de las ciudades de Sevilla y Córdoba.

Con las mejoras introducidas en la N-323, que conecta Granada con la Meseta, el tiempo invertido en acceder al centro de la Península es de tres a cuatro horas.

El Levante español, área turística importante, también se sitúa a tres horas, conectando con la autopista del Mediterráneo, a partir de Murcia, que alcanza y une muy fácilmente, con Francia y Centroeuropa.

Las comunicaciones aéreas desde Granada son diarias con Madrid y Barcelona, y alternas con otras importantes ciudades españolas.

Los ferrocarriles, sometidos a una intensa mejora, a pesar de la complicada orogenia de la región, también ofrecen unos servicios muy frecuentes de comunicación desde Granada.

En cuanto al transporte urbano, cuenta la ciudad con una flotilla de autobuses, insuficiente en algunos casos, que lucha diariamente con el problema que supone el tráfico urbano de la ciudad.

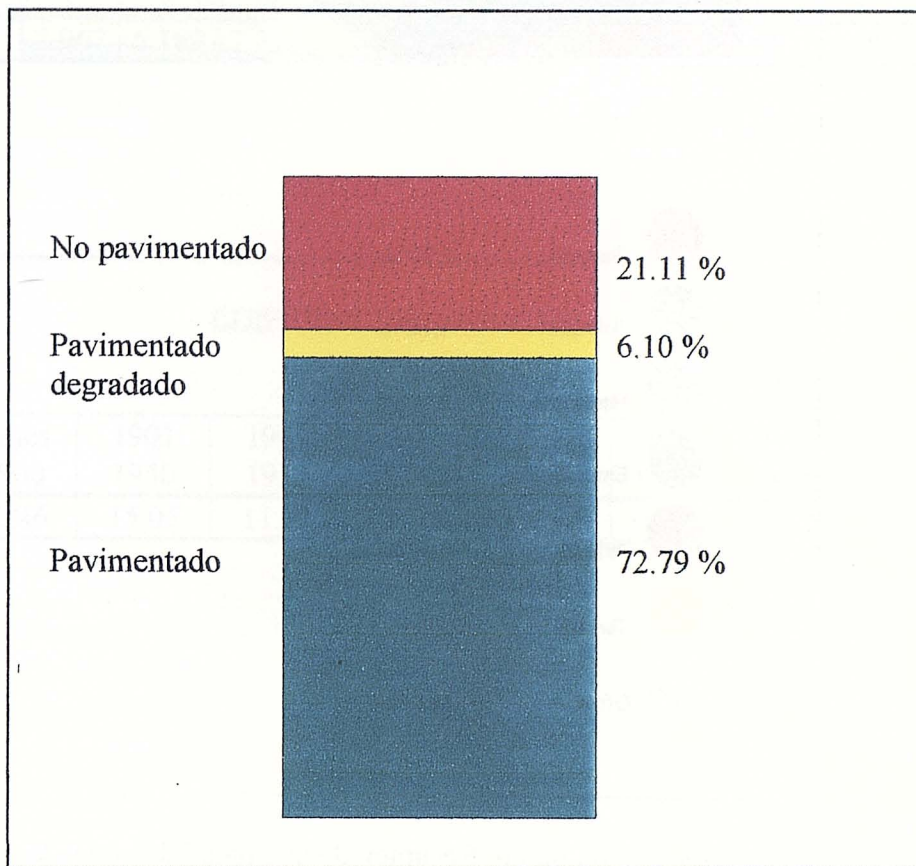
5.- RECURSOS (TGP1C5D5)

En este punto exponemos una serie de datos estadísticos referentes a ⁽¹⁾:

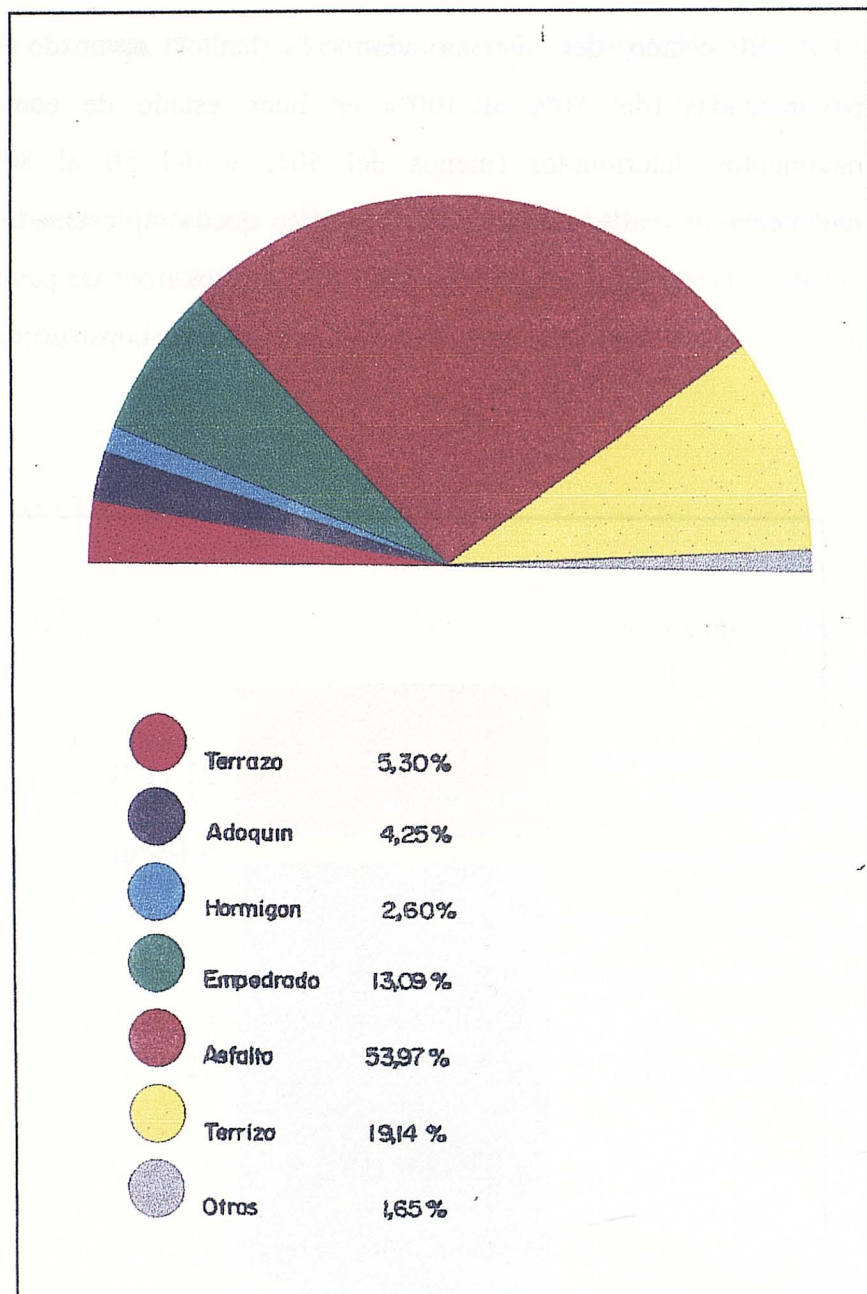
- a) Estado del pavimento.
- b) Edificios de viviendas familiares terminados, según estado del edificio (último decenio).
- c) Edificios y complejos según el número de plantas.
- d) Porcentaje de edificios destinados a viviendas según época de construcción.
- e) Porcentaje de edificios terminados en el último decenio.

(1) Fuente: I.N.E. "Censo 1991"

- a) El estado del sistema viario lo hemos agrupado en zonas pavimentadas (del 80% al 100% en buen estado de conservación), pavimentos deteriorados (menos del 50% y del 50 al 80%) y no pavimentados (calles terrizos). En el gráfico queda representado el estado viario a niveles porcentuales de toda Granada. Los tipos de pavimentos se han clasificado según los materiales utilizados para su construcción.



Estado Viario.



Tipos de pavimento. Resumen de la Ciudad de Granada.

b)

TOTAL EDIFICIOS	ESTADO DEL EDIFICIO			
	Ruinoso	Malo	Alg. deficiencias	Bueno
14.945	181	1.353	3.592	9.819

c)

TOTAL EDIFICIOS Y COMPLEJOS	NUMERO DE PLANTAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	<10
16.449	2.967	6.189	2.316	1.884	871	744	494	454	178	325

d)

TOTAL	EDIFICIOS TERMINADOS						
	Antes 1900	1901 1940	1941 1950	1951 1960	1961 1970	1971 1980	1981 1990
100%	10.46	15.05	11.03	18.16	21.35	16.64	16.48

III.1.5.- ENCUADRE GEOLOGICO

Siguiendo nuestro modelo pasamos a desarrollar el “TGP3”.

La particularización que exige el término “encuadre”, define en nuestro estudio el TGP3 como “estático”, sin ningún sentido evolutivo.

Aunque es evidente la incidencia del tiempo en la geología, para nosotros y desde nuestro enfoque metodológico, contemplaremos el juego temporal al modo de un factor escalar, que no actúe en el sentido hereditario, sino solo como un eje de referencia de tal modo que las secuencias geológicas se suceden del mismo modo que el pasar de las imágenes de una cámara fotográfica.

Conviene esta precisión para la racionalización de la información contenida en este TGP.

Por otra parte, estaremos atentos al “invariante” definido con anterioridad, contemplando el TGP con sus términos de concreción (TC), de definición (TD) y de medición (TM) que a continuación exponemos.

TC	1.- LOCALIZACIÓN
	2.- LITOLOGÍA
	3.- NEOTECTÓNICA
	4.- SISMOLOGÍA

En el desarrollo de estos “términos de concreción” iremos anunciando los TD y TM que los complementan.

III.1.5.1.- Localización. (TGP3C1)

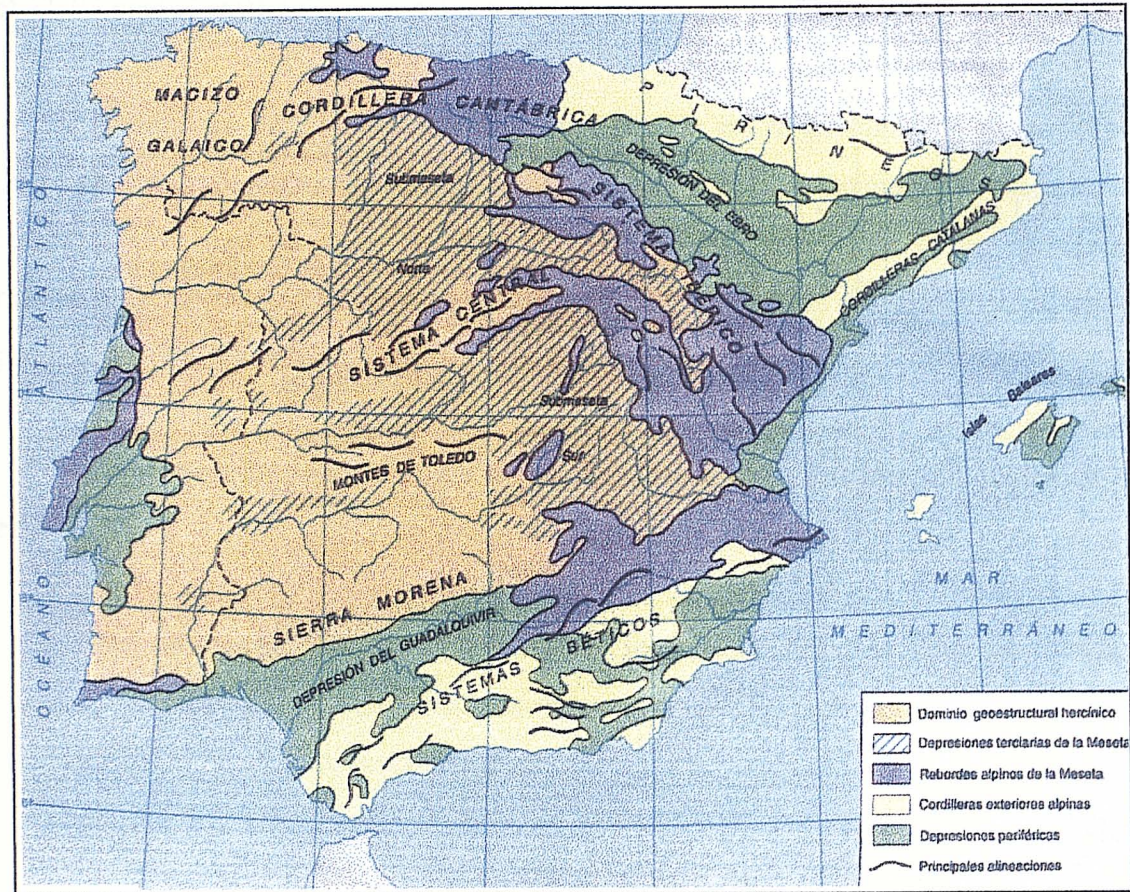
Para realizar el estudio geológico de Granada, localizaremos la ciudad dentro de una zona, para así poder reconocer los materiales que son predominantes.

Definimos los siguientes TD y TM, para pasar a centrarnos en el casco urbano de Granada.

TC1 ⇒ TD	1.- SITUACIÓN	→ TM	1.- Ubicación 2.- Factor Predominante
	2.- EDAD	→ TM	1.- Periodo Geológico 2.- Factor Predominante
	3.- GRÁFICOS	→ TM	1.- Croquis 2.- Planos 3.- Láminas

1.- SITUACIÓN (TGP3C1D1)

La ciudad de Granada se encuentra ubicada al SE de la depresión del mismo nombre, la cual constituye una de las cuencas internas desarrolladas en las Cordilleras Béticas con posterioridad a las etapas de plegamiento principales.



Ubicación del Sistema Bético dentro de la Península.

En relación a las Cordilleras Béticas, la Depresión de Granada se encuentra en el sector central de éstas y sobre la franja NE-SW que separa materiales del dominio Subbético -ZONAS EXTERNAS-, de los correspondientes al Bético -ZONAS INTERNAS-.

Por otra parte, en el borde oriental de la Depresión encontramos lo que geológicamente se conoce como “Vega de Granada”, situándose en la parte más SE del casco urbano de la ciudad.

2.- EDAD (TGP3C1D2)

En el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior se produce la estructuración definitiva de las ZONAS INTERNAS y su emplazamiento frente a las ZONAS EXTERNAS.

Tras importantes deformaciones del substrato Bético, en el Mioceno Medio, se inicia la individualización de la Depresión de Granada, originándose de esta forma un área intramontañosa deprimida, que va a constituir una importante zona de acúmulo de materiales a partir de la erosión de los relieves circundantes recién creados.

A partir de entonces, se produce un importante cambio paleogeográfico, probablemente relacionado con la actuación del accidente Cádiz-Alicante que provocó una nueva y más completa distribución de áreas de sedimentación lacustre y aluvial.

Esta situación viene marcada en la dinámica de la Depresión por una ruptura sedimentaria de edad próxima al Turoliense Terminal, a partir del cual tuvo lugar la última fase de relleno de la Depresión.

Ya en el Pleistoceno Medio-Superior se reactivaron y/o crearon fracturas de importante salto que fueron, y actualmente están siendo, rellenadas por los aportes del río Genil y sus emisarios.

3.- GRÁFICOS (TGP3C1D3)

Adjuntamos la documentación gráfica que pensamos es necesaria para definir geológicamente la ciudad de Granada.

Debido a la magnitud de las escalas utilizadas en los planos geológicos y a la amplitud de las zonas, hemos creído conveniente reflejar no solamente el casco urbano de la ciudad sino también las zonas limítrofes.



III.1.5.2.- Litología (TGP3C2)

Ante la relativa complejidad geológica de la Depresión de Granada, debido a los continuos cambios de facies y potencia de sus materiales, describiremos el entorno que constituye la “Vega de Granada” para posteriormente concretizar los materiales que la constituyen.

De esta manera, los TD y TM que utilizaremos son:

TC2 ⇒ TD	1.- GRANDES UNIDADES GEOLOGICAS	→TM	1.- Zonas externas 2.- Zonas internas
	2.- COLUMNA DE SECUENCIA TEMPORAL	→TM	1.- General 2.- Parcial
	3.- MATERIALES POSTOROGENICOS		
	4.- PLANTA LITOLÓGICA		
	5.- PERFILES	→TM	1.- Longitudinales 2.- Transversales 3.- Columnas estratigráficas

1.- GRANDES UNIDADES GEOLÓGICAS (TGP3C2D1)

Situado en la Cordillera Bética, distinguimos dos grandes conjuntos geológico-estructurales de procedencia paleogeográfica distinta: **ZONAS EXTERNAS** y **ZONAS INTERNAS**, que rodean completamente a la Depresión de Granada.

- ZONAS EXTERNAS:

Constituyen el reborde N y W de la Depresión de Granada, y están representadas en este sector por materiales asimilables a los dominios del Subbético Interno y Medio.

El Subbético Interno viene representado en Sierra Arana y también en Moclín y Pedrizaguilla.

Esta unidad se caracteriza por presentar una potente serie calizo-dolomítica basal con facies de plataforma sobre la que se superponen facies de umbral.

El Subbético Medio lo tenemos representado en Sierra Elvira, que a su vez, se encuentra rodeada por materiales de la Depresión de Granada.

Las litologías dominantes son las calizas, margocalizas y dolomías, apareciendo de manera escasa y minoritaria intrusiones de rocas ígneas –ofitas- y en algunos casos coladas volcánicas (inmediaciones de Pinos Puente).

- ZONAS INTERNAS:

Afloran al E, S y SW de la Depresión, estando presentes en estos afloramientos tres grupos con características litológicas y estructurales bien diferenciadas. Del estructuralmente más bajo al más alto son:

- Nevadofilábride.-

Aflora en Sierra Nevada y está constituido por rocas metamórficas, generalmente de grado medio.

Así, podemos distinguir micaesquistos grafitosos y cuarcitas –Unidad de Sierra Nevada-, zonas de mármoles, anfibolitas y serpentinas –Unidad de las Sabinas- y zonas de metabasitas que aparecen escasamente –Unidad de la Caldera-.

- Alpujárride.-

En el podemos distinguir dos conjuntos: uno inferior y constituido por micaesquistos y filitas y, otro, superior y formado por mármoles dolomíticos.

Los afloramientos alpujárrides se extienden, sobre todo, al E y SE de la ciudad, constituyendo parte de las sierras de la Alfaguara, Cogollos y Arana, así como la orla más extensa de Sierra Nevada (zona del Dornajo, Trevenque, Alayos de Dílar, Silleta del Padre, etc.).

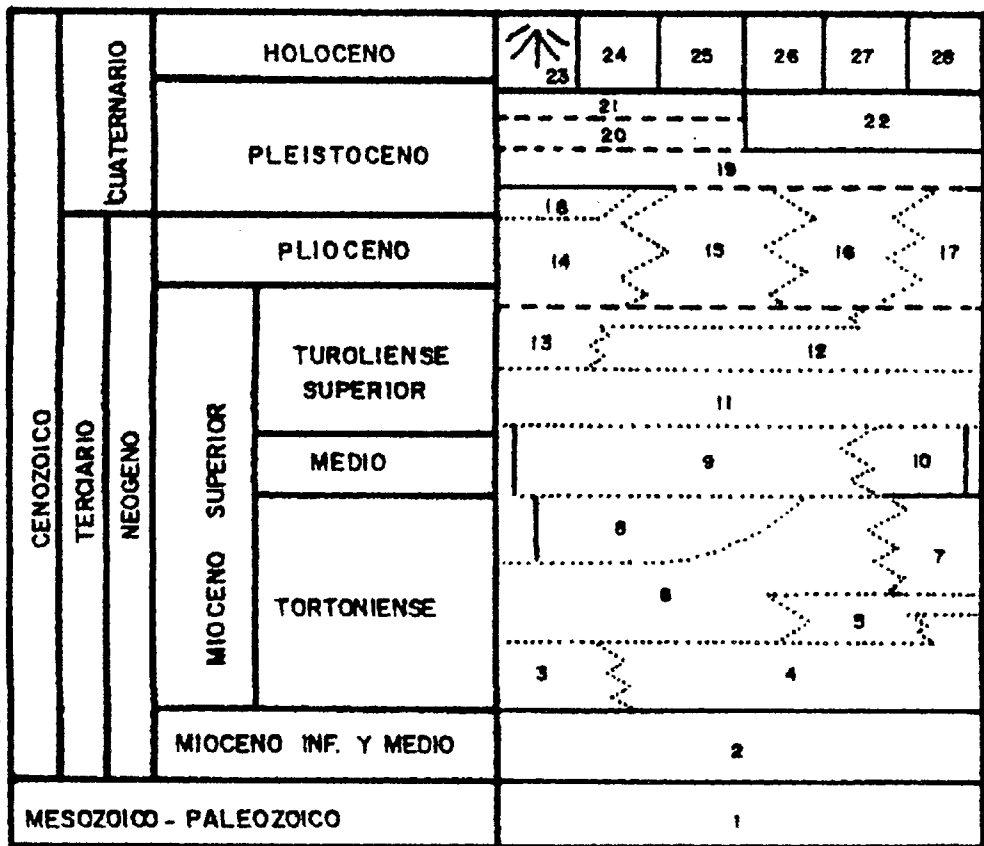
- Maláguide.-

Caracterizado por presentar un zócalo bien diferenciado, dominando las calizas, conglomerados y pizarras poco metamorfizadas. Está escasamente representado en la zona, existiendo pequeños afloramientos en Sierra de Cogollos (río Bermejo) y Sierra Arana.

2.- COLUMNAS DE SECUENCIA TEMPORAL (TGP3C2D2)

Presentamos dos tipos de columnas de secuencias temporales. Una, referida a la Depresión de Granada y que denominamos general y, otra, en la que nos centramos en la Vega, la cual denominamos particular.

COLUMNA DE SECUENCIA TEMPORAL “GENERAL”



1. Mioceno Inferior y Medio.
2. Substrato.
3. Conglomerados cementados.
4. Calcarenitas bioclásticas.
5. Lutitas ocreas con niveles detríticos.
6. Margas azuladas.
7. Caliza bioclástica oquerosa.
8. Yesos (seleníticos) con luditas.
9. Lutitas ocreas y azuladas con intercalaciones de calizas y areniscas.
10. Lutitas con intercalaciones conglomeráticas.
11. Yesos laminados con lutitas y carbonatos.
12. Margas y margocalizas con niveles de lignito. Ocasionalmente niveles de brechas calcáreas.
13. Calizas y margocalizas con gasterópodos. Brechas calcáreas.
14. Arcillas y limos rojos con niveles conglomeráticos.
15. Conglomerados y arenas canalizadas. “Conglomerados de Moraleda”.
16. Limos blancos, arenas y niveles conglomeráticos.
17. Margas y calizas claras.
18. Calizas oncolíticas.

- 19. Conglomerados y arcillas.
- 20. Arcillas rojas con costras calcáreas.
- 21. Glacis.
- 22. Brechas cementadas.
- 23. Conos de deyección.
- 24. Depósitos de ladera y derrubios en general.
- 25. Arcillas de descalcificación.
- 26. Travertinos.
- 27. Arcillas de fondo de valle.
- 28. Aluvial y terrazas aluviales.

COLUMNA DE SECUENCIA TEMPORAL “PARTICULAR”

CUATERNARIO	HOLOCENO		1
	PLEISTOCENO		2
TERCIARIO	PLIOCENO		3
	MIOGENO	TUROLIENSE SUPERIOR	
		MEDIO	
		MIOCENO SUPERIOR	TORTONIENSE

- 1.- Gravas, arenas, arcillas y limos.
(ALUVIAL)
- 2.- Arcillas y limos con niveles arenosos.
(ALUVIAL Y/O COLUVIAL)
- 3.- Conglomerados rojizos con niveles de limos arenosos.
(CONGLOMERADO ALHAMBRA)

3.- MATERIALES POSTOROGÉNICOS (TGP3C2D3)

Para una descripción litológica hemos considerado los materiales aflorantes más representativos en el entorno del área de estudio. Una ordenación cronológica de los mismos resulta como sigue:

- CALCARENITAS, LIMOS Y EVAPORITAS DEL TORTONIENSE MEDIO-MESSINIENSE INFERIOR.

Con estos materiales empieza la etapa postorogénica correspondiente al relleno de la Depresión de Granada. Aparecen calcarenitas bioclásticas, las cuales presentan toda una gradación lateral de cambios de facies, desde conglomerados a calizas, según su proximidad o distalidad al borde de la cuenca. Sobre este término se depositan un tramo de limos y margas marinas, culminando el conjunto con un paquete de evaporitas.

- CONGLOMERADOS DEL TORTONIENSE SUPERIOR-MESSINIENSE INFERIOR.

Este Conjunto de materiales corresponde a la formación de Pinos Genil y puede considerarse como un cambio lateral de facies del término anterior.

Se trata de una potente masa de conglomerados muy heterométricos. Los horizontes limosos e incluso arenosos no faltan, pero son minoritarios.

- TURBIDITAS, YESOS, LIMOS, LIGNITOS Y CALIZAS DEL MESSINIENSE.

La serie tipo no se encuentra en todos los sectores de la Depresión de Granada. Así, los términos del Messiniense, depositados sobre la formación de Pinos Genil, están constituidos por un paquete de limos fluviales y lacustres en los cuales existen niveles de yesos (canteras de Jun) y, en algún punto (Cjo. De Balsain, proximidades de Calicasas), las calizas del Poniente.

- CONGLOMERADOS DEL PLIOCENO-PLEISTOCENO.

Se agrupan aquí todo el conjunto de materiales de naturaleza conglomerática y arcillosa que se encuentra “fossilizando” a los messinienses, a lo largo de la mayor parte del borde de la Vega de Granada.

Se incluye aquí lo que llamamos formación Alhambra, de la cual disponemos de buenos cortes de la carretera N-342 a su salida de Granada, en el entorno de la Alhambra y en todo el sector al E de la ciudad.

Se caracteriza por la naturaleza mayoritariamente nevadofilábride de sus cantos y por una matriz arcillosa de característico color rojizo.

- ARCILLAS ROJAS, GRAVAS Y ARENAS. PALEOSUELOS (PLEISTOCENO-HOLOGENO).

Se incluye en este apartado una formación constituida por sedimentos aluviales con gran desarrollo de llanura de inundación. Se ordenan en secuencias positivas que presentan a su base un episodio canalizado de gravas y arenas, colmatando la secuencia de limos y arcillas con frecuentes procesos de edificación que han llegado a formar verdaderos paleosuelos.

- ALUVIAL.

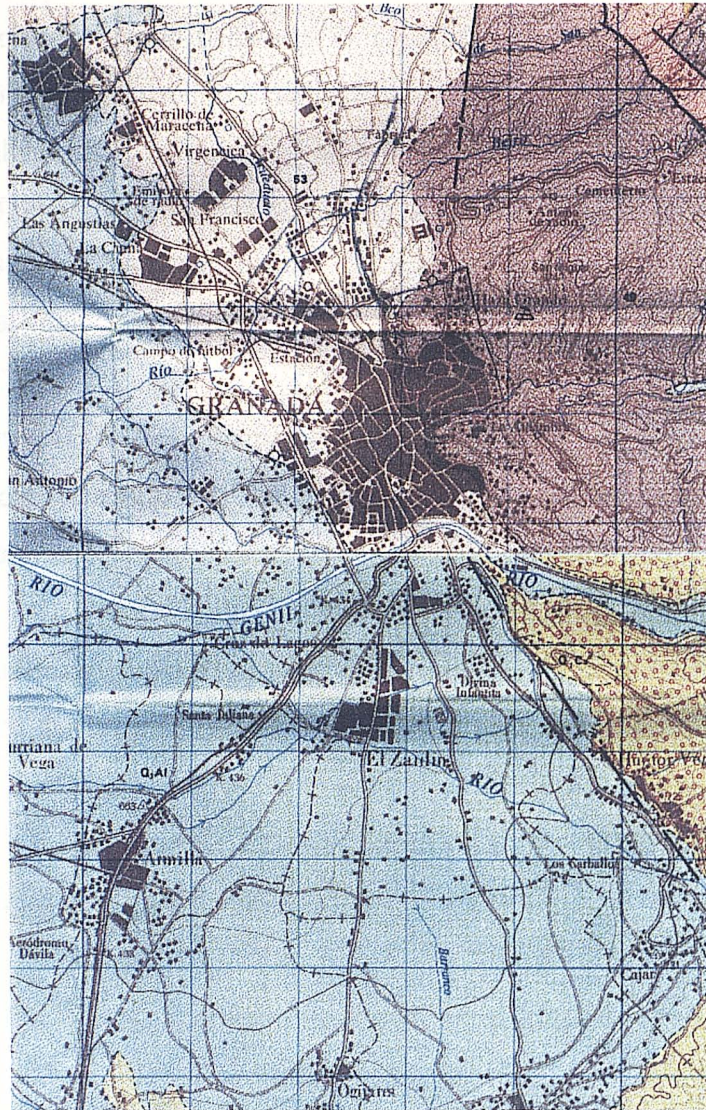
Con este término recogemos todos aquellos materiales ligados al funcionamiento actual o subactual de la red fluvial.

Está representado por lo que morfológicamente se denomina Vega Baja, la cual está íntimamente relacionada con la actividad del río Genil y representa una acumulación con más de 250 m. de espesor. Hacia esta Vega Baja discurren los afluentes del río Genil con pequeño desarrollo de depósitos aluviales. Cabe también destacar los conos de deyección, los cuales presentan un gran desarrollo en los bordes

condiciones de inestabilidad tanto frente a la gravedad como al clima. Así mismo, afloran travertinos y tobas, en unos casos ligados a depósitos aluviales (embalse de Cubillas) que representan episodios pantanosos y, en otros casos, aislados, con gran potencia (sierra de Zafarraya) y ligados a fuentes de surgencia kárstica (Fuente Grande, Fuente Chica, Alfacar).

4.- PLANTA LITOLÓGICA (TGP3C2D4)

Para una mejor comprensión de los materiales que podemos encontrar, y de los cuales hemos hablado anteriormente presentamos un esquema en planta de la litología correspondiente a nuestra zona de estudio y colindantes.



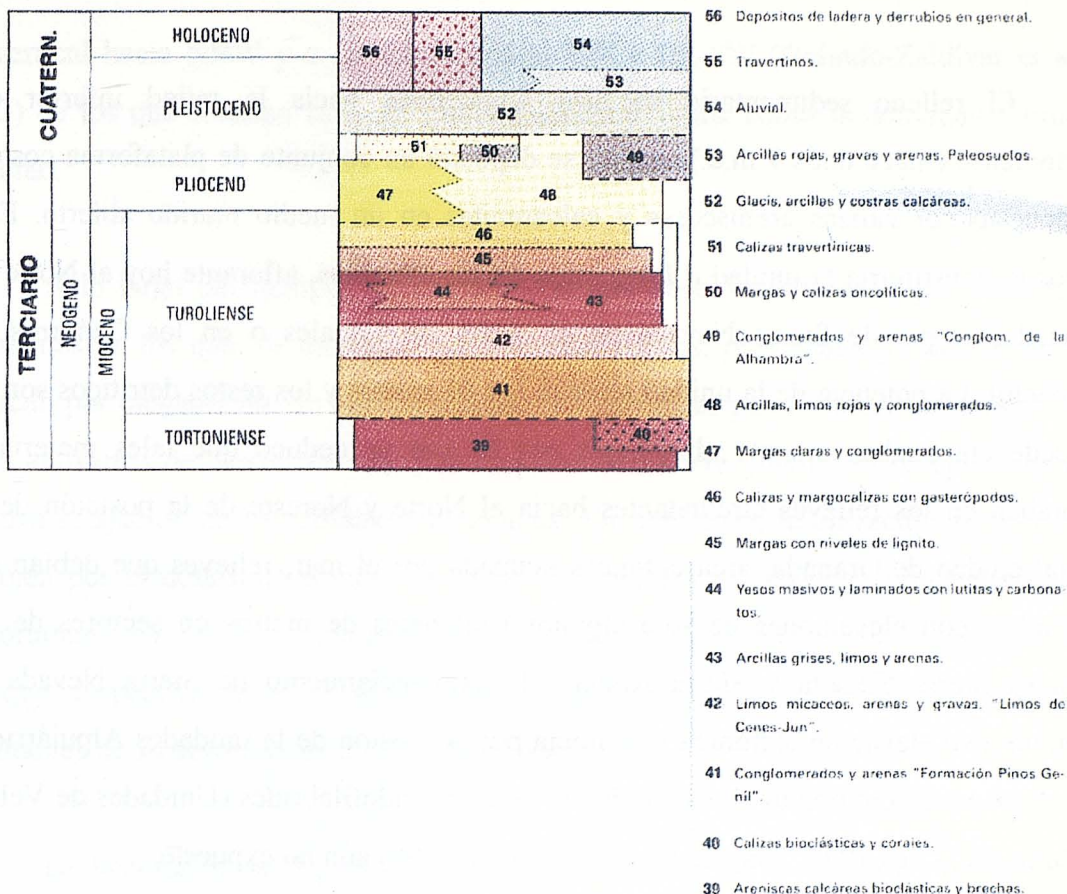
Planta Geológica.

Tomado del Mapa Geológico de España E: 1:50.000. Síntesis de la Cartografía existente. Hoja 1026 (Padul) y 1009 (Granada) (ITGME)

Leyenda

TERCIARIO	CUATER.	Holoceno	Q ₂	
		Pleistoceno	Q ₁ , Al	
	NEOGENO	SUPERIOR	Plioceno	T ₂₋₁
			Messiniense	T ₁₋₂
		Tortonense	T ₁₁	

- Q₂ Indiferenciado
- Q₂ C₀ Conos de deyección
- Q₁₋₂ Turberas
- Q₂ Al Aluvial
- Q₁₋₂ C₁ Conos de deyección
- Q₁ C₀ Conos de deyección
- Q₀ Conglomerados
- Q₁ Al Aluvial
- T₂ Limos, arenas y conglomerados
- T₁₋₂₋₀ Abanicos aluviales
- T₀ Calizas
- ce Niveles de calcetina
- T₀ C₀ Limos, yesos, arenas y conglomerados
- T₁₁ C₁ Materiales detríticos y calcarenitas
- Y Yesos
- a Areniscas



LA DEPRESIÓN DE GRANADA : EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLGÍA

Introducción

La depresión de Granada es una cuenca intramontañosa situada entre las Zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas. El relleno sedimentario de la cuenca comprende un conjunto de unidades depositadas entre el Burdigaliense Inferior (González-Donoso, 1978) y el Holoceno, separadas por varias discordancias.

Al final del antiguo Mediterráneo en Granada

En el proceso geológico en curso, las series del Mioceno Inferior y Medio se acumularon en pequeñas fosas (grabens) conectadas entre sí en un medio marino, que solo afloran hacia el borde meridional de la cuenca. Los depósitos incluían margas, areniscas margosas, yesos y evaporitas.

El relleno sedimentario se hizo homogéneo hacia la mitad inferior del Tortonense (hace unos 9 m.a.) cuando se depositó un conjunto de plataforma costera compuesto por calizas areniscosas y calcarenitas en un medio marino abierto. Este depósito constituiría la unidad o **formación de los Maciños**, aflorante hoy al Norte de Granada, al pié de Sierra Nevada en el sector de Canales o en los Cahorros de Monachil. La potencia de la unidad alcanza los 40 metros y los restos detríticos son de procedencia exclusivamente alpujárride por lo que se deduce que tales materiales afloraban en los relieves circundantes hacia el Norte y Noreste de la posición de la actual ciudad de Granada, área entonces ocupada por el mar, relieves que debían ser limitados, con elevaciones de solo algunos centenares de metros en sectores de las actuales Sierra Nevada y Sierra Arana. El desmantelamiento de Sierra Nevada es paralelo a su elevación tectónica y se inicia por la erosión de la unidades Alpujárrides que se disponen cubriendo el núcleo de unidades Nevadofilábrides (Unidades de Veleta y Mulhacén, Puga 1971; Díaz de Federico y Puga, 1996) aún no expuesto.

El proceso se inicia hacia el Mioceno Inferior y los detritos resultantes de la erosión son movilizados hasta aparatos fluviales que van desarrollándose simultáneamente para transportar y acumular los sedimentos al pié de la montaña, en lo que será la depresión de Granada, por el momento aún una extensión marina abierta del primitivo Mediterráneo.

Durante el Mioceno Medio continúa el proceso si bien con una eficacia limitada dada la escasa entidad en espesor y granulometría, de las unidades aluviales resultantes. A partir del Mioceno Superior es cuando la denudación se hace notoria, la elevación tectónica de la montaña lo permite y se acumulan las unidades más significativas del borde norte de la depresión, sobre la que se instalará después la ciudad de Granada.

La elevación de Sierra Nevada es resultado del estado de esfuerzos resultantes de la colisión en dirección NE SW entre las placas Africana y Euroasiática, que en el dominio regional bético se ha manifestado desde el Terciario superior a la actualidad, invariablemente en cuanto a la orientación de los empujes principales en direcciones σ_1

subvertical hacia NNW y o σ_3 subhorizontal EW a NE-SW (Galindo-Zaldívar et al., 1993) de los que resultan tanto la fracturación tardialpina como la actividad sísmica regional.

A lo largo del tiempo, sin embargo, se han observado diversas pulsaciones o momentos en los que los empujes han sido más activos, provocando el acortamiento cortical, por plegamiento de las estructuras y en particular por el desarrollo progresivo de la antiforma de Sierra Nevada, y la creación de relieve, junto a otros episodios de relativa relajación de los esfuerzos tectónicos. En todo caso, la elevación se produce también por el desarrollo de una tectónica de fracturas y fallas con saltos verticales importantes, que resuelven los procesos de elevación y subsidencia de los bloques en los que, respectivamente, se va a crear relieve o se van a acumular los depósitos resultantes de su destrucción, como se verá después.

La historia de la depresión de Granada, en síntesis, es resultado de diversos momentos en la elevación de Sierra Nevada y erosión de sus relieves por aparatos fluviales y aluviales de pié de montaña que depositarían potentes series detríticas en lo que progresivamente, conforme se acumularon los depósitos, fue un área subsidente y en colmatación, que pasaría de un ambiente marino primero, a un ambiente lacustre y palustre después, para finalmente evolucionar hacia un valle fluvial en cuyo borde nororiental continuarían acumulándose los abanicos aluviales de los cambiantes y enérgicos cursos de agua procedentes de S.Arana y Sierra Nevada primero, y de Sierra Nevada, casi en exclusiva, después.

La síntesis que sigue tiene como referencia los períodos Terciario y Cuaternario durante los cuales nace y llega a la situación actual el entorno geológico de la ciudad de Granada.

Edad	Periodo	Pisos	Estadio	Biozona	Formación	Ambiente
MA			Holoceno			más cálido y seco
0.01	C				Elephas primigenius	más húmedo
						discordancia
	U	P	Superior		equus caballus	frio seco WURM 0.015MA
	A	I	(Tyrheniense)		MP20	más húmedo
0.4	T	c			Cervus elaphus	frio seco RISS 0.3MA
	E	i	Medio			más húmedo
	R	s	(Siciliense)		MP19	frio seco MINDEL 0.75MA
0.8	N	t			Allocricetrus sp	¿denudación
	A	o			Avicola	más húmedo
	R	c	(Calabriense)		MP18	Conglomerados y travertinos
	I	e	Inferior		Equus granatensis	Unidad Zubia Aluvial
	O	n			Arvivola	
		o				frio seco GUNZ 1.6MA
1.6						discordancia
	T	P	P	V	s	
			I	i	u	MN17
			A	ll	p	
			C	a		
2.5	E		E	f		
		L	N	r		emersión y erosión
			C	a	i	
	R	I	l	n	n	MN16
			E	q	f	
			N	.		
3.3						
	C	O	Z	R		
			A	u	s	
		C	N	s	u	MN15
			C	c	p	
	I	E	L	i		
			E	n		
		N	A	i	i	Conglomerados y Arcillas rojas de Jun
	A	O	N	c	n	MN14
			-	n	f	
5.3						Unidad Alhambra
						discordancia
		M	ME	Vc		
			SI	ti		
	R		NI	en		MN13 Calizas de Páramos
			EN	se		limos y calizas
		I	SE			margas, arenas y arcillas (yesos y lignitos)
6.6						Lacustre cálido y seco
						Palustre
						cálido y húmedo
			T			Aluvial
		O	O	T		
			R	u	s	Hipparion conglomerados
			T	r	u	Arrecifes coralinos
		C	O	o	p	MN12 arenas, limos :
			N	l		Unidad de Dúdar-Pinos Genil
8			I	i		
	O	E	E	e		
			N	n		
			S	s	i	Calcarenitas bioclásticas:
9		N	E	e	n	MN11 Unidad de los Maciños (Canales)
			-	-	f	plataforma
10						discordancia
						marino. Margas y yesos, evaporitas

Síntesis de la evolución geológica de la Depresión de Granada.

Nacimiento de la Depresión de Granada

Durante el Tortonense superior tuvo lugar una actividad tectónica mayor que afectó particularmente al borde nororiental de la cuenca, límites con Sierra Arana y Sierra Nevada. Como resultado se produce la creación de relieve en las áreas montañosas y el desarrollo de potentes acúmulos de sedimentos al pié de los citados relieves en los que se instalan abanicos aluviales.

Se deposita así la formación o **unidad de Dúdar-Pinos Genil** (Braga et alii, 1990) desde el Tortonense Superior al Plioceno Inferior (8 a 5.3 m.a.) Durante este período se configura el aspecto del borde septentrional de la cuenca que con algunos retoques posteriores, se mantiene actualmente. La cuenca se mantenía abierta hacia el mar en direcciones Sur y Oeste en un ambiente cálido en el que se desarrollaron arrecifes coralinos en el borde de la denominada "bahía de Granada" (Braga et alii, 1990). Afloramiento de tales arrecifes, característicos de la unidad Dúdar-Pinos Genil, se encuentran hoy en puntos del borde de la cuenca cercanos a Zujaira, Pinos Puente, Viznar, Pinos Genil, Monachil, Dílar y cercanos al Padul y Agrón, en el borde Norte de la paleoisla de la Tórtola correspondiente al actual promontorio de Sierra de Albuñuelas.

El borde nororiental de la cuenca Tortonense Superior estaba, por lo tanto, jalonado por abanicos aluviales y deltas anastomosados en los que la actividad era intensa y favorecida por un clima húmedo y cálido con fuertes relieves en las inmediaciones.

En los frentes prodeltaicos aluviales se instalaban las acumulaciones arrecifales en el seno de una deposición masiva muy grosera y mal seleccionada de margas limosas, en la base, seguida por limos y arenas, después arenas y conglomerados, y sellada, finalmente, por conglomerados.

En los frentes deltaicos anastomosados abundaron los sedimentos de tamaño limo y arena junto a depósitos alargados según los canales de tamaños más groseros como gravas y bloques.

Períodos de intensa evapotranspiración también evidentes en el Tortoniense Superior, dieron lugar al desarrollo de calcretas que endurecían localmente los depósitos junto a niveles de restos vegetales que hoy se muestran carbonizados.

El mecanismo de acumulación combinaba el depósito de sedimentos removidos por ríos con gran energía y fuertes pendientes que abocaban en corto espacio al mar junto a frecuentes y masivos "debris flows" en un contexto en el que la actividad tectónica era permanente y la creación de relieve en las montañas, por ascenso eustático, paralela a la subsidencia de la cuenca de Granada. Las plataformas prodeltaicas eran prominentes hacia el mar y avanzaban frontal y lateralmente mientras los cursos de agua se desplazaban erráticamente según los cauces generados en cada estación. En todo caso los aparatos aluviales desarrollados prefiguran el posterior desarrollo de las cuencas de los ríos Cacín, Beiro y Genil-Darro-Monachil.

La elevación de Sierra Nevada

Se han depositado ya las unidades de los Maciños, Tortoniense Inferior, y de Dúdar-Pinos Genil que se extiende desde el Tortoniense Superior al Plioceno Inferior, con los mecanismos y ambientes antes descritos.

Inicialmente los relieves expuestos se construyen en Sierra Nevada y Sierra Arana a expensas de las unidades Alpujárrides que yacen sobre las Nevado-filábrides, en el núcleo de la gran antifforma en desarrollo. De esta forma la primera unidad detrítica, la Formación de los Maciños, incluye cantos de mármoles y esquistos alpujárrides erosionados durante el Tortoniense Inferior. Sin embargo, conforme la antifforma nevadense se acentúa y la denudación progresa llega a aflorar el núcleo Nevado-filábride compuesto por las unidades de Mulhacén, arriba, y Veleta, abajo, de manera que la formación detrítica de Dúdar-Pinos Genil se alimenta fundamental,

cuando no exclusivamente (Martín y Braga, 1997) de rocas metamórficas de esa procedencia.

Configuración de la depresión de Granada : lagos, pantanos y ríos

Se observa en la cuenca una etapa de relativa calma tectónica durante el Mioceno terminal o Messiniense (5.5 m.a.), durante la cual continúa el desarrollo de potentes abanicos aluviales en la zona descrita, mientras se interrumpe definitivamente la comunicación con el mar y la cuenca inicia su evolución primero como gran lago que ocuparía el centro de la depresión de Granada (Dabrio et al., 1979).

El período de calma se interrumpe hacia el final del Mioceno (Martín- Suárez et alii, 1998) para dar lugar a una reactivación del relieve y un nuevo acúmulo de potentes series de conglomerados discordantes representados por la *unidad o Formación Alhambra* (antigua Block formation) compuesta por cantos muy heterométricos y relativamente redondeados en los que predominan los procedentes del manto del Mulhacén, en acúmulos de hasta 200 metros de potencia.

El depósito se prolonga durante el Plioceno inferior y corresponde igualmente al desarrollo de abanicos aluviales en el borde de la cuenca que hacia el norte evolucionan a sistemas fluviales y fluvio-lacustres (Fernández et alii 1996).

Incluyen depósitos de placeres de pepitas de oro y cantos mineralizados beneficiados por los romanos y con reactivaciones económicas hacia finales del S.XIX, en las inmediaciones de Lancha de Cenes, donde se aprecian aún los taludes generados por las cortas romanas, junto a construcciones mineras del pasado siglo. La procedencia del oro se liga al del resto de los clastos de las formaciones aluviales del Plioceno inferior, el núcleo de Sierra Nevada en el que se han citado mineralizaciones de sulfuros y sulfosales ricas en oro (Arana, 1977).

Una característica de los cantos de esta unidad es que, si bien su composición es similar a los de la unidad Dúdar-Pinos Genil, su morfología es muchos más redondeada,

lo que expresa una expansión de la zona desmantelada y la procedencia de los cantos de la unidad Alhambra a partir de la denudación de la propia unidad Dúdar-Pinos Genil, en un ciclo de erosión superpuesto al que los extrajo de su posición original en el relieve al incorporarlos a los aparatos aluviales activos. (Martín y Braga, 1997)

Configuración final: abanicos aluviales y períodos glaciares

Hemos observado antes el desarrollo de un nuevo edificio aluvial con amplios y potentes abanicos que se disponen, en sector septentrional de la cuenca, sobre los aparatos anteriores, dando lugar a la Formación Alhambra. Representan la permanencia de aparatos fluviales de procedencia nevadense, desarrollados entre S.Arana y S.Nevada por una parte y el borde occidental de Sierra Nevada, por la otra.

Durante el Plioceno, justo antes del tránsito Terciario a Cuaternario, se produce un nuevo episodio, de edad no establecida, por el que se interrumpen los depósitos anteriores. En el sector occidental de Sierra Nevada, entre Dílar y Dílar-Padul, se depositan en el Pleistoceno inferior, 1.6 a 0.8 m.a., Cuaternario antiguo, nuevos abanicos aluviales, ahora compuestos de nuevo por fragmentos de procedencia alpujárride, fundamentalmente por mármoles calizos y dolomíticos. Son cantos muy angulosos, depositados en espesores notables, más de 100 metros, en un medio de abanico aluvial desarrollado en relación los aparatos fluviales que prefiguran las cuencas actuales del Monachil y el Dílar. El resultado es la deposición de la **unidad de la Zubia**, intensamente explotada desde hace décadas por canteras de áridos para la construcción.

Estos abanicos aluviales se instalan en el frente de ríos de montañas sometidas a pulsaciones de elevación como resultado del juego extensivo de las fallas de borde visibles desde Cumbres Verdes y zonas próximas al pié de los promontorios nevadenses. En realidad, fuera del entorno de la cuenca de Granada, abanicos similares se desarrollaran durante el Holoceno hasta nuestros días al pié de fallas de borde como la de Padul- Locrín.

La etapa concluye con la denudación generalizada del relieve mientras que se acumulan los sedimentos resultantes en la depresión, particularmente ahora desde el borde Nordeste y desde el Este de Granada, en los glacis de la Zubia y Cájar, una vez que los glacis provenientes de Sierra Arana quedarían inactivos, salvo en las protocuevas del Cacín, Cubillas y Beiro, desde el Plioceno.

Se desarrollan formas de arrasamiento del relieve que son notorias en la perspectiva. El llano de la Perdiz, Parque de Invierno, junto con las líneas de cumbres arrasadas de las Sierra de Illora, Parapanda, Albuñuelas y bordes de Sierra Nevada y las Alpujarras, testimonian la severidad del episodio erosivo que tuvo lugar durante el Pleistoceno, tras el depósito de la unidad de la Zubia, un período de años de activa destrucción de relieve bajo condiciones glaciares en las cumbres de Sierra Nevada, bastante menos elevadas que las actuales, y periglaciares en el entorno inmediato de Sierra Nevada, donde, como se verá, también abundan las rasas de erosión.

Aparecen en este momento aparatos glaciares en Sierra Arana, Sierra Nevada y en las Sierras de Lújar, Contraviesa y Gádor; y, posiblemente también, aunque muy limitadamente en Sierra de Albuñuelas.

En general son glaciares de montañas secas, más cercanos a los de latitudes tropicales áridas (Alto Atlas, Andes centrales) que a los de latitudes medias húmedas (Alpes, Cárpatos). La reconstrucción de las condiciones climáticas de hace 18.000 años mediante asociaciones polínicas indica un entorno de temperaturas medias anuales para el sector de Sierra Nevada de -10 ± 5 °C, unas condiciones de humedad similares a las actuales ($\pm 20\%$) y un régimen de precipitaciones medias anuales entre 300 y 600 mm/año inferiores a las actuales (Peyron et al., 1998). En la actualidad el área que fue cubierta por los glaciares se encuentra en el entorno de Sierra Nevada, por encima de 2500 metros y la acción periglacial se restringe a las cotas superiores a 1.600 – 1.800 metros. Se desarrollaron glaciares de valle con lenguas convergentes en las cabeceras actuales de los ríos Genil, Poqueira y Trevélez y con lenguas individualizadas en los ríos Monachil, Guarnón, San Juan, Lanjarón. Después hubo glaciares de circo, en cotas por lo general superiores, en Siete Lagunas, Dúrcal, Alhori, Lagunillos, Río Chico, Cornavaca, Puerto de Trevélez, Hoya de la Mora, Ventisquero del Gallo, Chorrillo,

Peñón Negro, Las Albardas y Nigúelas.

La influencia de los ciclos glaciares alpinos centroeuropeos (Gunz, Riss, Mindel y Wurm toman su nombre de afluentes del río Danubio) en las montañas granadinas está mal establecida. Los autores admiten que en el Sur se expresó en períodos secos y fríos sin que se desarrollaran necesariamente aparatos glaciares más que en el equivalente al Wurm y posteriormente durante el periodo tardiglacial correspondiente (Lhenaff, 1977; Soria et al., 1985).

Los aparatos glaciares aún visibles y colgados en las cabeceras de los ríos mencionados se instalaron sobre un relieve pre-existente ya desmantelado y suavizado, con abundantes rasas. El máximo desarrollo de tales superficies de erosión se alcanza al Este del Picón de Jeres en una amplia planicie entre cotas 2800 y 3100 m, con una inclinación media del 8%. Abundan tales rasas con pendientes suaves en línea de altas cumbres en la Allanada del Mulhacén (3400 m, 6.4%), la Atalaya (3.100 m., 9.1%) y en cotas inferiores en el Caballo (2,940 m., 33.2%), y las Albardas (2.900 m., 8.5%), por citar tan solo algunas (Gómez Ortiz, 1996; Gómez Ortiz y Pérez Alberdi, 1998). Son el resultado del modelado de Sierra Nevada durante el Terciario y Cuaternario, particularmente, como hemos visto, desde el Mioceno Medio o Tortoniense Inferior, es decir desde hace unos 10 m.a.. Lo evidente es que los aparatos glaciares se instalan sobre superficies arrasadas y sobre lechos fluviales inicialmente suavizados, que aún lo serán más después de la acción glacial y periglacial.

La "Pequeña edad del hielo", episodio frío observado entre 1500 y 1850 en el centro de Europa, debió afectar igualmente a la vertiente Norte de Sierra Nevada, por la permanencia glacial del Corral del Veleta bien documentado históricamente desde mediado del XVIII y en el que posiblemente existan aún hoy hielos fósiles bajo los depósitos morrénicos (Gómez Ortiz y Pérez Alberti, 1998).

Como la extensión mínima de la acción glacial se atribuye al Pleistoceno Superior y al Holoceno, en el período temporal que va desde hace unos 15,000 a 9.000 años, en función de datos polínicos y dataciones con C^{14} de las turberas de Padul (Pons y Reille, 1986; 1988) que indican la presencia de taxones de plantas estépicas, debemos

aceptar que el encajamiento de la red fluvial y el modelado en forma de V de las suaves formas glaciares, excavadas primero en forma de U, se ha desarrollado durante el Holoceno, al menos en las altas cumbres donde remontaría tardíamente el proceso erosivo, mientras que en el período inmediatamente anterior, es decir en el Holoceno inferior a Pleistoceno Superior, se produciría el encajamiento en el resto de la red fluvial de la depresión de Granada.

Hay que tener en cuenta que hace 19 a 21.000 años, el planeta conoce un período glacial generalizado que se inició mucho antes desde hace 10.000 años cuando las temperaturas comienzan a enfriarse y el nivel del mar se sitúa a – 50 metros del actual. Durante el período glacial las temperaturas descienden un promedio global de 5° C respecto a la situación actual, 50 millones de km. de hielos cubren el hemisferio norte y el nivel de las aguas marinas alcanza su mínimo a – 120 metros de la media actual. Las plataformas continentales anteriores quedan ampliamente al descubierto y la temperatura media anual del Mediterráneo occidental es unos 7° C inferior a la media actual. La actividad monzónica africana y asiática se reduce mientras que los alisios cobran violencia. El Sahara se extiende con la aridez 300 o 400 km. al sur de la franja actual.

En consecuencia el Pleistoceno Superior, supone un descenso del nivel de base brutal que multiplica el poder erosivo de las aguas de escorrentía y de los aparatos fluviales desarrollados sobre montañas sometidas, por demás, a procesos de elevación tectónica junto a cuencas, como la de Granada, simultáneamente subsidentes. Se explica así el arrasamiento generalizado del relieve subsecuente al Pleistoceno Inferior y terminado al iniciarse el desarrollo glacial.

El período tardi-glacial, al que refieren el desarrollo glacial nevadense, comprende entre hace 19 y 7.000 años y resulta del incremento de la insolación atmosférica y el deshielo generalizado, de tal forma que el nivel de las aguas marinas se recupera a un ritmo sostenido de unos 0.6 metros por siglo en promedio, con hitos acelerados a 3.7 y 2.5 metros por siglo en los períodos comprendidos entre hace 13 y 14.000 años, y 11 y 10.000 años, respectivamente. Los monzones comienzan a circular activamente mientras los alisios se reducen y las condiciones climáticas, relativamente

estables, tienden a una reducción de la aridez, que en el continente africano va acompañada de una migración del Sahara hacia el Norte. Finalmente el nivel del mar alcanza la posición actual e incluso cotas ligeramente superiores en ciertos puntos.

Por el contrario, a partir del período que comprende los últimos 6 años la inestabilidad atmosféricas vuelve a predominar con un descenso de la insolación y se registran ciclos cortos de calor y frío, junto a fluctuaciones ligeras en el nivel de base: "el óptimo de los Vikingos"; 900 a 1200; "la pequeña edad del hielo", 1500 a 1850; la sequía de 1880 a 1940 y el ciclo frío de 1940 a 1970, junto al seco de 1978 a 1990. Petit-Maire, (1992).

La documentación histórica confirma la irregularidad climática del período reciente. Así las sequías azotaron diferentes áreas de Al-Andalus en los años 709-710, 740-741, 748-754, 777-779, 798-799, 814-815, 822-823, 836-837, 849-850, 873-874, 897-898, 900-901, 915, 915-916, 926-927, 929-930, 935-936, 941-942, 964-965, 973-974, 975, 1008-1009, 1010- 1011 y 1037-1038, por exponer datos de un período estudiado (Páez, 1996). Igualmente frecuentes, las inundaciones afectaban con frecuencia a poblaciones como Granada, muy expuestas a las crecidas de los ríos Darro y Genil, bien durante la época del deshielo o bien como resultado de súbitos aguaceros tan característicos del clima mediterráneo.

El encajamiento reciente de la red fluvial

Las causas del encajamiento de la red fluvial hay que encontrarlas en la mencionada elevación continental que, a partir del Plioceno Medio parece conocer una nueva reactivación. Las pulsaciones tectónicas activas durante el Tortonense, se repiten así durante el Plioceno, Pleistoceno Medio y Superior y Holoceno, con gradientes rápidos de ascenso que se han valorado en promedios cercanos a 0.84 mm/año con momentos, incluso durante el Holoceno, de varios mm/año, lo que contrasta poderosamente con valores medios del borde mediterráneo de unos 0.2 mm/año desde el Terciario (Sanz de Galdeano, 1996). Promedios superiores a 0.6 mm/año se han definido para el Holoceno y para el período histórico (Keller et al, 1996). A tales períodos de rápida creación de relieve corresponden, en la medida en que la acción

climática lo propicie, la masiva generación de sedimentos detríticos y de potentes aparatos aluviales.

En las inmediaciones de Granada, con posterioridad al desarrollo de la formación Zubia, posiblemente durante el Pleistoceno Inferior o Medio, se produce el prominente desarrollo del abanico del río Monachil que, a su vez, es recortado por el propio cauce, conforme progresa la excavación fluvial.

Las disecciones de la formación Alhambra, por los ríos de Granada se acentúan durante el Holoceno dando lugar a cursos angostos en el sector norte de la ciudad, particularmente a lo largo del río Darro bajo la Alhambra y el Albaicín, y de los cursos menos encajados de los ríos Genil y Beiro.

De esta forma se alcanza la configuración actual de la depresión que se entiende como resultado de la acción tectónica de elevación de Sierra Nevada y de fragmentación en bloques con movimientos verticales diferenciales.

Granada se enclava en un bloque intermedio entre el pié de Sierra Nevada, jalonado por fallas de borde en Canales, Monachil, Dílar, etc. y sobre el cortejo de fallas normales que hacen posible la subsidencia de la depresión. Tales accidentes generan peldaños descendentes desde el norte del cerro de S. Miguel, hasta el borde del eje de Granada, al pié de la Calderería. (Keller et al, 1996). En el sector de el Fargue, donde la disponibilidad de afloramientos permite una mejor evaluación, las fallas de borde de la depresión consiguen un salto vertical de al menos 410 metros en las series Cuaternarias (Keller et al., 1996).

Son fallas de directriz N 30-50 W (Sanz de Galdeano, 19S3; Keller et al., 1996) que continúan de forma más o menos evidentes hasta Pinos Puente y el entorno de Sierra Elvira, donde muestran una actividad sísmica frecuente.

Tales fallas son tectónicamente activas y, aunque históricamente solo se conocen escasos terremotos de magnitud superior a 4, como el de Atarfe de 1956, potencialmente podrían producir eventos sísmicos de importancia.

Período Histórico. La ciudad de Granada

Rodeada por los promontorios montañosos de Sierra Nevada y el conjunto de las Sierras Arana-Alfacar-Cogollos, Granada se extiende a cotas medias y bajas sobre los depósitos asociados al desarrollo descrito de los cuatro ciclos de abanicos aluviales: el Tortonense (I), el Mio-Plioceno (II), el Pleistoceno Inferior (III) y el Holoceno (IV).

El sector septentrional de la ciudad, se enclava sobre restos de los abanicos I y II, así como el Albaicín, la Alhambra y sectores aledaños: Antequeruela, Calderería Baja y Bola de Oro.

El sector central, por encima de Gran Capitán y Bibarrambla, y el sector alto de la ciudad se enclava sobre los depósitos recientes de abanicos de los ríos Darro y Beiro del ciclo III y en las inmediaciones de los propios cauces cuyos malecones han quedado obliterados por un desarrollo urbano construido sobre difusos lechos de inundación de cursos inicialmente poco formalizados, y más bien definidos por los rellenos antrópicos y las necesidades de canalización.

Los sectores central y meridional, alrededor del eje Cenes de la Vega a Jardín de la Reina, se extienden en el entorno del cauce y la llanura de inundación del río Genil sobre sedimentos que alternan gravas y arenas seguidos por horizontes de limos, El sector occidental, finalmente, alrededor del cauce del río Beiro, ocupa los terrenos aluviales correspondientes en los que el curso buscó y excavó su cauce desde el Pleistoceno.

El nivel freático en la propia ciudad de Granada muestra piezometrías profundas, de hasta 80 y 90 metros dependiendo de la posición estacional incluso en las zonas bajas al pié del Albaicín, que se hacen más someras hacia el oeste donde el acuífero de la Vega se extiende ampliamente. Ya lejos de la ciudad, en las cercanías de Fuente Vaqueros, muestra el acuífero sus piezometrías más someras, a profundidades inferiores a los tres metros en primaveras abundantes en agua.

Esto hace que la susceptibilidad a la licuefacción sísmica sea muy baja o nula en la ciudad de Granada donde no es posible encontrar limos no muy densos bajo el nivel

freático y a profundidades inferiores a 10 m. Sin embargo, la susceptibilidad a la licuefacción se incrementa hacia el oeste para alcanzar niveles muy altos en el sector de Fuente Vaqueros y alrededores. Una estimación basada en datos de porosidad de los limos, resistencia a la penetración y profundidad, y aplicando la ecuación de Idriss & Moriwaki (1982) señala que sería necesario un terremoto con magnitud superior a 5.25 en el sector de Chauchina-Fuente Vaqueros para producir licuefacción. Habría que considerar en detalle, sin embargo, la situación en el sector noroccidental de la ciudad, en el extremo de La Chana hacia el Cerrillo de Maracena y alrededores, donde los datos disponibles indican posible susceptibilidad en función de la altura que alcance el nivel freático. (Chacón et alii, 1989),

Los asentamientos históricos de los poblamientos pre-romano (Argárico) y romano, señalan ya la tendencia, exacerbada con el transcurso del tiempo a partir de la Granada nazari, a la ocupación simultánea de las colinas anejas al actual Albaicín, cerro del Sol (emplazamiento de la Alhambra) y zonas más llanas al pie de la Antequeruela, entorno del río Genil, Zaidín y áreas del centro de la ciudad: Alhóndiga, Gran Capitán, etc.. donde se instala la antigua Medina.

El desarrollo actual sigue tales pautas por las que el crecimiento hacia los glaciares de Sierra Arana ha sido siempre supeditado al crecimiento hacia el Sur y Oeste.

En definitiva las opciones de ocupación señalan la simultánea búsqueda de alturas estratégicas para la defensa y vigilancia sobre los promontorios de los abanicos aluviales pliocenos colgados en el relieve y zonas residenciales y de explotación agrícola en los limos y arenas de las arroyadas fluviales más recientes en las zonas irrigadas próximas a los cursos fluviales.

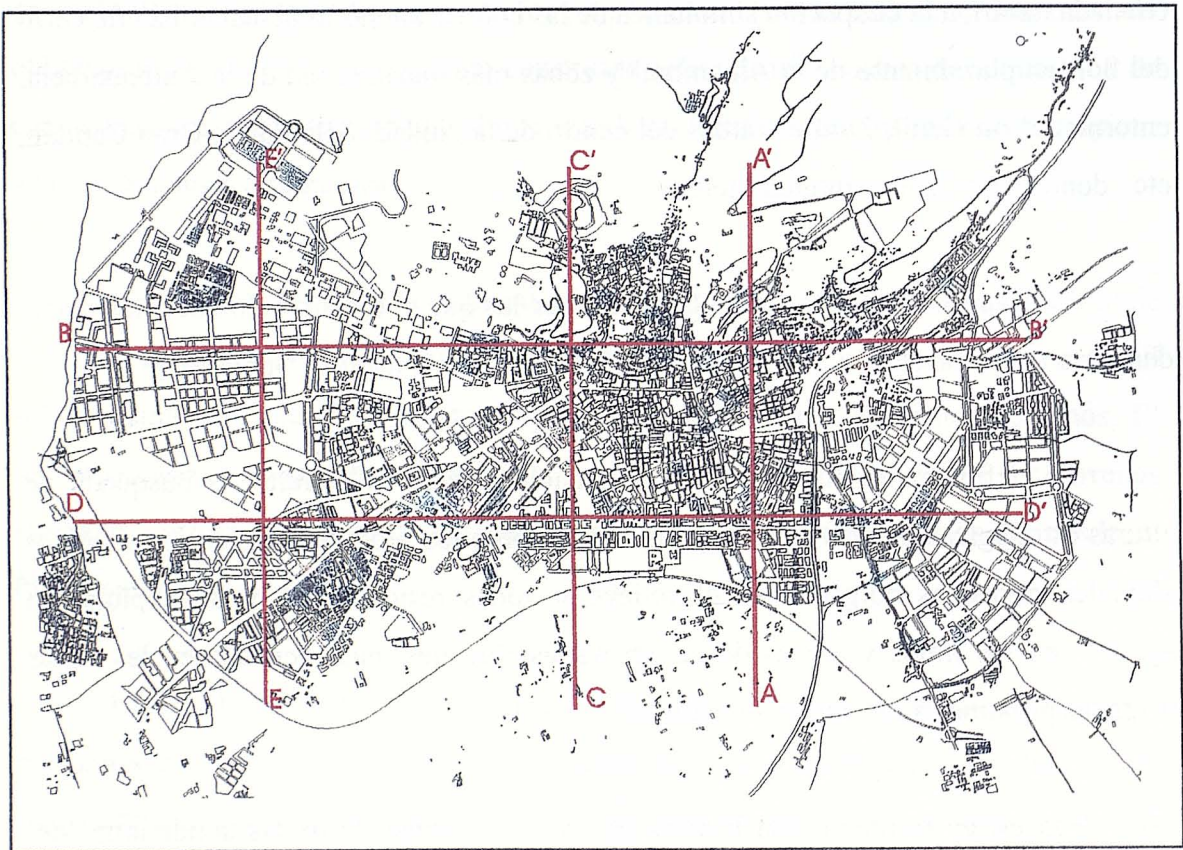
Esa es, en resumen, una historia geológica responsable de las condiciones del terreno en la Ciudad de Granada, que, situada en el borde nororiental de la depresión, ha sido testigo de constantes y rápidas transformaciones, particularmente activas durante los tiempos cuaternarios. Los bloques diagramas finales ilustran la posición de la ciudad y su entorno.

5.- PERFILES ESTRATIGRÁFICOS (TGP3C2D5)

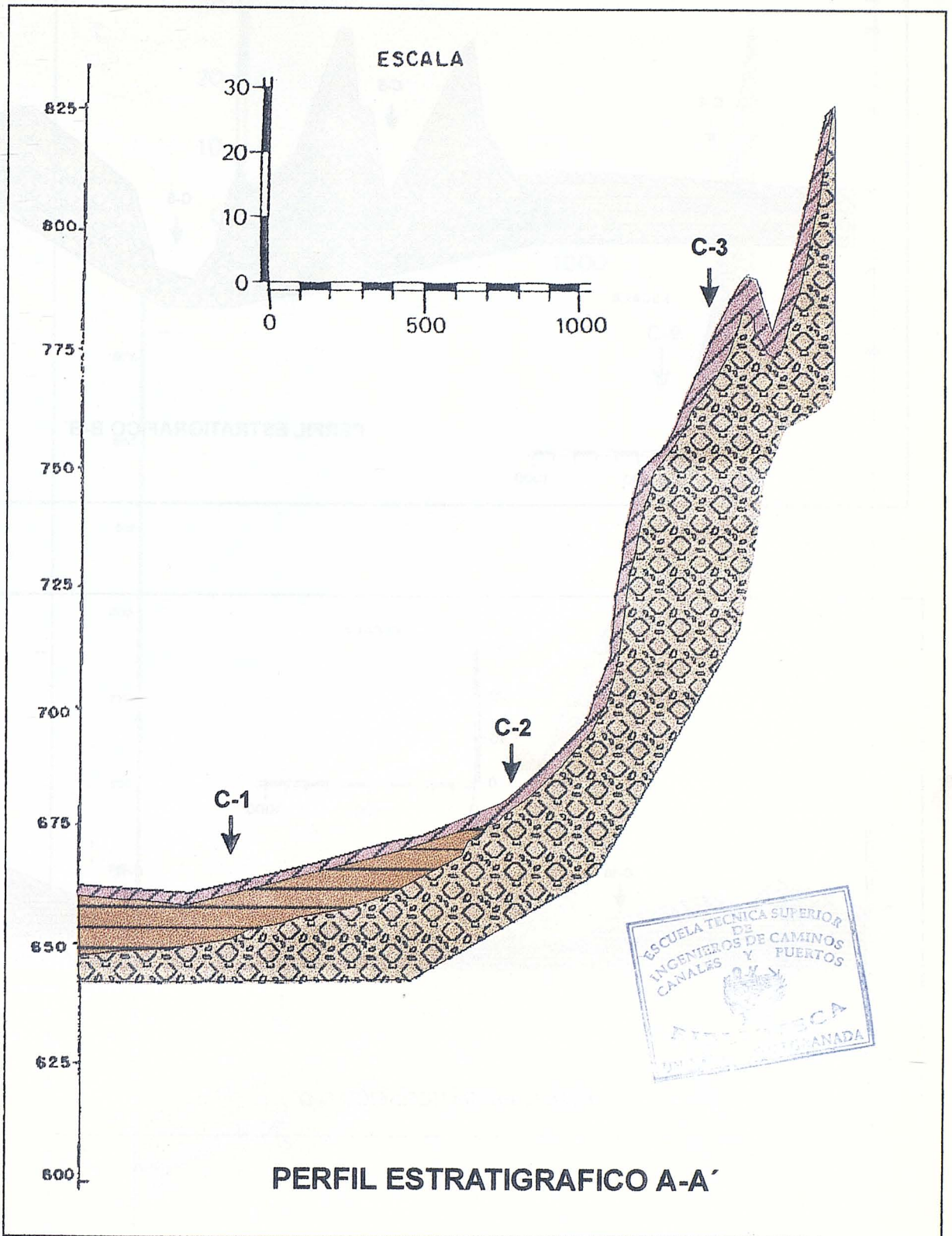
Partiendo de los perfiles topográficos que presentábamos en TGP1C2D2, ahora los desarrollamos con la estratigrafía correspondiente a las zonas de corte.

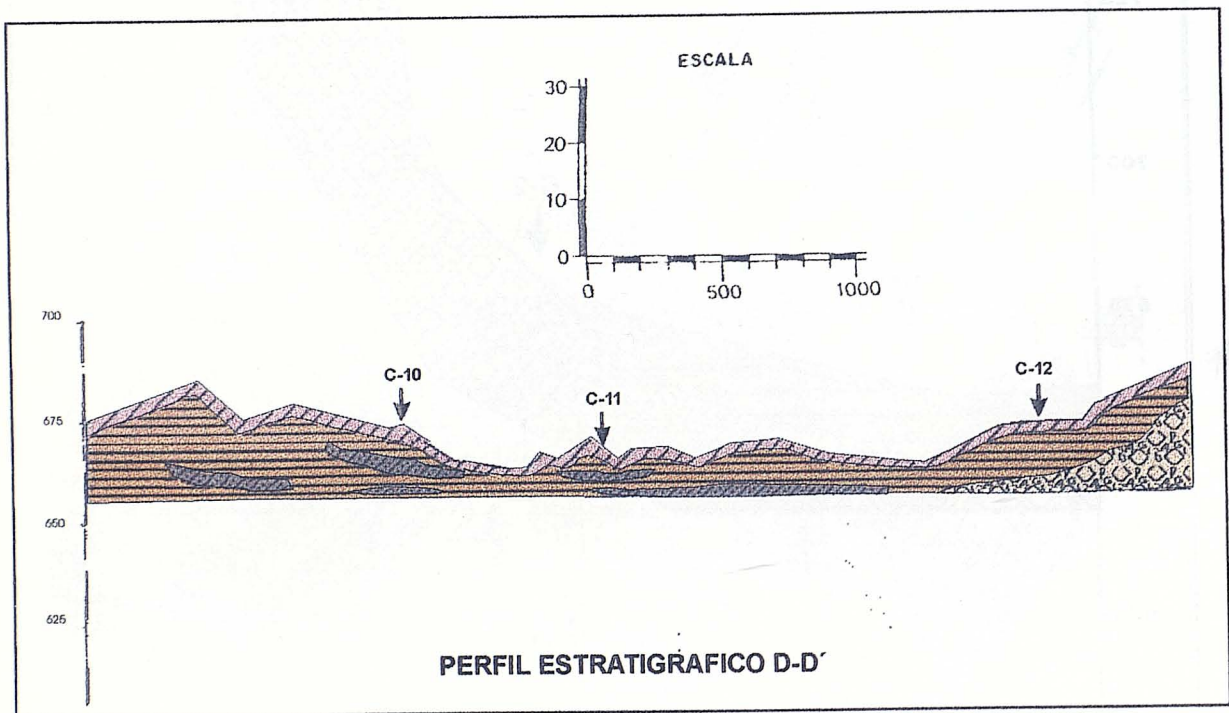
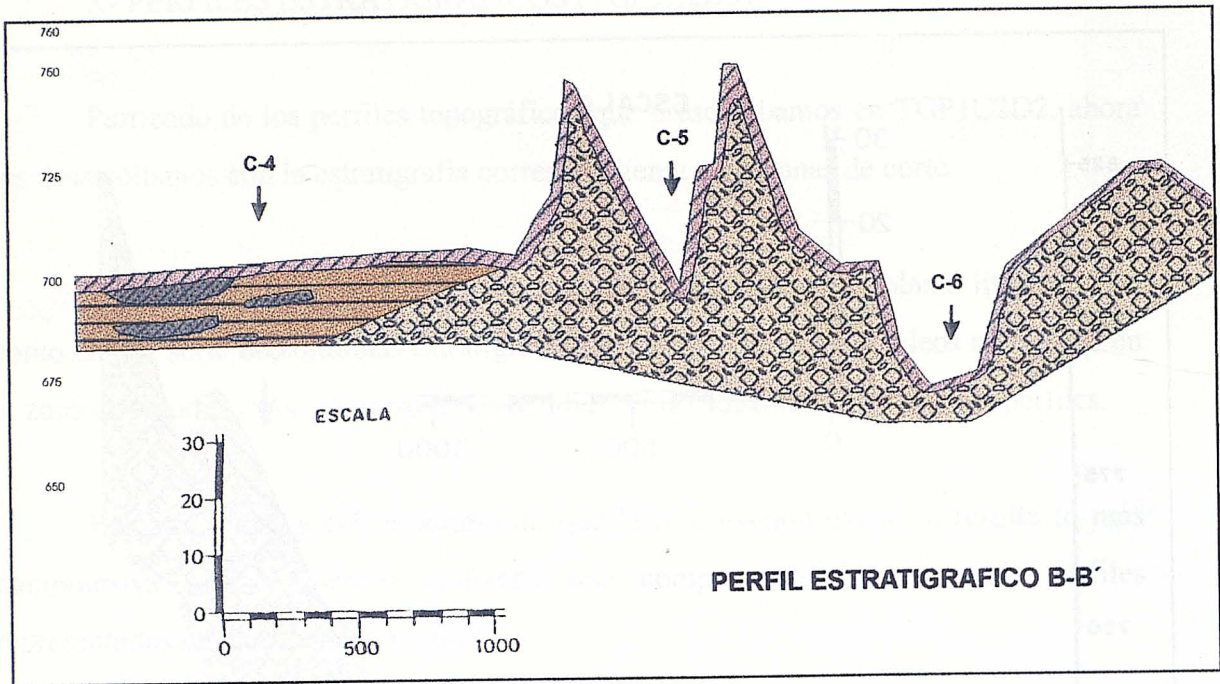
Para la realización de esos perfiles nos hemos basado en la planta litológica así como en una serie de columnas estratigráficas correspondientes a sondeos realizados en la zona de estudio y que acompañamos de una forma esquemática junto a los perfiles.

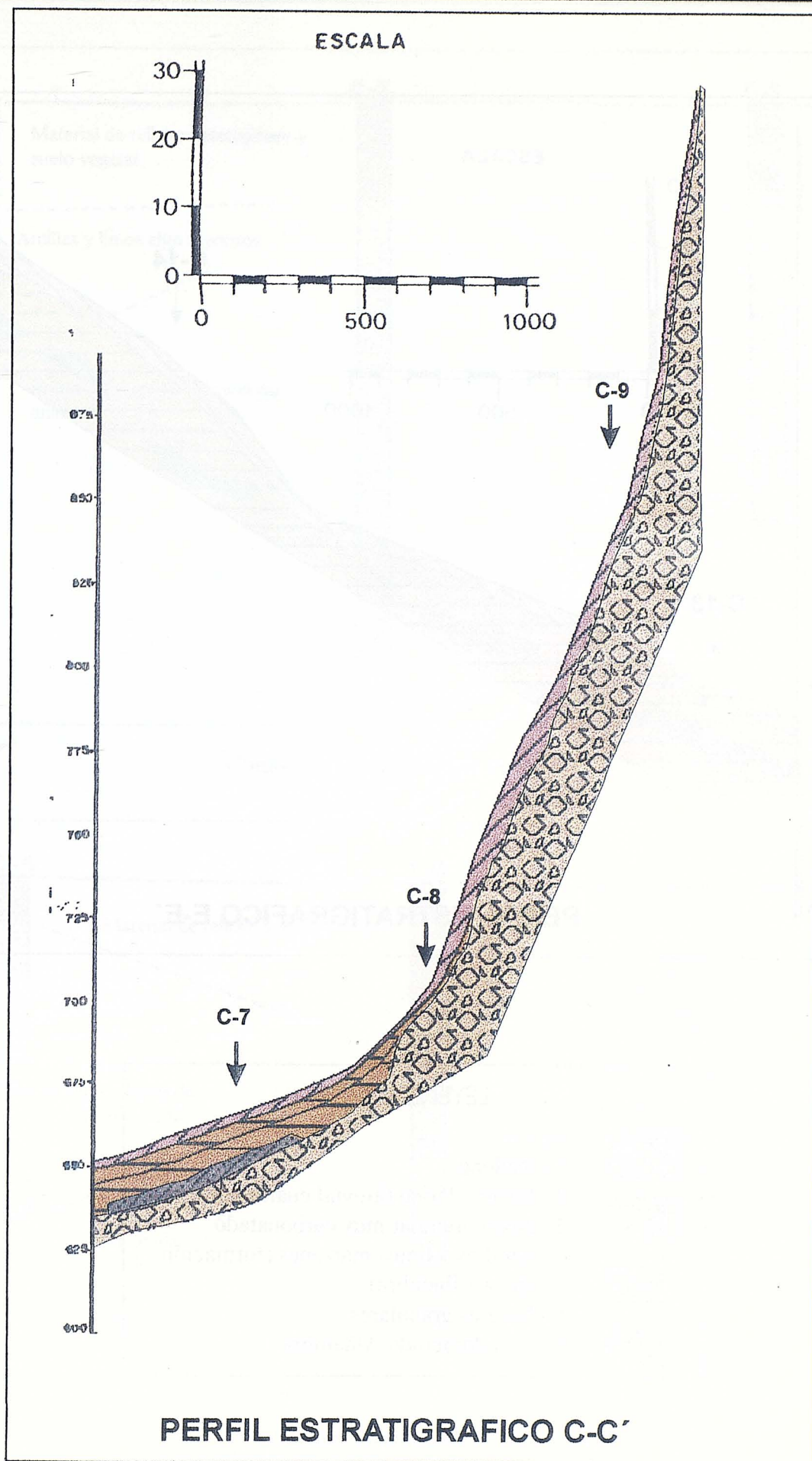
Por otra parte, y con el ánimo de que la información expuesta resulte lo más comprensiva posible, hemos realizado una composición de los cinco perfiles representados en un bloque diagrama.

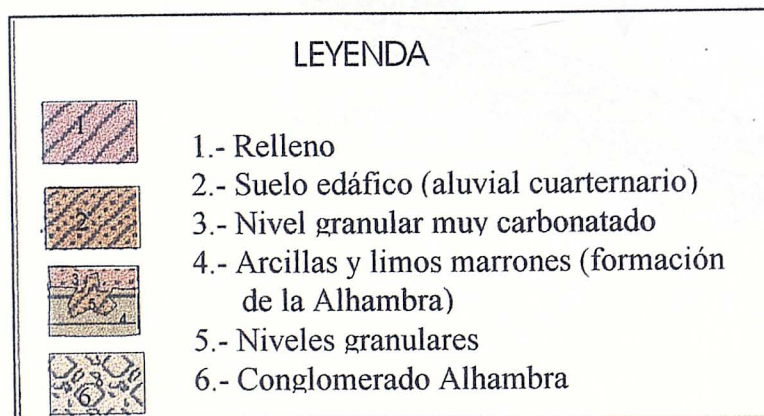
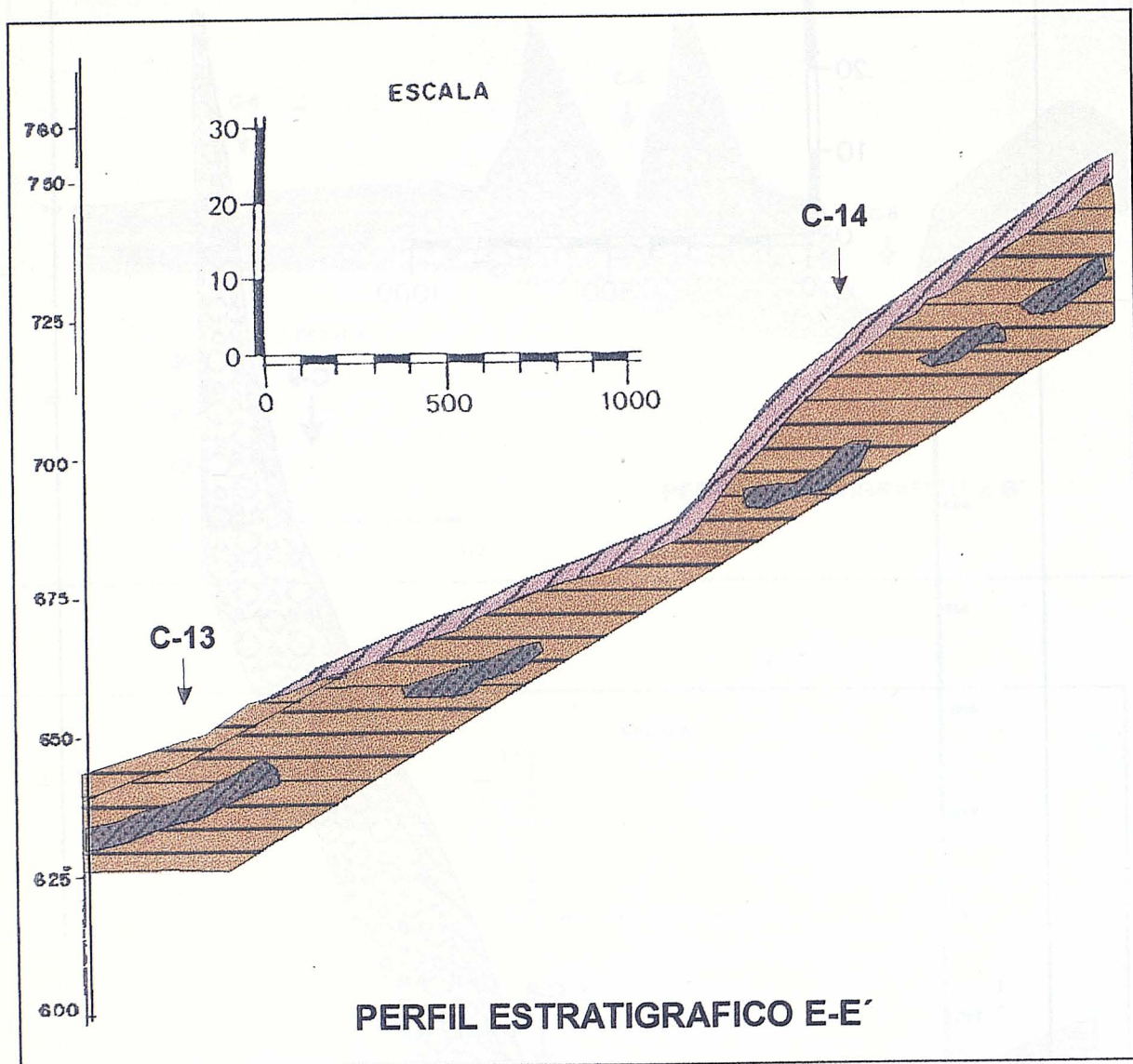


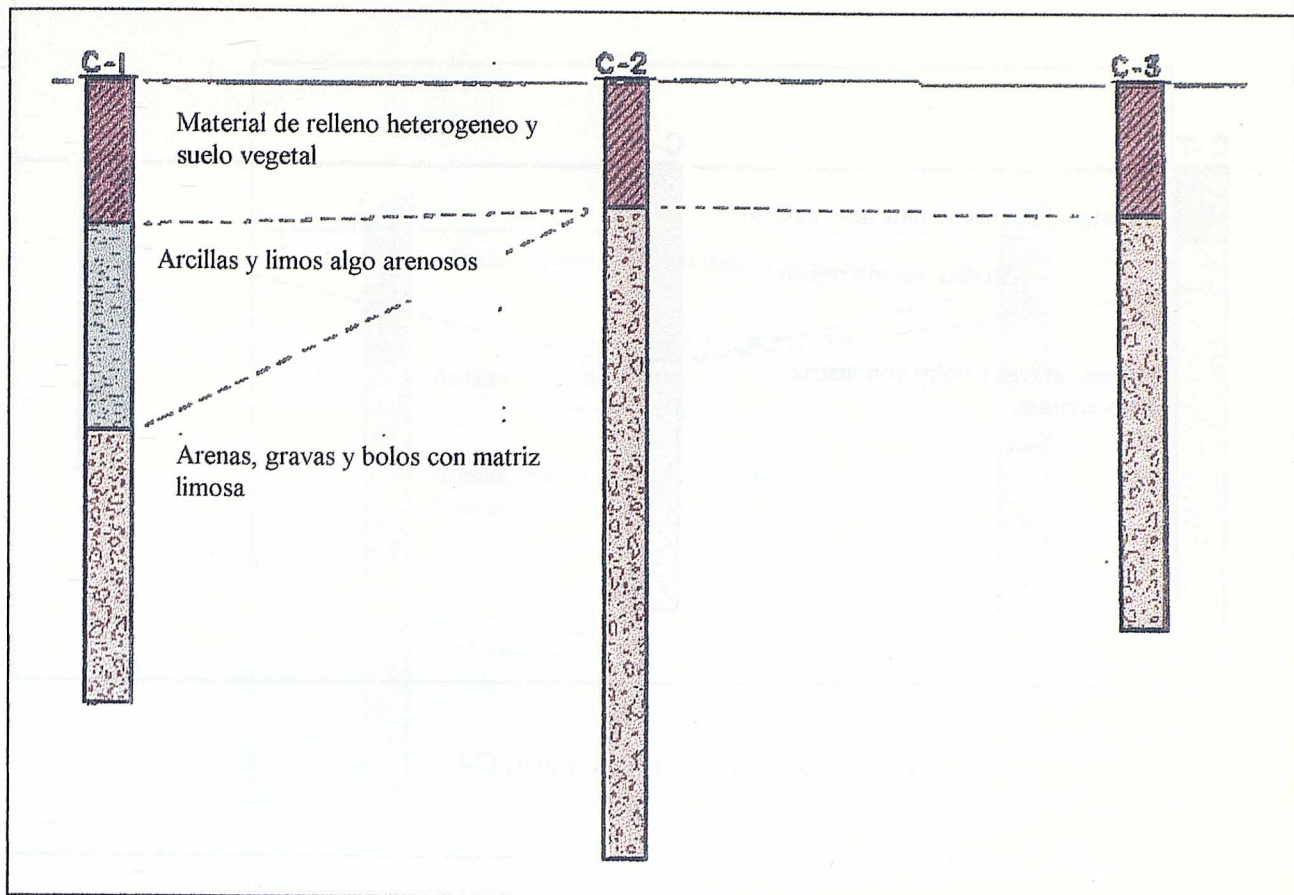
Ubicación de los perfiles geológicos en la Planta de Granada.



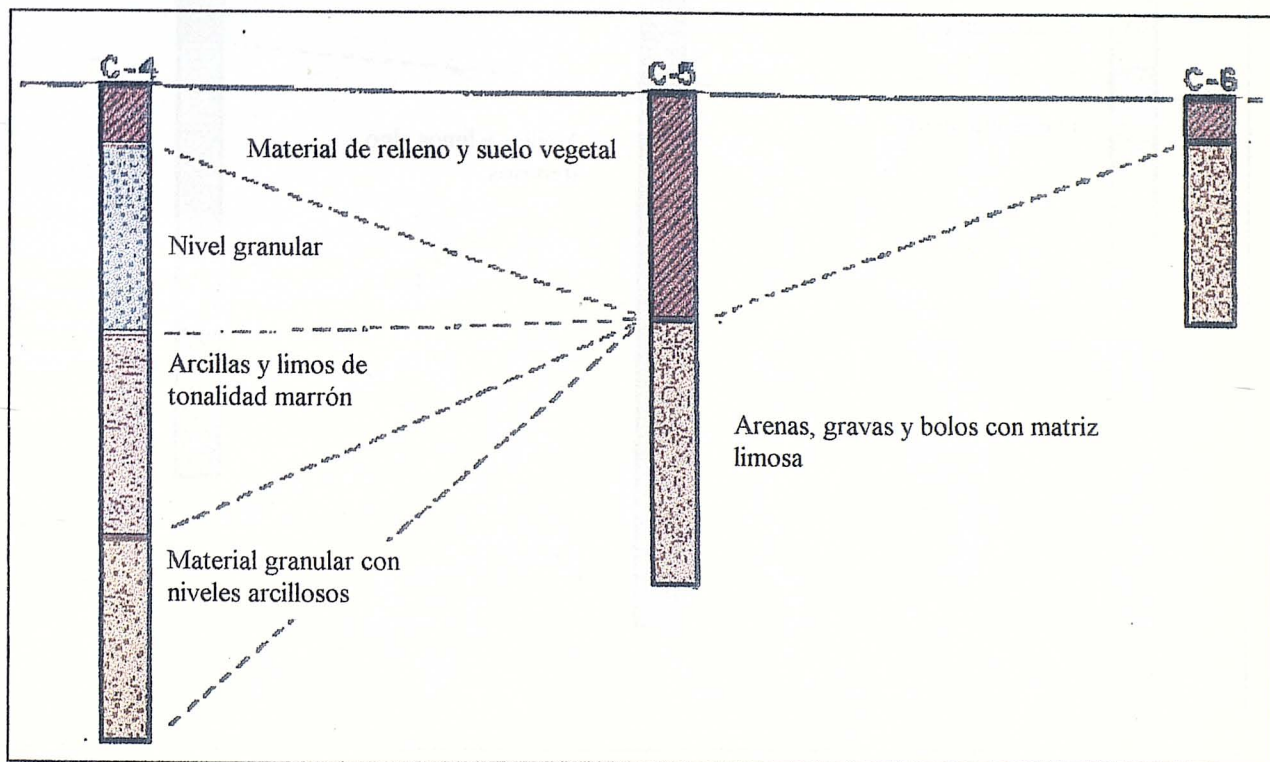




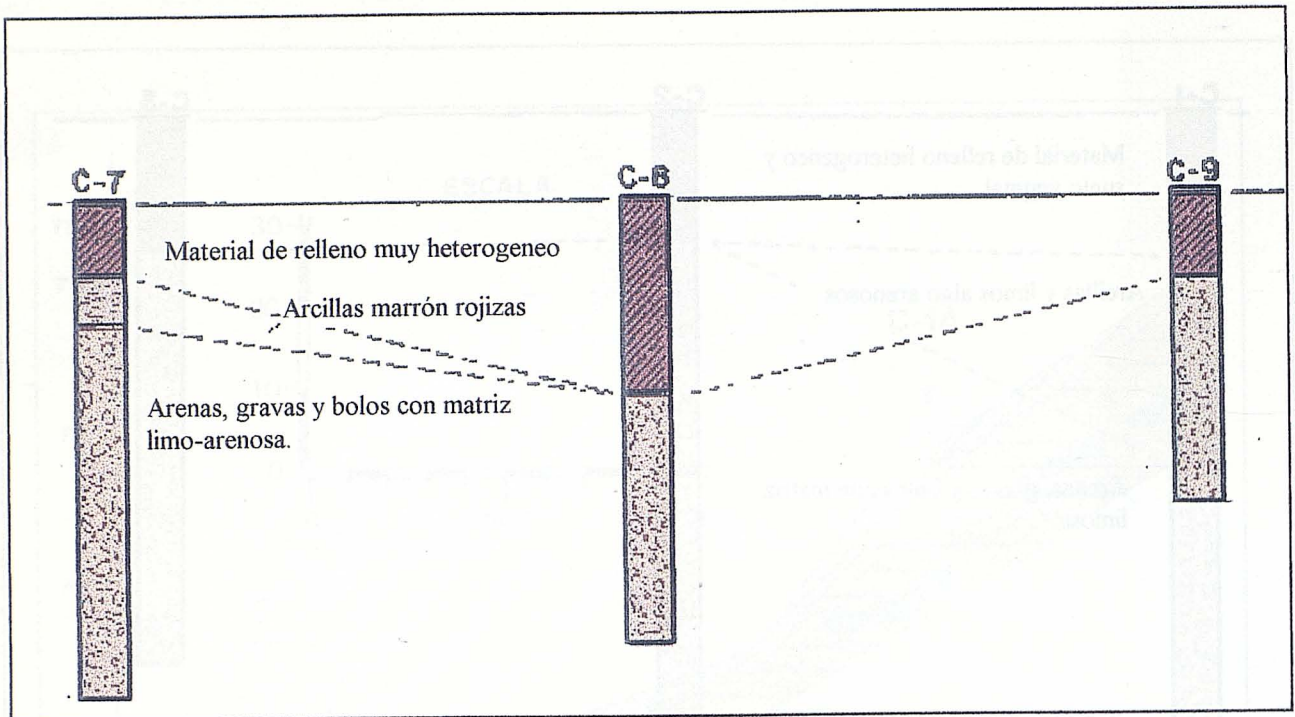




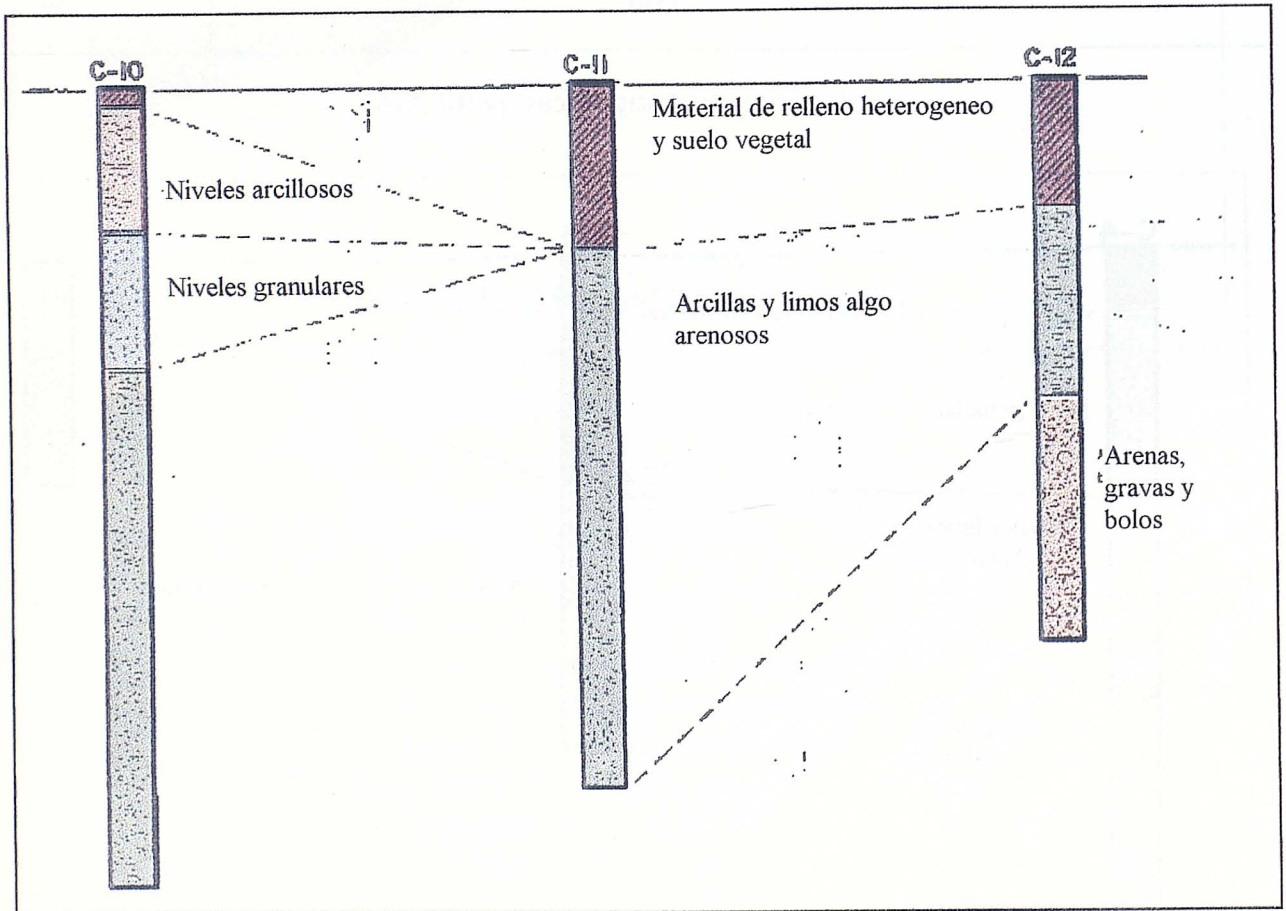
Columnas estratigráficas, perfil A-A'.



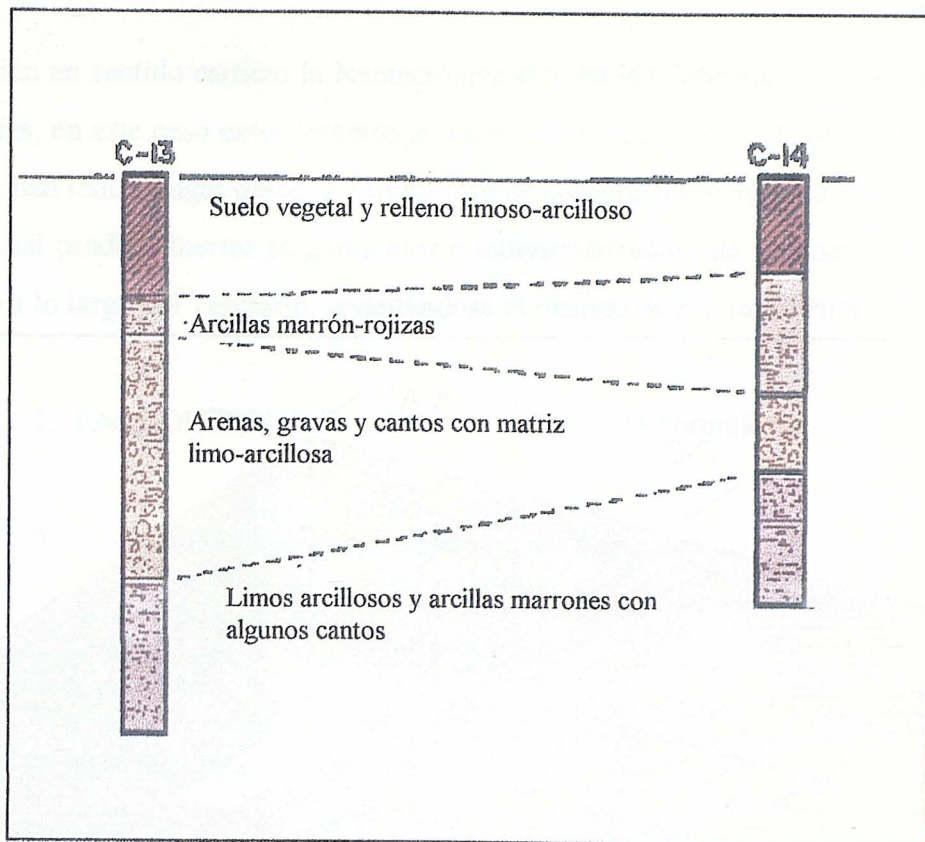
Columnas estratigráficas, perfil B-B'.



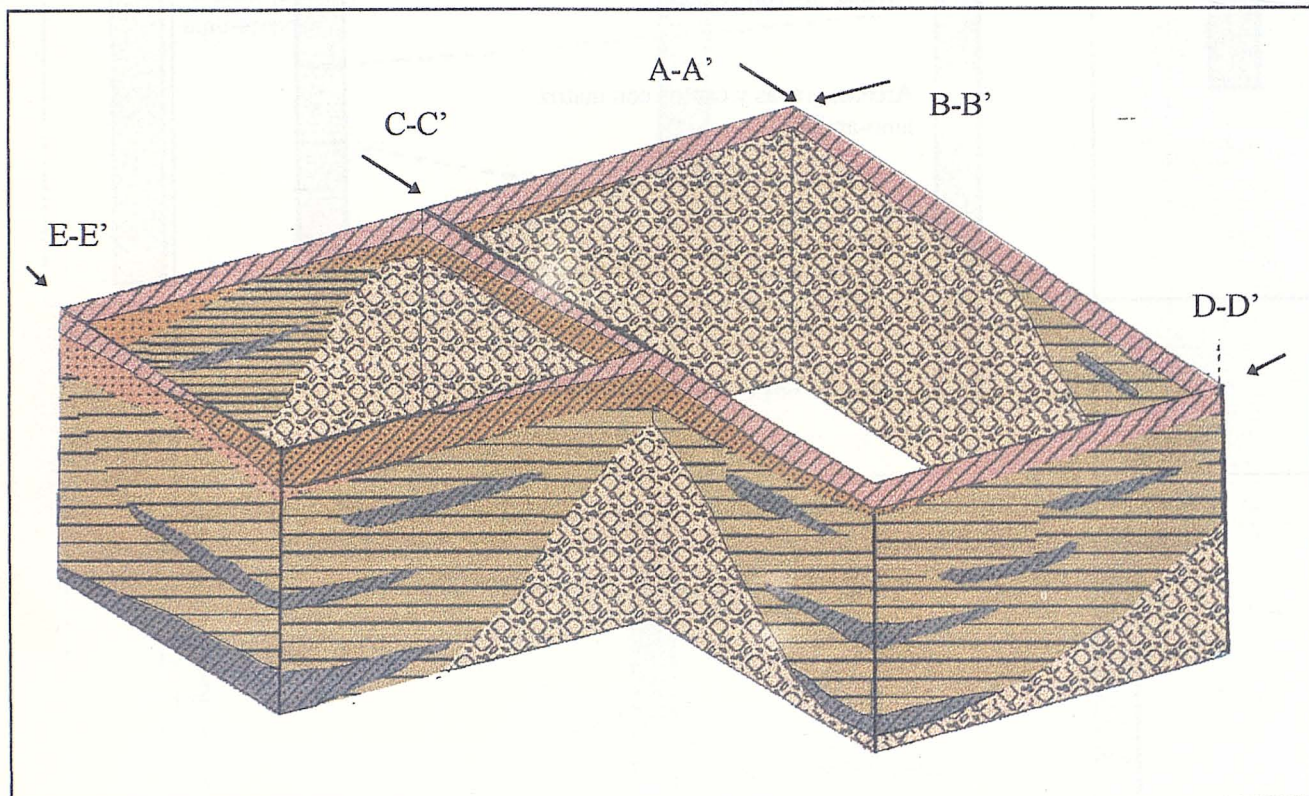
Columnas estratigráficas, perfil C-C'.



Columnas estratigráficas, perfil D-D'.



Columnas estratigráficas, perfil E-E'.



Esquema estratigráfico
tridimensional

III.1.5.3.- Neotectónica. (TGP3C3)

Si bien en sentido estricto la Neotectónica estudia las deformaciones actuales o muy recientes, en este caso extenderemos su campo a la Tectónica y deformaciones en general que han tenido lugar desde la última fase de compresión mayor de la Tectónica Alpina, la cual produjo fuertes plegamientos e individualización de grandes mantos de corrimiento a lo largo del Terciario, levantándose el macizo de Sierra Nevada.

TC2⇒TD	1.- FASE DISTENSIVA→TM	1.- Fallas normales
	2.-FASE COMPRESIVA→TM	1.- Fallas inversas. 2.- Movimientos verticales.

1.-FASE DISTENSIVA (TGP3C3D1)

A partir del Tortonense se hace patente la distensión, formándose las depresiones de Guadix-Baza y Granada que fueron asiento de importantes depósitos ligados a una fuerte subsidencia.

En general las fallas, algunas de ellas antiguas, que ayudaron a los movimientos verticales, lo que dio lugar a la formación de nuevos relieves, sufrieron desplazamientos en diversas pulsaciones. Relacionados con la formación de relieves están los depósitos gruesos del Tortonense (formación Pinos Genil), depositados alrededor de Sierra Nevada.

Los actuales relieves de Sierra Nevada y Sierra Arana se produjeron por etapas sucesivas de levantamiento. A un primitivo núcleo que emergió en Sierra Nevada, se fueron añadiendo sucesivamente otros bloques periféricos que en principio formaron parte del área de sedimentación durante el Tortonense, durante el Messiniense, e incluso durante el Plioceno y que a su vez fueron, tras ser levantados, solicitados por la erosión.

Estos movimientos han afectado claramente a materiales del Cuaternario Inferior que se encuentran fallados o basculados, incluso afectan a materiales más modernos, si bien en muchos casos pueden tratarse de pequeños reajustes posteriores. En otros casos, la existencia de escarpes de falla normales pueden ser testimonio de movimientos modernos (línea de falla de Gabia Grande).

Como ejemplo de estructura ligada a fallas de dirección E-O hay que citar la depresión situada al Sur de Sierra Nevada, así mismo es un ejemplo espectacular de fallas N40 o la fosa de Padul-Durcal o el borde O de Sierra Arana-Alfacar y otro el horst complejo de Sierra Elvira, asientos todos ellos de una notable sismicidad actual.

2.-FASE COMPRESIVA (TGP3C3D2)

La estructura más importante que permite contrarrestar claramente compresiones modernas es la línea de fractura de Crevillente (falla Cádiz-Alicante) subparalela a la dirección de la Cordillera Bética.

Durante el Mioceno Superior-Pleistoceno marcó la línea de mayor subsidencia, ligada a cambios de facies, de la Depresión de Granada y Guadix-Baza y, probablemente ya existía con anterioridad.

Localmente son abundantes los campos de pequeñas fallas de desgarre e inversas, visibles en general en cortes de carreteras o en canteras y que afectan a materiales incluso del Cuaternario Medio.

En conjunto queda establecida claramente la existencia de una compresión que afecta al menos al Cuaternario medio, si no sigue actuando en la actualidad, y que tiene una dirección aproximada N 20-30 O. Menos neta es otra compresión de dirección cercana a la E-O y que parece que se ha alternado con la anterior en movimientos de relajación de aquella. Los movimientos en la vertical son importantes y así se experimenta actualmente un claro proceso de encajamiento de las redes fluviales.

III.1.5.4.- Sismología. (TGP3C4)

La sismología puede definirse como la parte de la Geología que trata de los movimientos vibratorios y oscilatorios que tiene lugar en el interior de la tierra, investigando sus causas, su naturaleza, y forma de propagación, a fin de alcanzar un mejor conocimiento del entorno en que se producen los sismos.

Para desarrollar este TC definiremos los siguientes TD y TM:

TC1⇒TD	1.- ORIGEN DE LOS SISMOS →TM	1. Tectónico
		2. Fenómenos geológicos locales
		3. Actividades humanas
	2.-DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	
	3.- RIESGO SÍSMICO	

1.- ORIGEN DE LOS SISMOS (TGP3C4D1)

Aunque la mayoría de los movimientos sísmicos son de origen tectónico, es decir, están directamente relacionados con fallas o fracturas de la corteza terrestre, donde aparecen localizados los hipocentros o focos sísmicos, existen otros que pueden estar relacionados con fenómenos geológicos locales como, hundimientos, desprendimientos, deslizamientos, etc.. próximos o en superficie. Incluso, algunas actividades del hombre son capaces de originar pequeños terremotos como ocurre, en ocasiones, en el llenado y vaciado de embalses, y en las explotaciones de canteras y minas.

Los terremotos tectónicos se producen por la liberación de energía, en fracturas o fallas, de tensiones lentamente acumuladas en puntos profundos de la corteza terrestre.

Los terremotos debidos a actividades volcánicas son consecuencia de la producción de fracturas que, además de la liberación de tensiones, dan lugar a determinadas fisuras que favorecen la extrusión de magma.

La sismicidad propia producida por fenómenos geológicos locales de origen no tectónico pueden dar lugar en determinados casos a sismos inducidos, dependientes fundamentalmente de las características geológicas del lugar.

2.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA (TGP3C4D2)

En la región de las Béticas pueden distinguirse algunas alineaciones de epicentros, entre los que se encuentran los que se describen a continuación y que afectan directamente a Granada.

Hacia el E, son aparentes dos alineaciones en la región Granada-Málaga: una en dirección E-O, en la zona de contacto entre las unidades Béticas y Subbética, y otra de Granada hacia la costa en dirección N-S que podría estar relacionada con el borde occidental del macizo Nevadofilábride. Ambas quedan también definidas por los sismos más grandes (de intensidad máxima superior a VIII) ocurridos desde el año 1.400.

La zona inmediata a Granada se ve complicada por el cruce de las alineaciones anteriores bajo los materiales recientes y la presencia de la Depresión granadina.

Constituye ésta, la región de mayor sismicidad con abundancia de terremotos destructores en el pasado y corresponde también al área en que se agrupan los epicentros de los terremotos de pequeña y mediana en la actividad sísmica más reciente.

De hecho la mayoría de los grandes terremotos acaecidos en nuestro país se han producido en la Provincia de Granada.

Terremotos destructores más importantes en España desde 1400:

2 Febrero 1428	Cataluña, culminación de la serie de terremotos de Olot, comenzada en mayo de 1427. Destrucción de Olot, Piigcerdá, Camprodón, Sant Joan de les Abadesses, unos 800 muertos y graves daños en el Norte de Cataluña
5 Agosto 1504	Carmona (Sevilla), destrucción de la ciudad y murallas.
9 Octubre 1680	Málaga, daños muy graves, 1000 casas totalmente destruidas y cerca de 80 muertos.
21 Marzo 1829	Torre Vieja (Alicante), más de 400 muertos y 3000 casas destruidas.
25 Diciembre 1884	Entre Granada y Málaga; unos 800 muertos, algunos pueblos quedaron totalmente destruidos

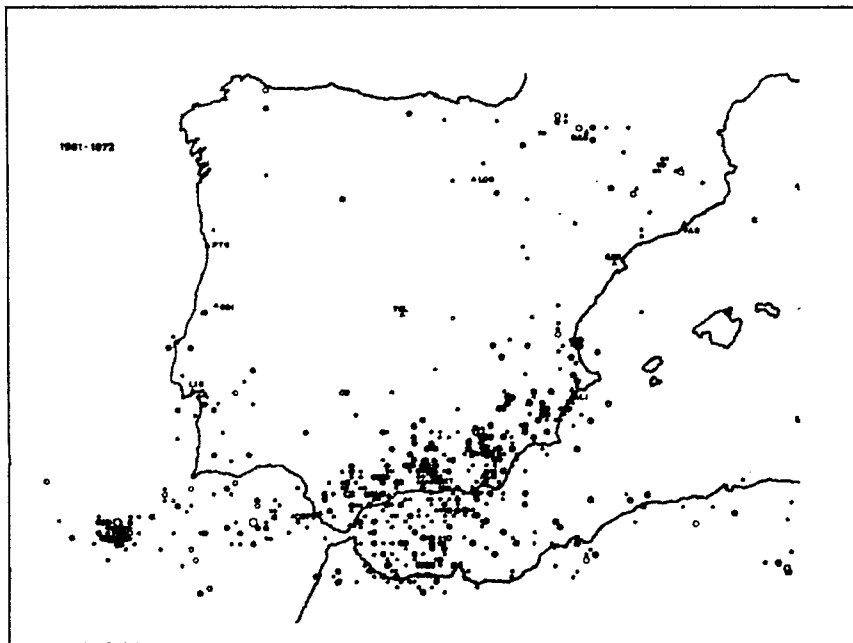
Terremotos de intensidad media 1910-1970:

21 Marzo 1911	Cotillas, Murcia
10 Septiembre 1919	Jacarilla, Murcia
19 Noviembre 1923	Viella, Pirineo
5 Julio 1930	Montilla, Córdoba
23 Junio 1948	Cehegin, Murcia
10 Marzo 1951	Bailen, Jaén
19 Mayo 1951	Alcaudete, Jaén
8 Enero 1954	Arenas del Rey, Granada
29 Marzo 1954	Dúrcal, Granada
19 Abril 1956	Albolote-Atarfe, Granada
4 Septiembre 1961	Alhama, Logroño
9 Junio 1964	Orce-Galera, Granada

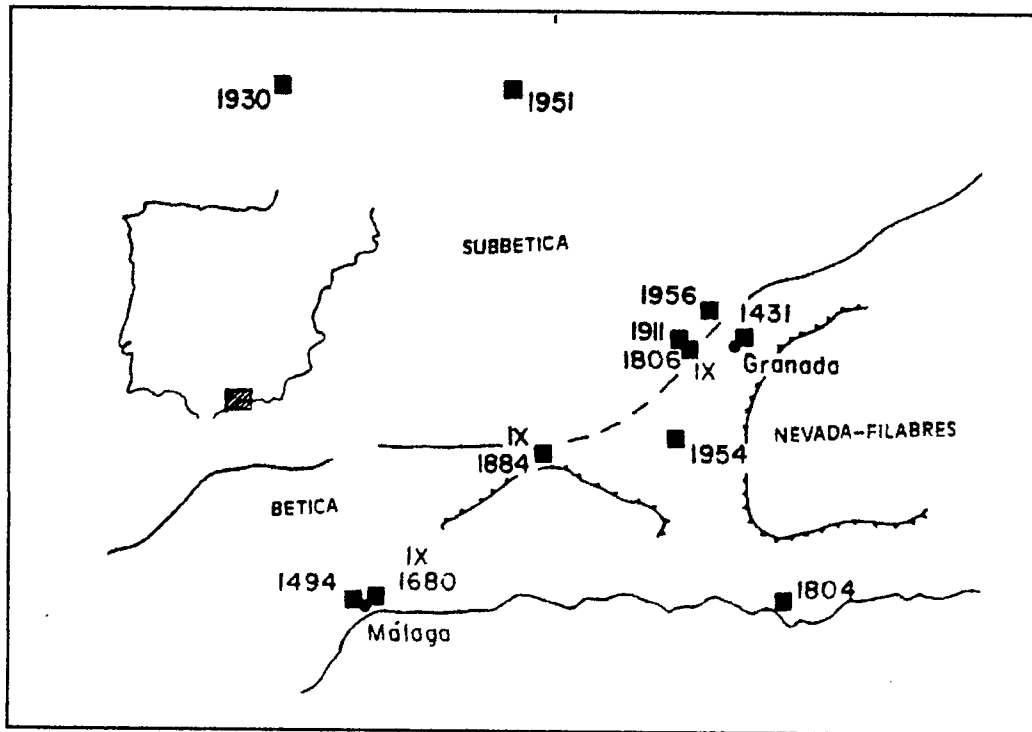
El último terremoto destructor acaecido en España es el del 25 de Diciembre de 1884, localizado entre las provincias de Granada y Málaga. El pueblo de Arenas del Rey quedó totalmente destruido y sufrieron graves daños los de Ventas de Zafarraya, Alhama y Játar. Las víctimas causadas por el terremoto se estiman en 750 muertos y más de 1500 heridos. Cerca de 5000 casas quedaron destruidas y más de 6000 en ruinas. Para estimar estos daños se ha de tener en cuenta lo poco poblada que estaba entonces aquella zona.



Estado en que quedo la plaza de Arenas del Rey (Granada) después del terremoto del 25 de diciembre de 1884.



Localización de los terremotos sucedidos entre 1961 y 1972 en la región de la Península Ibérica y sus alrededores.



Terremotos más importantes en la región de Granada-Málaga desde 1400.
Principales líneas tectónicas.

3.- RIESGO SÍSMICO (TGP3C4D3)

En el estudio de la sismología como riesgo, se analiza con detalle la zona de Granada, en la cual la intensidad macrosísmica es de magnitud VIII.

Según los datos del Observatorio Universitario de Cartuja de Granada, los movimientos sísmicos de baja intensidad son normales en toda la fosa de Granada. En ella y debido a sus especiales características estructurales (potencia de los elementos existentes que llega a ser de 200 m., por la litología, así como por los niveles freáticos), la intensidad de los sismos puede aumentarse en dos puntos desde el lugar en que se produce hasta la zona donde se dan los mayores efectos destructivos.

Esta elevación del grado de intensidad puede ocasionar fenómenos del tipo de deslizamientos, licuefacción, rotura de carreteras, rotura de cimentaciones, de gran importancia destructiva, habida cuenta de que en la actualidad las construcciones granadinas alcanzan alturas considerables.

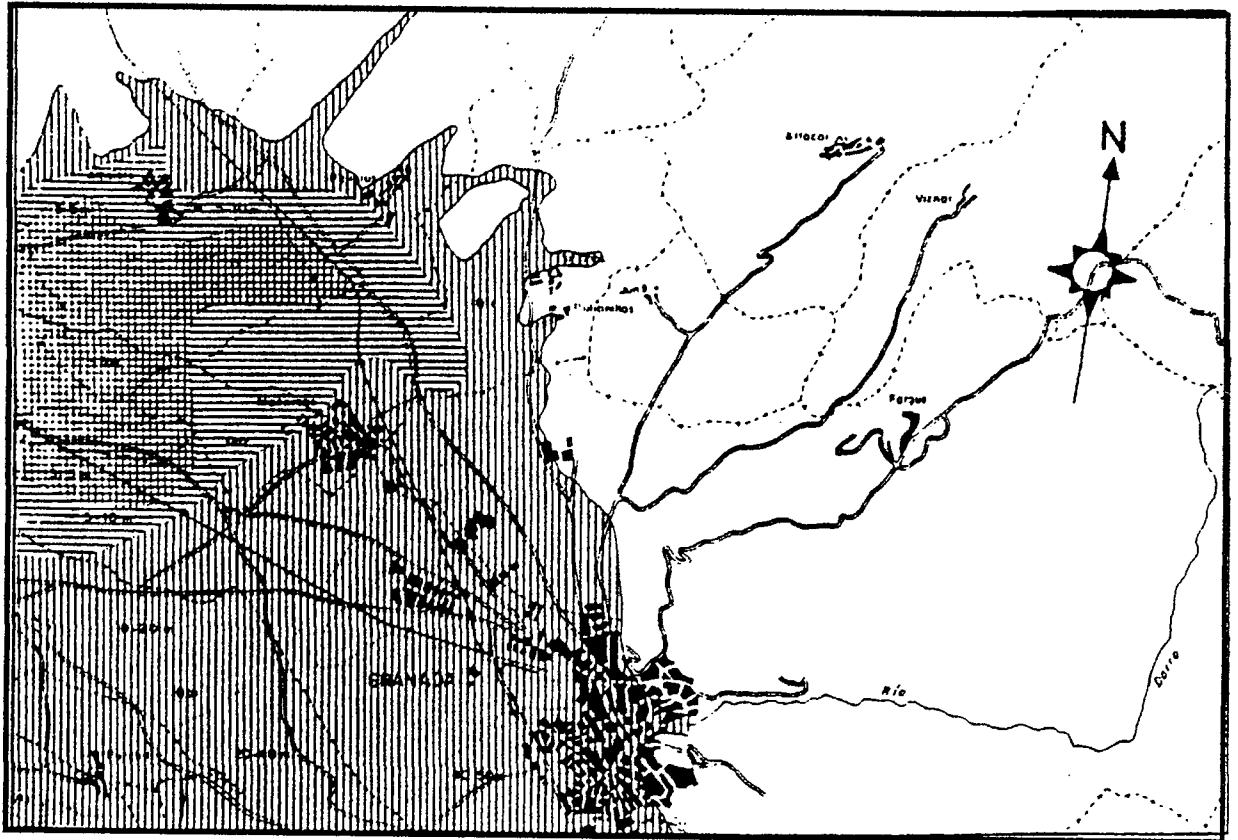
Ante este tipo de riesgo la probabilidad de ocurrencia de un sismo de grado VIII será de:


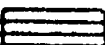

Intensidad Sismo	Periodo de retorno en años			
VIII	50	100	200	500
	0,9	0,99	1	1

Otros resultados de peligrosidad sísmica para distintas hipótesis de distribución y caracterización de fuentes sísmicas y de leyes de alternancia de la intensidad sísmica con la distancia, siguiendo varios métodos y considerando diferentes intervalos de datos, quedan reflejados en el mapa adjunto de riesgos sísmicos.

Por otro lado cabe destacar que las grandes catástrofes se han producido por fenómenos de licuefacción de los suelos en el momento de un sismo, con grandes repercusiones tanto en el aspecto humano como en el económico.

Por lo tanto, es imprescindible la necesidad de cumplir la norma sismorresistente y programar la serie de estudios orientados a la defensa civil para la prevención de un problema, y en caso de aparecer éste, la evacuación de la zona urbana en caso de sismos de magnitud elevada.



-  Alta Suceptibilidad
-  Moderada susceptibilidad
-  Baja susceptibilidad

Mapa de susceptibilidad a la licuefacción durante una sacudida sísmica fuerte.

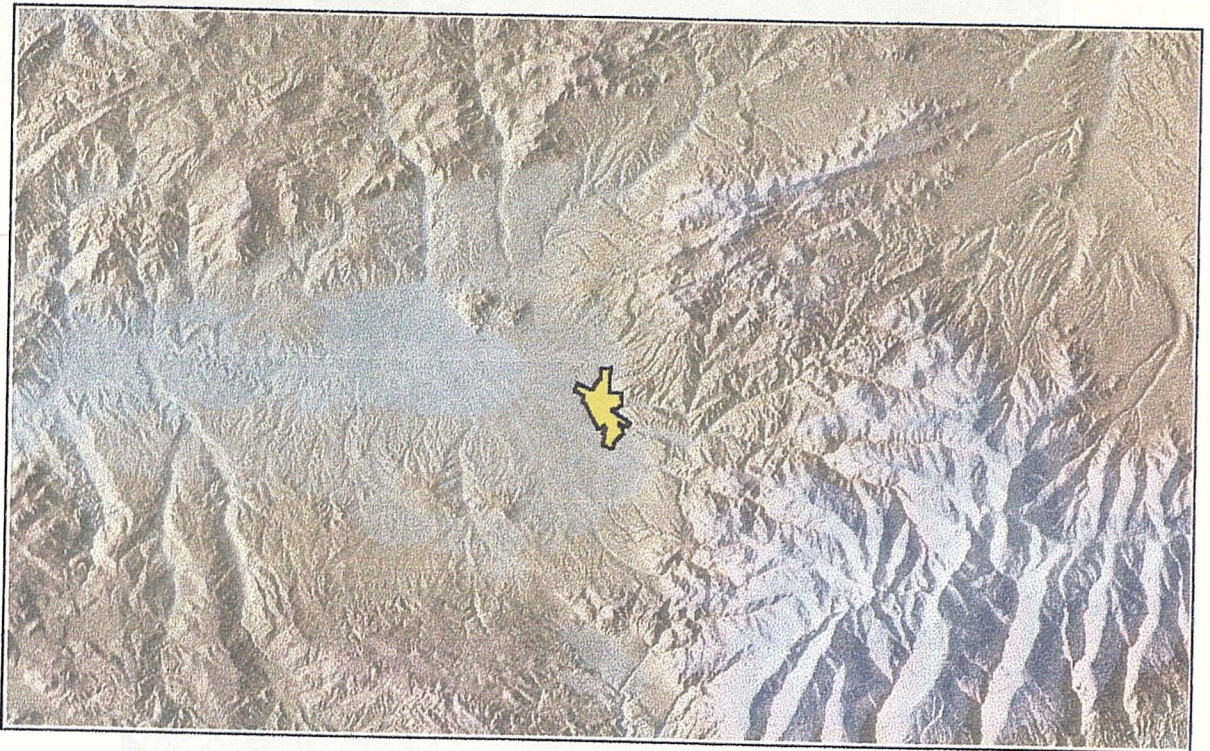
III.1.6.- EVOLUCION GEOMORFOLOGICA

III.1.6.1.- Geodinámica externa (TGP4C1)

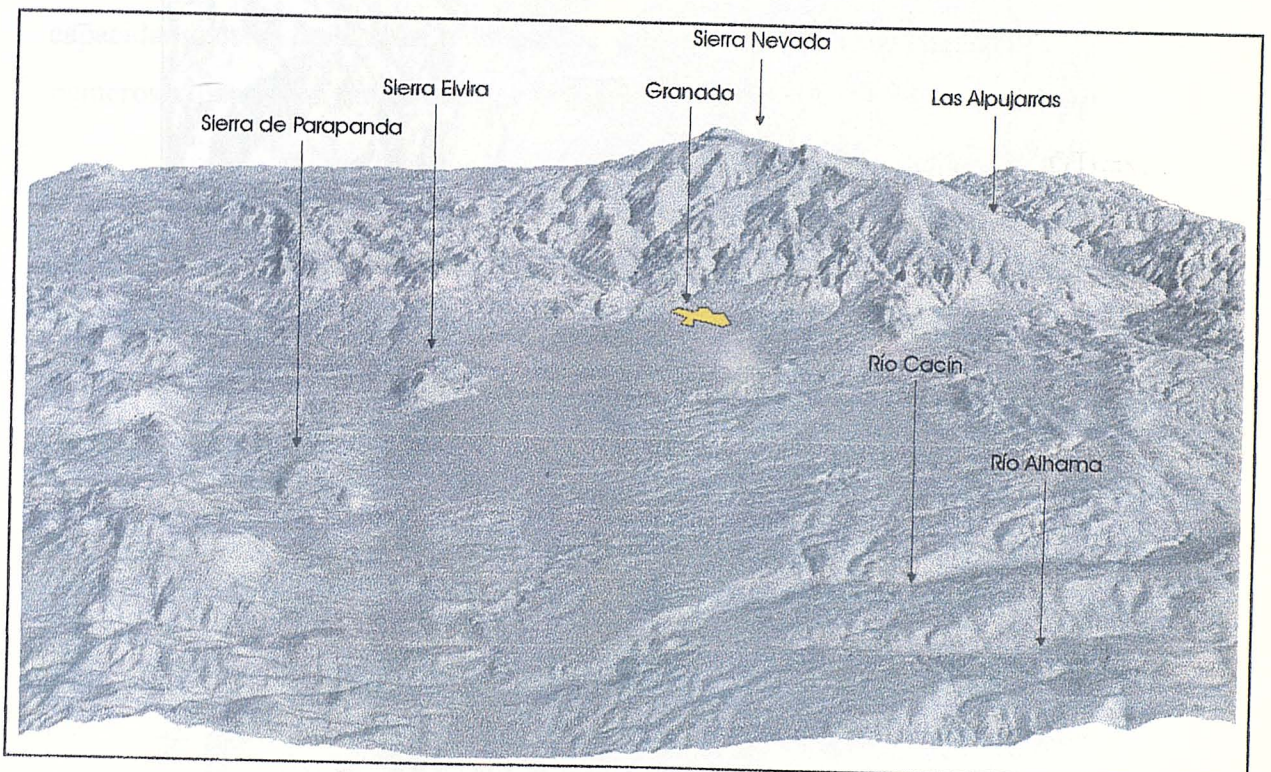
Bajo esta denominación incluiremos las acciones naturales que se producen en la parte exterior de la corteza terrestre, originando una modificación sustancial del relieve.

Los términos de definición y medición que generan este TC son:

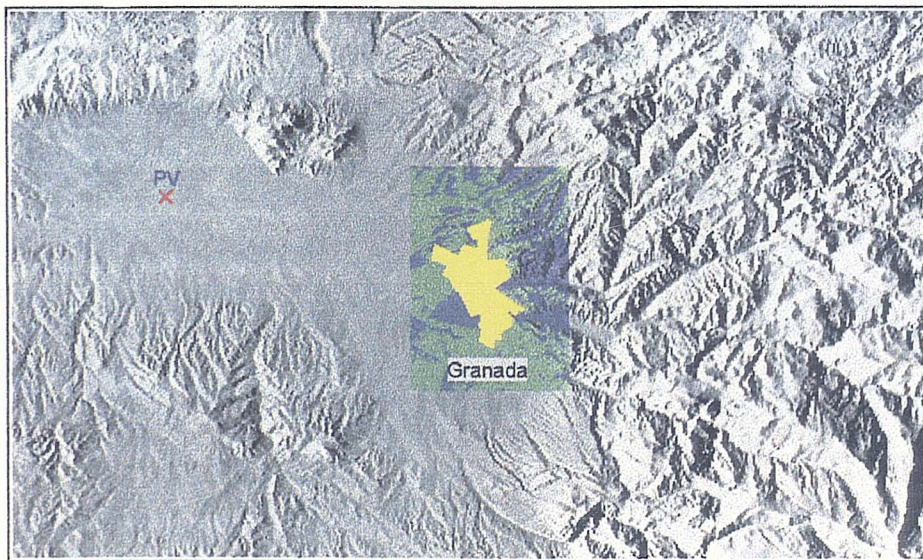
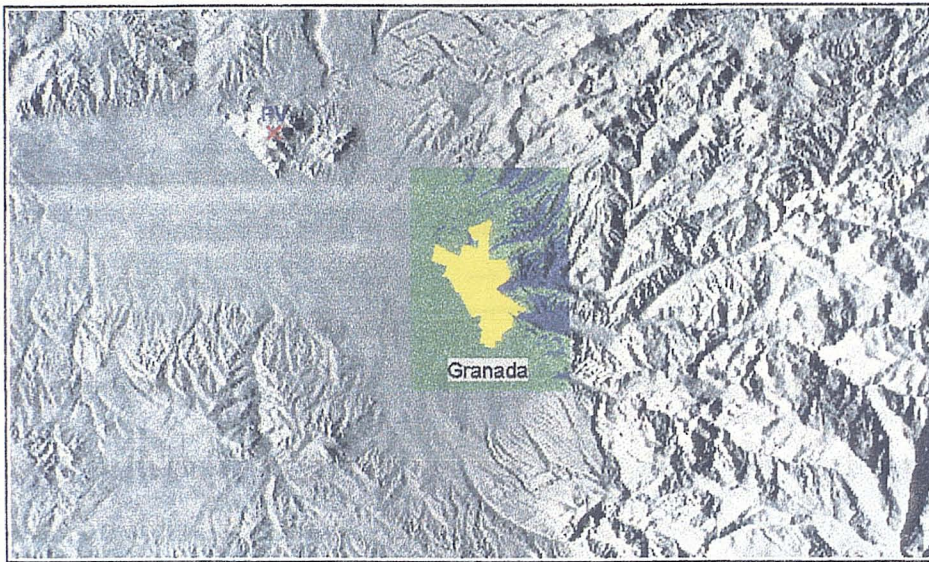
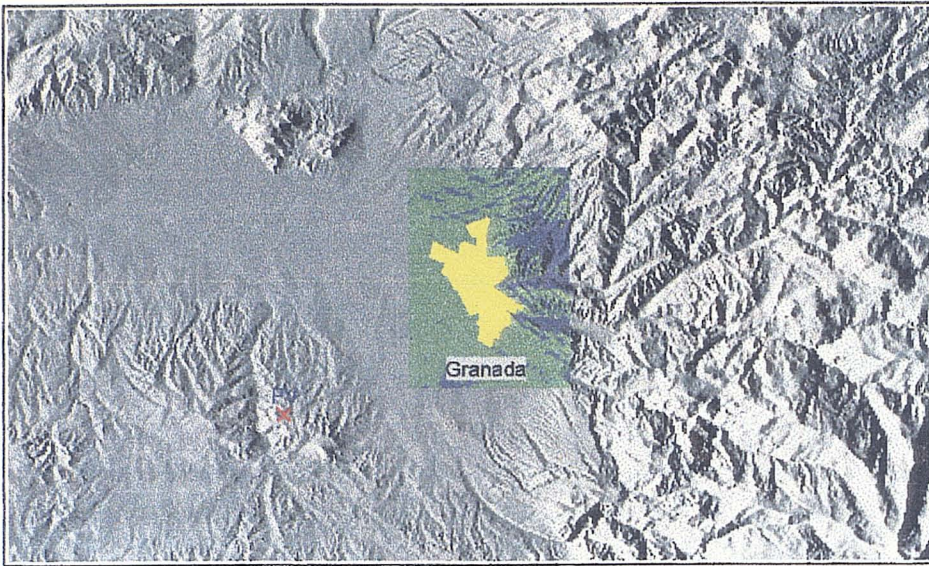
TC2⇒TD	1.- PROCESOS	→TM	1.- Erosión. 2.- Meteorización
	2.- HIDROGEOLOGÍA	→TM	1. Redes 2. Acuíferos 3. Manantiales 4. Represas
	3.- CONSIDERACIONES AMBIENTALES	→TM	1. Humedad 2. Vegetación 3. Cultivos
	4.- ANALISIS DEL MODELADO		



Vista aerea de Granada y su relieve circundante.



Perspectiva cónica de la vega granadina.



Diferentes cuencas visuales, con su ubicación de origen.
Se representa en color verde las zonas visibles y en azul las ocultas.

1.- PROCESOS (TGP1C1D1)

Constituye la erosión el conjunto de fenómenos externos que, en la superficie del suelo o a escasa profundidad, desnuda los materiales existentes modificando de esta forma el relieve.

Distinguimos tres tipos fundamentales de procesos erosivos:

- Erosión fluvial:

Los fuertes relieves circundantes a la Depresión de Granada, hacen que la erosión fluvial sea un factor importante a tener en cuenta en la geomorfología de la zona.

Las altas pendientes existentes, sobre todo en Sierra Nevada, hacen que la capacidad erosiva de los ríos y arroyos cerca de los nacimientos sea intensa, formando numerosos barrancos, en los que la erosión del estrato rocoso es un proceso irreversible.

En estas zonas altas, la energía del fluido es capaz de movilizar fragmentos rocosos de gran tamaño y transportarlos aguas abajo como carga de fondo. Cuando se produce la yuxtaposición brusca de las zonas montañosas con las tierras bajas, las corrientes procedentes de las zonas elevadas pierden su capacidad de transporte, depositando toda la carga o parte de ella, originando de esta forma un frente continuo de abanicos aluviales.

Al entrar en los canales de la Vega se comportan de forma diferente. La erosión tiene lugar normalmente durante el periodo de crecidas (primavera-verano), movilizándose los detritos, y durante el resto del año el proceso fundamental es el de sedimentación de las partículas finas transportadas por el río.

- Erosión glaciár

Durante la última glaciación, Sierra Nevada estuvo marcada por numerosos glaciares que dejaron una huella notable en la morfología actual.

Si ascendemos a la zona más alta, observamos numerosas lagunas que ocupaban antiguos circos glaciares (lagunas de la Caldera, laguna del Río Seco, laguna de la Mosca, etc.), así como numerosos depósitos morrénicos que dan paso a valles típicamente glaciares en forma de U, ocupados actualmente por los curso de los ríos (Poqueira, Garnón, etc.).

- Erosión eólica:

No hablamos de ella al no ser importante en esta zona.

En cuanto a la meteorización definida como la alteración de los materiales bajo la acción de los agentes atmosféricos, distinguiremos dos tipos fundamentales:

- Meteorización física:

Consiste en la rotura física de las rocas para generar fragmentos de menor tamaño, sin cambios químicos apreciables. Como mecanismos fundamentales de este tipo de meteorización, y que se encuentran o han encontrado presentes en nuestra zona de estudio, tenemos:

- Relajación de esfuerzos:

Aquellas rocas que en tiempos anteriores estuvieron situadas a grandes profundidades, sometidas a fuertes presiones litostáticas, al ser puestas en la superficie, por la erosión, sufren una disminución de la presión, la cual se transforma en una fracturación formada por grietas paralelas a la superficie.

Este proceso sufre una continua regeneración por la acción del hombre que moviliza grandes cantidades de tierra dejando expuestas en superficie rocas ígneas situadas anteriormente a profundidades y presiones mayores.

- Gelifracción:

Es la rotura de la roca por el hielo, debido al aumento de volumen que se produce en el paso de agua líquida, contenida en los poros y fisuras del material, a agua sólida.

Este proceso que no es de gran importancia, se produce fundamentalmente en Sierra Nevada.

- Meteorización química:

Consiste en el ataque químico de las rocas debido al clima y litología característicos de la zona. Fundamentalmente se produce por:

- Hidrólisis:

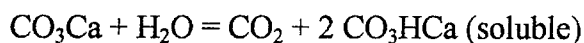
El gran reactivo que constituye el agua de lluvia destruye prácticamente la red silicatada original de los minerales, originándose como productos finales minerales de la arcilla y residuos solubles.

Este mecanismo es de gran envergadura cuando hay altas precipitaciones y elevadas temperaturas. Actualmente no coinciden estos dos factores en nuestra zona, haciendo que la hidrólisis sea un proceso restringido.

- Carbonatación:

La Vega de Granada se encuentra rodeada por numerosas sierras carbonatadas (Sierra Elvira, Alfaguara, etc.).

El agua de lluvia carbonatada ataca la caliza disolviéndola según la reacción:



Esta disolución de la caliza es el responsable de la generación de los modelados kársticos tan característicos de la región granadina.

- Influencias biológicas:

Los agentes biológicos afectan a la meteorización química, ya influyendo en las velocidades de los procesos descritos anteriormente ya produciendo reacciones de naturaleza especialmente bioquímica.

El proceso más importante que se produce es el de la formación de suelos, actuando conjuntamente los mecanismos de destrucción de la roca y los biológicos de generación de humus.

En la Vega granadina distinguimos un suelo característico denominado **fluvisol**. Originado a partir de los continuos aportes de los ríos desde los comienzos del levantamiento de la Depresión, constituye un suelo laborable muy fértil, haciendo de ésta una zona de gran riqueza agrícola.

2.- HIDROGEOLOGÍA (TGP4C1D2)

- **Red hidrográfica.**

La Depresión de Granada es atravesada por numerosos ríos procedentes, generalmente de Sierra Nevada, tales como: Genil, Darro, Cubillas, Aguas Blancas, Monachil, Dilar, Colomera, etc...

Así, la Vega se convierte en receptora de las aguas de escorrentía de una gran cuenca hidrográfica, como es la del alto Genil, con más de 2.900 Km².

Estas aportaciones procedentes de la escorrentía a través de los materiales esquistosos de Sierra Nevada y de los arcillosos del resto, impermeables en ambos casos, llegan casi íntegras a la Vega, a pesar de que algunas de ellas han sido objeto de regulación mediante los actuales embalses de Quéntar y Canales. También el Genil, al llegar a las inmediaciones del casco urbano de Granada, se encuentra canalizado, lo que contribuye a disminuir el riesgo de inundaciones en el sector.

Con la entrada de esta red fluvial en los materiales aluviales de la Vega se origina un complejísimo entramado de acequias y canales de riego (ver figura), que producirá una elevada infiltración responsable junto con la evapotranspiración del consumo total de estas aportaciones.

Todo esta agua infiltrada, junto con las aportaciones del acuífero, descargará finalmente en los mismos cauces de donde proviene, representados por los ríos Genil y Cubillas, aguas debajo de Fuente Vaqueros y Valderrubio.

- Acuífero de la Vega

El acuífero de mayor interés lo constituyen los depósitos aluviales de la Vega de Granada, cuyos límites se sitúan al N en Sierra Nevada y al NE en la zona de Peligros, correspondiendo con materiales del Pliocuatrnario y Mioceno de muy baja permeabilidad.

Los materiales acuíferos están constituidos por:

- Cuaternario reciente: Gravas y arenas que constituyen la parte central del acuífero a lo largo del río Genil.

- Cuaternario antiguo-medio: Localizado hacia los bordes del mismo y constituido por intercalaciones de arcillas, arenas gravas.

Las reservas hidrográficas están muy próximas a los 2.000 Hm³, de las que serían drenables la mitad. Los recursos medios oscilan ente 100 y 200 Hm³ al año, proviniendo la mayor parte de las entradas al sistema de infiltración de las aguas de escorrentía superficiales y de las correspondientes al regadío, el resto de la aportaciones están repartidas entre la infiltración de la lluvia útil caída sobre la superficie y las escorrentías subterráneas que recibe del sistema de acuíferos limítrofes. Las salidas, localizadas en la mitad occidental del sistema se producen a través de un gran número de manantiales y de los ríos Genil y Cubillas. Otra partida importante es sustraída a partir de una explotación por más de un millar de obras de captación.

El acuífero de Granada puede dividirse en dos sectores:

- Alimentación (mitad oriental del acuífero):

De todas las partidas de alimentación, la más importante es la relativa a la infiltraciones de aguas de escorrentía que acuden a él, procedentes de la cuenca del alto Genil (2940 Km²).

La mayor alimentación es, pues, la producida en el sector de cabecera del acuífero, correspondiente a la entrada de los principales ríos que bajan de Sierra Nevada: Genil, Monachil y Dilar. Este aporte máximo ocurre de Abril a Junio, coincidiendo con el deshielo de Sierra Nevada.

Las aportaciones superficiales canalizadas a través de un gran número de arroyos y barrancos que acceden a la Vega, no son despreciables.

Otra partida de alimentación menos importante es la correspondiente a la infiltración de la lluvia útil caída sobre los 200 Km² de superficie del acuífero.

Por último, debemos mencionar toda la serie de entradas laterales ocultas (escorrentías subterráneas) provenientes de los sistemas acuíferos limítrofes (Sierra Elvira, Alhambra y Zubia).

- Descarga (Mitad occidental):

La descarga del sistema se produce a través de sus numerosas salidas por toda una serie de manantiales de carácter pseudoantrópico, captadas desde tiempos antiguos para su utilización en regadíos.

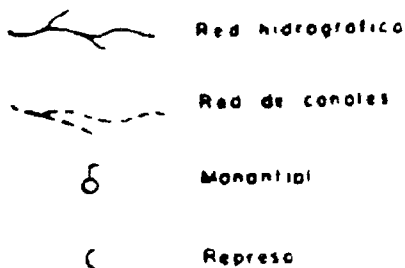
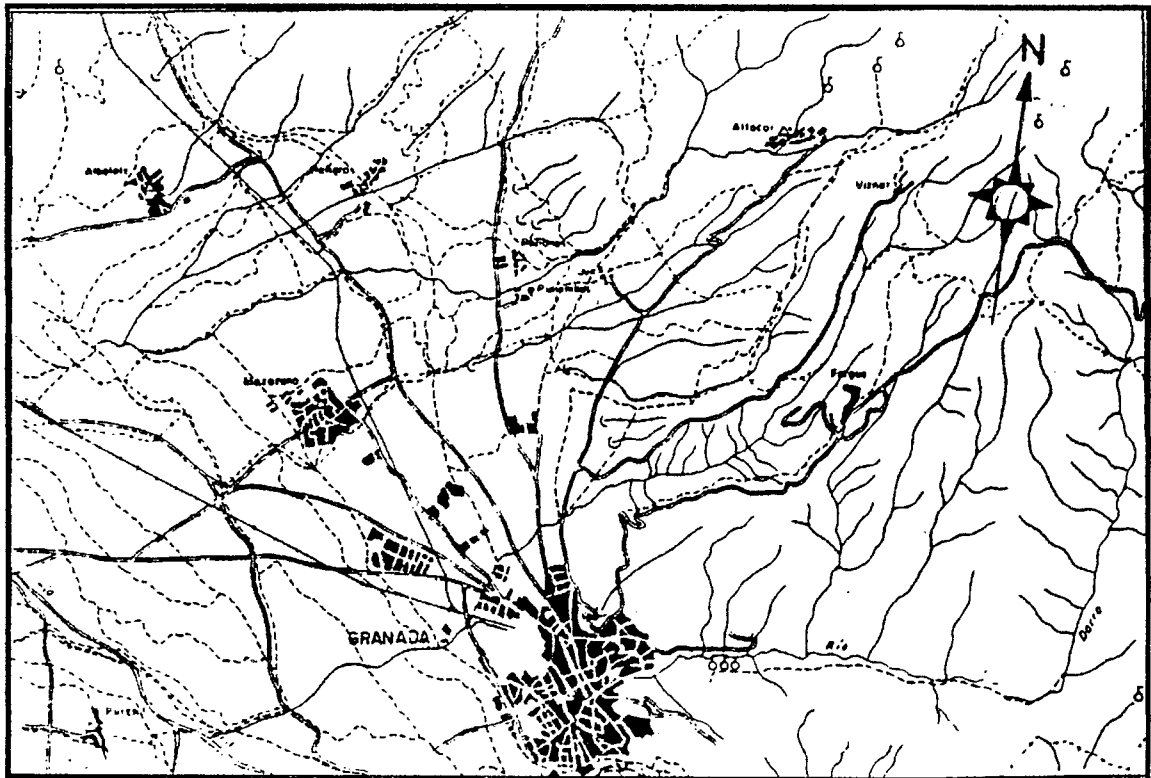
La descarga de canales de riego, y sobre todo a ríos, es más importante que la sufrida en los manantiales.

Para la Vega de Granada, el triángulo formado por Fuente Vaqueros, Valderrubio y Cortijo Daimuz, constituye la principal área de drenaje.

Los principales cursos de superficie a los que va a parar esta escorrentía subterránea son los ríos Genil y Cubillas, siendo la descarga máxima en épocas de estiaje.

Por último, debemos considerar la descarga antrópica del acuífero realizada por

más de un millar de captaciones, 90% pozos y 10% sondeos. La máxima explotación antrópica del acuífero se produce de Mayo a Octubre siendo el reparto desigual en espacio y tiempo. Esta explotación puede tener efectos importantes como subsidencia.



Escala 1 / 50.000

Red de drenaje y acequias.

3.- CONSIDERACIONES AMBIENTALES (TGP4C1D3)

Como ya apuntamos en TGP1C4, en Granada el clima es moderadamente continental, pero debido a las diferencias de altitudes puede subdividirse éste en las siguientes zonas:

- Semiárido en las vegas, llanos y en la costa.
- Estepario en las sierras medias y al pie de las sierras mayores.

- Húmedo, únicamente, en las áreas más elevadas de la provincia.

Las temperaturas medias anuales aumentan desde las sierras hacia los llanos, con unas oscilaciones entorno a los 35 °C.

Podemos así definirlo como un clima perhúmedo exclusivamente en las cimas de Sierra Nevada, más por disminución de la evapotranspiración que por una pluviometría elevada.

Las zonas húmedas o subhúmedas incluyen Sierra Nevada occidental, la Sierra de Loja, Sierra Arana y Sierra de La Sagra. No obstante, salvo el entorno del Mulhacén y del Veleta, los suelos quedan secos en verano, por lo que los ciclos de humectación-deseccación se producen en mayor o menor grado en toda la provincia.

En general, las temperaturas quedan muy condicionadas por la altitud, dada la práctica inexistencia de termorreguladores (bosques y ríos), y dado que ésta es muy variable en el área; las oscilaciones de unos a otros puntos pueden ser muy importantes, aún del día a la noche en un mismo lugar.

En las zonas de alta montaña (NE) las oscilaciones térmicas son aún mayores y la desecación que sufre el suelo en verano se ve bruscamente cortada por la fuerte pluviometría otoñal, llegando a haber algunos puntos con cierto modelado periglacial (gelifracción incipiente) y siempre una fuerte erosión torrencial.

Fuera de estas últimas zonas, el matiz climático es continental-mediterráneo de verano cálido y seco, inviernos fríos al Noreste y Nordeste y templado al Sur y Sureste. El periodo seco es muy dilatado (desde Mayo a finales de Octubre) y el número medio de días de lluvia al año muy reducido.

Considerada en conjunto, la provincia de Granada presenta masas forestales poco extensas y bastante separadas. Se disponen en la Sierra de Almirajara (al N de Almuñecar), en la vertiente Norte de Sierra Nevada, en Sierra de Colomera, Sierra de Baza y en la Sierra de la Sagra.

En la zona suboriental predomina el matorral y el erial, en ambos casos sobrepastoreado. Los llanos aparecen en general cultivados, aunque la cubierta vegetal en muchos momentos no existe, al quedar los terrenos en barbecho varios años seguidos.

Así considerada, la protección vegetal sobre el suelo es muy poco importante, de tal forma que Granada es, junto con Almería, la provincia española de mayor porcentaje superficial sometido a erosión intensa y movimiento de masas. A este respecto hemos de considerar como aspecto negativo los cultivos situados al norte de la línea de Pinos Puente a Huélagos y Huéscar, cuyos efectos sobre pendientes del 12% son más perjudiciales que protectores.

4.- ANÁLISIS DEL MODELADO (TGP4C1D1)

- Modelado fluvial.

De las muchas formas de relieve debidas a la sedimentación producidas por las corrientes, trataremos tan sólo tres de ellas:

- Llanuras de inundación:

Son áreas de tierra aluvial inundadas periódicamente por las corrientes a las cuales bordean. En la actualidad, la descarga de los ríos (Genil y Darro), es insuficiente para generar esas llanuras. Las existentes constituyen depósitos antiguos generados por las sucesivas glaciaciones, las cuales evolucionaron a la formación de potentes suelos existentes en la actualidad.

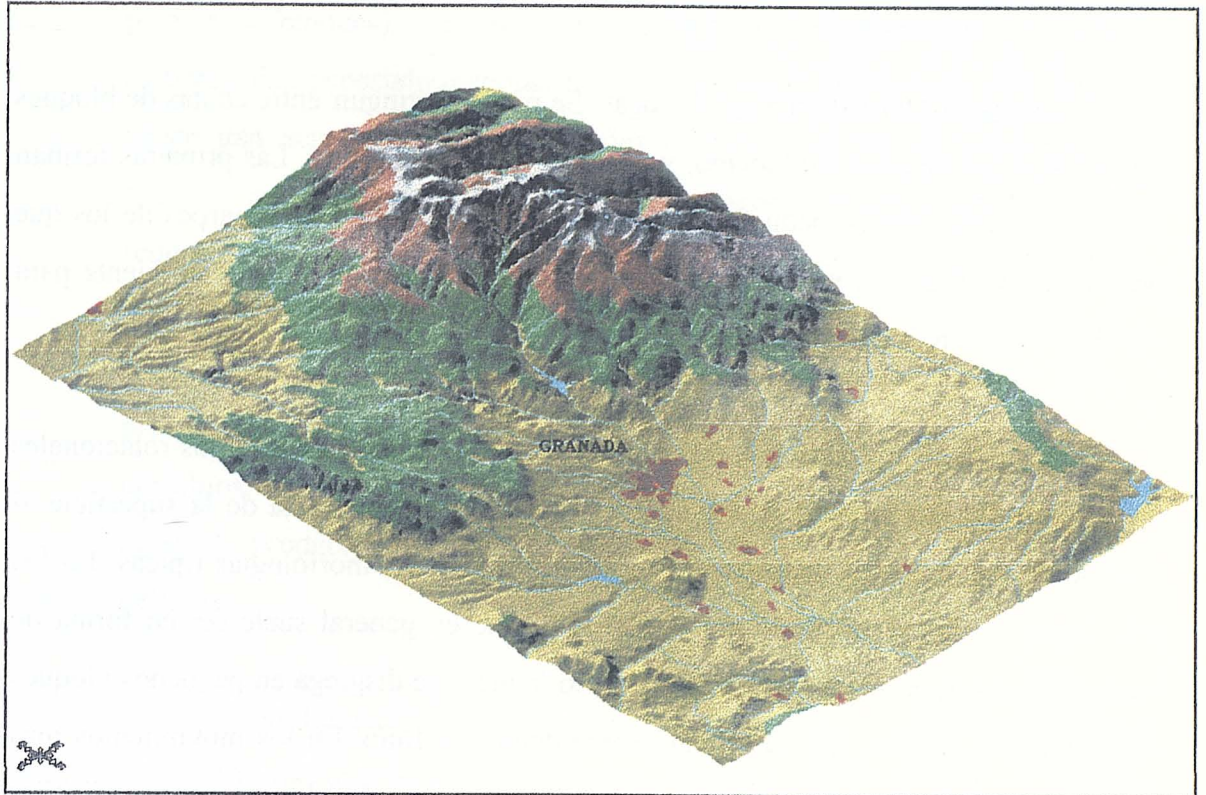
- Terrazas fluviales:

Los sedimentos fluviales depositados cuando el río excava el cauce nuevo y abandona el anterior, pueden ser posteriormente desecados, de modo que den lugar a terrazas llanas o ligeramente inclinadas. Las terrazas de la Vega constituyen testigos de

las sucesivas glaciaciones que han actuado durante el cuaternario sobre esta zona.

- Abanicos aluviales:

En Granada se originan una red continua de abanicos aluviales, que constituyen una morfología característica de esta zona.



Modelado actual de las cercanías de Granada.

- Vertientes.

Los terrenos erosionados por la acción fluvial son generalmente un conjunto de vertientes. Es fundamental el estudio de los mecanismos responsables del modelado de las vertientes, para llegar a comprender un comportamiento futuro, ya que pueden ocasionar serios problemas al perder su estabilidad.

Con respecto a la zona que nos ocupa y basándonos en la clasificación de Varnes y Corominas, hemos distinguido en todo este complejo los siguientes tipos de movimientos de ladera:

- Desprendimientos, deslizamientos y movimientos profundos que afectan al macizo rocoso.
- Corrientes de derrubios y barro, que afectan a la cobertera coluvial y edáfica.
- Movimientos complejos en los que se conjugan más de un tipo de los anteriores.

Caídas y desprendimientos de rocas: Se puede distinguir entre caídas de bloques y rocas aisladas de pequeño tamaño, y desprendimientos masivos. Las primeras forman un talud de derrubios de pequeño tamaño de bloque, al pie de los escarpes de los que proceden, mientras que en los segundos los bloques tienen un tamaño suficiente para ser observados en fotografía aérea.

Deslizamientos: Recogiendo, en este punto, los traslacionales y los rotacionales en cuchara. En buena parte de los casos es difícil inferir la forma de la superficie al tratarse de movimientos incipientes que no desarrollan las morfologías típicas. En los más desarrollados sí se puede precisar el tipo, que en general suele ser en forma de cuchara, en éstos es frecuente observar como la masa se disgrega en pequeños bloques sin coherencia interna, que terminan desarrollando un flujo. En los movimientos más antiguos donde han desaparecido las formas características, las masas movilizadas llegan a convertirse en laderas residuales con procesos de reptación.

Movimientos profundos: Se trata, en general de movimientos aparentemente muy lentos en la actualidad y de mayor envergadura que los deslizamientos antes descritos, que se desarrollan en general aprovechando fracturas y que en algunos momentos de su evolución pueden haber tenido episodios más activos. Aparecen sobre todo en las zonas de contacto entre materiales pelíticos y carbonatados, originándose desprendimientos, desde estos últimos materiales y en relación con cauces de orden altos, es decir, zonas de vertientes amplias aunque de morfología bastante irregular, debido seguramente a la inestabilidad. Se relacionan con zonas de grandes fracturas regionales, presentes en el área.

Corrientes de derrubios: Dentro de este grupo se incluyen movimientos del tipo flujo rápidos a muy rápidos. El material que fluye son derrubios procedentes de la descomposición de los distintos macizos rocosos, con proporción variable de material fino o gruesos. Aparecen dos situaciones distintas:

1. El primer tipo, presenta una mayor proporción de material grueso (gravas, piedras y bloques). Aparecen en general, en relación con litologías carbonatadas, especialmente mármoles intensamente fracturados y en donde existe una acumulación de materiales coluviales al pie de los escarpes rocosos, por erosión o caída de ellos. Partiendo de estos derrubios, se requieren además la presencia de pendientes altas (por encima de 30°).
2. El segundo tipo presenta una mayor proporción de materiales finos procedentes de la alteración de esquistos y filitas. Se forman corrientes de derrubios, con una alta proporción de material grueso y altas cantidades de agua. Se producen en zonas de pendientes entre 15 y 30° en materiales pelíticos.

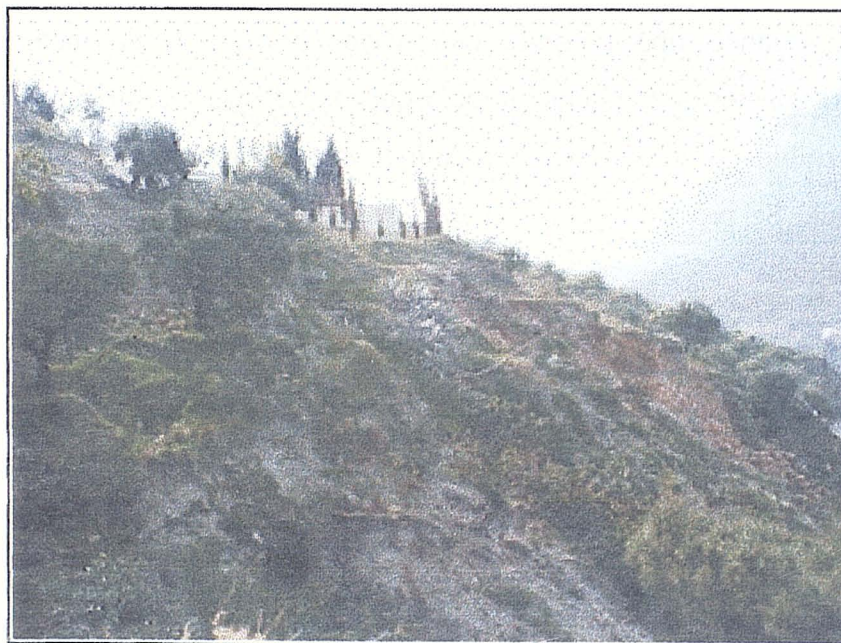
Cabe también destacar, en cuanto a los movimientos de masas en laderas, que esta zona proceden más que de la movilización de suelos residuales, de la reactivación de acumulaciones de coluviales o sedimentos al saturarse.

En la zona de estudio, debido a la existencia de formaciones arcillosas, los deslizamientos de tierras constituyen un grave peligro, siendo el caso más característico los deslizamientos producidos en Olivares (1986).

En las últimas fechas no se han producido movimientos de ladera importantes en las cercanías de la Capital Granadina. No obstante, en la zona de las Alpujarras granadinas durante el periodo 1996 - 1997 han acaecido numerosos deslizamientos a favor de materiales coluviales, que han afectado a gran cantidad de infraestructuras.



Carretera C-333, p.k. 58+200.



Deslizamiento en la carretera GR-130, p.k. 24+300, en el Término Municipal de Los Guájares.



Deslizamiento en las proximidades de Torvizcón, en la Alpujarra.

III.1.6.2.- Acciones antrópicas. (TGP4C2)

El hombre en “su empeño por conseguir un hábitat más adecuado a sus necesidades”, modifica substancialmente el relieve, con las consecuencias que esto conlleva.

Utilizaremos los siguientes términos de definición, sin tener unos términos de medición concretos:

TC2 ⇒ TD	1.- ORIGEN
	2.- INFLUENCIA EN EL RELIEVE
	3.- CARACTERIZACIÓN ACTUAL
	4.- DINÁMICA FUTURA. CONSECUENCIAS

1.- ORIGEN (TGP4C2D1)

El entorno natural en el que se desarrolla el hombre es el principal incidente de su calidad de vida. El natural y progresivo aumento de dicho nivel de vida ha originado un cambio brusco en la naturaleza, aparentemente para mejorar la calidad, aunque a la

larga estas ventajas no aparecen ser tan claras, ya que perjudican seriamente el equilibrio natural y lógico de los ecosistemas y en consecuencia se produce un deterioro del mismo, siendo el causante primordial de tales males el “hombre”.

Los asentamientos humanos, provocan la aparición de numerosas aglomeraciones de edificaciones que dan lugar a que los espacios se vayan destruyendo por el avance de las ciudades.

El abastecimiento de tales aglomeraciones humanas origina que se tienda hacia un total aprovechamiento de los recursos naturales existentes, lo cual conlleva a la modificación total o parcial de los recursos existentes. Un ejemplo claro lo tenemos en la construcción de monumentales presas y pantanos que cambian por completo el transcurso de las redes fluviales existentes.

Las redes de comunicación han provocado también una importante acción del hombre en la modelación del relieve actual.

Por último, la utilización en grandes cantidades de material para las construcciones civiles y para el aprovechamiento como material de consumo, originan la aparición de grandes superficies de abastecimiento como son las canteras y las minas.

En consecuencia, el hombre en su afán de mejorar sus condiciones de vida, utiliza todos los medios a su alcance produciendo una importante acción modelativa en el relieve existente en su entorno.

Como cualquier otra ciudad, Granada y su entorno no está libre de ésta, en multitud de casos perjudicial, acción modelativa.

2.- INFLUENCIA EN EL RELIEVE (TGP4C2D2)

De todos los factores influyentes en los procesos geomorfológicos, sin duda alguna el más importante es la acción antrópica. En un periodo de tiempo sumamente corto del hombre ha cambiado ampliamente grandes zonas de la tierra.

Debido a ello, la forma del relieve está en continua evolución, ya que: modifica el transcurso de los ríos, incluso los suprime, elimina montañas, realiza grandes construcciones, etc...; al igual influye indirectamente en la desertización de algunas zonas, al propiciar la desaparición de bosques y vegetaciones que alteran el ciclo meteorológico. Los ecosistemas se modifican por completo y sus consecuencias la sufren tanto el reino animal como el vegetal, y posteriormente el mismo hombre.

3.- CARACTERÍSTICA ACTUAL (TGP4C2D3)

La modelación actual como consecuencia de las acciones antrópicas no está definida claramente; sus continuos cambios no han marcado una línea homogénea que podamos seguir con claridad, entendiendo como línea homogénea aquella que conseguiría originar y continuar un proceso determinado en una zona y que conduzca a unas formas del relieve definidas y normalizadas.

La única característica que define a la acción antrópica propiamente dicha es la alteración normal de los procesos naturales: cambio o supresión del cauce de los ríos, avance de las costas continentales con relación a la línea de playa, supresión de montañas por acción de las canteras, aumento de las ciudades y asentamientos humanos en grandes superficies, etc.

4.- DINÁMICA FUTURA (TGP4C3D4)

En la dinámica futura prevemos una situación similar a la actual, con continuos y bruscos cambios que tienden a seguir alterando los equilibrios geológicos en todas aquellas zonas en las que el hombre decide actuar con sus acciones modificatorias.

Como consecuencias se puede prever:

- La ciudad seguirá aumentando de tamaño, ocupando todas las zonas próximas y modificando substancialmente el aspecto del relieve actual.
- Aprovechamiento máximo de los recursos hidrográficos (el cauce del Genil, a su paso por el casco urbano, con agua, será un recuerdo del pasado).
- Variación, supresión o cubrición de redes fluviales según los intereses prioritarios (¿será el del Darro el único cauce cubierto?)
- Excavaciones masivas para la construcción de aparcamientos subterráneos en amplias zonas, que modificarán substancialmente las tensiones a las que se encuentra sometido el subsuelo.

III.2.- DOCUMENTACION GEOTECNICA. (TGP5)

En el desarrollo del término general “Geotécnico” nos vemos obligados a particularizar su sentido como técnica de la Tierra, ya que la propia metodología utilizada en la confección del TGP5, está influida por el término particular 5 “Documentación”.

Esta calificación niega por lo tanto el sentido dinámico y posicional de los términos generales tratados con anterioridad.

Para desarrollar este apartado nos ceñiremos únicamente a estudiar los métodos de recopilación y presentación de la documentación geotécnica existente en la zona urbana sobre la que trata el trabajo de información básica.

Prepararemos, asimismo, la aplicación sobre la ciudad de Granada, dentro de un esquema lógico que sistematice el tratamiento, al objeto de evitar el manejo de los archivos actuales, que suelen ser laboriosos y lentos, tanto por su dispersión como por sus formatos. Los términos de concreción que define el TGP5 los exponemos en el siguiente esquema:

TC	1.- PRESENTACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO
	2.- INFORMACIÓN GENERAL
	3.- INFORMACIÓN ESPECIALIZADA.
	4.- PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESPECIALIZADA.
	5.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Seguidamente enunciaremos los “TD” y “TM” que completan el TGP5.

III.2.1.- PRESENTACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO (TGP5C1)

TC1⇒TD	1.- LA ESCALA	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1:10000 2. 1:8000 3. 1:5000 4. 1:2000 5. 1:1000
	2.- PLANO URBANO		
	3.- PLANO DE SONDEOS	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicación 2. Densidad 3. Fotografía
	4.- PLANO DE SECTORES	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Geotécnicos 2. Geográficos 3. Geológicos 4. Histórico 5. Urbanístico
		→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cartesiano 2. Polar

En lo referente al campo de trabajo, y significando que estamos estudiando la geotecnia urbana, es obvio que la zona a reconocer está ya ampliamente definida en los TGP anteriores y particularmente en el TGP-1 "Situación Geográfica", por lo que en la presentación del campo de trabajo trataremos de los diferentes formatos y tendencias en la presentación de los planos urbanos.

III.2.1.1.- La escala (TGP5C1D1)

De la gran variedad de escalas que podemos utilizar para definir una zona urbana, comenzamos a encontrarnos con una serie de restricciones básicas, que hacen que desechemos parte de la variedad de escalas inicialmente previstas; estas restricciones básicas están impuestas principalmente por las dimensiones de la zona urbana, y por razones de utilidad física para el trabajo.

A la escala aproximada de un plano callejero (1:8000) se diferencian claramente las calles y plazas de las ciudades, pero difícilmente podemos apreciar los contornos de los edificios más pequeños. Si nos referimos a una gran urbe con dimensiones considerables, es necesario ampliar algo más esa escala con lo que llegaríamos a una escala 1:10.000, que vamos a tomar como techo de las escalas a utilizar.

Siguiendo el criterio de utilizar la menor de las escalas que nos permitan visualizar y localizar con comodidad un punto determinado, trabajando con unas dimensiones de plano no muy excesivas, optaremos por una escala 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000, que parecen ser, en principio, las más habituales en trabajos de localización urbana, siendo de entre ellas la 1:5.000 la más utilizada en nuestro caso particular.

III.2.1.2.- Plano Urbano (TGP5C1D2)

Para localizar y estudiar la zona urbana motivo del trabajo será necesario contar con un plano urbano con la mayor información posible de calles y edificios, con el fin de estar en todo momento perfectamente situados en el campo de trabajo.

Un plano callejero de la ciudad quizás sea el más cómodo y útil a la hora de situarnos en puntos determinados de la ciudad.

De todos modos, como reseñamos anteriormente, el TGP1 existe amplia información referida al campo de trabajo, que evidentemente es la zona urbana.

III.2.1.3.- Plano de Sondeos (TGP5C1D3)

Este plano de sondeos, en el que se reflejará la información referente a la zona urbana, será de gran importancia en las posteriores líneas a seguir en el desarrollo del trabajo, tanto por la densidad de información como por la ubicación de la misma, al existir zonas en la que prácticamente no hay ninguna información, y que, por lo tanto será necesario tratar aparte, junto con otras de gran densidad de información, en las cuales el tratamiento será más fácil, debido a que la diversidad de informaciones puntuales nos permite sacar más conclusiones y resultados más fiables y veraces que en el caso anterior.

III.2.1.4.- Plano de Sectores (TGP5C1D4)

La división sectorial de una ciudad atiende a muy diversas razones, siendo de primordial importancia en este apartado la sectorización según las informaciones geotécnicas, si bien se puede entender esta sectorización de dos modos bien diferenciados: el primero atenderá a una sectorización acorde con la información geotécnica referente al subsuelo, o sea, a los diferentes materiales que pueden formar parte principal en una zona determinada, lo cual daría lugar a una división de los sectores referida al tipo de material existente; en el segundo atendería a una sectorización acorde con la densidad de información en cada zona, y así poder definir un modo de trabajo que sería variable de una zona a otra, atendiendo a la cantidad de información existente.

Otras causas que pueden influir en la sectorización, pero que no serían de suma importancia, al menos algunas de ellas, en la división sectorial de una ciudad, y siempre con un fin claramente geotécnico, serían: las circunstancias geográficas, las características geológicas, las razones históricas o las ordenaciones urbanísticas; si bien como reseñábamos anteriormente serán primordiales las informaciones geotécnicas a la hora de realizar una determinada sectorización.

III.2.1.5.- Plano de Cuadrícula (TGP5C1D5)

El plano de cuadrícula se confeccionará con el fin de tomar una unidad estándar y así uniformizar una dimensión con tal de fijar un nivel de estudio en cada zona. Este nivel de profundización del estudio dependerá de la dimensión de la cuadrícula elegida, si bien puede ser variable de un sector a otro en función de las informaciones disponibles en cada sector. Por lo tanto, el plano de cuadrícula estará claramente confeccionado en función del plano sectorial.

Para nuestro caso particular de la ciudad de Granada, la cuadrícula la tomaremos según coordenadas cartesianas, ya que la propia forma y crecimiento de la ciudad, naciendo en las colinas y agrupándose hacia la vega, sigue unos ejes cartesianos.

Otra forma de cuadrícula, muy peculiar en ciudades que crecen alrededor de un núcleo central, será la basada en coordenadas polares, por medio de círculos concéntricos que se alejan paulatinamente del núcleo central de la ciudad.

III.2.2.- INFORMACIÓN GENERAL. (TGP5C2)

TC2⇒TD	1.INFORMACIÓN DEL LUGAR	
	2.PROYECTOS DE CIMENTACIÓN	
	3. NOTAS PREVIAS	TM
		1. Condicionantes del entorno
		2. Antecedentes geológicos
		3. Datos hidrológicos

La información general la consideramos como aquella que es relativamente fácil y rápida de conseguir, sin tener que recurrir a trabajos realizados in situ, así como a ensayos pertinentes de identificación y características mecánicas.

III.2.2.1.- Información del Lugar (TGP5C2D1)

La información del lugar está referida a las costumbres constructivas de la zona, así como a las consideraciones de los ejecutores de obras ya existentes.

Aunque esta información no puede ser del todo fiable por el anquilosamiento de las costumbres antiguas y pereza de los técnicos que se oponían a utilizar otras técnicas de construcción, recurrían a la cimentación habitual de zapata cuadrada con una tensión admisible de $1'5 \text{ kg/cm}^2$, haciéndose aplicable a este caso la famosa frase de Antonio Machado: "Castilla miserable desprecia cuanto ignora".

En este caso particular que se ha producido en la ciudad de Granada, no quiere decir que en todos los lugares ocurra igual, por lo que la información del lugar en muchos casos es veraz y verdaderamente valiosa como información general.

III.2.2.2.- Proyectos de Cimentación (TGP5C2D4)

Los proyectos de cimentación deberían de ser, sobre todo en la zona urbana, una base importantísima como información geotécnica.

Por el contrario, no suelen ser base de información general los citados proyectos por su falta de información sobre las características geotécnicas de los diferentes estratos que componen el perfil existente.

No estaría mal insistir a los Organismos pertinentes para que la documentación de los futuros proyectos fuese realmente interesante de acuerdo con la utilidad para con posteriores proyectos, aunque ya existen diferentes administraciones que así lo hacen.

III.2.2.3.- Notas Previas (TGP5C2D5)

Las notas previas constituyen una importantísima información, que se hace de forma rápida por un especialista en el tema geotécnico. Los datos obtenidos podrían constituir una información especializada a falta de los ensayos pertinentes, pero dada la amplitud del estudio, en que se visualizan todas las características del solar, junto con las peculiaridades existentes, y dada la experiencia del técnico que realiza la inspección, los resultados son de gran interés por su simplicidad y claridad junto con la rapidez de ejecución de dicha nota.

Según el tipo de construcción que se vaya a ejecutar serán de vital interés los condicionantes del entorno, que puede influir seriamente en las características de la construcción que se vaya a realizar, y puede incluso que se desprece el solar para el uso que inicialmente se había previsto por incompatibilidad de la construcción con las condiciones del entorno; en particular influirán como condicionantes la protección de edificios medianeros y zonas de servicios próximas.

Los antecedentes geológicos de la zona tales como: fallas, fracturas, paleocauces, meandros, zonas de erosión, socavación o karstificación, laderas inestables, sismicidad, etc., constituyen quizás la información previa más importante que se consigue de forma rápida, ya que de tal información dependerán en gran parte las decisiones posteriores que se tomen en relación al tipo de trabajos especializados que se realicen con el fin de obtener el dictamen final de la zona.

Por último, los datos hidrológicos relativos a niveles freáticos y artesianos, sus oscilaciones, la existencia de pozos de captaciones, charcas, etc., así como su ubicación y extensibilidad, nos servirán de dato fiable de la problemática de la cimentación y por lo tanto del nivel de edificabilidad del solar.

III.2.3.- INFORMACIÓN ESPECIALIZADA. (TGP5C3)

TC3⇒TD	1.- SONDEOS MECÁNICOS	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. A Rotación 2. A Percusión 3. Con Hélice
	2.- ENSAYOS PENETROMÉTRICOS	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penetrométrico Estático 2. Penetrómetro Dinámico 3. S.P.T.
	3. ENSAYOS DE LABORATORIO EN MUESTRAS ALTERADAS	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Granulometría 2. Plasticidad 3. Ensayos Químicos 4. Pesos específicos
	4. ENSAYOS DE LABORATORIO EN MUESTRAS INALTERADAS	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compresión Simple 2. Corte Directo 3. Corte Triaxial. 4. Ensayo Edométrico 5. Hinchamiento Lambe.
	5. DICTAMEN	→ TM	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estratigrafía 2. Nivel freático. 3. Agresividad. 4. Condiciones de Cimentación.

La información Especializada es la que constituye el auténtico informe geotécnico, que se realiza previamente al proyecto de un edificio y tiene por objeto

determinar la naturaleza y propiedades del terreno, con el fin de definir el tipo y condiciones de cimentación.

III.2.3.1.- Sondeos Mecánicos (TGP5C3D1)

Los sondeos son perforaciones de pequeño diámetro que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno, así como extraer muestras del mismo con el fin de realizar los oportunos ensayos de laboratorio y así cualificar y calcular las características mecánicas de los diferentes estratos que componen el subsuelo perforado.

Los sondeos mecánicos deben utilizarse cuando el estudio geotécnico requiera:

- Llegar a profundidades considerables bajo el nivel rasante.
- Reconocer el terreno bajo el nivel rasante.
- Reconocer el terreno bajo el nivel freático, así como medir la profundidad de corte.
- Atravesar capas rocosas, o de alta resistencia.
- Extraer muestras inalteradas profundas, para realizar pruebas de deformabilidad o resistencia.

Dentro de los diversos métodos de sondeo mecánico disponibles deberá elegirse el más adecuado a la naturaleza del terreno y al muestreo o testificación previstos.

Los sondeos a percusión son preferibles por su calidad, siempre que el terreno sea atravesable con la energía disponible y no haya lugar a reclamaciones por el ruido asociado al golpeo. Este método está especialmente indicado para reconocer suelos granulares gruesos, adaptando el diámetro del sondeo al tamaño de las gravas o bolos a atravesar. Normalmente se emplea tubería de widia o tomamuestras a percusión. En el caso de suelos granulares finos se utilizan cucharas con cierre inferior.

Los sondeos a rotación, que pueden ser mediante hélices o mediante tuberías,

pueden utilizarse en cualquier tipo de terreno, aunque pueden existir problemas en el reconocimiento de suelos granulares y en el caso de bolos y gravas gruesas.

III.2.3.2.- Ensayos Penetrométricos (TGP5C3D2)

Las pruebas penetrométricas consisten en hacer penetrar en el terreno una puntaza de dimensión normalizada por una energía de impacto fija o una presión estática controlada.

Los ensayos penetrométricos proporcionan una medida indirecta continua o discontinua de la resistencia o deformabilidad del terreno, determinándose esas propiedades a través de correlaciones empíricas.

El penetrómetro dinámico consiste en hincar la puntaza por medio de golpeo que proporciona una maza que tiene un peso normalizado y cae desde una altura constante. En el penetrómetro estático la hincada de la maza se produce al aplicar una presión estática controlada en la cabeza de la misma.

Por último, el S.P.T. nos proporciona además de la resistencia o deformabilidad del terreno, la posibilidad de extraer una muestra del nivel ensayado. La muestra se extrae de los 30 cm. intermedios que han sido golpeados, desechando los primeros y últimos 15 cm. de la penetración.

III.2.3.3.- Ensayos de laboratorio en muestras alteradas (TGP5C3D3)

De los diferentes ensayos propios de un Laboratorio de Mecánica del Suelo, están los llamados ensayos de identificación, que se realizan con muestras alteradas, ya que sus condiciones naturales de humedad y densidad, no influirán en la identificación de esa muestra.

Estas muestras son porciones representativas del terreno, que se han extraído por alguno de los métodos explicados anteriormente u otros existentes, y que se utilizan en

ensayos de Laboratorio.

De entre los ensayos de clasificación tenemos el ensayo de análisis granulométrico por tamizado y el ensayo de plasticidad por medio de los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico y límite de retracción). El procedimiento y objeto de los referidos ensayos están claramente explicados en la norma tecnológica NTL.

Otros ensayos de laboratorio sobre muestras alteradas lo constituyen el conjunto de ensayos químicos (contenido en sulfatos, materia orgánica, carbonatos, etc.) y el conjunto de ensayos sobre peso específico (peso específico de las partículas, peso específico aparente, etc.).

III.2.3.4.- Ensayos de laboratorio en muestras inalteradas (TGP5C3D4)

Las muestras inalteradas, obtenidas de niveles deseados mediante el proceso de perforación, constituyen una base importantísima de información sobre las consideraciones y características en que se enclavan los distintos estratos, componentes del perfil estratigráfico.

Una de las principales propiedades de estas muestras es mostrarse con la humedad natural en que se encuentran en el terreno.

Estas muestras son las indicadas para realizar los ensayos de laboratorio de tipo mecánico, que determinan o establecen un proceso de tensión-deformación (σ -E).

Los ensayos más usuales que rigen este proceso σ -E son los conocidos como compresión simple, corte directo y corte triaxial; ensayos que están normalizados en la NTL y que nos proporcionan una información sobre las características resistentes de la muestra estudiada.

Otros ensayos que nos proporcionan información sobre la susceptibilidad del

material para variar su volumen, y que se realiza también en muestras inalteradas, son los conocidos como ensayos edométricos, de gran importancia en terreno de tipo arcilloso, que pueden prever el comportamiento en presencia de agua y podría predecir hinchamiento del estrato arcilloso. El ensayo de hinchamiento Lambe, también se utiliza para medir el cambio potencial de volumen de la muestra.

III.2.3.5.- Dictamen (TGP5C3D5)

Como presentación y recopilación de todos los datos que han sido objeto de estudio y que conformarían la auténtica información especializada, debe aparecer un dictamen final con todas las consideraciones y resultados extraídos de los diferentes estudios señalados en el apartado anterior. En el dictamen se deberá contemplar:

- La estratigrafía, naturaleza y características mecánicas de los materiales, con indicación de los diferentes estratos existentes y su potencia (material de relleno, grava, material cohesivo, etc.).
- La situación y profundidad del nivel freático en caso de existir, así como los problemas de agresividad, si los hubiere, tanto del agua subterránea como de las muestras extraídas de las perforaciones.
- Las condiciones de cimentación, señalando el tipo de cimentación más apropiada y la cota de apoyo, haciendo constar si fuese factible la posibilidad de los diferentes tipos que se consideren idóneos, dejando la elección final al responsable de la construcción. También se harán constar las condiciones de estabilidad y los asientos previsibles de la edificación.
- De igual modo, se constatará la carga recomendada por consideraciones de asientos y finalmente unas recomendaciones y conclusiones que agilicen la información para un rápido manejo del dictamen.

III.2.4. PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN ESPECIALIZADA (TGP5C4)

TC4⇒TD	1.- DATOS PREVIOS	→ TM	1. Expediente-Fecha
			2. Ciudad-Provincia-País
			3. Peticionario
			4. Consultor
			5. Ciudad
			6. Sector
	2.- SITUACIÓN	→ TM	7. Localización
			8. Punto de sondeo
			9. N° de sondeos
			10. Profundidad alcanzada
	3.- TRABAJOS REALIZADOS	→ TM	11. N° de Penetraciones
			12. Ensayos de Laboratorio por sondeo
			13. Granulométrico
			14. Cohesivo
	4.- TIPO DE MATERIAL	→ TM	15. Limoso
			16. Rocoso
			17. Zapata
	5.- TIPO DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA	→ TM	18. Viga Corrida
			19. Losa
			20. Pozo
			21. Pilote

Cuando hablamos de la presentación e la información especializada, nos referimos a la documentación existente en la ciudad o zona urbana en estudio, y prepararemos un modelo que sirva para recoger el máximo de información existente perfectamente ordenada y de un uso y manejo fácil y rápido.

III.2.4.1.- Datos previos (TGP5C4D1)

Con el fin sistemático de facilitar y agilizar la información, creamos una ficha tipo con una serie de datos previos de cada informe existente que nos ayudará a organizar un sistema de búsqueda eficaz.

En las fichas creadas haremos constar un número de expediente general y un número de expediente particular referido a los informes existentes en la zona urbana definida. También constataremos la fecha en que se realizó el informe.

Figurará también en la ficha, en una parte visible, la localización del lugar en el que se realiza el informe (ciudad, provincia y país), así como el peticionario del mismo y la empresa consultora.

Por último será interesante que figure el técnico director de la obra, para hacer futuras consultas en caso de que fuese necesario.

Este tipo de ficha lo hemos realizado a fin de ordenar el Banco de Datos de la empresa Geotécnica del Sur S.A. y obtener de una forma eficaz la información que en cada momento precisábamos.

III.2.4.2.- Situación (TGP5C4D2)

El problema de la situación lo abordaremos haciendo un acercamiento o aproximación y consiguiendo cerrar el círculo hasta llegar al punto exacto del sondeo.

Al tratarse de una zona urbana, el máximo círculo será representado por la ciudad entera y, por lo tanto, será el primer término que inducirá a la situación; una vez conocida la ciudad, para ir estrechando el círculo, definiremos unos sectores urbanos, en los que influirán diversos factores para su ubicación y de los que ya se ha hablado anteriormente.

Después de fijado el sector, definiremos la localización exacta por medio de la calle, plaza, etc. Por último, señalizaremos el punto o puntos exactos de sondeos en el propio solar de estudio.

III.2.4.3.- Trabajos realizados (TGP5C4D3)

Los trabajos realizados se constatarán de manera clara y simple, y así poder optimizar la funcionalidad del trabajo. Fijaremos el número de sondeos realizados en cada caso, la profundidad alcanzada en cada uno de ellos, los ensayos penetrométricos efectuados y los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras pertenecientes a cada sondeo.

III.2.4.4.- Tipo de material (TGP5C4D4)

Entendemos como tipo de material el que sirve de base en la cota de cimentación, y por lo tanto, desechado el que pueda existir en estratos superiores o inferiores. Los términos de medición utilizados para este TD son los más representativos y generales que normalmente se utilizan en geotecnia:

- Granulométrico.
- Cohesivo.
- Limoso.
- Rocoso.

III.2.4.5.- Tipos de cimentación recomendada (TGP5C4D5)

Conviene tener unos resultados finales sobre cimentación que serviría para poder fijar un plano de zonificación sobre tipos de cimentaciones más representativas en cada zona.

Los términos de medición son:

- Zapatas
- Vigas corridas
- Losas
- Pozos
- Pilotes

III.2.5.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN (TGP5C5)

No vamos a presentar en este apartado un estudio amplio sobre tratamiento de la información, entendiendo información como toda la serie de datos de una Documentación Geotécnica propiamente dicha.

De los que hemos podido conocer, nos parece más interesante el utilizado en el trabajo realizado en la colina de Belleville (París). En él se definen de una forma ordenada los problemas peculiares que se pueden plantear a la hora de realizar un trabajo sobre cartografía geotécnica.

La metodología que adopta tiende a simplificar la presentación mediante documentos sintéticos que sean fácilmente inteligibles para el experto en geotecnia.

En cuanto al método de tratamiento cabe destacar los siguientes puntos:

- Se construye un método de estimación de variables regionalizadas, en todos los puntos, a partir de la Teoría de Krigeage universal, desarrollada por G. Matheron.
- Se utiliza el tratamiento para el balance de información dentro de datos homogéneos.
- Se da mucha importancia, en el estudio, al análisis estructural.
- Se recomienda usar los documentos para definir las campañas de reconocimiento, no para eliminarlas.
- Se busca presentar la información lo más homogénea y completa que sea posible.

- La presentación de los documentos de síntesis, simple y accesible, se hace por medio de mapas sintéticos no complejos y perfiles estratigráficos. Esto, trae consigo que el manejo de estos documentos los realice un especialista en geotecnia, siendo casi imposible su acceso a cualquier técnico.

- Posiblemente por la fecha en que se realizó el estudio (Mayo 1880), no se utilizó un almacenaje automático de la información, tratándola con un fichero normal de fácil acceso, pero que requiere un personal muy especializado.

- Es de destacar la importancia de la metodología como acercamiento al conocimiento.

III-2.6.- ASPECTOS GEOTÉCNICOS.

Antes de comenzar a desarrollar los “aspectos geotécnicos” propiamente dichos, exponemos una serie de “principios y objetivos” que nos van a fijar las líneas a seguir:

1º.- La utilidad del tratamiento de la Información Básica, desde el punto de vista de un técnico en ingeniería del terreno, se basa en la posibilidad de servir de fuente de conocimiento en relación a los “aspectos geotécnicos”.

Desde esta perspectiva hemos realizado el presente trabajo tanto en su base teórica como en su posterior aplicación a la ciudad de Granada.

2º.- Queremos tratar este capítulo a modo de resumen-aplicación, dejando abierto a futuros investigadores un camino que nos parece realmente interesante y que por su carácter evolutivo no podríamos agotarlo en el presente estudio.

3º.- Las poblaciones sobre las que no existen bancos de datos geotécnicos son especialmente sensibles al tratamiento aproximativo que proponemos.

Nuestro trabajo no tendría razón de ser, tal y como lo hemos estructurado, si se dispusiese de una documentación geotécnica propiamente dicha, es decir, todo un conjunto de estudios obtenidos a partir de informaciones puntuales –sondeos-. A mayor densidad de estas informaciones puntuales mayor y de más calidad serán las características geotécnicas que se podrán obtener de una ciudad.

Al no disponer de este tipo de documentación recurrimos a una información Básica sobre la Ciudad - I.B.C.- partiendo en forma de “abanico abierto” y mediante interrelaciones nos permita llegar de una forma evolutiva a los aspectos geotécnicos contenidos en ella.

Expuesto lo anterior queda suficientemente claro que de nuestra I.B.C. solamente podemos utilizar, para llegar a los aspectos geotécnicos, los TGP 1 al 4.

Si bien, anteriormente los presentábamos independientes unos de otros, ahora haremos una compilación de la información geotécnica contenida en cada uno de ellos, presentándola como conjunto único.

4º.- Los objetivos que pretendemos en este capítulo aún pudiendo ser muy variables, los vamos a centrar en:

- Presentar un mapa geotécnico de la ciudad sobre las características y constitución del subsuelo.
- Analizar un punto singular en el que sean de prever problemas de origen geotécnico.

Ante todo queremos destacar que lo que entendemos por original es el método de conocimiento.

Después de haber presentado la I.B. sobre la ciudad de Granada siguiendo el modelo elegido, pasamos a continuación a exponer los ASPECTOS GEOTÉCNICOS obtenidos de esta información.

Los contrastes geológicos, geográficos e históricos que se presentan en cortos espacios, son tales que las características del subsuelo son “altamente variables” dentro del área que representa el casco urbano.

La localización del casco urbano tiene poca influencia, por sí sola, como información geotécnica. Tan sólo, nos sirve de dato para situar la zona de estudio tanto en amplitud geográfica como en nivel de profundización de la información.

Sin embargo, el hecho de que la ciudad se encuentre asentada al pie de Sierra Nevada (uno de los macizos montañosos más importantes de la Península), influye de forma decisiva en las características geológicas, condiciones climáticas, aspectos hidrológicos, etc., que se presentan en la zona de estudio. Consecuentemente, contribuye a una geotecnia muy caracterizada por tales condiciones.

Sin duda alguna será la información geológica, por ser la que más se aproxima a la Geotecnia, la que nos proporcione una abundancia de datos relativos al subsuelo que nos permitan un conocimiento medianamente preciso de su geometría y de sus características. Por ello, nos basamos en ella como fuente de conocimiento generalizado.

En el casco urbano de Granada, distinguimos principalmente tres formaciones de materiales pertenecientes a distintas edades (Plioceno, Pleistoceno y Holoceno). Dentro de ellas, los materiales están definidos, en cada una de esas edades, por su procedencia.

Dentro del casco urbano, situamos estas tres formaciones geológicas.

Tales son:

- Conglomerado Alhambra
- Zona predominante de gravas.
- Zona con predominio de arcillas



Acompañando a estas tres formaciones básicas aparecen, sobre ellas, unos materiales de relleno que previsiblemente pueden ser de espesores considerables en algunas zonas puntuales.

Geotécnicamente hablando no hay muchos datos más que podamos extraer de la geología, más que la naturaleza y zonificación de los materiales.

El problema radica en que no podemos fijar la cota inicial y final de cada capa predominante, es decir, la potencia de las capas.

Para conseguir una mayor aproximación debemos basarnos en informaciones geográficas, históricas y geomorfológicas.

Las características topográficas de la ciudad, de alguna forma, nos indica la existencia de un material bastante homogéneo y compacto, que previsiblemente no va a presentar alto riesgo de inestabilidad en obras de excavación.

Conjugando el desarrollo histórico con las características topográficas podemos observar que la zona alta de la ciudad se ha sometido en sus líneas esenciales a la topografía existente, sin causar aparentemente en el terreno unas acciones mecánicas que contribuyan a cambiar su estado tensional.

Por el contrario, en las zonas bajas de la ciudad, a las que corresponde una topografía menos accidentada, nos encontramos con el fenómeno opuesto, ya que las acciones mecánicas originadas por una velocidad de construcción acelerada y movimientos de grandes masas de terreno sin dar lugar a que asienten adecuadamente, provocan un cambio en las tensiones existentes con los consecuentes problemas puntuales que pueden aparecer en los edificios.

Otra característica que favorece los problemas expuestos en el párrafo anterior es el hecho de que en la parte E de la ciudad (zona alta – construcciones pequeñas y de escasa relevancia a la hora de contribuir a la modificación de las características del subsuelo) no se encuentran superficies que favorezcan el asentamiento y ensanche urbano, siendo las restantes zonas de la ciudad, al existir superficies que si bien no son totalmente llanas presentan desniveles menos acusados, las que han acogido el desarrollo de las principales aglomeraciones urbanas.

No debemos olvidar el factor climatológico a la hora de extraer aspectos geotécnicos, ya que a pesar de que Granada presenta una climatología que puede resultar extraña debido a su situación, influye y ha influido en las características que presentan los suelos.

Al ser un clima seco, es de esperar que los suelos estén compuestos por materiales granulares y finos, que por otra parte al no existir una acción acusada de vientos fuertes, no van a ser objeto de transporte eólico de una manera continuada.

En zonas puntuales de la ciudad en las que existe humedad de forma más o menos permanente, caracterizada bien por la presencia de ríos bien por acuíferos subterráneos, pueden predominar los materiales de tipo arcilloso y limoso, pudiéndose encontrar suelos orgánicos y vegetales.

Por otra parte, el predominio de lluvias de tipo torrencial hace que, junto a la acusada topografía, se puedan producir arrastres de materiales de una forma más o menos brusca, que provienen de la erosión de los relieves circundantes, siendo la gran mayoría de los depósitos de carácter aluvial originados a partir de los ríos que acceden a la misma. Es de destacar los continuos cambios de facies y potencia de los materiales depositados.

Lo anterior nos obliga a centrarnos en las características hidrogeológicas de la zona de estudio.

En la zona de predominio de las arcillas (N-NW), el hecho de discurrir por ella el cauce del río **Beiro**, que lógicamente aporta acarreos naturales, nos induce a pensar en la existencia de todo un “corredor” de depósitos de limos y arcillas a lo largo de toda su ribera y en las terrazas fluviales circundantes, al ser en esta zona el río más tranquilo y llevar sus aguas menor velocidad.

Estos depósitos de arcillas y limos tendrán una tonalidad marrón-rojiza e incluirían pequeñas intercalaciones de material granular, ya que estamos situados en la zona de la Vega Alta muy próxima al contacto de la formación Alhambra.

Estos limos van a presentar puntos singulares en los que podrán existir **problemas de cimentaciones**, previsiblemente por asientos diferenciales.

Desde la margen derecha del Beiro hacia la Chana continua aflorando un suelo aluvial arcillo-limoso. No será de esperar la presencia continua de bolos, cantos ni grava gruesa por no tratarse de lugares de fuerte pendiente ni de cabeceras de torrente, sino que predominarán los tamaños finos.

De todas formas, en estos terrenos será frecuente el que se observen capas alternadas de distinta composición y consistencia, tal como intercalaciones de gravas y arenas, por lo que habrá que tomar las precauciones necesarias.

En la zona de influencia del cauce del **Darro**, río con un **carácter más torrencial** que el Beiro, transportará más bien, y consecuentemente depositará, material granular, sin perjuicio de que en épocas de remanso haya depositado limos. Si bien, estos depósitos de limos corresponden a épocas cercanas ya que no es lógico pensar que correspondan a su primera época, al ser este un río torrencial.

Por la peculiaridades topográficas, alrededor del Darro, en la zona que contornea la Alhambra, es difícil pensar que se produzcan depósitos sino más bien que se de un proceso erosivo y de transporte de los materiales. Será al formarse el meandro, causa de la pronunciada curva que toma en Puerta Real, cuando se produzca la mayor cantidad de descarga de material. También será en esta zona donde puedan sedimentarse algunos limos, sobre las gravas que constituyen los depósitos fluviales más antiguos.

Es previsible que en la confluencia con el Genil se hayan vuelto a sedimentar limos debido al efecto barrera que puede crear un río sobre otro. Si el Genil ha sido más potente (épocas más antiguas), lo ha frenado y ha sido predominante la descarga del Darro, produciéndose el depósito en la margen derecha. Por el contrario, en épocas más modernas, puede que el Darro incida más fuertemente que el Genil, al menos alguna de las veces, produciéndose entonces el acúmulo en la margen izquierda.

Según las tonalidades de los materiales presentes en esta zona, podemos extraer algunas nuevas características. El Darro discurre por el barranco excavado en el Conglomerado Alhambra (material de coloración marrón rojiza) mientras que el Genil proviene del macizo nevadofilábride (materiales de tonalidades grisáceas).

Los materiales de esta zona tienen preferentemente una coloración grisácea, lo cual nos puede indicar que sean principalmente aportes del Genil (al entrar en la ciudad presenta un cauce más amplio y se hace más tranquilo pudiendo además haberse

encontrado con el Darro actuando de represa).

El hecho de que en este acercamiento se discuta el significado del curso de los ríos, se debe a que pensamos que los encuentros de unos ríos con otros, los codos importantes que hagan, etc. pueden informar, de alguna manera, de lo que ha pasado en su momento; no olvidemos que Granada es una ciudad que se encuentra definida por tres ríos (Beiro, Darro y Genil) y, sin duda alguna, influenciada por el Dilar y el Monachil.

Parece razonable que el Darro, en su momento, debía seguir un cauce más “natural” que el actual, es decir, seguir hacia la Calle S. Antón, trayectoria en la que se encontró con una potente acumulación de gravas que él mismo había depositado y que le hizo de alguna manera cambiar de curso. También sería posible que el cambio fuese debido a algún hundimiento geológicamente desconocido, tal vez durante algún antiguo terremoto catastrófico. En los estudios neotectónicos no aparece ningún accidente que induzca a pensar en la segunda hipótesis como la más probable, por lo cual la primera nos parece más razonable.

El río va acomodándose poco a poco hacia otro lado (cauce actual), en forma de meandros que, pueden ser el origen de toda la serie de acequias que partiendo de la margen derecha del río, cruzan en distintas direcciones toda la zona de las posibles “vegas iniciales”. Pero, ¿es ésta realmente una zona de vegas?

Si atendemos a la cartografía antigua (Plataforma de Ambrosio de Vico, topográfico de Dalmau, etc.) en toda esta zona se representan cultivos. Si esto es así, no aflorarían las gravas en superficie (no se puede cultivar en ellas), más bien en superficie habría arcillas o limos. Geológicamente, sabemos que en la zona N-W de la ciudad predominan las arcillas, y por eliminación será en ésta donde tengamos los limos. Además, el río Darro trae aportes del Conglomerado Alhambra (conglomerados rojizos con niveles de limos arenosos). Esto no implica que no tengamos pequeños niveles de arcillas.

Considerando los paquetes superiores, que son los que tienen especial importancia en Geotecnia –no nos interesa mucho más allá de los 15 m. superiores-, podemos hablar de dos zonas más o menos definidas:

- La zona N-W en la que los materiales predominantes son las arcillas, aunque aparezcan las gravas debajo (fenómeno de subsidencia de la Depresión). Será previsible encontrar niveles de arenas y limos. Todos estos materiales son de origen aluvial. En su aspecto hidrogeológico serán permeables o semipermeables, pudiendo presentar un drenaje aceptable por infiltración.
- La zona de confluencia del Darro con el Genil y alrededores (zona confluencia) definida por gravas abajo y limos arriba, de origen aluvial, presenta unos aspectos hidrogeológicos similares a los de la zona anterior.

Al proseguir con este proceso de acercamiento, interesará saber si hay depósitos de rellenos o no. El término “rellenos” se refieren aquí a los de origen antrópico, ya que toda la Depresión es una fosa de subsidencia que se ha ido rellenando progresivamente.

Así, se plantea la hipótesis de que las dos zonas definidas anteriormente se hallen incompletas.

¿Tenemos alguna razón que nos hable de la existencia de rellenos?

Con respecto a la zona confluencia, la única que nos puede aportar algo es la topográfica. Desde el punto de vista topográfico, nuestros perfiles (incluso los geológicos) presentan unas importantes caídas.

De origen, aparecen unos depósitos que los elevan, pero la conexión entre las dos Granadas (alta y baja), una vez que pasamos a la margen derecha del Darro, tenía que realizarse en una zona bastante más deprimida que el resto de la ciudad.

Desde la plaza de Bibataubin hasta la propia plaza de Bib-rambla (línea de murallas) y en dirección SW nos encontramos en los extramuros de la ciudad antigua.

Antiguamente tales extramuros solían encontrarse en una situación más deprimida que el resto de la ciudad (razones defensivas). Granada no debía de ser la excepción; pero, sin embargo, en la actualidad nos encontramos con que toda esta zona está más o menos equilibrada, teniendo una referencia importante, de la sobreelevación que se ha producido, marcada por la diferencia de cota -4 a 5 mts.- que presenta el camino de Ronda en la zona de contacto con la Vega.

Si se ha producido una sobreelevación, esta habrá tenido que ser a base de rellenos.

Por este camino hemos llegado a la concreción de aspecto geotécnicos que nos permite definir mejor la zona de confluencia:

- Gravas debajo, limos encima de estas gravas y unos rellenos que son bastante posteriores a los cultivos de irrigación de las vegas primitivas.

Hemos interpretado una zona bastante amplia que abarca desde la C/Recogidas hasta la ribera del Genil, admitiendo como válida toda la teoría anterior, podemos ampliar desde Recogidas hasta casi toda la zona de Pedro A. de Alarcón (también vega en épocas pasadas).

Centrándonos ahora en la zona de predominio de las arcillas, vamos a hacer una aproximación similar que nos permita identificar la posible existencia de rellenos y su procedencia.

Históricamente, esta zona se encuentra bastante lejos de las murallas que rodeaban la ciudad antigua, por lo tanto no hay ninguna razón que nos induzca a pensar que aquí, siempre en época reciente, se haya intentado equilibrar cotas a base de rellenos.

Parece lógico pensar que al existir un suelo arcillo-limoso, se convierta en una zona tranquila de cultivos, si bien de menor potencia (falta de irrigación, vientos desfavorables o cualquier otra causa que nos es desconocida) que el existente en las

“vegas primitivas”.

Haciendo un simple reconocimiento visual de la zona apreciamos la práctica ausencia de suelo de labor, previsiblemente por la influencia del Beiro que junto a acciones de tipo urbanístico a lo largo de la historia más reciente, sin duda alguna puede haber dado lugar a la existencia de rellenos de naturaleza y potencia variada. Hay que hacer constar que al hablar de rellenos nos referimos tanto a los constituidos por cantos, cascotes, etc., como a vertidos más antiguos difíciles de identificar.

Después de esto, la estratigrafía estimada en esta zona que denominábamos de predominio de arcillas será:

- Gravas en la parte baja (constituyen la bolsa del acuífero de la Vega).
- Arcillas y limos en la capa superior.
- Rellenos de naturaleza y potencia variada.

Saliendo desde la margen izquierda del Beiro con dirección al centro de la ciudad, nos encontramos con lo que históricamente era conocido como el “chinarral”, que corresponde en la actualidad al polígono de Fuente Nueva y alrededores de S. Jerónimo. La cartografía antigua nos la presenta como una zona sin cultivar, lo cual, junto con la referencia aportada por el nombre, nos da motivo para pensar en una presencia superficial de gravas. Además, esta misma cartografía suele representar aquí una fuente o manantial natural que en la actualidad no existe. Esto puede haber sido consecuencia de:

- haberse producido una elevación natural
- disminución del nivel freático
- acción antrópica.

Lógicamente, a tenor de las tendencias a equilibrar cotas, también en esta zona debe de existir una capa de rellenos antrópicos.

Si nos situamos ahora en la zona del Paseo de la Bomba -faldas de la antigua ciudad árabe-, zona montañosa bastante potente, es de esperar que los posibles rellenos existentes se deban principalmente a acarreos de derrubios de pie de monte, produciéndose depósitos de material natural.

Es lógico pensar que estos rellenos no sean muy potentes al encontrarnos en una zona que está junto a los “bordes duros” de los perfiles geográficos. También, pueden existir rellenos de origen antrópico reformados por una mezcla heterogénea de toda clase de vertidos más o menos antiguos, si bien en zonas puntuales y en capas no muy potentes.

La incidencia principal de esta zona la podemos fijar en el curso del río Genil, que aquí comienza a discurrir más lentamente y por un cauce más amplio, favoreciendo el que puedan depositarse arenas y gravas, pudiendo haberse depositado incluso algunos cantos y bolos en épocas de fuerte crecida.

En consecuencia se formará un suelo de característico origen aluvial.

Por la proximidad en que nos encontramos al río, podemos pensar en la existencia de limos y arenas limosas en las cotas superiores, pudiendo encontrarse el material infrayacente (gravas y bolos) unidos por una matriz limo-arenosa.

¡Saltando a la margen izquierda del río Genil, ya situados en el Zaidín, nos encontramos con una morfología caracterizada por la presencia de dicho río, principalmente, y el Darro en segundo orden.

Los típicos sedimentos aluviales que caracterizan la zona obedecen al depósito de material de tipo granular acarreado por el río en su época más joven –mayor velocidad-; posteriormente una vez que fue conformado su cauce y haciéndose más lento, depositó, sobre los anteriores, materiales más finos del tipo de arcillas y limos, que debido a un proceso edáfico se fueron transformando en suelo de tipo vegetal (no hemos de olvidar que con anterioridad al desarrollo de la ciudad hacia esta margen del río, nos encontrábamos en zona de cultivo).

En resumen, los factores que condicionan las características geotécnicas del sector son: las condiciones topográficas, la naturaleza torrencial de los cursos fluviales que interactúan en esta parte de la ciudad, e incluso las actuaciones urbanísticas desarrolladas en épocas pasadas.

La zona más elevada de la ciudad (Albaicín), desde el punto de vista geográfico, constituye el “risco” con mayores pendientes.

Su morfología nos indica claramente que el tipo de material que nos vamos a encontrar en el subsuelo de esta zona no serán materiales sueltos (arenas y gravas) ni tan siquiera arcillas (no admitirían tales pendientes).

Nos encontramos con una litología en la que predomina un auténtico conglomerado, si bien cabe pensar en la presencia, dependiendo de los sectores, de niveles granulares e incluso arcillo-limosos con potencias más o menos variables.

Con respecto a los materiales de relleno, será difícil encontrarlos en las zonas de mayor pendiente, ya que en caso de existir hubieran resbalado sobre la capa de conglomerado.

Es de pensar que los rellenos que puedan existir no constituyan una capa continua sino que se encuentren en zonas determinadas –lugares más o menos planos o de pendiente poco acusada- y, por ejemplo: rellenando antiguos pozos, aljibes, etc.

La causa de estos rellenos habría que achacarla a que esta zona de Granada es la de más antigua población de la ciudad y, consecuentemente, la más afectada por los cambios urbanísticos de unas épocas a otras, lo cual ha podido originar un fenómeno de heterogeneidad en los materiales que constituyen los tramos superiores del subsuelo.

La aproximación histórica nos dice que es una zona que ha soportado bien la sismología de Granada sin que haya tenido problemas de consideración.

Quizás los primeros pobladores de la zona fueron a elegir, aún sin tener conocimiento, la zona más estable.

Descendiendo por la ladera hacia la margen derecha del Darro, y cuanto más nos aproximamos a éste, los materiales –sobre todo en sus cotas superiores- pueden encontrarse más sueltos; se detectan principalmente gravas, arenas, cantos y algunos bolos (arrastres del Darro), pudiendo estar todo ello mezclado con algunos limos arenosos.

Si descendemos por la ladera contraria, desde S. Nicolás hacia Cartuja-Almanjayar, iremos pasando poco a poco del Conglomerado Alhambra a un suelo de tipo más bien coluvial constituido principalmente por arcillas.

Debido tanto a la proximidad del río Beiro como al contacto con la formación Alhambra, no está de más pensar en la posible presencia de intercalaciones granulares que, por otra parte, no deben de ser continuas.

Nos inclinamos a pensar que si hay rellenos éstos constituyen una capa de escasa consideración, ya que con solo echar un vistazo a la zona, todavía se distingue la presencia en superficie de un suelo de origen edáfico, si bien repartido de una forma irregular, lo cual puede dar lugar a que el nivel superior presente una estratigrafía anómala.

Dado el tipo de subsuelo que nos encontramos, se pueden presentar problemas desde el punto de vista de asientos diferenciales, sobre todo por presencia de agua.

Atendiendo a uno de los objetivos que nos marcábamos al principio de este capítulo, el mapa geotécnico que acabamos de presentar corresponde a un documento sintético y simple, trazado a partir del estudio de los aspectos geotécnicos obtenidos de la I.B.C.

Evidentemente existen en él lagunas e indeterminaciones a la hora de delimitar las distintas zonas, consecuencia sin duda, de no disponer de un banco de datos geotécnicos.

Vamos a intentar dar a continuación una serie de explicaciones orientativas que ayuden a una mejor comprensión del mapa.

Situándonos en la zona de influencia del río Beiro, caracterizada por ser un acúmulo de materiales arcillo-limosos junto con intercalaciones de material granular, hacemos una diferenciación que atiende a la mayor o menor profundidad de estas intercalaciones así como al tamaño de este material granular.

De esta forma, en la zona más alta (color verde intenso), el material granular se presentará a partir de unas cotas más o menos superficiales y con un predominio de los tamaños gruesos.

Conforme vamos descendiendo a lo largo de la ribera del Beiro, este material se irá situando a mayor profundidad a la vez que comenzarán a predominar los tamaños más finos.

Nos parece una disposición adecuada a tenor de las características topográficas de la zona así como por la influencia ejercida por el propio río.

Somos conscientes de las lagunas que pueden existir tanto en el trazado de los límites de contacto como en la disposición de las diferentes zonas; así mismo, se podrán presentar intercalaciones de unas zonas en otras, como podría ser el caso de lo que en páginas anteriores denominábamos “el chinarral”.

Aun teniendo en cuenta los posibles problemas que se puedan producir, nos encontramos con que la zona de influencia del río Darro, su confluencia con el Genil y la caracterizada por los aportes del río Monachil, es quizás, para nosotros, más fácil de definir.

III.2.7.- EVALUACION DE LA DOCUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

La presentación ordenada de las características del terreno, como documento básico de apoyo a las realizaciones de la obra de la Ingeniería, ha experimentado un importante desarrollo en nuestro siglo a partir de dos momentos verdaderamente revolucionarios:

- La exposición sistemática por el profesor Terzaghi de los principios de la mecánica del suelo en su obra *Erdbaumechanick*, en el año 1927.
- El desarrollo explosivo de las ciudades y los procesos de urbanización a partir del final de la segunda guerra mundial.

El camino sistemático del análisis de los procedimientos hoy habituales en geotecnia y la necesidad impuesta por el gran desarrollo de las obra de cimentación, ha llevado a la totalidad de los investigadores y practicantes del estudio del suelo, al intento de ordenar los aspectos geotécnicos en documentos de acceso fácilmente comprensible al menos por los especialistas de la materia.

Del aumento continuo de la documentación en las ciudades, ha nacido la necesidad de presentarla en conjunto y ello es por dos motivos:

En primer lugar, por el ahorro de tiempo y dinero que supone, al menos a nivel de anteproyecto, contar con la experiencia anterior presentada de forma científica y ordenada.

En segundo lugar, el analizar los datos en su conjunto, lleva a una necesaria depuración que impone una metodología cuidada de mayor fiabilidad en sus conclusiones que el análisis aislado especialista por especialista.

En otro orden de ideas, esta síntesis que se está produciendo en la actualidad cuenta con un factor añadido de dificultad y dispersión.

La información del terreno proviene de dos frentes distintos:

- El Geólogo que tradicionalmente ha trabajado con mapas de síntesis del terreno, no desciende a la escala del detalle de la obra. Presenta sus trabajos a escala 1:50.000 y más pequeña. Enfoca los problemas del conocimiento como secuencias temporales a escala de Eras Geológicas, y por último sus sistemas de detección escapan de lo puntual para sustentarse en lo genérico.
- El especialista de ingeniería del terreno trabaja a escala 1:1.000 e incluso superiores. Enfoca los problemas temporales a escala de la vida humana y detalla el estudio por el reconocimiento y el ensayo puntual.

Lo anteriormente expuesto lleva a una lógica dispersión en la presentación de los resultados, en los enfoques y en las conclusiones.

Sin embargo, se aprecian acercamientos de las dos posturas incluso en manifestaciones tan importantes como el nacimiento de disciplinas fronteras, tales son:

Geología Aplicada, Geomorfología, Geoestadística, Geología para Ingenieros, etc.

En cualquier caso el análisis de la documentación geotécnica, conlleva en la actualidad la doble observación e incluso doble presentación en uno de los momentos más fecundos de la disciplina.

Intentaremos provocar una situación de síntesis a lo largo del presente trabajo, como corresponde en su posición fronteriza en las materias de estudio del Geólogo y del Ingeniero constructor.

Presentamos el cuadro de Disciplinas fronterizas que serán de aplicación a lo largo de la exposición de esta tesis, intentando clasificarlas de arriba hacia abajo por su desarrollo.

GEOMORFOLOGÍA
GEOLOGÍA APLICADA
GEOLOGÍA PARA INGENIEROS

GEOESTADÍSTICA
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA
EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES

Más interesante nos parece la presentación del siguiente cuadro comparativo:

NATURALEZA DEL ESTUDIO	ESCALA		METODO DE TRABAJO
	FORMACIONES GEOLÓGICAS	ERA GEOLÓGICA	
GEOLOGO	FORMACIONES GEOLÓGICAS	ERA GEOLÓGICA	ANÁLISIS GENERAL
INGENIERO	OBRA PÚBLICA	VIDA HUMANA	RECONOCIMIENTO PUNTUAL
SÍNTESIS	PLANIFICACIÓN	RIESGOS NATURALES	COLECCIÓN DE RECONOCIMIENTOS

III-2.7.1.-La cartografía geotécnica urbana (C.G.U.) y el banco de datos (B.D.G.U.).

Entendemos como C.G.U. la presentación metódica y ordenada bajo expresión gráfica de la colección de datos geotécnicos extendidos sobre los cascos urbanos y sus zonas de expansión.

Por la definición precedente se puede entender que la C.G.U. tomará formas distintas en función de la escala, la temática, etc.

El B.D.G.U. toma la forma de un archivo compuesto por ficheros que recogen los datos de forma ordenada y a ser posible indexada que continuamente se están produciendo sobre las ciudades, y ello por el desarrollo fundamentalmente de la edificación para proveer de nuevas viviendas a la masa de población que está teniendo acceso a las ciudades.

Obviamente no existiría Banco de Datos sin las fuentes que lo nutren y que hoy podrían dividirse en:

- Fuentes Oficiales: Desde los organismos públicos por legislación o por pacto, se podrá recoger la información existente.
- Consultores privados: Las empresas de consultoría normalmente son muy celosas de su trabajo y sus pequeñas dimensiones no son precisamente las que favorecen la entrega de la documentación.

Presentando de esta forma la C.G.U. no es más que una forma de expresión del Banco de Datos.

No hay duda de que el B.D.G.U. podrá ser más fecundo en su expresión que la exclusivamente gráfica, y es de esperar que las investigaciones de este tema conduzcan a mejores condiciones en el conocimiento de esta disciplina.

III.2.8.- EL DISCURSO DIALÉCTICO

Desde el punto de vista conceptual, tiene poco interés plantear la dialexis entre B.D.G.U. y C.G.U. en la actualidad, dado el desarrollo de los medios de apoyo informáticos y su bajo precio.

La década de los ochenta ha permitido a los diversos investigadores practicar la síntesis necesaria entre B.D.G.U. y C.G.U. Ya en el resumen que hemos presentado con anterioridad se observa como existe un convencimiento implícito para presentar en cartografía la síntesis de los datos geotécnicos.

En cualquier caso, entendemos que la razón cartográfica viene impuesta por la forma de presentación que está sometida, como cualquier modelo, a un test de fiabilidad para el que nosotros proponemos los siguientes principios generales de evaluación.

PRINCIPIOS DE EVALUACIÓN.

- a. FIABLE
- b. COMPRENSIBLE
- c. COMPLETA
- d. ABIERTA
- e. UNITARIA
- f. FÁCIL DE REPRESENTAR
- g. ECONÓMICA
- h. FIABLE

La cartografía geotécnica lleva en sí misma implícita la grandeza y la servidumbre.

Su grandeza consiste en que anda a medio camino entre la aplicación teórica y la inventiva como evaluación de lo desconocido.

Su servidumbre es estar sometida a continua evaluación por el desarrollo de la obra urbana. En pocas realizaciones del Ingeniero como ésta, es más evidente el fracaso del trabajo mal efectuado.

Naturalmente que será tanto más fiable cuantos más datos se conozcan. Pero dado que la obtención de datos es cara, chocaríamos frontalmente con el principio economista.

Normalmente los datos de una cartografía se encuentran en la Información Básica.

El principio de fiabilidad nos lleva a dos situaciones de gran interés y que serán objeto posterior del desarrollo de este trabajo.

- 1 – Dimensión de la Información Básica.
- 2 – Tratamiento de la Información.

COMPRENSIBLE

El intento de representar todos los datos disponibles, no debe llevar a perder la claridad de la exposición cartográfica para lo cual será necesaria la subdivisión de los temas a tratar en distintos apartados que serán objeto de representación independiente.

Esto nos obliga a clasificar previamente la información que pretendemos volcar al usuario.

COMPLETA

Que la cartografía sea completa es un devenir, un logro a conseguir, más como una tendencia en el tiempo que como una realidad operativa en el inicio del Banco. Dicho así obliga a que la fuente de información se mantenga abierta.

ABIERTA

En el sentido de permitir la entrada de nueva información según se produzca.

Obliga esta condición a imponer las condiciones de la revisión temporal y espacial de la cartografía, condiciones que a su vez serán revisables con el tiempo.

UNITARIA

Impone la necesaria unida de criterios en la representación que es lo mismo que decir que la información deberá tener un tratamiento previo que confiera unida a la información suministrada, pero que por la condición anterior abierta, obliga a mantener un sistema de tratamiento de la información que sea capaz de regenerarse.

FACIL DE REPRESENTAR

La facilidad de representación lleva a plantearnos su dibujo en planta acudiendo a un metodología del tipo simbólico que habrá que poner a punto antes del inicio del trabajo.

ECONOMICA

En los momentos actuales pedir que la representación sea económica es tanto como pedir que sea automática, dados los medios informáticos.

De los principios de evaluación extraemos los siguientes puntos a desarrollar antes del inicio del trabajo:

- Dimensión de la Información Básica.

- Tratamiento de la Información Básica.
- Clasificación de la Información Cartográfica.
- Revisión especificando sus condiciones: Espaciales y temporales.
- Metodología de la representación (escala).
- Informatización del sistema.

Estas variables según correspondan a la I.B. o a la representación se pueden clasificar en el siguiente esquema:

INFORMACIÓN BÁSICA
DIMENSIÓN
TRATAMIENTO
INFORMATIZACIÓN

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA
CLASIFICACIÓN
REVISIÓN
METODOLOGÍA

III.2.9.- UNIDADES GEOTÉCNICAS

III.2.9.1.- Introducción

Para el análisis de los distintos materiales que aparecen en el subsuelo del casco urbano, hemos adoptado una metodología en la que llamamos **unidades geotécnicas** a aquellos materiales que presenten iguales características geotécnicas, definidas éstas dentro de un intervalo de variabilidad, que se asignará en cada caso, litología y origen.

Esta clasificación en unidades geotécnicas hay que hacerla al amparo de la perspectiva tanto geológica como ingenieril.

Por un lado, el geólogo suele trabajar a escala 1:1.000, lo que conlleva a un detalle en la definición de materiales, que muchas veces es peligroso ya que diversifica tanto, que incluso pierde la noción de conjunto y sería casi imposible definir unidades geotécnicas.

Adoptaremos pues, un punto de vista intermedio, ayudándonos, tanto por el geólogo como por el especialista en ingeniería del terreno, para así llegar a una síntesis de conocimientos que hagan posible una buena caracterización del subsuelo y así, una clasificación del mismo en unidades geotécnicas.

La escala de trabajo adoptada será 1:5.000 ya que nos ha parecido intermedia y muy apropiada para analizar las distintas unidades. Además se corresponde con la escala general de trabajo en el B.D.G.U.

En cuanto a profundidad de reconocimiento, tomaremos la comprendida ente 10-15 metros, ya que toda aquella que sea superior a estos límites, escapa del ámbito ingenieril. Asimismo, teniendo en cuenta que el estudio se realiza a partir de sondeos que provienen de informes geotécnicos, no tiene sentido superar estos límites de profundidad porque la fiabilidad a partir de los 15 metros, sería menor al carecer de ensayos y documentación para definir las unidades geotécnicas en profundidad.

Es bien sabido que los materiales que forman el subsuelo no son una capa homogénea, fácil de definir e identificar. En la mayoría de los casos, y sobre todo en materiales aluviales, se presentan intercalaciones de unos materiales en otros, que hacen difícil su clasificación en grandes unidades.

Adoptaremos por tanto un criterio de separación entre lo que llamamos intercalaciones y lo que se puede considerar como una unidad distinta, señalando como límite superior para una intercalación la potencia de 10-15 centímetros. Todo lo que supere este intervalo se considerará como una unidad con ente propio.

III.2.9.2.- Clasificación

De la Información Básica se deduce que las características del terreno son altamente variables dentro del área que representa el casco urbano de las ciudades. Para unificar esta variabilidad, definimos lo que llamamos unidades geotécnicas.

Estas unidades han de ser identificables por medio de ensayos geotécnicos y asimismo, desde el punto de vista geomorfológico, han de tener cierta continuidad en el espacio y comportamientos semejantes.

Por lo tanto, para poder definir una unidad geotécnica hay que tener en cuenta:

- Litología

En cuanto a la litología, cabe decir que aquellos materiales que se diferencien por su litología, se considerarán unidades geotécnicas distintas. Esto no invalida el hecho de que en algunos materiales puedan aparecer pequeñas intercalaciones o lentejones de naturaleza diferente, considerándose en este caso una única unidad geotécnica.

- Origen

Materiales con distinto origen se considerarán unidades geotécnicas diferentes. El recíproco en este caso no se cumple, ya que materiales con el mismo origen pueden clasificarse como unidades diferentes. Por ejemplo, el caso de materiales fluviales que, aun teniendo el mismo origen (fluvial), pueden presentar litologías diferentes, como es el caso de unidades predominantemente gravosas o el caso de unidades limosas y/o arcillosas.

Otro ejemplo ilustrativo sería aquel en el que la litología fuese igual como por ejemplo gravas cuyo origen sea antrópico o fluvial, se consideran unidades geotécnicas diferentes.

- Comportamiento

Nos referimos en este apartado al comportamiento mecánico de los materiales, obtenido éste de los ensayos geotécnicos. Materiales cuyo comportamiento mecánico sea diferente, se considerarán unidades geotécnicas distintas.

Hay que tener en cuenta que el comportamiento de los materiales no sigue una ecuación matemática, sino que existe cierta variabilidad que habrá que determinar en cada caso.

- Límites

Una unidad geotécnica ha de tener bien definidos tanto el techo como el muro, pudiéndose por tanto saber la potencia que alcanza ésta en cada sector.

En algunos casos estos límites serán muy netos, en cambio en otros puede quedar un pequeño grado de incertidumbre que se determinará y cuantificará en cada caso.

III.2.9.3.- Zona Geotécnica

Conocemos por zona geotécnica aquella constituida por las mismas unidades geotécnicas, distribuida espacialmente en el mismo orden, aunque con distinta potencia.

Las zonas geotécnicas se definen según un sentido geográfico y un sentido geotécnico.

Sentido geográfico

Es necesario que demos los límites de los contactos de las zonas geotécnicas en planta.

Los contactos los obtenemos por extrapolación de los sondeos, con apoyo de la información básica. Esto quiere significar que dentro de la información básica, utilizaremos aquella que nos proporcione información del área estudiada, y por tal motivo, variará de unas zonas a otras.

Por ejemplo, en Granada consultamos información geomorfológica porque se trata de una llanura aluvial. La imprecisión de los contactos dibujados es inherente a la C.G.U. Reducimos esta imprecisión a base de información geotécnica detallada de dichos contactos.

Sentido geotécnico

Tal y como hemos expresado anteriormente, las zonas geotécnica tiene que estar constituidas por las mismas unidades geotécnica, distribuidas espacialmente en el mismo orden, aunque con la misma potencia.

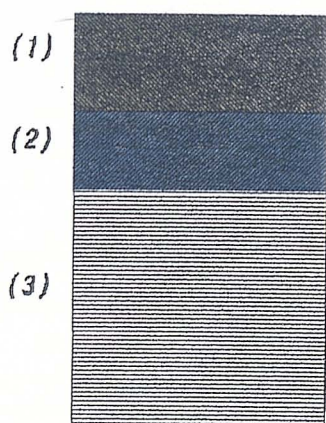
REPRESENTACION DE LA CARTOGRAFIA

La cartografía se presenta como un mapa planar que refleja caracteres tridimensionales.

Ya hemos apuntado que la C.G.U. se define mediante las zonas geotécnicas.

Mostramos a continuación un ejemplo de zona geotécnica.

Zona geotécnica B (Definida por la unidad geotécnica que se adjunta):



- (1). De 1 a 3 m.: material de relleno
- (2). De 3 a 6 m.: arcillas y limos algo arenosos (CL y CL-ML) con pequeñas intercalaciones granulares (SM). Grado de compactación flojo en general. Puntualmente este nivel alcanza profundidades de 10 m.
- (3). Más de 6 m.: gravas, arenas y bolos con matriz areno-limosa e intercalaciones en algunos casos de niveles limo-arenosos. Depósito aluvial típico del río Genil. Compacidad elevada $N = 30-50$. Cohesión nula.

IV. CONSTITUCION DEL BANCO DE DATOS

IV.1.- GENERALIDADES

Hasta el año 1970, la información sobre el subsuelo era tan escasa que no habría sido posible plantear un estudio cartográfico sobre nuestra ciudad y otras análogas.

Hoy es posible este trabajo gracias al desarrollo del estudio del suelo sobre ciudades de tamaño medio en nuestro país.

El hecho de que la información sea tan reciente y debido a su gran densidad nos ha llevado a plantearnos un análisis estadístico de los datos existentes y preparar un fichero informatizado de consulta rápida.

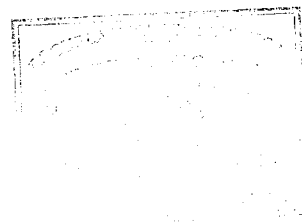
Por tanto, entendemos como imprescindible la necesidad de automatización del sistema.

Desde un punto de vista metodológico, hemos acudido a la creación de diccionarios informáticos que faciliten el trabajo de preparación de las fichas y reduzcan el tiempo de uso del ordenador.

Por tanto, para la constitución de un Banco de Datos se necesita disponer de una cierta cantidad de información, la cual será difícil de tratar con métodos mas sencillos, como pueda ser un fichero de consulta manual, y por trato surja la necesidad de dicha creación.

Una vez creada la necesidad, tenemos que hacerle al Banco de Datos una serie de imposiciones, a las cuales debe responder.

Estas imposiciones son las siguientes.



TRATAMIENTO DE LA GEOTECNIA URBANA

EL Banco ha de utilizarse única y exclusivamente para el tratamiento de la geotecnia urbana, es decir, la información que se incluya en él tratará de los aspectos geotécnicos en la zona urbana y no fuera de los límites de ésta.

GENERALISTA

Por otro lado ha de ser un Banco generalista, ya que se prevé su utilización en la ciudad en general. Esto quiere decir que el Banco ha de estar predispuesto para aceptar cualquier diferencia que exista de unas ciudades a otras.

ABIERTO

Asimismo, ha de ser un Banco abierto. Ha de tener capacidad para aceptar nuevos datos, una vez que se haya constituido con los existentes en este momento. De igual manera ha de ser capaz de restituir con facilidad esa nueva información, para ello, utilizaremos el útil informático más adecuado.

OPERATIVO

Otra imposición que se hace al Banco de Datos es que sea operativo. Debe poder ser utilizado por cualquier profesional, sin necesidad de que sea un técnico experto en geotecnia.

Para ello, se crearán unos "manuales " al objeto de facilitar el acceso a la información.

Queda pues claro, que nuestro Banco ha de ser automático, de fácil uso y asimismo, fácil al objeto de restituir.

IV.2.- UNIDAD BASICA DE INFORMACIÓN

IV.2.1.-ELECCIÓN DE LA UNIDAD BASICA

La unidad básica que vamos a definir para nuestro Banco de Datos va a ser doble: por un lado definiremos una unidad básica para la introducción de datos y otra distinta para la restitución de datos.

En cuanto a la introducción, definiremos como unidad básica el informe geotécnico, pero frente a la restitución lo hacemos con la columna estratigráfica.

Creemos que el informe geotécnico es de especialistas, ya que su realización se lleva a cabo por profesionales en el campo de la geotecnia. En cambio, una columna estratigráfica puede que no haya sido realizada por un experto y por tanto puede tener poca fiabilidad a la hora de la introducción de datos en el Banco.

Por otro lado, la columna estratigráfica puede provenir de la minería, de hidrogeología, etc, cosa que no nos interesa.

En cambio en el informe geotécnico sabemos con certeza que todas las columnas son de geotecnia urbana, lo que es muy acorde con nuestro Banco.

El informe geotécnico es una unidad básica de datos mucho mas completa que las columnas, ya que aporta una información como es: Cliente, Consultor, etc, lo que hace que el Banco tenga mas información, y por tanto sea, más "inteligente".

Por tanto, tendremos como imposición al sistema el que debe de ser un experto en geotecnia el que introduzca los datos en el Banco, mientras que aquel que restituya pueda ser cualquier técnico aunque no sea experto en dicho campo.

Para ello crearemos un manual de instrucciones, tanto para la introducción de datos como para la restitución.

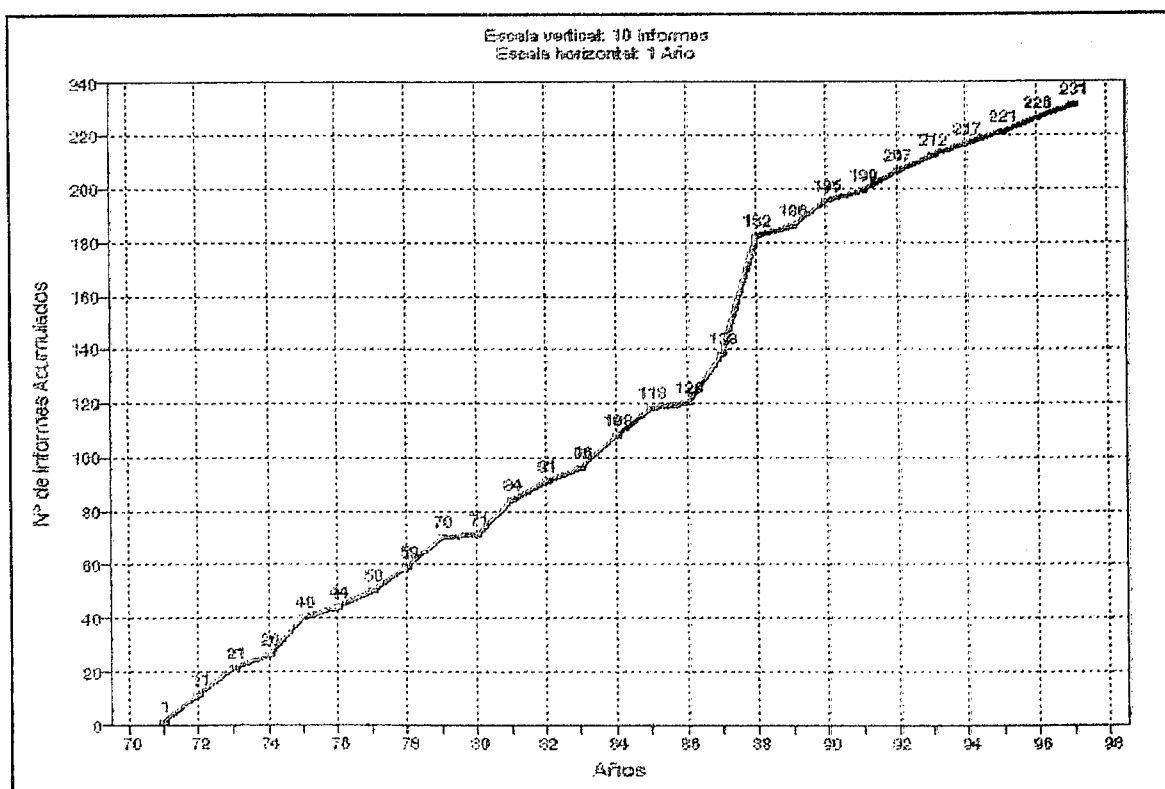
IV.2.2.- ANALISIS DE LA UNIDAD BASICA

Hemos prestado especial atención no solo a los resultados puramente geotécnicos, sino también a aquellos aspectos sobre el origen, naturaleza, características de la información, que permita en su día trascender del presente trabajo, al objeto de realizar otras aplicaciones similares en distintas ciudades.

ORIGEN

El origen de la información proviene casi exclusivamente de consultores privados. Para el caso de la ciudad de Granada, la información existente en nuestro poder, proviene de consultores de geotecnia en su totalidad y fundamentalmente de uno solo, que establecido en dicha ciudad desde 1970 ha desarrollado una labor exhaustiva en este campo.

Es interesante, asimismo, ver en que sector se desarrolló la información. Para abordar esta pregunta recurriremos a una gráfica en la que se represente la densidad de información en cada uno de los sectores, así como el valor acumulado de ellos (figura siguiente):



Para cada ciudad, la gráfica tomará un aspecto u otro, pero creemos que esta representación puede ser aproximativa a lo que pueda obtenerse de un casco urbano.

Con esta gráfica también podemos observar la evolución en el tiempo que se produce en cuanto a la densidad de información, pudiéndose detectar aquellos años que han sido más fructíferos en el campo de la geotecnia en zona más o menos urbana.

NATURALEZA

En cuanto a la naturaleza de esta información, se trata de una serie de informes geotécnicos archivados, que se encuentran centralizados en un consultor de geotecnia (caso de Granada).

Los informes, en el mejor de los casos contienen:

- Peticionario, consultor, etc.
- Sondeos realizados, señalando todas las capas.
- Resultados de ensayos de laboratorio.
- Resultados de ensayos "in situ".
- Plano de situación.
- Estudio detallado. Síntesis de los resultados.
- Recomendaciones constructivas.

La naturaleza de la información es homogénea al tener el mismo origen. Por otro lado será fácil de depurar al encontrarnos que todo el conjunto tendrá el mismo problema.

Una vez comprobado la homogeneidad de los datos se plantea la transcripción de ellos a códigos numéricos o alfanuméricos, y por tanto, la utilización de diccionario.

VOLUMEN

Para que un Banco de Datos Geotécnico sea útil debe contener abundante información, de forma que asegure una cobertura mínima de las áreas que pueden interesar a los usuarios potenciales. No tiene objeto, por tanto, poner en servicio un B.D.G. con un archivo de datos inferior a un cierto umbral.

Para el caso de Granada, tenemos un volumen de información bastante importante, prueba de ello es el archivo al que tenemos acceso, el cual consta de unos 231 informes geotécnicos, lo que supone unos 600 sondeos repartidos en el área urbana.

Sí establecemos un área de aproximadamente 10 km^2 en los cuales están insertos estos 600 sondeos, obtenemos una densidad de información de 50 s/km^2 . Esto supera el umbral establecido que lo fijamos en 40 s/km^2 .

Una vez determinada la densidad en todo el casco urbano, hay que observar si dicha densidad está repartida de una manera uniforme en toda el área o por el contrario la repartición es discontinua.

Por otro lado, atendiendo a la información básica (geológica, geotécnica, geomorfológica, histórica...), definiremos unos sectores en los cuales se determina la densidad para cada sector en cuestión. Por tanto, obtendremos:

SECTOR Nº DE SONDEODENSIDAD

Ejemplo ilustrativo:

Sector A58 sondeos 40 s/km^2 Alta

Sector B30 sondeos 25 s/km^2 Baja

Estos sectores tendrán lógicamente áreas diferentes, por tanto, la densidad será asimismo distinta.

Otra característica, es que la información almacenada y suministrada debe tener suficiente garantía técnica para mantener la confianza de los usuarios. Esto requiere una labor de selección y depuración que solo puede hacerla personal muy cualificado.

IV.2.3.- DENSIDAD Y DISTRIBUCION

Son los criterios de densidad y distribución los que confieren distintos grados de fiabilidad en la 1ª representación de los mapas de factores.

CRITERIO DE DENSIDAD

En la representación gráfica de número de sondeos acumulados "versus" superficie urbana en km^2 , aparecen unas líneas teóricas de densidad máxima de información.

Estas líneas aconsejan cartografiar a partir de un número determinado de sondeos por km^2 , dependiendo de la localización espacial del área estudiada.

Las áreas estudiadas las podemos clasificar en:

Terrenos difíciles o muy urbanizados:

Difícil el acceso a la información.

Necesario realizar mayor número de sondeos.

Terrenos medios o de periferia:

Posible existencia de afloramientos que de acceso directo a la información.

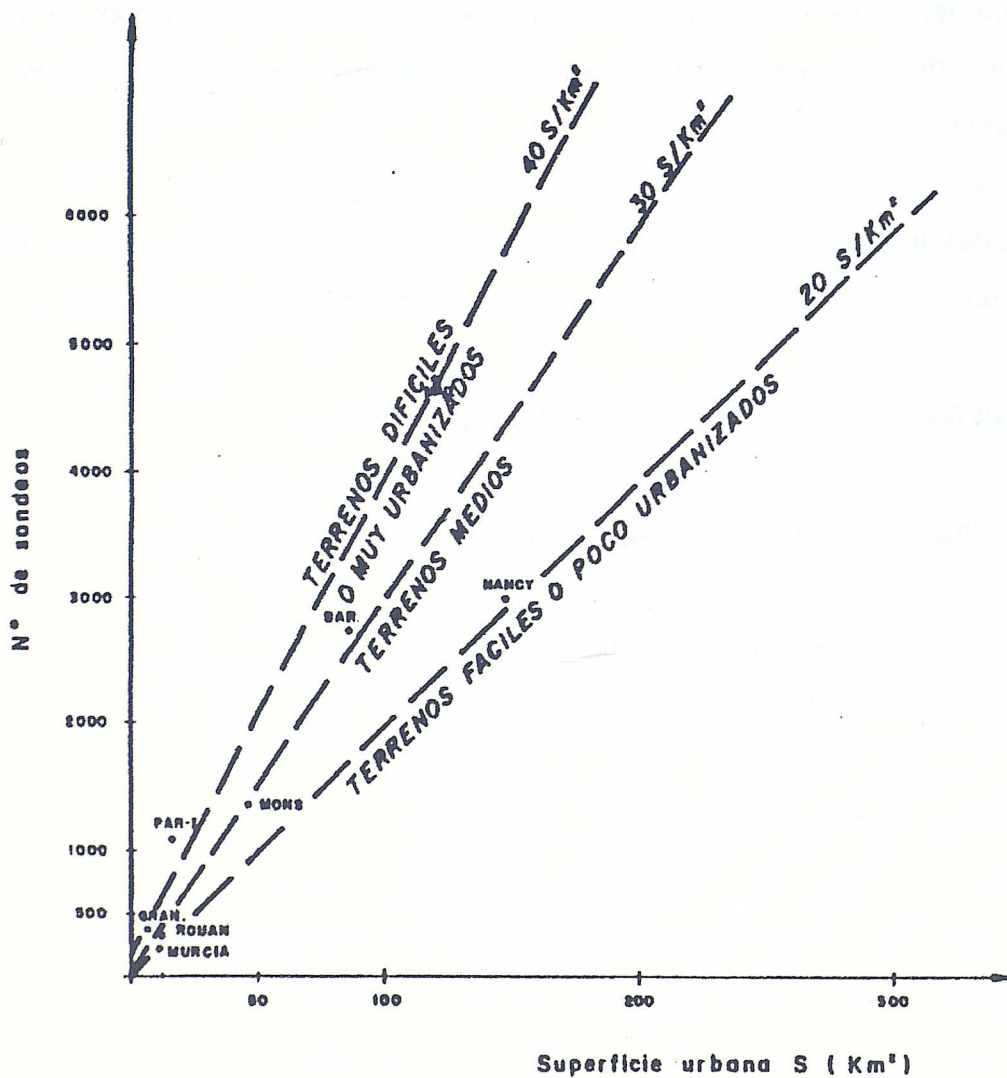
Necesario menor número de sondeos para cartografiar.

Terrenos fáciles o poco urbanizados:

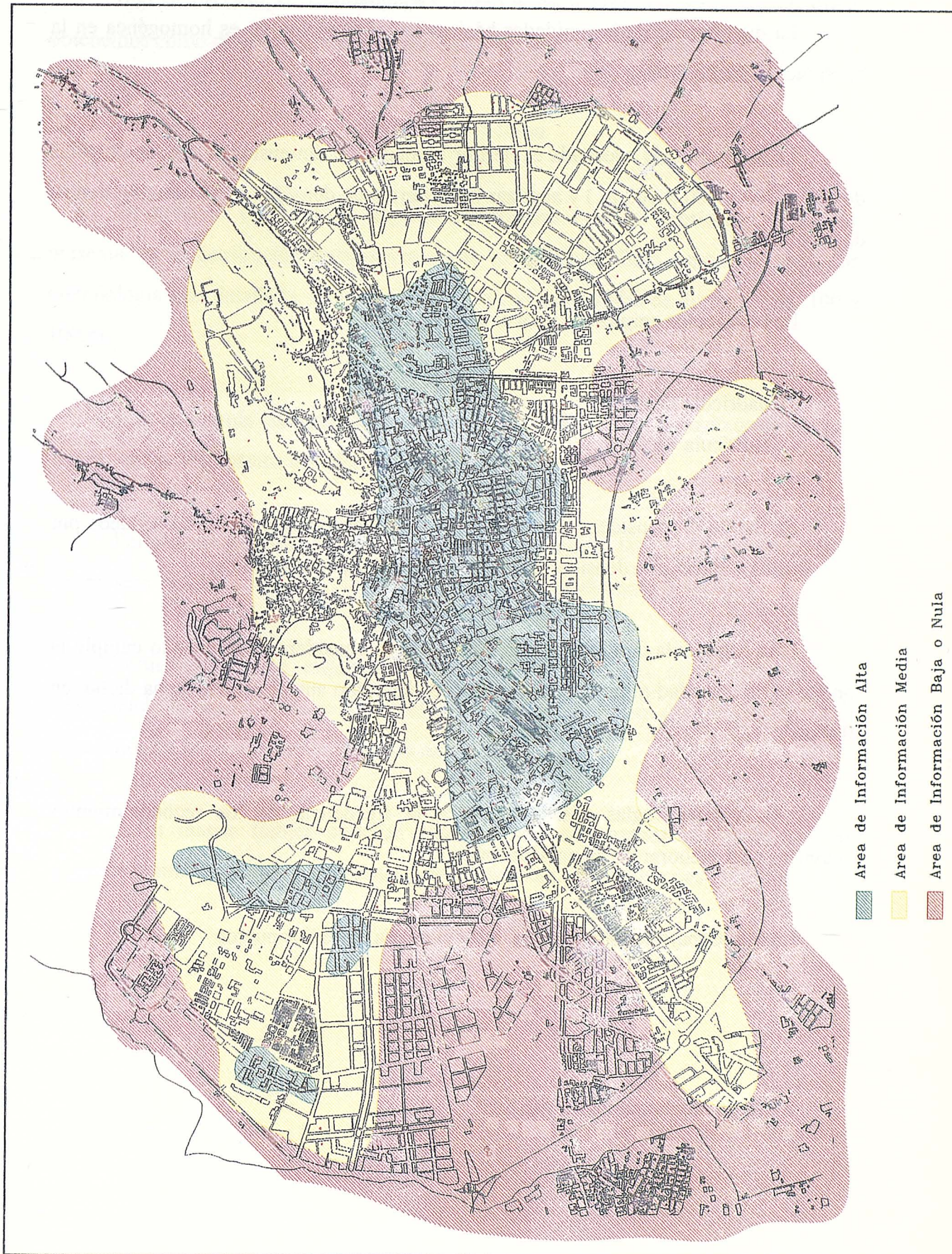
La información la obtenemos directamente de los afloramientos. Así, el número de sondeos necesario es mínimo.

Dicha figura nos orienta igualmente sobre el número de sondeos almacenados en algunos ficheros geotécnicos de otras ciudades.

Para el caso de Granada, la creación de nuestro B.D.G. está más que justificada. Por el contrario, en otras ciudades, tal es el caso por ejemplo de Nancy, la densidad de información queda muy por debajo de la óptima establecida para comenzar a cartografiar.



Densidad de información en distintos bancos de datos geotécnicos.



CRITERIO DE DISTRIBUCION

La distribución de las unidades básicas de información no es homogénea en la totalidad del casco urbano.

La solución más adecuada es definir unidades de dimensión plana (cuadrículas de 500 x 500 y 100 x 100 m.) y analizar los criterios de densidad y distribución dentro de cada una.

Los conceptos empleados para el análisis son:

- Cuadrícula llena
- Cuadrícula vacía

Partiendo de considerar como densidad mínima óptima, la de 40 sondeos por km^2 , vamos a analizar la densidad en cada unidad de dimensión plana.

Una cuadrícula de dimensiones 500 x 500 se considera llena cuando cumple la condición de densidad mínima óptima, establecida como anteriormente se ha dicho, en 40 s/km^2 .

No existen reglas fijas respecto a la frecuencia de los reconocimientos necesarios para elaborar un mapa geotécnico.

En este trabajo se toma como distancia media entre dos puntos:

$$d = 100\sqrt{E}$$

E= nº de reconocimientos por Km^2

En nuestro caso, si consideramos E como la densidad mínima óptima (40 Km^2), obtenemos como distancia requerida para que se cumpla el criterio de distribución:

$$d = 100\sqrt{40} = 160m$$

Observando con detalle, algunas cuadrículas que se consideran llenas no presentan una distribución homogénea de la información. Esto supone adoptar una metodología más detallada, en la que se trabaja con cuadrículas de dimensiones 100 x 100 m.

Una cuadrícula con estas dimensiones se considera “llena” cuando contiene, al menos, una unidad básica de información.

Por el contrario, una cuadrícula tanto de dimensiones 500 x 500 m. como 100 x 100 m. será “vacía” cuando no cumpla las respectivas condiciones anteriores.

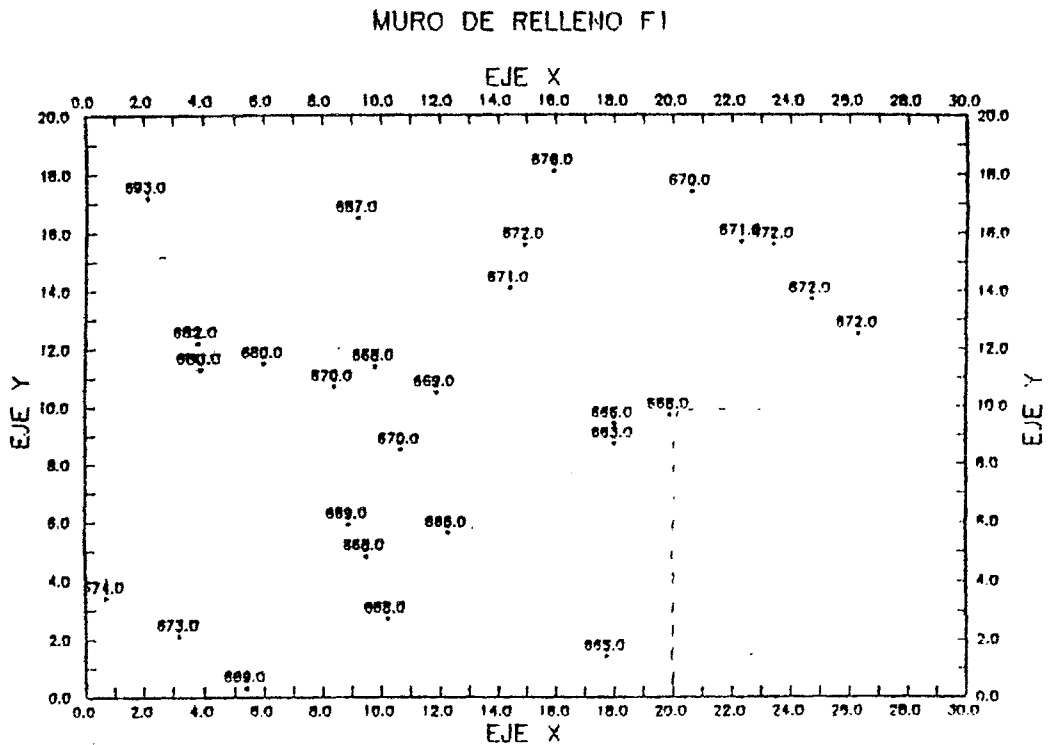
Partiendo de este esquema de trabajo llegamos a la conclusión de que, dependiendo de los criterios de densidad y distribución, podemos dar diferentes grados de fiabilidad a la hora de representar los mapas de factores.

Serán mapas fiables aquellas zonas en las que aparezcan cuadrículas en situación óptima y menos fiables cuando no se cumplan las condiciones establecidas.

EJEMPLOS DE CUADRÍCULAS SOMETIDAS A LOS CRITERIOS DE DENSIDAD Y DISTRIBUCION

EJEMPLO 1

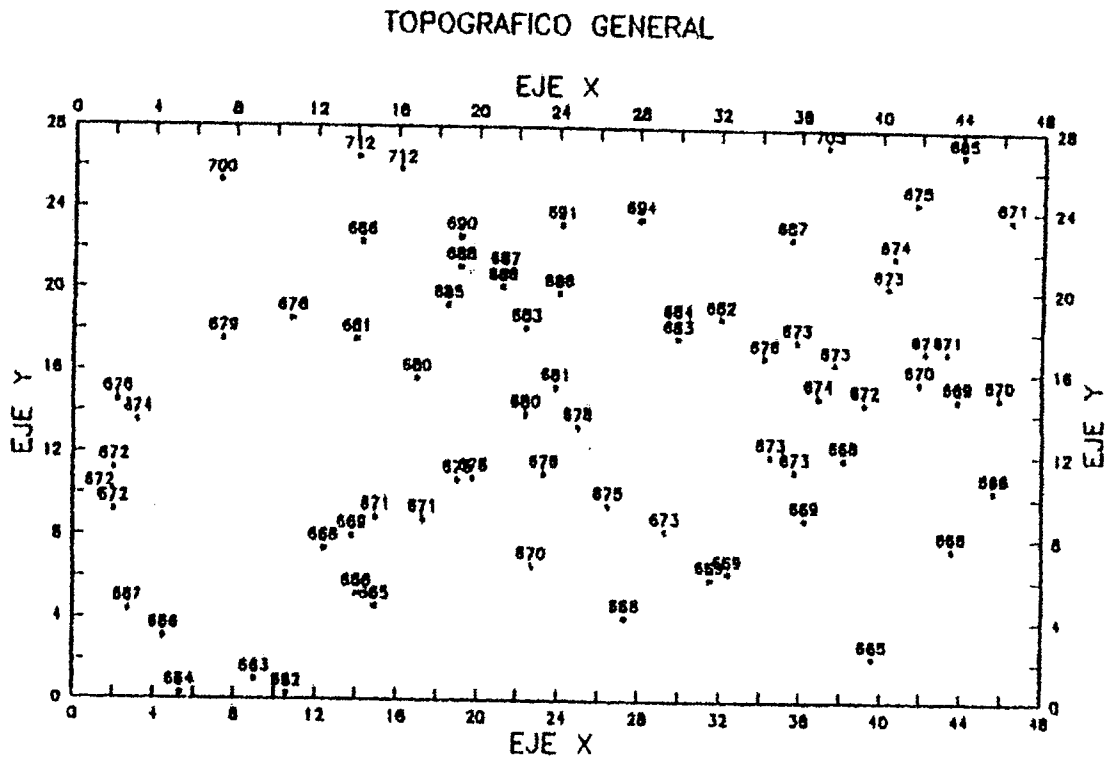
Gráfico de muro de relleno de la hoja nº 14



- Cuadrícula de dimensiones 200 x 300 m. El margen derecho inferior presenta una cuadrícula de 100 x 100 m. “vacía” de información.
- Esta cuadrícula no cumple la condición de densidad, pues no tiene ninguna unidad básica de información.
- La representación gráfica en este sector es poco fiable.

EJEMPLO 2

Gráfico que corresponde al mapa topográfico general de la cuadrícula central del mapa geotécnico.



Cuadrícula de dimensiones 280 x 480 m. que cumple los criterios de densidad y distribución.

Al dividirla en cuadrículas de dimensiones más pequeñas, se comprueba que también cumple los criterios ya mencionados. Esto conduce a una situación óptima y fiable para cartografiar, donde no se precisan mas datos.

IV.2.4.- DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los errores que pueden presentarse en los datos de partida se refieren principalmente a aquellos que vienen asociados a la realización del sondeo.

Entre los errores más importantes tenemos:

- Errores de situación del sondeo: son poco importantes, debido a que en cada informe geotécnico se adjunta un plano de situación, con la localización de dichos sondeos. Por tanto, el error más apreciable será el propio del plano de situación.
- Errores en la cota inicial del sondeo: Este error es bastante frecuente, y a su vez grave. Se debe principalmente a que los informes se realizan para estudios locales, en los cuales solo es necesario que estén señalados unos sondeos respecto a otros dentro del mismo informe.

En algunos casos, se hace un valor aproximativo de la cota en relación al conjunto de sondeos del informe. Se obtiene de esta manera una cota relativa, pero no una cota real.

El terreno urbano evoluciona rápidamente, el perfil de dicho terreno está siendo modificado constantemente, por tanto las referencias que se dan de los sondeos en la mayoría de los informes desaparecen sin ser reemplazados.

- Otro error posible sería el que procede de la definición de las distintas capas que forman el sondeo, límite entre las distintas unidades litoestratigráficas. En nuestro caso, este error no se presenta o será mínimo, porque se utiliza como unidad básica el informe geotécnico y esto trae consigo que esté realizado por personal cualificado.
- Error de Laboratorio. Se refiere al que se obtendría como consecuencia del manejo de las muestras inalteradas, principalmente. Este error sería más o menos apreciable dependiendo del tipo de ensayo. Por ejemplo, el ensayo edométrico puede tener errores más apreciables, dada la manipulación que requiere la muestra en el tallado.

IV.3.- ANALISIS DEL TRATAMIENTO

IV.3.1.- METODOLOGIA PREVIA

Una vez definida como unidad básica el informe geotécnico, se trata de obtener toda la información posible que pueda aportar el mismo, y hacerle un tratamiento informático.

Esto nos daría como resultado una mejor interpretación de los datos en su conjunto, así como una mayor facilidad de manejo y una reducción importante del tiempo empleado para dicho tratamiento.

METODO DE POSICIONAMIENTO

La metodología que hemos utilizado para analizar las características geotécnicas del casco urbano ha sido la de subdividir el plano general de la ciudad en cuadrículas de 500 x 500 m.

Esta elección no ha sido arbitraria sino que tras analizar el método de trabajo en otros países y en vista de la escala utilizada en el plano general (1: 5.000), la cuadrícula más coherente es la cuadrícula de 500 x 500 m.

Esta malla o cuadrícula quedará definida dentro de una matriz del ordenador. Lógicamente la matriz ha de ser ampliable, en previsión del desarrollo de la ciudad, así como tener capacidad para poder utilizarse en cualquier ciudad de estudio.

Una vez considerada como unidad la cuadrícula de 500 x 500, pueden surgir ciertos problemas, como por ejemplo un contacto entre formaciones. En este caso, para llegar al detalle y poder definir mejor este límite, subdividimos la cuadrícula unidad en subcuadrículas de 100 x 100 m.

Este último caso, no será generalizado, sino simplemente se utilizará en aquellos casos mas conflictivos, por tanto como norma general a utilizar en el casco urbano será

la cuadrícula de 500 x 500 m.

Dependiendo de la extensión que ocupe dicho casco urbano, el número de cuadrículas será distinto de unas ciudades a otras.

Para mayor comodidad de manejo del plano del casco urbano general, se subdivide en hojas de tal modo que cada hoja contenga un número de seis cuadrículas unidad.

Las cuadrículas se referenciarán en base a unos ejes cartesianas por el punto más bajo y a la izquierda, de este modo quedan perfectamente definidas.

Por otro lado cada unidad básica de información se referenciará en relación a cada cuadrícula por un sistema de ejes cartesianos, paralelos a los ejes principales. De esta manera, tendremos perfectamente situado cada informe en su cuadrícula y a su vez en el conjunto de cuadrículas.

Establecida la cuadrícula de 500 x 500 metros, y preparadas las hojas para la localización del sector a estudiar dentro del casco urbano, surge la necesidad de crear algún instrumento para calcular las coordenadas del punto donde se sitúa el informe.

Para este menester, hemos diseñado una plantilla de cálculo, con unas dimensiones de 500 x 500 m. a la escala 1:5.000 y subdividida cada 10 m. tanto en abscisas como en ordenadas para facilitar el cálculo sobre las cuadrículas preestablecidas. Esta plantilla se facilitará en papel transparente y se situará sobre cada cuadrícula, pudiéndose establecer de manera rápida las coordenadas de cada punto.

Mostramos a continuación el modelo de plantilla utilizada.

FICHA DE ENTRADA

Presentado ya, el método a seguir para identificar la 1ª posición de cada unidad básica de información, pasamos a definir un modelo de ficha de entrada al Banco de

Datos de toda la Información que contienen dichas unidades básicas de información.

En una primera aproximación, se propuso la ficha de entrada marcada como número 1, que aparece a continuación. Pero al estudiar con más detalle nuestros objetivos, vimos que no cumplía todos los requisitos, al tener poca capacidad para introducir todos los datos que tenemos a nuestro alcance, por tanto el diseño de la misma sufrió una evolución pasando a la ficha que aparece como número 2.

Este modelo nos parece mas acorde con lo que se pretende conseguir, asimismo, está mejor estructurada y mas completa. Por tanto adoptaremos como ficha de entrada general la que aparece como ficha número 2.

A este modelo general, pueden surgirles ciertas excepciones como es el caso de Granada, que al tener prácticamente toda la información concentrada en un consultor privado, vimos que los resultados venían reflejados en unos formatos tipo que se obtengan por medio de un programa de ordenador.

A la vista de esta situación, decidimos adoptar como ficha de entrada excepcional, la propia que suministra el informe geotécnico, las cuales creemos que son bastante completas y responden a nuestras exigencias.

Esta ficha de entrada excepcional para el caso de Granada queda reflejada como ficha número 3.

FICHA Nº1

Callejero:			
Nº de Banco	Referencia:	Hoja: Cuadrícula:	Coordenadas:
Origen	Cimentación:	Nivel: Tipo: ADM:	
Nº Sondeos:	Nº Penetrómetros:	Nº Catas:	

Sondeo Nº1

Nº Capas: Nivel Freáticos:

Capa Nº1

Formación :

Techo:

Muro:

S.P.T. (Indicar nº) (.....) (.....)

M.L. (Indicar nº) (.....)..... (.....)

E.L. (Indicar nº) (L.I., I.P, Tamiz: 4, 40 , 200)

E.P. (Indicar nº) (D.H.)

E.Q. (Indicar nº) (CO₃, SO₃, M.O.)

Edómetro: (Indicar nº)(.....)

FICHA N°2

Callejero:			
N° de Banco	Referencia:	Hoja: Cuadrícula:	Coordenadas:
Origen	Cimentación:	Nivel: Tipo: ADM:	
N° Sondeos:	N° Penetrómetros:	N° Cajas:	

PROF (m.)	TERRENO	COTA (m.)	CONSISTENCIA		W	Qu	C.DIRECTO		DENSIDAD		CLASIFICACIÓN SUELO					
			SPT	Ni			c	φ	Nat.	Seca	T200	T4	LL	IP	CLA SF	

IV.3.2.-TRATAMIENTO GEOESTADISTICO

IV.3.2.1.- Introducción

La toma de datos, como hemos visto anteriormente se efectúa mediante impresos normalizados que son, a su vez, hojas de codificación (mediante el empleo de diccionarios) para su utilización directa en el proceso de entrada de datos en el ordenador.

El objetivo de este trabajo es efectuar un análisis estadístico de la información almacenada en el Banco de Datos, determinando funciones lineales que correlacionen los distintos parámetros, con las características de identificación de las formaciones geotécnicas.

El resultado final es la identificación precisa de unos niveles que pueden considerarse homogéneos (formaciones geotécnicas) en primera aproximación.

Es a la hora de asignar propiedades medias y límites precisos a estas unidades geotécnicas, cuando se hace más patente el carácter heterogéneo del terreno, incluso dentro de las formaciones que han de considerarse homogéneas por imperativos indeclinables de la abstracción que debe contener cualquier enfoque ingenieril de un medio tan complejo como el terreno.

En efecto, al comparar las diversas propiedades que se hayan podido medir, bien en laboratorio a partir de muestras extraídas, o en ensayos "in situ", surge constantemente una fuerte evidencia de variación aleatoria de punto a punto.

Si estos valores se clasifican por frecuencias de aparición, es decir, se construye su histograma de frecuencias de aparición a partir de un número de intervalos que cubran todo el rango de valores observados, surge inmediatamente la idea de población o conjunto total de los valores que pueden observarse en una determinada formación, población que quedaría bien representada por una variable aleatoria, que de este modo constituye el primer modelo para la variabilidad de propiedades del terreno observadas

en una determinada formación geotécnica.

IV.3.2.2.- La Geoestadística

El primero en haber puesto en claro la forma en que la Estadística puede aplicarse al conocimiento de los terrenos fue Matheron, que es también quién acuñó la palabra geoestadística y estableció las principales teorías de la misma.

El examen de las características del terreno no puede hacerse más que teniendo en cuenta estos dos principios:

- Los parámetros que definen sus propiedades tienen una variación espacial sistemática, o podemos decir, una autocorrelación espacial. Esto invalida la hipótesis fundamental de toda una parte de la Estadística: aquella que supone que las variables estudiadas son independientes.
- Muchos métodos empleados dependen de la escala: se obtienen resultados diferentes según la escala empleada. Esto conduce a la dificultad de elegir la escala más conveniente a los efectos prácticos deseados.

Es claro, que las propiedades de un terreno se rigen por leyes diferentes; en un punto del terreno tiene unas características que son únicas y que no podemos ensayar. Podríamos ensayar una muestra muy próxima, pero nunca será exactamente la misma, pero, al mismo tiempo, en modo alguno, podremos decir que el segundo ensayo que efectuamos va a ser independiente del primero.

Dos muestras próximas no son independientes sino, que sí una de ellas es muy blanda, la otra tiene grandes posibilidades de ser también blanda.

Por tanto las propiedades del terreno en cada punto no se definen por variables aleatorias sino más bien por funciones estocásticas que conteniendo variables aleatorias tienen otros importantes términos perfectamente definidos por los procesos de

formación que han conducido a la situación actual.

Decimos que los parámetros que definen las propiedades del terreno son variables regionalizadas, precisamente para marcar el espectro espacial del fenómeno. Una variable regionalizada es una función estocástica o no, pero que en un momento determinado tiene un valor definido en cada punto del espacio.

Para definir el grado de continuidad de los parámetros que definen las propiedades del terreno, se utiliza una curva que se denomina variograma.

Esencialmente consiste en la curva definida por una distancia en abscisas, y en ordenadas el valor medio del cuadrado de las diferencias entre los valores que toma una variable regionalizada en dos puntos distantes entre si "h".

De otra forma llamemos $Y(x)$ al valor que toma en un punto x del campo geométrico, una variable regionalizada Y ; el semivariograma (h), o ley de dispersión, quedará definido por la expresión.

$$2\gamma(h) = 1 / N(h) \sum_{i=1}^{N(h)} [Y(X_i + h) - Y(x_i)]^2$$

donde, $N(h)$ = número total de puntos

En general el variograma es una función creciente de la distancia h , puesto que normalmente cuanto más alejadas estén las dos muestras mayor diferencia puede haber entre sus propiedades. Este estudio de variables regionalizadas lo emplearemos para el cálculo de techo y muro de las distintas formaciones que aparecen en el casco urbano de las ciudades.

El objetivo final es el diseño de mapas en los que vengan representadas las curvas que definen esos techos y muros de formaciones geotécnicas.

IV.3.3.-ANALISIS ESTADISTICOS DE PROPIEDADES

Vamos a ofrecer aquí un resumen de los puntos que analizaremos en el tratamiento de los datos una vez incorporados al B.D.G.U.

Este tratamiento a diferencia del punto anterior es puramente estadístico.

Resumiremos algunos de los numerosos estudios estadísticos que, sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, existen en la literatura geotécnica, enfocados desde dos puntos de vista: el de las leyes de distribución de los valores de las propiedades de los diferentes tipos de terreno y el de los parámetros de dispersión, sesgo y curtosis, que definen dichas leyes de distribución.

Entre los diferentes modelos teóricos de leyes de distribución que ofrece la estadística, la ley Normal es la de uso más extendido entre los especialistas en Mecánica del Suelo, por su sencillez y fácil aplicación. Desde el punto de vista teórico, se justifica su utilización por el conocido Teorema Central del Límite. En efecto, las propiedades que se estudian son, a nivel macroscópico, suma de un conjunto de fenómenos aleatorios elementales. Como estos fenómenos suelen ser numerosos su suma sigue una ley normal.

En su contra tiene el que sus valores pueden alcanzar cifras entre menos infinito y mas infinito, valores que no existen normalmente en las propiedades del suelo. Más aún, estas propiedades, en la mayoría de los casos, solo alcanzan valores positivos que suelen tener un límite superior o inferior. A pesar de todo, esta distribución tiene una gran utilidad práctica, especialmente cuando la mayoría de los valores están próximos a la media. Si esto no fuera así, se podrían obtener conclusiones erróneas al extrapolar los resultados.

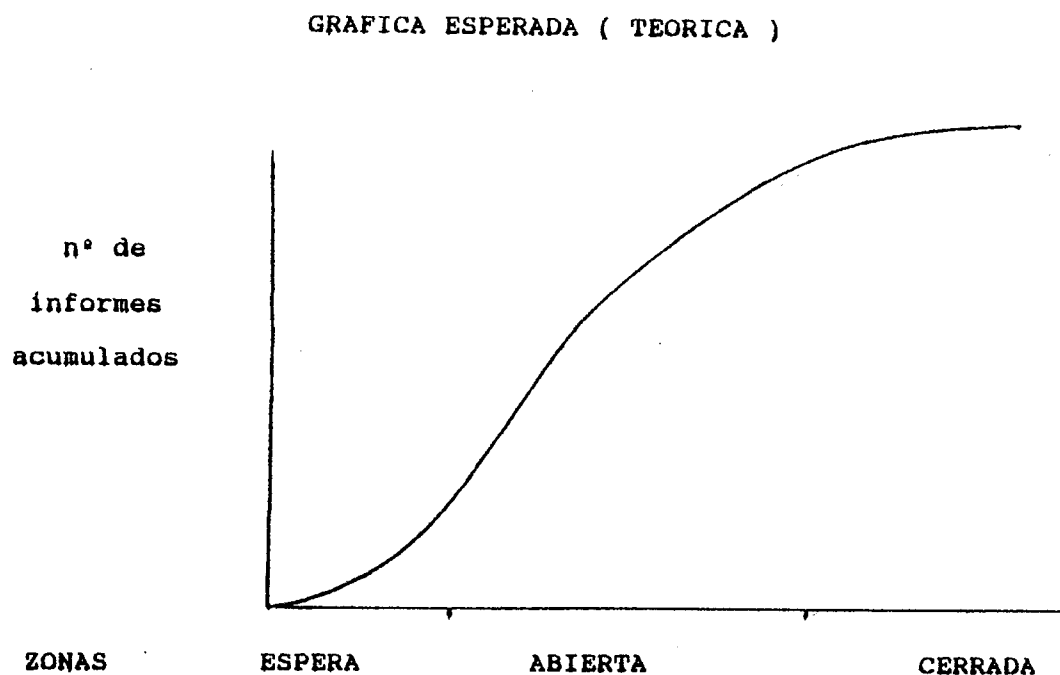
A pesar de la bondad de la distribución normal, la distribución Beta se adapta mejor que aquella a los valores de los parámetros que se utilizan habitualmente en mecánica del suelo, pues, aparte de poseer valores límites, es posible encontrar en la

familia de distribuciones Beta, distribuciones asimétricas, necesarias a veces para ajustar determinados datos. Cuando la distribución a la que se quiere ajustar una distribución real es una distribución beta, se precisa el conocimiento de los coeficientes de sesgo, β_1 , y curtosis, β_2 , además del valor medio y la varianza. Por otro lado, cuanto más próximo sea β_1 a cero y β_2 a tres, más se aproximarán a las distribuciones normales que, como se sabe, tienen esos valores. Así, por ejemplo, en el caso de la distribución del ángulo de rozamiento interno está justificada la aproximación por medio de una distribución normal. En el caso del índice de huecos o del coeficiente de permeabilidad, por el contrario, esta aproximación sería peligrosa.

IV.3.4.-ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE INFORMACION

Utilizamos como base del análisis de las fuentes de información, gráficas teóricas y gráficas reales.

Las gráficas se muestran en forma de diagramas, donde se representan número de informes acumulados "versus" años.



Obtenemos una curva ideal que dividimos en tres zonas:

Zona de espera

Zona abierta

Zona cerrada

Zona de espera:

La velocidad de cambio del número de informes respecto a los años, es monótono creciente.

Zona abierta:

- La velocidad de cambio del número de informes respecto a los años, es constante.
- La adición de nuevos informes es ventajosa.
- Puede cumplir los criterios de densidad y distribución a partir de un punto determinado.
- En este momento se aconseja cartografiar.

Zona cerrada:

- La velocidad de cambio del número de informes respecto a los años, es monótona decreciente.
- El aporte de nuevos informes no proporciona más conocimiento.
- Los nuevos informes suponen información de apoyo y contraste con los ya existentes.

IV.3.4.1.- La gráfica real en Granada

En la construcción de una gráfica real, la primera cuestión a considerar es la elección de la escala adecuada para su representación. Dependiendo de esta escala, la curva real obtenida aparecerá más vertical o más horizontal.

Presentamos a continuación tres ejemplos de gráficas elaboradas a distintas escalas.

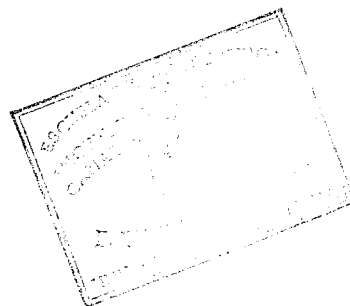
Se comprueba que cuánto más grande es la escala, menos se aprecia la tendencia de la curva, pues el detalle es excesivo.

Proponemos como escala adecuada para trabajar.

Escala vertical: 10 Informes.

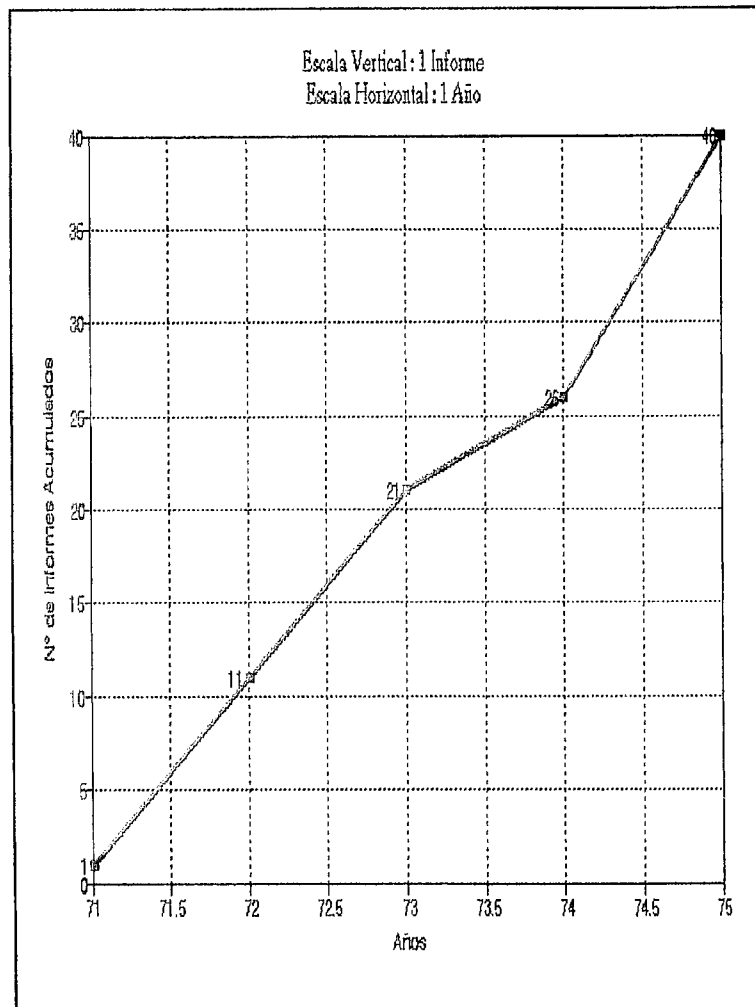
Escala horizontal: 1 año.

De este modo, la curva real obtenida se puede comparar con la curva teórica, procediendo a identificar en ella las tres zonas (de espera, abierta y cerrada), en que se divide la curva teórica.



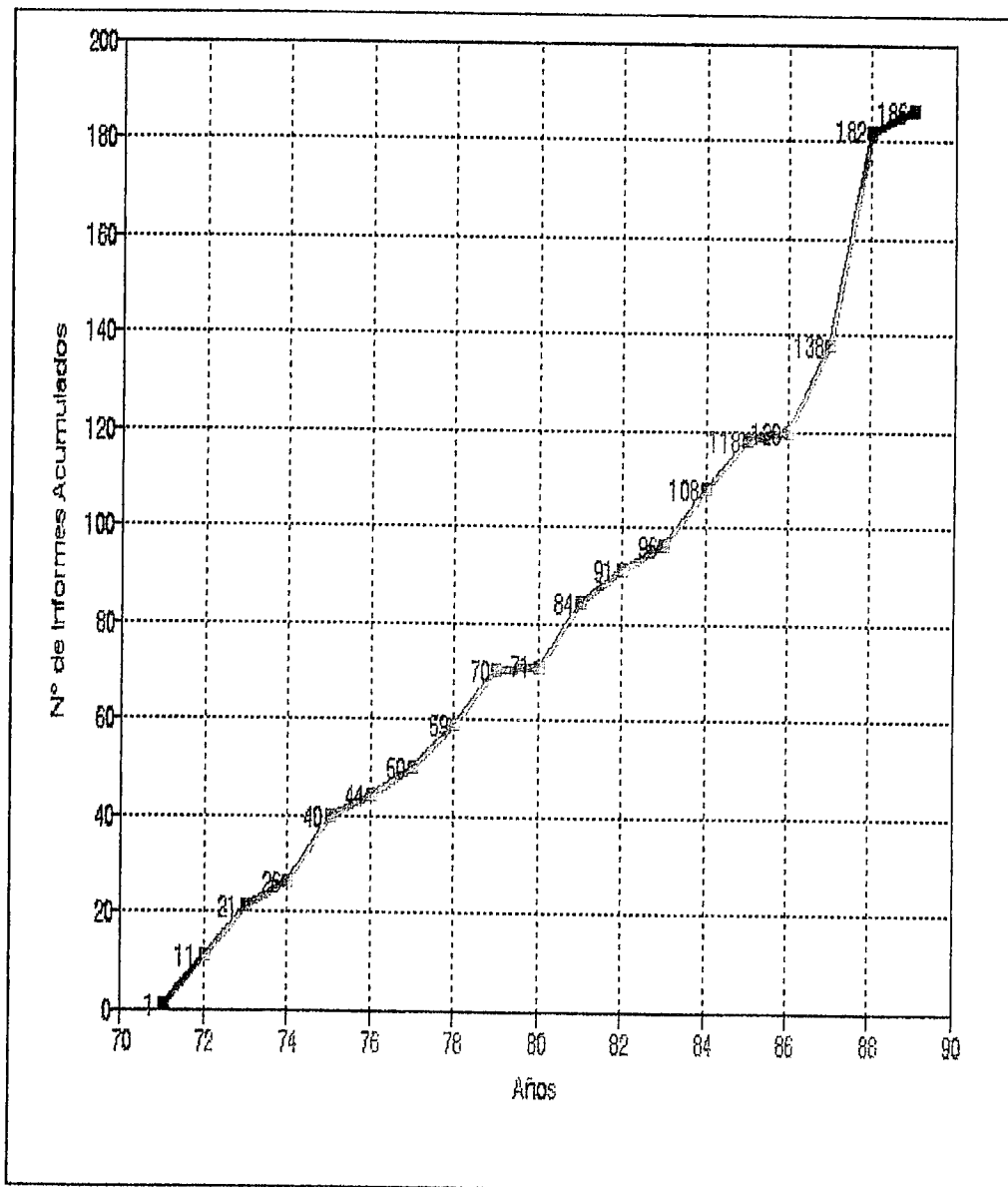
Ejemplo 1

Escala vertical : 1 informe Escala horizontal : 1 año



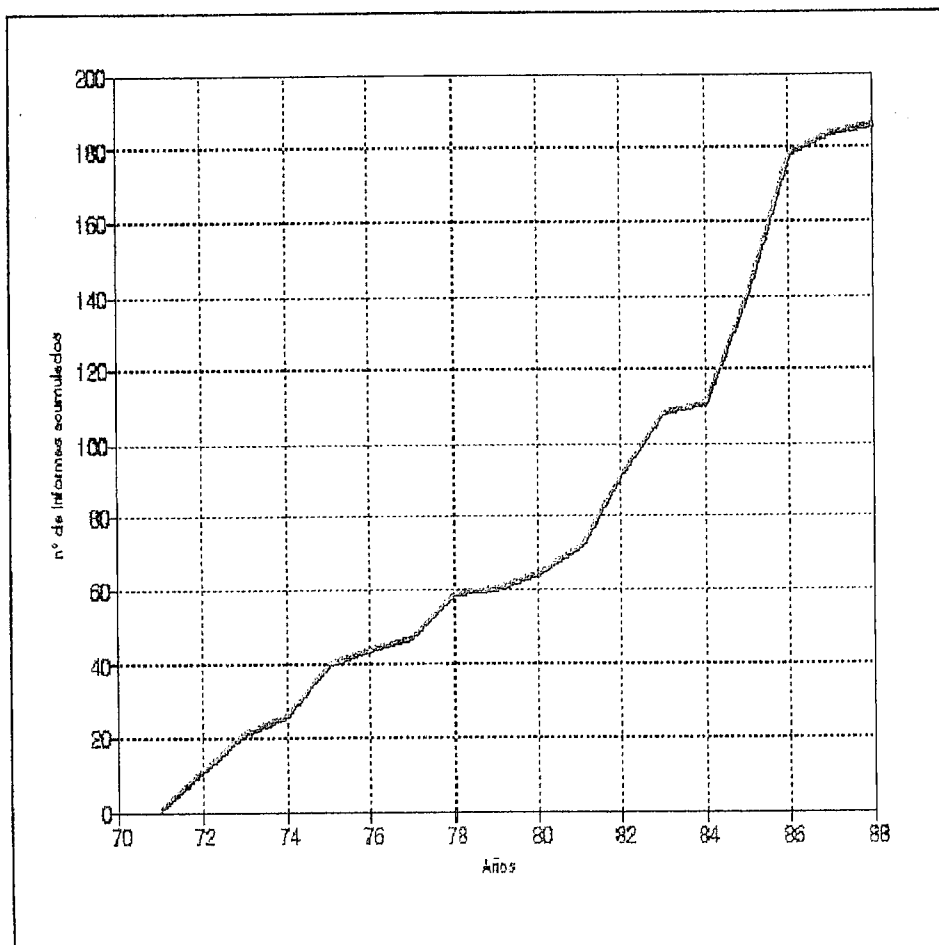
Ejemplo 2

Escala vertical 5 informes Escala horizontal 1 año



Ejemplo 3

Escala vertical : 10 informes Escala horizontal : 1 año



Procedemos a identificar las tres zonas de la gráfica teórica (de espera, abierta y cerrada), en esta gráfica real de Granada.

Resultados:

Zona de espera:

El tramo de curva correspondiente a esta zona es muy pequeño, casi podríamos afirmar que no hay. Las causas pueden ser varias: nosotros recopilamos la información a partir del año 70, pudiendo existir información anterior que no reflejamos en nuestra gráfica.

Zona abierta:

Constituye el resto de la gráfica

Aplicamos el criterio de densidad y distribución y obtenemos los siguientes resultados.

- El umbral de densidad mínima de 40 s/km^2 , corresponde en la gráfica real aproximadamente a 130 informes.
- Granada supera el umbral de densidad de información establecido para comenzar a cartografiar.
- Dicha densidad para el casco urbano de Granada es de 50 s/km^2

Zona Cerrada:

Necesitamos más información para delimitar cuándo la curva real tiende a hacerse asintótica respecto al eje de abscisas. En este momento entramos en la zona cerrada. Observamos que el aporte de nuevos informes es ventajoso para nuestro conocimiento, ya que nos consideramos en la zona abierta.

OBSERVACIONES

En el supuesto de producirse un desarrollo urbanístico en un sector dado de la ciudad, se modificaría la curva de la gráfica. Creemos adecuado separar la curva que obtuviésemos en otra gráfica, considerando este sector como un casco urbano independiente.

La curva de una gráfica real puede cambiar en cualquier momento y de cualquier modo. Así, una zona que consideramos cerrada puede evolucionar a abierta, cerrada y luego abierta.

**V.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS METODOLOGICO DE LA
CARTOGRAFÍA GEOTECNICA URBANA APLICADA A
LA CIUDAD DE GRANADA**

El propósito con el que se realiza este apartado es el de mostrar todos aquellos aspectos que, de un modo u otro, han contribuido en última instancia a la realización de la Cartografía Urbana de Granada.

Para ello se comenzará enumerando los resultados de que consta este trabajo.

- **Plano de litología**, el cual contempla las características geológicas imprescindibles para cada uno de las posteriores fases del trabajo.
- **Plano de espesor del material de relleno**. Este plano, junto con el que mencionamos a continuación, han contribuido de un modo muy singular a una nueva concepción de la visión del subsuelo urbano de la ciudad.
- **Plano de profundidad del material competente**. No aporta ese modo de visualización del subsuelo, como se indicaba anteriormente, sino, y lo que es más importante, indica unos valores de profundidad en los que sitúa al material competente.
- En última instancia, dejamos, lo que para nosotros ha supuesto, tras muchas horas de trabajo, el plano de mayor interés práctico e innovación, dentro de las líneas de investigación que siguen algunos departamentos de geotecnia. El plano que con toda esta presentación aludimos es el denominado: **Plano de Condiciones de Cimentación**.

A continuación se describirán los diferentes planos que han sido citados.

V.1.-PLANO LITOLÓGICO

Antes de comenzar con la descripción del Plano Litológico, hay que hacer referencia a la documentación que se ha utilizado para la elaboración de dicho Plano.

Pueden resaltarse dos aspectos generales:

- Por un lado, ha sido necesaria la revisión de una extensa documentación geológica, dado que se trata de un plano donde se reflejan aspectos geológicos.
- Por otro lado, el estudio detallado de una amplia relación de Informes Geotécnicos.

Toda la información que se ha obtenido, en cuanto al aspecto litológico se refiere, ha llevado a una división sectorial de la ciudad, basada en las características tanto geotécnicas como geológicas de los materiales de dicho subsuelo.

Se han diferenciado siete zonas denominadas, para su fácil localización, desde la A a la G, que se comentaron posteriormente, a las cuales se les ha asignado un color sin cubrir otro objetivo que el de diferenciarlas entre si.

También pueden reconocerse dos zonas situadas en las márgenes derecha e izquierda, desprovistas de color, que no han sido caracterizadas debido a que en ellas no se ha llevado a cabo ningún plan de urbanización, y por lo tanto la información existente es nula.

Por otro lado, se han querido reflejar los ríos que recorren la ciudad: Genil, Darro, Beiro y Monachil, para que nos sirvan de situación en cuanto a la localización del Plano.

A continuación se hará un comentario de cada una de estas zonas, no sin antes tener en cuenta que en todas las columnas se han representado los valores máximos de espesor del material.

Zona A:

Está representada en el plano de color amarillo. Se puede localizar hacia el margen derecho del plano que corresponde con la zona del Zaidín, Palacio de Congresos, prolongándose, por un lado a lo largo del río Genil y por otro hacia la Catedral.

La columna característica de esta zona, como puede verse representada en la leyenda del plano, está formada en su parte más superior por materiales finos, tales como limos y arcillas, pudiendo aparecer cantos y restos de cascotes. Todo ello se engloba bajo el término de material de relleno.

En toda la zona, el espesor de este relleno puede ser variable, pero siempre oscilando entre unos límites; así podemos encontrar zonas donde apenas constituya los primeros centímetros o incluso no aparezca, y habrá otras donde, como máximo, lo encontraremos hasta los seis primeros metros.

Bajo este relleno y hasta el final de la columna, aparece el material granular, constituido por gravas, arenas y bolos; todo ello envuelto en una matriz de tonalidad gris. Es más competente. Su localización en profundidad dependerá del espesor del relleno.

Zona B:

Aparece representada por un color rojo, localizada en la zona central e inferior del plano, ocupando zonas como Hospital Real, Gran Vía de Colón, Facultad de Ciencias, llegando hasta la carretera de Circunvalación.

Su columna está constituida por un material de relleno similar al anterior, aunque su profundidad máxima no excederá de los tres metros.

Por debajo se localiza un material formado por arcillas y arenas limosas, interrumpido en ocasiones por pequeñas intercalaciones granulares, cuyo espesor no sobrepasa los 5 m, de tal forma que podíamos encontrarlo hasta una profundidad no superior a los ocho metros.

Bajo éste aparecerá, como en el caso anterior, un material más granular y de características semejantes a la zona A.

Zona C:

Aparece localizada en una pequeña área de color naranja, incluida dentro de la zona B principal, desde Melchor Almagro hacia Pedro Antonio de Alarcón, de tal forma que podemos considerarla como una variante de la anterior.

Los materiales que en ella aparecen son los siguientes: Un material de relleno, correlacionables con los anteriores que presenta un espesor máximo de unos tres metros bajo el que se sitúa un material granular constituido por arenas y gravas bien graduadas, con cantos de naturaleza limosa de color gris, de potencia variable hasta 3 m. Por debajo, aparece un material menos competente, formado por arcilla y limos de color rojizo, junto con arenas que presentan intercalaciones granulares, cuyo espesor máximo puede llegar a los cinco metros .

Todo ello descansa sobre un material, de nuevo competente, y que está constituido por arenas y gravas mal graduadas.

Podemos decir, en general, que el material granular que se encuentra representado en estas tres zonas (A, B y C), aunque con unas características algo diferentes en cada caso, proviene de un mismo depósito original que se ha denominado Formación Pinos Genil, caracterizada por un material conglomerático de coloración grisácea.

Zona D:

Corresponde a la zona de color azul. Ocupa una gran franja en la parte superior del plano, coincidiendo con la zona del Albaicín

Aparece, al igual que en las columnas anteriores, un material de relleno en el tramo más superficial que escasamente sobrepasa los tres metros. Debajo, aparece un material competente constituido por arenas, gravas y bolos, todo ello envuelto en una matriz limosa de tonalidad marrón. También aparecen niveles cementados por carbonatos.

Zona E:

Se ha definido con un tono celeste, y la podemos localizar en algunos tramos marginales de la zona D y hacia una zona central del plano, coincidiendo en la Calle Elvira.

Presenta también un espesor no superior a los tres metros de material de relleno. Hacia tramos más inferiores, aparece una alternancia de material fino, constituido por niveles arcillosos y limosos y un material granular, pudiendo alcanzar todo ello espesor de 6 ó 7 m. Estos materiales descansan sobre arenas, gravas y bolos de tonalidad marrón.

Zona F:

Está representada por el color verde. ocupa una franja que va desde el Polígono de Cartuja hasta la Barriada de La Chana.

Es una zona caracterizada por su alta variabilidad litológica, constituida por diversos materiales, tales como arcillas, limos, gravas, arenas de diferentes tamaños y niveles carbonatados.

Debido a esta variabilidad y a la escasez de sondeos que presenta la zona, no pueden detallarse espesores de material, y se ha preferido, por lo tanto, considerar una zona de relleno, en algunos casos no diferenciada, junto con una zona de diversidad litológica.

Zona G:

Se representa por el color rosa. Está recorrida, de un extremo a otro, por el río Beiro, pudiéndose localizar desde las proximidades de la Plaza de Toros hacia la estación de R.E.N.F.E.

La columna característica de esta zona presenta, en su parte más superficial, un material de relleno, que en algunos casos puede aparecer con suelo vegetal. A partir de unos 3.50 m de profundidad, que como cota máxima puede alcanzar este material, aparece otro similar al de la zona E, donde se produce una alternancia de un material fino, principalmente arcillas y arcillas limosas con intercalaciones granular, con un material granular. La potencia de éste puede llegar hasta los siete u ocho metros.

Los materiales profundos son mucho más competentes y están constituidos por arenas y gravas.

En este sector podemos encontrar zonas donde dicho material competente alcanza una profundidad de hasta 20 m.

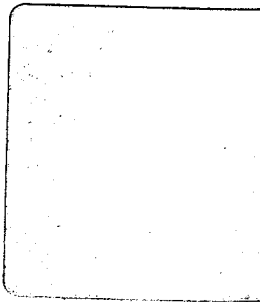
De igual forma que en el caso anterior, podemos relacionar el material competente que aparece en estas cuatro zonas, en cuanto a que proviene de una formación común; la denominada Formación Alhambra, caracterizada por su coloración rojiza.

Una vez descritas las columnas representativas de cada zona, se puede comprender la complejidad litológica del casco urbano de Granada, y la rápida variación lateral que pueden experimentar los materiales en cuanto a potencia se refiere.

De ahí la imposibilidad de elaborar una “columna tipo” donde se generalicen los materiales que aparecen en la ciudad. A lo sumo podríamos llegar a generalizar una secuencia, donde habría un material superior de relleno, un material intermedio, que en algunos casos no aparece, y un material competente hacia las zonas inferiores.



PLANO LITOLÓGICO



V.2.- PLANOS DE PROFUNDIDAD DEL MATERIAL DE RELLENO Y DE PROFUNDIDAD DEL MATERIAL COMPETENTE

Antes de iniciar este apartado, diremos que hemos preferido incluir los dos planos en un mismo apartado, con el fin de evitar sucesivas reiteraciones del proceso de elaboración, que por haber seguido básicamente la misma metodología habría resultado reiterativo.

También queremos subrayar que, si bien, esos dos planos han planteado una nueva visión, no dejan de ser, junto con el plano litológico, una herramienta para la elaboración final del plano de cimentación. Con ello no se quiere quitar importancia a estos planos, sino aclarar que por si solos, no pueden conducir a ningún tipo de valoración sobre condiciones de cimentación.

El origen de estos planos puede encontrarse como respuesta práctica a unas cuestiones, siempre patentes en los estudios preliminares o anteproyectos: ¿Dónde aparece el nivel portante?, ¿Se encuentran rellenos, dónde y hasta qué profundidad?.

La solución a estas preguntas está a caballo entre la visión con la que la geología trata estos problemas y el punto de mira que aporta la geotecnia.

Dicho esto, comentaremos muy someramente el método que ha permitido la elaboración de estos planos. Básicamente, los dos planos responden a los modelos matemáticos impuestos para la simulación de superficies. Estos modelos son: Distancia inversa, Mínima curvatura y Krigeage; modelo que dada su alta complejidad y contenido matemático no hemos considerado oportuno desarrollar en este trabajo.

El empleo de uno u otro ha dependido del grado de similitud obtenido en la reproducción de superficies reales conocidas, y su posterior aplicación para los parámetros correspondientes a la superficie que representa el relleno o el material competente.

Para centrarnos de algún modo en este apartado, comenzaremos planteando el propósito perseguido por el plano de espesores del material de relleno.

Con este plano lo que se pretende es detectar de un modo rápido y sencillo los rellenos que puedan aparecer en el terreno. Dado que estos materiales, desde el punto de vista mecánico-geotécnico se caracterizan por presentar muy frecuentemente un bajo e irregular grado de compactación, y consecuentemente pueden producir asientos imprevisibles en las edificaciones, vemos sobradamente justificado el propósito aquí perseguido.

Para conseguir este cometido, se ha elegido una representación gráfica bidimensional que facilita su visión por la similitud con cualquier plano topográfico de cotidiano uso por parte de cualquier técnico y especialmente si está dedicado a la construcción.

Si observamos el plano de espesores del material de relleno, que adjuntamos a continuación vemos básicamente una distribución de curvas de nivel representativas de la profundidad a la que se encuentra el muro del material de relleno, es decir, la base de la capa que constituye el material de relleno a lo largo de una superficie.

Para poder comprender el significado de esta superficie, hay que destacar que el nivel de referencia viene dado por la cota topográfica a pie de sondeo. La elección de una cota relativa frente a cotas absolutas, es debida a la comodidad que supone al usuario situarse sobre el terreno a pie de sondeo y observar en el plano la cota que aparece, representativa de la profundidad a la que se encuentra el muro del relleno.

De haber optado por una cota absoluta, todo este proceso se engrosaría por la necesidad de trasladar, por un lado, la cota absoluta real a la superficie actual donde se ha ubicado el sondeo y a su vez estimar la profundidad a la que se encuentra el muro del material de relleno.

Para una fácil localización se ha optado por una representación gráfica en base a colores, que intercalándose progresivamente ofrece una gradación de cotas que van

desde el 0.00 a 12.00 m de profundidad, tal y como puede observarse en la figura que adjuntamos.

Para facilitar la comprensión de este plano esquematizaremos lo que se ha realizado hasta el momento:

- Partimos de un nivel de referencia (la superficie topográfica en la cual se instala el equipo de sondeo).
- Estimamos la profundidad hasta la que aparece el relleno.
- Recogemos toda la información y la trasladamos numéricamente a los modelos matemáticos.
- Analizamos los modelos de superficies simulados.

Obtenemos finalmente el plano que nos ocupa en este apartado. En él podemos observar las cotas numéricas representativas de la profundidad y del mismo modo el espesor del relleno, dado que tanto su profundidad como su espesor coinciden para una misma cota de referencia.

Una vez planteado el significado de las curvas de nivel y el proceso que ha conducido a su realización, analizaremos someramente los sectores con mayor interés desde el punto de vista de su localización, exponiendo las tendencias generales que se deducen de su interpretación.

Si comenzamos por el sector Norte de la ciudad se podrá observar en el Camino de la Madraza espesores que rondan los 4.00 m, incrementándose a medida que nos situamos en la zona que caracteriza la Plaza de Toros. Continuando en la dirección Oeste con el río Beiro, apreciaremos unas alternancias de espesores que finaliza con una marcada tendencia a disminuir.

A continuación, pasamos al sector Este, caracterizado por Plaza Nueva en dirección hacia el Albaicín. Aquí podemos observar rellenos que superan los 6.00 m. de espesor.

Hacia el sector Sur, bajando por el encauzamiento del río Darro hasta la Fuente de las Batallas, mantenemos, al igual que en la Carrera del Genil-Paseo del Salón, espesores entre 6.00 u 9.00 m. Estos valores disminuyen notoriamente hasta alcanzar el Barrio del Zaidín.

El análisis global de todos estos sectores conduce a indicar que la distribución con la que se disponen la mayor parte de los rellenos es irregular. Esto es lógico en la medida que el proceso de acumulación de rellenos en áreas urbanas está condicionada en gran parte por factores antrópicos que no responden a ningún modelo natural.

No obstante, se puede apreciar la continuidad entre los rellenos de considerable espesor y algunos tramos de los cauces actuales, respondiendo esta vez a fenómenos naturales de aportes sedimentarios de carácter fluvial.

Esto que acabamos de mencionar se puede observar en algunas partes del encauzamiento de los ríos Darro y Genil.

Para finalizar este apartado aludiremos a las márgenes del plano. Estas reflejan la falta de información básica a medida que nos vamos alejando del centro del casco urbano, y es por ello que se ha optado por dejarlas en blanco, hasta que se obtenga mayor información de esos sectores. Del mismo modo, se observan las zonas marginales en las que la densidad de curvas disminuye considerablemente. Esto es achacable a la denominación de información de partida, pero sí suficiente como para poder estimar el espesor para esas zonas. Hasta aquí quedan descritas buena parte de las características comunes de los dos planos que hemos incluido en este apartado y la descripción del plano de espesores del material de relleno.

En los siguientes párrafos nos dedicaremos a desarrollar el plano de profundidad del material competente, sin repetir los preliminares con los que dimos comienzo en

este apartado. De este modo entraremos directamente, mostrando la finalidad con la que se ha diseñado este plano.

El primer planteamiento que tratamos, es la detección de la profundidad del espesor del material de relleno. Una vez resuelto este problema, el siguiente paso fue localizar la profundidad de todo material consistente, o como hemos venido denominando, competente; que fuese capaz de presentar los parámetros geotécnicos requeridos para su uso en la edificación. Tras el laborioso análisis de parámetros empleados y mantenido el mismo esquema que en el plano de espesores de relleno, todos estos datos se han tratado con los mismos modelos matemáticos. Como resultado a todo este proceso, se obtiene el plano que estamos tratando, y que adjuntamos a continuación.

En él podemos encontrar una distribución de curvas de nivel bastante homogénea, en cuanto a la sucesión que presentan.

Al igual que ocurre en el plano de espesor del material de relleno, en éste las curvas de nivel tienen un significado especial. Representan la profundidad a la que se encuentra el material competente, teniendo en cuenta, claro está, que el nivel de referencia viene impuesto por la cota topográfica a pie de sondeo, o lo que es lo mismo con una cota relativa (de la que ya hemos hecho mención).

Con este planteamiento por delante, si volvemos al plano de profundidad del material competente, comenzaremos a adquirir una visión en cierto modo tridimensional, ya que hemos asimilado el aumento de los valores numéricos en el sentido de la profundidad.

Una vez expuesto este punto de vista, con el que hemos querido enfocar este modo de visualización del plano, nos ocuparemos a continuación de adentrarnos en él.

Primeramente, destacaremos aquellos sectores que por la profundidad y emplazamiento hemos considerado de interés, siguiendo una dirección Norte-Sur.

Posteriormente, se analizará todo el plano, haciendo hincapié en las principales tendencias que encontramos en la distribución de zonas con gran profundidad para el material competente.

En el sector Norte, correspondiente al Camino de la Madraza, aparecen unas profundidades que oscilan entre 10.00 y 12.00 m., hasta conseguir materiales con una aceptable consistencia.

A continuación de este sector, destacamos la Ctra. de Jaén-Madrid-Avda. de Madrid-Plaza de Toros-Ribera del Beiro, en proximidad con la Avda. de la Constitución-C/Rector Marín Ocete. Todo esta amplia zona recoge profundidades que, en algunos casos, pueden alcanzar hasta 19.00 m.

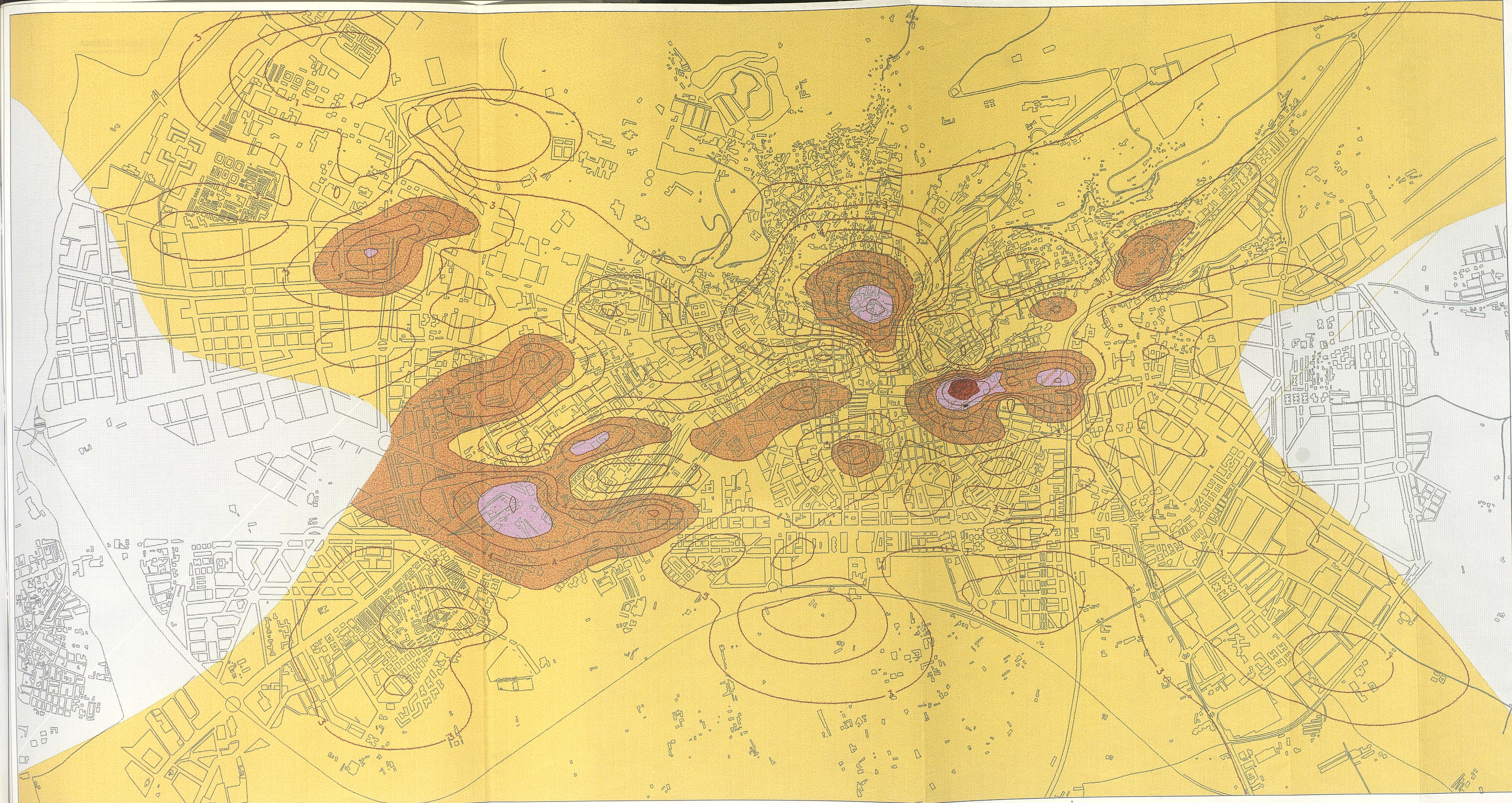
Muy próximo al sector descrito anteriormente, nos encontramos con el Camino de Ronda-Avda. del Sur- Polígono Universitario, en el cual también encontramos profundidades de considerable cuantía, alrededor de 15.00 m.

En el sector más hacia el NE, correspondiente a la C/Elvira, dirección Albaicín, se encuentran profundidades de 14.00 m. y descendiendo un poco más hacia Fuente de las Batallas-Carrera del Genil-Plaza del Humilladero, las profundidades del material competente alcanzan los 9.00 m.

Este reconocimiento somero de los diferentes sectores de profundidades del material competente, da pie a una primera interpretación, que no es otra que la tendencia del incremento en las profundidades a medida que nos vamos dirigiendo hacia el N o NW de la ciudad de Granada. En los sectores E y S, destaca la relativa superficialidad con la que se encuentra el material competente, a menos de 3.00, 2.00 y 1.00 m.

Al igual que en el plano de relleno, se han dejado dos áreas en blanco, en los márgenes derecho e izquierdo, por falta de suficiente información para ser tratadas en este momento.

PLANO DE ESPESOR DEL MATERIAL DE RELLENO



LEYENDA

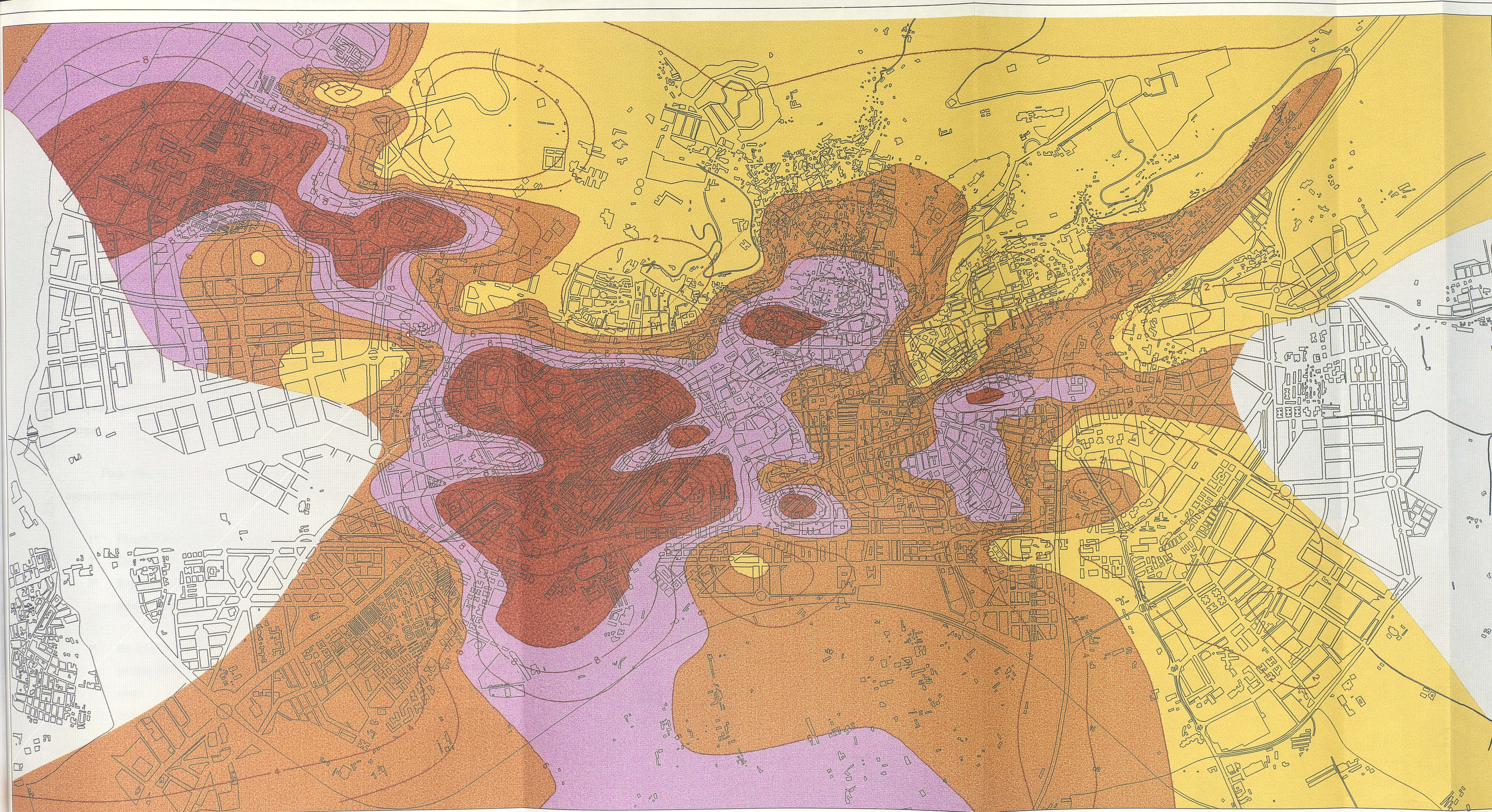
- 0 - 3 m.
 El material de relleno se localiza desde la superficie hasta una profundidad de 3.00 m.
- 3 - 6 m.
 Zona donde el material de relleno sobrepasa los 3.00 m. hasta una profundidad de 6.00 m.
- 6 - 9 m.
 Zona donde el material de relleno alcanza una profundidad de 9.00 m.
- 9 - 12 m.
 Zona donde el material de relleno alcanza las mayores profundidades pudiendo llegar a los 12.00 m.
- Zona sin información

TESIS DOCTORAL SOBRE:
 ANALISIS METODOLOGICO DE LA CARTOGRAFIA
 URBANA APLICADA A LA CIUDAD DE GRANADA

PLANO DE:
 PROFUNDIDAD DEL MATERIAL DE RELLENO

DIRECTOR:	ESCALA:
J.M. RODRIGUEZ ORTIZ	1 / 15.000
DOCTORANDO:	
J.C. HERNANDEZ DEL POZO	

PLANO DE PROFUNDIDAD DEL MATERIAL COMPETENTE



LEYENDA

- 0 - 3 m.
 El material consistente se localiza desde la superficie hasta una profundidad máxima de 3.00 m.
- 3 - 6 m.
 Zona donde el material consistente aparece entre los 3.00 m. y los 6.00 m. de profundidad
- 6 - 9 m.
 El material consistente se localiza entre los 6.00 y los 9.00 m. de profundidad
- 9 - 12 m.
 Zona donde el material consistente alcanza las mayores profundidades, desde los 9.00 hasta los 12.00 m.
- Zona sin información

TESIS DOCTORAL SOBRE:
 ANALISIS METODOLOGICO DE LA CARTOGRAFIA
 URBANA APLICADA A LA CIUDAD DE GRANADA

PLANO DE:
 PROFUNDIDAD DEL MATERIAL COMPETENTE

DIRECTOR:	ESCALA:
J.M. RODRIGUEZ ORTIZ	1 / 15.000
DOCTORANDO:	
J.C. HERNANDEZ DEL POZO	

V.3.- PLANO DE CONDICIONES DE CIMENTACION SUPERFICIAL

Desde el primer momento en el que se propone la realización del trabajo, ya se apuntaban unas directrices bien encaminadas hacia la zonificación y valoración de las condiciones de cimentación del casco urbano de Granada. Aunque si bien es cierto, en un principio, sin una forma clara de plasmarlas en un documento definitorio de fácil acceso.

Las directrices que antes mencionamos, se han visto posibilitadas por el desarrollo que han sufrido los diferentes planos: litológico, espesores del material de relleno y profundidad del material competente .

El plano que nos ocupa ha asimilado toda la información expuesta en los tres planos anteriores, y en definitiva en todo el trabajo. Un aspecto a destacar es el aporte de unas valoraciones muy indicativas , desde el punto de vista geotécnico, para una fácil y rápida aplicación práctica en estudios preliminares, anteproyectos o trabajos de campo.

Para conseguir que toda la documentación, tanto de los planos como de los aspectos puramente geotécnicos, hemos delimitado tres líneas:

- 1º Elección del estudio geotécnico a realizar.
 - 2º Descripción de zonas de calidad del terreno para la cimentación.
 - 3º Establecimiento de unos posibles tipos de cimentación en función de las profundidades del material competente.
-
- 1º. En este punto describiremos el contexto de los estudios geotécnicos. Estos parten normalmente de una información geológica y geotécnica básica, así como de unos antecedentes de cimentación necesarios para poder propugnar con posterioridad una campaña de prospección y reconocimiento del terreno.

Teniendo en cuenta esto, hemos distinguido cuatro tipos de estudios:

- Estudio reducido
- Estudio normal
- Estudio detallado
- Estudio intenso

En los párrafos siguientes se describen cada uno de estos tipos.

Estudio reducido

Al nombrar este estudio consideramos la utilización de trabajos existentes, experiencia en la zona, acompañado con algún tipo de reconocimiento económico (catas, penetraciones, etc). Se puede aplicar a edificios de pequeña entidad.

Estudio normal

Corresponde al estudio que suele desarrollarse con mayor frecuencia. Requiere prospecciones relativamente profundas, a base de sondeos, penetraciones, etc, cuya densidad depende directamente de la naturaleza y variabilidad del terreno, junto con el tipo de edificación.

Estudio detallado

Se dirige a zonas con cierto grado de dificultad e interés en el tipo de edificación a desarrollar.

Estudio intenso

Trata las zonas de especial dificultad; terrenos problemáticos, tales como suelos orgánicos, colapsables, etc.

2º. Zonas de calidad del terreno para la cimentación.

Con este término aludimos directamente a los parámetros geotécnicos que permiten calificar las cualidades del material para el uso en la construcción, e indirectamente al propio terreno, que no entraremos en detalle por haberlo descrito en el apartado referente al plano litológico.

Aprovechamos la oportunidad, para decir que el plano litológico apoya, en el sentido de reconocer los "materiales tipo", al plano de condiciones de cimentación.

Se distinguen cuatro zonas de calidad del terreno para la cimentación:

- Calidad alta
- Calidad moderada
- Calidad somera
- Calidad baja

Calidad alta

Se corresponden con un estado de compactación denso a muy denso, con densidades relativas entre 0.60 -1.00 y un ángulo de rozamiento alto.

Calidad moderada

Presentan un estado de compactación medio, con densidades relativas entorno a 0.5 y ángulos de rozamiento interno de 35° a 40°.

Calidad somera:

Indica un flojo estado de compactación, densidades sobre 0.3 kg/cm³ y ángulos de rozamiento de 30° a 35°.

Calidad baja:

Estados de compactación y densidad muy flojos, ángulos de rozamiento interno menores de 30° . Esta calidad se asocia también a zonas fangosas con materia orgánica.

A continuación distinguiremos los diferentes tipos de cimentación, según la simbología de color empleada:

- Zapata individual
- Zapata corrida
- Losa
- No apto

De todos los tipos descritos aclararemos que el indicado como “no apto”, significa que no debe aplicarse ningún tipo de cimentación superficial, debido al tipo de material existente.

Hasta aquí se ha descrito el contenido de este plano sin hacer alusión alguna a cuestiones gráficas, que hemos tenido muy en cuenta.

Esto que acabamos de exponer ha sido tan condicionante en este trabajo, que sin este tratamiento, en el significado del color empleado, no habría diferenciado este trabajo con cualquier otro documento de cartografía o zonificaciones geotécnicas.

Queremos destacar la conexión que se ha establecido entre los distintos aspectos referentes a los Estudios Geotécnicos, Zonas de calidad del terreno para la cimentación y Tipo de cimentación, utilizando un mismo tono de color para correlacionar aspectos similares. Así, por ejemplo, hemos querido unificar, para un mismo color amarillo, el correspondiente estudio reducido- zapata individual-calidad alta, y así, sucesivamente con los restantes colores empleados.

Con esto lo que hemos conseguido, como puede verse en el plano de condiciones de cimentación superficial adjunto, es una simplificación de contenidos en cuanto a su expresión se refiere, por sintetizarse con el color aplicado en cada caso.

Analizaremos a continuación el plano de condiciones de cimentación por sectores, para destacar la zonas con mayor incidencia en cuanto a condiciones de cimentación se refiere.

Para continuar con el mismo orden que en descripciones anteriores, se comenzará por el sector Norte de Granada, con la Barriada de La Cartuja, correspondiéndose con colores rosa y rojo, principalmente indicativa de estudios geotécnicos detallados a intensos, zonas de calidad somera a baja y cimentaciones de tipo losa a terrenos no aptos para cimentación superficial.

A medida que nos desplazamos hacia el sector de la Plaza de Toros, nos situamos en el color rojo, indicativo en este caso de un estudio intenso, baja calidad del terreno, no considerándose apto para la cimentación superficial.

Si nos pasamos al sector Este, característico de Plaza Nueva, en dirección al Albaicín, entraremos en el color amarillo, indicativo de estudios geotécnicos reducidos, ya que se corresponden con calidad del terreno alta y cimentaciones de tipo zapata individual.

En dirección Suroeste, desde el río Darro hasta la Fuente de las Batallas, atravesamos varias intercalaciones de colores naranja y rojo, representativos, respectivamente, de estudios normales o intensos, moderadas o bajas calidades del terreno y cimentaciones tipo zapata corrida o no apto para cimentaciones superficiales.

El sector más hacia el Sur, localizado por la Barriada del Zaidín, se corresponde con el color amarillo, que como hemos indicado anteriormente, representa estudios reducidos, alta calidad del terreno y cimentaciones de tipo zapata individual.

De la observación detallada del plano, vemos una marcada problemática en cuanto a la disminución de calidad del terreno, y a su vez, del tipo de cimentación a adoptar.

Ello queda reflejado en la zona central del plano, en dirección Este-Oeste, desde la entrada del río Genil en la Vega de Granada, hacia la Barriada de La Chana.

Al igual que en los planos anteriores, se mantienen los dos márgenes, derecho e izquierdo, en blanco, debido a la baja densidad de información disponible hasta el momento.

Para finalizar este apartado, no podemos dejar de mencionar los círculos de profundidad que aparecen en el plano. Estos sintetizan la información geotécnica del sector al que representan; su distribución es en base a la variabilidad. Así, en áreas donde es bastante homogéneo se ha representado con baja densidad de círculos y viceversa.

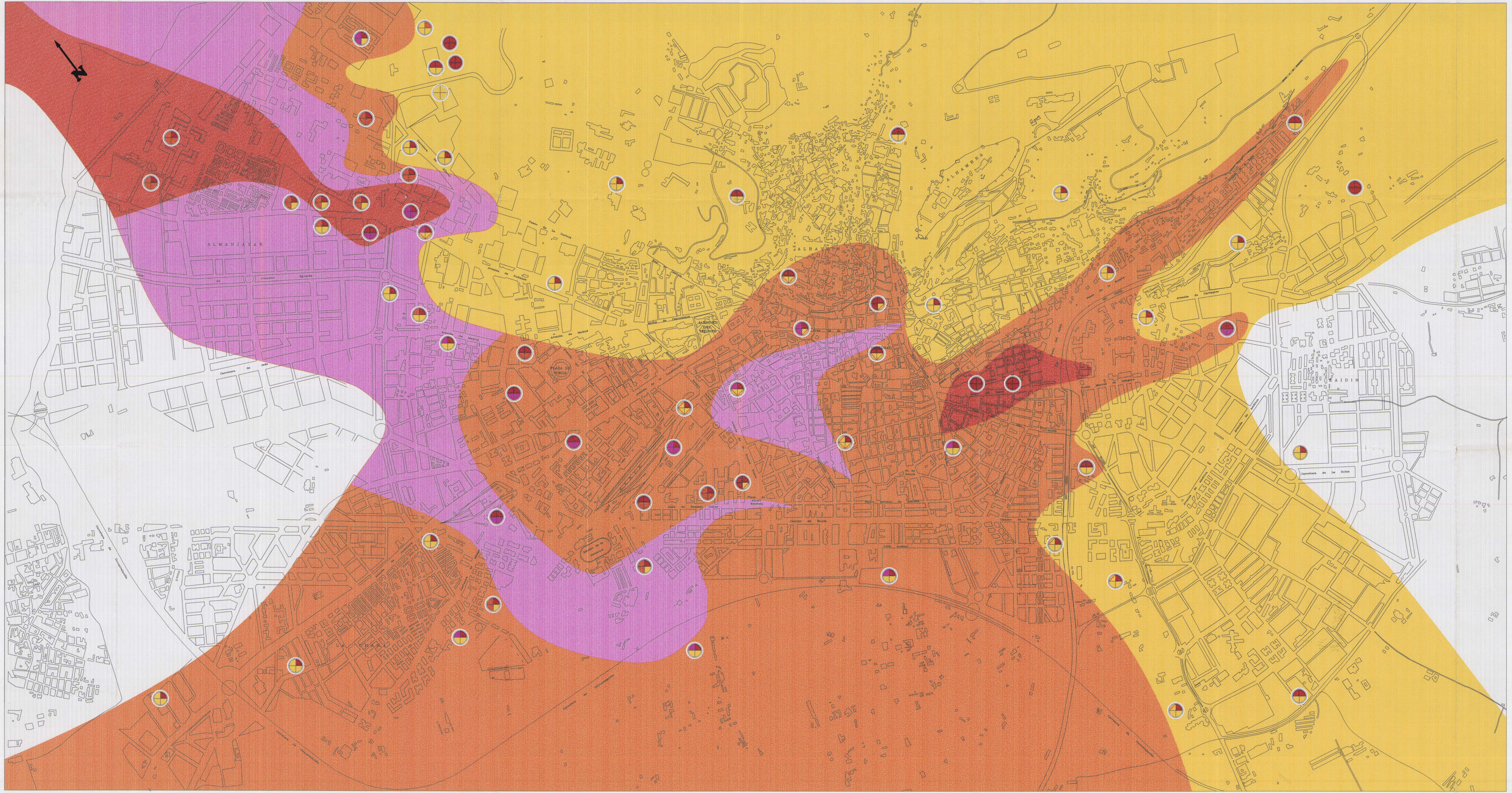
Concretamente, estos círculos nos informan de la profundidad a la que se sitúa el material, así como su calidad, caracterizada por el color correspondiente a esa profundidad.

El objetivo principal de este estudio es determinar las condiciones de cimentación de los edificios existentes en la ciudad de Granada, a partir de un análisis metodológico de la cartografía geotécnica urbana. Para ello se han realizado una serie de trabajos de campo y de laboratorio, así como un análisis de los datos obtenidos. Los resultados de este estudio se han expresado en un plano de condiciones de cimentación, que sirve como base para el diseño de las cimentaciones de los edificios existentes y para la planificación de las obras de mejora de la calidad del suelo.

El plano de condiciones de cimentación se ha elaborado a partir de los datos obtenidos en los trabajos de campo y de laboratorio, así como de los datos de los planos de cimentación de los edificios existentes. Este plano se divide en zonas de cimentación, que se caracterizan por tener unas determinadas condiciones de cimentación. Estas zonas se han delimitado en función de los tipos de suelo que se encuentran en cada una de ellas, así como de la profundidad de las cimentaciones que se encuentran en cada una de ellas.

Este plano de condiciones de cimentación se ha elaborado en función de los datos obtenidos en los trabajos de campo y de laboratorio, así como de los datos de los planos de cimentación de los edificios existentes. Este plano se divide en zonas de cimentación, que se caracterizan por tener unas determinadas condiciones de cimentación.

PLANO DE CONDICIONES DE CIMENTACION



LEYENDA

TIPO DE CIMENTACION

- Zapata Individual
- Zapata Corrida
- Losa
- No Apto

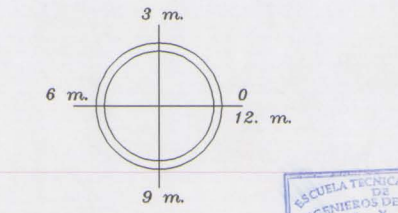
ZONAS DE CALIDAD DEL TERRENO

- Calidad Alta
- Calidad Moderada
- Calidad Somera
- Calidad Baja

ESTUDIOS GEOTECNICOS

- Estudio Reducido
- Estudio Normal
- Estudio Detallado
- Estudio Intenso

GRAFICO DE PROFUNDIDADES

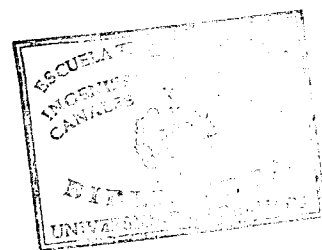


Zona sin informacion



TESIS DOCTORAL SOBRE:
ANALISIS METODOLÓGICO DE LA CARTOGRAFIA
URBANA APLICADA A LA CIUDAD DE GRANADA

PLANO DE: CONDICIONES DE CIMENTACION	
DIRECTOR: J.M. RODRIGUEZ ORTIZ	ESCALA: 1 / 7.500
DOCTORANDO: J.C. HERNANDEZ DEL POZO	



VI.- ANALISIS GEOTECNICO DE UNA ZONA DEL CASCO URBANO DE GRANADA

En el presente capítulo se va a analizar desde el punto de vista geotécnico una zona concreta del casco urbano de Granada.

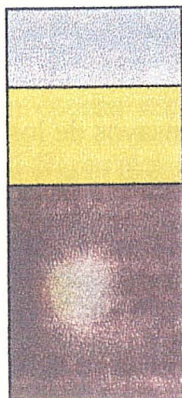
Pretendemos realizar un estudio estadístico con todos los datos obtenidos de los ensayos de campo y laboratorio; ensayos que se recogen en los informes geotécnicos.

El objetivo final perseguido en nuestra área concreta de estudio, con posibilidad de extensión al resto de las zonas geotécnicas que constituyen la ciudad, es el conocimiento profundo del suelo para de este modo poder formular las propuestas adecuadas de cimentación.

Queremos conocer los materiales, tipología, estratigrafía, potencia, irregularidades, así como cualquier elemento singular que pueda aportar interés a este trabajo.

La zona que centra nuestra atención y es objeto del análisis estadístico, se localiza en la cartografía geotécnica (mapa geotécnico) por el color rojo. Geográficamente contacta al NE con la Formación Alhambra y se extiende al NW y SW adentrándose en la vega granadina. Su forma es bastante irregular. La hemos denominado "Zona Geotécnica B", y es una de las tres zonas que presenta substrato granular en el casco urbano.

Presentamos a continuación el modelo de columna estratigráfica considerada como más probable para esta zona y que llamamos "columna típica estimada":



Material de relleno

Arcillas y limos algo arenosos con pequeñas intercalaciones granulares

Gravas, arenas y bolos con matriz areno-limosa e intercalaciones en algunos casos de niveles limo-arenosos.

En último lugar trataremos la interpretación y análisis de todos los datos de los ensayos de los sondeos. Nuestro estudio atañe en un principio al material limoso que constituye por sí solo la Unidad Geotécnica intermedia de arcillas y limos, así como el que aparece en el relleno y el que forma la matriz del material granular, para luego centrarnos en el substrato gravoso.

Eliminaremos al hacer la estadística aquellos valores de los sondeos que, aún perteneciendo a nuestro marco físico, sufran por cualquier causa una alteración explicable y en consecuencia influyan negativamente en los datos numéricos que deseamos obtener como conclusión.

Este proceso de eliminación de valores lo hemos denominado "análisis y proceso de depuración de las columnas estratigráficas".

Para el análisis geotécnico hemos escogido los valores de SPT, L.L., I.P., muestra inalterada, humedad natural, resistencia a la compresión simple, densidad seca, grado de cohesión media y ángulo de rozamiento interno, siempre que haya sido posible obtenerlos en el informe correspondiente. Todos ellos han sido sometidos al proceso de depuración, el cual se comentará en cada caso.

Los valores disponibles de los ensayos de campo y laboratorio que se tienen de las capas de relleno son de poca fiabilidad, al ser material de vertido y constituir el nivel más superficial, por lo que fácilmente puede estar alterado.

COLUMNA TIPO ESPERADA

Antes de realizar el estudio de los datos obtenidos de los ensayos de los sondeos, vamos a intentar establecer una columna que pensamos es representativa de la zona.

Nos basamos para ello en la información que obtenemos de las columnas estratigráficas de los sondeos geotécnicos. Analizando estas columnas se comprueba la

aparición repetidas veces de lo que podemos llamar "columna tipo esperada", constituida de arriba a abajo por material de relleno, una capa de finos limo-arcillosos y un substrato de naturaleza granular. Como apoyo en la elaboración de esta "columna tipo" consideramos también los fenómenos producidos por la influencia de elementos circundantes, que en nuestro caso concreto son los cauces fluviales.

El hecho de que la ciudad se encuentre asentada al pie de Sierra Nevada (una de las cordilleras montañosas más importantes de la Península Ibérica), influye de forma decisiva en las características geológicas, climáticas, aspectos hidrológicos, etc., que se presentan en la zona de estudio. Consecuentemente, contribuye a una geotecnia muy caracterizada por tales condiciones.

La zona que nos ocupa pertenece a la zona baja de la ciudad, donde afloran los materiales más recientes de toda la depresión granadina (Holoceno(cuaternario)). Se trata de depósitos típicos aluviales representados por una alternancia irregular de gravas, arenas, limos y arcillas de proporciones variables de unos sectores a otros. Generados estos depósitos a partir de los ríos que concurrían en el sector, la secuencia litológica prevista en los distintos puntos de la ciudad está muy condicionada por la cercanía a los diferentes cauces que la atraviesan: Beiro, Darro y Genil, y sin duda alguna, influenciada por el Dilar y el Monachil.

Si bien las características geotécnicas de estos depósitos son similares tanto si provienen del Genil como del Darro, el material fino que acompaña a los depósitos granulares más gruesos tendrá una coloración diferente según su procedencia. Si procede de los arrastres del Darro será marrón-rojiza (Conglomerado Alhambra), mientras que si son del Genil, la coloración será grisácea (macizo Nevado-Filábride).

En épocas relativamente recientes, con climas más extremos que el actual, se producían frecuentes arroyadas de los ríos que llegaban más o menos encauzados por los valles hasta las inmediaciones de la ciudad, en donde con el cambio de pendiente, se expandían lateralmente por toda la depresión de Granada.

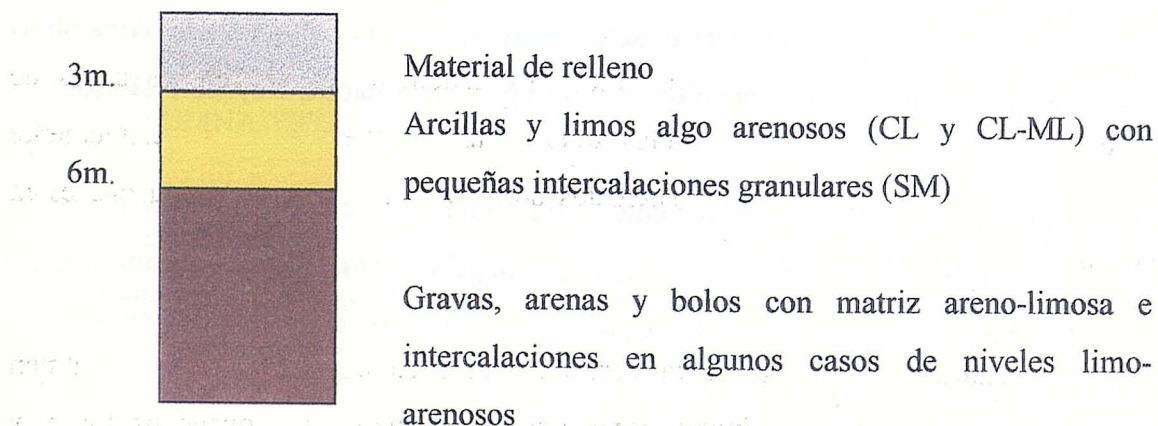
Se establecía entonces un gradiente vertical y lateral en la deposición de los distintos materiales:

- En posiciones más próximas al área madre y más cercanas a los cauces antiguos abundan los depósitos gruesos; gravas, arenas, cantos e incluso bolos y bloques.
- En posiciones más distales, los depósitos característicos son predominantemente arenosos y arcillo-limosos. Son frecuentes, sin embargo, las interdigitaciones y superposiciones de materiales gruesos y finos como consecuencia de las diferentes variaciones de los regímenes fluviales.

Esta es la principal y más importante causa de que algunos de los valores obtenidos en los ensayos geotécnicos no sean representativos de los limos, puesto que con mucha asiduidad los encontramos mezclados con arenas, gravas e incluso bolos y cascotes. Es en este momento cuando aplicamos el "análisis y proceso de depuración de las columnas estratigráficas".

Dentro de las irregularidades estratigráficas correspondientes a esta zona, consecuencia de los tipos de depósito y de la evolución urbanística, la serie que entendemos como más característica es la siguiente:

Profundidad en m.



Los valores de las profundidades no tienen una significación muy específica. Concretamente, el espesor del nivel superior varía de 1 a 3 m. pero incluso existen sondeos donde el relleno alcanza los 5 m. de profundidad.

El muro de la capa de arcillas y limos oscila entre los 3 y 6 m. de profundidad alcanzando puntualmente los 10 m.

La potencia de la grava no se ha llegado a estimar, puesto que ninguno de los sondeos ha alcanzado el muro del material grueso. Por otro lado creemos que dicha potencia es lo suficientemente grande como para soportar cualquier acción gravitatoria de las construcciones que existan.

Hemos señalado que en un principio nuestro análisis estadístico se va a centrar en el material limoso.

La capa inmediatamente superior a la granular la constituyen, de forma general, los limos y arcillas, que como ya hemos indicado tienen su origen en sedimentos depositados en épocas de inundación. Pero los limos no se restringen únicamente a esta capa.

Podemos encontrar material fino constituyendo la matriz intergranular del nivel grueso; ambos materiales serían de igual naturaleza al proceder del mismo lugar de origen.

La explicación más satisfactoria de este fenómeno es que en las capas de material grueso quedan unos espacios intergranulares que son lo suficientemente pequeños como para que no sean rellenados por el material granular de la que están constituidas.

La matriz intergranular se formará en épocas en las que los ríos se calmen porque envejecen, o bien por inundaciones que hacen que el agua quede sin fuerza y deposite el material fino.

Podemos hablar también de la posible existencia de intercalaciones de capas limosas en las graveras. La razón es que pueden formarse bien por algún obstáculo de gran tamaño en el curso del río, como puede ser un tronco, un pequeño dique natural, o bien por un meandro formado por la corriente. Estos obstáculos hacen que el río pierda fuerza y deposite el material fino. Ahora bien, las bolsas o capas de limos no se extenderán más allá de la influencia que hayan tenido estos elementos que obstaculizan el curso normal del río.

ARCHIVOS

La información geotécnica con la que trabajamos se ha obtenido de los informes de la empresa Geotécnica del Sur S.A. dedicada a estos menesteres.

En todos los casos los datos son reales y se utilizaron en su momento para llevar a cabo obras de cimentación.

Por lo que a nosotros respecta y debido a las limitaciones que nos impone la zona estudiada, hemos manejado 43 informes geotécnicos, con una media de 3 sondeos por informe lo que resulta en 132 sondeos en total.

Como preámbulo a este apartado introducimos en primer lugar una tabla resumen de los informes geotécnicos indicando: número, localización, referencia (respecto a los archivos de Geotécnica del Sur S.A.), nº de sondeos por informe y fecha.

Durante el periodo en el que se ha elaborado este trabajo, se han realizado diversos informes geotécnicos en diferentes zonas del casco urbano de Granada. Alguno de estos informes se ubica en nuestra zona de estudio.

Sus datos no se han podido incluir en el tratamiento estadístico, pero sí los referiremos en la "tabla resumen de los informes geotécnicos".

Presentamos a su vez un cuadro que hemos denominado " Cuadro General", donde se refleja el cómputo de todos los valores de los ensayos que se tendrán en cuenta.

Por último hacemos constar que todos los impresos con los datos de cada uno de los sondeos los incluimos en tres tomos, que se adjuntan por separado de esta memoria. La causa es el gran espacio que ocupa el volumen de información.

En estos tres tomos se incluyen los sondeos de todos los informes geotécnicos realizados en el casco urbano de la ciudad de Granada, y no solo los de la zona

Geotécnica B, que centra nuestro estudio.

TABLA RESUMEN DE LOS ESTUDIOS GEOTECNICOS

<u>REFERENCIA</u>	<u>LOCALIZACION</u>	<u>Nº SONDEOS</u>	<u>FECHA</u>
IG-102	Arabial-Cañaveral	6	May.72
IG-107	Gran Capitán-Alonso Cano	3	Nov.72
IG-112	Av.J.Antonio-Duende	1	Jun.72
IG-125	P.A.Alarcón-Marqués D.Gonzalo Azorín	3	Dic.73
IG-127	Cl/de Gracia	2	Nov.72
IG-145	Ctra. de Málaga	5	Mar.73
IG-199	Paseo del Salón	3	Nov.73
IG-201	Paseo de Ronda	2	Nov.73
IG-272	Gral.Narvaez - Solarillo Gracia	7	Ene.75
IG-284	Carril del Picón	2	Mar.75
IG-319	Aparc.Subterráneo Av.Jose Antonio	11	May.74
IG-339	Gran Vía-Postigo Velutti	2	Feb.76
IG-352	Capuchinos-Cárcel Baja	2	Abr.76
IG-383	San Antón-Alhamar	3	Oct.77
IG-395	Carril del Picón	4	Jul.77
IG-472	Alminares del Genil	3	Sep.78
IG-495	Santa Clotilde - Almenilla	2	Abr.79
IG-502	Plaza Menorca	3	Jul.79
IG-509	Colegio Sagrada Familia	4	Sep.79
IG-534	Paseo de la Bomba - Cuesta Escoriaza	3	Feb.80
IG-567	Camino de Ronda	5	Sep.80

IG-584	Paseo de los Basilios	4	Ene.81
IG-594	Cl/Prof.Albareda	3	Abr.81
IG-637	Hospital San Juan de Dios	2	Ene.82
IG-669	Prof.Albareda - Callejón del Pretorio	2	Jun.82
IG-673	Manuel de Falla	3	Jul.82
IG-678	Buensuceso	2	Jul.82
IG-730	Plaza Campillo - Carrera del Genil	2	Jul.83
IG-749	San Juan de Dios	2	Feb.84
IG-754	Camino Purchil (Policia municipal)	4	Mar.84
IG-800	Camino del Cañaveral	2	Mar.84
IG-807	Elvira-Almineceros	3	Oct.85
IG-852	Inst.Bachillerato Huerta del Rasillo	2	Jul.85
IG-860	"Caseria de Montijo"	2	Sep.85
IG-877	Mercado San Agustín	3	Oct.85
IG-970	Pz.Santo Domingo	2	Sep.87
IG-993	Catedral	3	Dic.87
IG-1014	Recogidas (ONCE)	2	Oct.88
IG-1111	Nueva de la Virgen	1	May.89
IG-1124	Tendillas-Niños Luchando	2	Jul.89
IG-1133	Mercado San Agustín	2	Jul.89
IG-1184	Arandas	2	Enr.90
IG-1207	Callejón del Pretorio	2	May.90
144	Arabial(junto Hipercor)	2	Oct.90

CUADRO GENERAL

Refleja el cómputo de todos los valores de los ensayos que se tendrán en cuenta.

RESUMEN ARCHIVO DE LOS ENSAYOS DE CAMPO

. nº de puntos de sondeos.....	123
. nº de ensayos SPT (limos).....	113
. nº de ensayos SPT (gravas).....	192

RESUMEN ARCHIVO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

. Nº de estudios geotécnicos	43
. Límites de Atterberg	227
. Muestra inalterada	38
. Grado de cohesión media	3
. Ángulo de rozamiento interno	24
. Humedad natural del terreno	54
. Densidad seca	51
. Rotura a compresión simple	54
. Análisis granulométricos (limos).....	385
. Análisis granulométricos (gravas).....	185
. Ensayos de carbonatos	5

IMPRESOS CON LOS DATOS REALES DE LOS SONDEOS ENSAYOS

De forma aleatoria se han recogido todos los valores de SPT, L.L. e I.P., humedad natural, rotura a compresión simple, densidad seca, grado de cohesión media, ángulo de rozamiento interno y muestra inalterada. En el caso de los seis últimos, siempre que haya sido posible tallar la muestra.

En materiales puramente cohesivos o asimilables es fundamental la extracción de muestras intactas del terreno, a fin de determinar en el laboratorio su humedad, densidad y demás características físicas y mecánicas.

Estos resultados se exponen en cuadro para mayor facilidad de manejo.

Señalar que los límites de Atterberg (obtenidos a partir de la fracción fina), se han dividido en tres grupos:

- El primero incluye los valores de L.L. e I.P. de todos los limos, sea cual sea su clasificación (CL, CL-ML, ML, SM, no plásticos...).
- Un segundo grupo recoge los valores correspondientes a los limos de la clase CL.
- En la tercera agrupación se registran los valores de los limos de la clase CL-ML.

El obrar de este modo nos ha parecido lo más correcto ya que los limos más representativos son los mencionados CL y CL-ML.

NOTA: Aunque CL significa arcilla de baja plasticidad, desde el punto de vista mecánico-geotécnico podemos considerar su comportamiento asimilable a los limos, ya que el límite (granulométrico) entre arcilla y limo no está definido. Trabajamos con arcillas limosas y limos arcillosos.

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE SPT EN LIMOS

7	12	21	22	21	17	3	7	7	17	3
20	10	7	19	13	23	14	12	5	6	6
11	15	5	5	10	9	10	13	13	6	4
5	15	12	10	12	17	12	4	26	16	21
8	4	18	15	36	65	8	61	10	22	48
30	15	27	13	3	19	49	13	10	15	20
13	R	12	37	6	7	12	8	11	8	11
11	11	8	5	20	17	16	10	5	16	34
14	5	8	14	10	16	10	15	12	7	7
10	18	6	29	14	6	10	5	6	28	13
9	11	53								

TOTAL = 113 datos

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE SPT EN GRAVAS

R	R	55	R	50	R	60	R	R	R
R	30	R	R	26	41	R	R	R	R
R	76	R	R	62	60	60	R	R	R
R	R	R	R	46	R	R	35	R	R
27	R	R	35	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	84	89
R	R	52	R	R	R	46	R	R	R
R	47	44	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	R	58
64	96	73	79	68	R	R	R	R	R
83	R	R	R	50	47	R	44	R	46

56	R	40	50	R	R	R	R	R	R
R	56	76	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	77	R	R	R	94	R	R
R	32	R	R	R	R	R	R	R	R
R	R	44	56	R	R	47	R	R	R
R	R	68	R	R	R	R	R	42	59
R	R	50	54	R	R	68	44	R	R
R	R								

TOTAL = 192 datos

**BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS LÍMITES
LÍQUIDOS E INDICES DE PLATICIDAD DE LOS LIMOS EN
GENERAL**

L.L.

26.8	26.6	21.2	20	30	19.7	30	23	23
26	22	28	27	24	26	24	25.2	28.3
24.4	26.3	18	17	25.6	32.5	33.1	32.3	34.5
21.8	28.6	27.1	25.1	25.2	27	28	35	55
43	22	27	27	22.8	33.5	40.1	23.9	33
31	25	34	33	30	42	46	42	42
32	22	32	33	33	40	38	27	26
26	30	34	27.2	26.5	31	27.5	22.2	27.2
26.1	28.9	38	23.8	26	27.9	31.3	30.5	17
26.8	24.7	27.6	19	25.3	25.4	25.5	28.7	30.3
29.5	23.5	29.1	21.3	19.9	24	28.3	30.3	29

26	26.3	32.7	37	28	36	31	26.8	26.7
31.1	27.2	25.7	25.9	27.6	26.7	30.9	23.5	25.6
27.9	27.8	21.8	43.8	26	24.5	23.5	19.3	27.8
24.6	26.9	29.6	25	24.2	24.8	20.6	28.2	26.5
26.7	27.2	26.2	24.5	25.6	18.7	29.7	25.3	27.2
32.7	24.7	22.7	26.5	23.8	23.5	22.7	22.7	21.3
19	23	26	34	27	35	34	26	25
28	24	26	22	24				

TOTAL = 167 datos

I.P.

9.7	11.2	5.7	6	15	3.7	9	5	5
5	8	5	10	8	5	3	6	0
0	0	0	0	4	1.3	8	13.6	14.7
16.8	16.3	14.4	6.8	8.9	8.1	6.5	6.3	10
10	14	30	14	18	11	12	14	8.6
12.4	21.4	8.1	14	8	11	4	16	0
11	17	22	17	20	15	15	10	19
14	8	18	16	7	7	13	7	11
8	12.5	12.7	16.9	13.5	8.5	13.1	12.3	12.2
14.4	11.3	9.9	13	13.3	9.5	9.1	7	8.8
8.9	9.5	7.4	3.7	7.2	6.7	7.3	11.2	13.6
13.8	8.4	6.2	10	3.3	5.1	7.9	7.3	10.8
8.6	7.9	14.7	7.7	6.5	7.4	10.1	5.1	8.5
6.1	10.5	7.6	19	7.6	9	6.4	4.9	6.9
5.7	8.2	7.3	8.5	9.2	8.7	5.2	7.3	7.9
7.4	7.1	8.1	6.3	6.4	1.5	7.5	9.3	8.7
15.9	7.2	7.5	7.6	3.7	5.2	4.5	4.3	3.3

12	5	8	13	8	18	11	8	8
7	6	6	0	7	7.2	12	5	8
13	8	18	11	8	8	7	6	6
7								

TOTAL = 227 datos

NO PLASTICOS (NP) = 60

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS LÍMITES LÍQUIDOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS LIMOS TIPO CL

36	32	34	30	42	46	42	42	26.7
26.8	24.7	27	28	35	55	37	43	22
27	27	40.1	23.9	33	31	20	30	32.5
33.1	32.3	34.5	32.7	28.6	27.1	34	35	34
24	28.7	30.3	31.1	29.1	21.3	30.3	25.7	30.9
27.8	43.8	24.5	25	24.2	24.8	20.6	18.7	25.3
32.7	33	40	38	31	30	34	27.2	26.5
31	27.5	22.2	27.2	26.8	26.1	28.9	38	23.8
26	27.9							

TOTAL = 74

I.P.

15	15	16	11	17	22	17	20	8.8
8.9	9.5	10	10	14	30	14	18	11
12	14	21.4	8.1	14	11	6	9	13.6
14.7	16.8	16.3	14.4	8.9	8.11	13	18	11

7	11.2	13.6	13.8	10	3.3	10.8	14.7	10.1
10.5	19	9	8.5	9.2	8.7	5.2	1.5	9.3
15.9	14	18	16	13	11	8	12.5	12.7
16.9	13.5	8.5	13.1	12.3	12.2	14.4	11.3	9.9
13	13.3							

TOTAL = 74

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS LÍMITES
LÍQUIDOS E ÍNDICE DE PLATICIDAD DE LOS LIMOS TIPO CL-
ML

22	32	27	26	26	17	22.8	28
31.3	30.5	26.8	26.6	21.2	30	23	23
26	26	22	28	27	24	24	18
17	25.3	25.4	25.5	29.5	23.5	19.9	24
28.3	29	23.5	19.3	27.8	24.6	26.9	28.2
26.5	26.7	27.2	26.2	25.6	21.8	25.1	25.2
23	26	27	26	28	24	26	27.6
19	27.2	25.9	25.6	26	27.6	26.7	23.5
27.9	21.8	24.5	25.6	29.7	27.2	26.2	23.8
23.5	22.7	22.7	21.3	24.7	29.6		

TOTAL = 79

I.P.

10	19	7	7	7	7	8.6	8
9.7	11.2	5.7	15	5	5	5	8
8	5	6	4	1.3	7.2	6.7	7.3
5.1	7.9	7.3	8.6	6.4	4.9	6.9	5.7
7.3	7.9	7.4	7.1	8.1	8	6.8	6.5
8	8	8	7	6	6	7.4	3.7
8.5	7.6	6.5	7.4	5.1	6.1	7.6	6.3
8.7	7.6	3.7	5.2	4.5	4.3	3.3	7.2
9.5	5	8.4	8.2	6.3	7.9	6.4	7.5
9.1	10	6.2	7.3	5	7.7	7.5	

TOTAL = 79

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE MUESTRA INALTERADA (A PERCUSIÓN)

26	13	8	15	20	15	19	20
24	12	36	20	22	21	26	38
20	10	11	8	12	14	22	21
16	15	13	11	17	26	25	11
11	23	18	15	24	15		

TOTAL = 38

**BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS
ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE**

HUMEDAD (W%)

20	20	10.6	23.4	20	20	21	17
17	22	19	14	17	21.6	14.5	20
17	21	22	20	24	14	19	18
16.4	23.4	16.3	22.8	21.6	20.8	14	21
22	24.7	26	21	29	19	22	20
24	19	20	22	18	20	20	13
18	12.4	13.5	13	14	14		

TOTAL = 58 datos

DENSIDAD SECA

1.9	1.8	1.75	1.79	1.63	1.75	1.64	1.72
1.6	1.7	1.74	1.73	1.77	1.79	1.79	1.4
1.7	1.9	2	1.8	1.8	1.84	1.73	1.74
1.6	1.7	1.7	1.7	1.87	1.6	1.77	1.42
1.46	1.76	1.68	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6
1.7	1.88	1.77	1.79	1.69	1.9	1.96	1.7
1.9	2.07	1.92					

TOTAL = 51 datos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (Qu)

0.7	1.4	1.5	1.7	1.2	1.3	1.2	0.9
1	0.6	0.8	0.7	0.5	0.9	1.2	2.5
0.5	0.6	0.4	1.5	1.4	0.9	1.3	0.44
0.2	0.5	0.25	0.7	1.06	0.94	0.25	0.7
0.5	1.4	1	1.5	0.4	0.6	1	1.78
0.86	1.27	1.16	1.1	0.8	0.4	1.4	2.1
0.4	0.2	0.23	0.5	0.8	0.8		

TOTAL = 54 datos

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

COHESIÓN (C)

0.4	0.2	0	0	0.1	0.3	0.25	0.25
0	0	0.2	0.2	0.25	0.2	0.2	0.2
0.6	0	0	0.2	0.2	0.15	0	0
0.2	0.1	0.2	0	0.15	0.1	0.2	0.1
0.2	0.5	0.4	0.6	0.1			

TOTAL = 37 datos

ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (ϕ)

25	24	23	20	30	29	23	27
22	24	25	22	20	23	29	30
18	29	21	27	25	24	38	36

TOTAL = 24 datos

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE
CARBONATOS

Unicamente se dispone de 5 datos. Son los siguientes:

IG-272	10% de carbonatos
IG-339	Muestra I ----- 34%
	Muestra II ----- 14.8%
	Muestra III ----- 28.8%
IG-352	23%
IG-749	Existen nódulos de carbonato

CONSTRUCCION DE UN BANCO DE DATOS GEOTECNICO URBANO:

Análisis de datos y depuración de ensayos de laboratorio y campo.

Una vez recopilados todos los datos de los ensayos, aplicamos el análisis y proceso de depuración. Es decir, eliminaremos aquellos valores de los ensayos geotécnicos que, aún perteneciendo físicamente a nuestro marco de estudio, no sean representativos de los limos o de las gravas.

Las causas pueden ser diversas: interdigitaciones y superposiciones de material, influencia de cauces fluviales, acción del hombre y evolución urbanística, etc.

A continuación presentaremos cada uno de los ensayos con sus correspondientes cuadros depurados de valores, histograma de valores y características estadísticas. Se intentará relacionar en la medida de lo posible, los resultados de todos ellos, con el fin de obtener conclusiones satisfactorias.

**ANÁLISIS Y DEPURACIÓN DE DATOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO
Y LABORATORIO : LIMOS**

**PROCESO DE DEPURACION DE LOS ENSAYOS STANDARD DE
PENETRACIÓN (SPT) REALIZADOS**

Partimos de un "Banco" con 113 datos obtenidos de aplicar el ensayo standard de penetración (SPT) a la capa de finos limo-arcillosos.

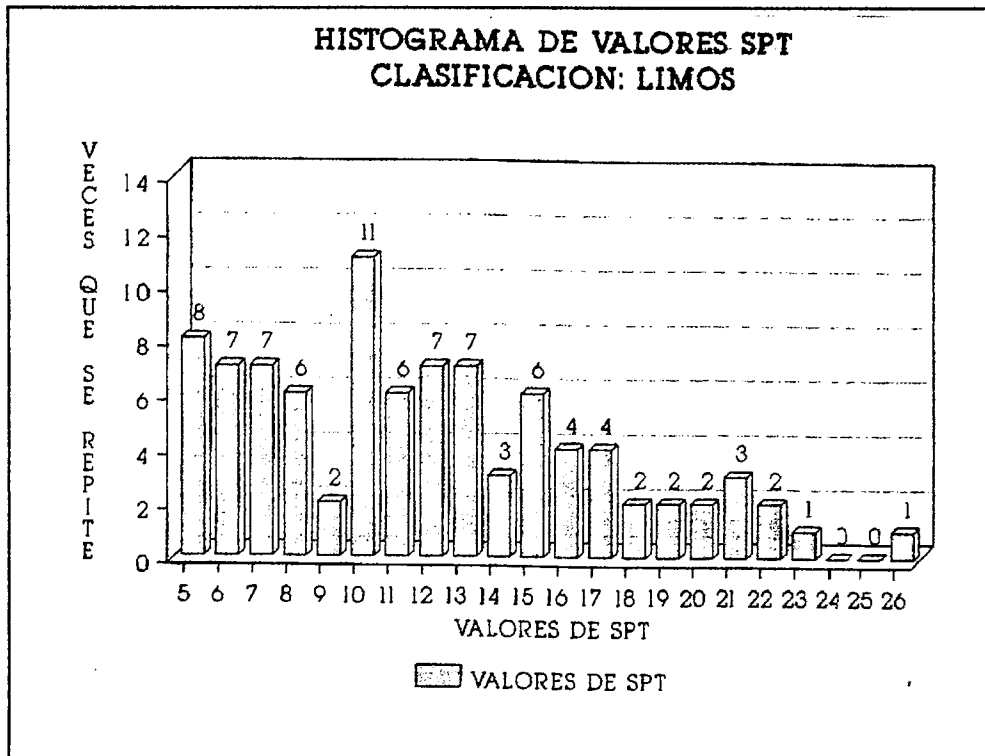
En un primer proceso de depuración de la información, rechazamos aquellos valores superiores e inferiores a SPT=26 y SPT=5 respectivamente (ambos datos no se incluyen). En consecuencia, disponemos de un cuadro resumen como el presentado a continuación:

Cuadro resumen depurado del ensayo de SPT en finos (limos - arcillas)

7	21	12	22	21	17	7	7
6	20	10	7	19	13	23	14
5	6	6	10	11	15	5	5
9	10	13	13	6	5	5	15
10	12	17	12	16	21	6	8
15	8	10	22	15	13	19	13
15	20	13	13	12	6	7	12
11	8	11	9	11	11	8	5
17	16	10	5	16	11	14	5
14	10	16	10	15	12	7	7
18	6	14	26	17	12	10	12
18	10	8	20	8	10		

TOTAL = 94 datos.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 26

Valor mínimo = 5

Media aritmética = 15.50

Desviación típica = 6.34

Suma total = 341

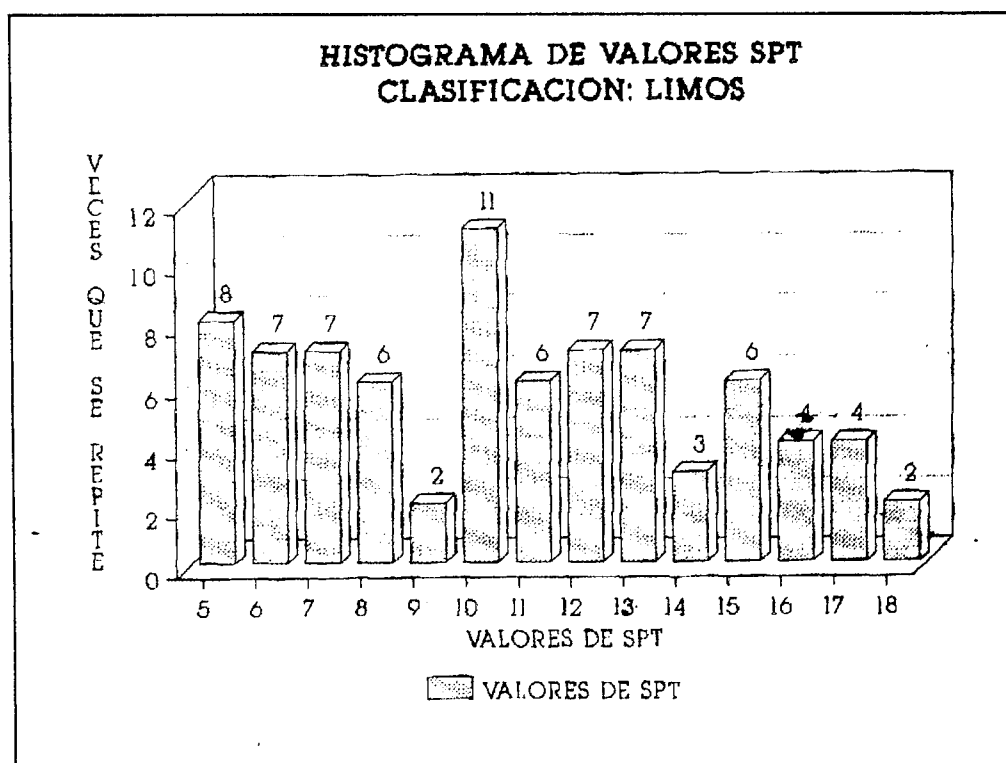
Varianza = 40.25

De las propiedades estadísticas se deduce que la media aritmética = 15.5 no coincide con el valor más común o valor que se presenta con mayor frecuencia, conocido como moda, y que en nuestro caso corresponde a 10.

La causa se encuentra en la gran dispersión de valores que existe en el histograma.

En un segundo proceso de depuración acotamos los valores superiores a un SPT 18, por considerar que corresponden a limos con influencia de material granular, no siendo en ningún caso representativos de la compacidad general de los limos.

HISTOGRAMA DE VALORES

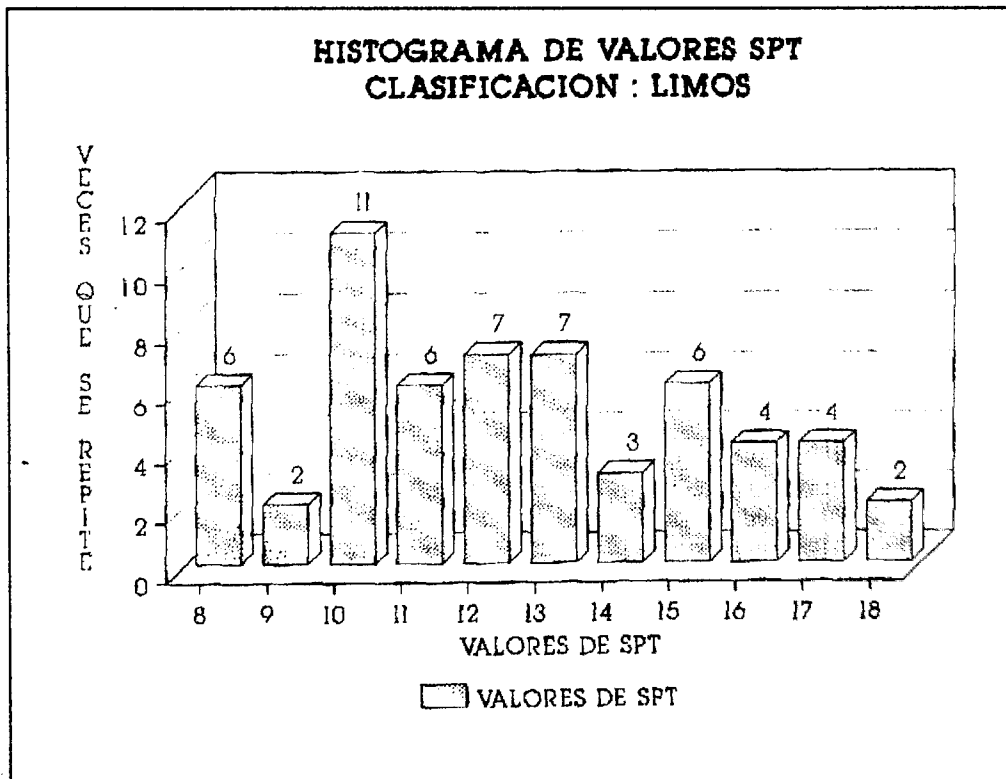


Características estadísticas

Valor máximo = 18 Valor mínimo = 5 Media aritmética = 11.5
Desviación típica = 4.03 Suma total = 161 Varianza = 16.25

En este caso se observa que las dos medidas de centralización, moda y media aritmética, corresponden a valores más próximos que en el caso anterior. En el tercer proceso de depuración trabajamos solo con los valores de SPT comprendidos entre 8 y 18, al considerarlos los más significativos de las capas limo-arcillosas.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 18

Valor mínimo = 8

Media aritmética = 13

Desviación típica = 3.16

Suma total = 143

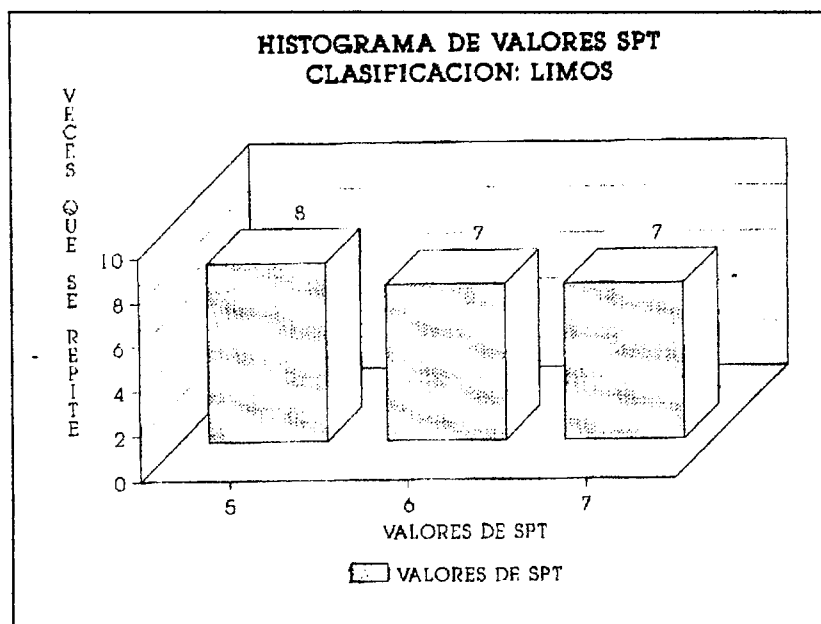
Varianza = 10

Se comprueba que la moda y la media aritmética vuelven a estar más separadas.

En la última aplicación del proceso de depuración, acotamos todos los valores excepto los correspondientes a SPT = 5, 6 y 7.

Hemos querido separar y comentar estos valores de SPT tan bajo porque son los que se asignan a los limos más compresibles, con una capacidad de asentamiento doble que los limos con SPT = 12.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 7	Valor mínimo = 5	Media aritmética = 6
Desviación típica = 0.82	Suma total = 18	Varianza = 0.67

De las características estadísticas se comprueba que existe igual probabilidad de que salga cualquiera de estos tres valores, ya que la frecuencia con que aparecen es prácticamente la misma, lo que se corresponde con la desviación típica baja e igual a 0.82.

CONCLUSIONES

De los ensayos estandar de penetración efectuados sobre la capa de finos limo-arcillosos, se concluye que el estado de consistencia de estos materiales varía entre blanda y rígida. Los valores de los resultados de los ensayos SPT oscilan entre $N=3$ a $N=65$, considerando que el valor más característico es $N=10$. Excepcionalmente se ha obtenido algún rechazo, aunque este valor anómalamente alto corresponde a niveles muy locales con un alto contenido en material grueso. Dichos niveles representan las intercalaciones granulares tan frecuentes y características de los depósitos típicos aluviales. En ningún caso valores tan elevados son representativos de la compacidad real de los suelos finos.

Para las columnas depuradas, los valores de SPT oscilan entre $N=5$ y $N=26$.

Hay que llamar la atención en lo referente al estado higrométrico. Este influye considerablemente en la consistencia del material, hasta el punto de que cuando las humedades son elevadas los valores de N pueden oscilar entre 3 y 6. Esta circunstancia se da en algunos casos aunque no exista nivel freático, de hecho, en ninguno de los sondeos efectuados hay presencia de agua.

Presentamos a continuación una gráfica donde se relacionan los dos parámetros mencionados:

SPT versus W (%)

Representando SPT en ordenadas y W en abscisas, se comprueba que existe una correlación de modo que podemos realizar un análisis de regresión lineal. Partimos de la fórmula $Y = A + BX$ (1) y calculamos:

$$A = \text{término constante} \quad A = \frac{\sum y - B \sum x}{n} \quad (2)$$

$$B = \text{Coef. de regresión} \quad B = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3)$$

$$r = \text{Coef. de correlación} \quad r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad (4)$$

La fórmula (1) la aplicamos para hallar las humedades (x) que corresponderían a los distintos SPT, una vez calculados los términos A y B de dicha fórmula.

A su vez, mediante tratamiento automático elaboramos las curvas correspondientes a:

1.- La correlación lineal donde se consideran todos los datos manejados en nuestros informes, que denominamos Correlación lineal total.

2. - La correlación lineal solo de los valores intermedios de la nube de datos y que se corresponde con la llamada Correlación de la curva media.

3.- La correlación lineal de los valores más bajos de SPT y W, que llamamos Correlación de la curva mínima.

4.- La correlación lineal correspondiente a los valores más altos de SPT y W, que llamamos Correlación de la curva máxima.

Por otro lado hacemos constar que los resultados de los ensayos de los sondeos correspondientes a los informes 637 y 272 no los hemos incluido en nuestro gráfico. Las causas son las siguientes:

- Del estudio del informe 272 se desprende que los valores de SPT son excepcionalmente altos en los limos. Se debe a la existencia de bolos erráticamente distribuidos, restos de cimentaciones antiguas, costras de exudación, etc, lo que origina un suelo formado por una mezcla de materiales.
- Igualmente, los valores de SPT de los sondeos del informe 637 son anómalamente elevados para las humedades que le corresponden, de modo que este dato no entraría en correlación en nuestra recta de regresión.

Analizando estos sondeos se comprueba que los límites líquidos son muy altos (\approx L.L.= 40), de manera que a estas muestras no les afecta la humedad y en consecuencia dicha humedad puede ser elevada para el valor correspondiente de SPT. Dicho de otro modo, el campo de vida de los materiales del informe 637 es muy amplio, puesto que la separación entre el L.P.= 24, 25, 22, 21, 17 y el L.L.= 46, 42, 42, 36, 32 es muy grande y así, el tramo en el cual existe la muestra en sus condiciones normales.

Tomando como media un L.L.= 40 y un I.P.= 22, la muestra 637 tiene una vida de 18 puntos, puesto que colapsa por encima de L.L.= 40 volviéndose líquida y permanece plástica si no rebasa el L.P.= 22.

En el gráfico SPT – W(%), las curvas correspondientes a la correlación mínima y máxima tienen un campo de vida de 2 y 10 puntos respectivamente. Al ser más reducido el campo de vida, la humedad si afecta a las muestras.

La aplicación práctica del gráfico de correlación lineal SPT – W es casi inmediata: conociendo los límites de Atterberg de las muestras, es decir, la distancia

entre el L.L. y el L.P. y conociendo las humedades, podemos calcular con el gráfico los valores de SPT y de este modo saber cual es el módulo de Young (E), los asientos admisibles y la carga admisible por asientos, hasta conocer las condiciones de cimentación.

Además de la gráfica "Correlación lineal SPT-W", adjuntamos los resultados del "análisis de regresión" que hemos obtenido mediante tratamiento automático. Estimamos que un valor de coeficiente de correlación por encima de 0.7 es aceptable. Cuando los valores son inferiores a esta cifra no debemos considerar correlación. En nuestro caso $r = 0.8$.

CORRELACION LINEAL TOTAL: SPT - W
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
17	10	289	100	170
17	11	289	121	187
16	10	256	100	160
15	12.5	225	156.25	187.5
14	14	196	196	196
14	14.5	196	210.25	203
13	10.6	169	112.36	137.8
13	14	169	196	182
13	14.5	169	210.25	188.5
12	12.5	144	156.25	150
12	16.4	144	268.96	196.8
12	20	144	400	240
11	14.5	121	210.25	159.5
11	18	121	324	198
11	20	121	400	220
11	21.9	121	479.61	240.9
11	22	121	484	242
10	13	100	169	130
10	14	100	196	140
10	19	100	361	190
10	23.4	100	547.56	234
9	20	81	400	180
8	20	64	400	160
7	20	49	400	140
7	22	49	484	154
7	25.1	49	630.01	175.7
6	22.7	36	515.29	136.2
5	20	25	400	100
3	22.7	9	515.29	68.1
3	25.1	9	630.01	75.3

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresion:

Constante	28.32936 = A
Err Std de Y Est	2.835952
R. al cuadrado	0.649097 = r2
N. de Observaciones	30
Grados de Libertad	28

Coefficiente(s) X	-1.02667 = B
Err Std de Coef.	0.142656

CORRELACION LINEAL TOTAL: SPT - W
ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
HUMEDAD = W(%)

=====

CALCULO DE LA FORMULA

=====

Y = A + BX
Y = HUMEDAD (%)
A = CTE.
B = COEF. REGRESION
X = SPT

=====

X	Y
3	25.25
4	24.22
5	23.20
6	22.17
7	21.14
8	20.12
9	19.09
10	18.06
11	17.04
12	16.01
13	14.98
14	13.96
15	12.93
16	11.90
17	10.88

=====

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MAXIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
12	20	144	400	240
11	20	121	400	220
11	21.8	121	475.24	239.8
11	22	121	484	242
10	23.4	100	547.56	234
7	25	49	625	175

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante 32.32173 = A
 Err Std de Y Est 0.973786
 R al Cuadrado 0.800296 = r2
 N. de Observaciones 6
 Grados de Libertad 4

Coficiente(s) X -0.99565 = B
 Err Std de Coef. 0.248682

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MAXIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = HUMEDAD
 A = CTE.
 B = COEF. REGRESION
 X = SPT

X	Y
7	25.35
8	24.36
9	23.36
10	22.37
11	21.37
12	20.37

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MINIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
13	10.6	169	112.36	137.8
12	12.5	144	156.25	150
11	13	121	169	143
11	14.5	121	210.25	159.5
10	13	100	169	130
10	14	100	196	140
5	20	25	400	100
3	22.7	9	515.29	68.1

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante 25.89039 = A
 Err Std de Y Est 0.822057
 R al Cuadrado 0.965966 = r²
 N. de Observaciones 8
 Grados de Libertad 6

Coficiente(s) X -1.15764 = B
 Err Std de Coef. 0.088709

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MINIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = HUMEDAD
 A = CTE.
 B = COEF. REGRESION
 X = SPT

X	Y
3	22.42
4	21.26
5	20.10
6	18.94
7	17.79
8	16.63
9	15.47
10	14.31
11	13.16
12	12.00
13	10.84

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MEDIA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
17	10	289	100	170
17	11	289	121	187
16	10	256	100	160
15	12.5	225	156.25	187.5
14	14	196	196	196
14	14.5	196	210.25	203
13	10.6	169	112.36	137.8
13	14	169	196	182
12	14.5	144	210.25	174
11	16.4	121	268.96	180.4
10	18	100	324	180
9	19	81	361	171
8	20	64	400	160
7	20	49	400	140
7	20	49	400	140
6	22	36	484	132
3	22.7	9	515.29	68.1
10	25.1	100	630.01	251

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante	27.88994 = A
Err Std de Y Est	2.272878
R al Cuadrado	0.778738 = r2
N. de Observaciones	18
Grados de Libertad	16

Coeficiente(s) X	-1.02831 = B
Err Std de Coef.	0.137032

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MEDIA
ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
HUMEDAD = W (%)

=====

CALCULO DE LA FORMULA

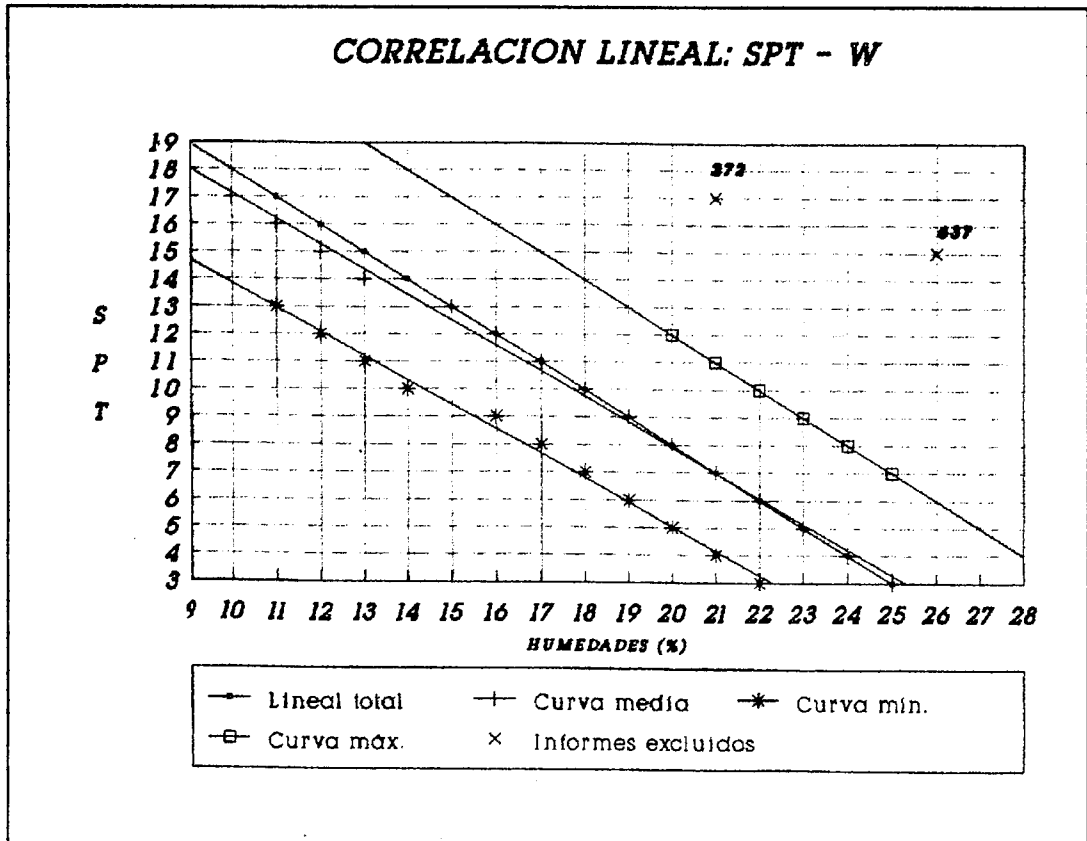
=====

Y = A + BX
Y = HUMEDAD (%)
A = CTE.
B = COEF. REGRESION
X = SPT

=====

X	Y
3	24.81
4	23.78
5	22.75
6	21.72
7	20.69
8	19.66
9	18.64
10	17.61
11	16.58
12	15.55
13	14.52
14	13.49
15	12.47
16	11.44
17	10.41

=====



**PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORES DE LOS LIMITES DE
ATTERBERG (L.L. e LP): LIMOS EN GENERAL**

LIMOS CL

LIMOS CL – ML

Para una mejor aplicación de los resultados obtenidos, se hace una división de los limos en tres bloques, según la clase a la que pertenezcan. Distinguimos:

- Bloque A : incluye los valores de los límites de Atterberg de todos los limos que aparecen en la zona B, sea cual sea su clasificación (CL, CL-ML, ML, SM).
- Bloque B : recoge los valores correspondientes a los limos de la clase CL.
- Bloque C : registra los resultados de los limos de la clase CL-ML.

**A) PROCESO DE DEPURACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG DE LOS
LIMOS EN GENERAL.**

Cuadro resumen depurado: L.L.

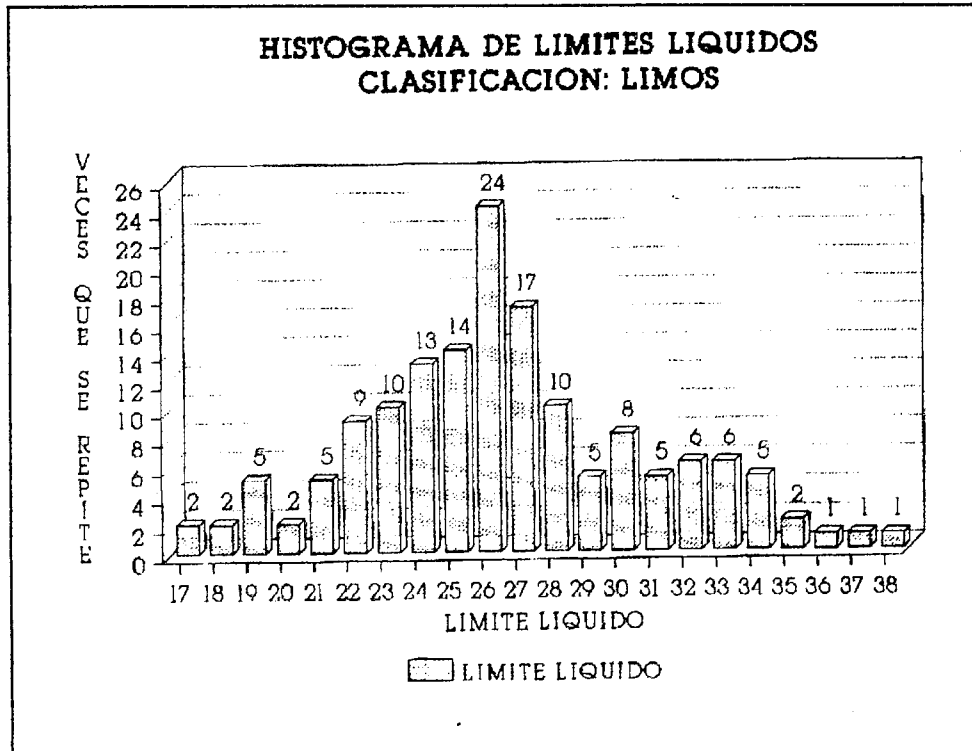
26.8	26.6	21.2	20	30	19.7	30
26	26	22	28	27	24	26
28.3	26.3	24.4	26.3	18	17	25.6
32.3	34.5	32.7	21.8	28.6	27.1	25.1
28	35	37	22	27	27	22.8
33	28	31	25	34	33	30

32	22	32	33	33	38	27
26	30	34	27.2	26.5	31	27.5
26.8	26.1	28.9	38	23.8	26	27.9
17	26.7	26.8	24.7	27.6	19	25.3
28.7	30.3	31.1	29.5	23.5	29.1	21.3
28.3	30.3	29	27.2	25.7	25.9	27.6
23.5	25.6	27.9	27.8	21.8	26	24.5
23	24	32.5	25.2	33.5	38	26
22.2	31.3	25.4	19.9	26.7	23.5	23
25.2	33.1	27	23.9	36	31	27.2
30.5	25.5	24	30.9	19.3	22	24
27.8	24.6	26.9	29.6	25	24.2	24.8
28.2	26.5	26.7	27.2	26.2	24.5	25.6
29.7	25.3	27.2	32.7	24.7	22.7	26.5
23.5	22.7	22.7	21.3	19	23	26
27	35	34	26	25	28	24
20.6	18.7	23.8	34	26		

Partimos de un total de 167 datos de límite líquido de limos de las clases CL, CL-ML, ML y SM.

En el proceso de depuración aplicado hemos suprimido los valores con límite líquido superior a 38, ya que datos corresponderían a limos con alta proporción de arcilla, y los límites líquidos inferiores a 17 que serían propios de muestras donde el tanto por ciento de arena es elevado.

Presentamos a continuación un histograma de valores de límites líquidos donde se aprecia una curva normal o distribución de Gauss de los datos obtenidos.



Características estadísticas

Valor máximo = 38

Valor mínimo = 17

Media aritmética = 27.5

Desviación típica = 6.34

Suma total = 605

Varianza = 40.25

CUADRO RESUMEN DEPURADO: I.P.

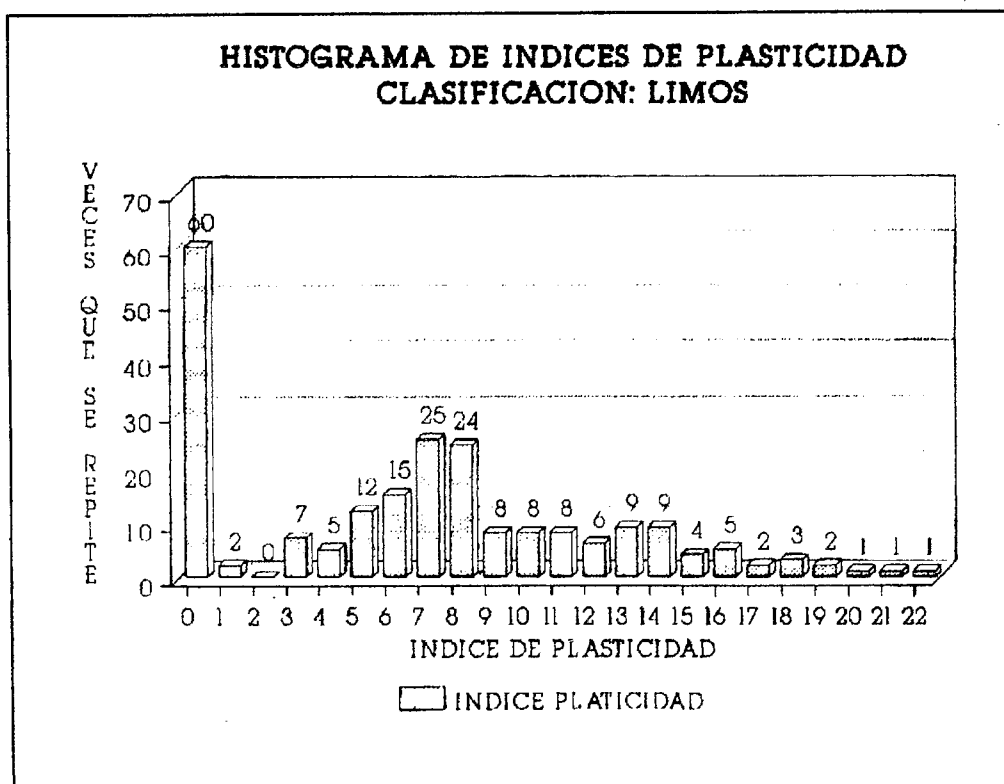
9.7	11.2	5.7	6	15	9	5	5
5	8	5	10	8	5	6	4
8	13.6	14.7	16.3	14.4	6.8	8.9	16.3
8.1	6.5	6.3	10	10	14	30	14
18	11	12	14	8.6	12.4	21.4	8.1
14	8	11	4	16	11	17	22
17	20	15	15	10	19	14	8
18	16	7	7	13	7	11	8
11.5	12.7	16.9	13.5	8.5	13.1	12.3	12.2
14.4	11.3	9.9	13	13.3	9.5	9.1	7
8.8	8.9	9.5	7.4	7.2	6.7	7.3	11.2
13.6	13.8	8.4	6.2	10	5.1	7.9	7.3
10.8	8.6	7.9	14.7	7.7	6.5	7.4	10.1
5.1	8.5	6.1	10.5	7.9	19	7.6	9
6.4	4.9	6.9	5.7	8.2	7.3	8.5	9.2
8.7	5.2	7.3	7.9	7.4	7.1	8.1	6.3
6.4	7.5	9.3	8.7	15.9	7.2	7.5	7.6
5.2	4.5	4.3	12	5	8	13	8
18	11	8	8	7	6	6	7
7.2							

Sobre un total de 227 valores, donde se incluyen 60 datos correspondientes a limos no plásticos, aplicamos el "análisis de depuración" quedando 152 datos consecuencia de suprimir los I.P. inferiores a 4 y los superiores a 23.

Los limos no plásticos sólo se han representado en este gráfico de I.P. de limos en general.

Seguidamente mostramos el histograma de valores y las características estadísticas de los I.P. de estos limos.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 22 Valor mínimo = 0 Media aritmética = 9.14
Desviación típica = 4.28 Suma total = 1444.0 Varianza = 18.30

Aunque nuestra gráfica muestra la típica campana de Gauss como modelo de distribución de probabilidad continua, la media aritmética (9.14) se desvía un poco de la moda (7) o valor más frecuente.

B) PROCESO DE DEPURACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG DE LOS LIMOS DE LA CLASE CL.

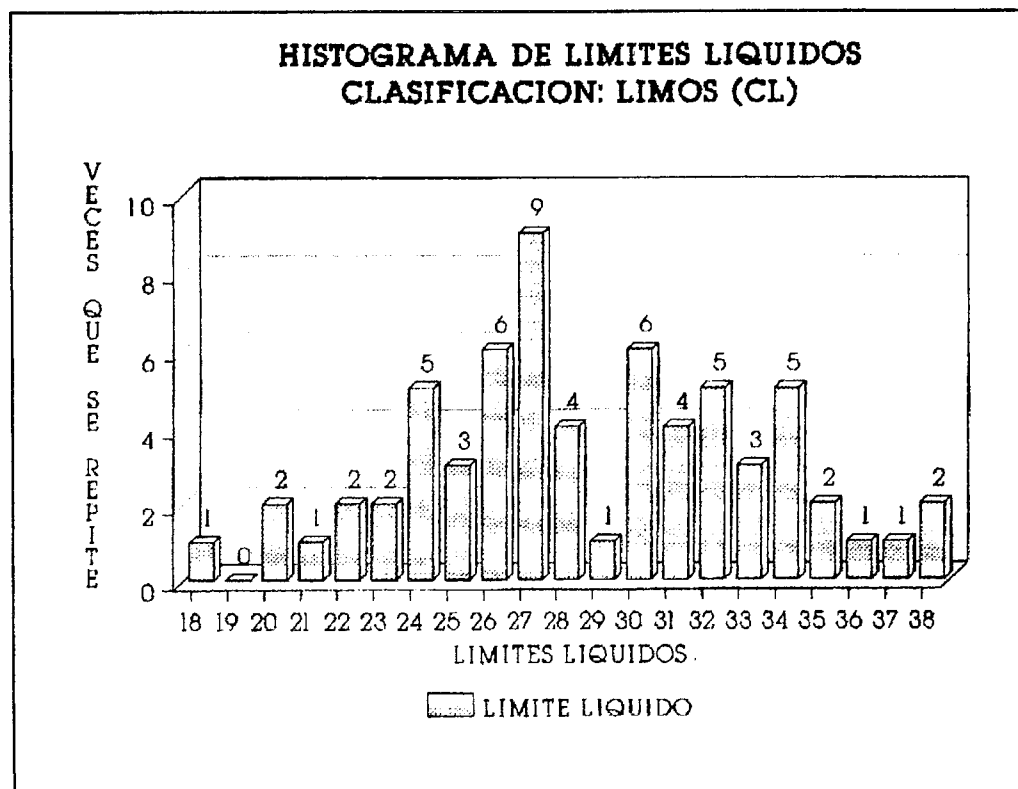
L.L.

Partiendo de un total de 74 datos, acotamos los valores inferiores y superiores respectivamente a L.L.= 18 y 38.

El cuadro depurado queda con 65 datos:

36	32	34	30	26.7	26.8	24.7
28	35	37	22	27	27	23.9
31	20	30	32.5	33.1	32.3	34.5
28.6	27.1	34	35	34	24	28.7
25	24.2	24.8	20.6	18.7	25.3	32.7
38	31	30	34	27.2	26.5	31
22.2	27.2	26.8	26.1	28.9	38	23.8
27.9	27	33	32.7	30.3	24.5	33
27.5	26					

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 38

Valor mínimo = 18.7

Media aritmética = 28.85

Desviación típica = 4.45

Suma total = 1875

Varianza = 19.81

Del histograma de L.L. correspondientes a limos tipo CL y las características estadísticas, se observa que la moda es 27 y no coincide con la media aritmética igual a 28.85.

I.P.

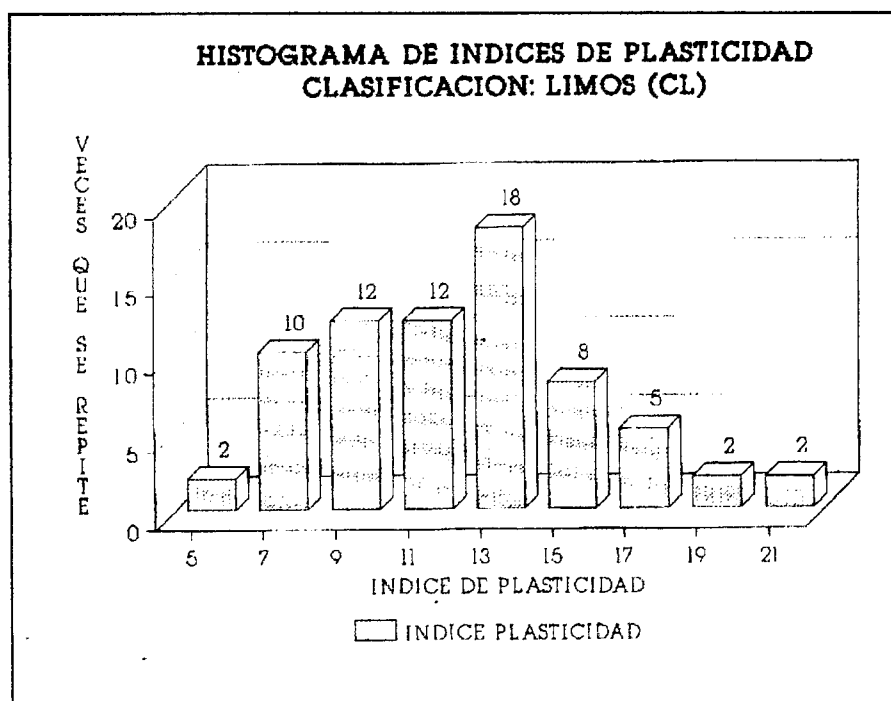
Disponemos de 71 datos después de haber acotado los valores inferiores a un I.P.= 5 y los superiores a un I.P.= 25.

CUADRO RESUMEN DEPURADO

15	15	16	11	17	22	17
8.9	9.5	10	10	14	14	18
14	21.4	8.1	14	11	6	9
16.8	16.3	14.4	8.9	8.1	13	18
11.2	13.6	13.8	10	10.8	14.7	10.1
9	8.5	9.2	8.7	5.2	9.3	15.9
16	13	11	8	12.5	12.7	16.9
13.1	12.3	12.2	14.4	11.3	9.9	13
20	11	13.6	11	10.5	14	13.5
13.3	8.8	12	14.7	7	19	18
8.5						

Para la representación gráfica (o elaboración del histograma) se han agrupado los datos de 2 en 2, reflejando mejor la distribución en campana de Gauss de los valores.

Histograma de índices de plasticidad y características estadísticas



Valor máximo = 22

Valor mínimo = 5.2

Media aritmética = 13

Desviación típica = 4

Suma total = 897.4

Varianza = 19.81

C) PROCESO DE DEPURACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG DE LOS LIMOS DE LA CLASE CL – ML.

Cuadro resumen depurado

L.L.

22	32	27	26	26	17	22.8
28	31.3	30.5	26.8	26.6	21.2	30
23	23	26	26	22	28	27
24	24	18	17	25.3	25.4	25.5
29.5	23.5	19.9	24	28.3	29	23.5
19.3	27.8	24.6	26.9	29.6	28.2	26.5
26.7	27.2	26.2	25.6	21.8	25.1	25.2
23	26	27	26	28	24	26
27.6	19	27.2	25.9	25.6	26	27.6
26.7	23.5	27.9	21.8	24.5	25.6	29.7
27.2	26.2	23.8	23.5	22.7	22.7	21.3
24.7	22.7					

Total = 79 datos.

Hemos acotado los valores inferiores a L.L = 10 y los superiores a L.L. = 40.

Resultados estadísticos obtenidos:

Valor máximo = 32

Valor mínimo = 17

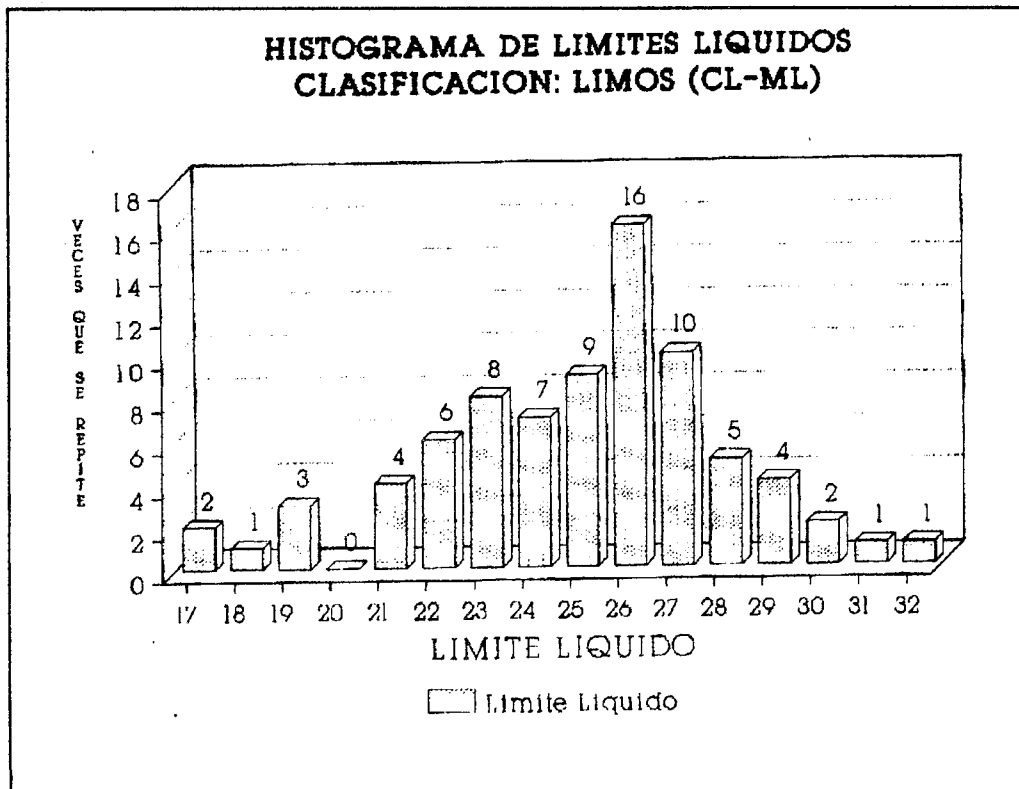
Media aritmética = 24.5

Desviación típica = 4.61

Suma total = 392

Varianza = 21.35

Histograma de valores de L.L.



Cuadro resumen depurado

I.P						
10	19	7	7	7	7	8.6
9.5	9.1	9.7	11.2	5.7	15	5
8	5	10	8	5	6	4
6.7	7.3	8.4	6.2	5.1	7.9	7.3
6.4	4.9	6.9	5.7	8.2	7.3	7.3
7.4	7.1	8.1	8	6.8	6.5	6.3
8	8	8	7	6	6	7.4
7.7	8.5	7.6	6.5	7.4	5.1	6.1
6.3	6.4	7.5	8.7	7.6	5.2	4.5
7.2	7.5	8	5	7.2	8.6	7.9
5	7.9	7.6	4.3			

Partimos de un total de 79 datos que se han reducido a 75 consecuencia del proceso de depuración. Se han rechazado los valores inferiores a un I.P.= 4 y aquellos superiores a I.P.= 25.

El histograma obtenido es bastante representativo de una distribución en campana de Gauss.

La moda o valor más frecuente coincide con la media aritmética, y corresponde a ≈ 7.5

Principales características estadísticas

Valor máximo = 11

Desviación típica = 2.29

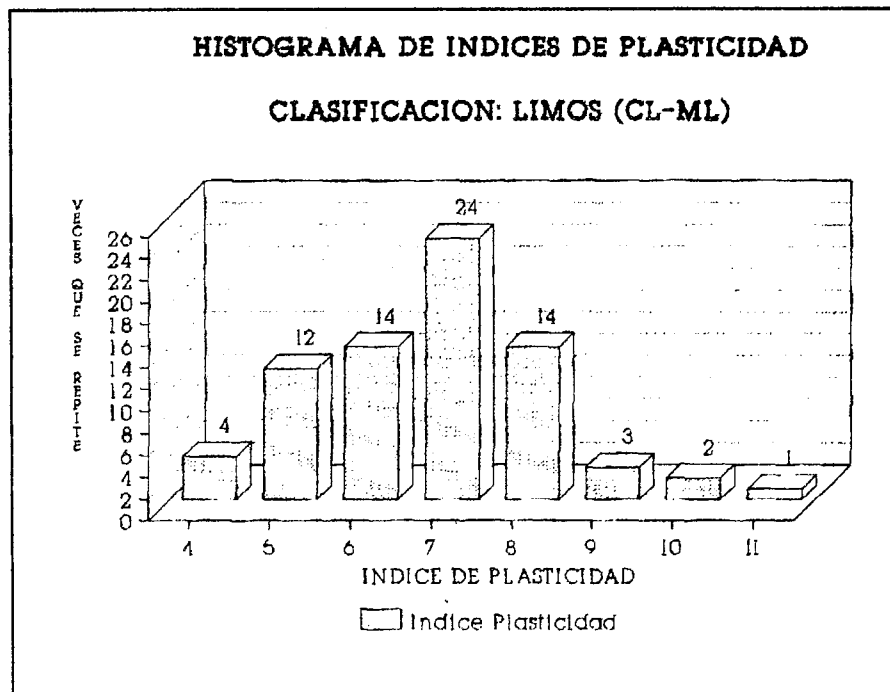
Media aritmética = 7.5

Valor mínimo = 4

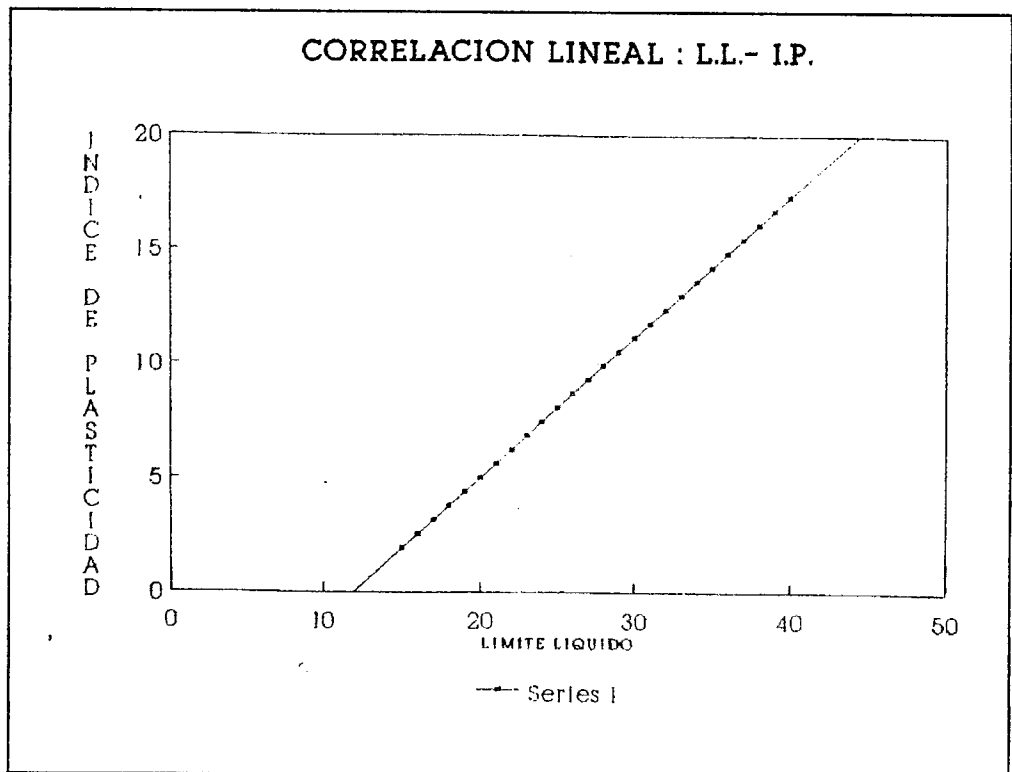
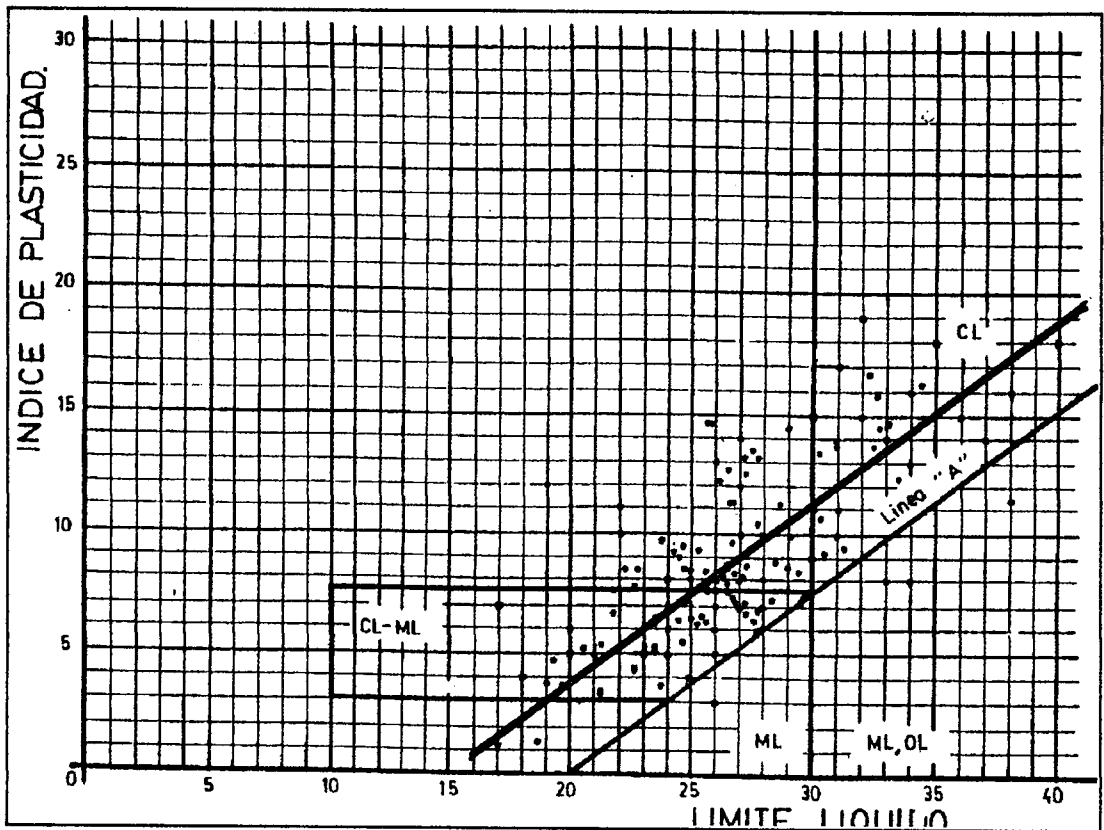
Suma total = 60

Varianza = 5.25

Histograma de valores de I.P.



Presentamos en último lugar un gráfico correspondiente a la "Carta de Casagrande", donde se representan todos los datos disponibles de los límites de Atterberg. De las conclusiones obtenidas mediante tratamiento automático, se comprueba que la recta de correlación lineal L.L.-I.P. es paralela a la "línea A", por lo que podemos considerar que los limos que representan a estos puntos son de la misma edad geológica.



Podemos resumir los resultados más significativos de los límites de Atterberg como los siguientes:

- L.L. : Entre 19 y 34 y en el análisis de depuración entre 24 y 30.
Los valores que se presentan con más frecuencia son 26 y 27 coincidiendo con la media aritmética igual a 27.5
- I.P. : Entre 5 y 14 y en el análisis de depuración entre 7 y 8, siendo éstos los valores más representativos.

Analizando estos resultados se llega a la conclusión de que a este material fino le suele acompañar, por lo general, cierta porción de arena fina y media con algo de gravilla, lo cual es característico en los materiales finos cuando están ligados a un depósito de tipo aluvial.

Por lo que respecta a su plasticidad, es en general reducida y en algunos casos prácticamente nula, siendo los limos en este aspecto más parecidos a un suelo granular que a un suelo coherente. En la zona de estudio existen más de 60 muestras que son limos no plásticos, correspondiendo a suelos del tipo SM y SP-SM. Se ha comprobado que espacialmente se agrupan cerca del cauce de los ríos.

Las clasificaciones más generalizadas que se obtienen dentro de la capa de fino son las siguientes:

- CL-ML: arcillas y limos de baja plasticidad y compresibilidad respectivamente.
- ML : limos arenosos (limos de baja plasticidad).
- CL : arcillas de media o baja plasticidad.

Las intercalaciones granulares que suelen ir ligadas a estas capas, con mayor o menor entidad, suelen clasificarse como:

SM : arenas limosas

SP-SM : arenas mal gradadas con limos.

Presentamos en último lugar un gráfico correspondiente a la "Carta de Casagrande", donde se representan todos los datos disponibles de los límites de Atterberg.

De las conclusiones obtenidas mediante tratamiento automático, se comprueba que la recta de correlación lineal L.L.-I.P. es paralela a la "línea A", por lo que podemos considerar que los limos que representan a estos puntos son de la misma edad geológica.

CORRELACION LINEAL: L.L. - I.P.
 L.L.= LIMITE LIQUIDO (L)
 I.P.= INDICE DE PLASTICIDAD (P)

L.	I.	L.x L.	I.x I.	L.x I.
36	15	1296	225	540
32	15	1024	225	480
34	16	1156	256	544
30	11	900	121	330
26.7	8.8	712.89	77.44	234.96
26.8	8.9	718.24	79.21	238.52
24.7	9.5	610.09	90.25	234.65
27	10	729	100	270
28	10	784	100	280
35	14	1225	196	490
37	14	1369	196	518
22	11	484	121	242
27	12	729	144	324
27	14	729	196	378
23.9	8.1	571.21	65.61	193.59
33	14	1089	196	462
31	11	961	121	341
20	6	400	36	120
30	9	900	81	270
32.5	13.6	1056.25	184.96	442
33.1	14.7	1095.61	216.09	486.57
32.3	16.8	1043.29	282.24	542.64
34.5	16.3	1190.25	265.69	562.35
32.7	14.4	1069.29	207.36	470.88
28.6	8.9	817.96	79.21	254.54
27.1	8.1	734.41	65.61	219.51
34	13	1156	169	442
35	18	1225	324	630
34	11	1156	121	374
24	7	576	49	168
28.7	11.2	823.69	125.44	321.44
30.3	13.6	918.09	184.96	412.08
31.1	13.8	967.21	190.44	429.18
29.1	10	846.81	100	291
30.3	10.8	918.09	116.64	327.24
25.7	14.7	660.49	216.09	377.79
30.9	10.1	954.81	102.01	312.09
27.8	10.5	772.84	110.25	291.9
24.5	9	600.25	81	220.5
25	8.5	625	72.25	212.5
24.2	9.2	585.64	84.64	222.64
24.8	8.7	615.04	75.69	215.76
20.6	5.2	424.36	27.04	107.12
25.3	9.3	640.09	86.49	235.29
32.7	15.9	1069.29	252.81	519.93
33	14	1089	196	462
40	18	1600	324	720
38	16	1444	256	608
31	13	961	169	403

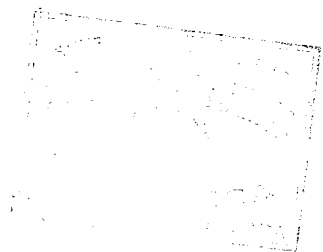
34	8	1156	64	272
27.2	12.5	739.84	156.25	340
26.5	12.7	702.25	161.29	336.55
31	16.9	961	285.61	523.9
27.5	13.5	756.25	182.25	371.25
22.2	8.5	492.84	72.25	188.7
27.2	13.1	739.84	171.61	356.32
26.8	12.3	718.24	151.29	329.64
26.1	12.2	681.21	148.84	318.42
28.9	14.4	835.21	207.36	416.16
38	11.3	1444	127.69	429.4
23.8	9.9	566.44	98.01	235.62
26	13	676	169	338
27.9	13.3	778.41	176.89	371.07
22	10	484	100	220
32	19	1024	361	608
27	7	729	49	189
26	7	676	49	182
26	7	676	49	182
17	7	289	49	119
22.8	8.6	519.84	73.96	196.08
28	8	784	64	224
31.3	9.5	979.69	90.25	297.35
30.5	9.1	930.25	82.81	277.55
26.8	9.7	718.24	94.09	259.96
26.6	11.2	707.56	125.44	297.92
21.2	5.7	449.44	32.49	120.84
30	15	900	225	450
23	5	529	25	115
23	5	529	25	115
26	5	676	25	130
26	8	676	64	208
22	5	484	25	110
28	10	784	100	280
27	8	729	64	216
24	5	576	25	120
24	6	576	36	144
18	4	324	16	72
25.3	7.2	640.09	51.84	182.16
25.4	6.7	645.16	44.89	170.18
25.5	7.3	650.25	53.29	186.15
29.5	8.4	870.25	70.56	247.8
23.5	6.2	552.25	38.44	145.7
19.9	5.1	396.01	26.01	101.49
24	7.9	576	62.41	189.6
28.3	7.3	800.89	53.29	206.59
29	8.6	841	73.96	249.4
23.5	6.4	552.25	40.96	150.4
19.3	4.9	372.49	24.01	94.57

27.8	6.9	772.84	47.61	191.82
24.6	5.7	605.16	32.49	140.22
26.9	8.2	723.61	67.24	220.58
29.6	7.3	876.16	53.29	216.08
28.2	7.3	795.24	53.29	205.86
26.5	7.9	702.25	62.41	209.35
26.7	7.4	712.89	54.76	197.58
27.2	7.1	739.84	50.41	193.12
26.2	8.1	686.44	65.61	212.22
25.6	8	655.36	64	204.8
21.8	6.8	475.24	46.24	148.24
25.1	6.5	630.01	42.25	163.15
25.2	6.3	635.04	39.69	158.76
23	5	529	25	115
26	8	676	64	208
27	8	729	64	216
26	8	676	64	208
28	7	784	49	196
24	6	576	36	144
26	6	676	36	156
27.6	7.4	761.76	54.76	204.24
27.2	7.9	739.84	62.41	214.88
25.9	7.7	670.81	59.29	199.43
25.6	8.5	655.36	72.25	217.6
26	7.6	676	57.76	197.6
27.6	6.5	761.76	42.25	179.4
26.7	7.4	712.89	54.76	197.58
23.5	5.1	552.25	26.01	119.85
27.9	6.1	778.41	37.21	170.19
21.8	7.6	475.24	57.76	165.68
24.5	6.3	600.25	39.69	154.35
25.6	6.4	655.36	40.96	163.84
29.7	7.5	882.09	56.25	222.75
27.2	8.7	739.84	75.69	236.64
26.2	7.6	686.44	57.76	199.12
23.5	5.2	552.25	27.04	122.2
22.7	4.5	515.29	20.25	102.15
22.7	4.3	515.29	18.49	97.61
24.7	7.2	610.09	51.84	177.84
22.7	7.5	515.29	56.25	170.25

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante	-7.32701
Err Std de Y Est	2.335460
R al Cuadrado	0.543586
N. de Observaciones	139
Grados de Libertad	137



Coeficiente(s) X 0.615498
Err Std de Coef. 0.048185

=====

CALCULO DE LA FORMULA

=====

Y = A + BX
Y = INDICE DE PLASTICIDAD
A = CTE
B = COEF. REGRESION
X = LIMITE LIQUIDO

=====

X	Y
15	1.91

16	2.52
17	3.14
18	3.75
19	4.37
20	4.98
21	5.60
22	6.21
23	6.83
24	7.44
25	8.06
26	8.68
27	9.29
28	9.91
29	10.52
30	11.14
31	11.75
32	12.37
33	12.98
34	13.60
35	14.22
36	14.83
37	15.45
38	16.06
39	16.68
40	17.29

PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE MUESTRAS INALTERADAS (A PERCUSION)

Partimos de un Banco de Datos con 38 valores de muestras inalteradas. Tras aplicar un proceso de depuración donde se acotan los valores inferiores a 8 y superiores a 26, se cuenta con un total de 34 datos.

Cuadro resumen depurado

26	13	15	15	20	15	19	20	24
22	21	26	20	10	11	12	14	22
15	13	11	17	26	15	11	11	23
24	12	21	18	20	16	15		

El histograma de valores de muestras inalteradas así como sus características estadísticas se muestran a continuación.

Características estadísticas

Valor máximo = 26

Valor mínimo = 8

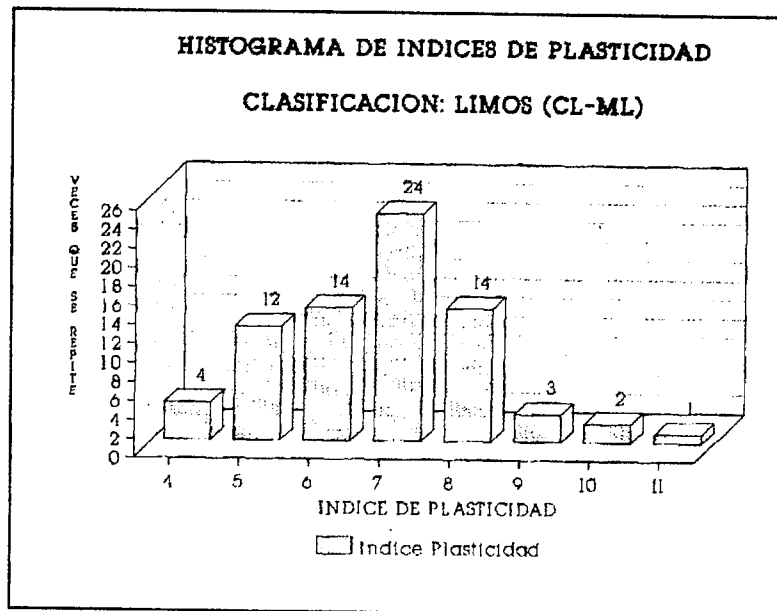
Media aritmética = 17

Desviación típica = 5.48

Suma total = 323

Varianza = 30

Histograma de valores



Del histograma de valores se observa la distribución aleatoria de éstos.

Los valores están muy extendidos y no reflejan de forma alguna una agrupación en campana de Gauss, representación que consideramos ideal.

La causa principal de tal distribución se halla en la propia realización del ensayo: el método de extracción de muestra inalterada frente al ensayo standard de penetración no se encuentra normalizado, por lo que aún siendo ensayos análogos, los resultados obtenidos en el primero son más dispersos. Por ejemplo, en muestra inalterada la altura desde la cual cae la maza de golpeo no está tan controlada, y este número de golpes (que en el suelo caracteriza a un determinado material) es más aleatorio.

Aún así, podemos considerar 15 el valor más representativo de muestra inalterada, y se corresponde perfectamente con el valor más característico de N=10 del ensayo standard de penetración.

**PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE
CORTE DIRECTO: COHESIONES (C)
 ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (ϕ)**

COHESIONES (C)

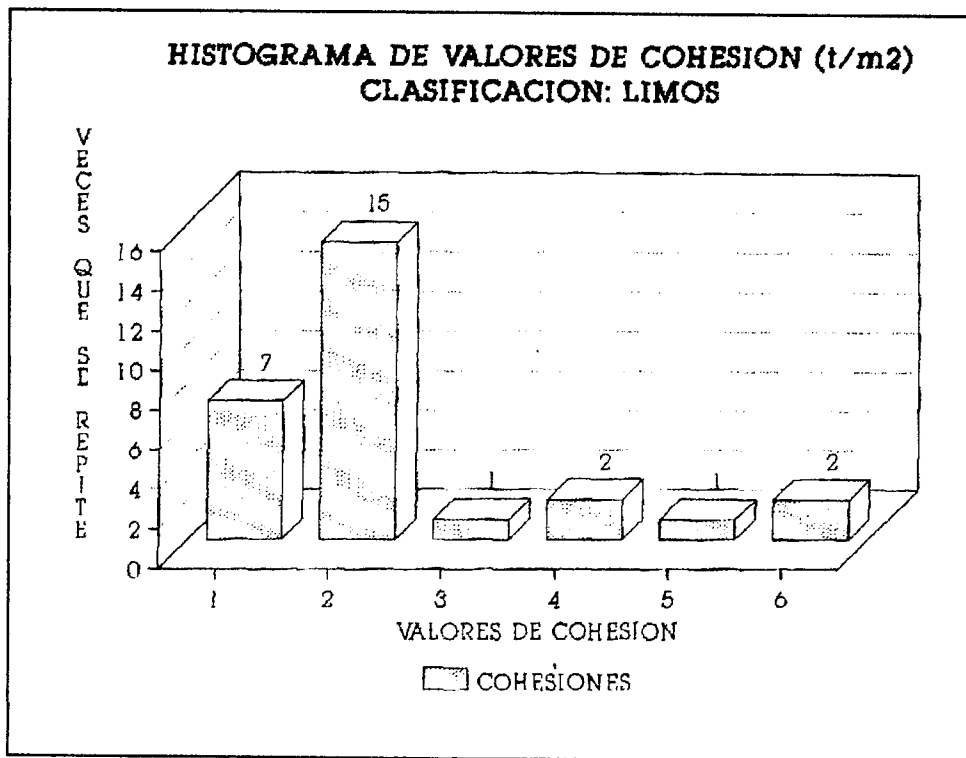
Partimos de un Banco de Datos con 37 valores de cohesión, que se han visto reducidos a 28 después de aplicar el análisis de depuración en el que se eliminaron los valores inferiores a $C = 0.1$

Cuadro resumen depurado

0.4	0.2	0.1	0.3	0.25	0.25	0.2
0.2	0.25	0.2	0.2	0.2	0.6	0.2
0.2	0.15	0.2	0.1	0.2	0.15	0.1
0.2	0.1	0.1	0.5	0.4	0.6	0.1

Para poder dibujar el histograma correspondiente mediante tratamiento automático, hemos representado las cohesiones en T/m^2 en vez de en $kg./cm^2$, como normalmente se hace.

Histograma de valores:



Propiedades estadísticas:

Valor máximo = 0.6

Valor mínimo = 0.1

Media aritmética = 0.24

Desviación típica = 0.14

Suma total = 2.1

Varianza = 0.02

ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (φ)

De un total de 24 datos iniciales y tras acotar los valores superiores a (φ) = 30, disponemos de 22 datos de cohesiones.

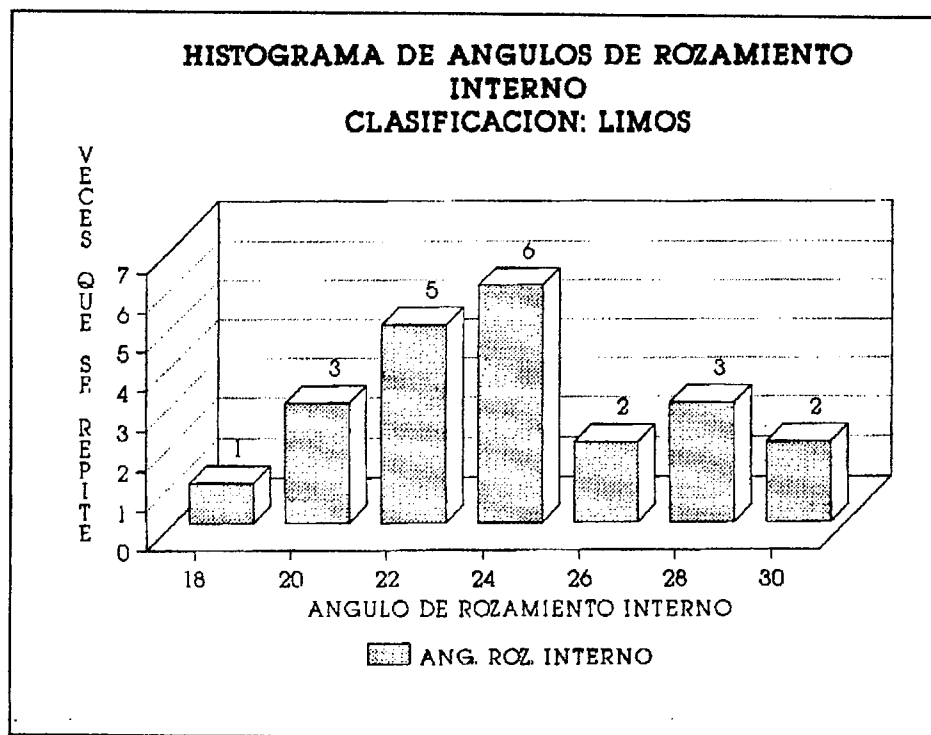
Cuadro resumen depurado

29	2	23	18	29	20
24	25	22	23	27	22
30	29	25	24	23	20
21	25	27	24		

En la selección de este parámetro hemos considerado aquellos valores que se han medido directamente en la muestra, y no los estandarizados u obtenidos mediante cálculo, puesto que distorsionan el resultado final.

En la representación del histograma correspondiente, los valores de (φ) se han cogido de 2 en 2, reflejando de esta manera una clara distribución en campana de Gauss.

Histograma de valores



Datos estadísticos obtenidos:

Valor máximo = 30

Valor mínimo = 18

Media aritmética = 24

Desviación típica = 3.74

Suma total = 312

Varianza = 14

En el análisis estadístico realizado de las propiedades mecánicas del suelo, creemos conveniente insertar en este apartado un estudio de la forma en que se correlacionan el ángulo de rozamiento interno con la cohesión en la capa de finos limo-arcillosos.

En un sistema de coordenadas con C en abcisas y φ en ordenadas, representamos todos los datos obteniendo una nube de puntos. A cada uno de estos puntos le asignamos el valor de su densidad seca correspondiente. Al analizar la gráfica hemos comprobado que estos puntos se pueden unir de forma que obtenemos 4 líneas más o menos paralelas entre sí, con la particularidad de que a cada una le corresponde una densidad seca determinada que es mayor cuanto más altos son los valores de φ y c .

Estas líneas correspondientes a densidades crecientes responden a la ecuación de la recta

$$Y = A + BX, \text{ donde } Y = C, A = \text{cte}, B = \text{coef. regresión}, X = \varphi$$

En todas ellas el término B que representa a la pendiente de la recta, se mantiene relativamente constante, oscilando entre los límites 0.024 y 0.037.

A continuación aplicamos un tratamiento estadístico a cada línea consistente en una regresión lineal, una regresión logarítmica y otra exponencial.

El estudio nos lleva a afirmar que los dos últimos tipos de correlación no son los más idóneos para nuestro caso, puesto que no se alcanza ningún tipo de conclusión.

El método estadístico más adecuado es el de la regresión lineal, por lo que se presentan aquí los resultados para las líneas correspondientes a densidades secas de 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9.

Al hacer los cálculos de regresión con este tratamiento, obtenemos la inversa del coeficiente de regresión B , es decir, los valores reales de las pendientes no son 0.024, 0.037, 0.035, 0.025, sino 41.6, 27.02, 28.57 y 40.

Adjuntamos a continuación la gráfica ángulo de rozamiento interno (ϕ) versus cohesión (C).

CORRELACION LINEAL: O - C PARA D = 1.9
 ANGULO ROZAMIENTO INTERNO = O (ANG)
 COHESION = C (COHE)
 DENSIDAD SECA = D

ANG	COHE	O*O	C*C	O*C
24	0.6	576	0.36	14.4
25	0.4	625	0.16	10
26	0.45	676	0.2025	11.7
27	0.5	729	0.25	13.5

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante 1.125 = A
 Err Std de Y Est 0.096824
 R al Cuadrado 0.142857 = r²
 N. de Observaciones 4
 Grados de Libertad 2

Coefficiente(s) X -0.025 = B
 Err Std de Coef. 0.043301

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = COHESION
 A = CTE
 B = COEF. REGRESION
 X = ANG. ROZ. INTERNO

X	Y
24	0.525
25	0.5
26	0.475
27	0.45

CORRELACION LINEAL: O - C PARA D = 1.8
 ANGULO ROZAMIENTO INTERNO = O (ANG)
 COHESION = C (COHE.)
 DENSIDAD SECA = D

ANG	COHE	O*O	C*C	O*C
23.00	0.30	529.00	0.09	6.90
27.00	0.20	729.00	0.04	5.40
27.00	0.15	729.00	0.02	4.05
28.00	0.20	784.00	0.04	5.60
29.00	0.10	841.00	0.01	2.90
29.00	0.00	841.00	0.00	0.00
30.00	0.15	900.00	0.02	4.50
30.00	0.00	900.00	0.00	0.00

Salida de Regresion

Constante 1.13 = A
 Err Std de Y Est 0.07
 R al Cuadrado 0.63 = r²
 N. de Observaciones 8.00
 Grados de Libertad 6.00

Coefficiente(s) X -0.04 = B
 Err Std de Coef. 0.01

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = COHESION
 A = CTE.
 B = COEF. REGRESION
 X = ANG. ROZ. INTERNO

X	Y
23.00	0.31
24.00	0.28
25.00	0.24
26.00	0.20
27.00	0.17
28.00	0.13
29.00	0.10
30.00	0.06

CORRELACION LINEAL: O - C PARA D = 1.7
 ANGULO ROZAMIENTO INTERNO = O (ANG)
 COHESION = C (COHE.)
 DENSIDAD SECA = D

ANG	COHE	O*O	C*C	O*C
25	0	625	0	0
24	0.1	576	0.01	2.4
23	0.2	529	0.04	4.6
22	0.2	484	0.04	4.4
21	0.2	441	0.04	4.2
20	0.2	400	0.04	4
20	0.25	400	0.0625	5

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante 1.001562 = A
 Err Std de Y Est 0.046670
 R al Cuadrado 0.750051 = r2
 N. de Observaciones 7
 Grados de Libertad 5

Coficiente(s) X -0.03781 = B
 Err Std de Coef. 0.009761

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = COHESION
 A = CTE
 B = COEF. REGRESION
 X = ANG. ROZ. INTERNO

X	Y
20	0.25
21	0.21
22	0.17
23	0.13
24	0.09
25	0.06

CORRELACION LINEAL: O - C PARA D = 1.6
 ANGULO ROZAMIENTO INTERNO = O (ANG)
 COHESION = C (COHE)
 DENSIDAD SECA = D

ANG	COHE	O*O	C*C	O*C
17.5	0.07	306.25	0.0049	1.225
18	0.2	324	0.04	3.6
22	0	484	0	0
22.5	0.03	506.25	0.0009	0.675

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante 0.562804 = A
 Err Std de Y Est 0.074514
 R al Cuadrado 0.523395 = r2
 N. de Observaciones 4
 Grados de Libertad 2

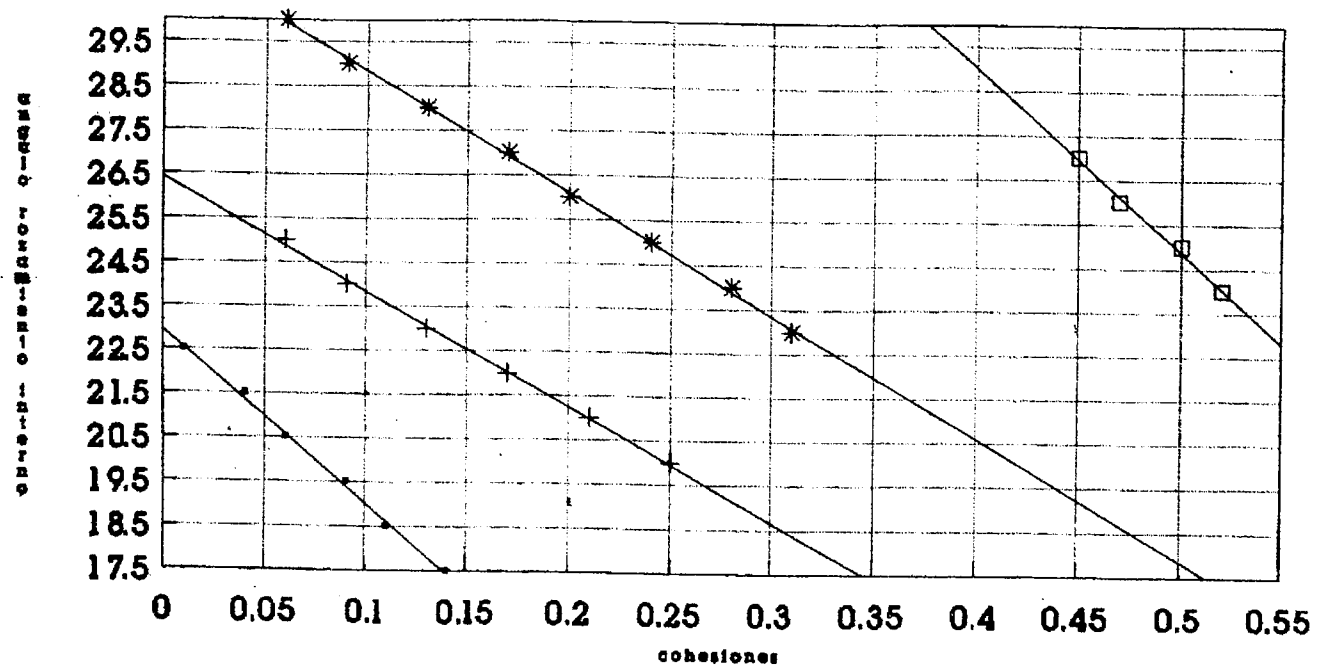
Coefficiente(s) X -0.02439 = B
 Err Std de Coef. 0.016457

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = COHESION
 A = CTE
 B = COEF. REGRESION
 X = ANG. ROZ. INTERNO

X	Y
17.5	0.14
18.5	0.11
19.5	0.09
20.5	0.06
21.5	0.04
22.5	0.01

CORRELACION LINEAL ANGULO ROZAMIENTO INTERNO-COHESION



- Correlacion D=1.6
- +— Correlacion D=1.7
- *— Correlacion D=1.8
- Correlacion D=1.9

PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION SIMPLE: HUMEDAD

DENSIDAD SECA

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORES DE HUMEDAD (W%)

Cuadro resumen depurado

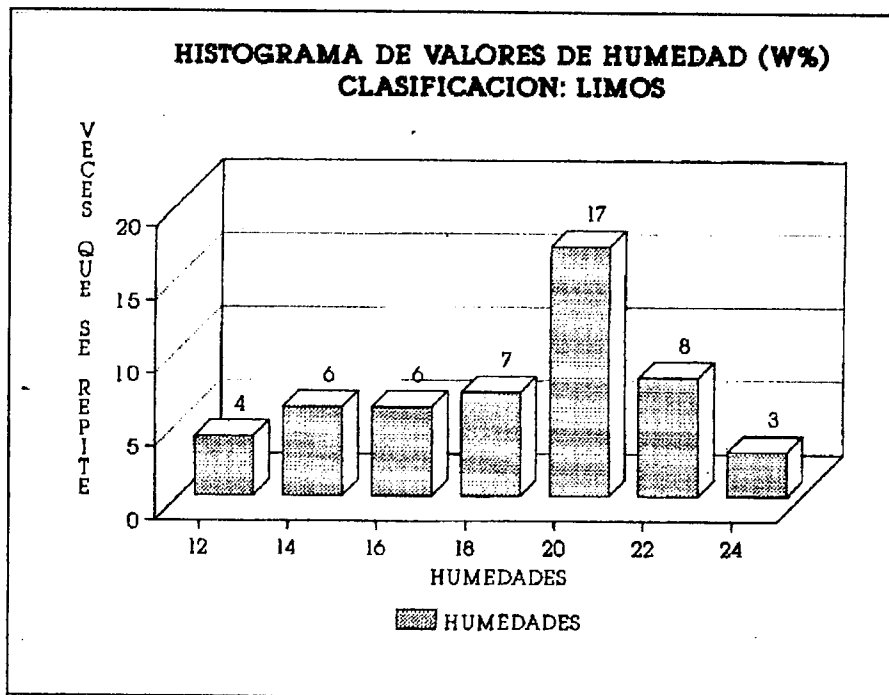
20	20	23.4	20	20	21
17	17	22	19	14	17
21.6	14.5	20	17	21	22
20	24	14	19	18	16.4
23.4	16.3	22.8	21.6	20.8	14
21	19	22	20	24	19
20	22	18	20	20	18
14	14	22	24.7	21	

Disponemos de un Banco de Datos de humedades de 54 valores. Al aplicar el proceso de depuración y acotar los datos inferiores a $W = 12\%$ y superiores a 25% , obtenemos un cuadro depurado de 47 valores como el presente.

Los valores excesivamente bajos (de 10.6 por ejemplo) que hemos desestimado, pueden corresponder a posibles suelos desecados o a una abundante proporción de arena en la capa de finos, como parece más probable, habida cuenta de la cantidad de intercalaciones de material grueso en material limoso. Las humedades naturales suelen estar entorno al L.P., con la excepción anterior, en que existan desecaciones en los tramos más superiores.

El histograma de valores de humedad y sus principales características estadísticas se muestran a continuación. Los valores de humedades se han agrupado de 2 en 2, de modo que la curva de frecuencia resultante sería sesgada a la derecha (sesgo positivo).

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 24.7

Valor mínimo = 12.4

Media aritmética = 19

Desviación típica = 3

Suma total = 967.3

Varianza = 10.73

La moda o valor más frecuente (20) está muy próximo a la media aritmética (19).

PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORES DE DENSIDADES

Las densidades seleccionadas para la elaboración del Banco de Datos han sido las secas. Se cuenta con un total de 51 valores, algunos de los cuales son excepcionalmente elevados, tal es el caso de los valores superiores a 1.9.

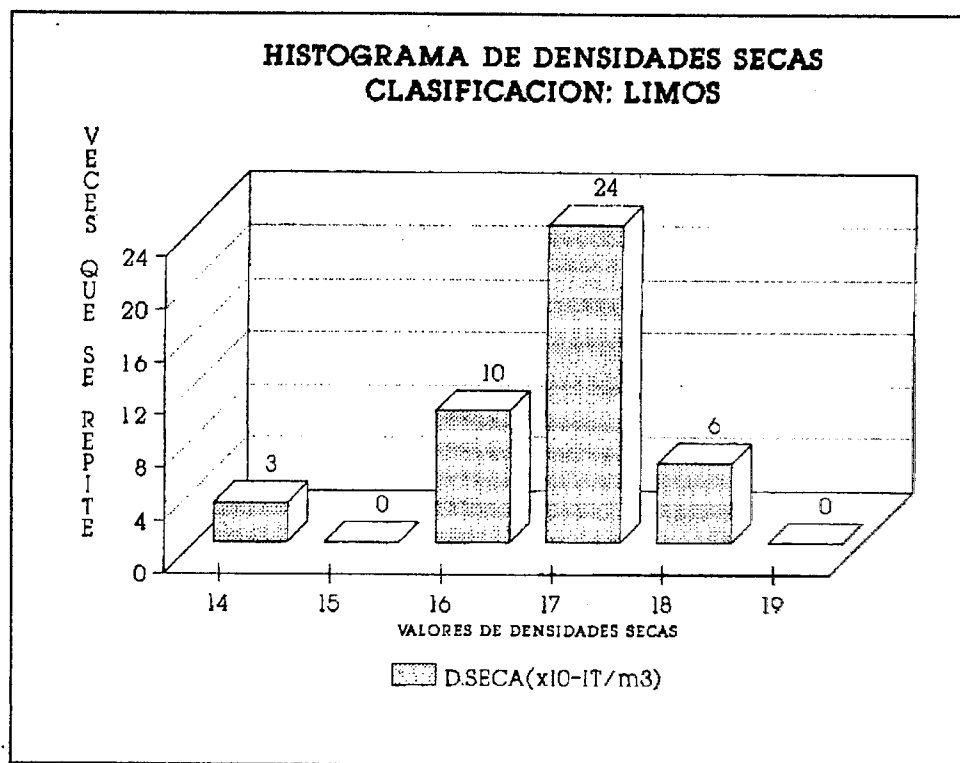
Aplicamos el proceso de depuración de datos suprimiendo los valores inferiores a 1.4 y los superiores a 1.8, con lo que obtenemos el siguiente cuadro:

1.8	1.75	1.79	1.63	1.75	1.64
1.7	1.74	1.73	1.77	1.79	1.79
1.8	1.8	1.84	1.73	1.74	1.6
1.7	1.87	1.6	1.77	1.42	1.46
1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7
1.79	1.69	1.7	1.72	1.4	1.7
1.76	1.82	1.6	1.7	1.7	1.68
1.77					

TOTAL = 43 datos

Para que sea posible obtener mediante tratamiento automático el histograma correspondiente a las densidades secas, se han representado éstas multiplicadas por 10 T/m^3 mostrando los resultados claramente una distribución en campana de Gauss.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 1.87

Valor mínimo = 1.4

Media aritmética = 1.70

Desviación típica = 0.1

Suma total = 73.14

Varianza = 0.01

Los valores más altos de densidad seca, corresponden a los niveles de material granular que se intercala entre el material fino.

PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORES DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

Se parte de un total de 54 valores de resistencia a la compresión simple. Tras aplicar el proceso de depuración, donde se acotan los valores inferiores a $q = 0.2 \text{ kg./cm}^2$ y los superiores a $q = 1.7 \text{ kg./cm}^2$, el resultado es un Banco de Datos depurado con 51 valores.

Cuadro resumen depurado

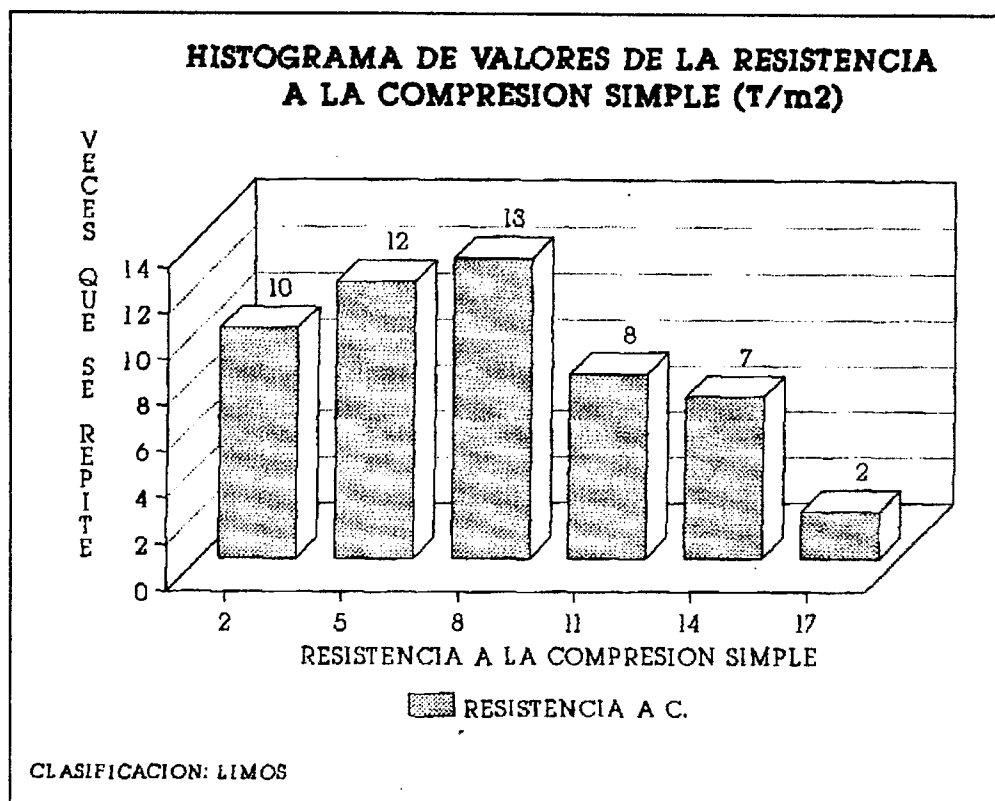
1.2	0.55	0.6	0.4	1.5	1.4
0.44	0.20	0.5	0.25	1.06	0.9
0.5	1.4	1.0	1.5	0.4	0.6
0.86	1.27	1.16	1.1	0.8	0.4
0.2	0.23	0.5	0.8	0.8	1.2
0.6	0.8	0.7	0.5	0.9	0.7
1.2	1.3	0.9	0.25	1.0	1.4
0.9	1.4	1.3	0.7	0.4	1.0
1.5	1.7	1.7			

TOTAL = 51 datos

En la elaboración del histograma los valores de la resistencia a la compresión simple se dan en Tn/m^2 y no en kg./cm^2 como normalmente se presentan. Este cambio se debe a la limitación impuesta por el tratamiento automático con el que operamos.

Por otra parte, se ha optado por agrupar los valores de 2 en 2, de manera que se aprecia una distribución de los datos en campana de Gauss.

Histograma de valores



Propiedades estadísticas

Valor máximo = 1.7

Valor mínimo = 0.2

Media aritmética = 1

Desviación típica = 0.46

Suma total = 15.20

Varianza = 0.21

PROCESO DE DEPURACION DE LAS CURVAS GRANULOMETRICAS

Disponemos de un Banco de Datos con todos los valores correspondientes a 385 curvas granulométricas.

Sobre dicho Banco hemos realizado un estudio estadístico para hallar:

- La curva granulométrica que corresponde a los valores medios del % que pasa por cada tamiz de la serie A.S.T.M. y que denominamos media aritmética”. (M. ARIT.)
- La curva granulométrica que representa los valores máximos del % que pasa por cada tamiz de la serie A.S.T.N. (V. MAX.)
- La curva granulométrica correspondiente a los valores mínimos de % que pasa por cada tamiz de la serie A.S.T.N. (V.MIN.)
- La curva granulométrica más probable, es decir, la que se presenta con más frecuencia.

Los resultados correspondientes a cada curva son los siguientes:

Tamices serie A.S.T.M.	2"	1"	1/2"	1/4"	Nº 4	Nº 10
M. ARIT.	99.71	92.88	80.98	72.21	66.40	59.68
V. MAX.	100	100	100	100	100	100
V. MIN.	73	33	11	8	7	5

Tamices serie A.S.T.M.	Nº 16	Nº 40	Nº 70	Nº 100	Nº 200
M. ARIT.	53.23	42.24	36.41	32.10	23.48
V. MAX.	99.8	99.1	97.6	97	95.8
V. MIN.	2.5	1.1	0.8	0.6	0

Para la obtención de la curva más probable hemos impuesto unos intervalos de valores al % de materiales que pasa por cada tamiz. Los intervalos para cada uno de los tamizes son los siguientes:

Tamices serie A.S.T.M.	Intervalo de valores de %
2 "	100 - 90
1 "	100 - 90
1/2 "	100 - 80
1/4 "	95 - 85
Nº 4	90 - 80
Nº 10	75 - 65
Nº 16	65 - 55
Nº 40	50 - 40
Nº 70	40 - 35
Nº 100	35 - 30
Nº 200	30 - 20

Con esto la curva más probable tiene las siguientes características:

Tamices serie A.S.T.M.	2"	1"	1/2"	1/4"	Nº 4	Nº 10
% que pasa	100	100	96	88	82	70

Tamices serie A.S.T.M.	Nº 16	Nº 40	Nº 70	Nº 100	Nº 200
% que pasa	58	44	37	33	28

Realizadas todas estas operaciones pasamos a obtener mediante tratamiento automático la representación gráfica de las curvas granulométricas.

El resultado final no es el esperado. El intervalo en el cual pueden aparecer cualesquiera de nuestras curvas es muy grande, lo que refleja la alta proporción de material distinto a los limos que constituyen la capa de finos.

Llegado a este punto hay que recordar que la curva granulométrica de un suelo es solo aproximada. La precisión de las curvas granulométricas de suelos finos es más discutible que la de las curvas correspondientes a suelos gruesos. La causa se encuentra en los tratamientos químicos y mecánicos que reciben los suelos naturales antes de realizar un análisis granulométrico (en especial en el método hidrométrico), que suelen dar lugar a unos tamaños afectivos muy diferentes de los existentes en el suelo natural.

En este caso particular de limos, además ha sido imposible calcular los dos coeficientes granulométricos principales de las curvas:

Coefficiente de uniformidad $C_u = D_{60}/D_{10}$

Expresa la uniformidad del suelo

Coefficiente de curvatura $C_c = (D_{30})/D_{60} * D_{10}$

A partir de la curva granulométrica de un suelo también se puede determinar la permeabilidad, dada la relación existente entre ésta y la capilaridad de un suelo, con un cierto diámetro efectivo de las partículas.

El coeficiente de permeabilidad, sigue la fórmula de Allen Hazen (1.892)

$$K = C * D_{10}^2 \text{ cm/sg}$$

K = coeficiente de permeabilidad (cm/sg)

D₁₀ = diámetro efectivo

C = constante que depende del tipo de suelo y varía entre 100 y 150.

Este coeficiente tampoco ha podido ser calculado para el caso de los finos.

Sí se comprueba que la curva que aparece con más frecuencia, o curva más probable, tiende a coincidir con la curva media.

ANÁLISIS Y DEPURACIÓN DE DATOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO: GRAVAS

Cuadro resumen depurado del endayo de SPT en gravas

R	R	55	R	50	R	60	R	R
R	30	R	R	20	41	R	R	R
R	70	R	R	62	60	60	R	R
R	R	R	R	46	R	R	35	R
27	R	R	35	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	84
R	R	52	R	R	R	46	R	R
R	47	44	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	R	R	R
64	90	73	79	68	R	R	R	R
83	R	R	R	50	47	R	44	R
56	R	40	50	R	R	R	R	R
R	50	70	R	R	R	R	R	R
R	R	R	77	R	R	R	94	R
R	32	R	R	R	R	R	R	R
R	R	R	R	R	R	89	R	R
58	R	40	R	R	R	R	R	44
R	47	R	R	68	R	R	42	R
50	R	68	R	R	R	50	R	R
R	R	R	R	R	59	R	54	R
44	R	R						

Total : 192 datos

Tras aplicar el ensayo standard de penetración (SPT) a la capa que constituye el substrato granular del casco urbano de la ciudad, obtenemos un total de 192 datos que conforman el Banco de Datos de los valores de SPT de las gravas.

Dicho Banco coincide con el denominado "cuadro resumen depurado", puesto que no hemos creído necesario realizar ningún "proceso de depuración", a pesar de las siguientes consideraciones:

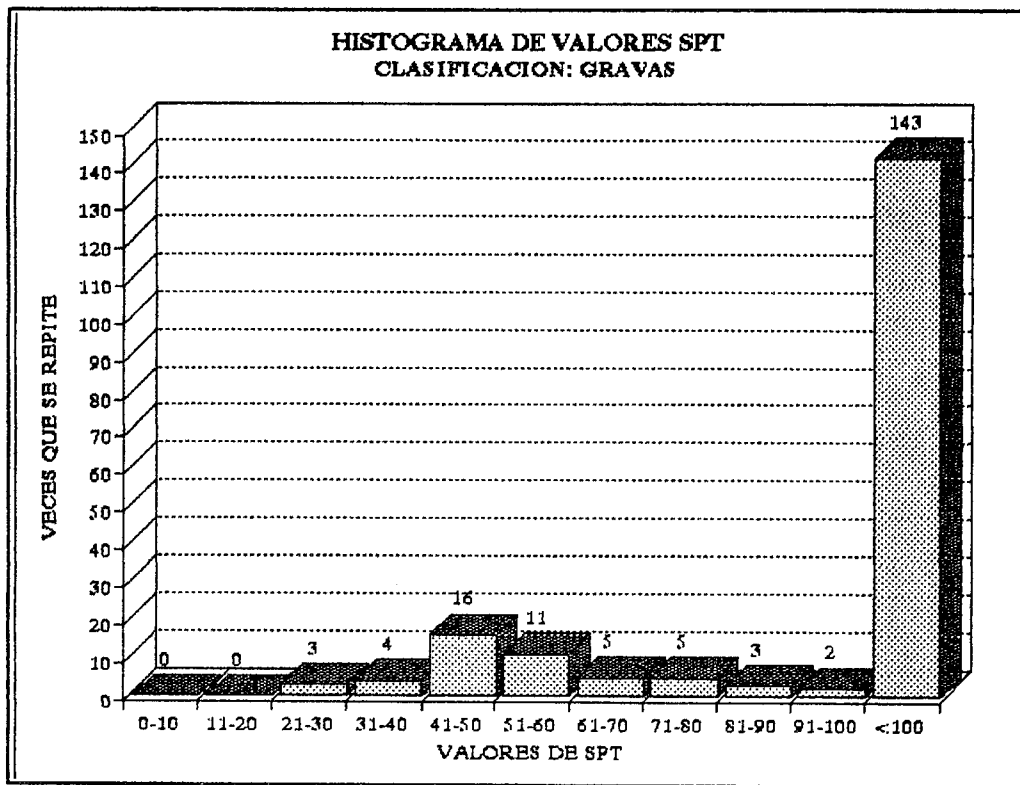
- Los rechazos (R) y en general todos los valores de N obtenidos, pudieran estar sobrestimados por la presencia de material granular con tamaño superior al del diámetro del penetrómetro.
- La existencia de intercalaciones de niveles finos a modo de bolsas o lentejones aislados, muy frecuente en este tipo de depósitos aluvial, hace que los valores de N sean más bajos, al ser la compacidad de los limos-arcillosos y limos-arenosos netamente inferior al de las gravas.

Considerando que un ensayo de SPT con $N = 100$ es rechazo, observamos en el histograma de valores dos partes bien diferenciadas:

1. Zona derecha: existe una distribución normal de los valores del ensayo standard de penetración ó campana de Gauss (curva de frecuencia simétrica o bien formada).
2. Zona izquierda: aparece un único y gran pico que corresponde a las 140 veces que se repite el rechazo en las gravas.

El histograma de valores de SPT en gravas y sus características estadísticas se muestran a continuación:

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 96	Desviación típica = 16.98	Valor mínimo = 26
Suma total = 2746.00	Media aritmética = 56.04	Varianza = 200.45

El valor central (dato que más se repite) corresponde a N = 40-50 y es el que consideramos más representativo de las gravas (la media aritmética, 56.04 se desvía ligeramente de este valor).

Aunque los valores de N estén en muchos casos sobrestimados, se puede asegurar que el estado de compactación de esta capa (que podríamos denominar como suelo base) es muy aceptable y por lo tanto se trata del material más idóneo para ser utilizado como soporte directo de una cimentación en esta zona.

ANÁLISIS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE MUESTRAS INALTERADAS (M.I.) (GRAVAS)

Este tipo de ensayo sólo se realiza en material fino, lo que supone que de existir algún valor de M.I. correspondería a los limos arcillosos o arenosos que aparecen como intercalaciones en los niveles de grano grueso (gravas, arenas).

Recordar que en la depresión de Granada son frecuentes las interdigitaciones y superposiciones de material grueso y fino como consecuencia de los regímenes fluviales. Esto origina que en frecuentes ocasiones los valores obtenidos de los ensayos no sean representativos de un determinado material, puesto que encontraremos mezclados limos, arenas, gravas, bolos, etc.

En nuestro caso concreto disponemos de valores de muestras inalteradas. Tales son:

7.3 10 3 8 9 7 8.3 26

ANÁLISIS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y COMPRESION SIMPLE

No estamos capacitados para realizar valoración alguna, puesto que los datos consultados han sido directamente adoptados o inferidos.

Dichos valores son los siguientes:

CORTE DIRECTO: $C = 0$

$\phi =$ entre 34° y 40° (media, 38°)



COMPRESION SIMPLE: $W =$ entre 10 y 14

$$D(\text{seca}) = 1.8$$

$$Q_u > 1.5$$

PROCESO DE DEPURACION DE LAS CURVAS GRANULOMETRICAS CORRESPONDIENTES A GRAVAS

Seguiremos el mismo procedimiento que el empleado para los limos.

Disponemos de un Banco de datos con los valores correspondientes a 185 curvas granulométricas, sobre el que hemos realizado un estudio estadístico para obtener:

- La curva granulométrica correspondiente a la media aritmética de los valores del % que pasa por los tamices de la serie A.S.T.M. (M. ARIT)
- La curva granulométrica que representa los valores máximos del % que pasa por cada tamiz (V.MAX)
- La curva granulométrica correspondiente a los valores mínimos de estos tantos por ciento (V.MIN)
- La curva granulométrica más probable o que se representa con más frecuencia.

Los resultados correspondientes a cada curva son los siguientes:

Tamices serie A.S.T.M.	2"	1"	1/2"	1/4"	N°4	N°10
M. ARIT.	98.75	87.18	70.96	59.31	52.98	44.43
V. MAX.	100	100	100	100	99.80	84
V. MIN.	74	33	11	8	7	5

Tamices serie A.S.T.M.	N°16	N°40	N°40	N°100	N°200
M. ARIT.	37.14	26.34	20.57	17.10	11.39
V. MAX.	74.1	67.00	60.30	55.60	51.00
V. MIN.	3	2	0.8	0.6	0

Para la obtención de la curva más probable imponemos unos intervalos de valores al % de material que pasa por cada tamiz, del mismo modo que hicimos para los limos. Los intervalos para cada uno de los tamices se presentan a continuación:

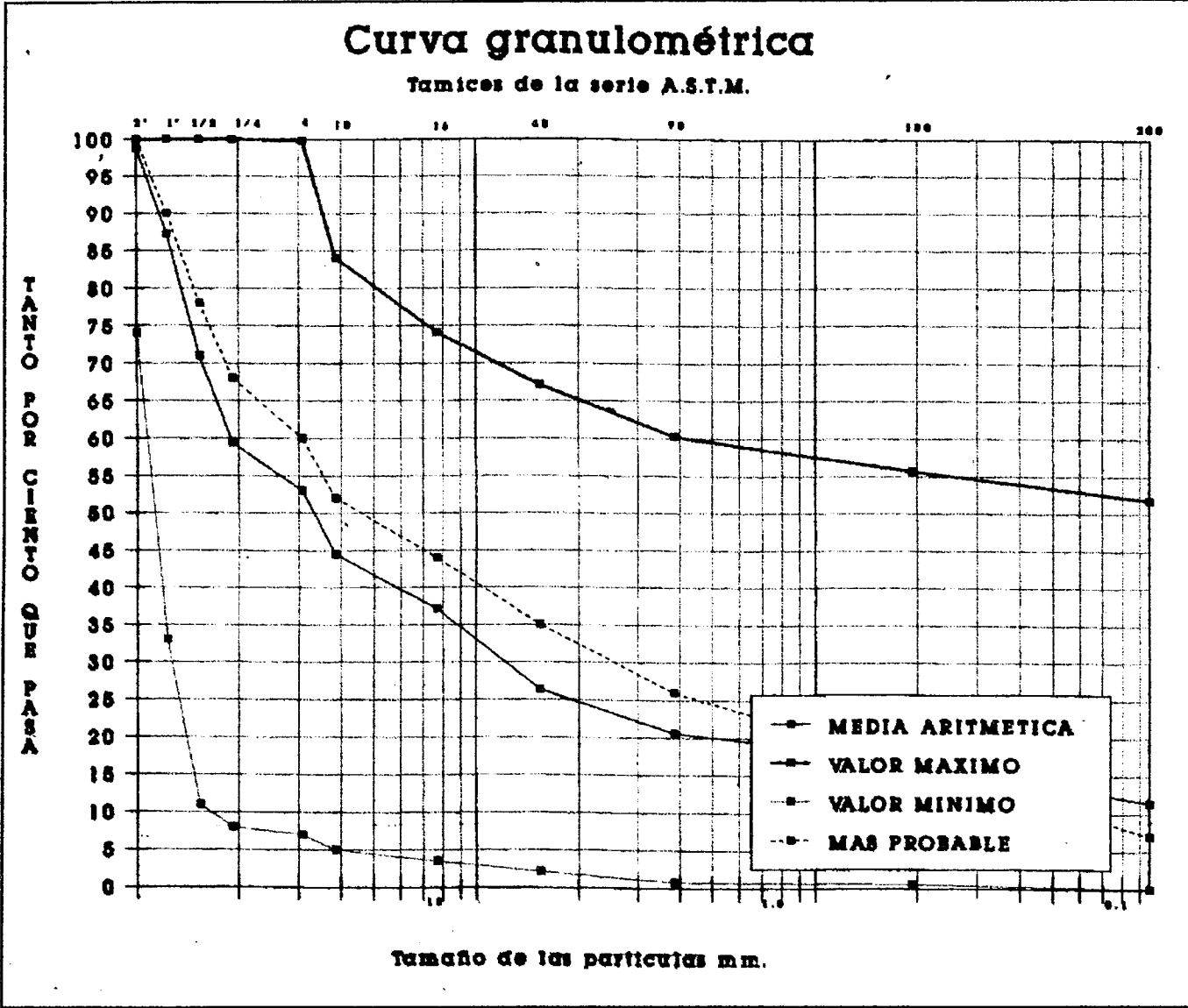
Tamices Serie A.S.T.M.	Intervalo de valores de %
2"	100 - 95
1"	100 - 85
1/2"	85 - 70
1/4"	75 - 50
Nº4	60 - 40
Nº10	55 - 40
Nº16	45 - 35
Nº40	35 - 25
Nº70	30 - 20
Nº100	25 - 15
Nº200	15 - 5

Con ésto, la curva más probable de aparecer tiene las siguientes características:

Tamices serie A.S.T.M.	2"	1"	1/2"	1/4"	Nº 4	Nº 10
% que pasa	100	90	78	68	60	52

Tamices serie A.S.T.M.	Nº 16	Nº 40	Nº 70	Nº 100	Nº 200
% que pasa	44	35	26	17	7

Realizadas las operaciones estadísticas de obtención de las curvas de interés, elaboramos mediante tratamiento automático la representación gráfica de dichas curvas. Es decir, expresaremos la distribución de las partículas por tamaño en una muestra de suelo, mediante un gráfico que relaciona el porcentaje de partículas de tamaño interior, en peso (abscisas), con cada diámetro en mm (ordenadas).



El resultado final en gravas es mejor que el obtenido con los limos, aunque no podemos darnos del todo satisfechos, dado que el rango en el que aparecen las curvas también es muy amplio. Este hecho podría deberse a que de modo general se pueden diferenciar dos tipos de material granular:

- Arenas finas y medias con matriz limosa.

Se clasifican como SM (arenas limosas) y SF-SM (arenas mal graduadas con limos). Presentan textura similar a la de los niveles granulares, pero su estado de compactación varía entre bajo y medio, según se deduce de los valores obtenidos del ensayo de penetración. Es por ello que este suelo, a efectos portantes, se puede asimilar a la capa de arcilla y limos aunque la textura sea diferente.

- Arenas, gravas, cantos y bolos con matriz limosa: podríamos decir que este suelo granular constituye la base generalizada de la zona estudiada. Debido a su origen, la textura suele presentar alteraciones de unos sectores a otros consistente en variaciones en la proporción de los distintos tamaños de material granular. Por ejemplo: en las zonas más próximas a los cauces actuales el contenido en bolos es abundante, en otras predominan netamente la arena y la grava.

En este análisis de gravas sí hemos podido calcular los coeficientes granulométricos principales y el coeficiente de permeabilidad.

Todos los datos han sido sometidos a tratamiento estadístico. Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente cuadro:

	D 10	D30	D60	Cu	Cc
V.Máx.	38	24.5	10	0.26	1.6
V.Min.	1.2	0.18	0.07	0.058	0.38
Media arit	10.13	2.23	0.44	0.043	1.11

**VII.- ANALISIS GEOTECNICO DEL RESTO DE LAS ZONAS DEL
CASCO URBANO DE GRANADA**

Siguiendo las mismas pautas que en el capítulo anterior, se va a analizar desde el punto de vista geotécnico, el resto de las zonas del casco urbano de Granada que contengan, en alguno de sus niveles, material limoso o arcillo-limoso.

Se realizará el correspondiente estudio estadístico con los datos de los ensayos de campo y laboratorio, y trataremos la interpretación y análisis de todos estos datos, considerando en primer lugar el material fino (limos y/o arcillas-limosas) y a continuación el material grueso (arenas y gravas).

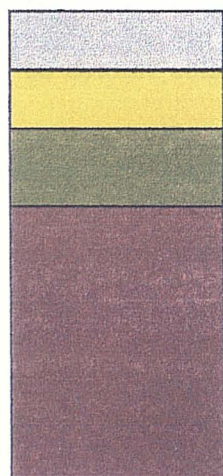
Los valores de SPT, L.L. e I.P., muestra inalterada, humedad natural, resistencia a la compresión simple, densidad seca, grado de cohesión media y ángulo de rozamiento interno, serán sometidos al "proceso de depuración", de forma que, igual que en la zona Geotécnica B, eliminaremos al hacer la estadística aquellos valores de los sondeos que se aparten notablemente de lo que es lógico esperar.

COLUMNA TIPO ESPERADA

Las zonas objeto de estudio y sobre las que aplicaremos el análisis estadístico las hemos denominado "Zona Geotécnica C" "Zona Geotécnica G" y "Zona Geotécnica F".

"ZONA GEOTECNICA C"

Aparece englobada en la "zona geotécnica B" ya estudiada, y cerca del cauce del río Darro. La "columna tipo esperada" podría ser la siguiente:

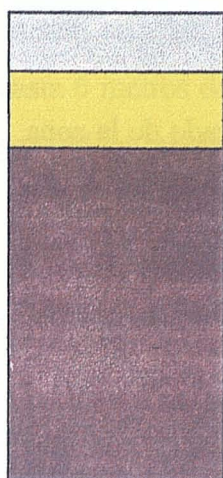


- Relleno
- Gravas, arenas y bolos con matriz limo-arenosa de tonalidad gris
- Limos y limos-arcillosos (ML) marrón grisáceos con pequeñas intercalaciones de material granular.
- Gravas, arenas y bolos con matriz areno-limosa e intercalaciones de niveles limo-arenosos.

Se observa que esta "columna típica" es muy parecida a la de la "Zona B", con las excepciones del nivel gravoso entre el relleno y los limos, y que éstos últimos se clasifican principalmente como limos ML.

”ZONA GEOTECNICA G”

Teniendo en cuenta el comportamiento mecánico-geotécnico de los materiales, la ”columna tipo esperada” sería la siguiente:



- Relleno
- Arcillas y arenas limosas de tonalidad marrón, rojiza y crema, presentando cierto contenido en material granular y pequeñas intercalaciones de éste.
- Arenas, gravas y cantos con matriz limosa gris.

En resumen, esta zona que estudiamos presenta una alternancia de sedimentos arcillosos y limosos con contenido en material granular, con frecuentes intercalaciones de arenas, gravas y cantos (con limos grises) repartidos de forma irregular.

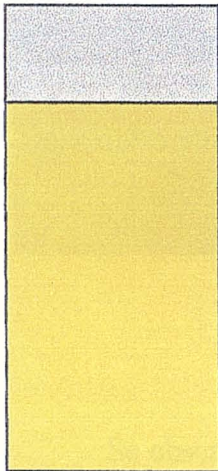
"ZONA GEOTECNICA F"

Esta zona contacta al NE con la "Formación Alhambra" y se extiende hacia el SW siguiendo el curso del río Beiro, tanto en su margen derecha como izquierda.

Los materiales de la "Zona H" pertenecen a la Vega Alta granadina, caracterizada por un depósito típico aluvial. En ella se reconocen sedimentos constituidos por arcillas y limos de tonalidad marrón, marrón-rojiza y marrón-rosácea con pequeñas intercalaciones de material granular repartidos de forma irregular.

En general, este nivel es el que consideramos substrato generalizado de la zona. Aunque en conjunto la estratigrafía de estos materiales es bastante simple, en detalle presentan ciertas irregularidades típicas de los depósitos aluviales, donde son muy frecuentes las interdigitaciones.

"La columna típica esperada" tendrá la siguiente representación:



- Relleno de material heterogéneo con cantos, cascotes y materia orgánica.
- Niveles alternantes de arenas y gravas con matriz limo-arcillosa y limo-arenosa con cantos y algunos bolos; arcillas y limos de tonalidades marrón y marrón-rojiza (rosáceas o amarillentas a muro)

Cabe señalar la existencia de una intercalación que aparece a profundidades variables (entre 9.5 y 12 m.) que rompe la relativa monotonía del depósito, debiendo corresponder a una interrupción en la aportación de materiales, acompañada de una carbonatación del nivel superior en ese momento.

Añadir que la estratigrafía en los primeros metros se encuentra notablemente afectada por las acciones de tipo urbanístico a lo largo de la historia, lo cual ha dado lugar a que prácticamente no se encuentre representado el suelo de labor típico y que existan rellenos de naturaleza y potencia muy variada. En el caso más desfavorable, hasta 6 metros de espesor de relleno en el margen derecho del río Beiro, donde por lo general las potencias de la capa superficial son mayores.

A continuación se presenta una tabla resumen con los informes geotécnicos empleados en el estudio de las diferentes zonas, así como el denominado "Cuadro General" donde se refleja el cómputo de todos los valores de los ensayos que se tendrán en cuenta:

TABLA RESUMEN DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

<u>REFERENCIA</u>	<u>LOCALIZACION</u>	<u>N° SONDEOS</u>	<u>FECHA</u>
IG-117	Cl/Garcia Arroyo	3	Nov.72
IG-145	Ctra.Malaga	5	Marzo.73
IG-148	Arabial-Sta.Clotilde	2	Feb.73
IG-167	Melchor Almagro	3	Junio.73
IG-174	Av.Andalucia- Av.Calvo Sotelo	5	Octb.73
IG-186	Ctra.Badajoz- Cno.Maracena	4	Octb.73
IG-189	Cl/Garcia Arroyo	2	Nov.73
IG-193	Pintor Velazquez	2	Octb.73
IG-203	Av.Calvo Sotelo- Cl/Dr.Oloriz	3	Feb. 74
IG-215	Plaza del Carmen	2	Sept.74
IG-264	Estadio de la Juventud	1	Nov.74
IG-268	Cl/Mirlo	2	Mayo.75
IG-308	Ctra.Jaen-Cl/Ribera del Beiro	2	Sept.75
IG-419	Cl/Pareja Yébenes Edif.18	6	Octb.78
IG-439	Ruiz de Alda	5	Enero.78
IG-471	Martínez de la Rosa- Pintor Rguez Acosta	4	Octb.78
IG-488	Gonzalo Gallas	5	Feb.79
IG-497	B° Figares	5	Julio.79
IG-498	Av.Carrero Blanco- Av.Sur	5	Mayo.79
IG-516	B° de los Pajaritos	3	Nov.79

IG-562	Urb."Las Torres"	3	Julio.80
IG-568	Cno.Ronda 208	5	Nov.80
IG-587	Estación de Renfe	2	Feb.81
IG-595	"Ruiz de Alda"	3P	Marzo.81
IG-748	Instalaciones de Renfe	2P	Feb.84
IG-869	Melchor Almagro-Pintor Rguez Acosta	2	Sept.85
IG-914	Parque Municipal de Bomberos	2	Junio.86
IG-934	Plaza de La Caleta	5	Nov.86
IG-961	Nueva de San Antón	2	Julio.87
IG-964	Estadio de La Juventud	2	Julio.87
IG-1105	Cno. Ronda	4	Mayo.89
IG-1243	Facultad de Ciencias	4	Octb.90
IG-1247	"La Caleta"	3	Octb.90
IG-1251	"Parque Luz"	3	Nov.90

CUADRO GENERAL

RESUMEN ARCHIVO DE LOS ENSAYOS DE CAMPO

- n de informes geotécnicos 34
- n°-° de puntos de sondeos 106
- n de ensayos SPT (limos) 106
- n de ensayos SPT (gravas)..... 42

RESUMEN ARCHIVO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

- Límites de Atterberg 204
- Muestra inalterada 51
- Grado de cohesión media 28
- Angulo de rozamiento interno 30
- Humedad natural del terreno..... 67
- Densidad seca..... 113
- Rotura a compresión simple 52
- Análisis granulométrico (limos)..... 134
- Análisis granulométrico (gravas)..... 51
- Ensayos de carbonatos 6

ENSAYOS

Se han escogido de los informes geotécnicos los valores de SPT, y límites de Atterberg, y cuando haya sido posible tallar la muestra: muestra inalterada, humedad natural, rotura a compresión simple, densidad seca, grado de cohesión media y ángulo de rozamiento interno. Se indica así mismo, la existencia de carbonatos en los correspondientes informes.

Los límites de Atterberg se han dividido para su estudio en tres grupos:

- El primero recoge los valores correspondientes a los limos de la clase CL.
- El segundo incluye los valores de L.L. e I.P. de los limos del tipo CL-ML.
- En tercer lugar se registran los valores de los limos de la clase ML.

Se han anotado además la existencia de suelos del tipo SM (46 valores), SP-SN (17) y SP (2), con límites de Atterberg que los clasifican principalmente como ML no plásticos.

NOTA: como ya hemos indicado anteriormente, CL corresponde a una arcilla de baja plasticidad, pero desde el punto de vista geotécnico consideramos que tiene un comportamiento asimilable a los limos.

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE SPT EN LIMOS

4	13	15	8	7	8	7
8	22	18	12	22	10	15
13	15	12	11	11	27	23
10	8	13	8	11	14	15
15	4	6	7	7	10	11
8	10	13	5	26	10	22
18	19	21	29	16	26	34
16	29	16	26	34	16	21
34	20	8	10	5	13	29
15	11	17	12	25	18	26
24	14	16	16	10	11	16
26	10	11	15	21	36	37
43	18	18	42	6	11	10
20	20	19	22	30	36	12
15	19	35	18	15	26	25

22

TOTAL = 106

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE STP EN GRAVAS

R	R	R	R	R	R	R
R	R	35	30	20	R	27
27	25	24	20	33	35	37
50	R	R	R	R	70	R
39	39	R	R	30	36	40
46	47	41	R	R	R	R

TOTAL = 42

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS LÍMITES LÍQUIDOS
E ÍNDICES DE PLASTICIDAD DE LOS LIMOS DE LA CLASE CL

L.L.						
31.6	23.4	35.6	24.2	35.5	37.2	36.3
28.8	24.2	25.1	29.8	46.5	28.5	24.1
19.1	25.8	29	25.4	25.4	25.6	26
28.9	20.8	31.9	32.5	27	25.8	20
32	24	24.5	25.9	27.5	30.1	36.5
34.1	33.6	21.1	44.3	32.67	26.5	31.6
33.2	31.15	33.15	37.65	33.5	32	32.67
29	24.15	27.75	34.85	35.15	30.1	35.6
36.5	28	32.3	39	28.5	30.5	29.7
26.5	36.4	33.5	32.5	27.7	26.3	26.5
29.8	22.8	29	23.4	27.7	24.1	34
32.5	24.2	28.3	27.5	31	34.8	29.5
32.1	28.9	36.9	36	24.2	31.7	27.4
28.6	27.1	26.3	33.5	34.2	28.9	29.2
30	24.9	31.9	32.6	30.2	30.7	32
24.9	29.7	28.61	27	24.3	29.4	29.1
27	22	28.9	37.5	29	30	29.8
35.3	26.9	39.6	31.9	30.8	27.5	26.1
32.6	29.6	35	34	26.7	29	25.7
36	23.5	37.1	39.9	32.9	38.8	32.7
27.2	26.5	31	27.5	27.2	26.1	22.2
26.8	28.9	23.8	31	38	26	27.9
30.5	28.2	33.4	29.5	41.3	36.9	33
29.1	35.4	31.7	25.7	26	24.2	26
25.9	30.6	24	19.5	30.3	35.3	27
31.5	22.5	18	22	21	23.6	26.8



19.5	21.6	19.5	20	26.1	27.3	26.6
20	21.3	23.5	28.1	29.1	21.2	25.3
26.2	31.1	27.7	27.1	27.8	31	31
26.3						

TOTAL = 204

I.P.

1.5	6.3	13.3	6.3	12.6	19.1	19
11.1	13.3	23	13.5	10	10	13.18
10.2	10.6	13	10.4	10.9	13	28.3
17.3	14.7	14	9.5	11.5	9.6	15.5
19.8	16.2	21.5	17.07	11.33	15.23	11.1
17.74	21.44	16.43	16.46	17.07	13.42	10.9
16.09	10.9	18.6	11.5	10.3	15.7	20.5
12.8	11.4	14.2	16.9	17.5	9.6	8.9
8.4	13.4	8.5	13.9	10.9	11.1	12.2
14.7	10.2	10.1	14.9	9.7	13.6	14.1
9.6	11.1	9.2	9	9	18.3	13.9
15	12.4	13.9	12.1	16	19.4	22.5
22.2	10.4	15.7	10.7	12.5	12.7	16.9
12.2	8.5	12.3	14.4	9.9	16.9	13
10.5	13.1	11.2	19.9	15.7	12.9	9.9
8.7	8	11.2	10	9.4	9.1	10.5
11.6	14.9	13.2	12	9.65	10.22	8
10.6	16.7	10	19.8	13.9	14.88	9.1
14.7	17.4	13	13.8	5.1	13.3	9.8
15.2	14.6	13.9	10.7	23.5	9.7	7.5
14	11.6	8.3	8.7	8.4	8.6	11.9
11.2	15	12.6	24	10.7	18.8	16

19.46	15.59	11.13	16.17	11.8	15.3	11.3
12.5	8.7	16.1	11.5	10.2	15.5	13.4
10	21.1	13.5	13.1	13.3	9.1	13.7
11.3	13.2	14.8	11.8	10.9	11	9.3
11.5	20.3					

TOTAL = 184

**BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS LÍMITES LÍQUIDOS
E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS LIMOS TIPO CL-ML**

L.L.

26.5	28.5	26.8	26.2	24.5	27.2	27.5
24.1	28.2	24.7	23.4	26	19.5	18.9
28.3	28	23.7	26.1	22.6	26.2	29.5
29.2	28.6	29	21.3	25.2	29.5	22.7
19.5	23.2	23.32	19.8	29.2	23.3	19.7
20	21	20.5	22	21.8	25.8	25.8
25.6	26.2	23.3	23.	21	23.7	24.4
23.8	23	24	24.2	26.6	27.2	27.8
22	29	28	23.2	24.5		

TOTAL = 61

I.P.

7.3	8.7	7.6	8.1	7.3	5.4	6.1
5.8	7.9	5.1	4.9	8.3	5.6	4.7
9.4	8	5.1	4.9	6.2	8.4	8.3
8.3	8.6	8.1	7.8	5.5	6.9	8.1
5	3	5.2	5.2	2.9	7.7	4

8.7	6.1	5.5	5.5	6	4	6.2
5.1	6.7	7.6	7.7	5.5	6.35	7.7
6.9	9.1	6	7	4.5	6.7	6.3
5.3	5.5	7.2	5			

TOTAL = 60

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS LÍMITES LÍQUIDOS E ÍNDICES DE PLASTICIDAD DE LOS LIMOS TIPO ML

L.L.

32.8	29.2	29.5	30.2	32.7	23.9	20
33.3	35	45.3	19.8	22.3	41.8	22.1
43.2	38	31.3	44	17.9	21.8	40.4
24.9	35.1	28.1	25.6	36.1	20	

TOTAL = 27

I.P.

5.7	3.9	1	3	5	2.7	2.7
8.9	8.8	7.4	2.9	3.3	12.8	3.2
18.3	11.3	9.5	14	1.9	6.8	7.1
5.2	5.1	3.1	8.2	8.1		

TOTAL = 26

NO PLASTICOS (N.P.) = 21

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE MUESTRA INALTERADA (A PERCUSIÓN)

6	19	29	10	32	10	19
19	18	21	15	15	12	13
13	6	14	11	14	4	13
14	18	26	27	20	8	10
5	13	36	25	18	26	24
14	16	16	14	26	25	25
22	18	25	19	30	29	16
22	22					

TOTAL = 51

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

W (%)

22	25	17.1	5.6	13	22	15.4
21	16	17	15	18	20	17
17	17	18	22	18	18	25
22	25	20	20	22	24	21
16	13.9	11.6	12.2	14	10.2	17
22	15	18	16	13	27	16
19	11	14	24	23	13.7	24
17	18	24	14	16	18.9	19.5
12.2	21.2	12.8	13.1	13.9	18.9	12.7
17.9	17.9	18.1	20.4			

TOTAL = 67

DENSIDAD SECA

1.6	1.7	1.7	1.9	1.7	1.6	1.96
1.94	1.7	1.82	2.03	1.81	1.93	1.77
1.8	1.9	2	1.7	1.8	1.8	1.8
1.8	1.6	2	1.97	2.01	1.67	1.7
1.75	1.79	1.86	1.65	1.73	1.6	1.9
1.6	1.3	2.1	1.9	1.8	1.9	1.8
1.77	1.73	1.79	1.86	1.73	1.81	1.92
1.87	1.75	1.74	1.48	1.75	1.74	1.74
20.2	1.66	1.94	1.91	1.9	1.78	1.92
2.15	1.73	1.59	1.6	1.77	1.68	1.48
1.7	1.8	1.84	1.79	1.93	2.15	1.83
1.72	1.84	1.8	1.84	1.53	1.8	1.87
1.6	1.8	1.7	1.8	1.6	1.6	1.79
1.7	1.76	1.68	1.62	1.7	1.6	1.9
1.73	1.75	2.08	1.75	1.7	1.6	1.3
1.6	2	1.5	1.89	1.8	1.98	1.8
2.1						

TOTAL = 113

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

0.4	0.4	2	1.5	1.6	0.5	0.6
0.6	0.7	0.9	0.5	0.4	0.9	1.4
0.8	0.18	0.4	0.33	0.6	0.3	0.9
0.2	0.4	0.5	1.27	1.38	0.7	1.2
2.2	0.75	0.4	2.3	2.3	1.4	1.4

1.2	0.4	0.5	0.7	1.8	1.8	0.33
0.3	0.2	1.1	0.7	0.6	1.45	0.5
0.6	0.16	0.3				

TOTAL = 52

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

COHESION (C)

0.2	0.5	0	0.1	0.4	0.3	0.5
0.2	0.2	0.3	0.5	0.2	0.15	0.25
0.38	0.4	0.4	0.2	0.5	0.3	0.2
0.2	0.1	0	0.75	0.1	0.2	0

TOTAL = 28

ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (φ)

21	17	22	28	31	0	20
13	8	19	20	22	0	14
8	10	18	10	20	18	7
12	28	25	9	25	14	30
22	25					

TOTAL = 30

BANCO DE DATOS DE LOS VALORES DE LOS ENSAYOS DE CARBONATOS

Únicamente se dispone de la siguiente información:

IG-268 Aparece un nivel de arcillas limosas (CL-ML) de color rojizo con manchas rosáceas de carbonato.

IG-308 Existen dos niveles de materiales:

1. Capa de arcillas y limos arcillosos de color ocre rojizo con niveles delgados de arenas y gravas. Los porcentajes de carbonatos son bajos:

13.6 14.3 12.2 14.7

2. Arenas y gravas con matriz limo-arcillo-arenosa de color pardo. Los tantos por ciento son aún más bajos:

9.6 7.5

Los primeros metros sondeados en este informe están constituidos por un derrubio superficial. Son suelos de relleno mezclados con suelos de antiguas labores, junto a limos apelmazados de color pardo.

Abundan cantos, piedras sueltas y nódulos carbonatados blancos que indican procesos de formación de suelos recientes.

IG-934 Entre los 11 y 12 m. de profundidad aparece un nivel constituido por arcillas (CL) de tonalidad marrón rojiza con algunos cantos y restos de carbonato. La aparición de estos carbonatos (como ya se ha explicado) puede corresponderse con una interrupción en la aportación de material, acompañada de una carbonatación del nivel superior en ese momento.

IG-964 Se reconocen a una profundidad superior a los 13 m. limos arcillosos marrones con nódulos de carbonato y algunos episodios granulares.

CONSTRUCCION DE UN BANCO DE DATOS GEOTECNICO URBANO:

Análisis de datos y depuración de ensayos de laboratorio y campo.

Como ya hicimos en la "Zona Geotécnica B", una vez recopilados todos los datos de los ensayos aplicamos el "análisis y proceso de depuración", eliminando aquellos valores que no son representativos del material en cuestión (limos o gravas). Los ensayos se presentan con sus correspondientes cuadros depurados de valores, histograma de valores, y características estadísticas.

ANÁLISIS Y DEPURACIÓN DE DATOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO : LIMOS

PROCESO DE DEPURACION DE LOS ENSAYOS REALIZADOS DE SPT

Partimos de un "Banco" con 107 datos obtenidos de aplicar el ensayo standard de penetración (SPT) a la capa de finos limo-arcillosos.

En el "proceso de depuración" rechazamos los valores superiores a un SPT con $N = 28$.

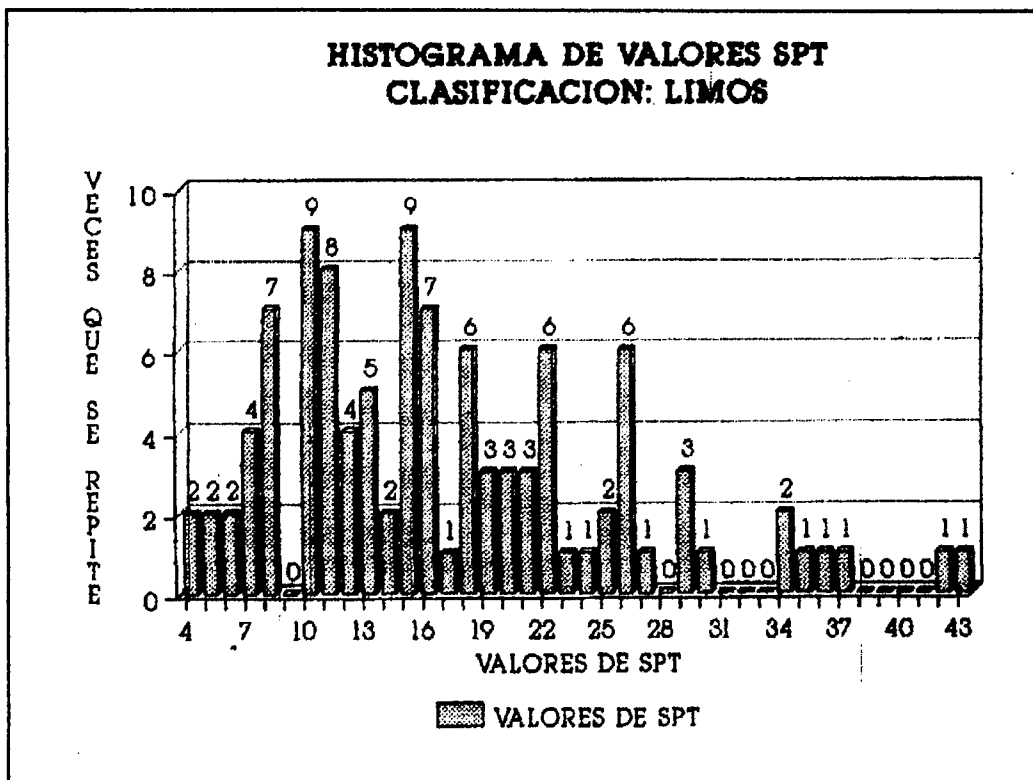
Consideramos que el material caracterizado por un SPT entre 28 y 35 contiene cierta porción de grava y cuando N es mayor de 36 el material corresponde a gravas.

Cuadro Resumen depurado del ensayo de SPT en finos (Limos-arcillosos)

4	13	15	8	7	8	7
18	12	22	10	15	13	15
27	23	10	8	13	8	11
4	6	7	7	10	11	8
26	10	22	18	19	21	16
26	16	21	20	8	10	5
17	12	25	18	26	24	14
11	16	26	10	11	15	21
11	10	20	20	19	22	12
8	22	22	12	11	11	14
15	15	10	13	5	26	16
16	13	15	11	16	16	10
18	18	6	15			

TOTAL = 88

Histograma de valores (sin depurar)



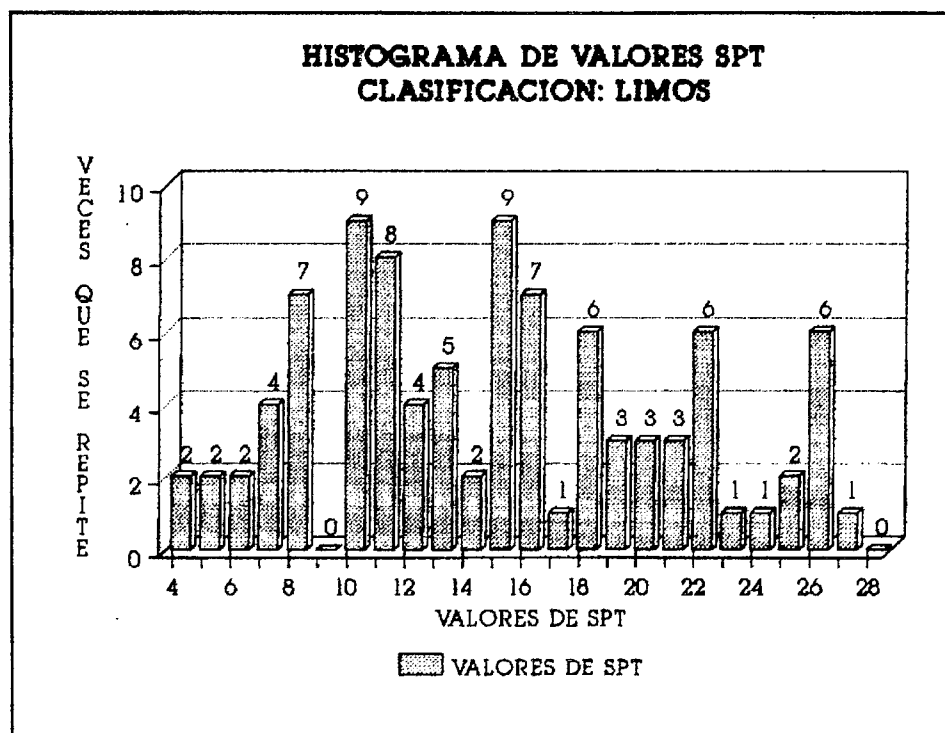
Los ensayos SPT realizados en este material oscilan entre N= 4 y N= 43. Excepcionalmente se ha obtenido algún rechazo.

Los valores anómalamente elevados, en cualquier caso no representativos de la consistencia real de los suelos finos, pueden deberse a dos causas:

- Que los ensayos coincidieran con pequeños niveles más granulares. Dichos niveles representan las intercalaciones granulares tan frecuentes y características de los depósitos típicos aluviales.
- La presencia en el nivel de finos, de material granular con tamaño superior al de la boquilla del tomamuestras.

Histograma de valores depurados

Para las columnas depuradas los valores de SPT oscilan entre $N = 4$ y $N = 28$.



La primera impresión que se obtiene de la gráfica es la distribución aparentemente aleatoria de los datos. No se aprecia la típica curva en campana de Gauss que caracteriza a nuestros histogramas.

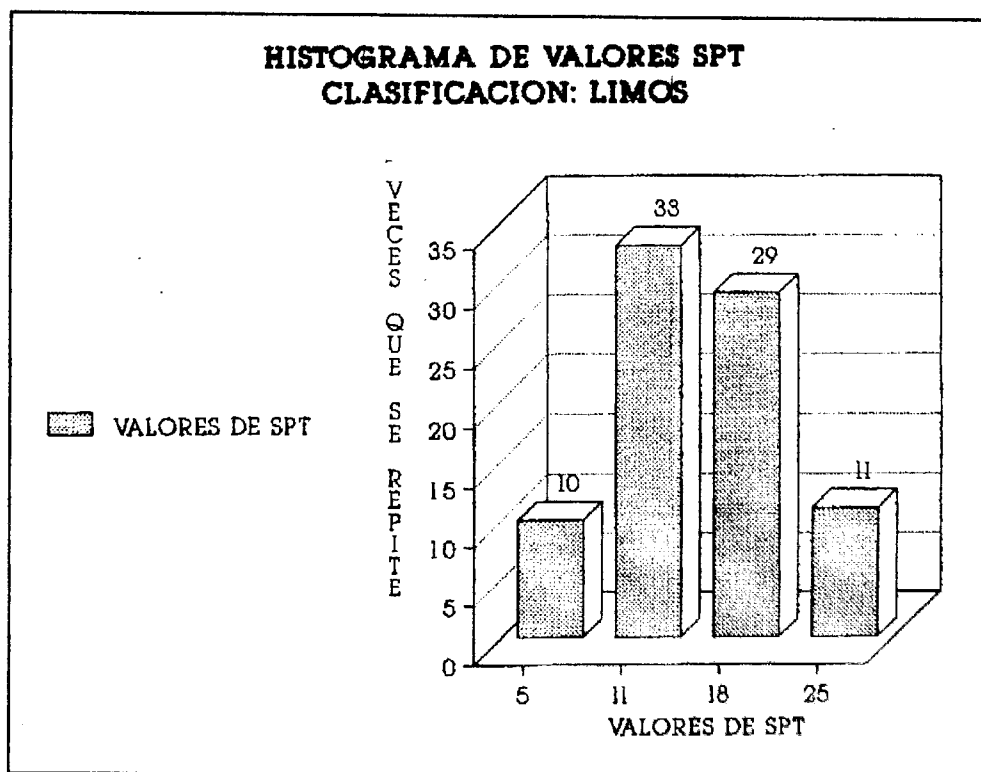
Realizando un estudio más detallado, se observa que la distribución de los valores no es totalmente al azar, éstos se agrupan entorno a cuatro valores de SPT que podríamos llamar principales, comprobándose que cada uno de ellos caracteriza un determinado tipo de material.

Los valores de SPT, a los que se le asigna una tolerancia de ± 3 , son los siguientes:

- $SPT = 5 \pm 3$ caracteriza a limos húmedos.
- $SPT = 11 \pm 3$ define a limos arcillosos (CLML)
- $SPT = 18 \pm 3$ define a limos arenosos (SM) y arcillas-limo-arenosas.
- $SPT = 25 \pm 3$ corresponde a arenas limosas y fracción fina con material granular algunos cantos y piedras sueltas.

Con esto, elaboramos un histograma donde solo se representan los valores que hemos considerado centrales. La gráfica es bastante representativa; los dos valores más frecuentes (moda) son $N= 11$ que corresponde a limos y $N= 18$ que caracteriza a limos arenosos.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 27	Valor mínimo = 4	Media aritmética = 14.98
Desviación típica = 5.95	Suma total = 1393	Varianza = 35.45

CONCLUSIONES

De los ensayos standard de penetración efectuados sobre la capa de finos limo-arcillosos, se concluye que el estado de consistencia de estos materiales varía entre blanda y rígida. Los valores de los resultados de los ensayos SPT oscilan entre $N= 4$ y $N= 43$, considerando que el valor más característico es $N= 11$. Según las características estadísticas el valor medio o media aritmética sería $N= 15$.

Excepcionalmente se ha obtenido algún rechazo que correspondería a niveles localizados con alto contenido en material grueso.

Presentamos a continuación la gráfica que relaciona valores de SPT (en ordenadas) con humedades (en abscisas). Se observa la existencia de una correlación entre ambos parámetros (a mayor SPT menor $W\%$), de modo que podemos realizar un análisis de regresión lineal.

Como ya explicamos en el estudio de la "Zona Geotécnica B", partimos de la fórmula $Y = A + BX$ (1) y calculamos los términos $A = \text{cte}$, $B = \text{coef. regresión}$, $r = \text{coef. correlación}$.

La fórmula (1) la aplicamos para hallar las humedades (X) que corresponderían a los distintos SPT (Y), una vez calculados los términos A y B de dicha fórmula.

A su vez, mediante tratamiento automático elaboramos las siguientes curvas:

- Correlación lineal total.
- Correlación de la curva media.
- Correlación de la curva mínima.
- Correlación de la curva máxima.

La aplicación práctica del gráfico "correlación lineal SPT – W", como ya se indicó, es casi inmediata: conociendo los límites de Atterberg y las humedades, podemos calcular los valores de SPT hasta llegar a conocer las condiciones de cimentación. Adjuntamos, así mismo, los resultados del "análisis de regresión". Cuando el coeficiente de correlación tiene un valor inferior a 0.7 estimamos que no debemos considerar correlación.

Analizando el gráfico se comprueba que dos de las curvas no cumplen esta condición:

La correspondiente a la correlación lineal total, con un $r = 0.66$.

La curva de correlación lineal máxima con un $r = 0.33$.

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MAXIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
20	17	400	289	340
22	18	484	324	396
18	18.5	324	342.25	333
19.5	19	380.25	361	370.5

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante	21.61450 = A
Err Std de Y Est	0.983644
R al Cuadrado	0.115376 = r ²
N. de Observaciones	4
Grados de Libertad	2

Coefficiente(s) X -0.17557 = B
 Err Std de Coef. 0.343765

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MAXIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = HUMEDAD
 A = CTE.
 B = COEF. REGRESION
 X = SPT

X	Y
17	18.63
18	18.45
19	18.28
20	18.10
21	17.93
22	17.75

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MINIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
16	12	256	144	192
16	14	256	196	224
11	17	121	289	187
11	18	121	324	198
7	20	49	400	140
6	20	36	400	120
4	22	16	484	88

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:
 Constante 24.98516 = A
 Err Std de Y Est 0.856183
 R al Cuadrado 0.951590 = r²
 N. de Observaciones 7
 Grados de Libertad 5

Coefficiente(s) X -0.73093 = B
 Err Std de Coef. 0.073727

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MINIMA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

CALCULO DE LA FORMULA

Y = A + BX
 Y = HUMEDAD
 A = CTE.
 B = COEF. REGRESION
 X = SPT

X	Y
4	22.06
5	21.33
6	20.60
7	19.87
8	19.14
9	18.41
10	17.68
11	16.94
12	16.21
13	15.48
14	14.75
15	14.02
16	13.29

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MEDIA
ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
HUMEDAD = W (%)

CALCULO DE LA FORMULA

$Y = A + BX$
Y = HUMEDAD (%)
A = CTE.
B = COEF. REGRESION
X = SPT

X	Y
7	25.04
8	24.24
9	23.44
10	22.63
11	21.83
12	21.02
13	20.22
14	19.42
15	18.61
16	17.81
17	17.01
18	16.20
19	15.40
20	14.59
21	13.79

CORRELACION LINEAL SPT - W DE LA CURVA MEDIA
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
21	14	441	196	294
15	18	225	324	270
13	20	169	400	260
13	21	169	441	273
10	22	100	484	220
8	24	64	576	192
8	25	64	625	200
7	25	49	625	175

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:

Constante 30.66966 = A
 Err Std de Y Est 0.593413
 R al Cuadrado 0.979054 = r²
 N. de Observaciones 8
 Grados de Libertad 6

Coficiente(s) X -0.80376 = B
 Err Std de Coef. 0.047994

CORRELACION LINEAL TOTAL: SPT - W
ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
HUMEDAD = W(%)

CALCULO DE LA FORMULA

$Y = A + BX$
Y = HUMEDAD (%)
A = CTE.
B = COEF. REGRESION
X = SPT

X	Y
4	23.02
5	22.59
6	22.16
7	21.73
8	21.30
9	20.87
10	20.44
11	20.01
12	19.58
13	19.15
14	18.72
15	18.29
16	17.86
17	17.43
18	17.00
19	16.57
20	16.14
21	15.71
22	15.28

CORRELACION LINEAL TOTAL: SPT - W
 ENSAYO STANDARD DE PENETRACION = SPT
 HUMEDAD = W (%)

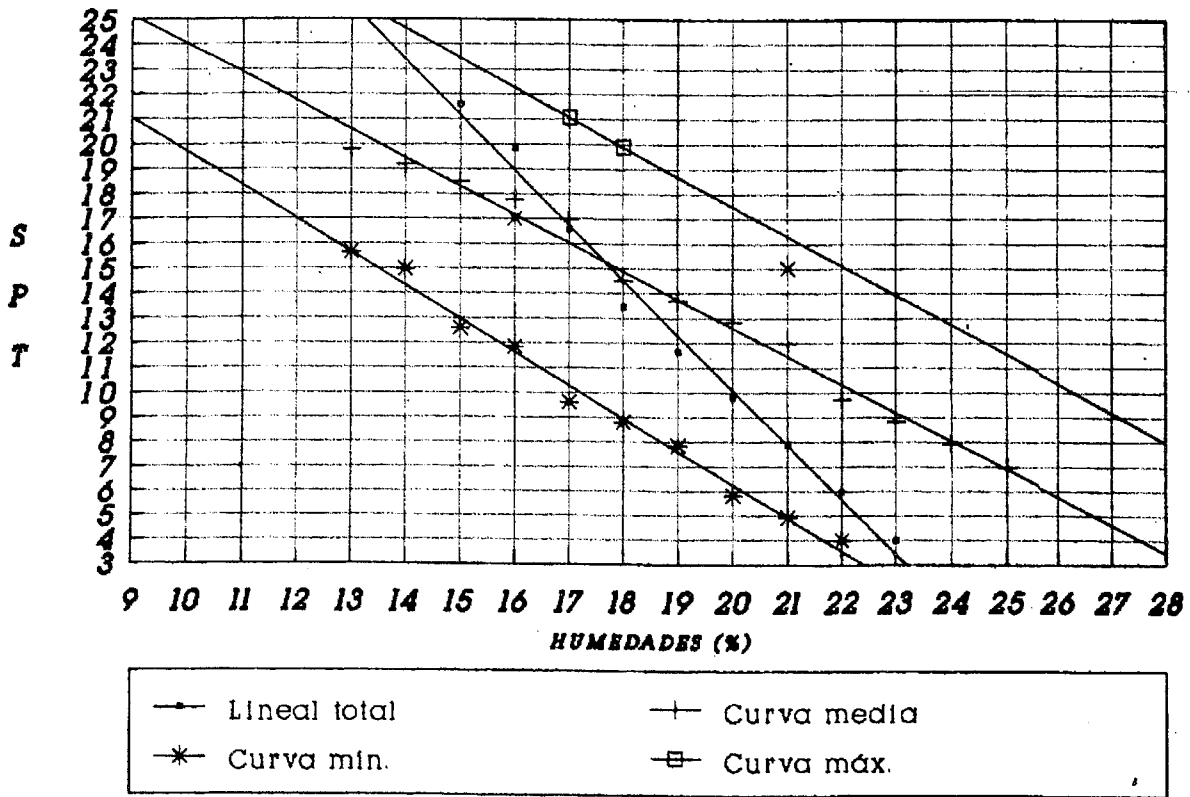
SPT	W	SPT*SPT	W*W	SPT*W
16	12	256	144	192
21	14	441	196	294
16	14	256	196	224
20	17	400	289	340
11	17	121	289	187
22	18	484	324	396
15	18	225	324	270
11	18	121	324	198
18	18.5	324	342.25	333
19.5	19	380.25	361	370.5
13	20	169	400	260
7	20	49	400	140
6	20	36	400	120
13	21	169	441	273
10	22	100	484	220
4	22	16	484	88
8	24	64	576	192
8	25	64	625	200
7	25	49	625	175

SALIDA DE REGRESION

Salida de Regresión:
 Constante 24.73574 = A
 Err Std de Y Est 2.761946
 R al Cuadrado 0.440073 = r²
 N. de Observaciones 19
 Grados de Libertad 17

Coficiente(s) X -0.42965 = B
 Err Std de Coef. 0.117542

CORRELACION LINEAL: SPT - W



PROCESO DE DEPURACION DE LOS VALORS DE LOS LIMITES DE
ATTERBERG (L.L. e I.P.): LIMOS CL

LIMOS CL – ML

LIMOS ML

Para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos, se han dividido los límites de Atterberg en tres grupos. Distinguimos:

- Bloque A : incluye los valores de los límites de los limos clasificados como Cl.
- Bloque B : recoge valores correspondientes a limos de la clase CL-Ml.
- Bloque C : registra los resultados de los limos del tipo Ml.

PROCESO DE DEPURACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG DE LOS LIMOS

CL

L.L.

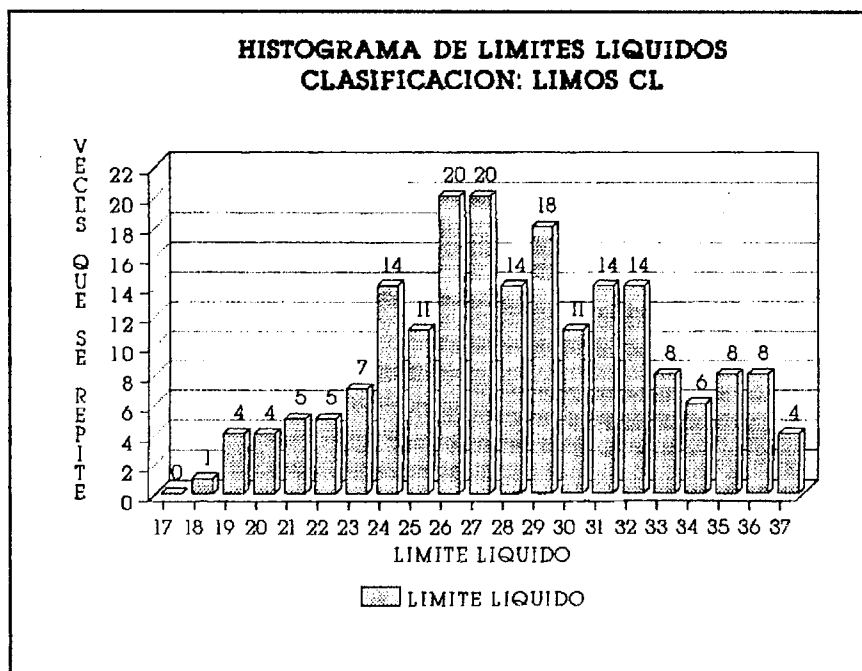
31.6	23.4	35.6	24.2	35.5	37.2	36.3	28.8
24.2	25.1	29.8	28.5	24.1	19.1	25.8	29
25.4	25.4	25.6	26	28.9	20.8	31.9	32.5
27	25.8	20	32	24	24.5	25.9	27.5
30.1	36.5	34.1	33.6	21.1	32.67	26.5	31.6
33.2	31.15	33.15	37.65	33.5	32	32.67	29
24.15	27.75	34.85	35.15	30.1	35.6	36.5	28
32.3	39	28.5	30.5	29.7	26.5	36.4	33.5
32.5	27.7	26.3	26.5	29.8	22.8	29	23.4
27.7	24.1	34	32.5	24.2	28.3	27.5	31
34.8	29.5	32.1	28.9	36.9	36	24.2	31.7
27.4	28.6	27.1	26.3	33.5	34.2	28.9	29.2
30	24.9	31.9	32.6	30.2	30.7	32	24.9
29.7	28.61	27	24.3	29.4	29.1	27	22
28.9	37.5	29	30	29.8	35.3	26.9	31.9
30.8	27.5	26.1	32.6	29.6	35	34	26.7
29	25.7	36	23.5	37.1	32.9	32.7	27.2
26.5	31	27.5	27.2	26.1	22.2	26.8	28.9
23.8	31	26	27.9	30.5	28.2	33.4	29.5
36.9	33	29.1	35.4	31.7	25.7	26	24.2
26	25.9	30.6	24	19.5	30.3	35.3	27
31.5	22.5	18	22	21	23.6	26.8	19.5
21.6	19.5	20	26.1	27.3	26.6	20	21.3
23.5	28.1	29.1	21.2	25.3	26.2	31.1	27.7
27.1	27.8	31	31	26.3			

TOTAL = 197 datos

Partimos de un total de 204 datos de límites líquidos de limos de la clase CL. En el proceso de depuración aplicado hemos suprimido los valores con L.L. superior a 38, puesto que corresponderían a limos con alta proporción de arcilla, y los L.L. inferiores a 17, propios de muestras donde el tanto por ciento de arena es elevado.

En el histograma de valores correspondiente se aprecia una tendencia de los datos a distribuirse según la "campana de Gauss", pero en este caso la moda no es única existiendo cuatro valores centrales y por lo tanto ensanchándose dicha campana.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 37.65

Valor mínimo = 18

Media aritmética = 28.65

Desviación típica = 4.41

Suma total = 5558.83

Varianza = 19.48

I.P. Disponemos de un “Banco de datos” con 185 valores de I.P. Al aplicar el “análisis de depuración” restan 182 datos consecuencia de suprimir aquellos valores inferiores a 6 y los superiores a 24.

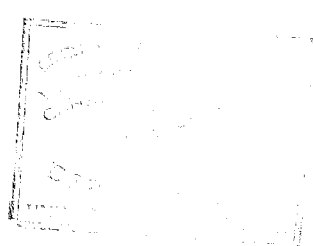
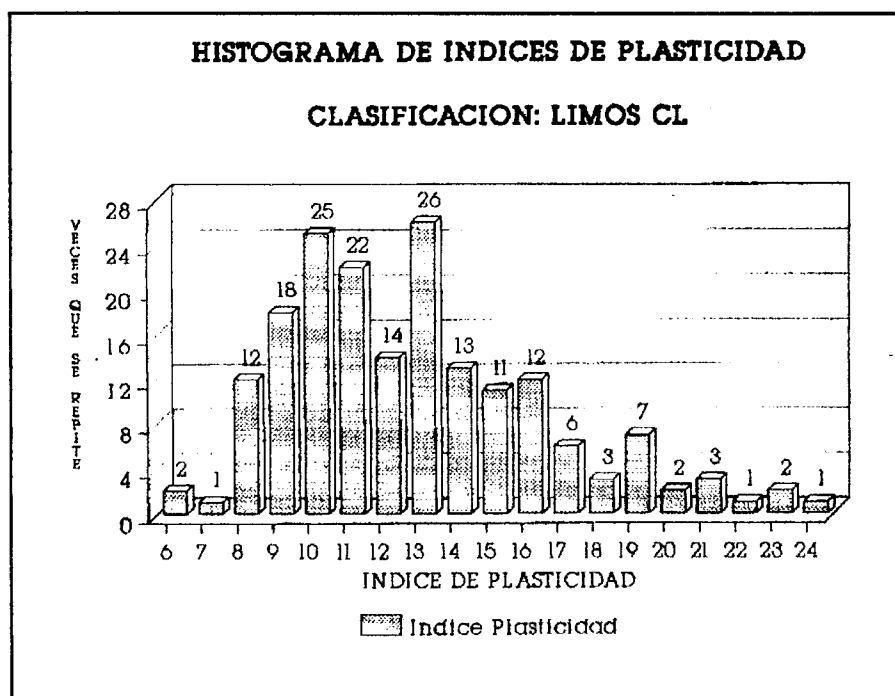
Cuadro resumen depurado

6.3	13.3	6.3	12.6	19.1	19	11.1
13.3	23	13.5	10	10	13.18	10.2
10.6	13	10.4	10.9	13	17.3	14.7
14	9.5	11.5	9.6	15.5	19.8	16.2
21.5	17.07	11.33	15.23	11.1	17.74	21.44
16.43	16.46	17.07	13.42	10.9	16.09	10.9
18.6	11.5	10.3	15.7	20.5	12.8	11.4
14.2	16.9	17.5	9.6	8.9	8.4	13.4
8.5	13.9	10.9	11.1	12.2	14.7	10.2
10.1	14.9	9.7	13.6	14.1	9.6	11.1
9.2	9	9	18.3	13.9	15	12.4
13.9	12.1	16	19.4	22.5	22.2	10.4
15.7	10.7	12.5	12.7	16.9	12.2	8.5
12.3	14.4	9.9	16.9	13	10.5	13.1
11.2	19.9	15.7	12.9	9.9	8.7	8
11.2	10	9.4	9.1	10.5	11.6	14.9
13.2	12	13.9	14.88	9.1	14.7	17.4
13	13.8	13.3	9.8	15.2	14.6	13.9
10.7	9.7	7.5	14	11.6	8.3	8.7
8.4	8.6	11.9	11.2	15	12.6	24

10.7	18.8	16	19.46	15.59	11.13	16.17
11.8	15.3	11.3	12.5	8.7	16.1	11.5
10.2	15.5	13.4	10	21.1	13.5	13.1
13.3	9.1	13.7	11.3	13.2	14.8	11.8
10.9	11	9.3	11.5	20.3	24	

TOTAL = 185 datos

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 24 Valor mínimo = 6.3 Media aritmética = 13.27
Desviación típica = 3.56 Suma total =- 2162.57 Varianza = 12.68

La gráfica que se obtiene muestra un marcado carácter bimodal como modelo de distribución de probabilidad continua. Los dos valores que se repiten con más frecuencia corresponden a I.P.= 10 y 13, en tanto que la media aritmética calculada se estima en 13.27.

PROCESO DE DEPURACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG DE LOS LIMOS DE LA CLASE CL – ML.

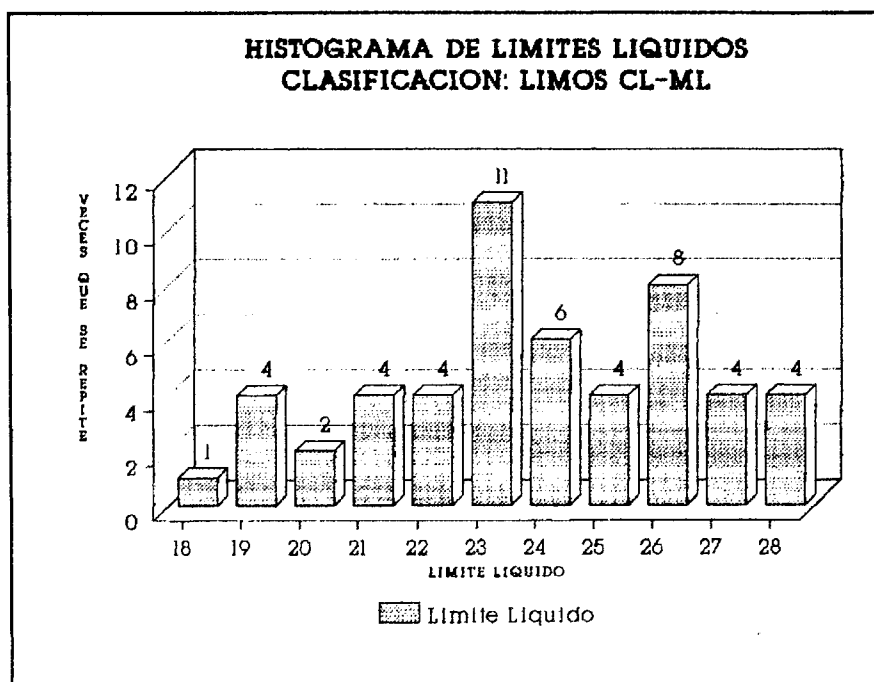
L.L.

Partiendo de un total de 61 datos, acotamos los valores inferiores y superiores respectivamente a L.L.= 18 y 28.

El cuadro depurado queda con 55 datos:

26.5	28.5	26.8	26.2	24.5	27.2	27.5
24.1	28.2	24.7	23.4	26	19.5	18.9
28.3	28	23.7	26.1	22.6	26.2	28.6
21.3	25.2	22.7	19.5	23.2	23.32	19.8
23.3	19.7	20	21	20.5	22	21.8
25.8	25.8	25.6	26.2	23.3	23	21
23.7	24.4	23.8	23	24	24.2	26.6
27.2	27.8	22	28	23.2	24.5	

Histograma de valores



Características estadísticas

Valores máximo = 28	Valor mínimo = 18.9	Media aritmética = 23.83
Desviación típica = 2.5	Suma total = 1167.9	Varianza = 6.26

Se vuelve a observar en el histograma el carácter bimodal de distribución de valores, aunque el dato que aparece con más frecuencia es el L.L. = 23.

I.P.

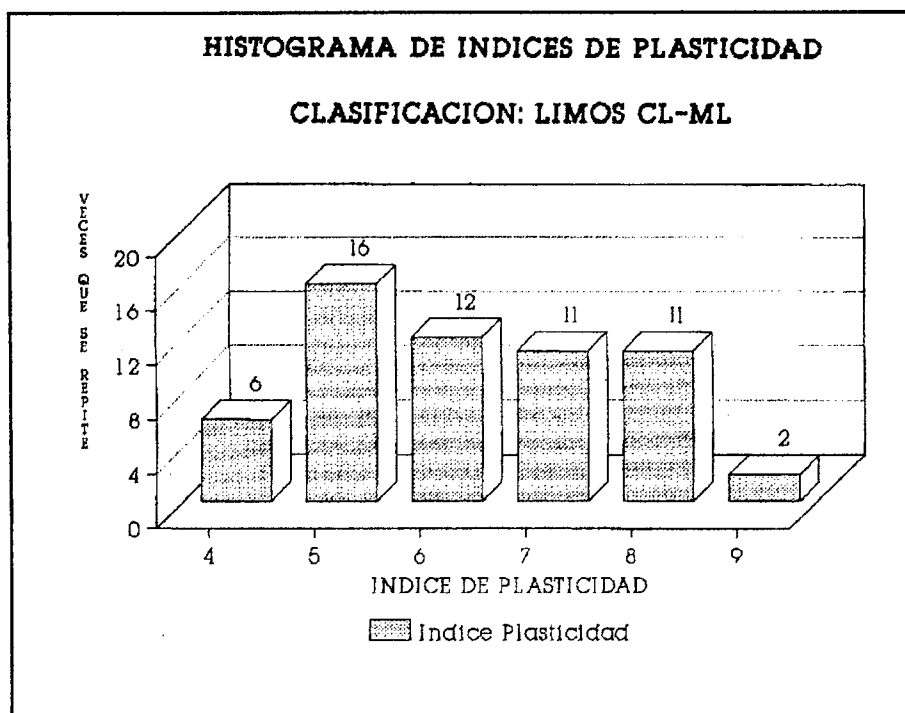
Partimos de un total de 60 datos que se han reducido a 59 consecuencia del proceso de depuración. Se han rechazado los valores inferiores a un I.P.= 4 y aquellos superiores a I.P.= 10.

Cuadro resumen depurado

7.3	8.7	7.6	8.1	7.3	5.4	6.1
5.8	7.9	5.1	4.9	8.3	5.6	4.7
9.4	8	5.1	4.9	6.2	8.4	8.3
8.3	8.6	8.1	7.8	5.5	6.9	8.1
5	5.2	5.2	2.9	7.7	4	8.7
6.1	5.5	5.5	6	4	6.2	5.1
6.7	7.6	7.7	5.5	6.35	7.7	6.9
9.1	6	7	4.5	6.7	6.3	5.3
5.5	7.2	5				

El histograma obtenido es bastante representativo de una distribución en campana de Gauss. La moda o valor más frecuente casi coincide con la media aritmética, y corresponde a $\bar{x} = 6.58$.

Histograma de valores



Principales características estadísticas

Valor máximo = 9.4

Valor mínimo = 4

Media aritmética = 6.58

Desviación media = 1.4

Suma total = 381.65

Varianza = 1.96

PROCESO DE DEPURACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG DE LOS LIMOS
TIPQ ML

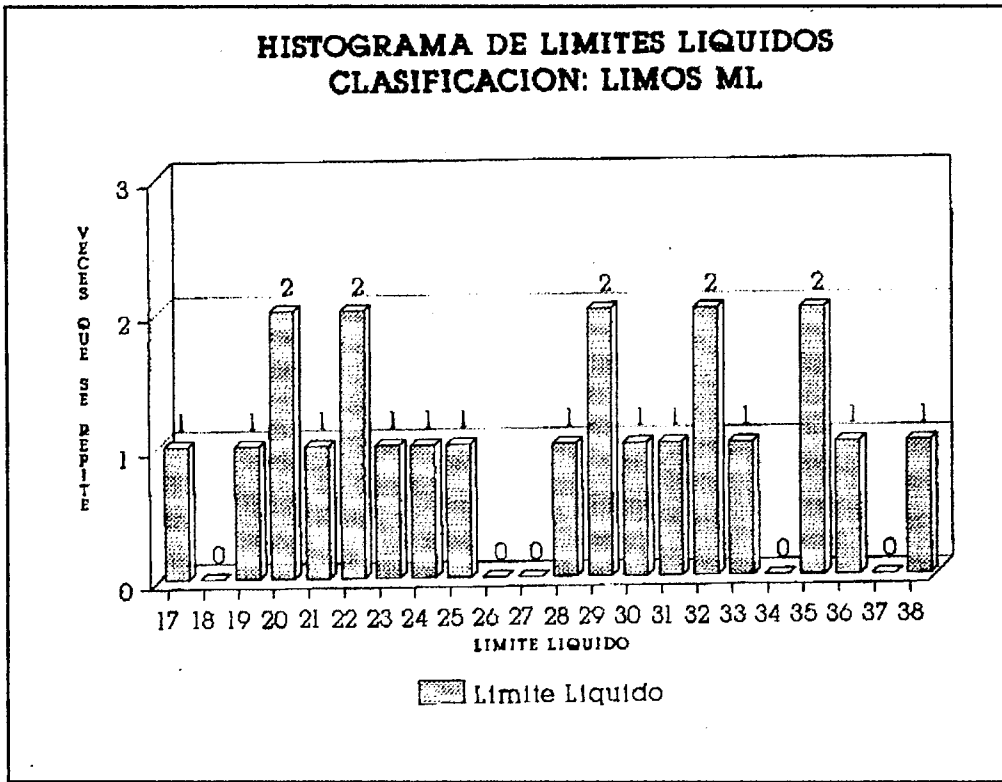
L.L.

Disponemos de un "Banco" con 27 datos al que aplicamos el proceso de depuración. Se acotan los valores inferiores a 17 y superiores a 38, quedando al final un total de 23 datos.

Cuadro resumen depurado

32.8	29.2	29.5	30.2	32.7	23.9	20
33.3	35	45.3	19.8	22.3	22.1	38
31.3	17.9	21.8	24.9	35.1	28.1	25.6
36.1	20					

Histograma de valores



Se observa que la distribución de los valores es totalmente aleatoria.

Características estadísticas

Valor máximo = 38

Valor mínimo = 17.9

Media aritmética = 27.7

Desviación típica = 6

Suma total = 609.60

Varianza = 35 95

I.P.

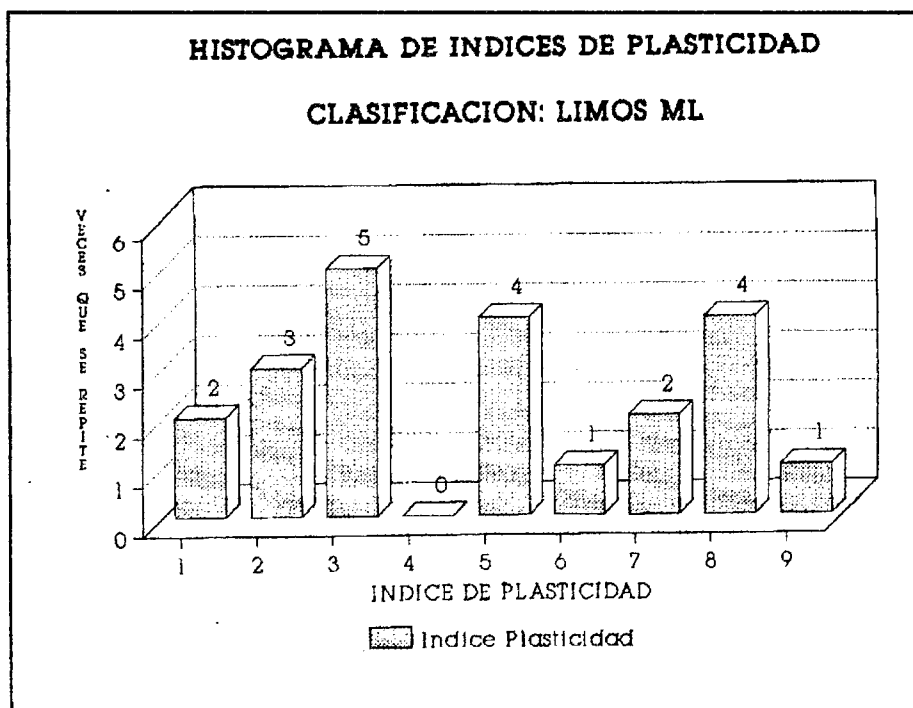
Partimos de un total de 26 datos. En el proceso de depuración aplicado hemos suprimido los valores con I.P. superior a 10. El resultado es un "Banco" con 23 valores.

Cuadro resumen depurado

5.7	3.9	1	3	5	2.7	2.7
8.9	8.8	7.4	2.9	3.3	3.2	9.5
14	1.9	6.8	7.1	5.2	5.1	3.1
8.2	8.1					

En el histograma de valores correspondiente no se aprecia una tendencia de los datos a distribuirse según un modelo en Campana de Gauss.

Histograma de valores



Características estadísticas

Valor máximo = 9.5	Valor mínimo = 1	Media aritmética = 5.6
Desviación típica = 2.51	Suma total = 113.5	Varianza = 6.3

Dentro de este tipo de limos ML, se han registrado 21 valores no plásticos representados en el gráfico con valor de I.P.= 0 .

VIII.- CONCLUSIONES

El documento que se presenta, con la vocación de convertirse en tesis doctoral, mantiene a lo largo de su desarrollo una constante tensión entre los dos pilares en que se apoya: La investigación científica y la experiencia práctica. El resultado, gracias a la dirección del maestro de ingenieros Jose María Rodríguez Ortiz entendemos ha sido el apropiado, a pesar de las dificultades que son inherentes a este tipo de trabajos para los profesionales de la Ingeniería más dados a la decisión que a la reflexión en su que hacer cotidiano.

Haremos resaltar a lo largo de las conclusiones esta dialéctica referida por capítulos como metodología de expresión.

Respecto al análisis del estado del arte:

El estado del arte, que es abundante en el campo que nos ocupa, nos ha obligado a realizar una selección previa sobre la que hemos desarrollado nuestro análisis con mayor intensidad y ello debido a lo prolijo de la documentación, así como, al criterio de sintonizar la idea del devenir en el futuro de la tesis con el trabajo que se nos presentaba en una ciudad como Granada tan variable en su subsuelo debido a la alternancia de su secuencia estratigráfica.

Hemos realizado el siguiente cuadro comparativo de los trabajos realizados en las ciudades que se mencionan con el propio nuestro del subsuelo de Granada teniendo que destacar que el uso de los parámetros de comparación no se ha elegido con un orden metodológico sino más bien permitiendo que su aparente desorden sea expresión de la interiorización y vivencias desde la aplicación práctica tan querida del autor del documento.

	PARIS	NEWCASTLE	TURIN	TUNEZ	GRANADA
TRATAMIENTO AUTOMÁTICO	NO	NO	NO	SI	SI
ESCALA	1:5000	1:10000	1:10000	NO DEFINIDA	1:5000
TRATAMIENTO GEOESTADÍSTICO	SI	NO	NO	NO	NO
DEFINICIÓN DE CUADRICULA	NO	SI 100 * 100 m	SI 500*650 m	NO	SI 500*500 m
INFORMACION BASICA	SI GEOLOGICA Y GEOTECNICA	SI GEOLOGICA MINERA Y GEOTECNICA	SI GEOLOGICA Y GEOMORFOL.	SI GEOLOGICA Y GEOTECNICA	SI GEOLOGICA GEOMORF. HISTORICA
REFERENCIA DE LOS SONDEOS	COORDENADAS LAMBERT	Nº DEL INFORME Y Nº PROPIO	NO	COORDENADA LAMBERT	COORDENADAS CARTESIANAS
DENSIDAD DE INFORMACION	MUY ALTA 180 s/km ²	MUY BAJA	BAJA 6 s/km ²	MUY BAJA	ALTA 50 s/km ²
UTILIZACION DE DICCIONARIOS	NO	NO	NO	SI	SI
MAPAS SINTETICOS Y PERFILES	SI	SI	SI MAPAS	NO	SI
UNIDAD BASICA	SONDEO	INFORME	SONDEO	SONDEO	INFORME

Es de destacar con respecto a otros trabajos ejecutados sobre ciudades españolas que este documento busca su apoyo principalmente en las prospecciones geotécnicas realizadas sobre la ciudad de Granada en los últimos treinta años. En general las cartografías realizadas se apoyan en la interpretación geológica y se completan con el análisis de un reducido número de datos geotécnicos de campo mientras que nuestro trabajo analiza una gran cantidad de muestras de reconocimientos puntuales completándose con el análisis y congruencia con los datos que provienen del campo de la Litología y ciencias afines.

Creemos que esta particular aproximación al conocimiento del subsuelo de la ciudad consigue eliminar los grandes errores que se cometen por el cambio de escala entre los datos de la Geología y los ensayos in situ dada la secuencia repetitiva de las capas en la columna estratigráfica de los terrenos aluviales como es el caso que nos ocupa.

En otro orden de ideas es de destacar el análisis de las acciones antrópicas en la modificación del territorio a lo largo de los siglos en una población tan pegada así misma como la que nos ocupa. El uso de los mapas antiguos como el tan apreciado del cartógrafo Vico permite entender desde la disposición evolutiva de los planos de situación de las murallas, evolución ligada con el paso del tiempo, las situaciones de espesores de rellenos que de otra forma son difíciles de concebir.

El hecho de que nuestra ciudad se asiente en la confluencia de tres ríos así como el acompañamiento de numerosos barranqueras que se han vuelto opacas con el paso del tiempo hace de especial interés el análisis de los datos puntuales desde el conocimiento histórico del territorio y no solo desde la Geomorfología. Es habitual en este tipo de trabajos, recurrir al uso de la foto aérea reciente sin análisis histórico. Creemos importante insistir en la necesidad de profundizar en el futuro en este tipo de investigación y no solo como un ejercicio cultural sino como una base más de la técnica aplicada.

De forma general en la realización de mapas sintéticos tenemos que exponer que este trabajo expone como innovador la presentación de mapas de condiciones de cimentación a sí como de potencias de relleno. La utilidad práctica de este tipo de cartografía deriva de la información sobre las condiciones de cimentación que suele ser ambigua derivada de los pocos reconocimientos puntuales tratados. En nuestro caso, independientemente de la densidad de tales datos se encuentra apoyada por el conocimiento de gran parte de las cimentaciones realizadas en la ciudad en los últimos veinte y cinco años con problemáticas muy diversas como corresponde al territorio que nos ocupa y al cambio de sensibilidad sobre la seguridad de la construcción.

Debemos hacer mención al hecho del poco interés que tiene en la actualidad el uso de diccionarios para compilar la información al estilo de Tunez . No ha sido fecundo nuestro trabajo en pos del diccionario para almacenar la información.

Queda en la mente del autor y su director de tesis más una formación de tipo culto que la necesidad de su empleo. Para trabajos de tipo profesional aunque se

apoyen en la investigación aplicada el uso de diccionarios quedó caduco por los desarrollos que han experimentado en los últimos tiempos los útiles informáticos.

Mucho más importante nos parece el estudio de la información básica y fecundo para nuestro trabajo, aunque a nosotros mismo nos pareció en su momento de poca necesidad dado que la base de datos geotécnicos era muy amplia y fiable: Se introduce el concepto de información básica entendida como la que sirve de apoyo a la documentación geotécnica como brújula para relacionar de forma espacial los parámetros del suelo que se obtienen de reconocimientos puntuales. La confirmación de los datos puntuales a través de la Información básica ha sido tan feliz en nuestro caso que se corre el riesgo de intentar dar las condiciones de cimentación del territorio que nos ocupe en un determinado momento sin la necesaria base de datos geotécnicos.

La información básica a que nos referimos, la hemos caracterizado por su origen y por su naturaleza :

Desde el origen hemos dado en clasificarla como antrópica e información de la tierra y desde su naturaleza como evolutiva y situacional.

Independiente de estas cuestiones y del gusto de los estudiosos que siguen a Chomsky en el análisis de los modelos de tipo generativo, hemos montado un modelo que pueda absorber las interrelaciones de los distintos elementos intervinientes.

En nuestro caso hemos aceptado al estilo de los lingüistas la introducción de dos reglas como mágicas para ordenar nuestra IB(información básica):

Reglas escriturales, como son: La situación Geográfica, El desarrollo Histórico, el encuadre Geológico, La evaluación Geomorfológica y La documentación Geotécnica.

Las reglas transformacionales son para nosotros los axiomas de evaluación y

como tales hemos adoptado: La universalidad, La trascendencia; la compatibilidad, La simplicidad y La utilidad.

A partir de la aplicación de estas reglas hemos dado en clasificar la IB con la tendencia de pasar desde un término general como podría ser la Geografía de poca utilidad para nuestro trabajo a precisarlo añadiendo de forma encadenada los términos de particularización, concrección, definición y medición. De esta forma y una vez sometidos a nuestros axiomas de evaluación damos por aceptada la cadencia de estos elementos.

El resumen de esta primera parte de nuestro trabajo es el siguiente:

La base de los estudios de zonificación urbana desde el punto de vista de la cimentación de la construcción debe ser La Documentación Geotécnica.

Es importante el análisis pormenorizado de la información básica tal y como la hemos definido con anterioridad.

Creemos que para el mejor manejo de esos datos debe usarse un modelo encadenado y que se someta a los axiomas de evaluación sin que sean excluyentes los tests que se realicen, sino que simplemente sirvan de referentes.

Para trabajos posteriores sobre este mismo tema creemos que para evitar complejidad en el manejo de los datos, en núcleos urbanos como es el objetivo de nuestro estudio podrían reducirse los términos generales de la información básica don el probado de información histórica y uno nuevo , análisis automático de los resultados.

Esta labor aplicada a la Ciudad de Granada y el estudio de la gran cantidad de datos existentes, referido tanto a la unidad básica de información como a la puntualización dentro de cada una de ellas, ha permitido la confección de una serie de planos, sobre la Cartografía Urbana de Granada y que señalamos a continuación:

- **Plano de litología**, referido a las características geológicas.
- **Plano de espesor del material de relleno**.
- **Plano de profundidad del material competente**.
- **Plano de Condiciones de Cimentación**.

Dentro del plano litológico se han definido varias zonas agrupadas según una determinada columna estratigráfica.

Así, la zona que se localiza en el Zaidín, Palacio de Congresos, prolongándose, por un lado a lo largo del río Genil y por otro hacia la Catedral, viene representado por una columna definida en su parte más superior por un paquete de rellenos. Bajo este relleno y hasta el final de la columna, aparece el material granular, constituido por gravas, arenas y bolos.

El área ocupada por el Hospital Real, Gran Vía de Colón, Facultad de Ciencias, llegando hasta la carretera de Circunvalación, definen una columna formada por un relleno a techo bajo el cual se localiza un material formado por arcillas y arenas limosas, interrumpido en ocasiones por pequeñas intercalaciones granulares. Bajo este se detecta una material más granular .

Desde la calle Melchor Almagro hacia Pedro Antonio de Alarcón aparecen unos materiales distribuidos como un relleno bajo el que se sitúa un material granular constituido por arenas y gravas bien graduadas. Por debajo, aparece un material menos competente, formado por arcilla y limos de color rojizo, junto con arenas que presentan intercalaciones granulares. Todo este paquete descansa sobre un material constituido por arenas y gravas mal graduadas.

Coincidiendo con la zona del Albaicín aflora un relleno en el tramo más superficial bajo el cual se dispone un material competente constituido por arenas, gravas y bolos, todo ello envuelto en una matriz limosa de tonalidad marrón. También aparecen niveles cementados por carbonatos.

Hacia una zona central del plano, coincidiendo en la Calle Elvira, aparece al igual que en los casos anteriores, en los tramos más inferiores, una alternancia de material fino, constituido por niveles arcillosos y limosos y un material granular, estos materiales descansan sobre arenas, gravas y bolos de tonalidad marrón.

Ocupando una franja que va desde el Polígono de Cartuja hasta la Barriada de La Chana, se observa una zona de gran variabilidad litológica compuesta principalmente por arcillas, limos, gravas, arenas de diferentes tamaños y niveles carbonatados.

Por último, coincidente con el río Beiro desde la zona de la Plaza de Toros hacia la estación de R.E.N.F.E. aparece una columna representada en su parte más superior por el paquete de relleno bajo el cual se puede apreciar una alternancia de un material fino, principalmente arcillas y arcillas limosas con intercalaciones granular, con un material granular. Los materiales más profundos son mucho más competentes y están constituidos por arenas y gravas.

Igual planteamiento se ha seguido con respecto al plano de espesores del material de relleno. De este modo en el sector Norte de la ciudad la potencia del material de relleno oscila sobre los 4 m. incrementándose a medida que nos situamos hacia la zona de la Plaza de toros. Continuando en la dirección Oeste con el río Beiro, apreciaremos unas alternancias de espesores que finaliza con una marcada tendencia a disminuir. Hacia el Este estos relleno pueden superar los 6 m. de potencia

Conforme no movemos hacia el Sur, bajando por el encauzamiento del río Darro hasta la Fuente de las Batallas, mantenemos, al igual que en la Carrera del Genil-Paseo del Salón, espesores entre 6.00 u 9.00 m. Estos valores disminuyen notoriamente hasta alcanzar el Barrio del Zaidín.

El estudio generalizado de estos datos nos induce a pensar que la distribución con que se disponen los rellenos es netamente irregular, cosa lógica en la medida que el proceso de acumulación de éstos está condicionada en gran parte por factores de naturaleza antrópica que no responden a un modelo prefijado.

No obstante, se puede apreciar la continuidad entre los rellenos de considerable espesor y algunos tramos de los cauces actuales, respondiendo esta vez a fenómenos naturales de aportes sedimentarios de carácter fluvial.

El planteamiento seguido a la hora de definir el plano de profundidad del material competente fue primeramente determinar dicho material entendido como aquel que fuese capaz de presentar unos parámetros geotécnicos que den lugar a su aceptación para su uso en la edificación.

En este plano podemos encontrar una distribución de curvas de nivel bastante homogénea, en cuanto a la sucesión que presentan. Hay que hacer notar que las curvas de nivel representan la profundidad a la cual se encuentra dicho nivel competente, referida a la cota topográfica en el momento aquel en que se desarrollaron los trabajos de sondeo.

Con estos planteamientos, podemos observar que en el área Norte de la Ciudad aparecen profundidades entre 10-12 m, mientras que en el sector definido por la Ctra. de Jaén-Madrid-Avda. de Madrid-Plaza de Toros-Ribera del Beiro, en proximidad con la Avda. de la Constitución-C/Rector Marín Ocete, presenta unas profundidades que en algún caso pueden llegar hasta los 19 m. Prácticamente adyacente a esta zona, en el Camino de Ronda - Avda. del Sur - Polígono Universitario, encontramos también profundidades considerables del orden 15 m.

En el sector más hacia el N E de la Ciudad, se encuentran profundidades de 14.00 m. y descendiendo un poco más hacia Fuente de las Batallas-Carrera del Genil-Plaza del Humilladero, las profundidades del material competente alcanzan los 9.00 m.

Con estos datos se pueden hacer las siguientes interpretaciones:

1. Tendencia al incremento en la profundidad a medida que nos dirigimos hacia el N o NW de la Ciudad.
2. En las áreas E y S se aprecia la superficialidad del material competente.

Por último se ha desarrollado el plano que hemos titulado “Condiciones de Cimentación”. Este plano engloba toda la información de los planos descritos anteriormente y es el último fin de este trabajo.

Con objeto de aglutinar toda la información referente a los planos como a todos los aspectos geotécnicos hemos elaborado tres líneas de trabajo:

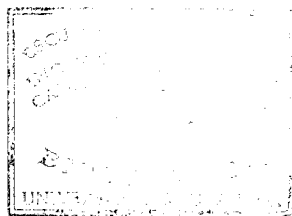
- 1º Propuesta de la intensidad del estudio (reducido, medio, intenso).
- 2º Descripción de zonas de calidad del terreno para la cimentación.
- 3º Establecimiento de unos posibles tipos de cimentación en función de las profundidades del material competente.

De este modo se han establecido cuatro zonas de calidad del terreno en cuanto a sus condiciones de cimentación. Se distinguen cuatro zonas de calidad del terreno para la cimentación:

- Calidad alta
- Calidad moderada
- Calidad somera
- Calidad baja

Igualmente se distingue los tipos de cimentación siguientes:

- Zapata individual
- Zapata corrida
- Losa
- No apto, referido a que no debe de aplicarse ningún tipo de cimentación superficial.



Siguiendo estos criterios se han establecido las áreas que describimos a continuación:

- El Sector Norte de la Ciudad, con la Bda. de la Cartuja vienen a definir una zona indicativa de estudios geotécnicos detallados a intensos, zonas de calidad somera a baja y cimentaciones tipo losa e incluso terrenos no aptos para cimentación superficial.

- El Sector Este, característico de Plaza Nueva, en dirección al Albaicín, es indicativo de estudios geotécnicos reducidos, con calidad del terreno alta y cimentaciones de tipo zapata individual.

- En dirección Suroeste, desde el río Darro hasta la Fuente de las Batallas, los terrenos son representativos de estudios normales o intensos, moderadas o bajas calidades del terreno y cimentaciones tipo zapata corrida o no apto para cimentaciones superficiales.

- Hacia el Sur, en la Bda. del Zaidín, se corresponde con estudios reducidos, alta calidad del terreno y cimentaciones de tipo zapata individual.

Limitaciones de este trabajo

Queremos avisar de que este trabajo no tiene vocación de punto final, más bien tiene su punto de mira puesto “en lo que será, no en lo que es”.

Desde el punto de vista práctico el documento se concentra en zonificar las condiciones de cimentación de la ciudad.

Entendemos que el documento queda limitado por su propio objetivo, pasar de lo particular a lo general, no obstante los planos que presentamos como complementarios de potencias de espesores de relleno y profundidad de material competente pueden acotar la limitación expresada sometidos al debido invariante de

fiabilidad.

La definición de los límites de las zonas no cumplen con los axiomas de evaluación, por lo cual sin trabajos posteriores de campo, debe entenderse que los límites no son líneas sino bandas que en principio se han evaluado con un ancho de 250 m, la mitad de lo que se pueden entender como cuadrículas vacías.

Este trabajo no contempla situaciones especiales de singularidad antrópica o natural.

No contempla información sobre tensiones admisibles en el terreno, como era lógico ya que ellas no dependen sólo de las características del suelo sino del estado de cargas a transmitir y de las excavaciones que se provoquen.

No contempla estudio sobre factores de riesgo, entendemos que deben ser trabajos distintos con la metodología adecuada.

Aplicaciones derivadas

Una vez abierto el camino creemos que la principal aplicación sería redefinirlo y completarlo, creando dentro de una institución pública un equipo de trabajo que practique un seguimiento de los datos que surjan en el substrato de la ciudad. No es trabajo de un día, más bien de años.

La ciudad de tres ríos, determina una complejidad de tipo geomorfológico sólo comparable a la interpretación histórica que hace necesario profundizar en su conocimiento con líneas posteriores de investigación, en las cuales el doctorando que se presenta tiene un interés especial en avanzar si ustedes lo juzgan interesante.

Aplicar el método que se presenta a otras ciudades, tiene un interés especial con los cambios que acarrea cualquier actividad humana. Si me permiten me gustaría acabar con una cita del querido profesor Jiménez Salas :

“ Solo lo que puede transmitirse puede ser objeto del progreso.”

Resumen de aplicaciones derivadas

Seguimiento y redefinición del mapa de condiciones de cimentación de la ciudad de Granada.

Desarrollo zonal de las condiciones específicas de cimentación en la extensión del casco urbano.

Estudio geomorfológico de la ciudad de Granada.

Estudio de los materiales antrópicos.

Condiciones de cimentación de las capitales andaluzas.

Bases metodológicas para la realización de estudios previos geotécnicos al planeamiento urbano.

IX.- BIBLIOGRAFIA

Alfaro Fernández, R. y Espinosa Sierra, J. "Aspectos geotécnicos básicos sobre la ciudad de Granada" (1989)

Arana, R. 1977 .Mineralizaciones de sulfuros y sulfosales de Sierra Nevada. *Tecniterrae*, 17. Pp. 18-35.

Allen, J.W.L, 1965 "A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments". *Sedimentology*, 5,89-191

Arnould, M. et al. (1978) "Projet de constitution d'un fichier de données geotechniques de la ville de Paris" 3° Cong. Int. AIGI. Sesión Especial 4, p. 108-115.

Banco de Datos para uso geotécnico del Condado de Tyne & Wear (1982). Newcastle.

Braga, J.C.; Martín, J.M. y Alcalá, B.1990. Coral reefs in coarse- terrigenous sedimentary environments (Upper Tortonian, Granada basin, southern Spain). *Sedimentary Geol.*, 66, pp, 135-150.

Braga, J.C.; Jiménez, A.P.; Martín, J.M. y Rivas, P., 1996 In "E.K.Franseen, M.Esteban, W.C.Waard and J.M.Rouchy, eds. *Models for Carbonate, Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regiones*" SEPM Concepts in Sedimentology and paleontology, vol. 5, pp. 131-139,

Bosque Maurel, J, "Geografía Urbana de Granada". Servicio de Publicaciones. Universidad de Granada; Edición facsímil, 1988.

Características geotécnica y geográficas del subsuelo en la zona urbana. Turín (1986)

Castillo Martín, A. "Estudio Hidroquímico del acuífero de la Vega". Universidad de Granada - IGME, 1086.

CENSOLAR, gabinete de estudios. "Curso de energía solar". Publicado por

PROGENSA S.A., Granada, 1987.

Chacón, J.; López, C.; Rodríguez, I., e Irigaray, C. 1989. Evaluación del Riesgo de Licuefacción derivado de la Actividad Sísmica en la comarca de Granada. IN *"Encuentro Internacional Catástrofes y Sociedad"*. Fundación Mapfre-Itsemap. Madrid. pp. 601-620.

Chomsky, Noam. "Temas teóricos de gramática generativa". Linguistic Institute of the Linguistic Society of America. Universidad de Indiana, 1964.

Concepto y realización de una base de datos geológico-geotécnicos, orientada hacia la cartografía geotécnica. Túnez (1988).

Coulanges, Fustel de. "La ciudad antigua". Ed. Plus-Ultra. Madrid, 1947. Corrales Zamora, I. et all "Medios fluviales". Estratigrafía, 1977.

Chacón Montero, J, Rodriguez Moreno, I y López Casado, C. "Susceptibilidad a la licuefacción en el Holoceno de la Depresión de Granada".

D.A.F.U. (1971) "Recommandations pour la cartographie geotechnique appliquée aux problèmes d'aménagement et d'urbanisme". Minist. Equip. et Logement. Paris, Abril.

Dabrio, C.J. et Ruiz-Bustos, A. 1979. Les conglomerats de la "Block formation" et leur signification dans l'évolution néogène du Bassin de Grenade (Cordilleres Bétiques, Espagne). C.R.Somm.Soc. Géol. Fr., 2: 53- 55.

Dearman, W.R. y Matula, M (1976): "Environmental aspects of engineering geological mapping", Bol AIGI, nº 14, Diciembre p. 141-146.

Díaz de Federico y Puga, 1996. Geología de Sierra Nevada. In "J.Chacón y J.L.Rosúa editores: *I Conferencia Internacional de Sierra Nevada. Conservación y Desarrollo Sostenible*". Univ. Granada-Consejería Medio Ambiente-Sierra Nevada 95-Unesco. vol. 1., pp. 173-200

Díaz Jiménez, C., Hidalgo Estebez, C., Illana Martos, C. y Jaén Peral, M. "Sedimentación fluvio-lacustre en el sector del pantano del Cubillas".

Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Ed. Sopena. Barcelona, 1969.

Diccionario de Geología A. Foucault.

Fernández, J., Soria, J. and Viseras, C. 1996. In "P.F.Friend and C.J.Dabrio (Eds). *Tertiary basins of Spain: the stratigraphic record of crustal kinematics*". Cambridge Univ. Press. U.K. pp. 353-365.

Fernández Gutierrez, F. "La planificación urbana en Granada". Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Granada, 1978.

Fisler, H. N, 1947 "Five-grained alluvial deposits and their effect on Mississippi river activity". Mississippi River Comm. Waterways Experiment Station.

Galindo-Zaldívar, J.; González Lodeiro, F. and Jabaloy, A. 1993. Stress and Paleostress in the Betic-Rif cordilleras (Miocene to the present). *Tectonophysics*, 227, pp. 105-126.

Gallego y Burín, A. "Granada. Guía artística e histórica de la ciudad". Ed. Comares. Granada, 1987.

Ganivet, A. "Granada la bella". Edición y prólogo de A. Gallego y Burín. Granada, 1954.

Geoestadística Aplicada a la Mecánica de suelos. Centro de Estudios y Experimentación

de O.P.

Geografía Urbana de Granada. J. Bosque Maurel. Edición Facsímil.

Gómez Ortiz, A. y Pérez Alberdi, 1998. *Las huellas glaciares de las montañas españolas*. Ser.Pub. Univ. Santiago de Compostela. 430 pp.

Gómez Ortiz, A. 1996, Acerca de la génesis y morfodinámica del glaciario de Sierra Nevada. In "J.Chacón y J.L.Rosúa editores: *I Conferencia Internacional de Sierra Nevada. Conservación y Desarrollo Sostenible*". Univ. Granada-Consejería Medio Ambiente-Sierra Nevada 95- Unesco. Vol.1, pp. 233-260,

González-Donoso, J.M.1978. Los materiales miocénicos de la Depresión de Granada. Cuad.Geol.Univ.Granada. vol., 8-9: pp. 191-203.

González Donoso, J.M. "Estudio geológico de la depresión de Granada". Departamento de Paleontología de la Universidad de Granada, 1970.

Idriss, I.M.& Moriwaki, Y, 1982. Anchorage State Office complex investigation, Anchorage, Alaska. 1 Seismic hazard evaluation: San Francisco. Woodward-Clyde Consultant, pp. 61-63.

IGME. "Mapa geológico de España" E/1:50000 Granada, 1009; 19-41.

Keller, E,; Chacón, J. y Sanz de Galdeano, C. 1996. Geomorfología Tectónica y Riesgo Sísmico en Sierra Nevada. In "J.Chacón y J.L.Rosúa editores: *I Conferencia Internacional de Sierra Nevada. Conservación y Desarrollo Sostenible*". Univ. Granada- Consejería Medio Ambiente- Sierra Nevada 95-Unesco. Vol. 1, pp. 201-218.

Lambe William, T. & Robert V. Whitman, "Cimentaciones superficiales". 1972. Mecánica de Suelos.

Lazuen Alcon, F.J. y Ochoa Bretón, A: "Sismicidad inducida. Estudio de

desplazamiento en la depresión terciaria Valdeolivas - La Ventosa. Servicio de Publicaciones de Eptisa, 1982.

Lhenaff, Rene. "Recherches geomorphologiques sur les cordilleres bétiques centro-occidentales (Espagne)". Tome I. These Univ. de Lille Servicio de Publicaciones, 1981.

Lhenaff, R.1977. *Recherches géomorphologiques sur les Cordilleres Bétiques centro-occidentales (Espagne)*, Thèse Doctorale. Université de Lille. Francia.

Mapa Geológico de España. IGME (Hoja 83).

Mapa Geológico y Minero de Andalucía. Consejería de Economía e Industria. Junta de Andalucía.

Mapa de Rocas Industriales. Granada-Málaga (E: 1/200.000) Instituto Geológico y Minero de España. Memoria y Hoja (83-,5/11).

Maranda, R. (1976): "Cartographie geotechnique-ville de Bécancour". Can. Geot. J. Vol. 13, nº 3 p. 251-260.

Martín Rodríguez, M: "La Gran Vía de Granada. Cambio económico y reforma interior urbana en la España de la restauración". C.G.A.G., 1986.

Martín, J.M. y Braga, J.C. 1997. Sierra Nevada: historia del levantamiento de un relieve deducida por las unidades conglomeráticas de su borde. In "J.P.Calvo y J.Morales (Eds), *Avances en el conocimiento del Terciario Ibérico*", pp, 117-120.

Martín-Suárez, E.; Oriols, O.; Freudenthal, M.; Agustí, J. and Parés, M., 1998. Continental Mio-Pliocene transition in the Granada Basin.. *Lethaia*, vol. 31, 6 pp. "in press".

Martínez Molina, V. y Baena López, P. "Una aproximación a la predicción de la resistencia a compresión del hormigón estructural por métodos ultrasónicos". Trabajo

monográfico fin de carrera E.U.A.T. Granada, 1988.

Moliner, M. "Diccionario de uso del español" Ed. Gredos S.A. Madrid, 1987.

MOPU, "Movimientos del terreno de la provincia de Granada". Dirección General de Carreteras. Servicio de Geotecnia, 1987.

Páez, J. 1996. El clima de Al-Andalus. In "J.Chacón y J.L.Rosúa editores: *I Conferencia Internacional de Sierra Nevada. Conservación y Desarrollo Sostenible*". Univ. Granada-Consejería Medio Ambiente-Sierra Nevada 95- Unesco. Vol. 5, pp. 9-22.

Pastor, M, y Uriel, A (1982): "Comportamiento de una arcilla compactada en procesos de carga cíclica sin drenaje". Boletín del Lab. de Carreteras y Geotecnia, nº 149; Enero-Febrero 1982, pp 3-23.

Pastor, M, Olalla, C. y Blazquez, R (1982): "Caracterización en Laboratorio de las propiedades dinámicas de los suelos". Seminario sobre aspectos de seguridad en relación con el emplazamiento de centrales nucleares, Agencia Internacional de Energía Atómica, Viena, Nov.

Partera Fuentes, M. y Talavera Jiménez, F. "Trabajos previos a la planificación urbana: El análisis geotécnico y las informaciones de su dominio". Trabajo monográfico Fin de Carrera. E.U.A.T. Granada, 1985.

Petit-Maire, N. 1992. L'Europe dans les changements climatiques globaux du Quaternaire. *Géochronique*, 44, pp. 24-25,

Peyron, O.; Guiot, J.; Cheddali, R.; Tarasov, P.; Reille, M.; Beaulieu, J.L.; Bottema, S. And Andrieu, V. 1998 . Climatic reconstruction in Europe for 18.000 yr.B.P. from Pollen data. *Qualernary Res.*, 49, pp. 183-196.

Plan especial de Protección del Medio Físico y Catálogo de la Provincia de Granada. Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía.

Pons, A. y Reille, M. 1986. Nouvelles recherches pollenanalytiques a Padul (Granade); la fin du dernier glaciare et l'Holocene. "*Qualernary climate n Western Mediterranean*", Madrid, pp. 405-420.

Pons, A. y Reille, M. 1988. The Holocene and Upper Pleistocene pollen record from Padul, Granada, Spain: A new study. *Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology*, 66, pp. 243-263.

Puga, E. 1971. *Estudio petrológico de las series de Sierra Nevada*, Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 273 pp.

R.C.P. n° 77 (1972) "Cartographie geomorphologique". Centre National de la Recherche Scientifique. Memoires et documents. Vol 12.

Rice, R.J. "Modelo resultante de la deposición fluvial". 1982. Fundamentos de Geomorfología.

Ríos, J.M. "Libro jubilar. Geología de España. Tomo II. IGME, 1986.

Rodríguez Fernández, J. Tesis doctoral, Universidad de Granada, 1982.

Rodríguez Ortiz, J.M. , Geotecnia y Cimientos III, 1975.

Sanejouand, R. (1972): "La cartographie geotechnique en France". Minist. Equip. et Longement, L.C.P.C., Paris, 96 p.

Sanz de Galdeano, C. 1983. Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. *Estudios Geol.*, 39, pp. 157-165,

Sanz de Galdeano, C. 1996. Neotectónica y Tectónica Activa en el sector Padul-Dúrcal (borde SW de Sierra Nevada). In "J.Chacón y J.L.Rosúa editores: *I Conferencia Internacional de Sierra Nevada. Conservación y Desarrollo Sostenible*". Univ.

Granada-Consejería Medio Ambiente- Sierra Nevada 95-Unesco. Vol. 1, pp. 219-232.

Sociedad Geológica de España. II Congreso geológico de España. Servicio de Publicaciones, Universidad de Granada, 1988.

Soria, F.J.; Soria, F. y Jabaloy, A. 1985. El modelado glaciar en las vertientes meridionales de Sierra Nevada (Granada). *I Reuniao do Quaternario Iberico*. Lisboa, pp. 153-163.

Tomás, A. (1974) "Systeme dynamique de traitement et d'edition cartographique". 2º Cong. Int. AIGI, Sao Paulo, Vol 1 III-12.

Usseglio-Polaterra, J.M. (1980) "Estudio de la Butte de Belleville" Paris.

ANEJO A.- DESARROLLO HISTORICO

Desarrollo Histórico (TGP2)

Ya hace más de cien años los historiadores Fustel de Coulanges y Toine estudiaron la historia desde sus aspectos generales y filosóficos, introduciendo las bases de una profundización en el conocimiento, oponiendo los hechos indiscutibles a las nuevas especulaciones basadas en consideraciones políticas o morales.

Nos interesan especialmente los planteamientos de Fustel de Coulanges que, de forma original, cambió el sentido del estudio en su tiempo, y ello por cuanto son de fácil transposición a nuestro empeño.

Postulados de Fustel:

- Estudio histórico de los períodos oscuros.
- Análisis del conjunto de datos contratados y que admiten síntesis.
- Relación del estudio de las creencias antiguas con el conocimiento de las instituciones.

Nuestra transposición, basada en los postulados de Fustel, responde al siguiente esquema:

- Estudio de los períodos históricos que producen movimientos antrópicos sobre el subsuelo.
- Análisis de los datos y síntesis cartográfica de los mismos con los que provienen de estilos declamatorios sin reflejo documental.
- Relación del desarrollo histórico con el conocimiento del subsuelo.

En base a lo anterior, el siguiente será nuestro TC propuesto:

TC		1.- CARTOGRAFÍA HISTÓRICA
		2.- DISTRITOS HISTORIADOS
		3.- LOCALIZACIÓN PERIODIFICADA

Antes de pasar a desarrollar este TC2 queremos puntualizar que en este punto los TM responden en general a:

- Forma de vida.
- Revoluciones.
- Definir cambio.
- Velocidad de cambio.
- Dirección del cambio y de su velocidad.

A.1.- CARTOGRAFÍA HISTÓRICA (TGP2C1)

TC1 ⇒ TD	1.-CARTOG. MURALLA ANTIGUA → TM →	1.- Planos 2.- Láminas 3.- Grabados 4.- Croquis 5.- Fotografías
	2.- DALMAU	→ TM = TM
	3.- FINAL DEL SIGLO XIX	→ TM = TM
	4.- ACTUAL	→ TM = TM
	5.- PREVISIÓN AÑO 2000	→TM = TM

A.2.-DISTRITOS HISTORIADOS (TGP2C2)

El hecho de que en el desarrollo de este TGP2C2 no contemos con TD y TM se debe a que en la pretensión de construir un modelo que pueda aplicarse a cualquier ciudad, es sumamente difícil poder encontrar unos términos que posteriormente puedan encajar en el devenir histórico de una ciudad dada.

Utilizaremos este punto como una simple introducción aproximativa a lo que posteriormente se desarrollará en TGP2C3 (Localización Periodificada).

Granada, como todas las ciudades, aparece formada por una serie de “distritos” que, al menos los más antiguos, se relacionan estrechamente.

En conjunto, Granada se nos revela como una ciudad en la que la distribución de los huecos esenciales, calles y plazas, responden a una alineación irregular, en la que es difícil observar una previa organización que por otra parte constituye una “norma casi general” llegada a las ciudades de antigua evolución histórica.

Calles estrechas y generalmente retorcidas, con predominio de formas curvas y ángulos agudos, indican unos antecedentes medievales.

La intimidad existente entre los elementos rurales (patio y jardines) y los urbanos constituye junto con la heterogeneidad de estos últimos una prueba de la aglomeración urbana medieval producto de una actividad espontánea no regida por una planificación predeterminada.

A pesar de ello, las diferencias son muchas y nos permiten establecer ciertas divisiones.

La primera diferencia clara la encontramos en la mayor geometrización de los barrios occidentales producto de una influencia renacentista. Por el contrario, los orientales conservan una primitiva caracterización propia de su origen musulmán.

Otro factor de diferenciación es el topográfico; mientras la Granada cristiana aparece situada sobre las terrazas fluviales del fondo de la Depresión, la musulmana ocupa las colinas. Aquí podemos apreciar una oposición ente lo que podemos llamar dos Granadas, una alta y otra baja, una cristiana y otra musulmana.

La ciudad alta se adapta perfectamente al relieve ofreciendo un emplazamiento casi típico de montaña. El desarrollo urbano se percibe con la existencia de distintos núcleos adosados unos a otros directamente, si bien siguiendo una ordenación distinta.

En la Granada baja, la parte musulmana responde a los esquemas de los barrios altos aunque con nuevos matices determinados por el diferente emplazamiento. Adosados al núcleo islámico, la dominación cristiana agregó nuevos distritos que en general obedecen a una preocupación momentánea y que en general responden a una distribución típica de un antiguo reducto fortificado.

La apertura de la Gran Vía propició el cambio de crecimiento de la ciudad en sentido N-NO.

En las zonas urbanizadas en la década de los 50, producto de los planes de alineación, los edificios van situándose a lo largo de una calle o de una gran avenida que, con la posterior expansión que rellenará los hechos existentes, dará lugar a una distribución de tipo cuadrangular, caso de la Avd. de la Constitución.

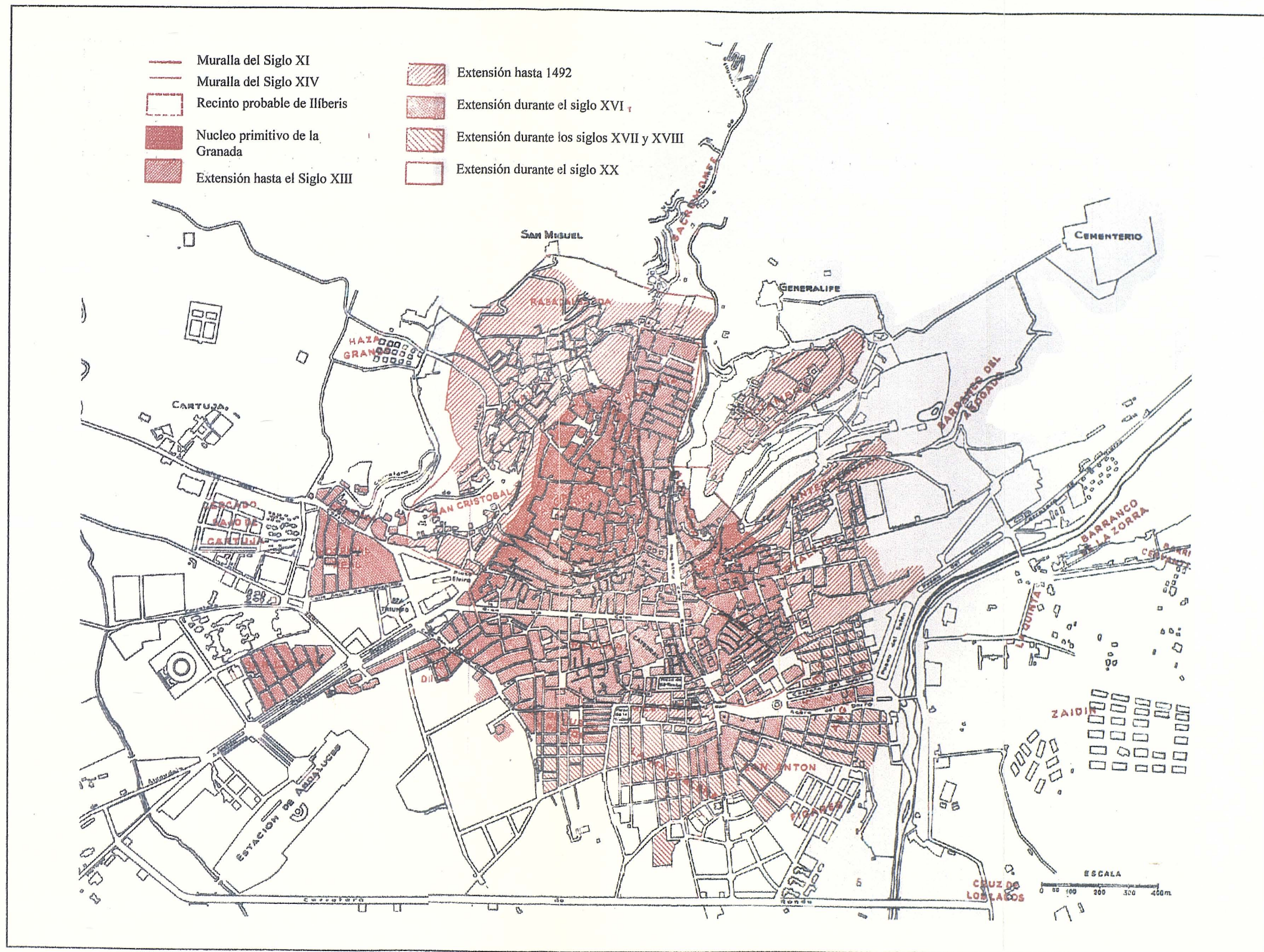
Posteriormente, la ciudad, con un lento pero progresivo avance, se ha extendido, tal como una mancha de aceite, hacia la Vega, producto de la incidencia de los diferentes ejes de desarrollo residencial (Zaidín, Chana).

Actualmente y con el fin de cortar el avance hacia la Vega se pretende encauzar el crecimiento de la ciudad en sentido N-NO (Almanjayar).

En general, Granada ha ido creciendo en forma de “fajas semicirculares” que han ido cerrando tramas.

Localización Periodificada. (TGP2C3)

TC3=TD	1.- ARABE	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Albaicín 2.- Antequeruela 3.- Mauror 4.- Elvira 5.- Realejo
	2.- RENACENTISTA	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Catedral 2.- S. Jerónimo 3.- S. Lázaro 4.- Duquesa
	3.- BARROCA ILUSTRADA	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Magdalena 2.- S. Antón 3.- Bibataubín 4.- Bomba y Salón
	4.- INDUSTRIAL	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Embovedado 2.- Gran Vía 3.- Calvo Sotelo
	5.- ESPECULATIVA	→	TM	<ul style="list-style-type: none"> 1.- Calle Ganivet 2.- Camino Ronda 3.- Zaidín 4.- Almanjayar 5.- Circunvalación



Evolución Urbana





A.2.1.- ÁRABE (TGP2C3D1)

En el siglo VIII, al producirse la invasión musulmana, aparece por vez primera el nombre de Granada, atribuido a una ciudad de la provincia (cora) llamada por los musulmanes Elvira.

Esta ciudad que, según Razi y Yacut, era la más antigua de la provincia, es para muchos la sucesora de la Illiberis o Iliberis ibérico-romana, aunque no faltan los que atribuyen esta identidad a Elvira. En cualquier caso y sea cual sea la ilación histórica entre una y otra, es evidente la existencia de una continuidad urbana.

La ciudad musulmana, prácticamente la misma que ha llegado hasta nuestro días, puede considerarse la obra de dos diferentes momentos y épocas históricas:

- 1- Durante la monarquía de los Ziríes (Granada llegó a constituirse casi como aparece a nuestra vista).
- 2- Monarquía Nazarí (modificaciones que, sin ser esenciales para la superficie urbana, han tenido transcendental significado en la personalidad de la ciudad de Boabdil).

Según se desprende de los textos musulmanes contemporáneos, en la comarca llamada Elvira existían tres importantes núcleos urbanos: Illiberis, sin duda la “urbs” romana-goda, Castilia, otra antigua ciudad romana y acaso íbera, y Granada, que aparece citada por vez primera.

Esta, la ciudad más antigua de la provincia y habitada por judíos, estaba situada al pie de Torres Bermejas, en la actual parroquia de San Matías, y no era más que un arrabal de Illiberis.

En el año 743, tras las guerras civiles entre berberiscos y árabes, los caballeros del “chund” de Damasco se establecieron en la cora de Elvira, pero la existencia de una numerosa población judía y mozárabe en Granada, les hizo preferir la Vega en donde se asentaron, distribuyéndose en múltiples alquerías.

La antigua Castilla fue su centro principal, constituyéndose durante los siglos IX y X en la ciudad más importante y capital de la cora.

Posiblemente, para dominar y tener a raya a la multitud de “mestizos” y “renegados” que eran menospreciados por la orgullosa aristocracia árabe dispersa por la Vega, el Vali de Elvira inició, sobre el 765, la construcción de la Alcazaba-Cadima, que en el siglo XI terminaron los reyes Ziríes.

La oposición entre árabes y los primitivos habitantes fue constante durante este tiempo pero, sobre todo, árabes y muladíes se combatieron con furor. Los primeros, con objeto de mantener a raya a sus enemigos, se apoderaron de Granada y reconstruyeron la antigua fortaleza de Torres Bermejas, que ampliaron hasta la actual Alcazaba de la Alhambra.

La típica silueta granadina comienza a perfilarse sobre el fondo blanco de Sierra Nevada; separados por el Darro aparecen los dos núcleos fundamentales de la actual Granada: las colinas de la Alhambra y la Alcazaba.

Poco o nada podemos decir de la estructura urbana de esta Granada salvo que parece translucirse una mutación en la importancia relativa respecto de la vieja Illiberis.

El siglo XI inauguró una etapa de prosperidad y grandeza que, con breves etapas de decadencia, durará hasta el siglo XV.

Establecidos los ziríes en Granada hicieron de ésta la metrópoli de prioridad política de Andalucía oriental; su papel de capitalidad berberisca y judía le permitió incrementar extraordinariamente su población. La ciudad creció y se ensanchó rápidamente hasta alcanzar un nivel de población que sólo sería sobrepasado en el siglo XIV.

La preocupación de una buena posición estratégica presidió la instalación de los ziríes; la antigua fortaleza fue rehecha, las casas fueron reconstruidas y un recinto amurallado rodeó todo el conjunto.

El núcleo fundamental era la Alcazaba con el palacio fortaleza de Habus y Badis, que se asentaba cerca del tramo septentrional de la muralla. Desde aquí la cerca bajaba de este a oeste hacia la Vega, por el barranco que separa la Alcazaba de la colina de San Cristóbal. Volvía luego, en la puerta de Elvira, hacia el Sur, hasta el Darro, que franqueaba por las proximidades de Puerta Real, tras haber englobado el barrio de la Mezquita Mayor y la plaza de Bib-Rambla. Seguía luego paralelamente al río por su orilla izquierda hasta el Campillo, donde giraba hacia el este, ascendía por la falda del Mauror y encerraba Torres Bermejas. Bajaba después perpendicularmente por el Barranco de la Assabica, para volver a subir por la colina de la Alhambra, que en su mayor parte quedaba fuera, volviendo a descender por el puente del Cadí. Aquí se desviaba hacia el este, yendo a morir en el mismo punto de partida.

Dentro de este recinto debió acumularse una densa y heterogénea población que según los cálculos de Torres Balbás¹ podría cifrarse en unos 26.000 habitantes.

El esplendor de la ciudad atrajo a numerosos emigrantes –ya de Al-Andalus, ya de África- que dieron origen a la creación de los barrios del Zenete y Almanzora.

Dentro de este recinto tan bien definido, la tradición musulmana situaba tres barrios:

- El primero coincidía con la actual iglesia de San Miguel Bajo y era el núcleo palatino y administrativo.
- En el segundo, situado en torno a la mezquita de los Morabitos, se asentaba el centro comercial por excelencia.
- Finalmente, y siempre según MARMOL, a mitad de ladera entre la Alcazaba y el Darro se encontraba el barrio de la Cauracha o de la Cueva, que se extendía al pie de San Nicolás.

¹ Se sirvió, como índice, del área que alojaba la cerca, unas 75 hectáreas y la densidad media de edificación –172 m² por vivienda- y el número de miembros por familia y vivienda –6 personas-, todo lo cual le permitió estimar la densidad de población en unas 348 almas por Ha. El error posible de estos cálculos puede oscilar entre un 33 y 50% por lo cual el total de población podría incrementarse hasta unas 38.000 personas.

El barrio de los muladíes estaba al Este, separado del Darro por el Haxaris (recreación o deleite). Barrio residencia de labradores y comerciantes acomodados, estaba poblado de cármenes, jardines y huertos.

Fuera del recinto amurallado, la riqueza de la Vega permitía una densa población, muy diseminada en cármenes y alquerías en las proximidades de la ciudad, pero que debía concentrarse en pequeños pueblos a medida que la protección de los alcázares granadinos se alejaba.

La invasión almoravide, en 1085, acabó con el reinado zirí en Granada. Durante toda la dominación almoravide (1090-1149) Granada se convirtió en la capital de Al-Andalus.



“ A un castellano que por primera vez visitase una ciudad de la España musulmana debía de impresionarle la alegre policromía de los alminares y de los muros exteriores de otros muchos edificios; policromía conseguida por la combinación de diversos materiales, por la cerámica y por la pintura.”

I. Torres Balbás

Una vez más su carácter de gigantesca fortaleza natural que le otorgaba la primacía política y militar favoreció el desarrollo y embellecimiento urbano.

La atención de los almorávides se desvió de la Alcazaba Cadima prefiriendo la vieja "Garnatha Alyeduh". Cerca de la puerta oriental del antiguo barrio de los Alfareros (Bib-Alfajjarín), se plantó la famosa arboleda de Hawar-Mamil que conllevó la construcción de un acueducto para su mantenimiento, el cual, a su vez, fue causa de un rápido incremento de población, surgiendo por fuera de la antigua muralla un arrabal de cármenes, jardines y huertos.



Imagen idealizada de Granada

La labor iniciada por Yusuf-ibn-Texfin fue continuada por sus sucesores. En esta época se reconstruyó la Mezquita Mayor a la vez que se construía junto a ella un barrio público. Así mismo, en esta época, se construyó un suntuoso palacio conocido con el nombre de Casa Marmórea.

El fanatismo religioso de los morabitos saharianos causó importantes transformaciones en el poblamiento quedando los antiguos arrabales mozárabes de San Cecilio, la Cuaracha y la puerta de Elvira prácticamente despoblados.

Pero tampoco los almorávides gozaron mucho tiempo del favor popular sientó otra agrupación musulímica, los Almohades, la que pasó a dominar Granada.

Convertida Sevilla en la capital del reino almohade, Granada descendió algo en importancia, aunque siguió siendo una de las favoritas de los Califas unitarios.

La labor urbanística de los príncipes almohades tuvo un doble aspecto y siguió una doble dirección. Por una parte, se ciñó a la renovación interna de la ciudad especialmente en el sentido religioso y administrativo.

Por otra parte, se inició una primera urbanización externa que atendió especialmente a los accesos ciudadanos y el embellecimiento de la zona limítrofe con la Vega, completándose, también, la urbanización de los márgenes del Genil.

Se reforzaron las antiguas fortificaciones ziríes, especialmente en su parte occidental, la más íntimamente ligada a la nuevas extensiones urbanas almohades.

El poder almohade comenzó a resquebrajarse en 1212. Con la llegada al “trono” de la dinastía nasrí comenzó el apogeo y posterior caída de Granada.

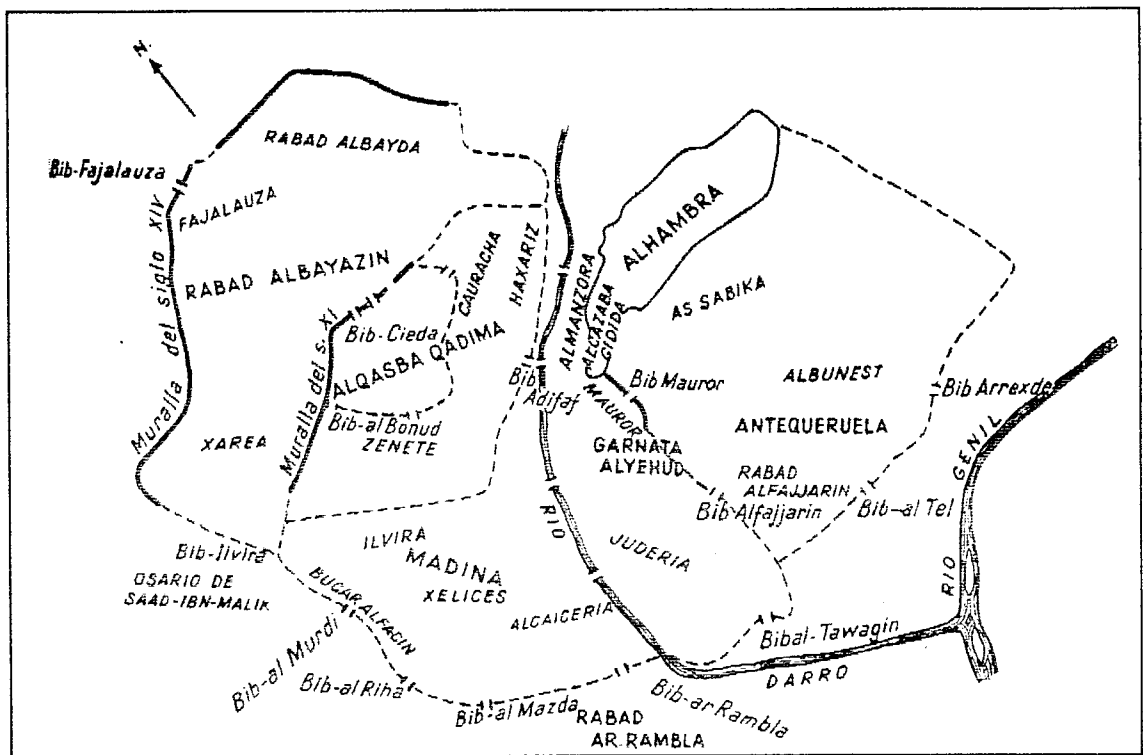
Como en el período anterior, la atención real estuvo especialmente dedicada a la “Medina-Alhambra”, pero incluso el ímpetu urbanizador rebasó las murallas y, saltando por encima del barranco del Rey Chico, se extendió por la vertiente occidental del Cerro del Sol cubriendo todo el espacio entre el Darro y el Genil –antes de 1319 ya existía el Generalife-.

No olvidaron la ciudad tradicional, por otra parte imprescindible dadas las frecuentes inmigraciones de pueblos enteros hispano-musulmanes y norteafricanos, que buscaban en Granada un nuevo hogar.

La ciudad creció en superficie y población, sobre todo en los nuevos “rabat” como el Albaicín, y el “arrabal blanco”. La población rebasó por muy diversos sitios las defensas exteriores y, con el fin de asegurar y facilitar la defensa ciudadana, Yusuf I completó la cerca de la ciudad.

En total, la superficie comprendida por las murallas del siglo XIV era de unas

500 Ha. Desde el recinto de la Alhambra, que abarcaba toda la parte alta del cerro, la cerca descendía por el valle de la Assabica hasta Torres Bermejas. Desde aquí bajaba por el barranco del Abogado hasta la orilla del Genil (Bib Arrexde). Después, paralela y a cierta distancia del río, seguía su curso hasta la puerta del Pescado (Bib-alTel), desviándose luego paralelamente al Darro Hasta el castillo de Bibatabuin. A partir de este punto y hasta la Puerta de Elvira el trazado no variaba con respecto al del siglo XI. A partir de Bib-Ilvira se dirigía a la Xarea que escalaba hasta la cumbre, continuando después por la puerta de Fajalauza hasta el cerro de San Miguel, para descender luego perpendicularmente hasta el Darro y siguiendo por su orilla derecha volvía a enlazarse con la Alhambra.

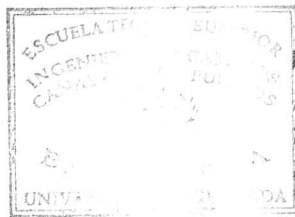


La Granada musulmana.

La Granada nasrí era, además de bella, una de las ciudades más pobladas de la Europa de entonces. Según distintas fuentes se barajan datos desde 200.000 habitantes (Zurita) hasta 60.000 (Mármol). Posiblemente, la contrariedad existente entre las distintas fuentes se deba al hecho de que entonces muchos viajeros y geógrafos consideraban el Albaicín como una entidad urbana distinta.

Prescindiendo de todos estos datos y atendiendo a la superficie urbana de 1492

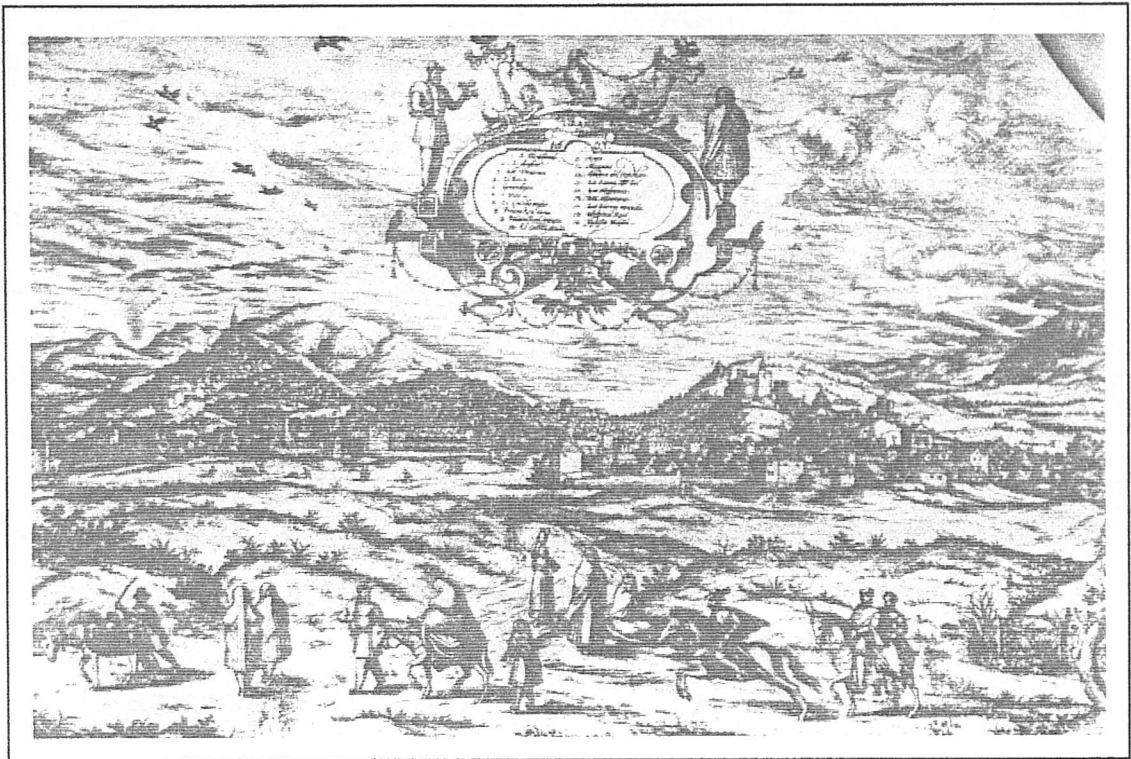
(no mucho menor que la de 1950) y a su densidad de población (mayor que la de 1950, según los autores de la época) puede deducirse como muy probable la existencia de una población, a fines del siglo XIV, que oscilase entre los 80.000 y 100.000 habitantes y que, durante el sitio pudo llegar a 150.000.



A.2.2.- RENACENTISTA (TGP2C3D2)

Una nueva ciudad iba a florecer ahora en manos de Castilla, sucediendo a la musulmana que a decir de Marrineo Sículo, quedó, al ser conquistada, “*en gran manera triste, sola y desamparada, como cuerpo sin miembros, árbol sin ramas o madres que ha perdido a su hijos*”, debido a que gran parte de sus habitantes pasaron a África.

La toma de Granada inauguró un nuevo periodo de su evolución urbana, aunque los Reyes Católicos, con claro sentido político y estético, conservaron íntegramente la estructura de la ciudad de Boabdil. Se intercambiaron funciones y se adaptaron unos servicios a otros y solamente cuando fue necesaria una ampliación del hábitat urbano se verificó ésta a expensas del rural. Tal ensanche no deja de ser consecuencia del paulatino abandono de las colinas a favor del llano, iniciado ya en el último periodo musulmán.



Granada en 1563-1565, según los grabados de Jorge Hoefnagel para “Civitatis Orbis Terrarum”, de Jorge Braun y Francisco Hogenberg.

El Rey Fernando, temeroso de un levantamiento –aún quedaban muchos musulmanes en la ciudad- procuró la vuelta a sus hogares de los refugiados en Granada

durante el sitio, a la vez que mandó ensanchar las calles, hacer mercados, prohibir los miradores y celosías que avanzaban sobre la calzada, así como ordenar la alineación de trazados callejeros y eliminar los callejones sin salida. La principal medida en este sentido tuvo lugar con la orden de derribo de la judería tras la firma del edicto de expulsión de los judíos.

A partir de 1495 se reformó la plaza de Bib-Rambla que entre 1513 y 1519 fue ensanchada –calles actuales del Príncipe y Salamanca- construyéndose en la parte norte una línea de soportales con aposentos para las escribanías municipales.



La plataforma de Ambrosio de Vico, dibujada en 1596 e impresa en 1612 por Francisco Heylan.

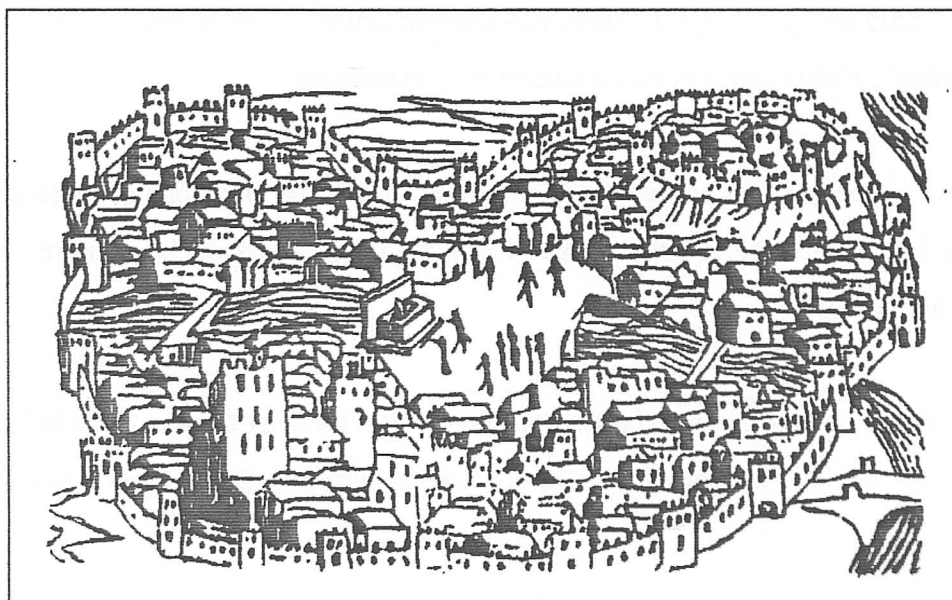
El barrio de la Mezquita Mayor de los moros –posterior barrio de la Catedral- no fue el único transformado ya que de 1499 a 1515 se reformó la actual Plaza Nueva mediante la ampliación del antiguo puente de Hatabin hasta la iglesia de Santa Ana, construida en el siglo XIV.

En 1505 se proyectó el edificio de la Catedral –junto a la Mezquita Mayor mora

por voluntad de la reina Isabel- a la vez que el de la Capilla Real. No se comenzaron las obras hasta 1518 debido a no saber si la construcción debía hacerse conforme a las trazas dadas –repetición de la Catedral de Toledo- o realizarse con mayor grandeza atendiendo a los deseos del Rey Católico. En 1519 contestaba el Rey Carlos V mostrándose de acuerdo con los deseos de su abuelo y dando el visto bueno para la ampliación del proyecto.

Tras 180 años de vicisitudes, el trabajo de numerosos maestros- Enrique Egeas, Diego de Siloé, Pierre Guillebert, Pedro de Salamanca, Juan de Maeda, Alonso Cano, Francisco Otero y Francisco Navajas entre otros- vio su fin en 1704.

Ejemplar del Renacimiento español, la Catedral de Granada era, para alguno de sus contemporáneos, el más insigne templo de toda la cristiandad.



Granada a mediados del siglo XVI.

Con la reforma de Plaza Nueva se alzó otro edificio de lato porte, la Real Chancillería.

La ordenación que alcanzó la “madima” musulmana no sólo se reflejó en la construcción de la Catedral y la Capilla Real sino que se levantaron otra serie de edificios tales como: la Lonja de Mercaderes (1518-1522) en la casa de Alfaquí, el Colegio de San Fernando que cerraba la calle llamada de la Mesa Redonda de salida a la

Gran Vía, el Palacio Arzobispal con salida a Bib-Rambla, la Universidad de Granada y los colegios mayores anejos a ésta.

Todos esos edificios formaban un núcleo situado entre Bib-Rambla y la Catedral, de la que estaba separado por una calle que comunicaba con la Alcaicería y una pequeña plaza por la que se accedía a la Universidad y a la Catedral.

De esta forma, el barrio de la Catedral, antigua “madima”, centralizó todos los servicios de índole social.

La actividad urbanística, ante la presión de la creciente población cristiana y la tendencia cada vez más acentuada de abandono de los barrios altos, rebasó los límites de la cerca musulmana. La expansión urbana se dirigió en dos caminos principales: uno, hacia el “Xaragui” y la Vega iniciado por los musulmanes con la creación del “rabat de Bib-Rambla”, y otro, hacia el N, en dirección a Aynadamar.

La preocupación por el orden público, de la que hablábamos anteriormente, conllevó la creación del barrio de San Lázaro en un flanco de la siempre “díscola” morería albaicinerá.

Contemporáneos a este barrio son el Hospital Real, el Convento de la Merced y la parroquia de San Ildefonso construidos en los terrenos del antiguo cementerio de Saud-Malik.

Al amparo de estas edificaciones fue surgiendo otra nueva barriada que, sirviendo de acceso a la Cartuja, rodeaba el citado cementerio. Esta barriada estaba constituida según Jorquera por tres diferentes núcleos de población: el del Hospital Real, el de San Lázaro y el de la Carretería que prosigue por Fuente Nueva hasta incorporarse con el Hospital de San Juan de Dios y el Convento de San Jerónimo.

Este último constituyó otro foco de cristalización de la expansión urbana del siglo XVI que con el traslado de la viuda del Gran Capitán a una casa-palacio situada fuera de las murallas frente a la iglesia, dio lugar a la formación de un nuevo barrio

eminentemente aristocrático que desde entonces se conoce como de la Duquesa.

A oriente del monasterio se levantó el Hospital de San Juan de Dios que dio lugar al nacimiento y urbanización de la calle de su mismo nombre.

Otro foco de población nació en torno a la Iglesia de las Angustias.

Como resumen de este periodo podemos decir que la “nueva ciudad” creció ligada a la ciudad musulmana y sin tener en cuenta los esquemas de desarrollo urbano ideal ofrecidos por los arquitectos renacentistas que por entonces comenzaban a introducirse en América.

A.2.3.- BARROCA ILUSTRADA (TGP2C3D3)

La rebelión de los moriscos granadinos y su posterior deportación conllevó una transformación de la estructura de la ciudad.

La expulsión afectó de un modo especial al Albaicín, barrio que vio agravada su situación con la inundación de 1629. La preocupación oficial intentó revalorizar el barrio ampliando la Plaza Larga y distintos edificios de servicios para la barriada. Al mismo periodo pertenecen las reformas de la Carrera del Darro y la urbanización del Paseo de los Tristes realizada al derribarse gran parte de la muralla de la margen derecha del río y modificarse la dirección de su cauce.

Los antiguos barrios árabes de la Alcazaba-Cadima, con una mayor actividad, seguían conservando su aspecto tradicional.

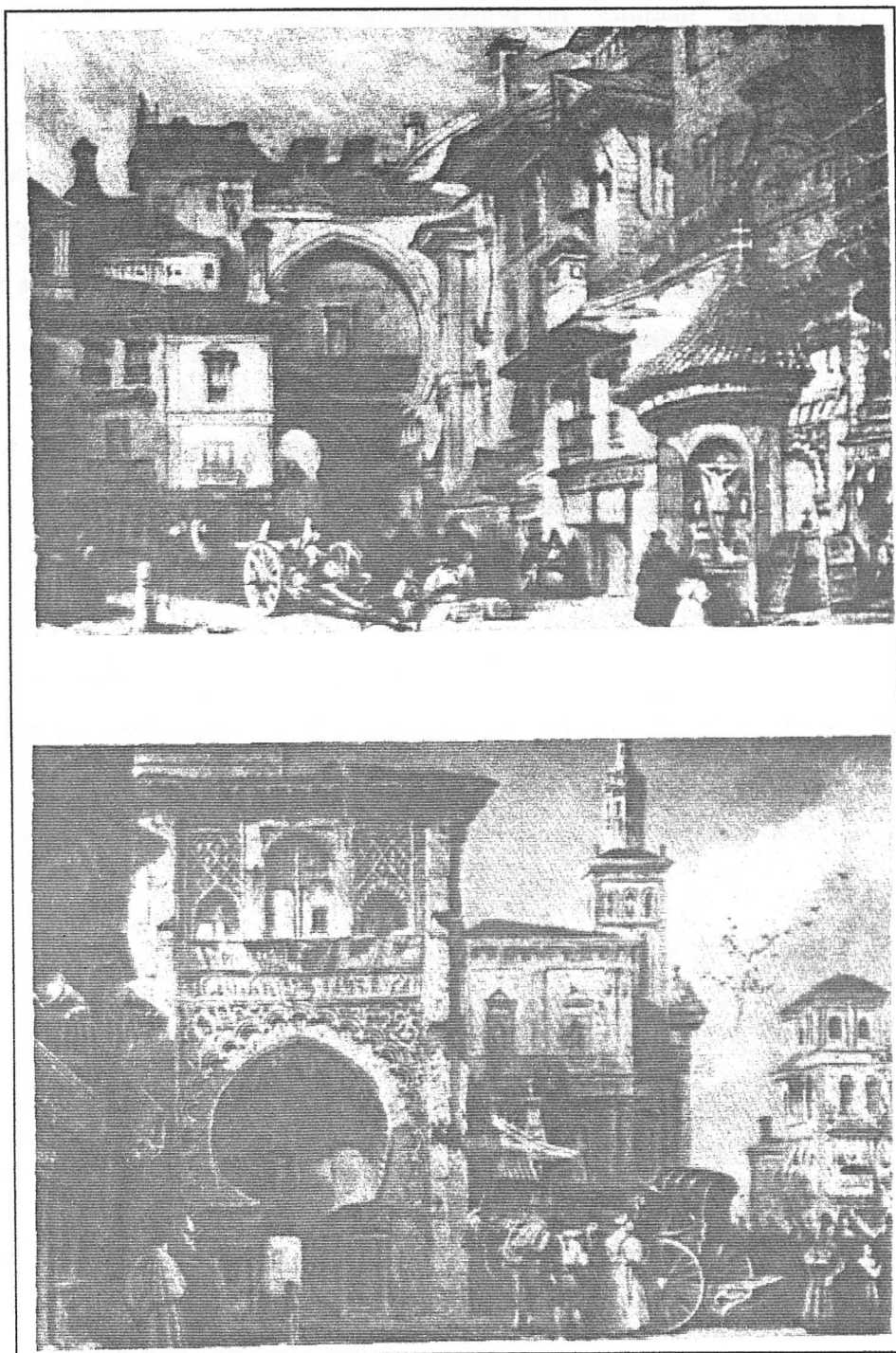
La ciudad alta continúa despoblándose surgiendo, en cambio, toda una nueva ciudad fuera de las murallas. El famoso Xaragüi y los huertos del Tintin fueron las víctimas propiciatorias de la expansión urbana.

Las construcciones comienzan a llenar los espacios vacíos existentes en los barrios del Hospital Real, San Lázaro, San Juan de Dios y la Duquesa, enlazándose éste último con los barrios de la Magdalena, San Antón y la Virgen tras el derribo de la puerta de Bib-Almazda. Estos nuevos distritos, aunque trazados con un cierto criterio de regularidad clásica propio de la época seguían manteniendo en sus viviendas caracteres de las antigua: tamaño reducido, patio interior, un par de plantas y jardín anejo.

En la confluencia del Darro y Genil, donde la primera iglesia de la Angustias había provocado el nacimiento de una pequeña barriada, continuó la expansión urbana.

En la margen izquierda de la actual Carrera de la Virgen se levantó en la primera mitad del siglo XVII el llamado “barrio nuevo de los frailes de Santa Cruz”, construido entre las puertas de Bib-ataubin y del Pescado.

Así pues, podemos apreciar que aún manteniéndose los núcleos de la Alhambra, el Mauror, la Antequeruela y el Albaicín, la población moderna se extiende fuera de los muros de la ciudad.



El Corral del Carbón y el Arco de las Orejas.

Durante el siglo XVIII Granada apenas sufrió transformaciones importantes. La decadencia del comercio y de la industria de la seda atormenta a la población, no siendo

suficiente la introducción de nuevas actividades como el trabajo del lino, para reanimarla.

La antigua “madima” no presenta una visión optimista tal y como afirma VELAZQUEZ DE ECHEVARRIA: “esos jardines hermosos desaparecieron; esos sujetos tan magníficamente ricos, se acabaron; esos infinitos poderosísimos mercaderes se fueron; y lo pero es que, como el tiempo por todo lo consume, y con él se deterioran los edificios, jardines, fuentes, etc., habiendo falta de cuidado en la restauración y reparo, cada día va más la desolación. Bien que la naturaleza suple con su pródiga fertilidad y amenidad a la deteriorada de la cultura y belleza”.

Por el contrario, el desarrollo y crecimiento de los barrios nacidos fuera de las murallas fue considerable.

Pocos fueron los cambios en la estructura urbana de la Granada del siglo XVIII, de los que cabe destacar:

- Cristalización del Paseo del Salón y de la Bomba, alineados en la margen derecha del Genil.
- Reestructuración de los accesos a la Carrera de la Virgen y a la Acera del Darro, que afectó a la puerta y castillo de Bibataubín que tras diversos desmantelamientos y reformas pasó a convertirse entre 1752 y 1754 en el actual edificio de la Diputación, diseñándose por vez primera las dos plazas del Campillo Alto y Campillo Bajo.
- En 1790, al derribarse la Puerta Real, se sentaron las bases para la aparición de lo que hoy es el centro neurálgico de la ciudad.
- En 1768 se construyó la Plaza de Toros de la Real Maestranza en el Campo del Triunfo, adquiriendo el barrio de San Lázaro y el Hospital Real una nueva fisonomía que persistió hasta 1960.
- En los barrios altos las transformaciones, al menos positivas, fueron escasas. Su despoblación fue acompañada por la ruina, siendo ahora cuando surgen las líneas fundamentales del Sacromonte y sus cuevas.

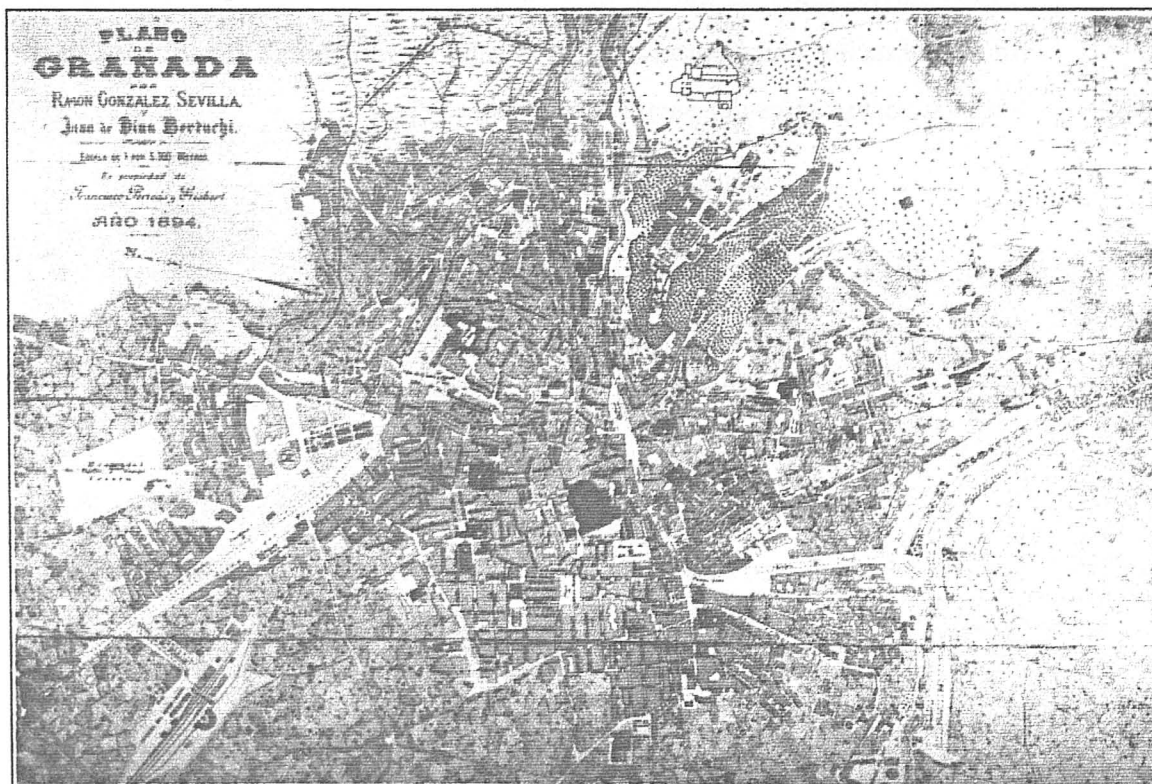
A.2.4.- INDUSTRIAL (TGP2C3D4)

Durante el siglo XIX y comienzos del XX, los cambios y transformaciones fueron considerables. Los acontecimientos históricos y económicos van a constituir un motor esencial de lo que podríamos denominar primera revolución urbana.

La Guerra de Independencia sacudió a Granada de la mediocridad, probando la población su acendrado españolismo aún después de la entrada de los franceses.

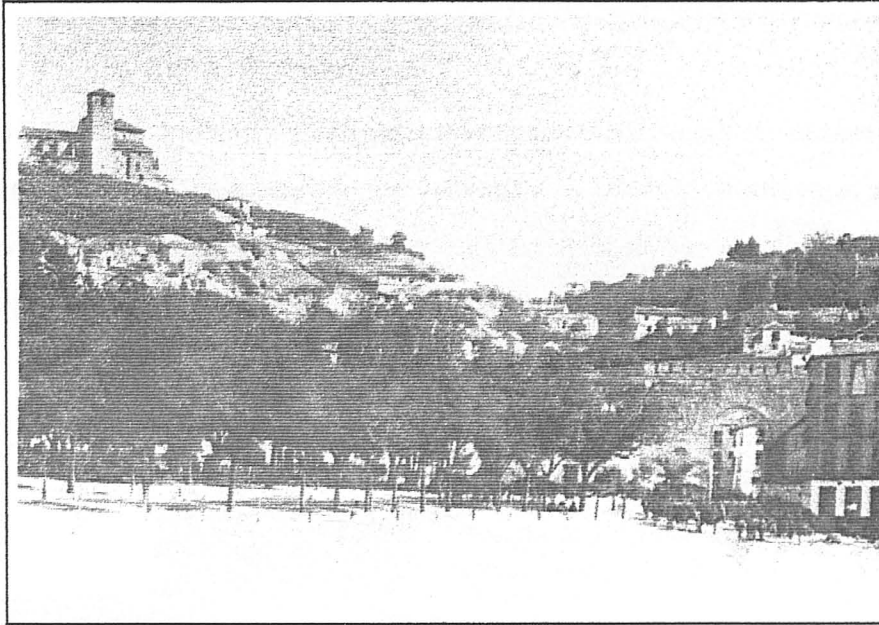
Durante el periodo de ocupación napoleónica, estos trataron de hermostear la ciudad, a menudo, a costa de destruir numerosos edificios monumentales.

El final de la guerra no trajo la prosperidad ni tan siquiera tranquilidad. La guerra carlista y la revolución de Octubre iban a traer importantes repercusiones en la evolución urbana de Granada. Parecía una continuación de los destrozos iniciados por Sebastiani.

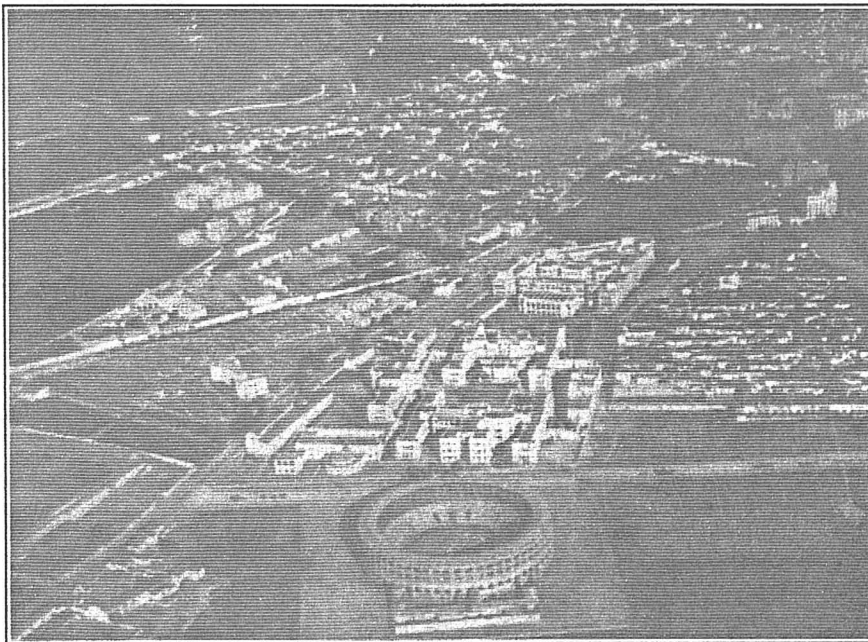


Granada en 1894, según Ramón González Sevilla y Juan de Dios Bertuchi.

Se destruyeron total o parcialmente numerosos monasterios y conventos. En 1836 se derrumbó el primer cuerpo del convento del Carmen para construir la plaza del mismo nombre; el resto del edificio, 1856, acogió el Ayuntamiento derribándose en ese mismo año los conventos de Capuchinos y Agustinos Calzados para el periodo 1880-88 construir en sus solares la Pescadería, la Carnicería y los Mercados Mayoristas.



El Arco de Elvira y la Plaza del Triunfo, aún sin urbanizar, en 1900.



Vista aérea de Granada.

En 1840 y 1860, coincidiendo con un periodo de calma política y social se iniciaron reformas urbanas, impulsadas por el Ayuntamiento, a la vez que se planearon y

en algunos casos se iniciaron algunas de las principales urbanizaciones del siglo XIX.

Se reformó toda la zona de Bib-Rambla abriéndose las calles del Príncipe y el Milagro y se reconstruyeron, alineándolas, las casas ruinosas del Zacatín. En el periodo 1833-1843 se hizo la plaza de Bailén , antiguo Campillo Alto, finalizándose de esta forma la urbanización del Campillo.

Las más importante tarea urbanizadora fue el cubrimiento del cauce del Darro, desde Plaza Nueva hasta Puerta Real. Terminado el proyecto en 1884, desapareció gran parte de la complicada red de callejuelas y plazoletas que por la zona se extendían, vestigio de la época árabe y de los primeros años cristianos, ocupando su lugar nuevas edificaciones en alineación.

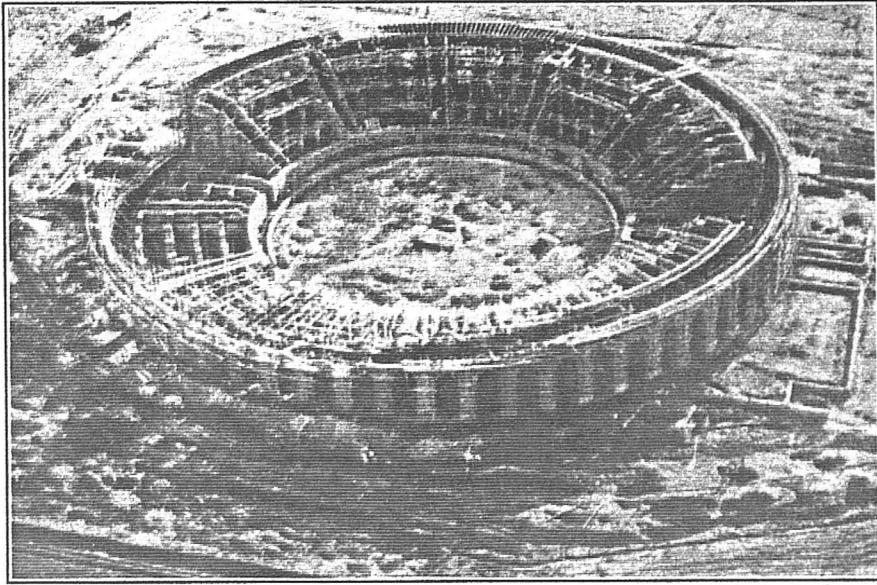


Construcción de la Estación de Ferrocarril.

En conjunto, la segunda mitad del siglo XIX conllevó considerables transformaciones internas siendo, por el contrario, la expansión exterior limitada, no variando apenas el perímetro de la ciudad.

Salvados los años de decadencia, Granada entró en un nuevo periodo de recuperación favorecido por la introducción del cultivo de la remolacha azucarera con la aparición de la industria correspondiente, creándose una moderna actividad económica

que iba a influir decisiva y no siempre adecuadamente en el desarrollo de la ciudad.



La plaza de toros de la actual Avenida del Doctor Olóriz durante su construcción en la década de los años 20.

“La generación del azúcar”, al apoderarse de la dirección de la ciudad, llevó a cabo una revisión urbanística que en parte continuaba las líneas ochecentistas y por otra se planteaba el problema de la adaptación de una ciudad histórica a las necesidades de la vida moderna.

La intensificación del tráfico urbano hace que en los proyectos de reforma interior de la ciudades adquiriera gran importancia la apertura de grandes vías.

Comienza una época de desmedido modernismo que en multitud de ocasiones no va a servir más que para acabar con parte de los valores históricos de la ciudad de Boabdil.

*“Granada, la que pudiera y debiera ser,
la que ignoro si algún día será”.*

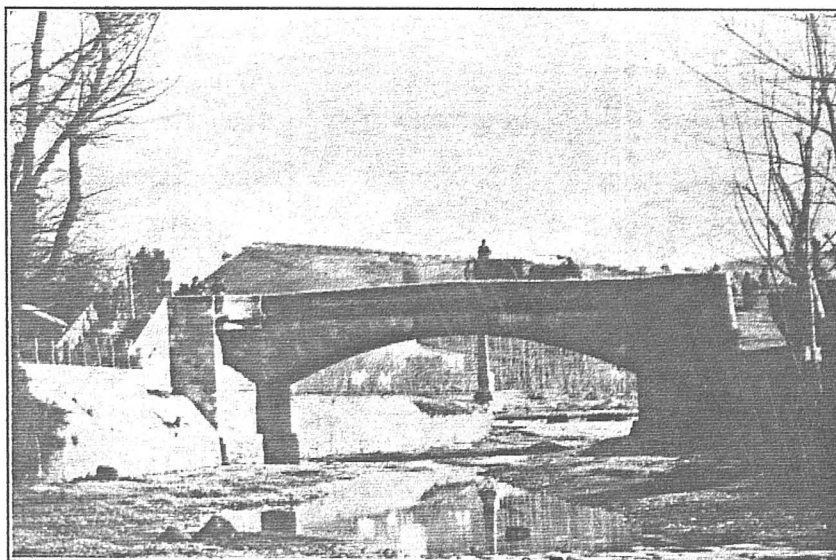
Angel Ganivet.

Granada la Bella.

La preocupación –razonable- de descongestionar el casco antiguo, organizar un marco para la vivienda burguesa y para las actividades comerciales, llevó a la realización de “grandes vías” que permitieran enlazar rápidamente las distintas partes de la ciudad y los ensanches.

Un prototipo de la prepotencia burguesa-granadina fue la apertura de la Gran Vía de Colón, proyecto antiguo pero olvidado por algún tiempo, que supuso la desaparición parcial de la “madima” musulmana así como de valiosos edificios (Casa de la Inquisición, Casa de los Marqueses de Falces, el Palacio de los Infantes, etc.).

Como era de prever, esta arteria constituyó un eje de desarrollo que comenzó a actuar en la ciudad, encauzando su desarrollo en sentido N-O y provocando una fuerte remodelación en su áreas adyacentes (construcción del Instituto Padre Suárez y urbanización del Paseo de Calvo Sotelo).



Construcción de el Puente Verde para sustituir al viejo de madera que allí existía.

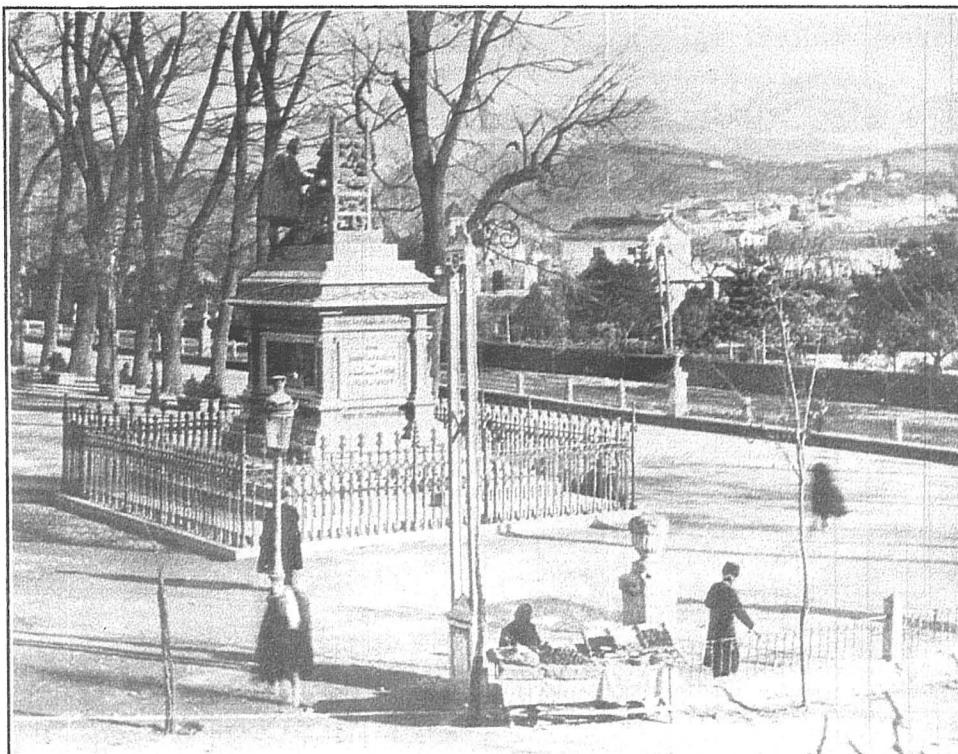
Mientras tanto, los “arrabales” del Albaicín, Mauror y Antequeruela continúan deteriorándose.

En los años treinta, parecía que los ideales ganivetianos triunfarían con reformas que embelleciesen la ciudad sin olvidar su historia. Lo que ocurriría después sería distinto.

A.2.5.- ESPECULATIVA

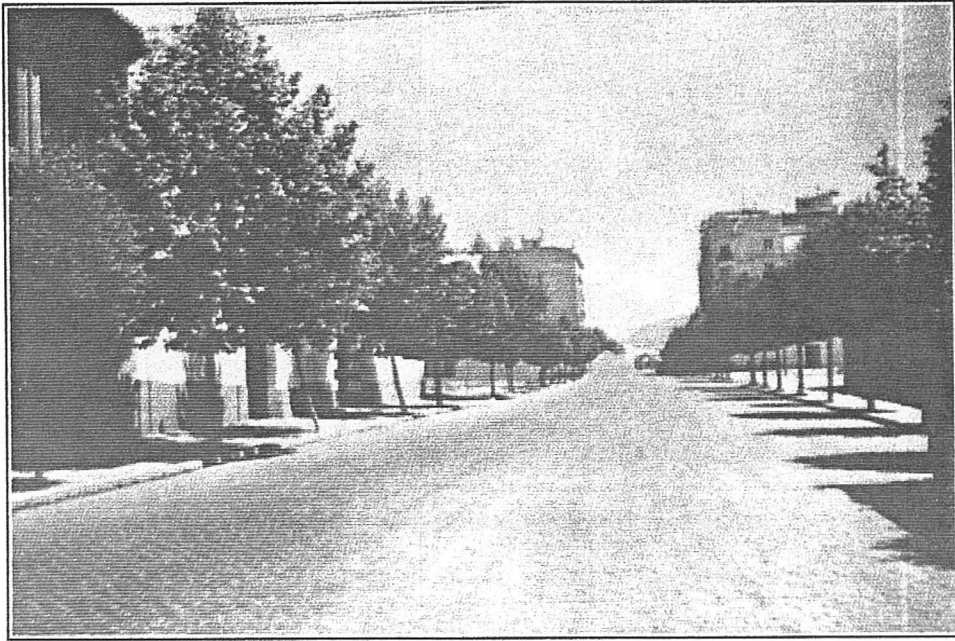
La reforma llevada a cabo a partir de 1930 fue considerable. Se reformó el antiguo embovedado del Darro, nivelándolo, a la vez que se extendía hasta la desembocadura con el Genil; se abrió la calle Ganivet “rompiendo” el barrio de la Manigua, se prolongó la calle San Juan de los Reyes hasta la cuesta del Chapiz con el fin de descongestionar el tráfico por la Carrera del Darro, y la construcción de la calle Pages que enlaza la citada cuesta con la carretera de Murcia facilitando la circulación en el Albaicín.

Con posterioridad a la apertura de la Gran Vía y como siguiente paso se construye el Camino de Ronda con el fin de desviar fuera de la ciudad la circulación que atraviesa la ciudad proveniente de las vía que en ella convergen. Tras su finalización se llegó a poner como modelo de obra realizada con un claro sentido urbano. No dudamos de dicho enjuiciamiento pero nuestra visión de técnicos nos hace pensar que para alcanzar tal título hubiesen sido necesarias otra serie de medidas que completasen su función inicial.



Futura ubicación de la Gran Vía.

El Camino de Ronda, en contra de su inicial destino, se convirtió en un nuevo eje de desarrollo de la ciudad. En lugar de convertirse en un limitador de la expansión de la ciudad, la “Redonda” actuó como elemento devorador de la Vega.



El Camino de ronda y su primitivo arbolado.

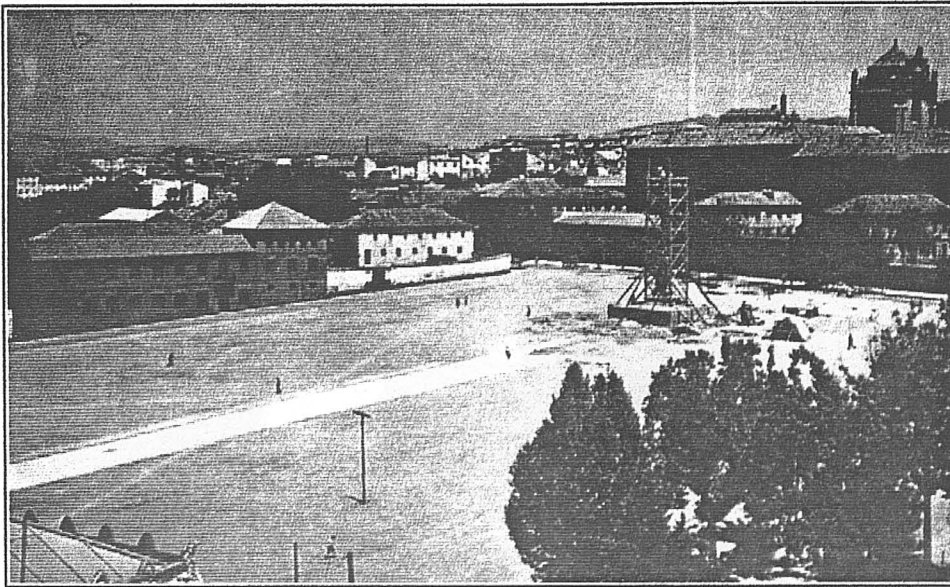
El Plan de Alineaciones de 1951 proyecta la creación de nuevas y anchas calles y plazas en la ciudad bajas, muchas de las cuales convergerían perpendicularmente en el Camino de Ronda, lo que propició la renovación de edificios sin que se tuviese en cuenta el valor e interés histórico de alguno de estos.

En esta época el planteamiento urbanístico realizado durante el mandato de Gallego Burín, a pesar de su preocupación urbanística y afán renovador, no supo plasmar las alternativas y soluciones técnicas que la ciudad requería.

En el año 1956, inicio de la época de grandes negocios especulativos, se ensancha la calle Recogidas que partiendo de Puerta Real desciende hacia el Camino de Ronda. Esto contribuyó a potenciar el crecimiento hacia la Vega.

Recogidas, tercer eje de desarrollo de la ciudad, se convirtió en el área residencial de las clases altas locales. Rápidamente cubrió todo el espacio intermedio entre los barrios de San Antón y la Magdalena, llegando a rebasar el “débil” límite del

Camino de Ronda.



La remodelación del Triunfo.

Tan claramente avanzaba la ciudad hacia la Vega que en un intento de evitarlo se proyectó una segunda vía, paralela a la Redonda y que actuaría de arteria de servicio interno, Pedro Antonio de Alarcón.

Ante el creciente aumento de población, la urbanización interior no podía dar alojamiento a todos, lo cual repercutió necesariamente en la expansión exterior de la ciudad.

Así comienzan a construirse las primeras barriadas que modifican el perímetro de la Granada Tradicional.

En el periodo 1920-30 nace el barrio de Fígares que prolongó, modificándolo ligeramente, el barrio de San Antón. Contemporáneas son las barriadas que remozaron el Paseo de la Bomba y la zona de la "Quinta". Mediante la moda de los "chalets" se ampliaron el Realejo y la Antequeruela, así como el comienzo de la carretera de la Sierra.

Pero iba a ser el decenio de los 50 el de las grandes intervenciones urbanísticas. Se originan los barrios del Zaidín y de la Chana con la promoción directa de viviendas

por diversos organismos tales como el Patronato de Santa Adela y el de la Virgen de las Angustias.

Esto iba a romper con los esquemas que sobre el tamaño óptimo y expansión de la ciudad tenía Gallego Burín.

El Zaidín surge a partir de la margen izquierda del Genil, a la derecha de la carretera de La Zubia junto al camino que lleva a Purchil. En un principio, los edificios fueron pequeños (1 y 5 plantas) con una distribución que daba lugar a un viario quebrado y no de grandes dimensiones.

A partir del ancho inicial, el barrio fue creciendo en dirección a la ciudad, desarrollándose de una forma espontánea, sin ningún tipo de planificación hasta alcanzar una configuración de tipo trapezoidal, en la que su lado menor se sitúa al Sur, junto al límite del río Monachil, y el mayor junto al Genil.

Paralelamente, el Patronato de la Virgen de las Angustias edifica en la zona más próxima a la actual autovía, entre las carreteras de Málaga, Sevilla y Badajoz.

En un principio se construyen edificios de carácter unitario que constan de dos plantas y bajos dedicados a viviendas, para pasar posteriormente a viviendas unifamiliares de una planta. Con la llegada de la iniciativa privada se da paso a los edificios en bloques y manzanas realizadas de una forma irregular.

Cuando se apreció que la dirección lógica de orientar el desarrollo de la ciudad era la N-O, tomando como eje la carretera de Madrid, la urbe, que ya había rebasado el Camino de Ronda, el Zaidín y la Chana, seguía creciendo.

Surge de esta manera una nueva experiencia que daría lugar al cuarto eje de desarrollo de la ciudad: el Polígono de la Paz-Almanjazar.

Por su situación respecto a la ciudad, emplazamiento y orientación, era el lugar idóneo para zona de expansión urbana. Se pensaba ofrecer suelo totalmente urbanizado

a precio de costo con el fin de mitigar la especulación y la falta de infraestructura residencial. Pero todo lo que sobre el papel parecía idóneo, en la práctica no lo fue tanto.

Tras las torrenciales lluvias de 1963, el Ayuntamiento presionó para que se cediesen terrenos donde construir viviendas sociales para alojar a las personas que habían quedado en condiciones infrahumanas.

Al tener conocimiento la opinión pública de que en el Polígono se estaba instalando una parte del proletariado granadino, las subastas de terreno comenzaron a quedar desiertas.

Esto motivó una remodelación del Plan que ha dado lugar a una tupida barrera de hormigón y acero en forma de bloques exentos de hasta 10 plantas.

Mientras tanto, los barrios antiguos apenas si se iban a ver afectados por transformaciones en parte porque no ofrecían beneficios. Si bien esta “tranquilidad” les ha durado poco, viéndose sometidos en la actualidad a una fuerte remodelación inmobiliaria.

Actualmente se está desarrollando una nueva actuación urbanística, la construcción de la Circunvalación, que de un modo u otro va a dar un nuevo aire a la “fisionomía” de la ciudad. Pensamos que ya se ha escrito suficiente sobre su ubicación y todavía es pronto para poder valorar las posibles consecuencias que pueda ocasionar.

Solamente nos planteamos las siguientes incógnitas:

¿Se convertirá la Circunvalación en un nuevo eje de desarrollo de la ciudad, al igual que ocurrió con el Camino de Ronda? ¿Constituirá la barrera definitiva para salvaguardar la Vega?

ANEJO B. TRATAMIENTO INFORMATIZADO DE DATOS

Los planos obtenidos mediante tratamiento automático han sido los siguientes:

- **TOPOGRÁFICO GENERAL**
- Topográfico parcial 1
- Topográfico parcial 2 (dato anómalo)
- Topográfico parcial 3 (dato anómalo)
- **MURO DE RELLENO F1**
- Muro de Relleno F1 parcial
- Muro de Relleno F1 parcial (dato anómalo) 1
- Muro de Relleno F1 parcial (dato anómalo) 2
- **TECHO DE MATERIAL GRANULAR**
- Techo de Material Granular parcial
- Techo de Material Granular (dato anómalo) 1
- Techo de Material Granular (dato anómalo) 2

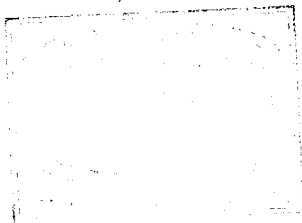
Dentro del apartado de ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO para la creación de una cartografía geotécnica urbana, apuntábamos en el METODO DE POSICIONAMIENTO que la metodología seguida para analizar las características geotécnica del casco urbano de Granada, era la de subdividir el plano general de la ciudad en cuadrículas de 500 x 500 m., las cuales eran las más coherentes de acuerdo con la escala (1:5000) utilizada en nuestro plano y por tal motivo las adoptábamos como cuadrículas unidad.

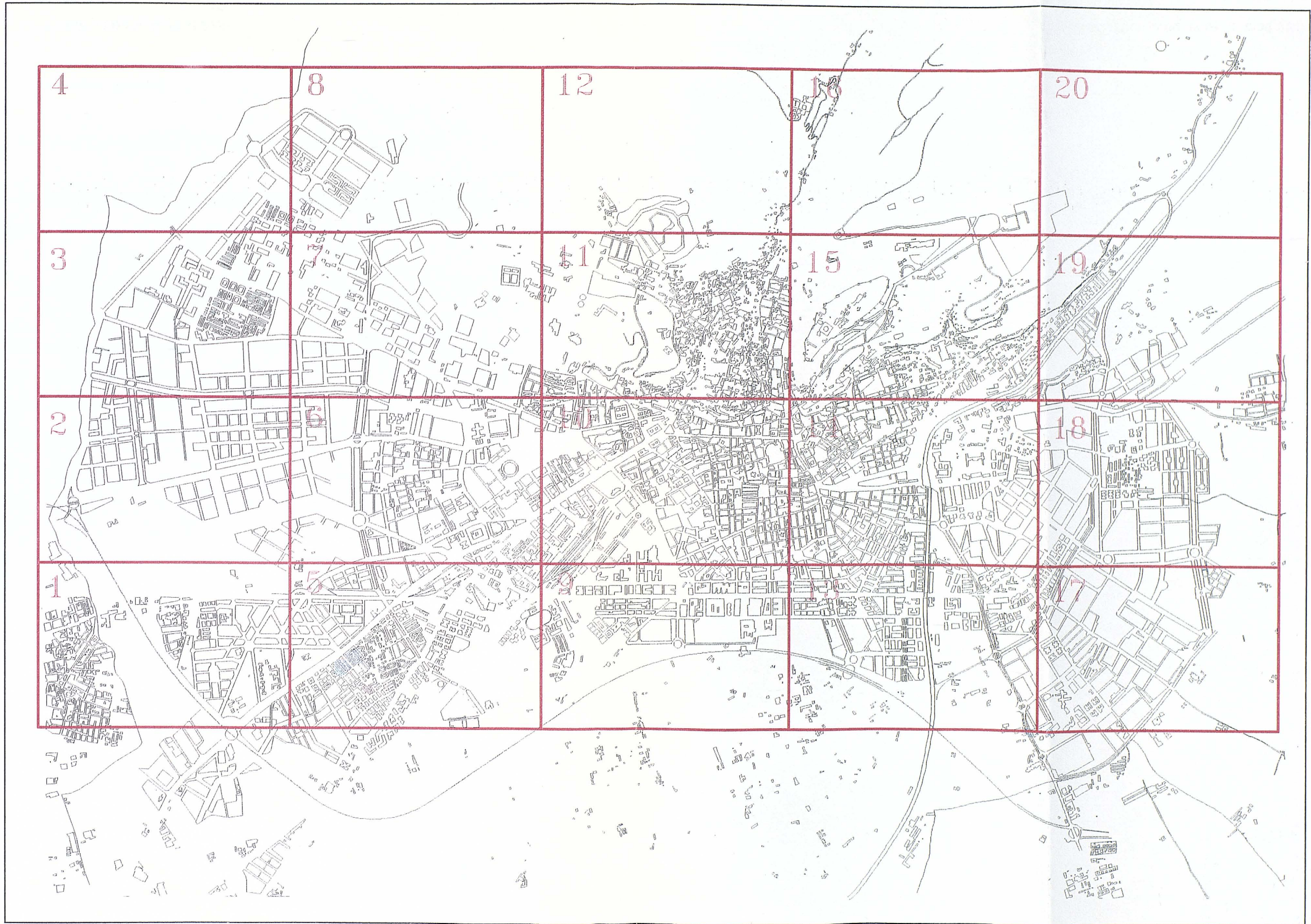
Para facilitar el manejo de dicho plano general, éste se subdividió a su vez en hojas, de tal modo que cada hoja contenía un número de seis cuadrículas unidad.

A la hora de seleccionar una de estas hojas y aplicar un tratamiento a la información contenida en las unidades básicas de información, elegimos arbitrariamente la hoja nº 14.

Esta hoja nº 14 se ha estudiado mediante tratamiento manual y automático. Los resultados se pueden comprobar en los mapas anteriormente adjuntados.

A continuación se representa la cuadrícula utilizada para el desarrollo de este apartado.





Distribución por cuadrículas.

PLANOS TOPOGRÁFICOS

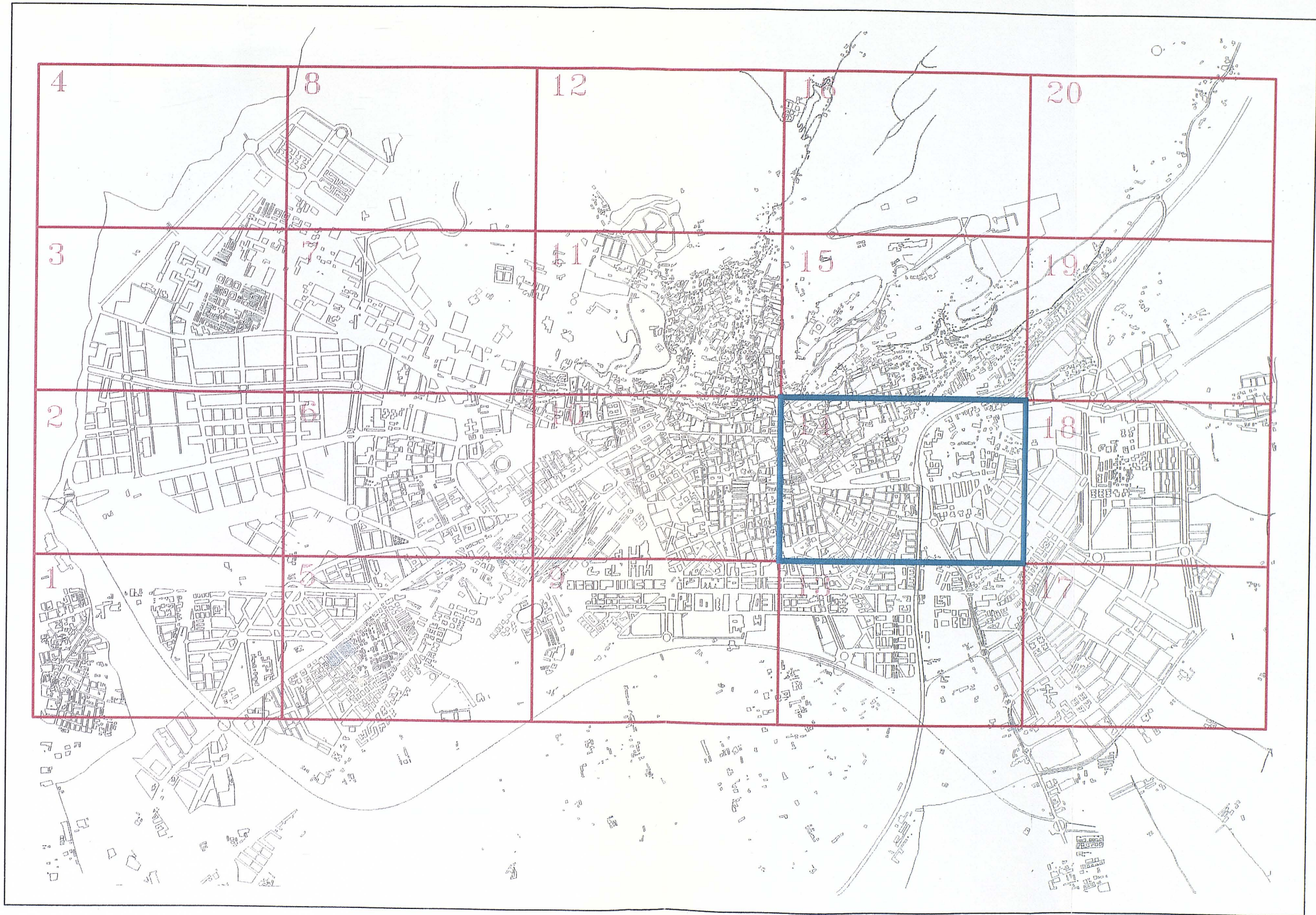
Topográfico general

Se ha construido a partir de 53 puntos topográficos de información.

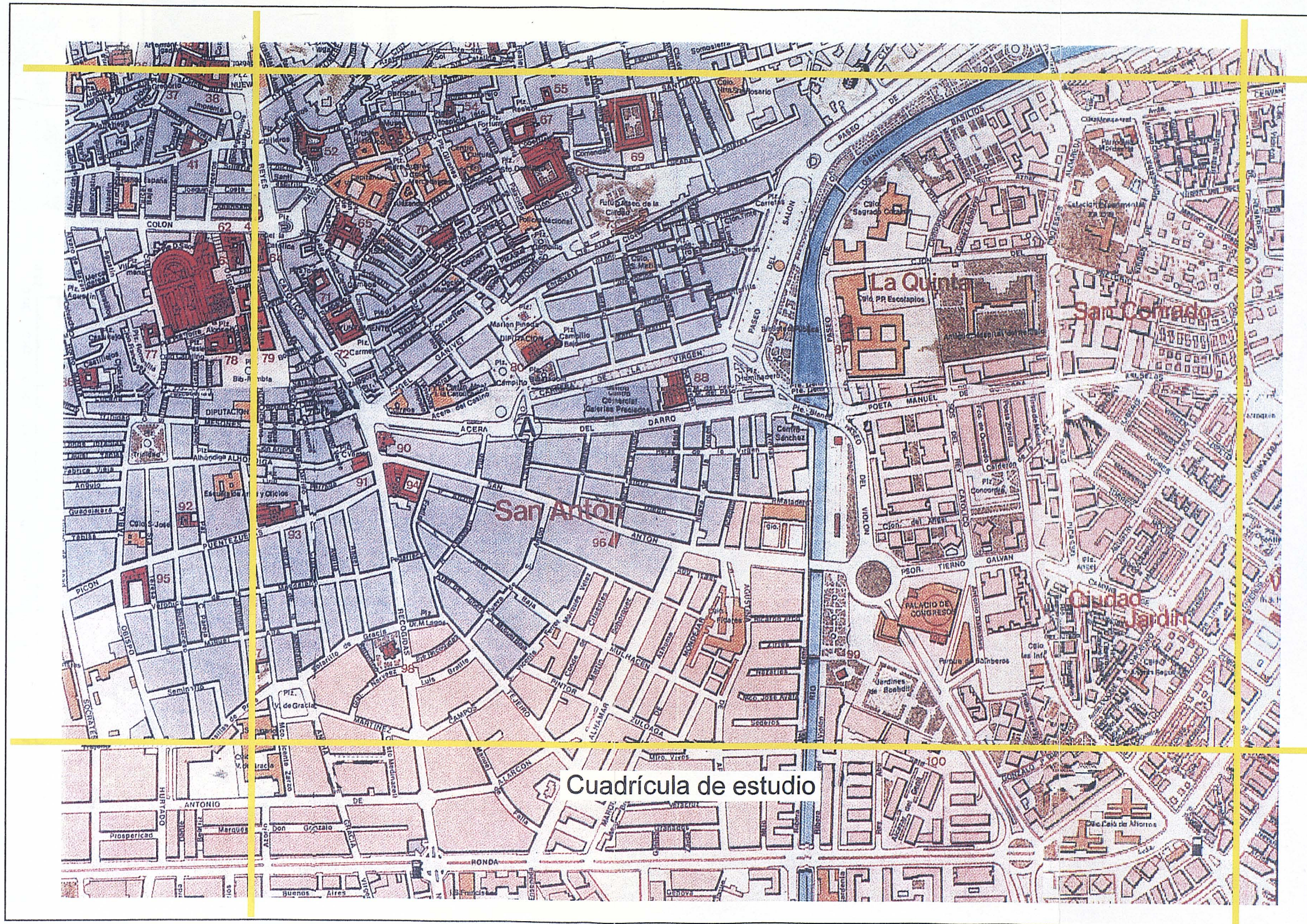
El método de extrapolación utilizado ha sido el de distancia inversa, con un radio de búsqueda de 5 pulgadas y extrapolando con los diez puntos más próximos.

El resultado obtenido es bastante satisfactorio.

A continuación presentamos, para el topográfico general, un plano en el que aparecen situados los puntos de topográficos de información, otro en el que se representan las curvas de nivel y posteriormente un bloque diagrama representando la superficie en tres dimensiones.



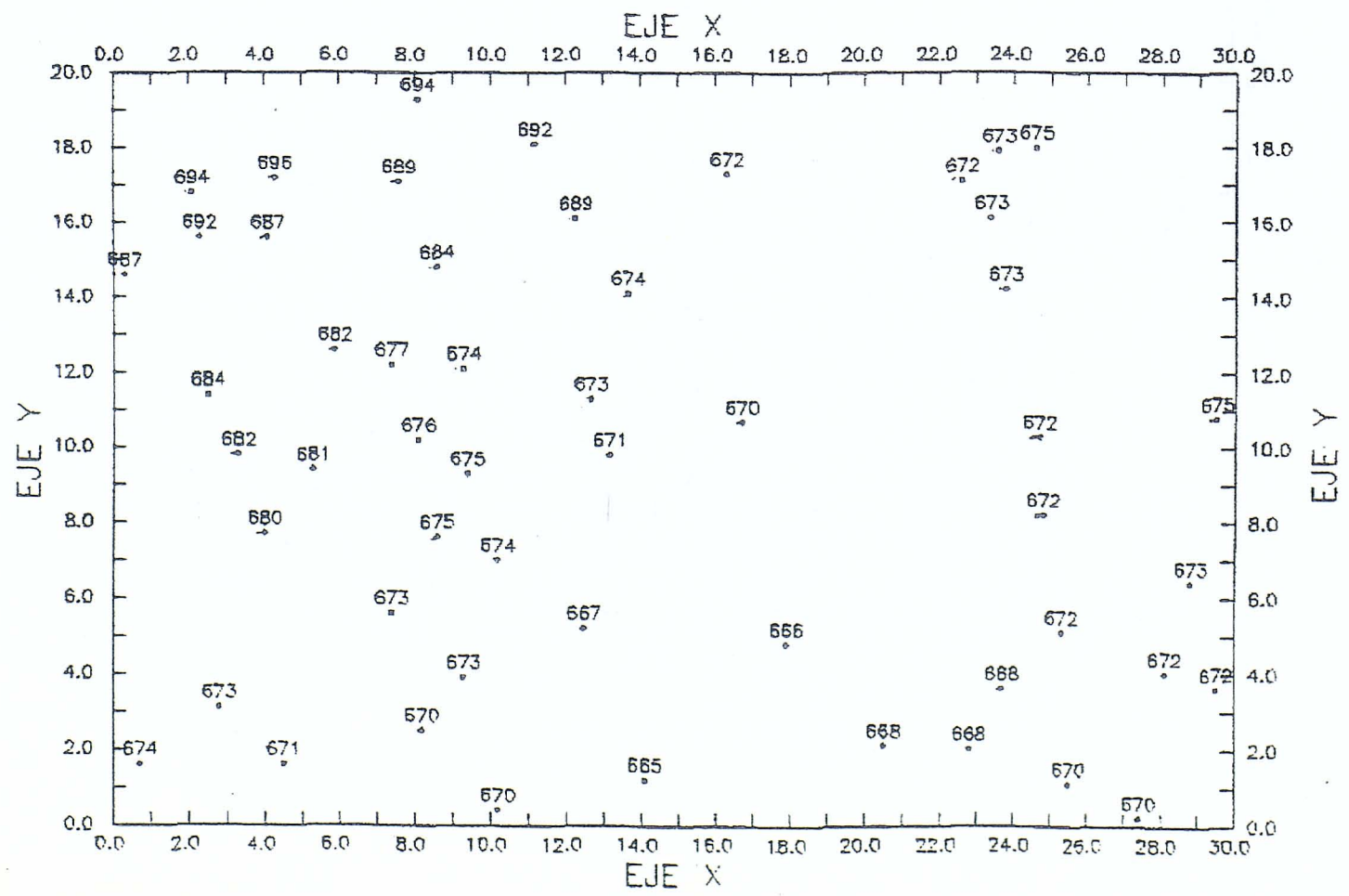
Ubicación de la Hoja N°14



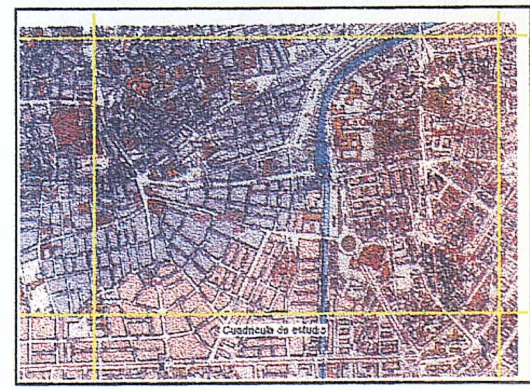
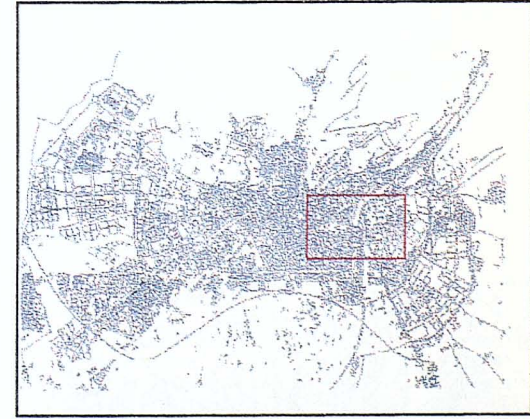
Detalle de la Hoja N°14



TOPOGRAFICO GENERAL



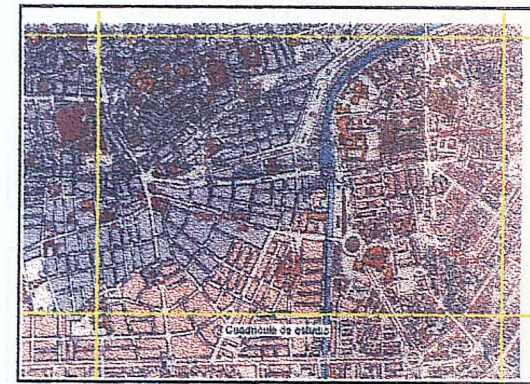
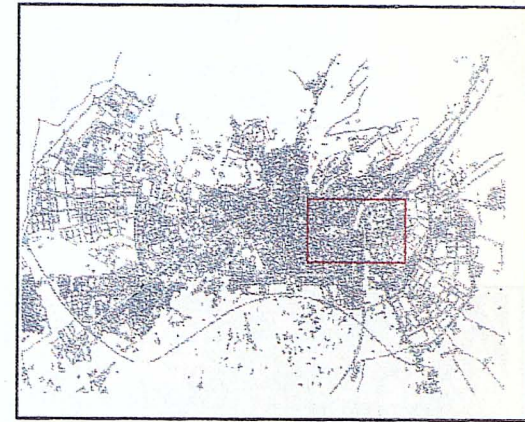
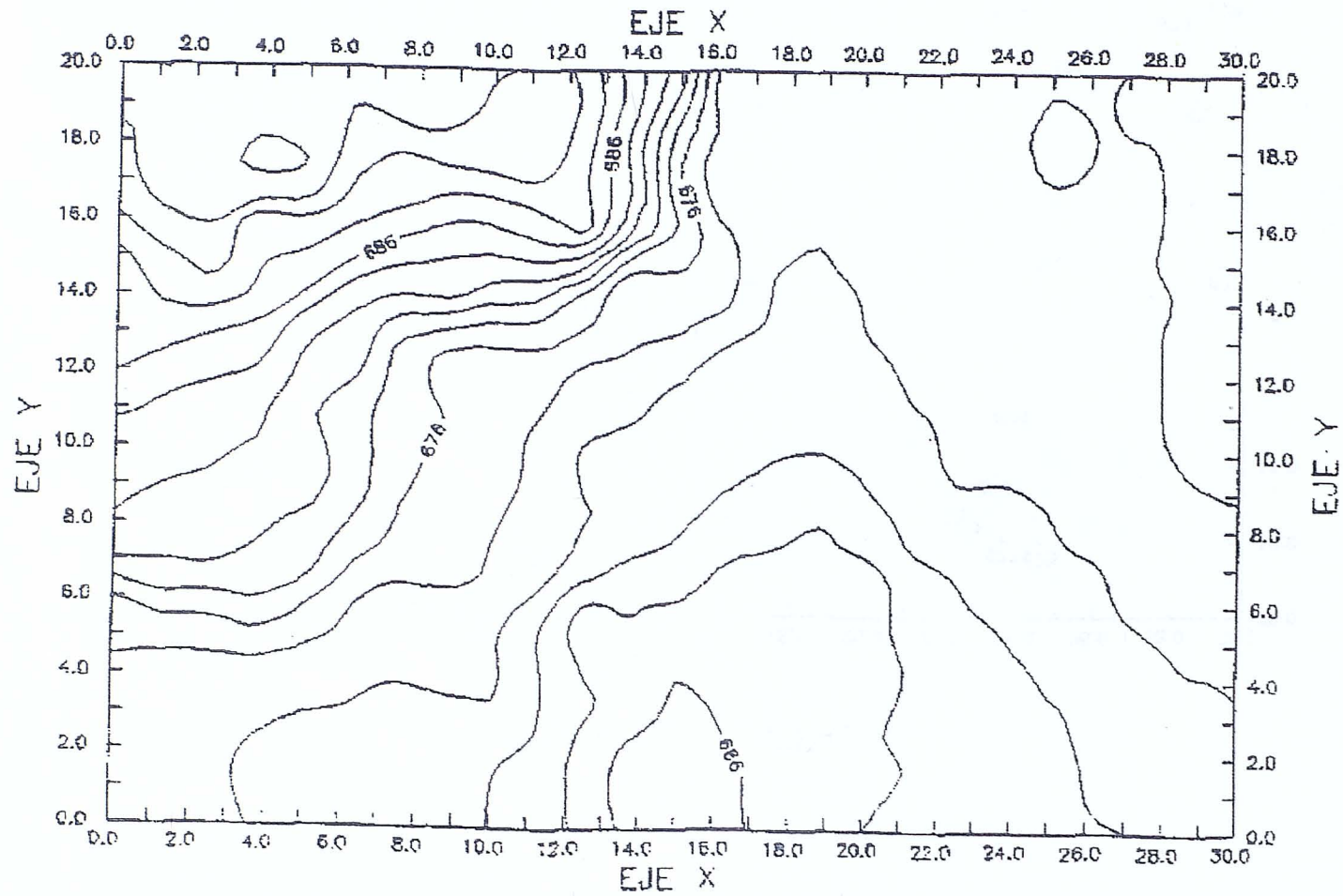
531



Croquis de Ubicación

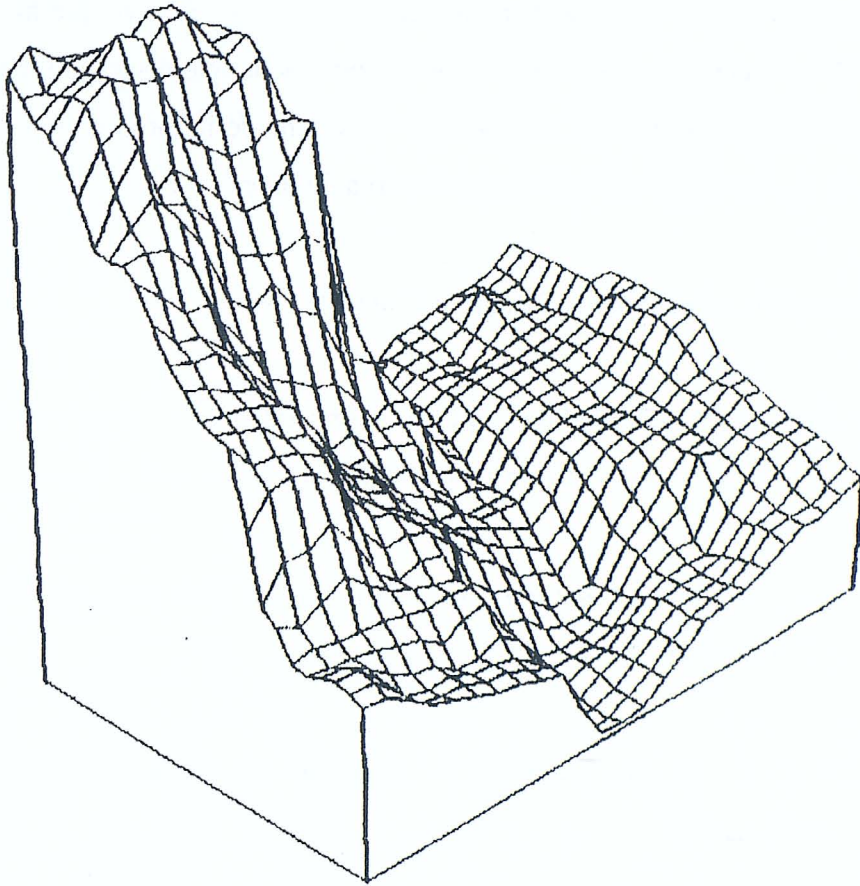


TOPOGRAFICO GENERAL



Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



TOPOGRAFICO GENERAL

Topográfico parcial:

Esta interpretación la hemos realizado partiendo de la base de suponer que una de las cuadrículas generales se encuentra vacía de información, por tanto trabajamos con 46 datos, repartidos en las restantes cuadrículas.

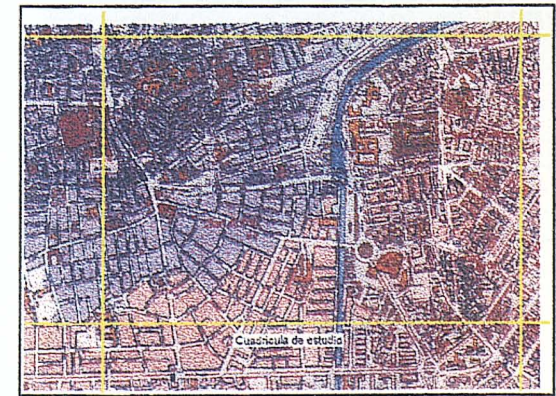
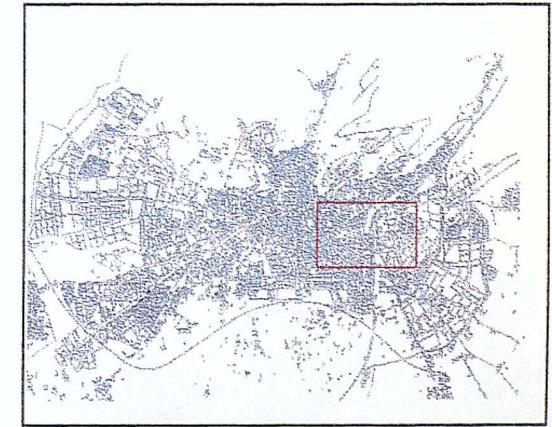
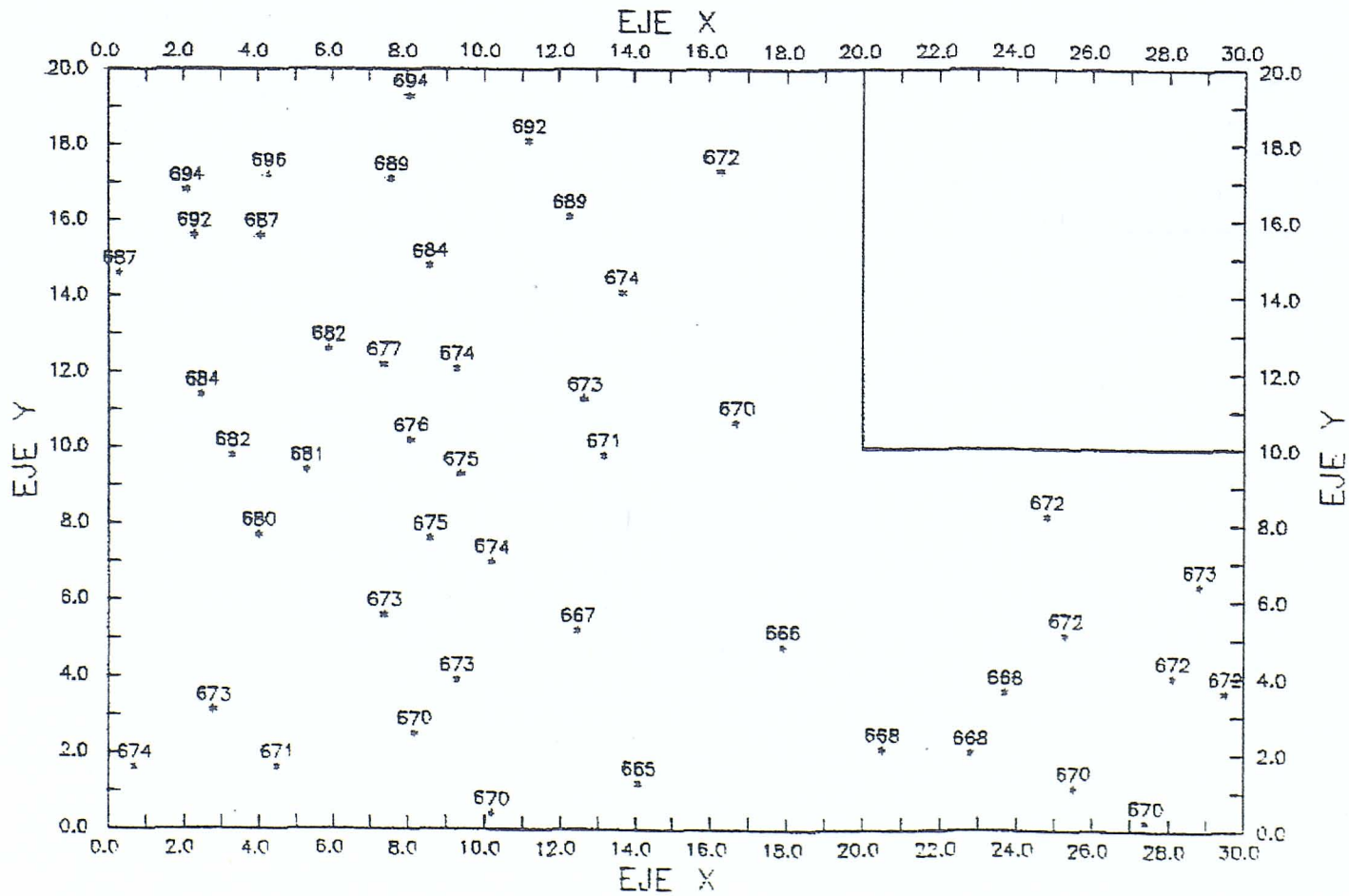
Los resultados obtenidos también ha sido satisfactorios ya que al extrapolar, el programa lo ha hecho exclusivamente con los puntos de que disponía y en el área llena de información, en cambio, en la cuadrícula vacía no se ha producido extrapolación y por tanto no parecen representada ninguna curva de nivel.

Topográfico parcial 1 y 2 (dato anómalo)

Partiendo de la totalidad de la información existente (53 puntos de información), hemos incluido un dato aberrante en posiciones distintas de cada plano:

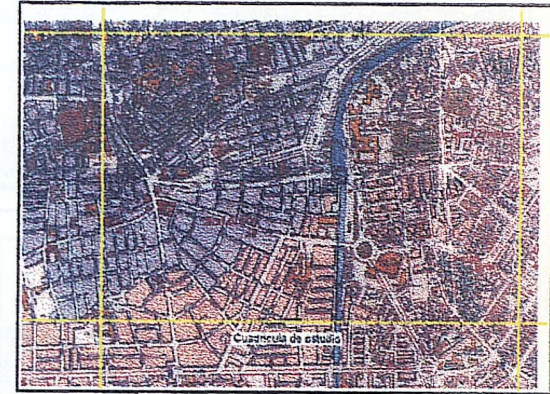
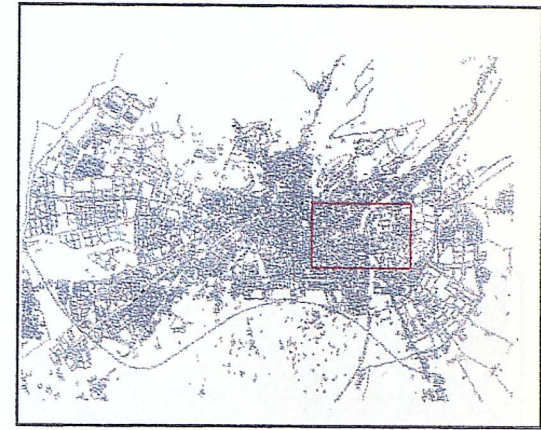
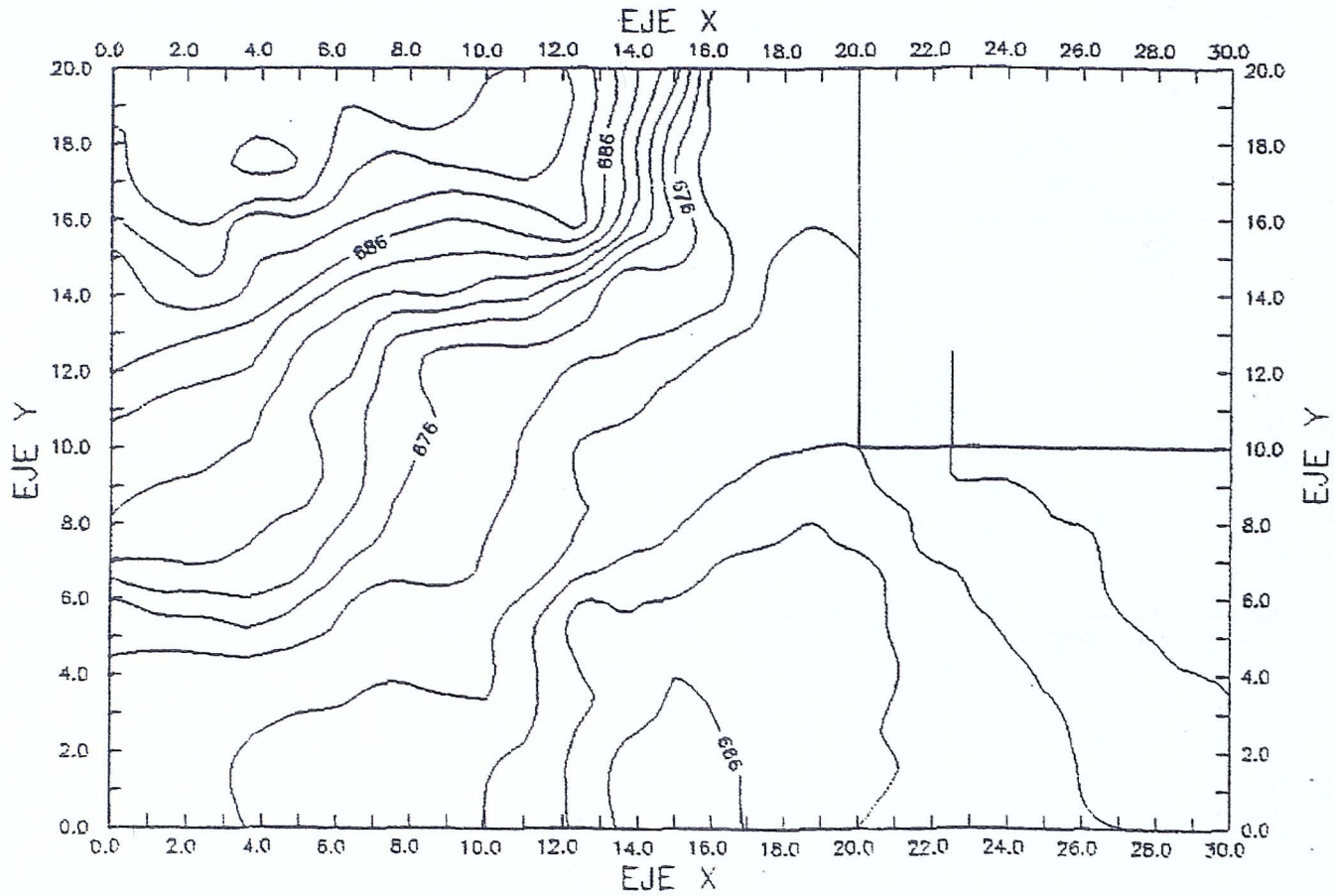
- Plano 1: El dato anómalo está situado en una zona en la cual la densidad de información es baja.
- Plano 2: El dato anómalo se sitúa en una zona con alta densidad de información.

TOPOGRAFICO PARCIAL 1



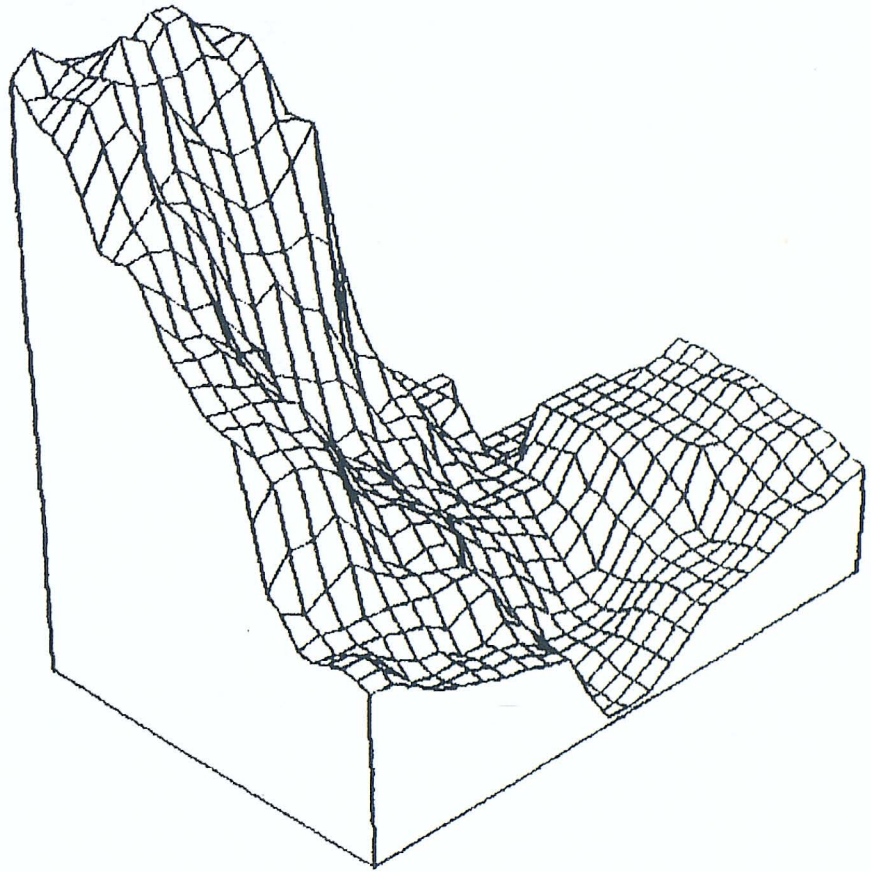
Croquis de Ubicación

TOPOGRAFICO PARCIAL 1



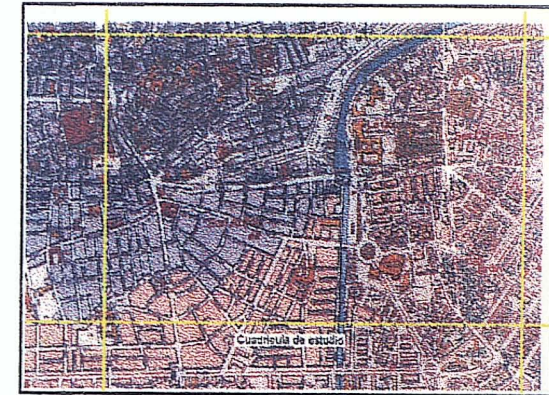
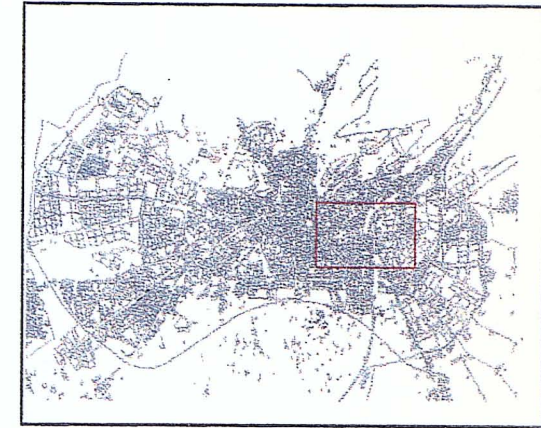
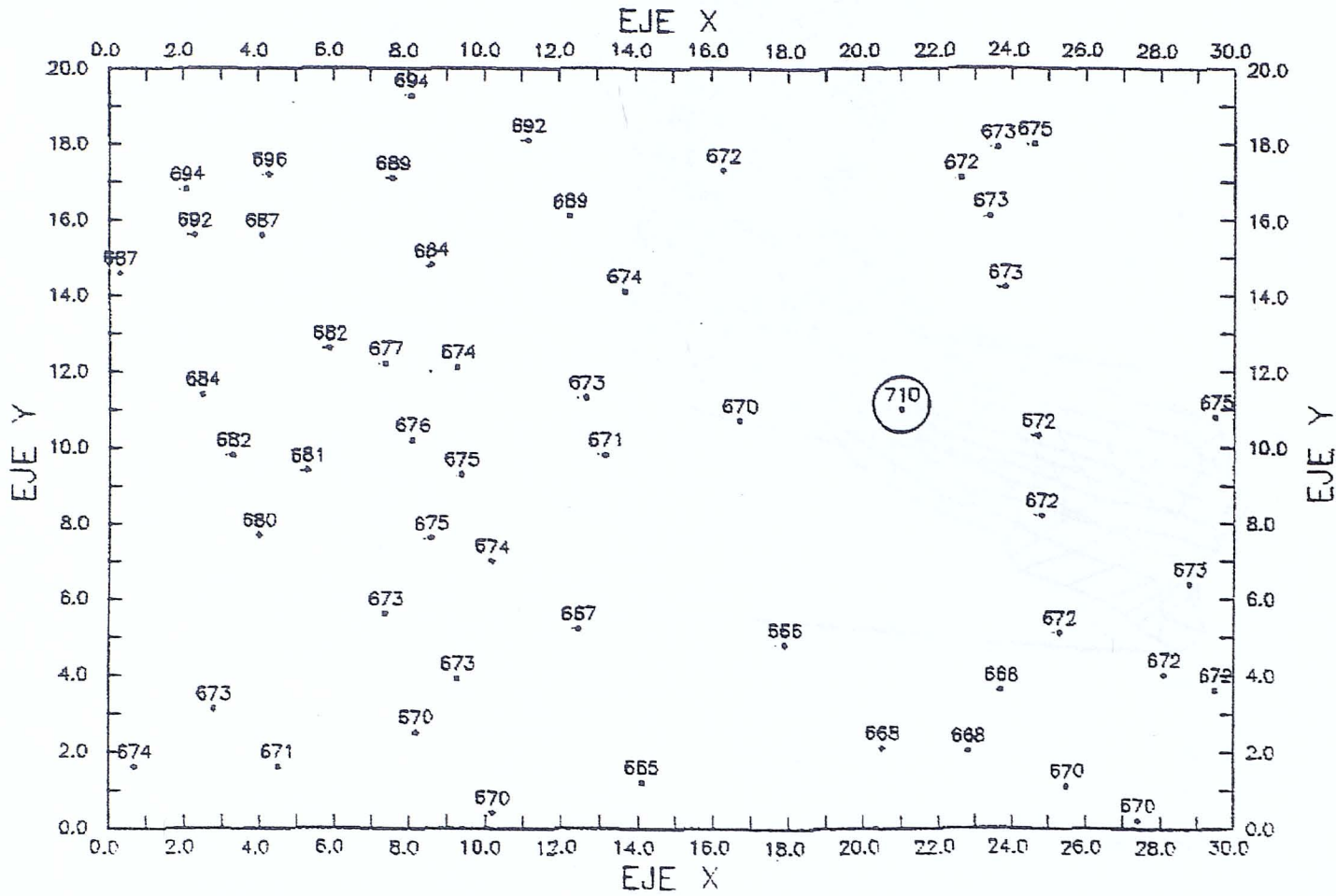
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



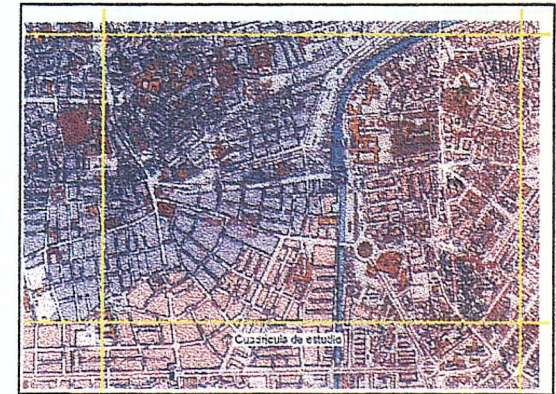
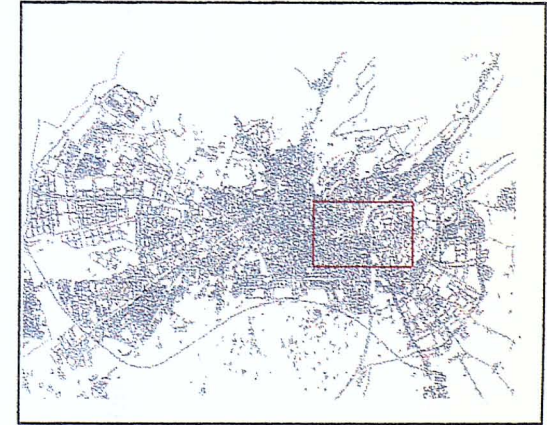
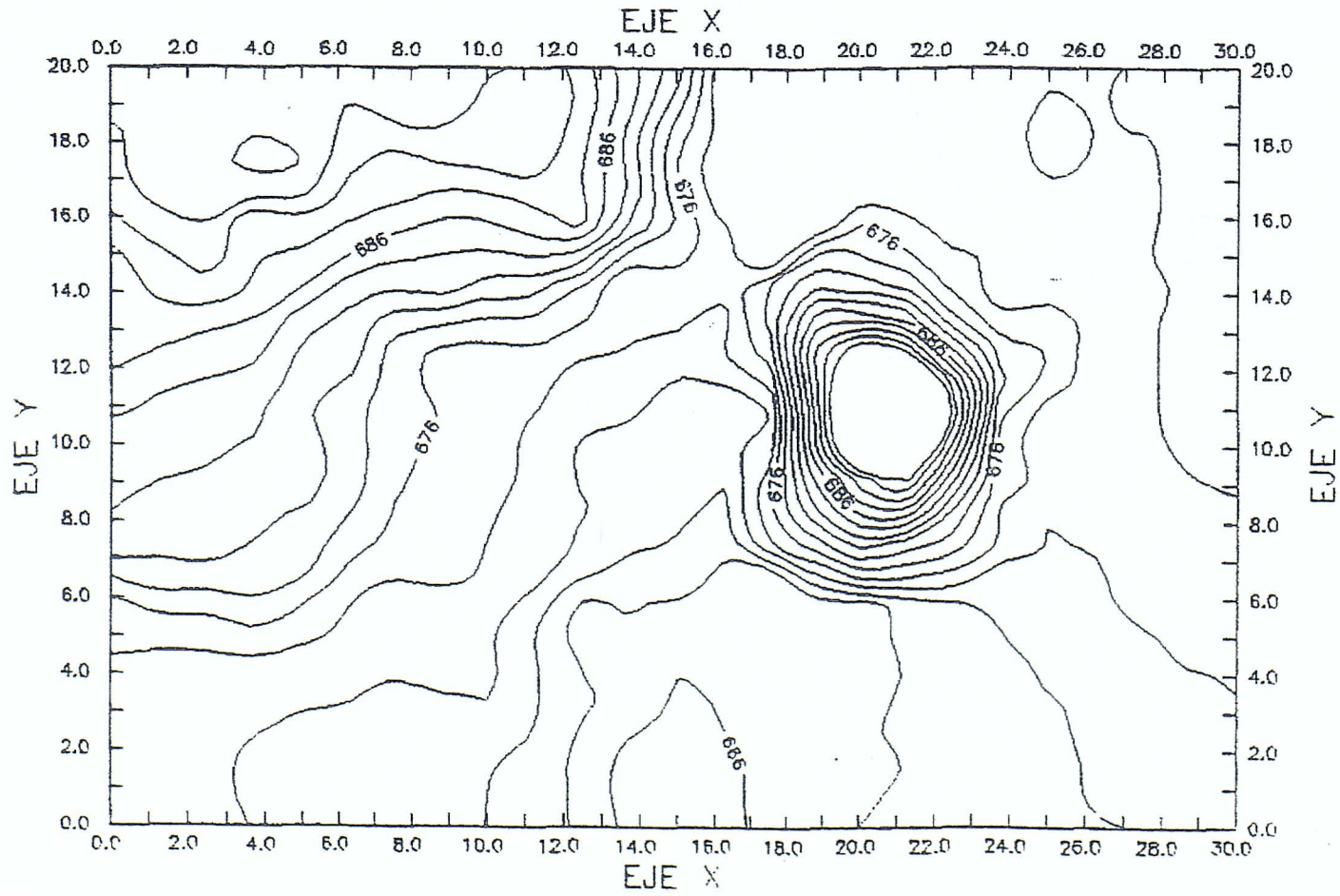
TOPOGRAFICO PARCIAL 1

TOPOGRAFICO PARCIAL 2 (DATO ANOMALO)



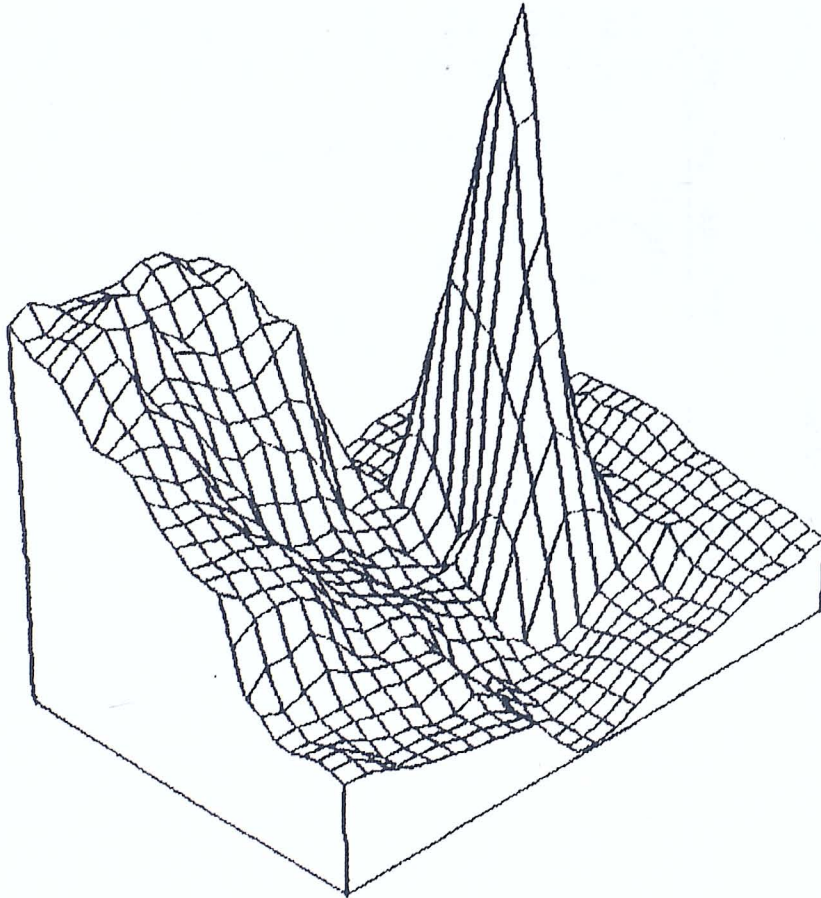
Croquis de Ubicación

TOPOGRAFICO PARCIAL 2 (DATO ANOMALO)



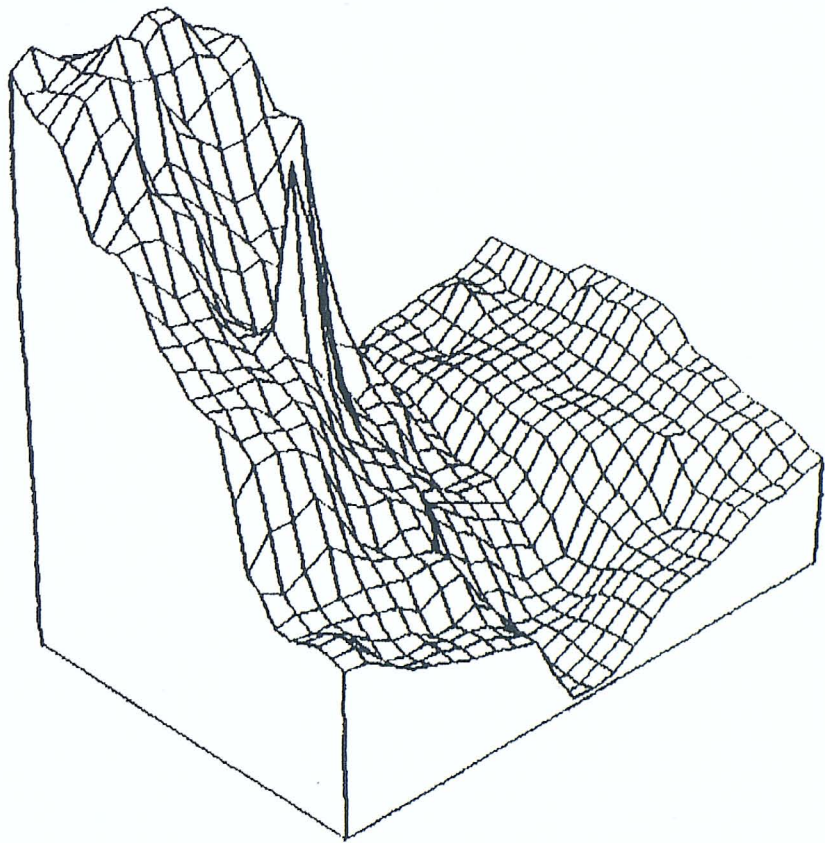
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



TOPOGRAFICO PARCIAL 2 (DATO ANOMALO)

Representación Tridimensional

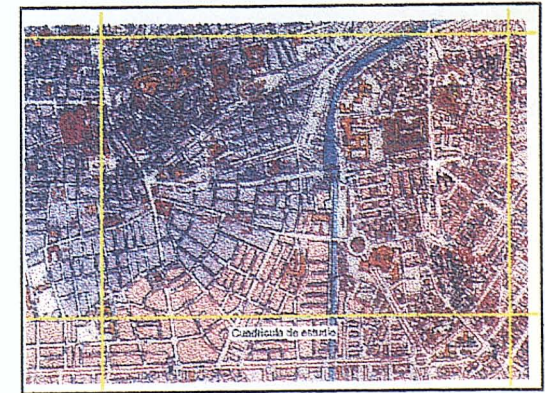
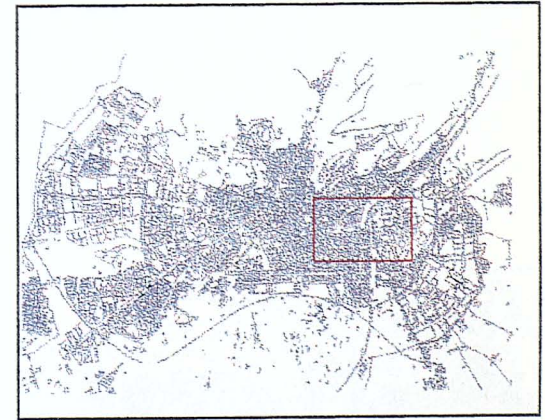
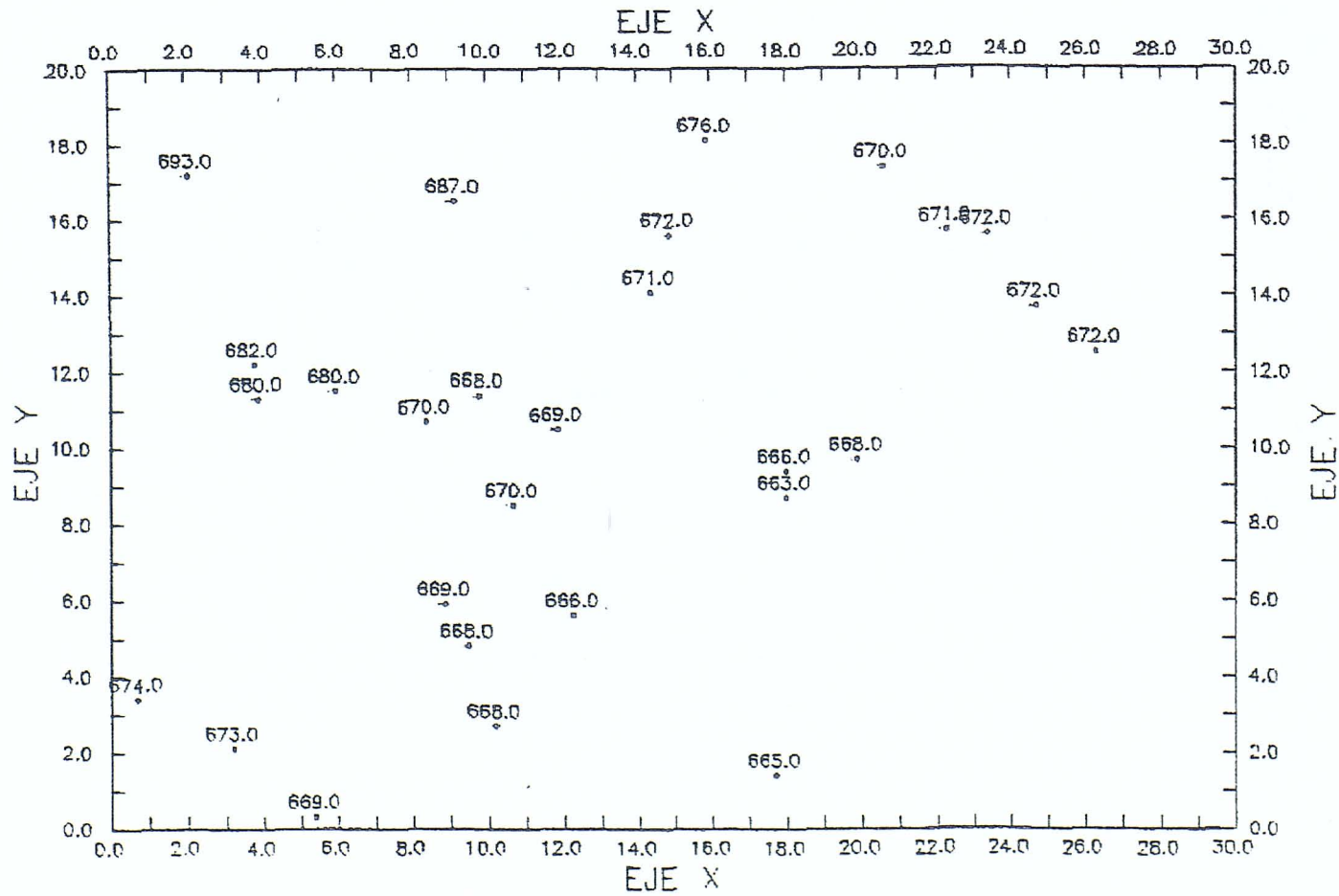


TOPOGRAFICO PARCIAL 3 (DATO ANOMALO)

El tratamiento seguido para los puntos topográficos de información, es idéntico al que aparece a continuación para las unidades básicas de información.

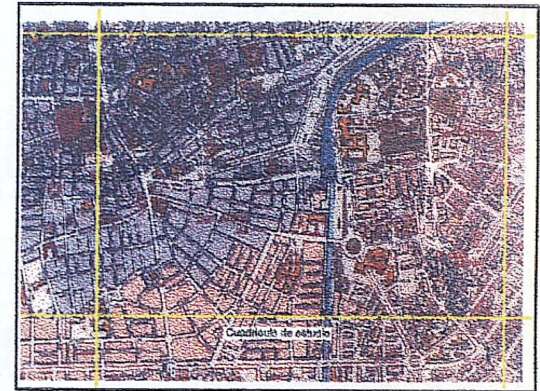
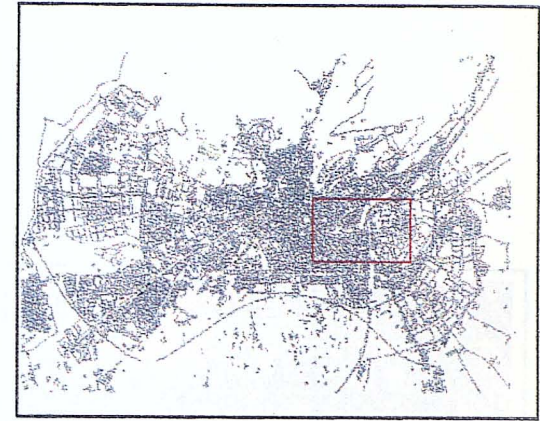
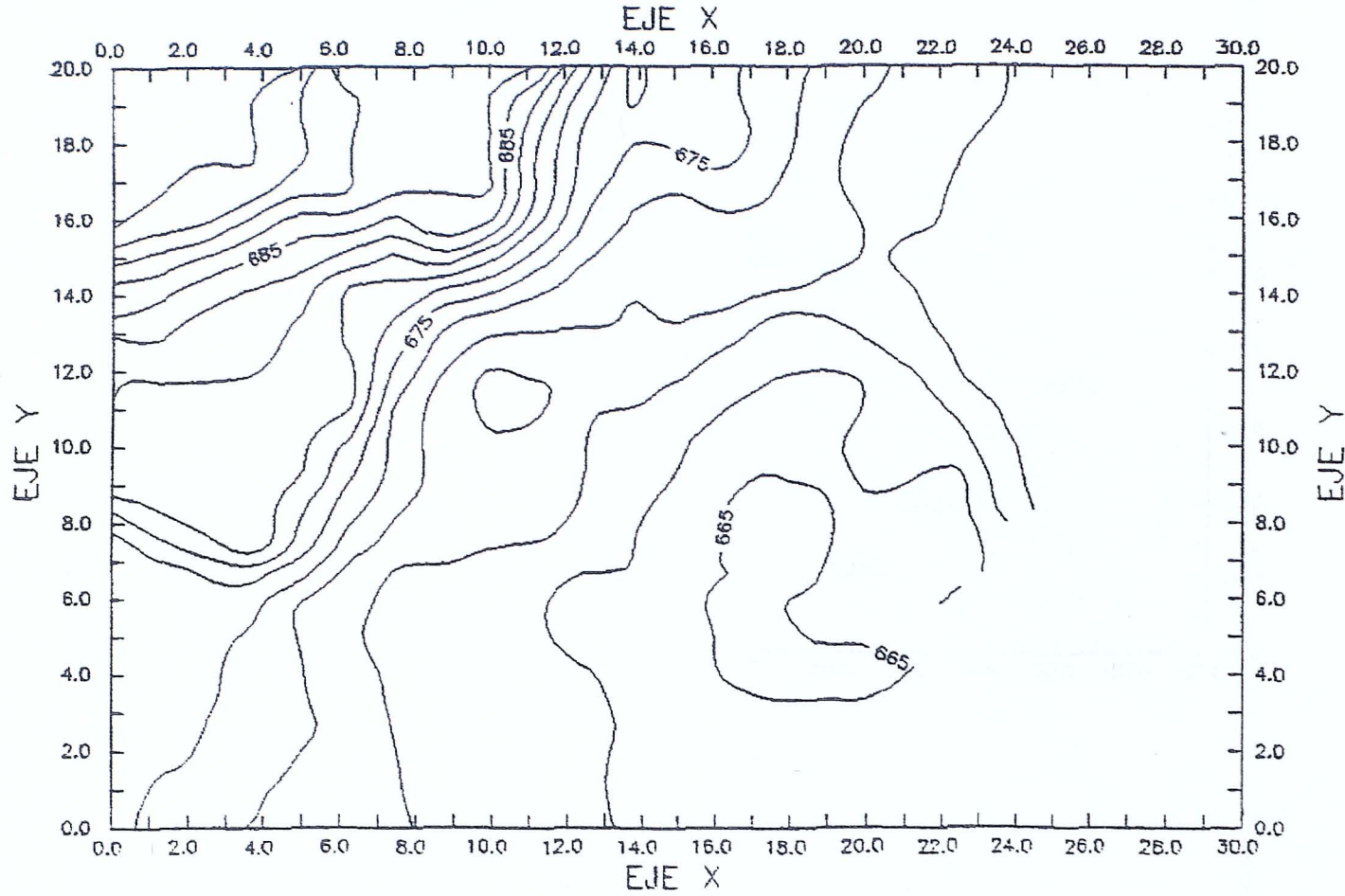
Los parámetros que se estudian son muro de Relleno y techo de Material Granular.

MURO DE RELLENO F1



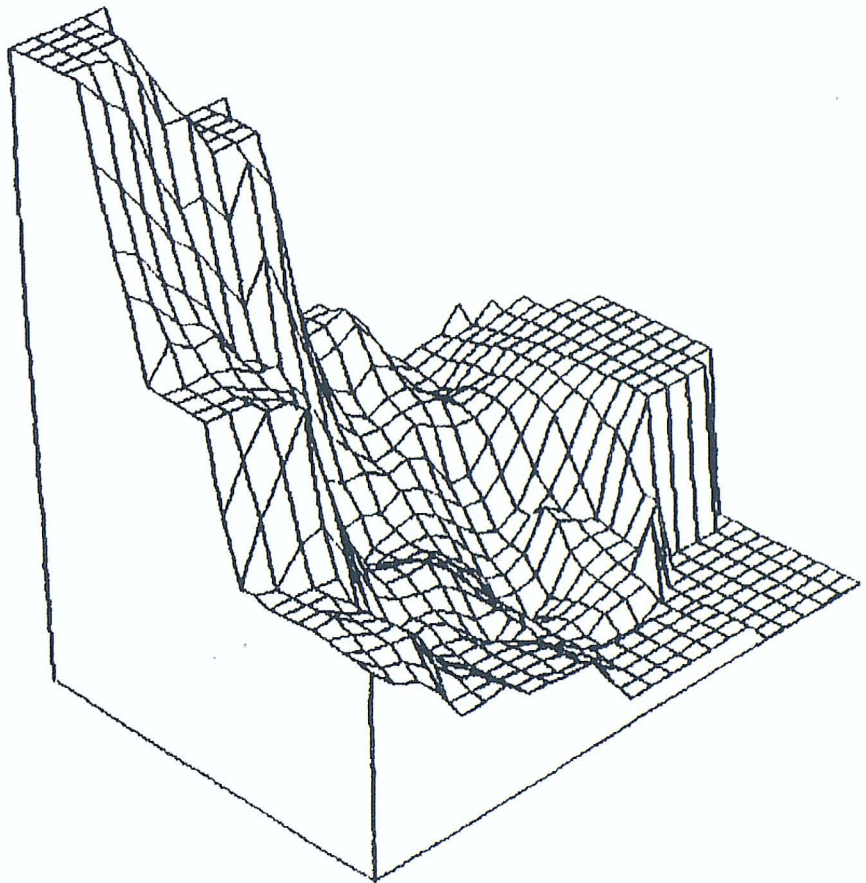
Croquis de Ubicación

MURO DE RELLENO F1



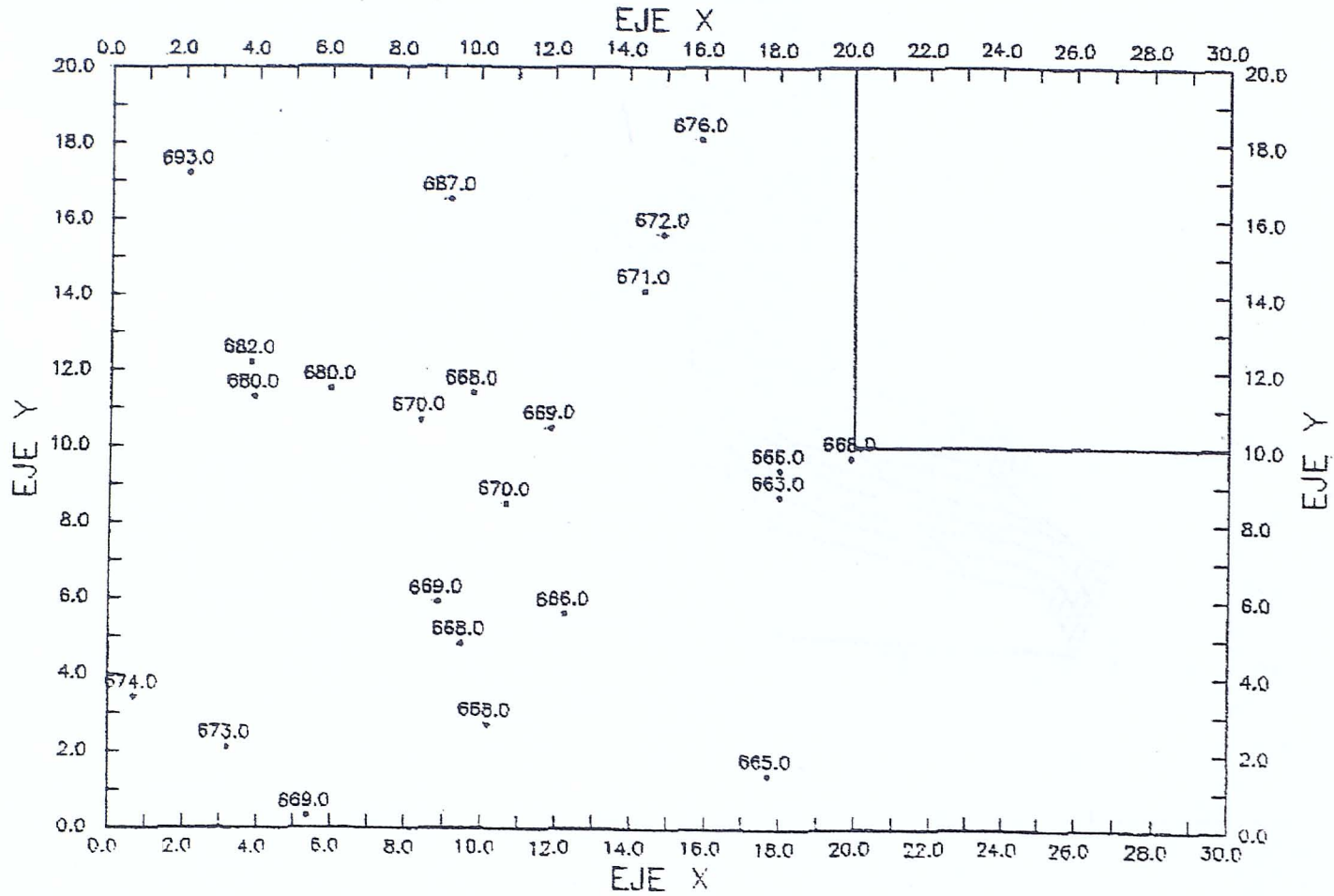
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional

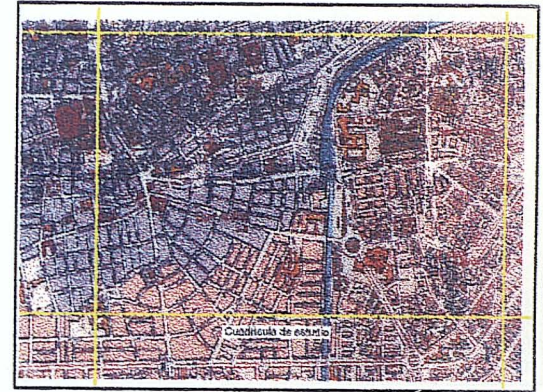
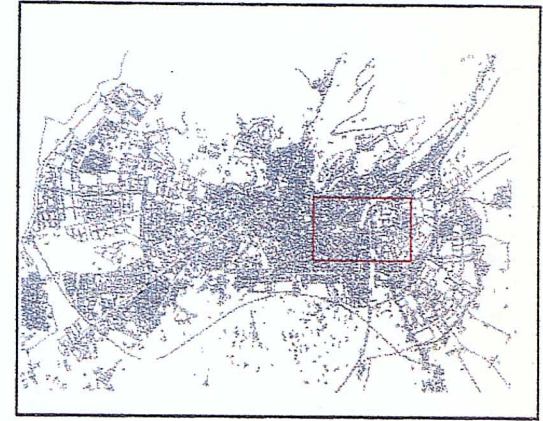


MURO DE RELLENO F1

MURO DE RELLENO F1 PARCIAL

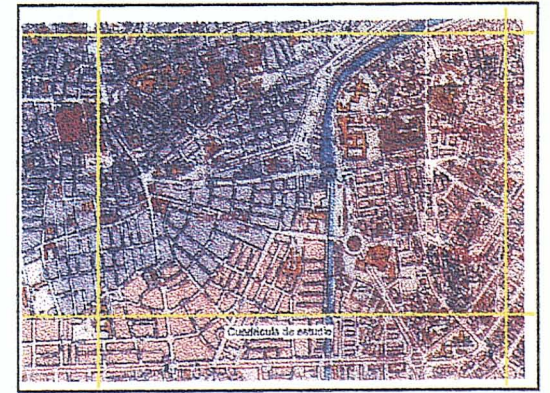
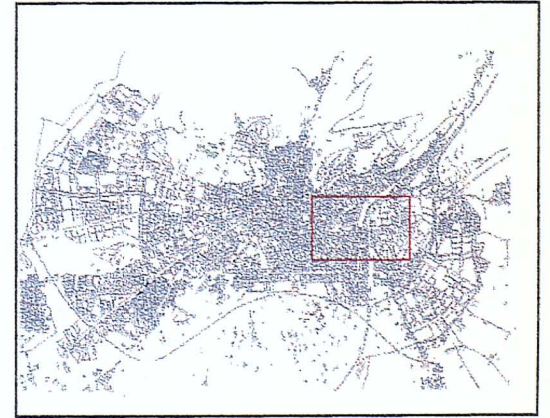
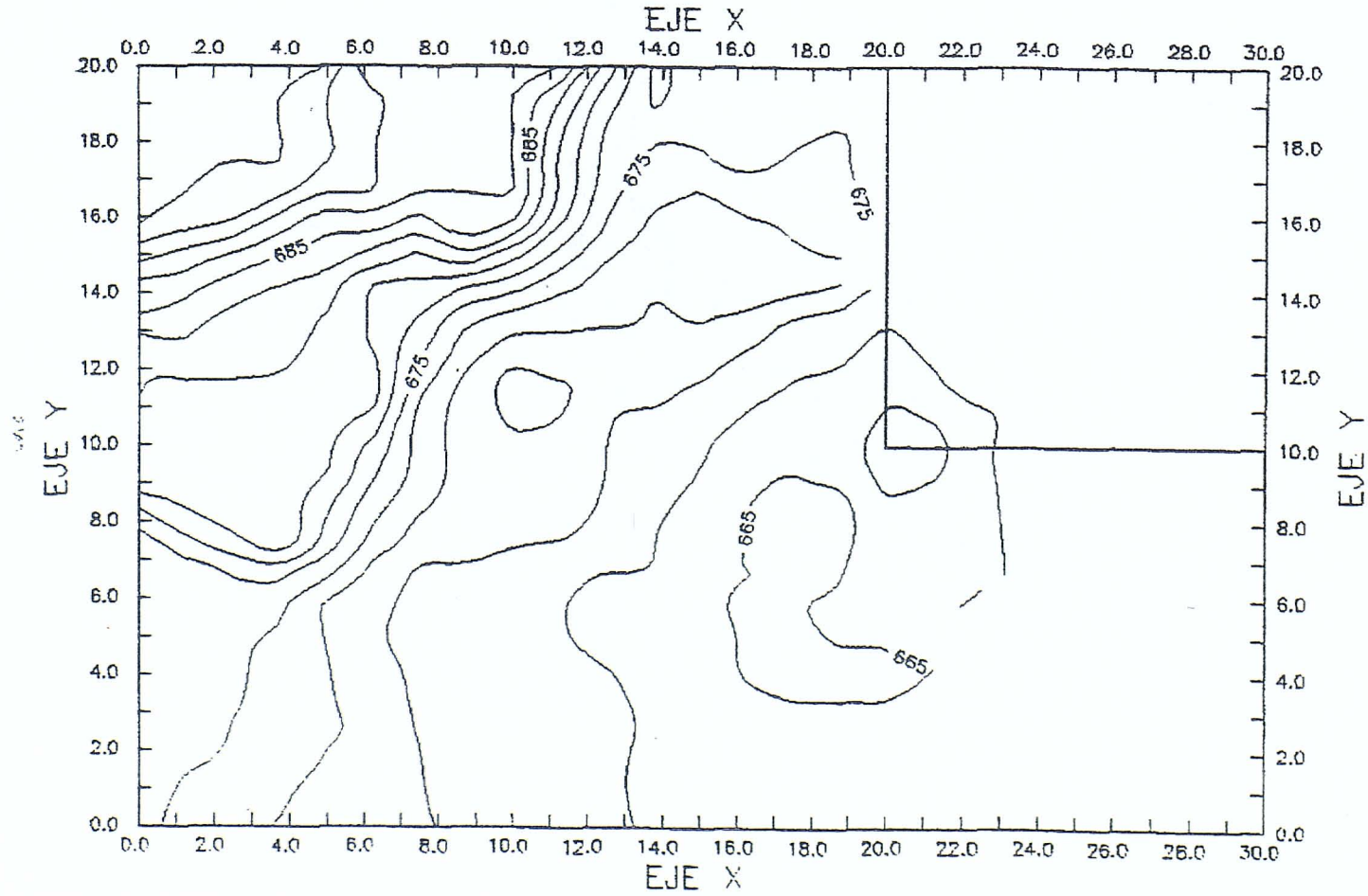


548



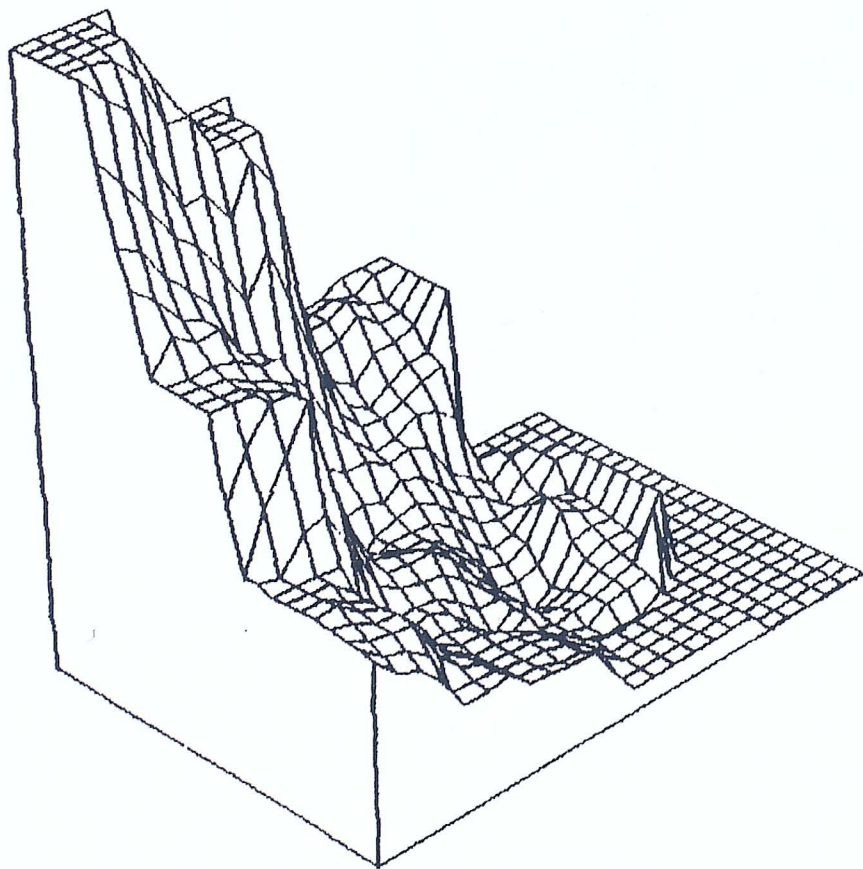
Croquis de Ubicación

MURO DE RELLENO F1 PARCIAL



Croquis de Ubicación

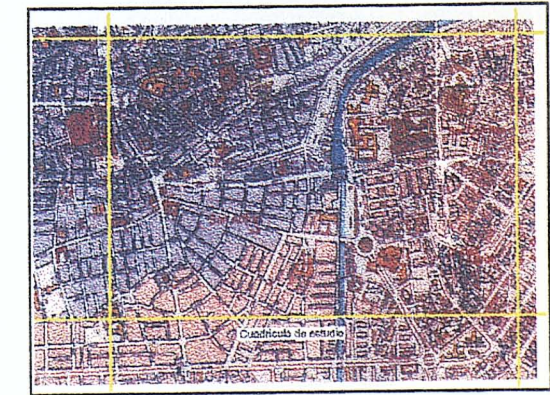
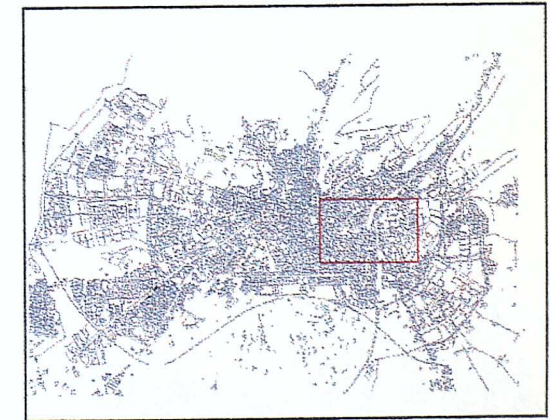
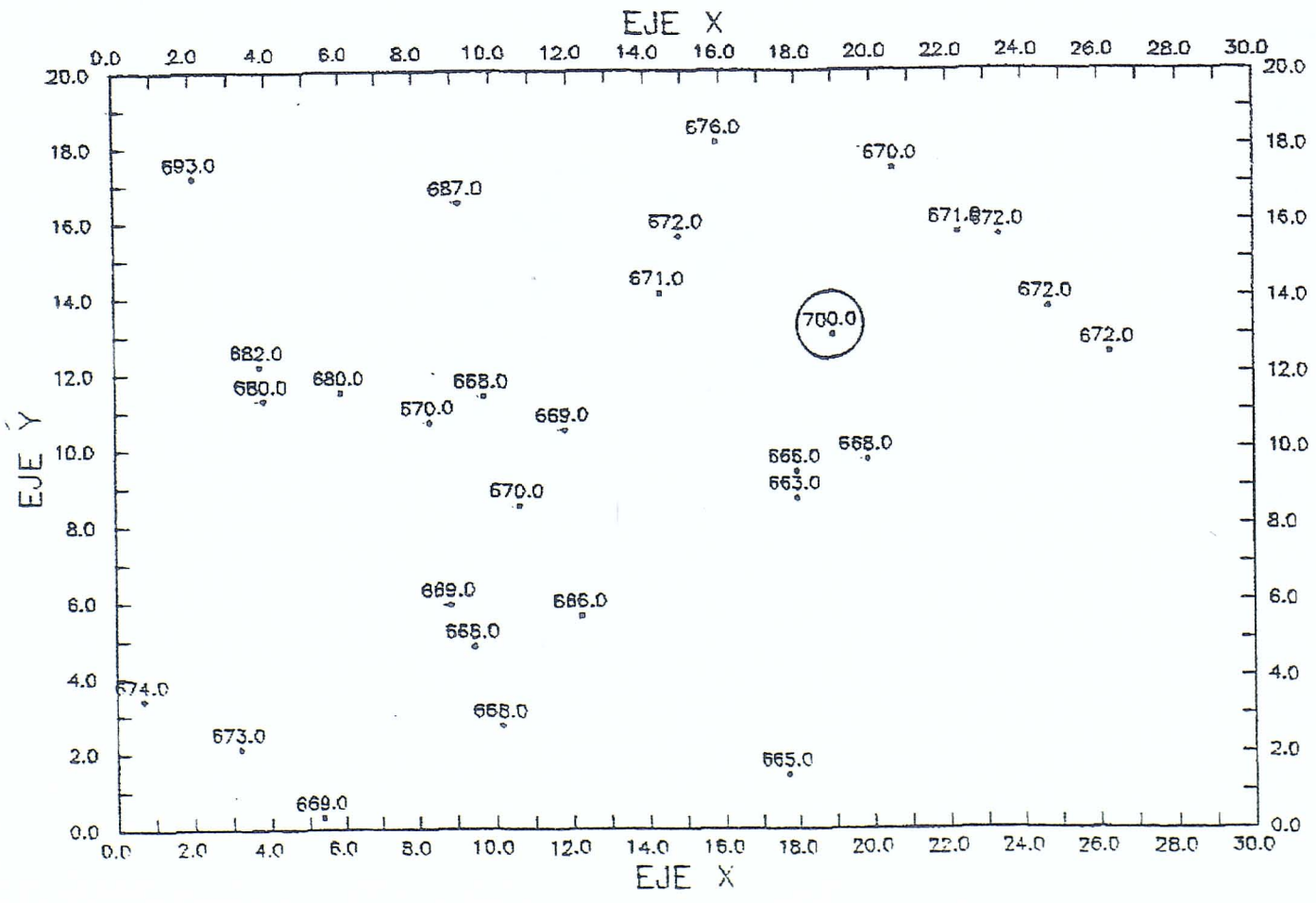
Representación Tridimensional



MURO DE RELLENO F1 PARCIAL

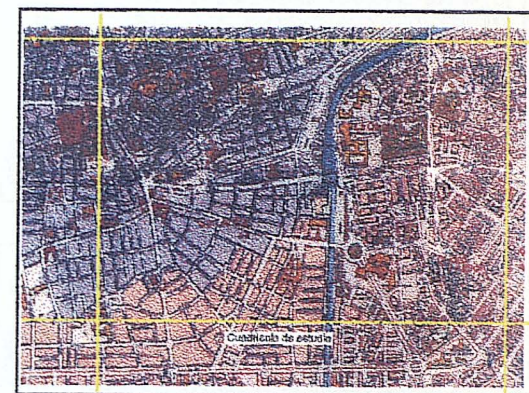
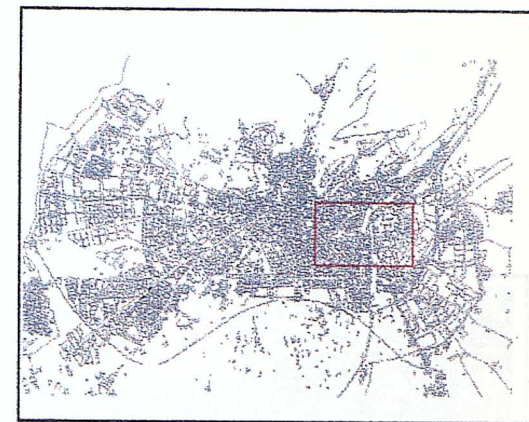
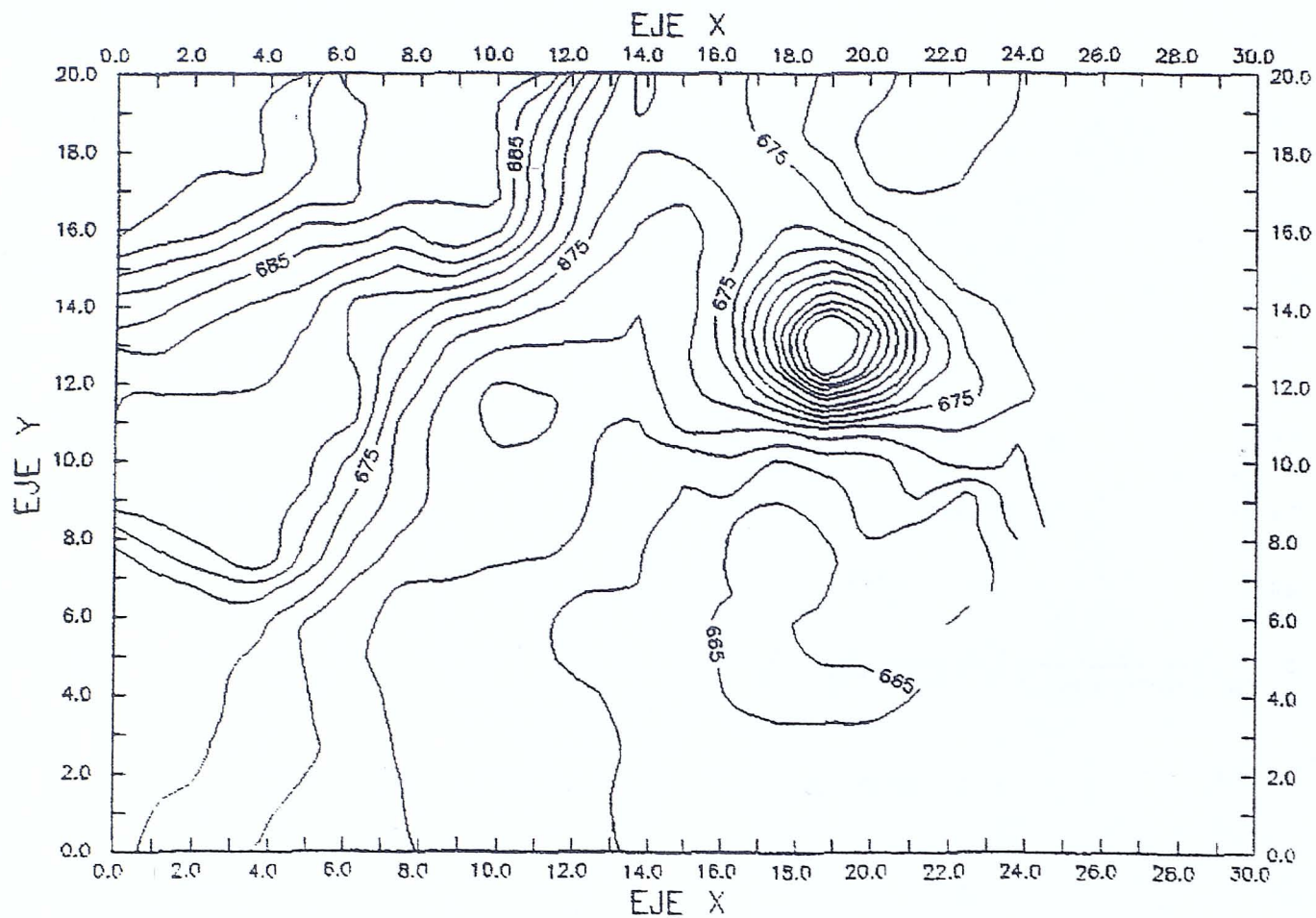
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 1

551



Croquis de Ubicación

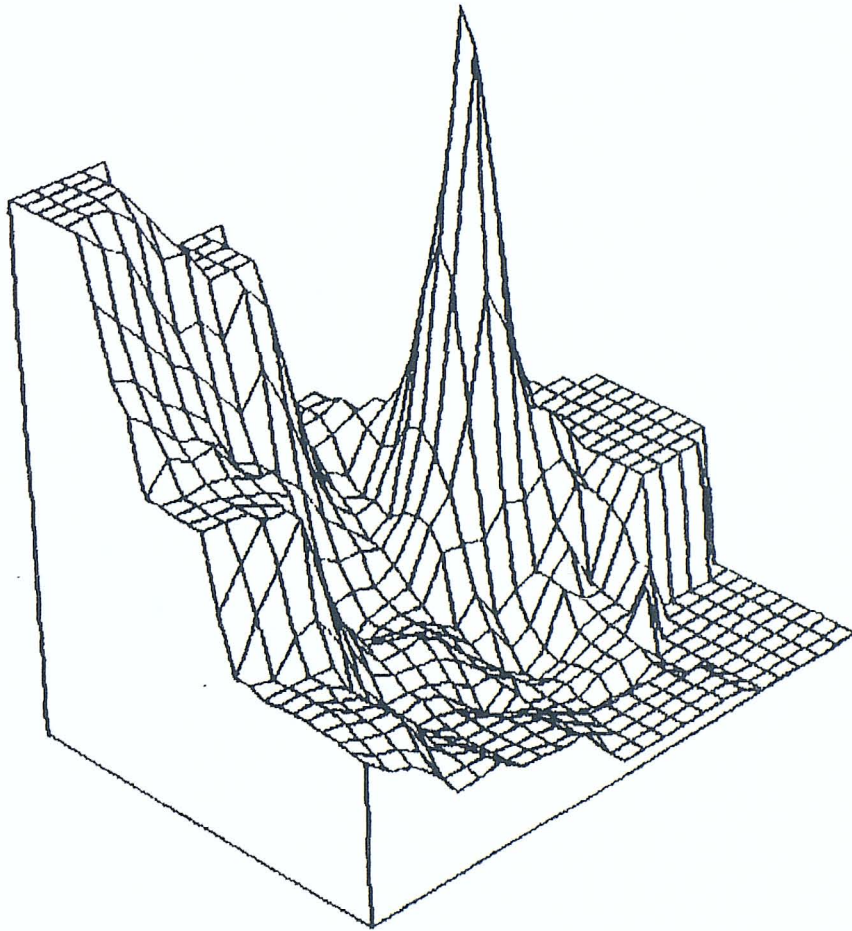
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 1



Croquis de Ubicación

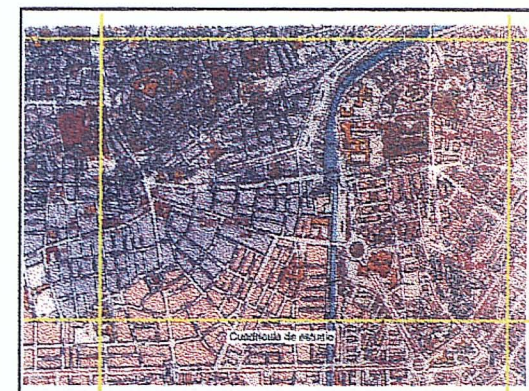
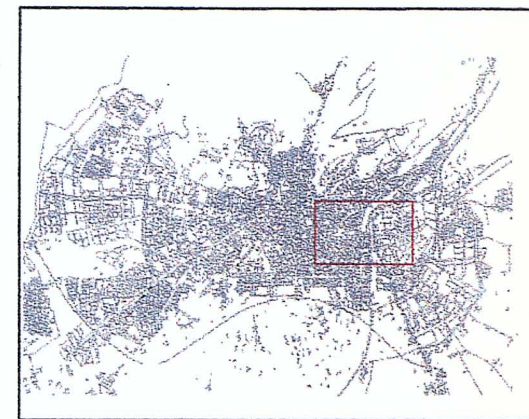
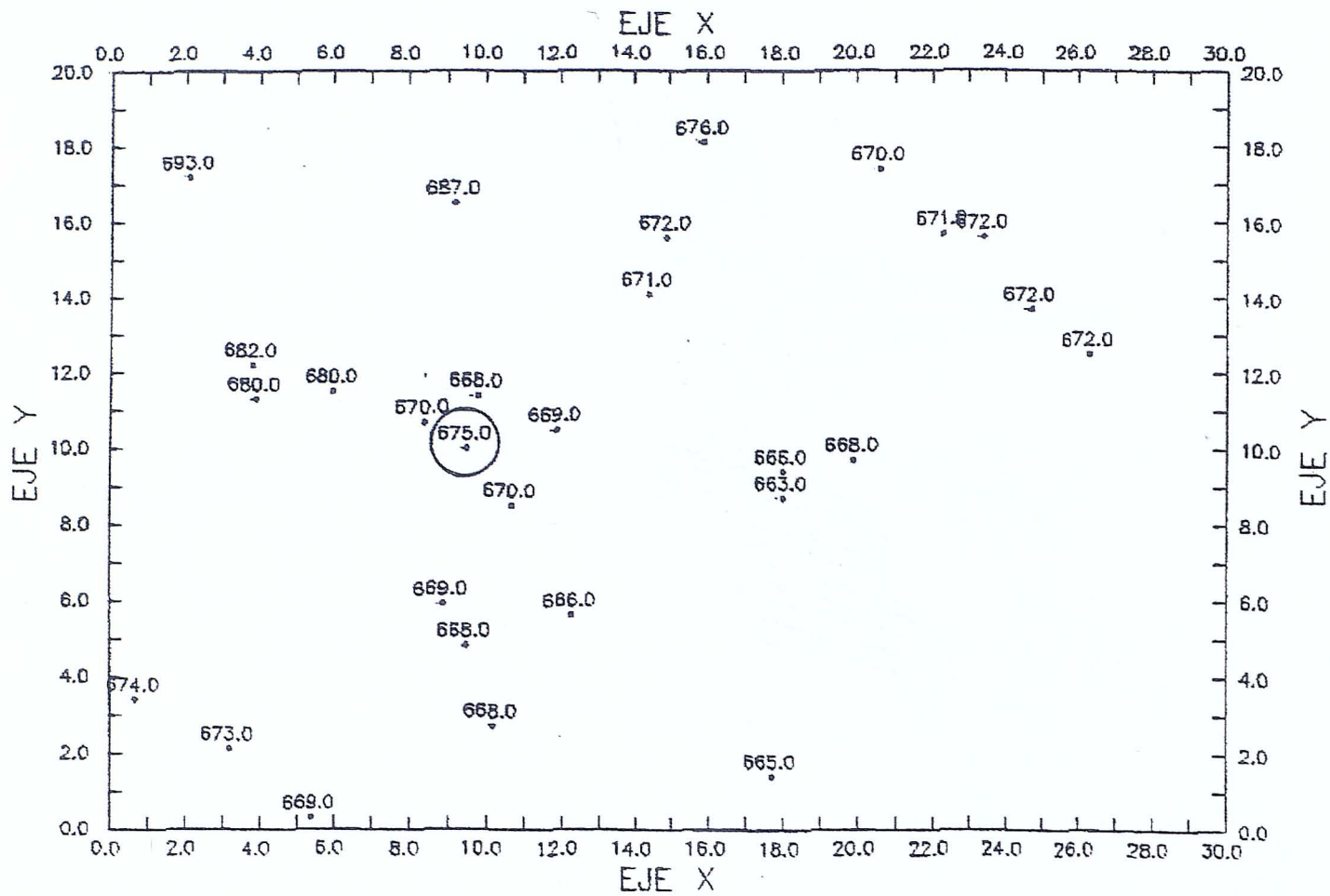
552

Representación Tridimensional



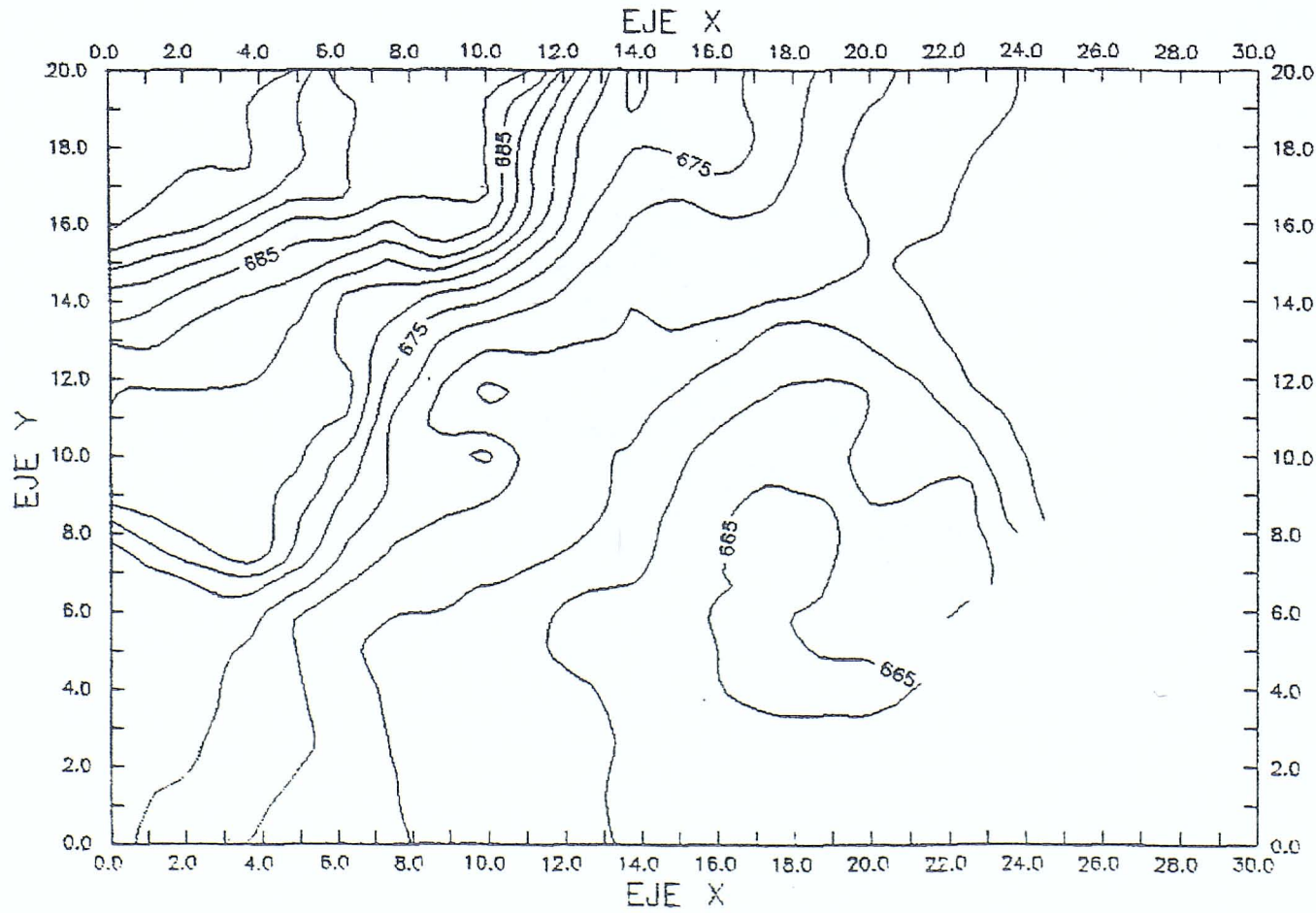
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 1

MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 2

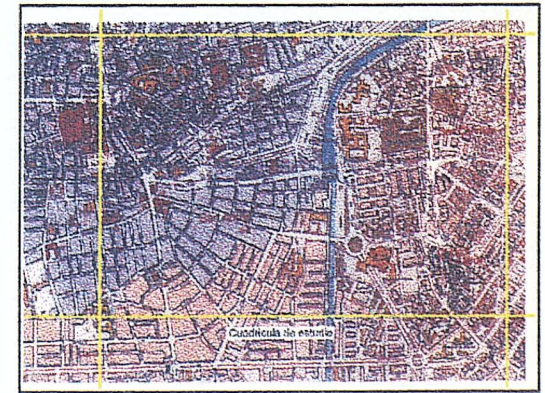
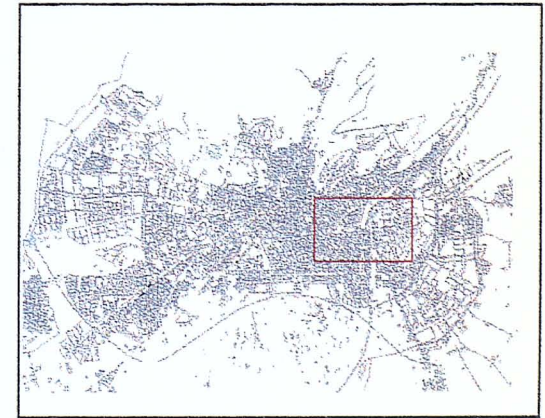


Croquis de Ubicación

MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 2

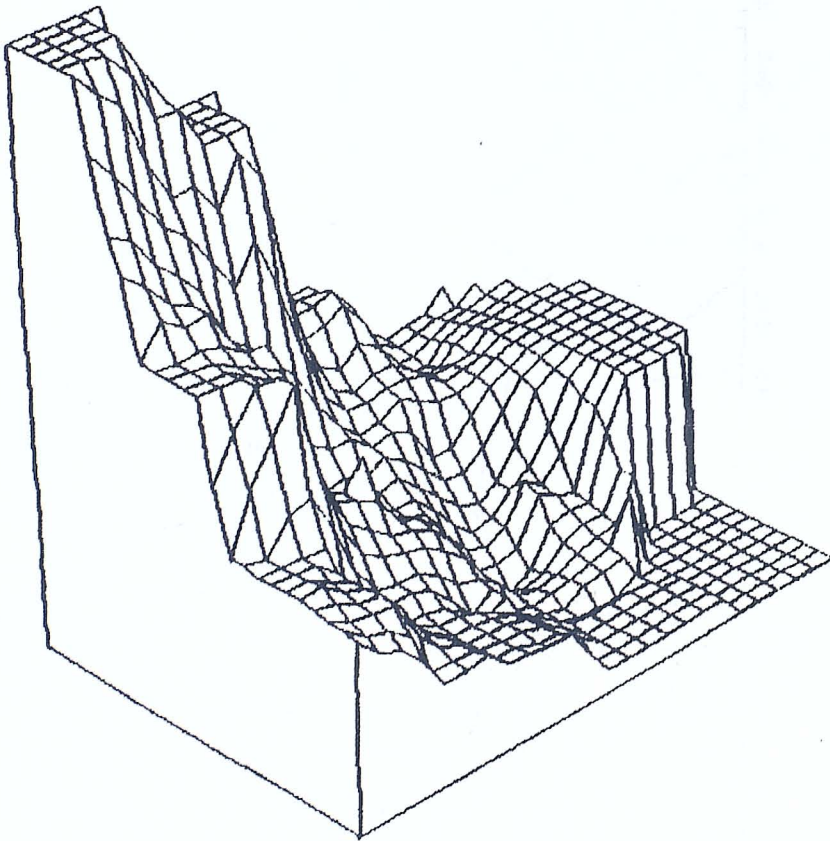


555



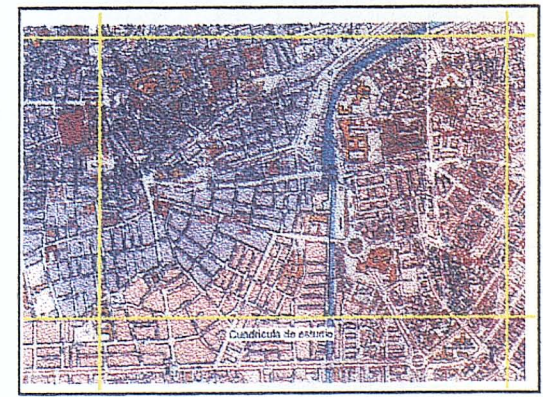
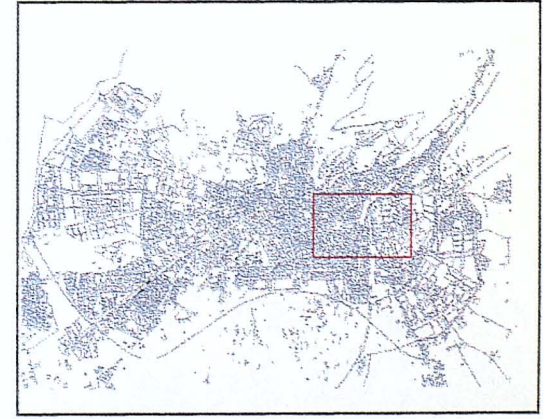
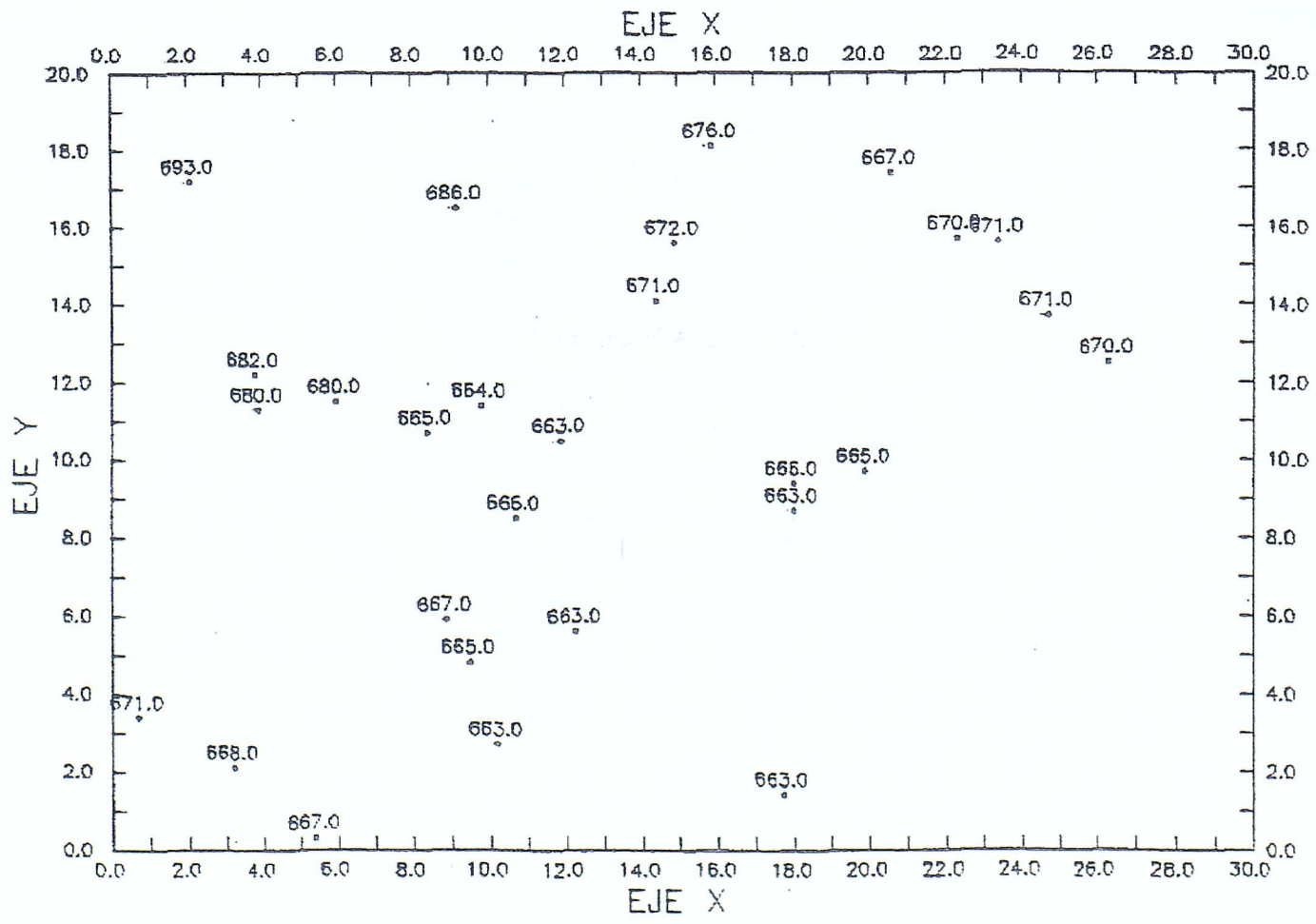
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 2

TECHO DE MATERIAL GRANULAR

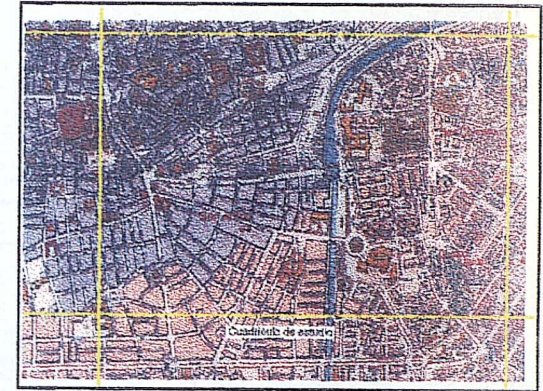
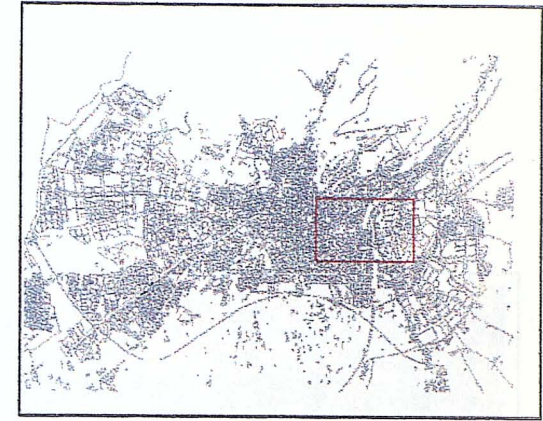
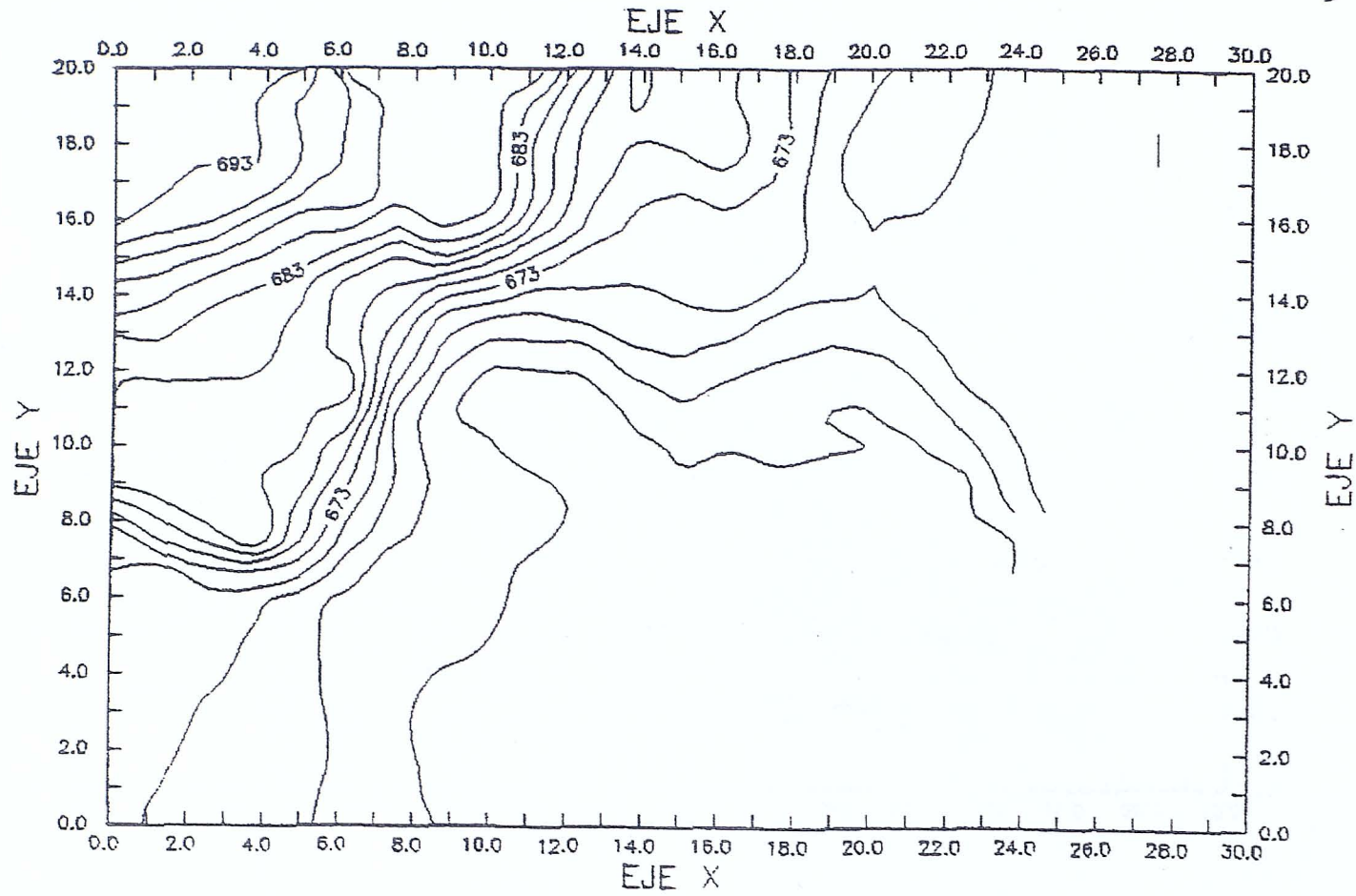


Croquis de Ubicación

557

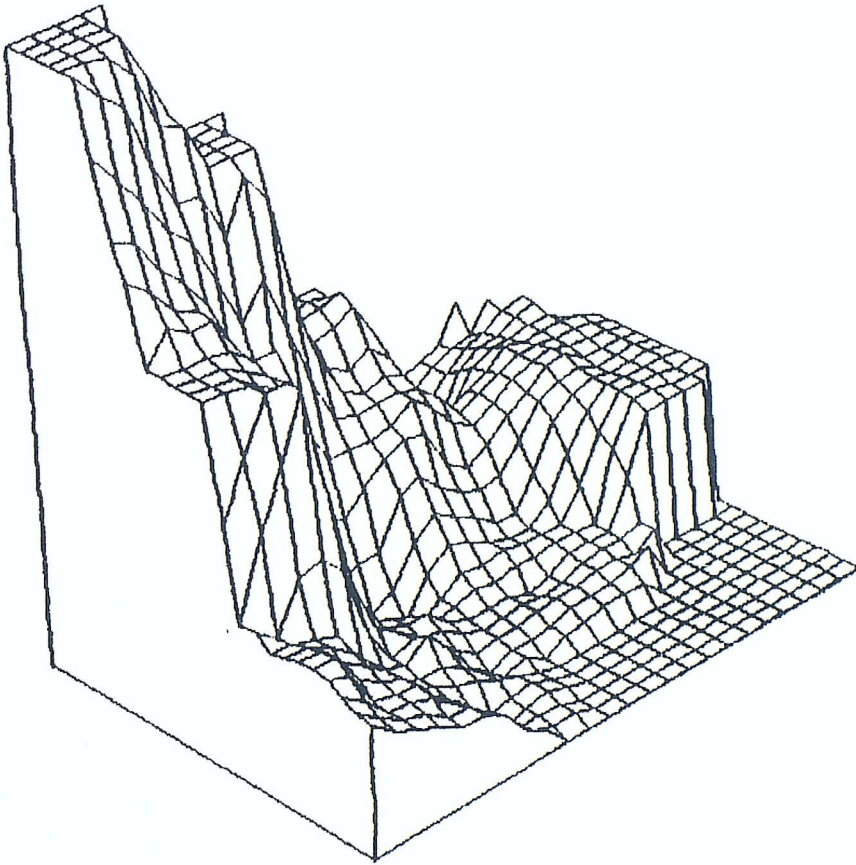
TECHO DE MATERIAL GRANULAR

558



Croquis de Ubicación

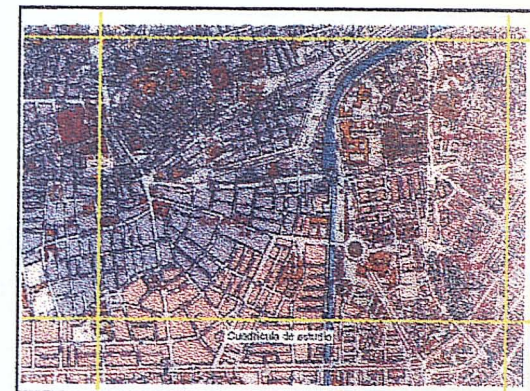
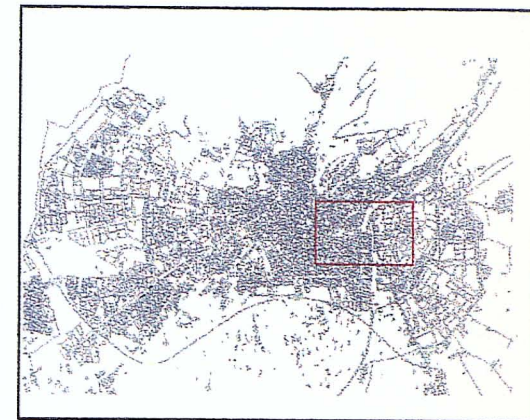
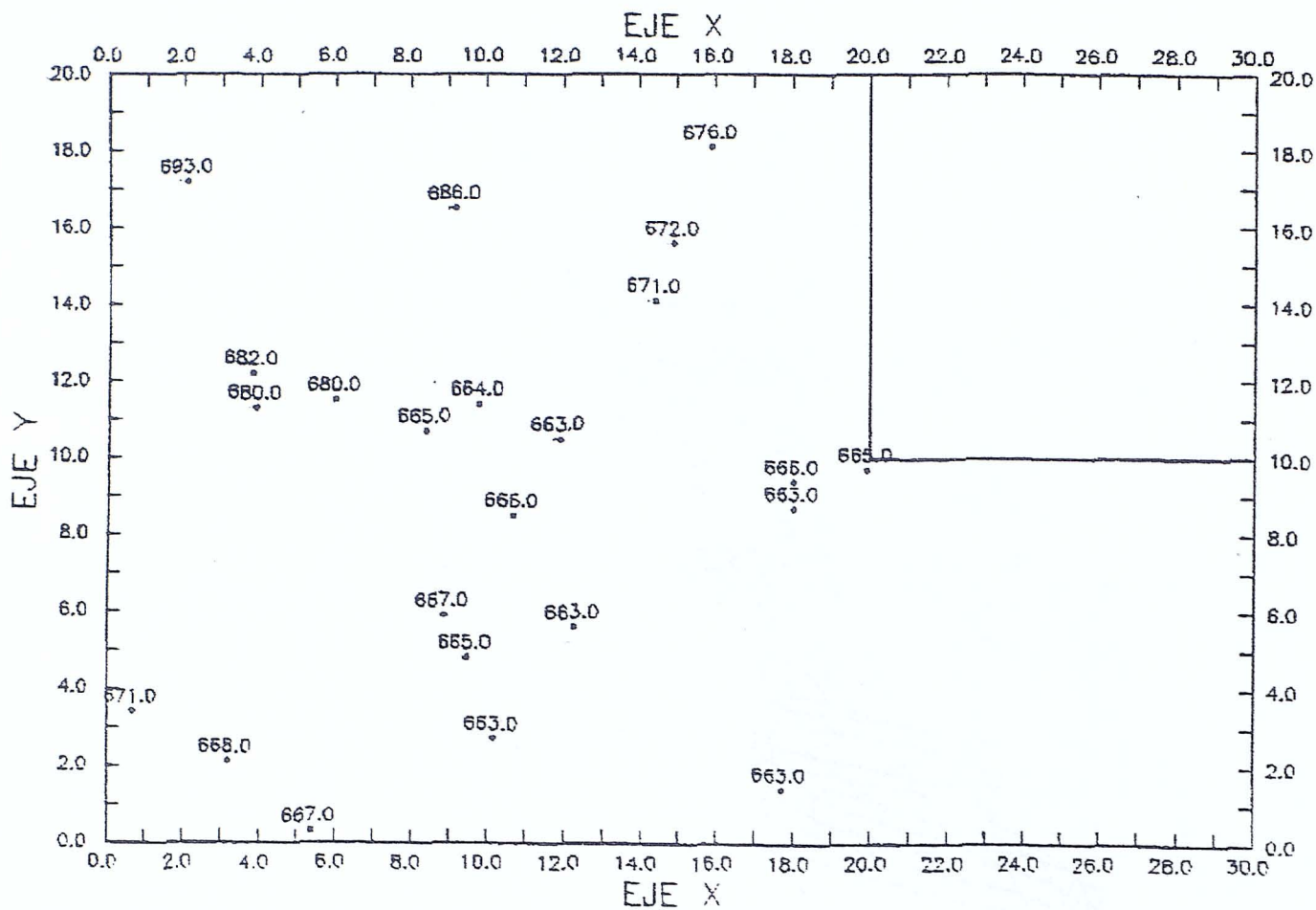
Representación Tridimensional



TECHO DE MATERIAL GRANULAR

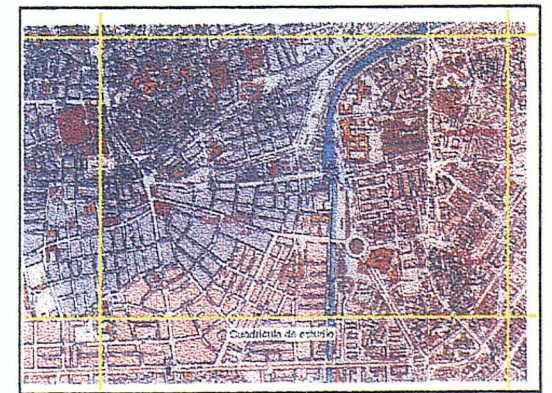
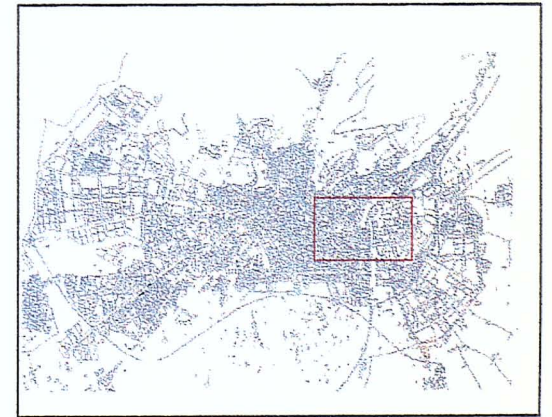
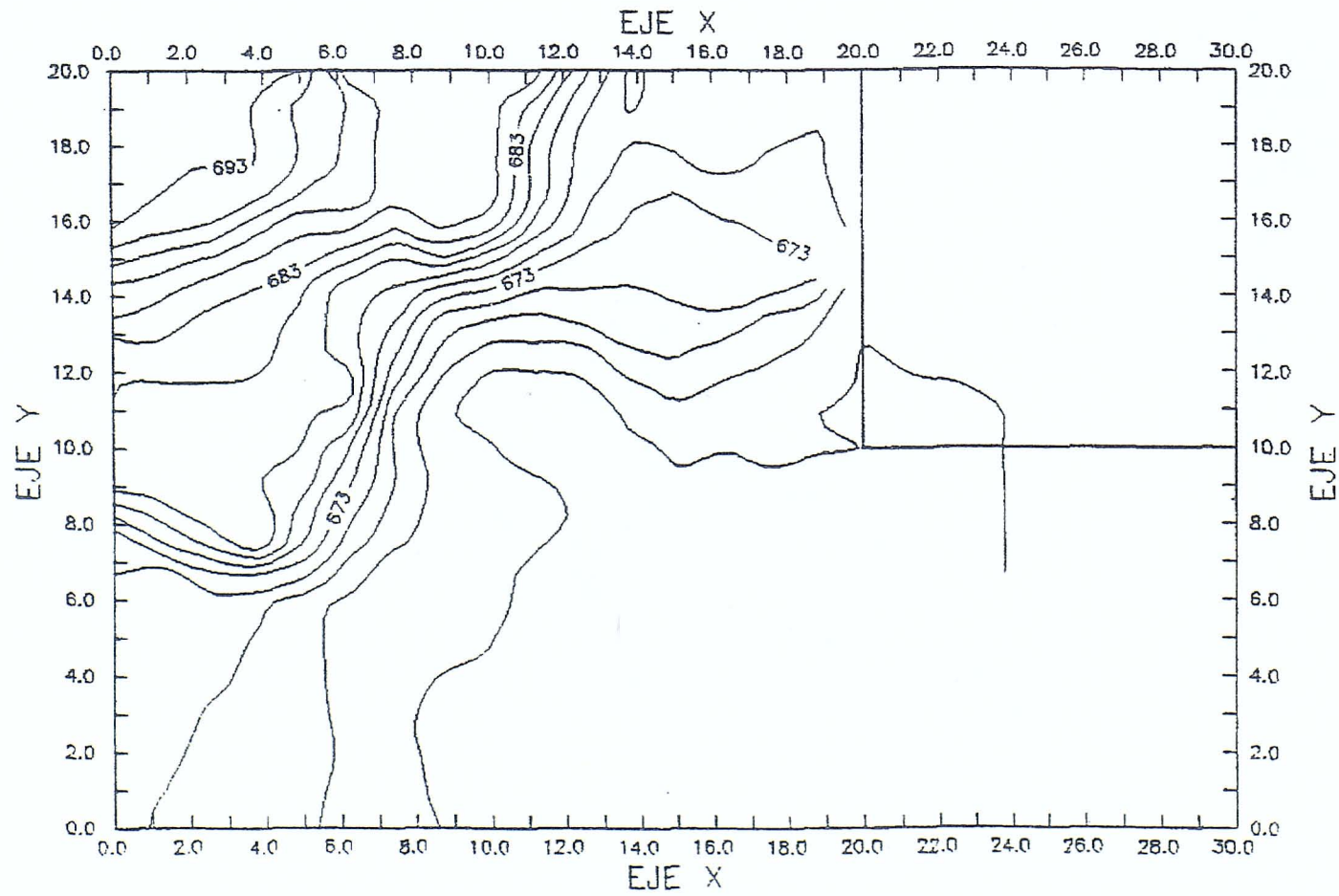
TECHO DE MATERIAL GRANULAR PARCIAL

099



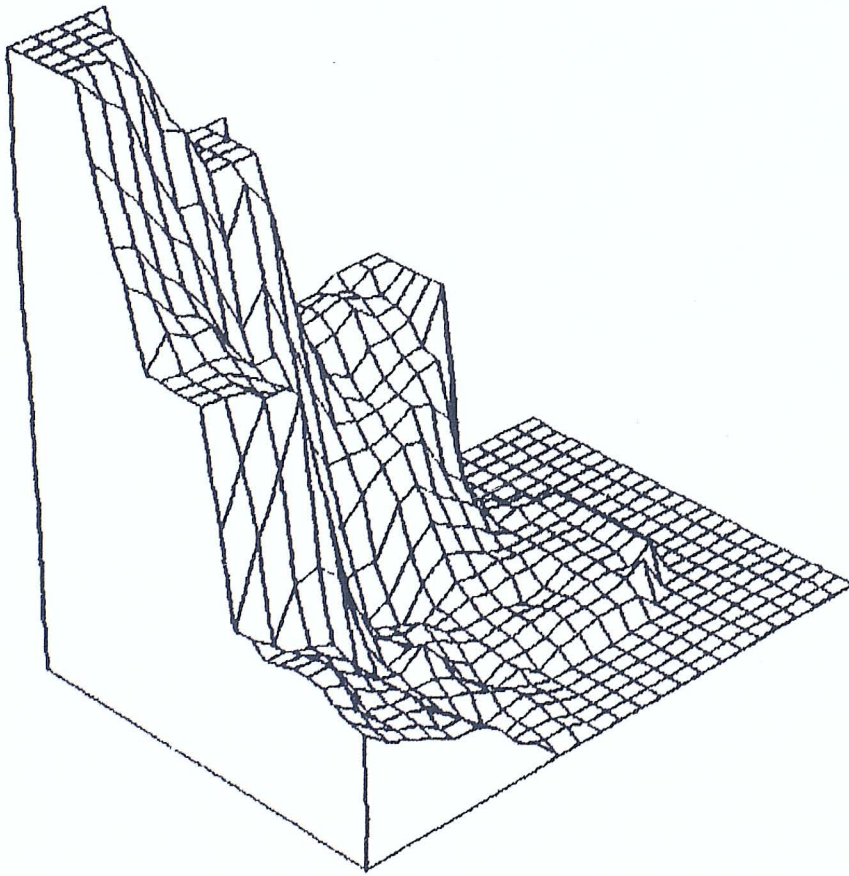
Croquis de Ubicación

TECHO DE MATERIAL GRANULAR PARCIAL



Croquis de Ubicación

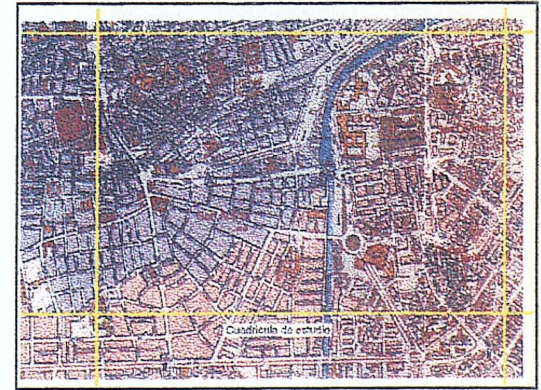
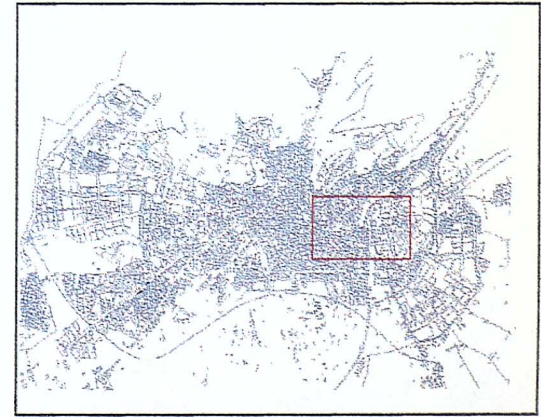
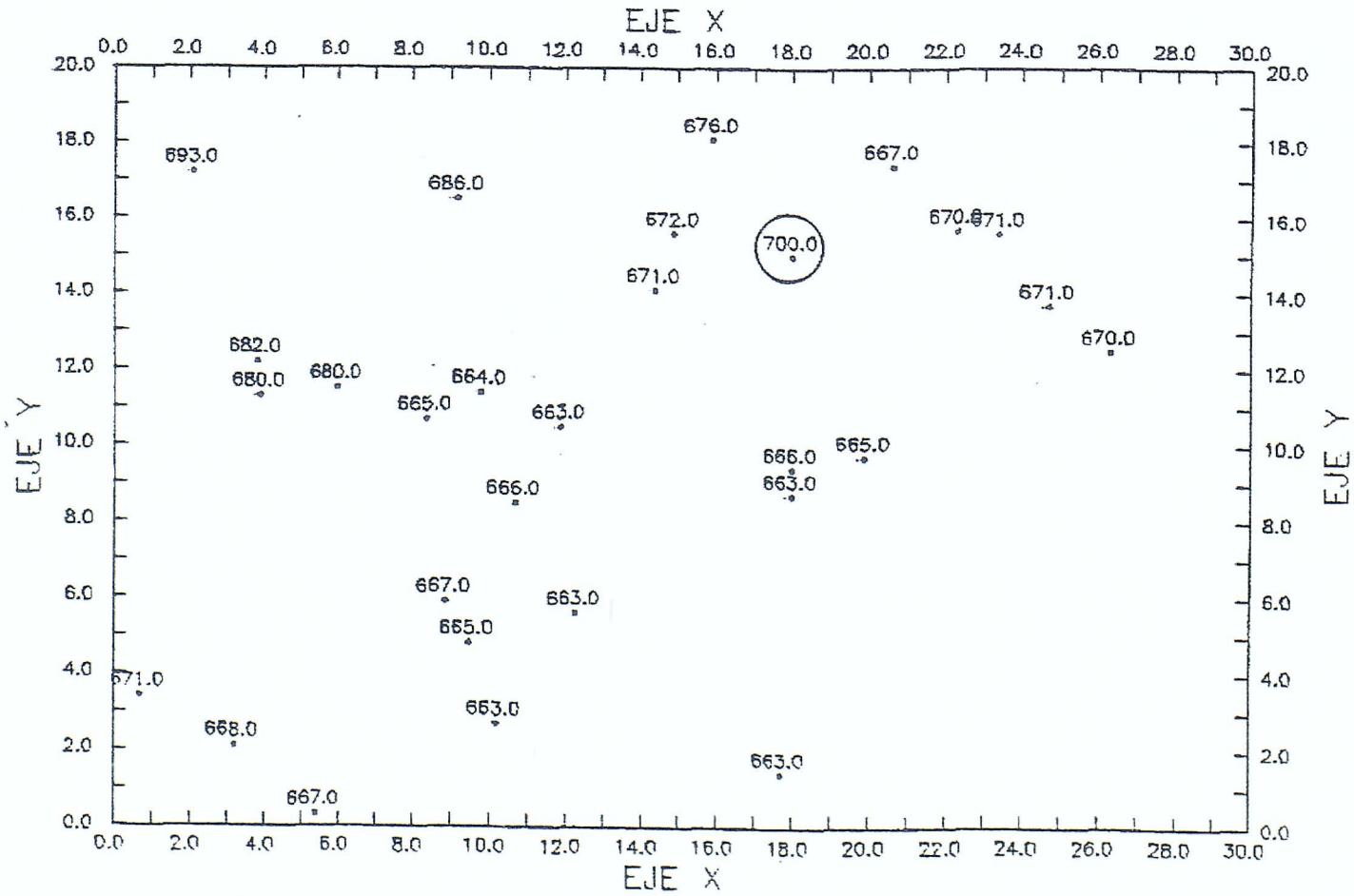
Representación Tridimensional



TECHO DE MATERIAL GRANULAR PARCIAL

TECHO DE MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO) 1

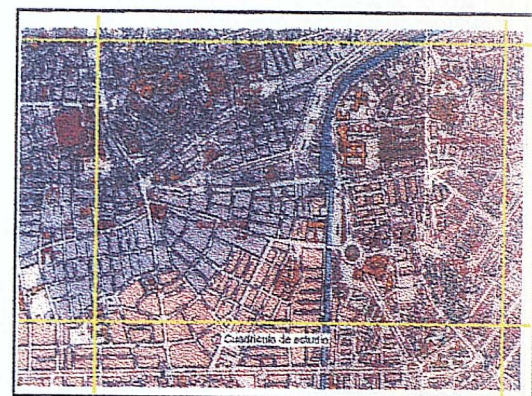
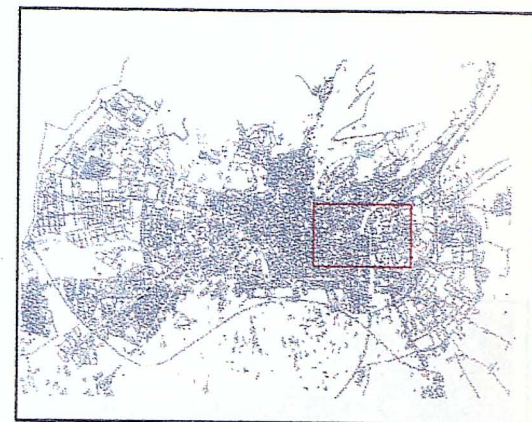
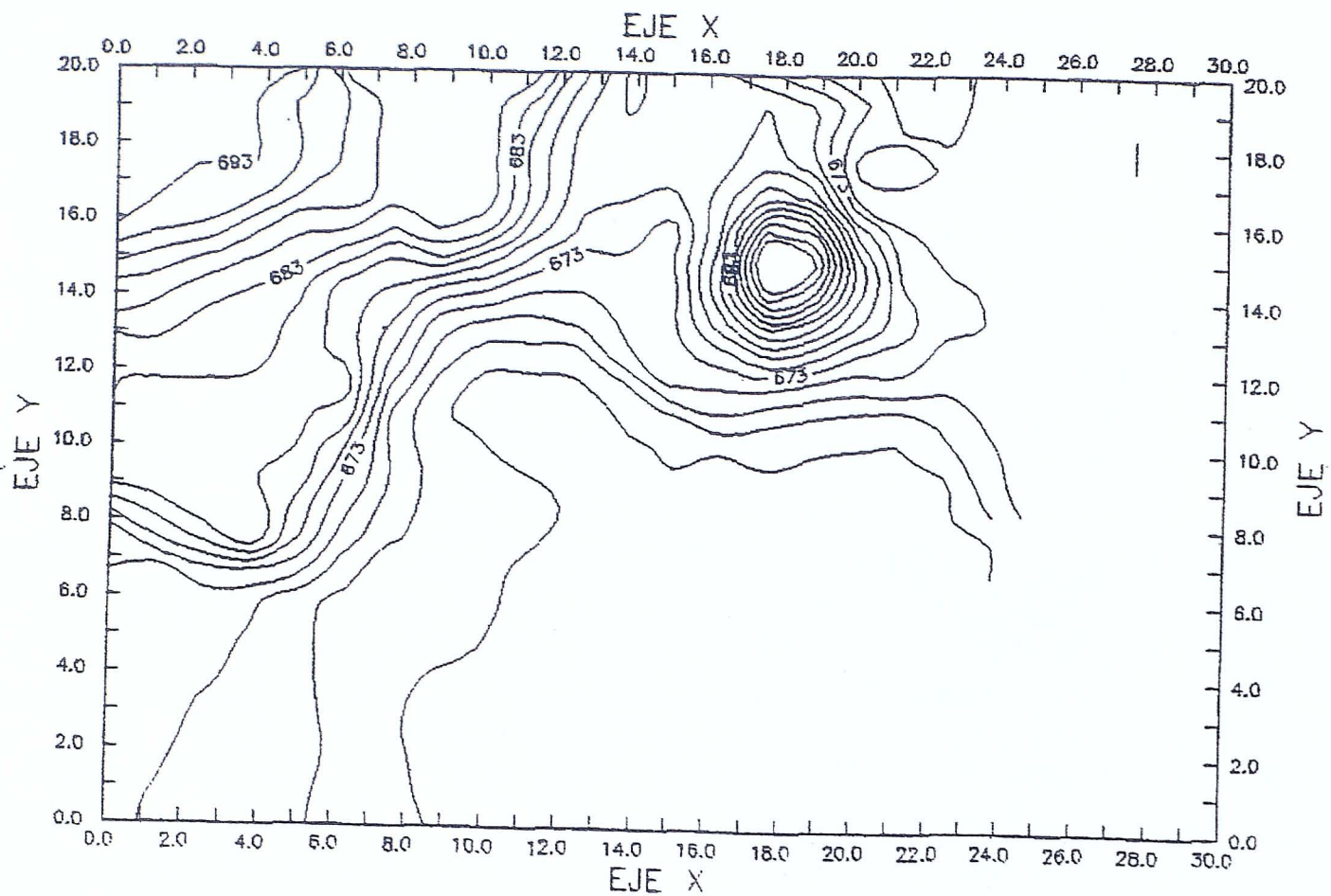
563



Croquis de Ubicación

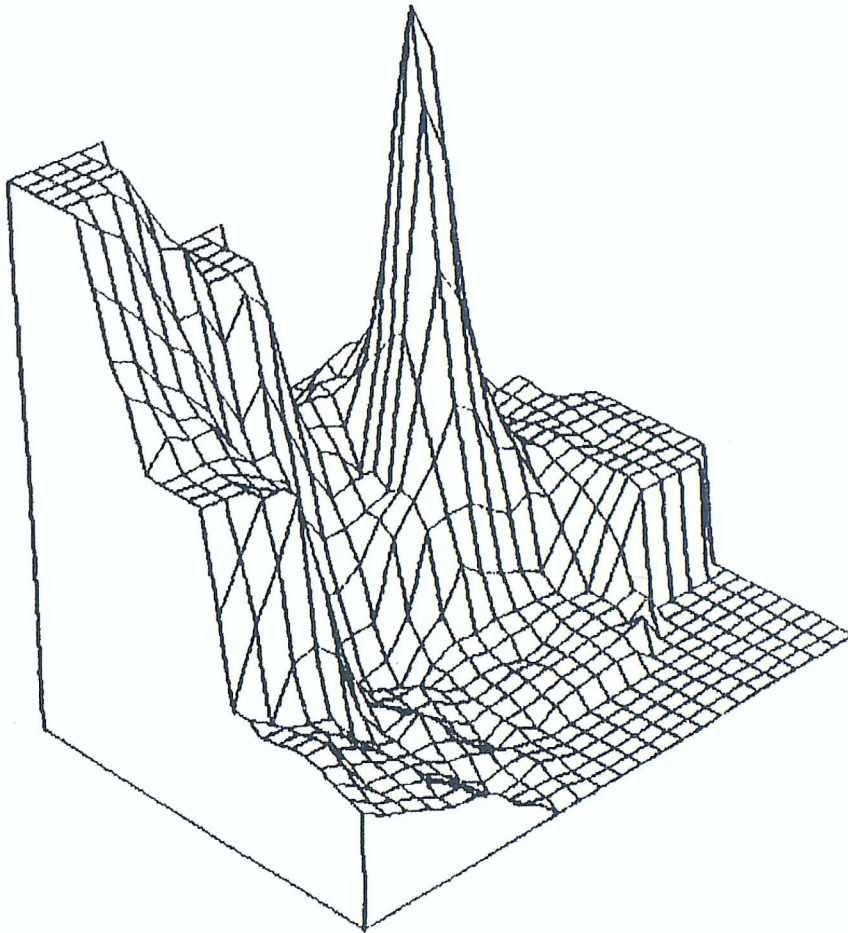
TECHO DE MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO) 1

564



Croquis de Ubicación

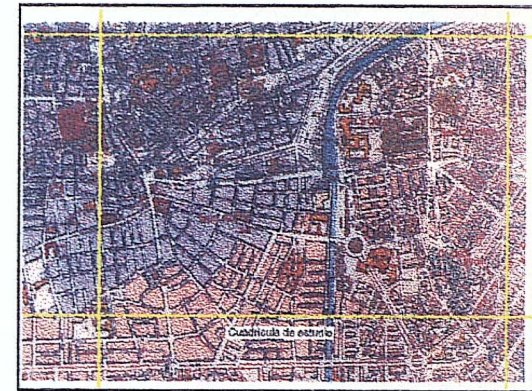
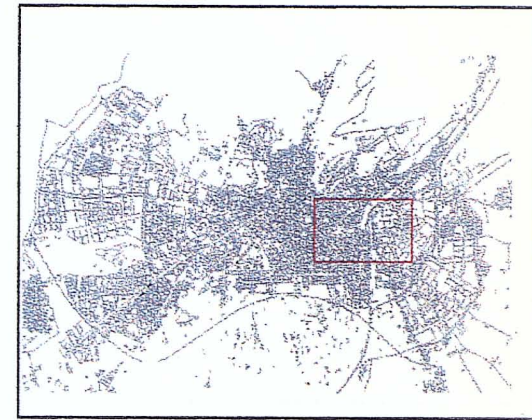
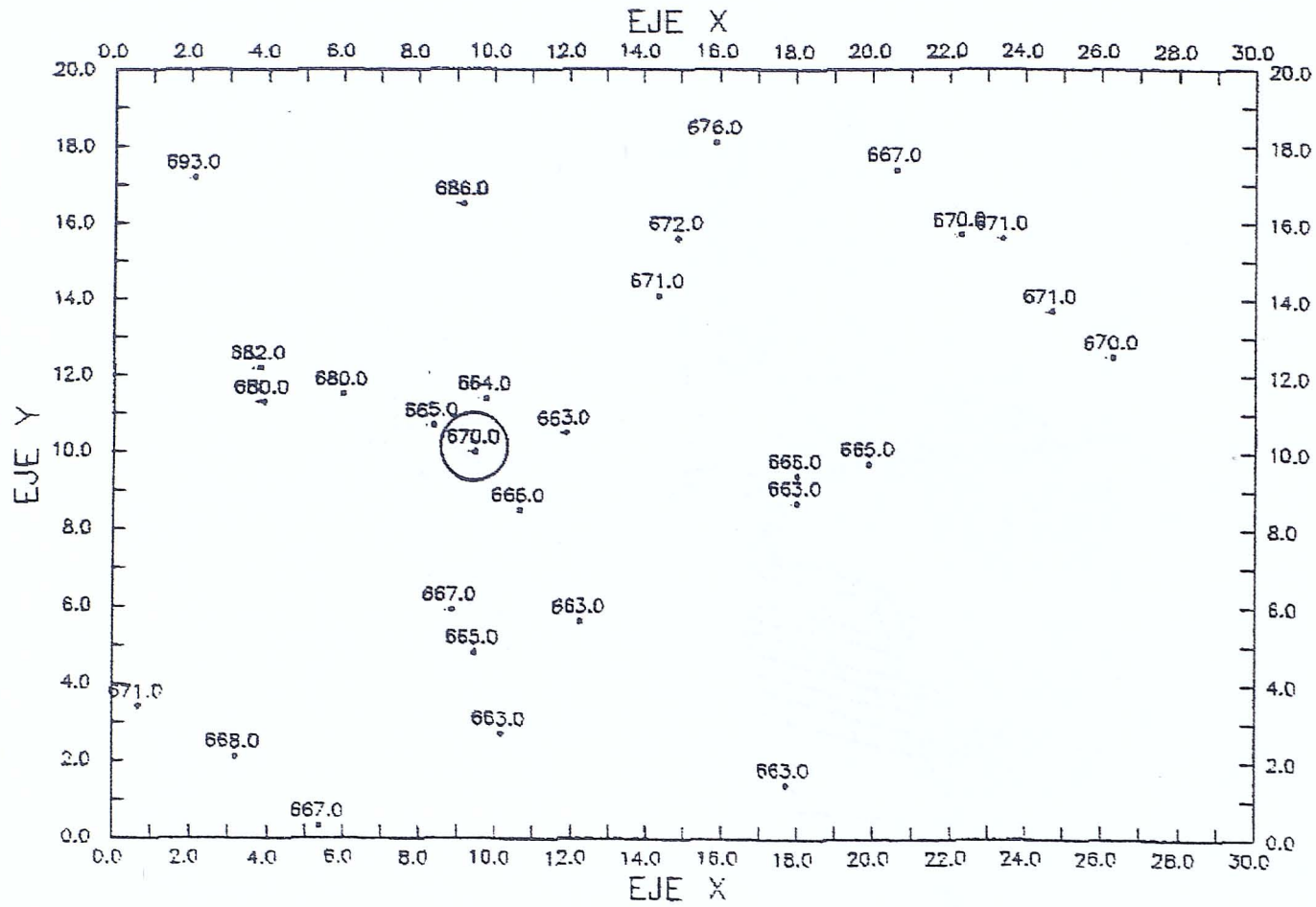
Representación Tridimensional



TECHO DE GRANULAR (DATO ANOMALO)

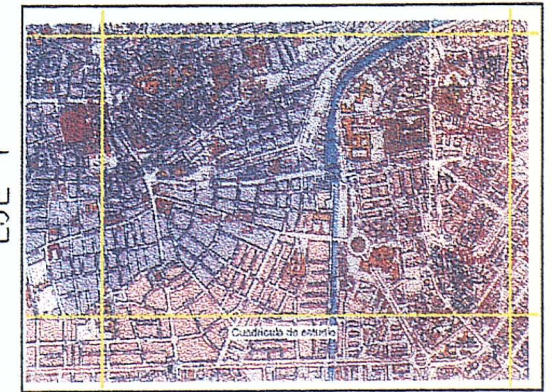
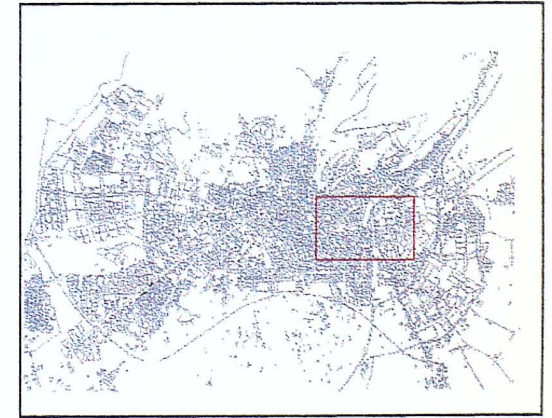
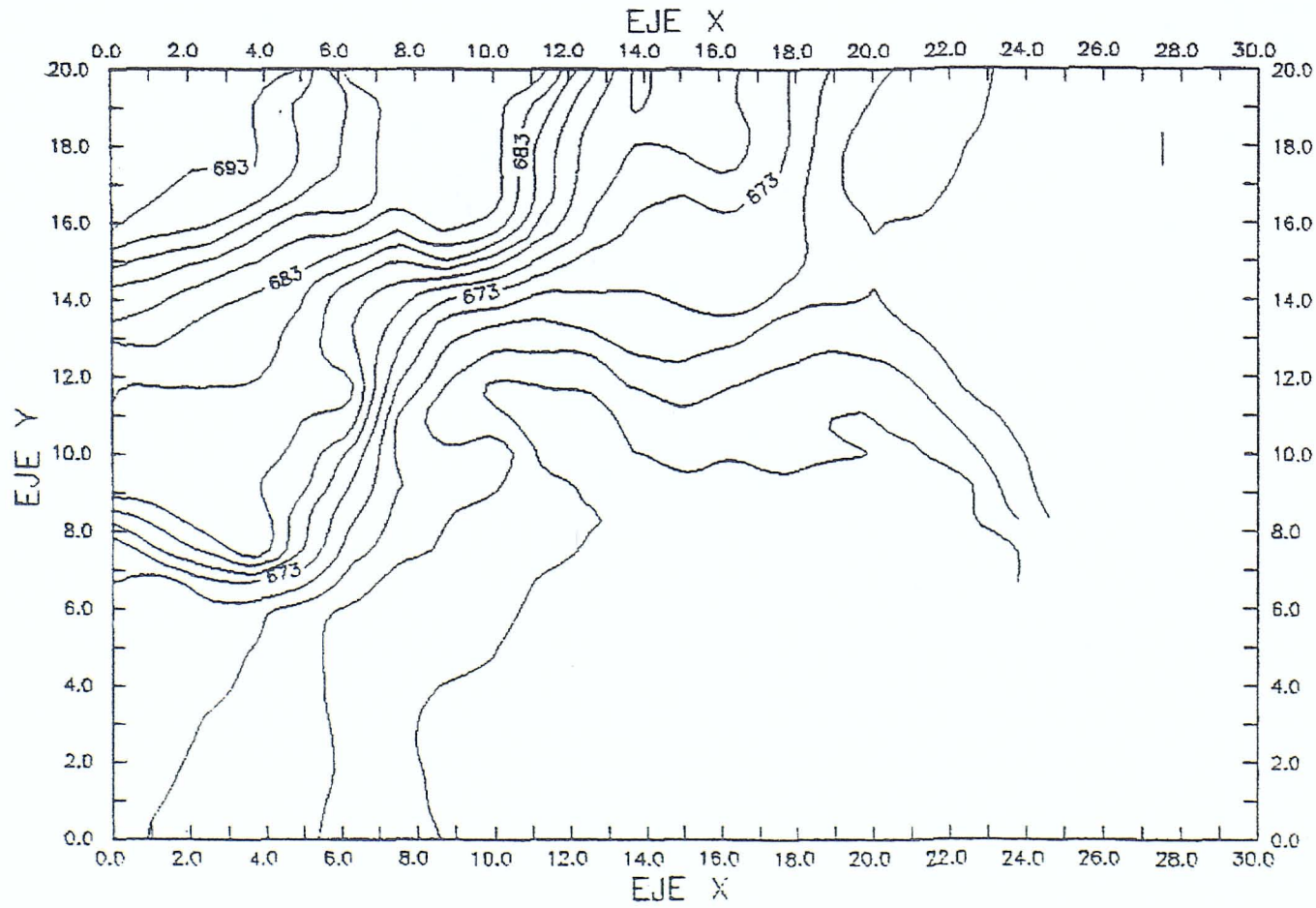
TECHO DE MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO) 2

999



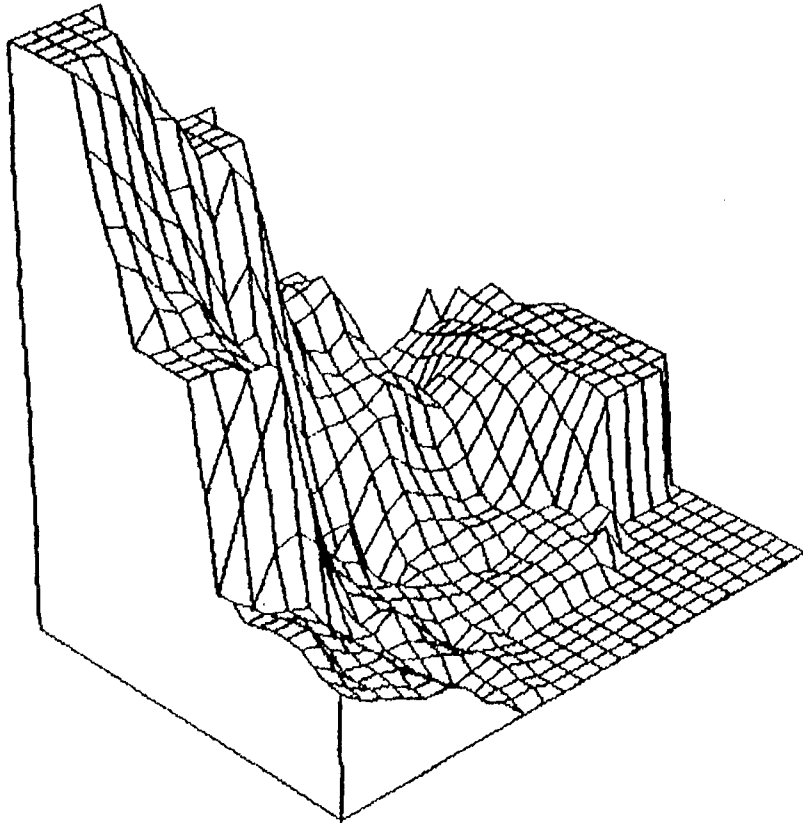
Croquis de Ubicación

TECHO DE MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO) 2



Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional

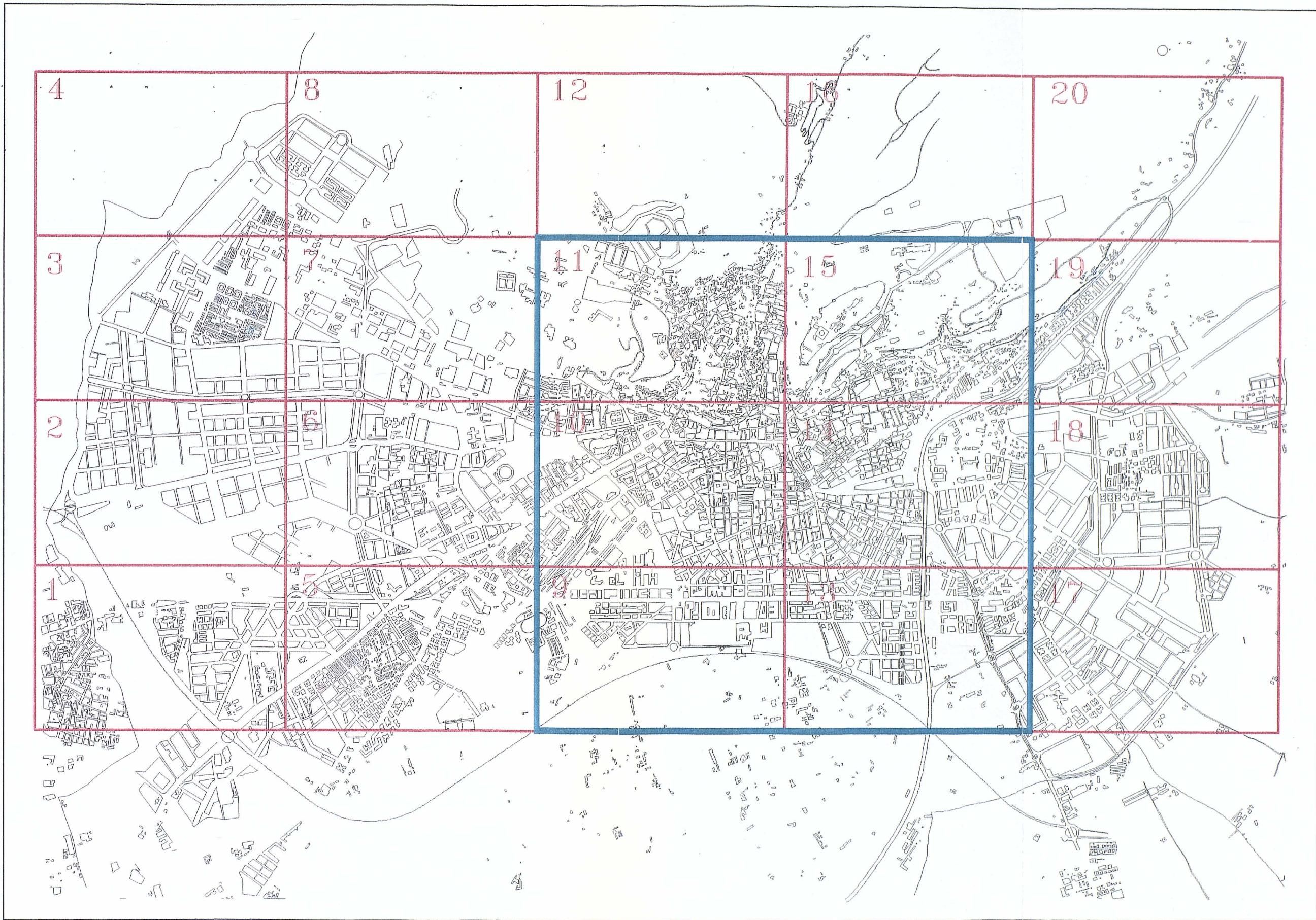


TECHO DE GRANULAR (DATO ANOMALO) 2

Una vez experimentado con la hoja guía y obtenida la información que a nuestro parecer es satisfactoria, consideramos que lo más adecuado es el estudio de una hoja que no se encuadra en ninguna de las ya establecidas en el plano general del casco urbano, sino que está constituida por alguna de ellas; en su parte central, por las hojas nº 10 y 14, y en los bordes por las nº 9, 11, 13, y 15.

Esta hoja es sumamente interesante por englobar una zona de la ciudad que pensamos conflictiva desde el punto de vista geotécnico, además de localizarse en ella el punto de confluencia de los ríos Darro y Genil.

Sobre esta nueva hoja se ha realizado un tratamiento automático de la información contenida en las unidades básicas de información.



Ubicación de la zona estudiada.



Los planos obtenidos mediante tratamiento automático han sido los siguientes:

- **TOPOGRÁFICO GENERAL**
- Topográfico parcial 1
- Topográfico parcial 2 (dato anómalo)
- Topográfico parcial 3 (dato anómalo)
- **MURO DE RELLENO F1**
- Muro de relleno F1 parcial.
- Muro de relleno F1 (dato anómalo) 1.
- Muro de relleno F1 (dato anómalo) 2.
- **TECHO DE MATERIAL GRANULAR**
- Techo de material granular parcial
- Techo de material granular (dato anómalo) 1.
- Techo de material granular (dato anómalo) 2.

PLANOS TOPOGRÁFICOS

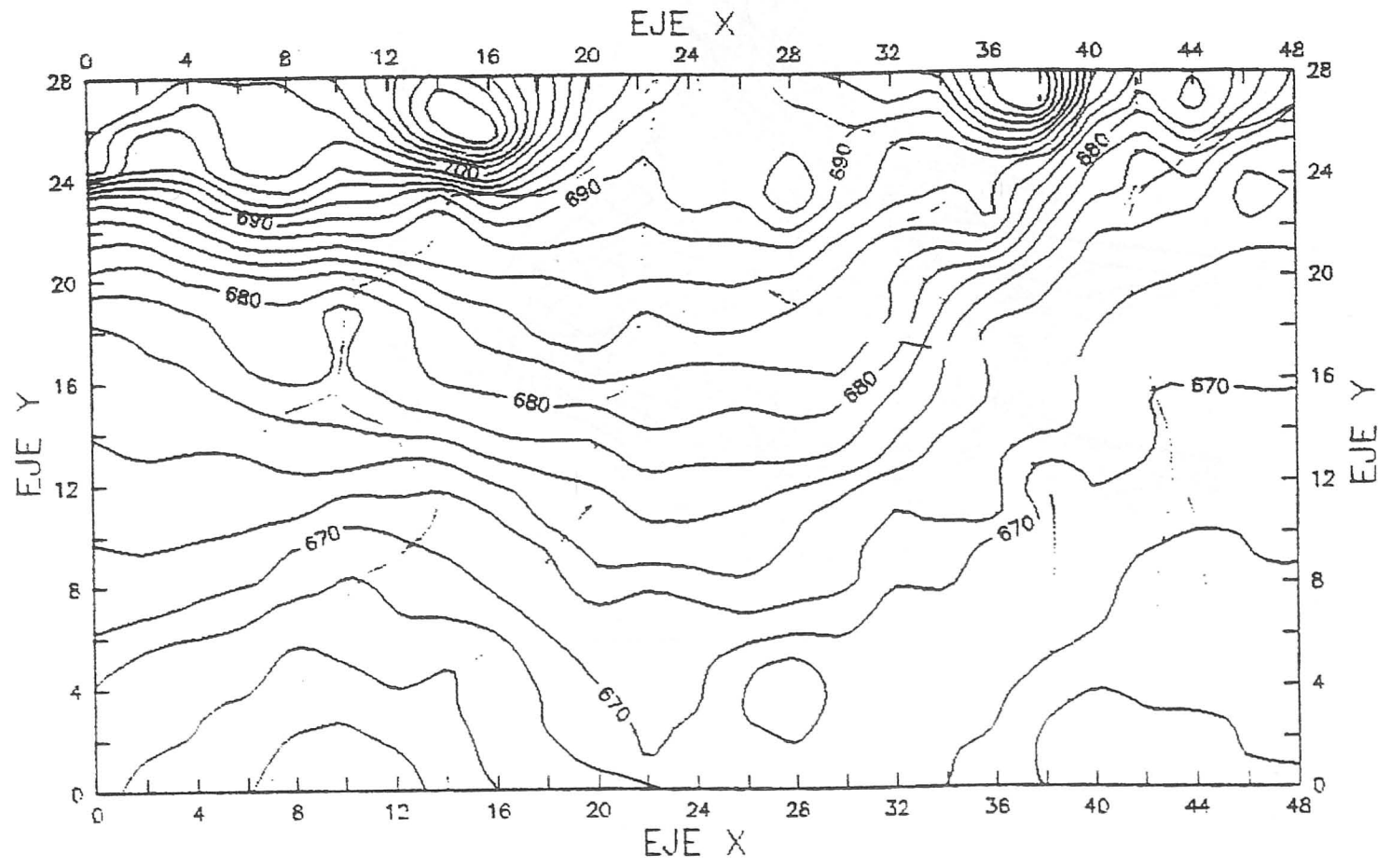
Topográfico general

Se ha construido a partir de 72 puntos topográficos de información.

El método de extrapolación utilizado es el de distancia inversa, con un radio de búsqueda de 10 pulgadas y extrapolando con los 10 puntos más próximos.

El resultado obtenido tiene parecido con la interpretación manual, por lo que lo consideramos satisfactorio.

TOPOGRAFICO GENERAL

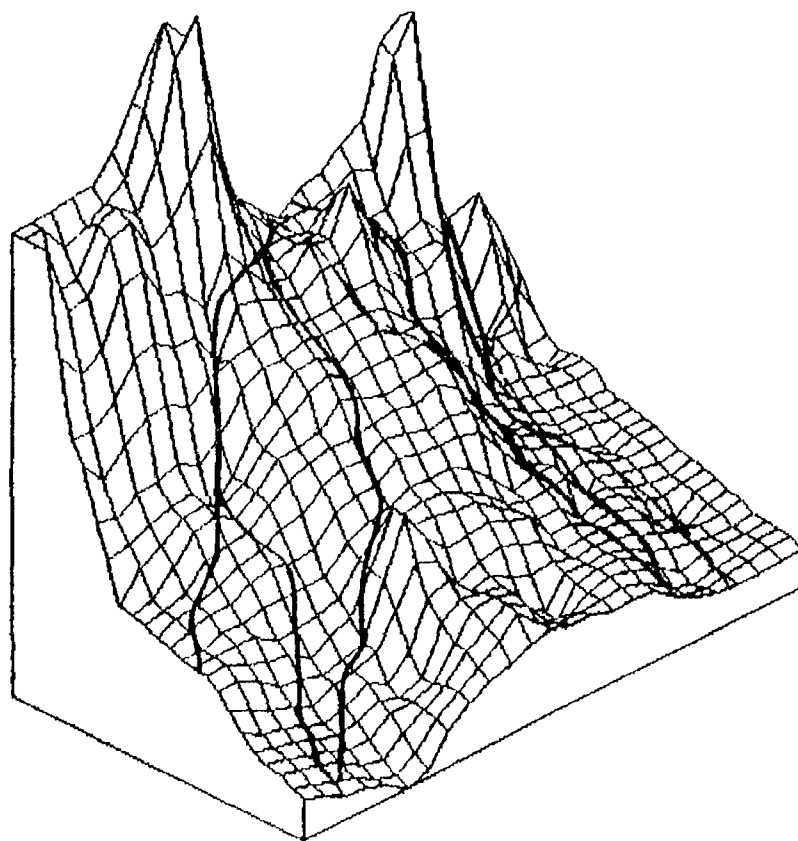


575



Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



TOPOGRAFICO GENERAL

Topográfico parcial 1

Esta interpretación la hemos realizado partiendo de la base de que una de las cuadrículas generales se encuentra vacía de información. En consecuencia trabajamos con 54 datos repartidos en las restantes cuadrículas.

Los resultados obtenidos han sido satisfactorios. El programa extrapola exclusivamente con los puntos de información de que dispone y en el área llena de información. En la cuadrícula vacía no se produce extrapolación y por tanto no se representa curva de nivel alguna.

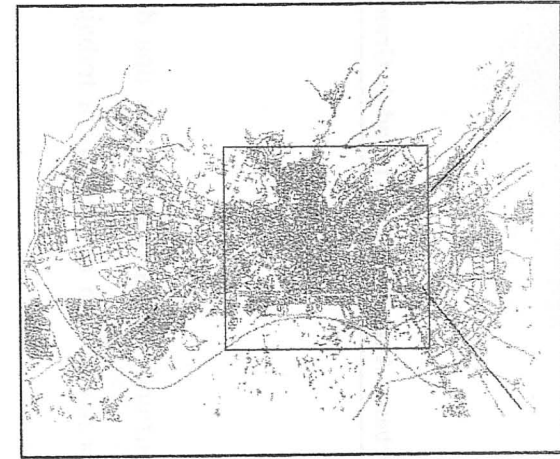
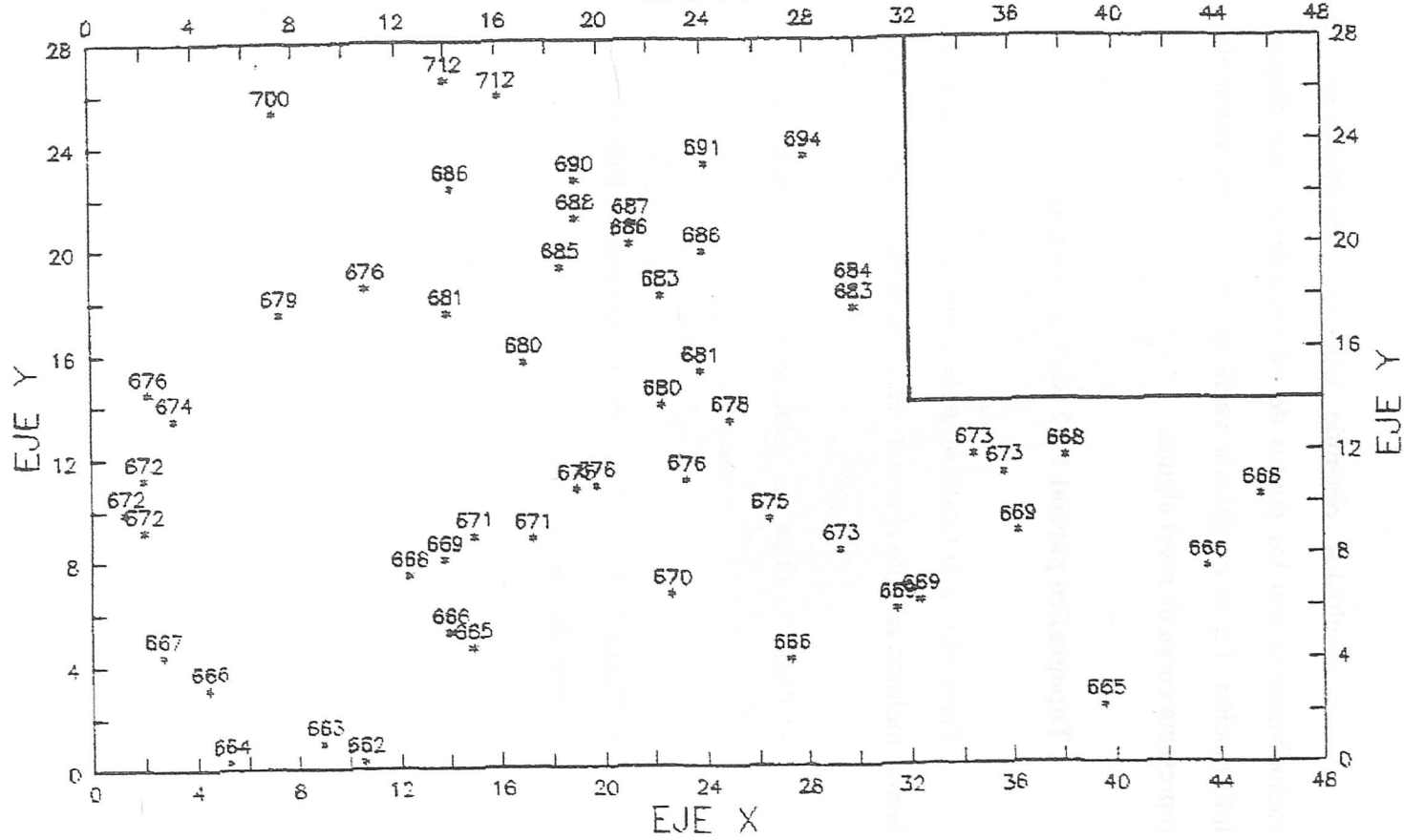
Topográfico parcial 1 y 2 (dato anómalo)

Partiendo de la totalidad de la información existente (72 puntos de información) hemos incluido un dato aberrante en posiciones distintas en cada plano:

- Plano 1: Dato de valor anómalamente alto situado en una zona con baja densidad de información.
- Plano 2: Dato de valor anómalamente bajo situado en una zona con alta densidad de información.

TOPOGRAFICO PARCIAL 1

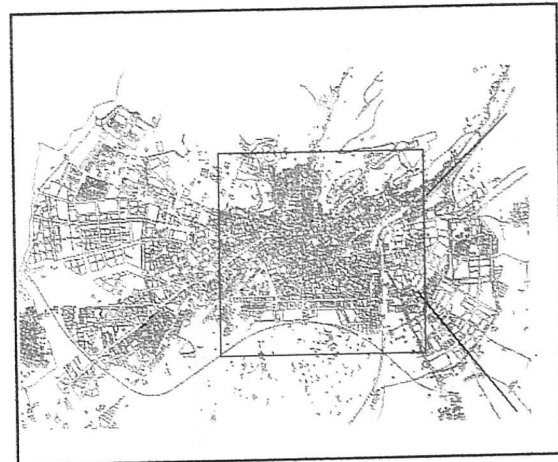
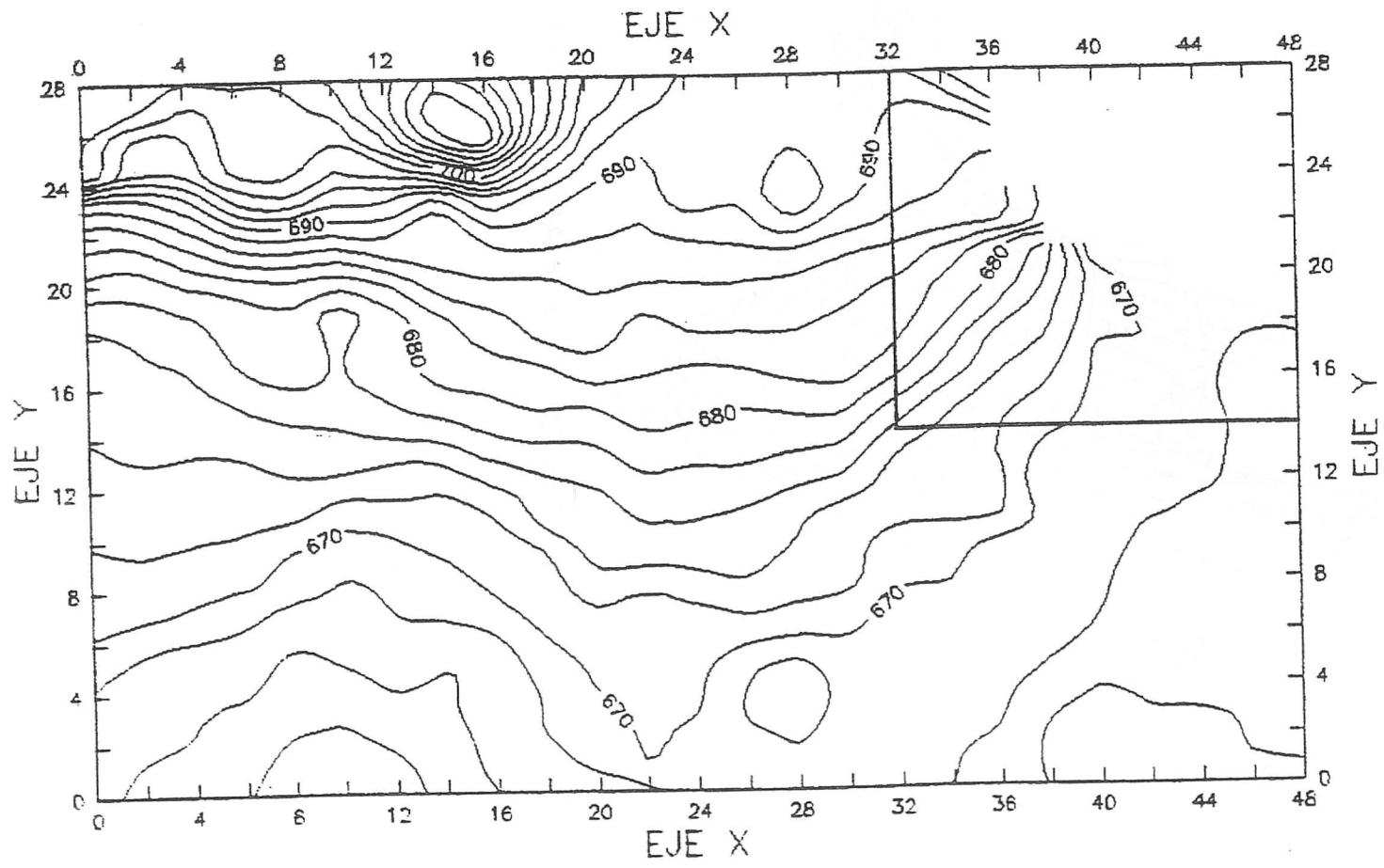
EJE X



Croquis de Ubicación

578

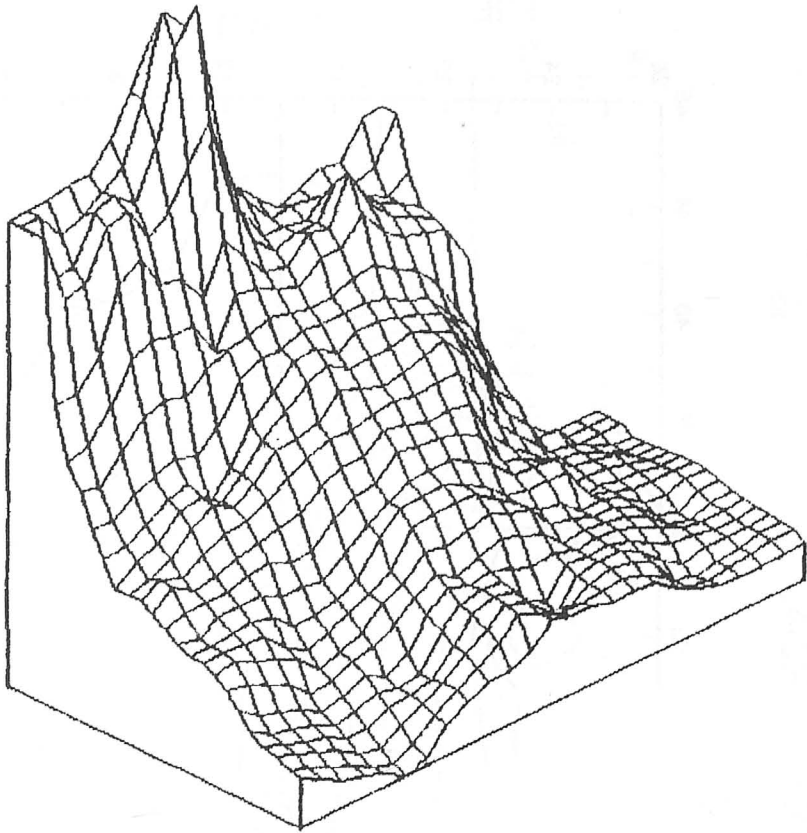
TOPOGRAFICO PARCIAL 1



Croquis de Ubicación

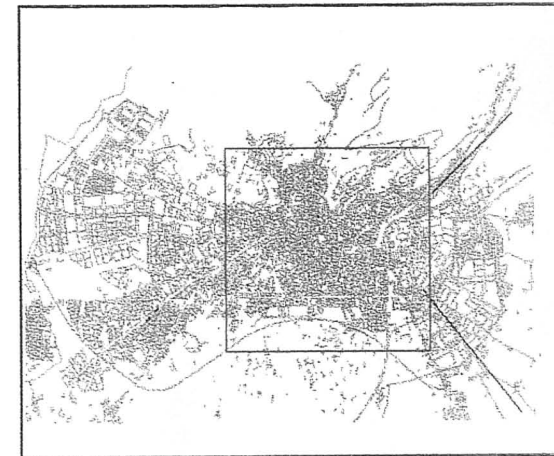
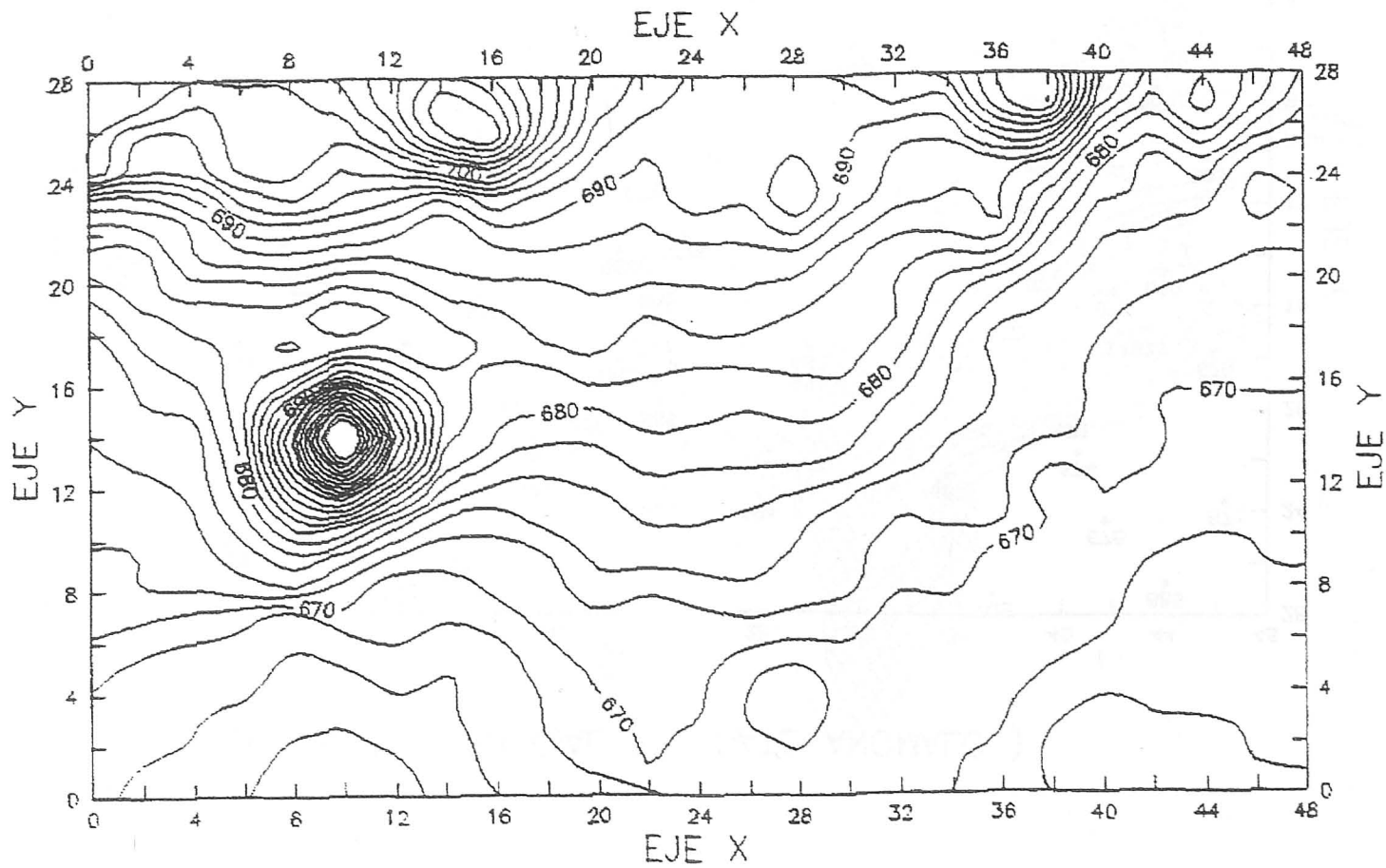
579

Representación Tridimensional

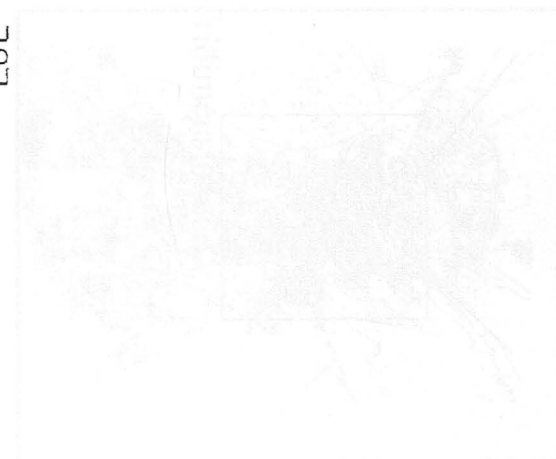


TOPOGRAFICO PARCIAL 1

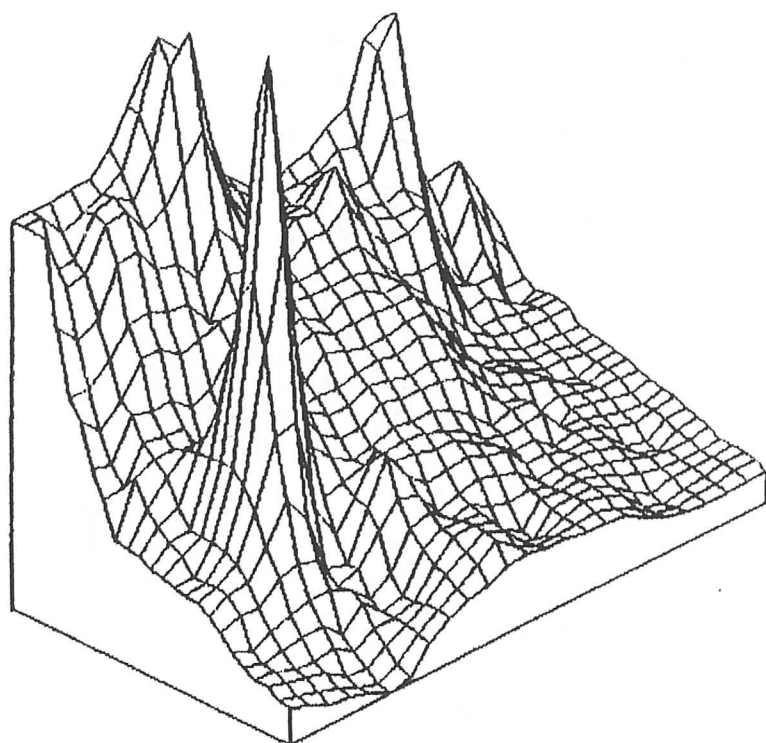
TOPOGRAFICO PARCIAL 2 (DATO ANOMALO)



Croquis de Ubicación



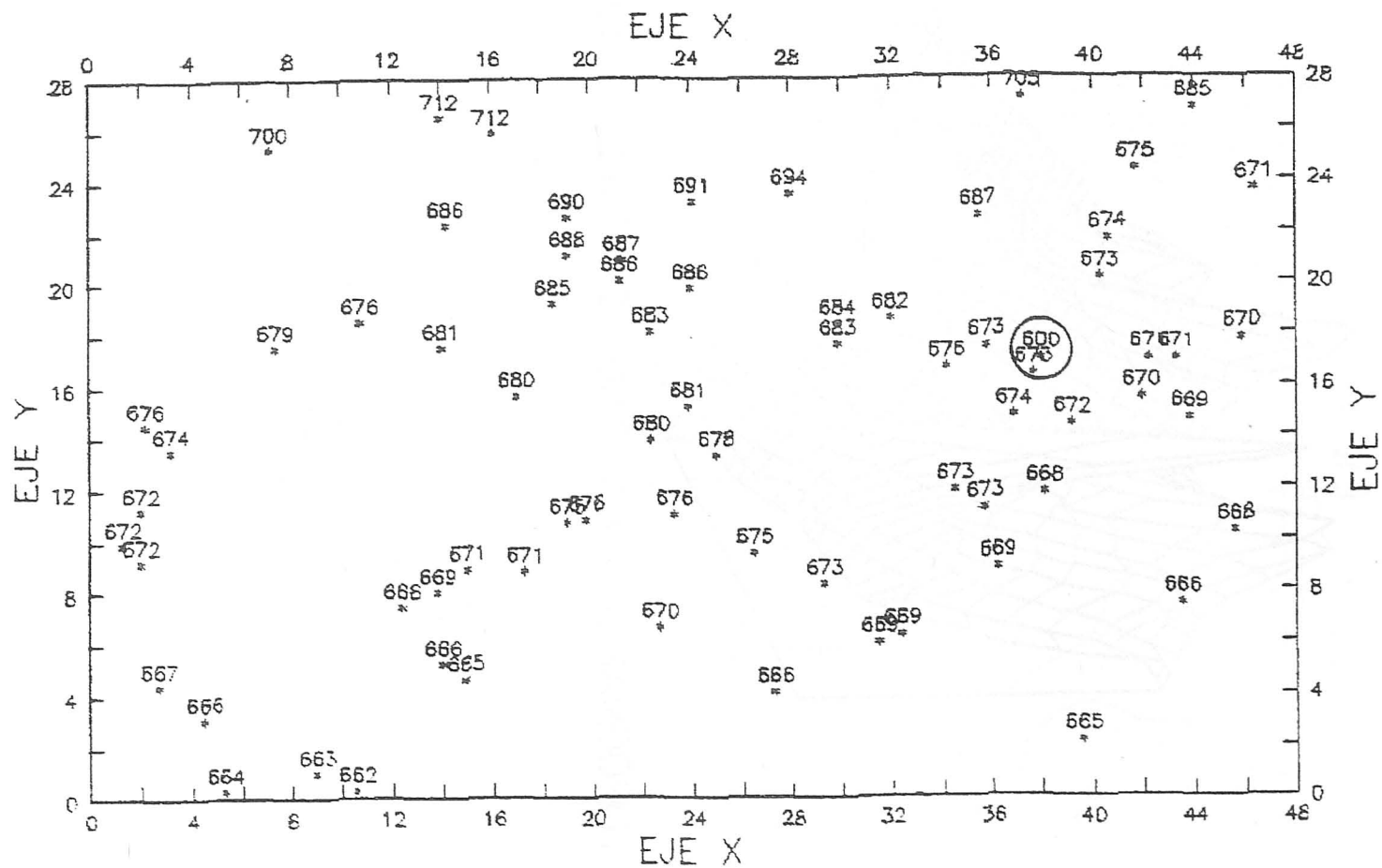
Representación Tridimensional



TOPOGRAFICO PARCIAL 2 (DATO ANOMALO)

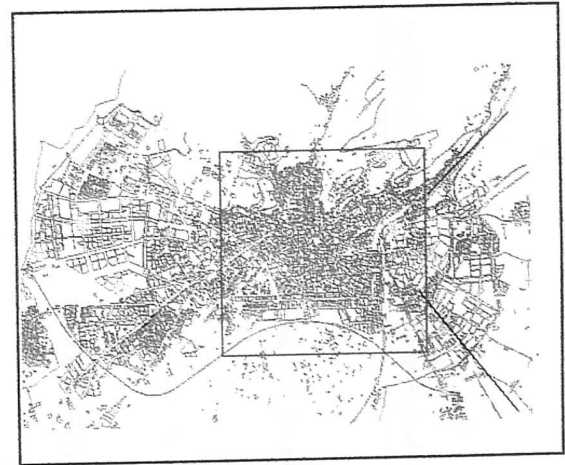
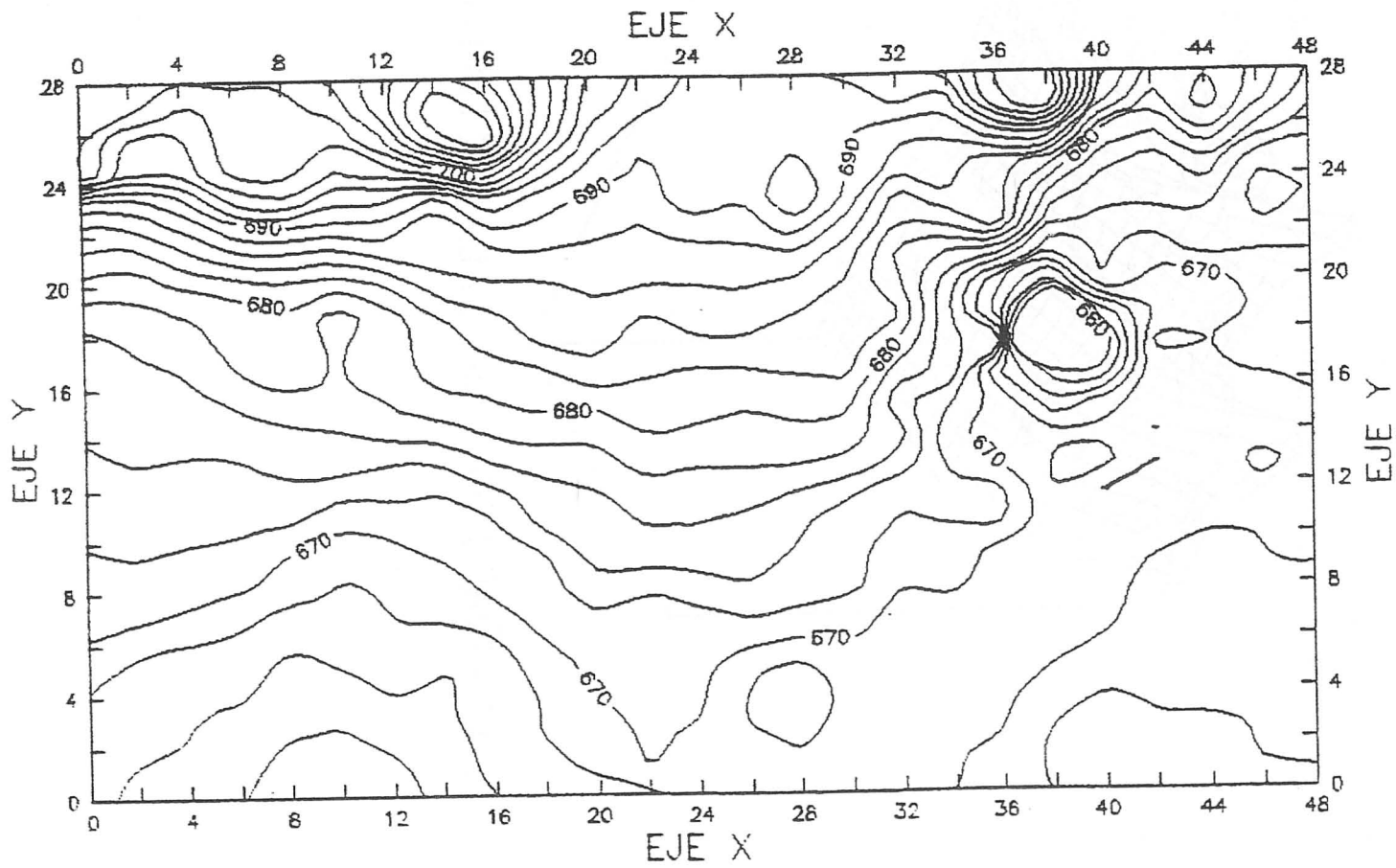
TOPOGRAFICO PARCIAL 3 (DATO ANOMALO)

584



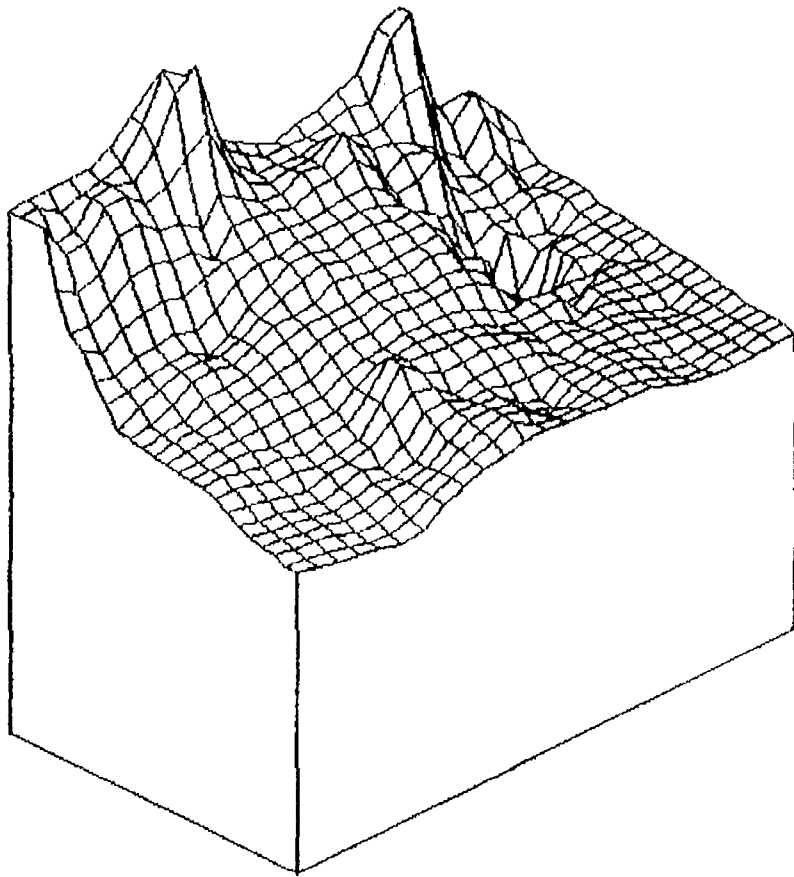
Croquis de Ubicación

TOPOGRAFICO PARCIAL 3 (DATO ANOMALO)



Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



TOPOGRAFICO PARCIAL 3 (DATO ANOMALO)



Topográficos de muro de relleno y techo de material granular

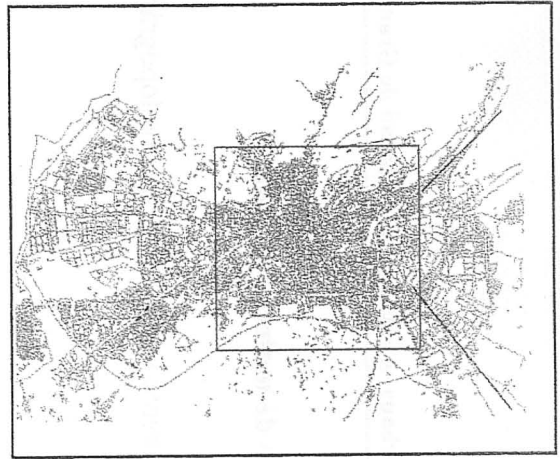
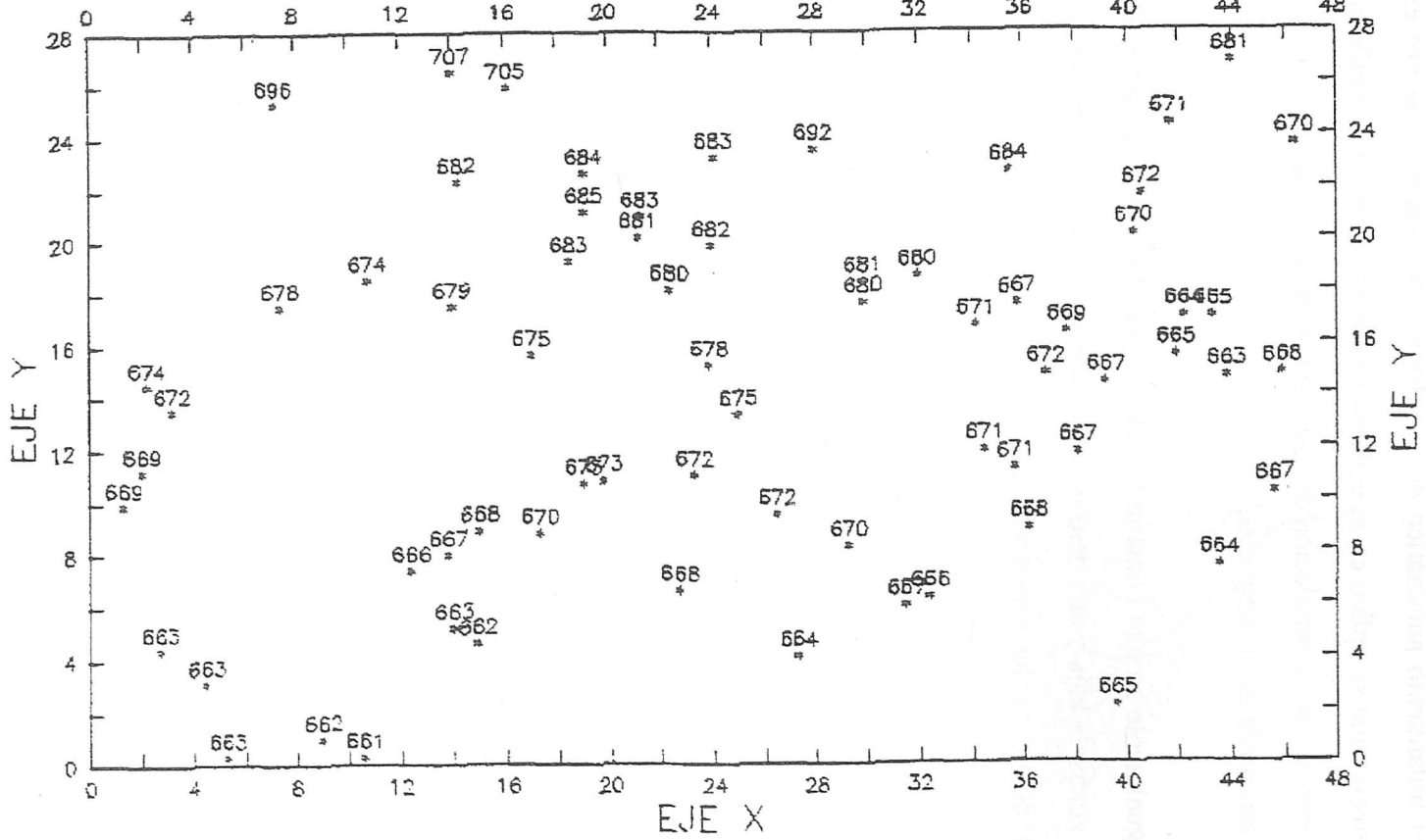
Estos planos se han construido respectivamente con 67 y 63 puntos topográficos de información.

El tratamiento automático de la información suministrada por estos puntos ha sido el mismo que se aplicó en la elaboración de los mapas topográficos de superficie, es decir, método de extrapolación de distancia inversa con los 10 puntos más próximos y radio de búsqueda de 10 pulgadas.

Igualmente se han construido mapas parciales con datos anómalamente altos y bajos en zonas de baja y alta densidad de información respectivamente, así como mapas parciales donde se ha suprimido la información correspondiente a una cuadrícula general.

MURO DE RELLENO F1

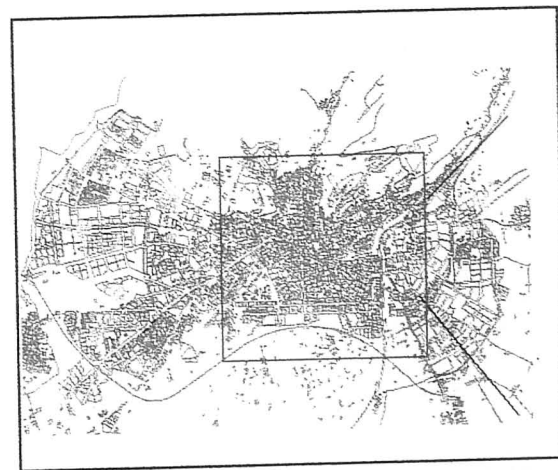
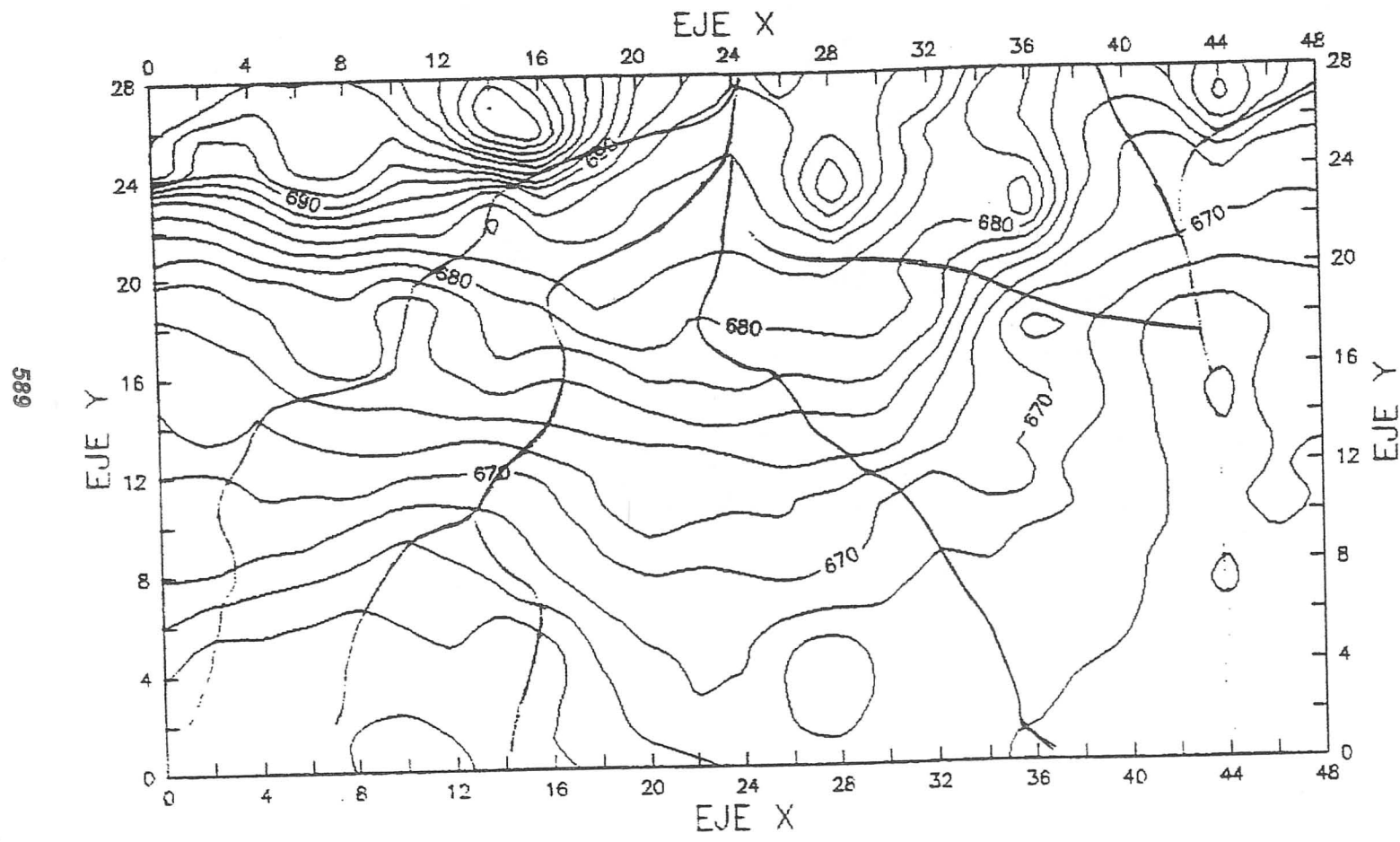
EJE X



Croquis de Ubicación

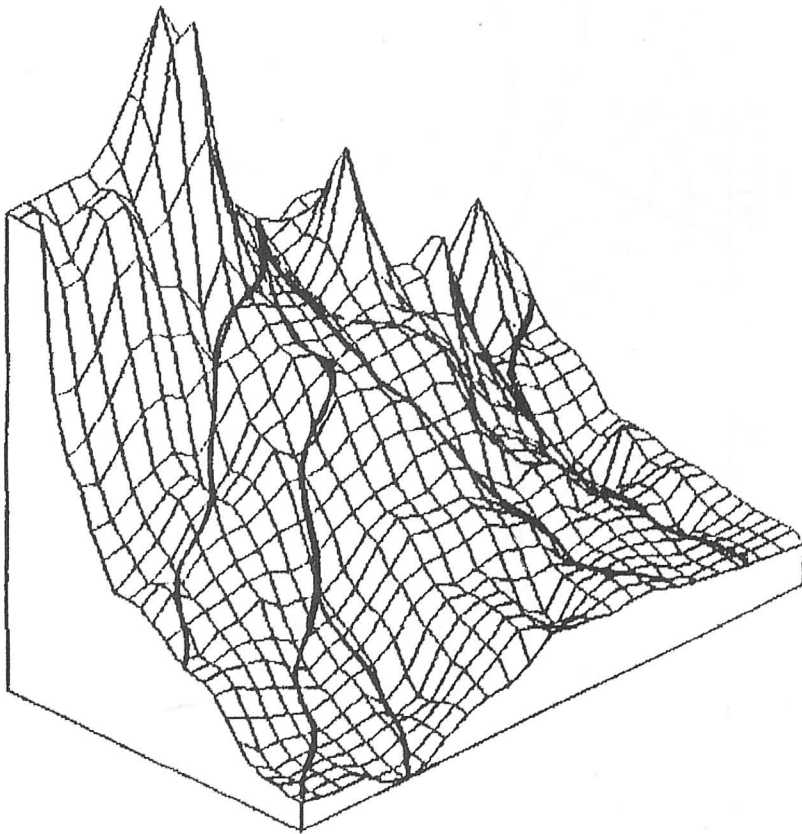
888

MURO DE RELLENO F1



Croquis de Ubicación

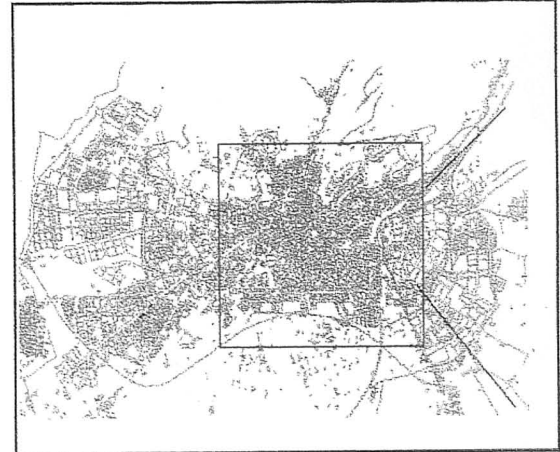
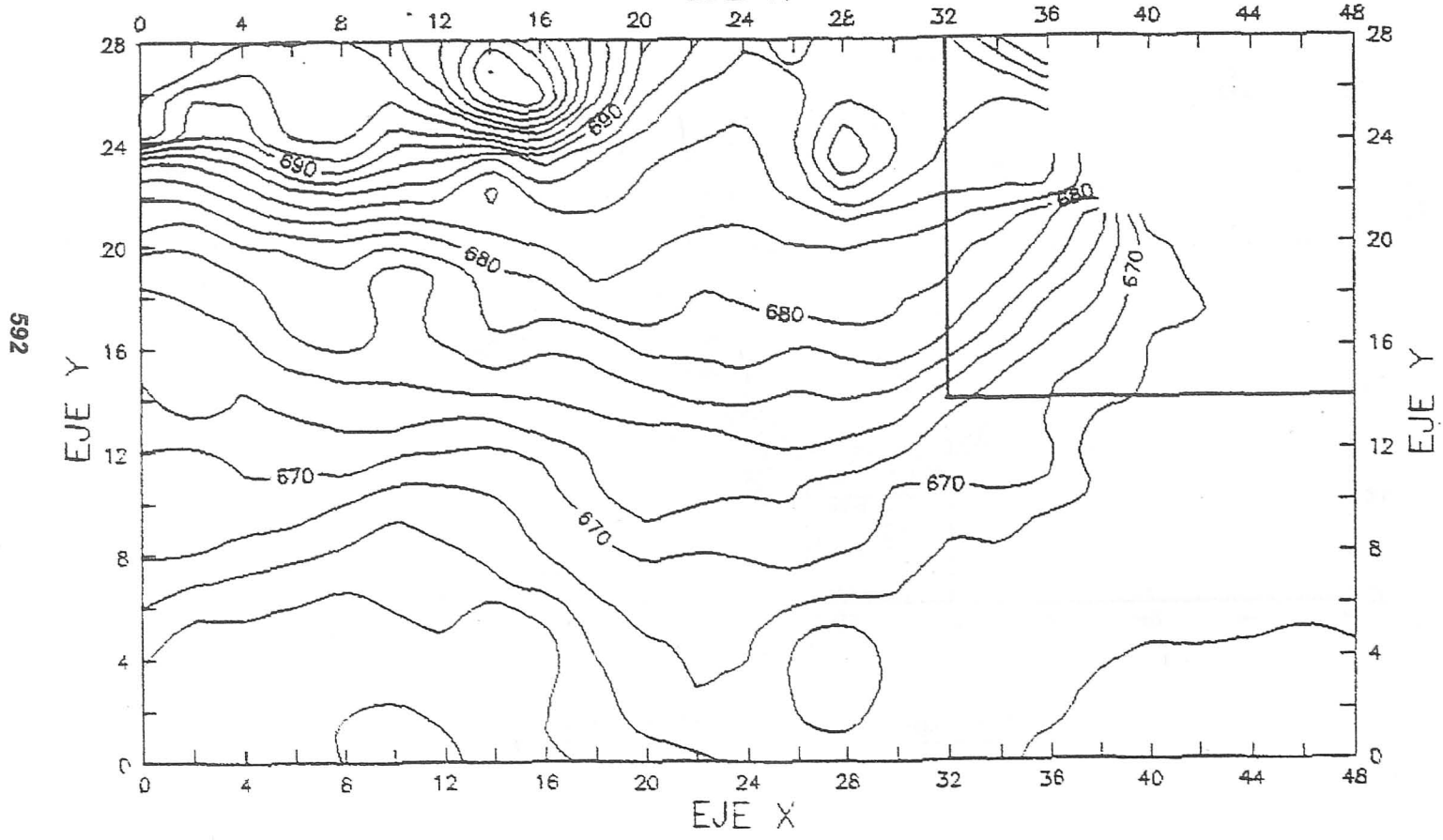
Representación Tridimensional



MURO DE RELLENO F1

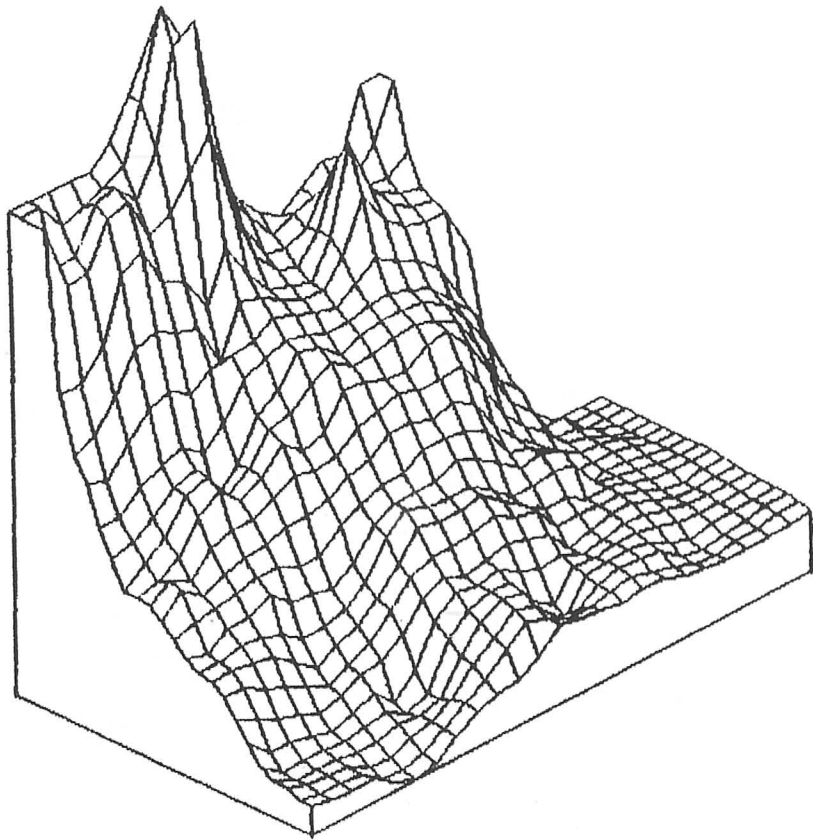
MURO DE RELLENO F1 PARCIAL

EJE X



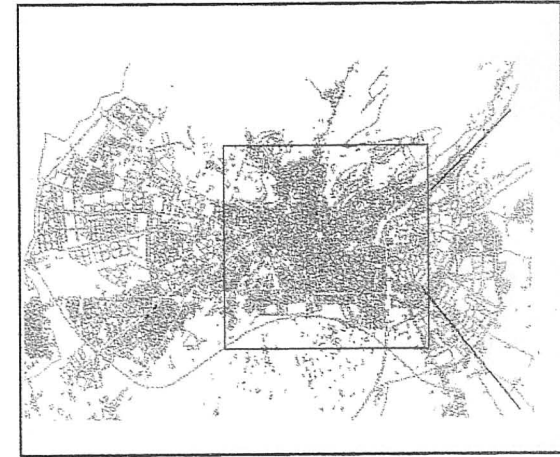
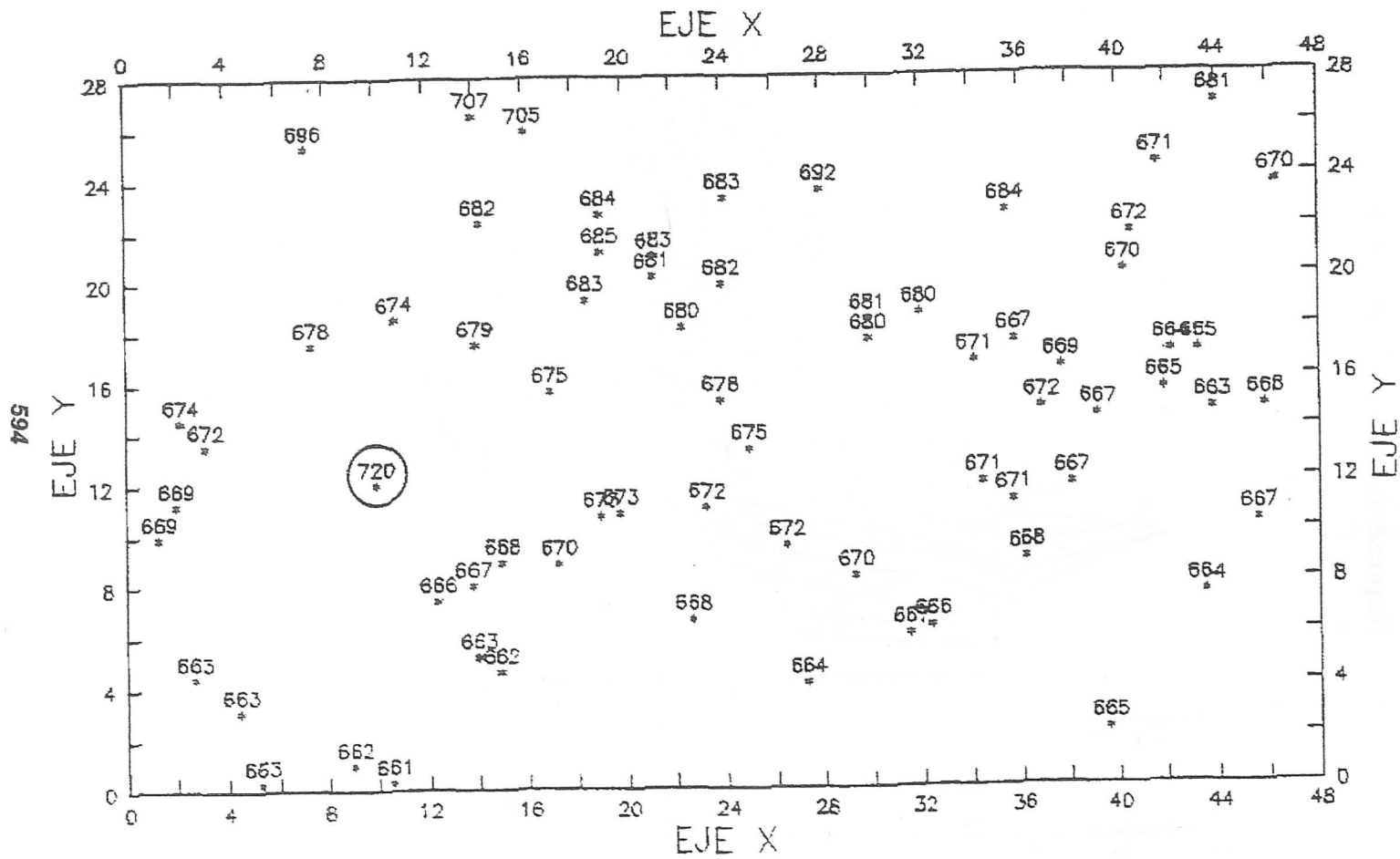
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



MURO DE RELLENO F1 PARCIAL

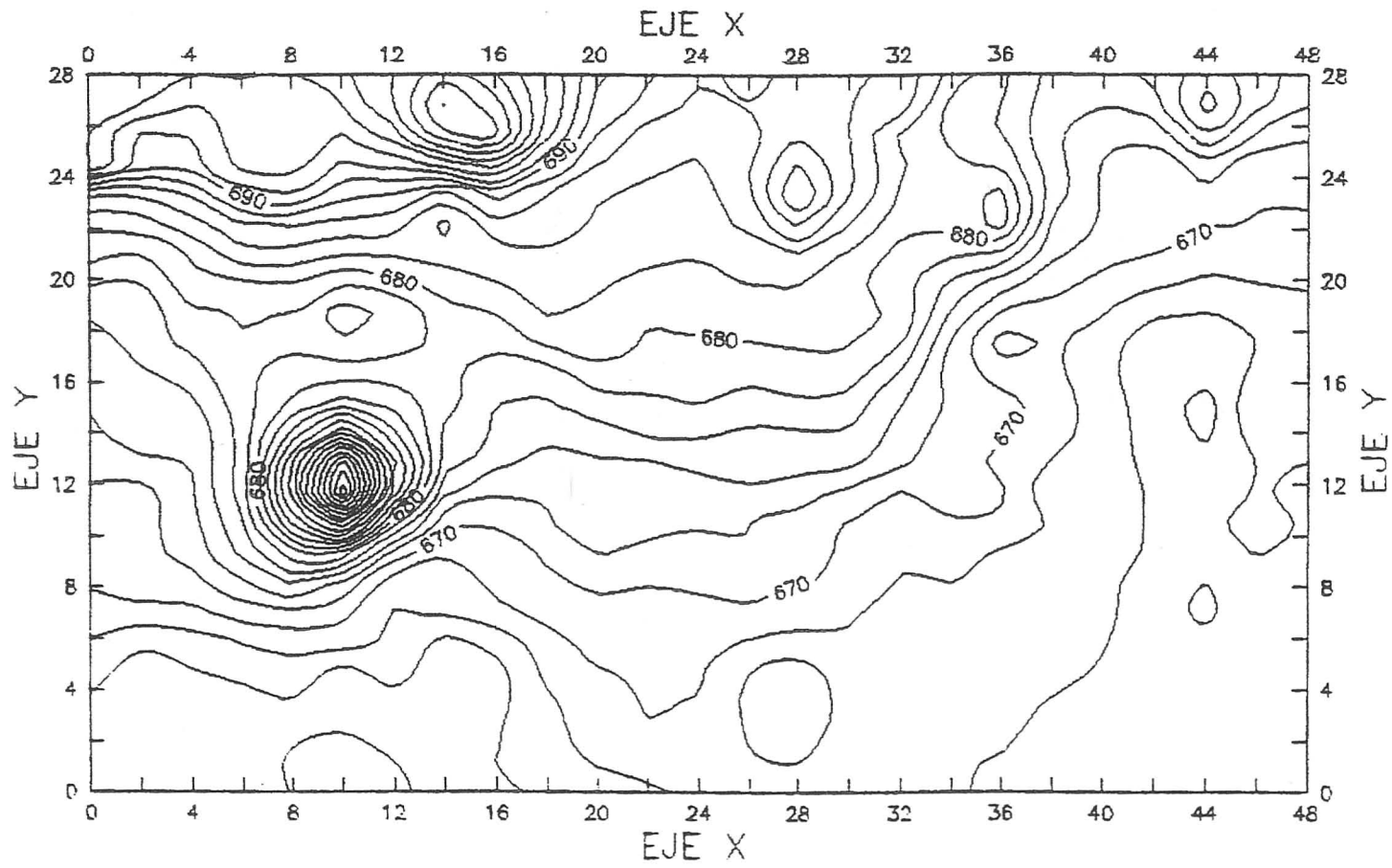
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 1



Croquis de Ubicación

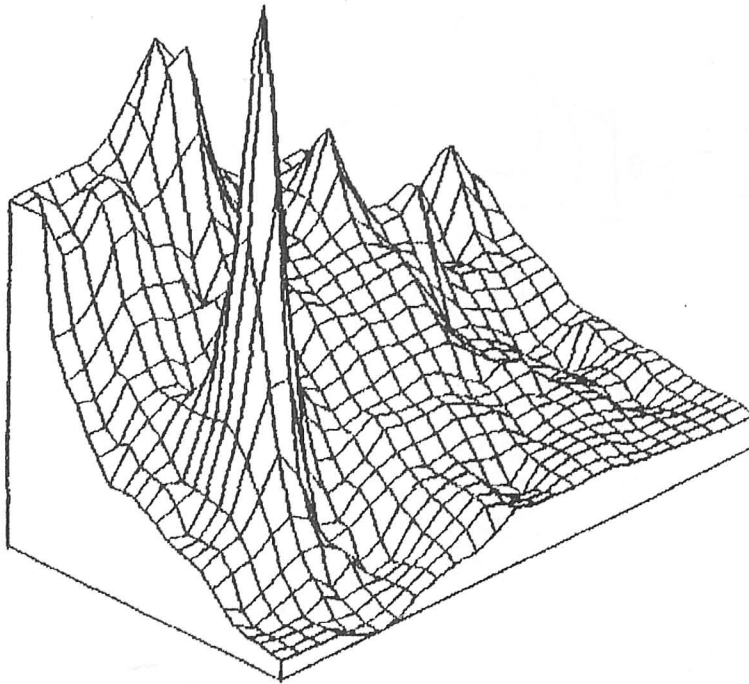
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO)1

595



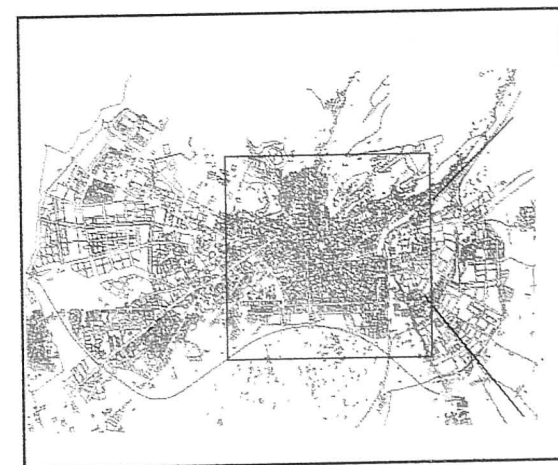
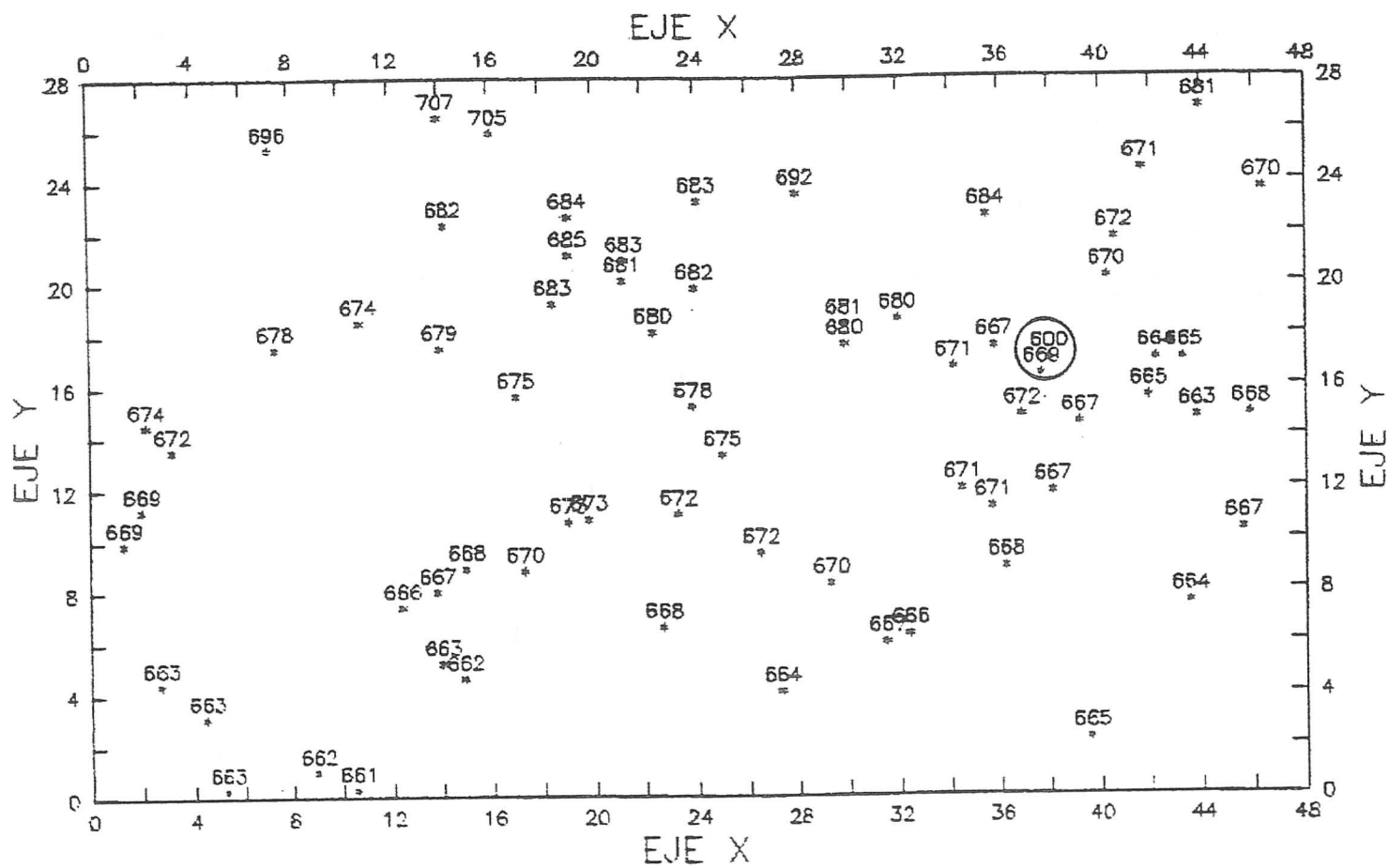
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 1

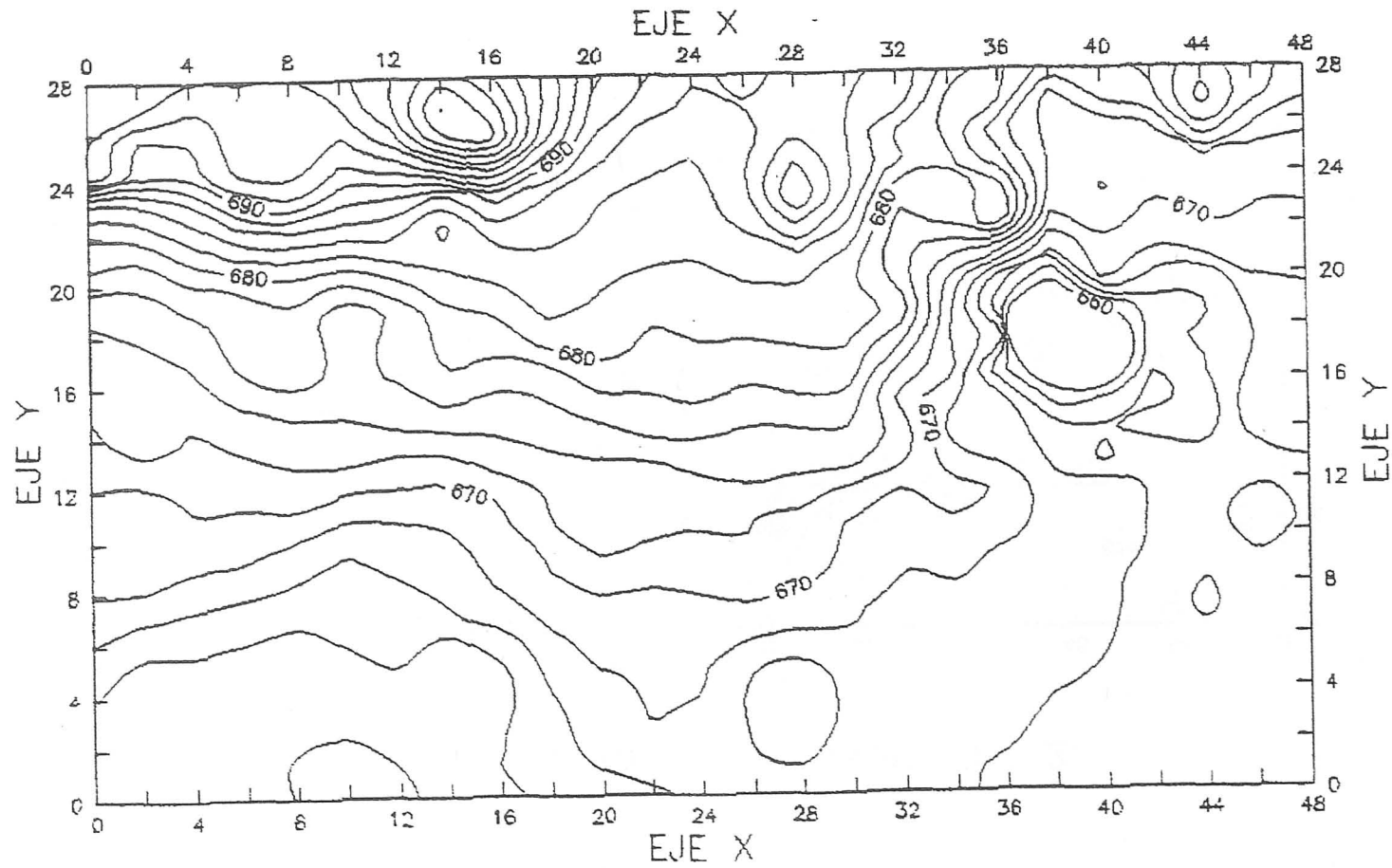
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 2



Croquis de Ubicación

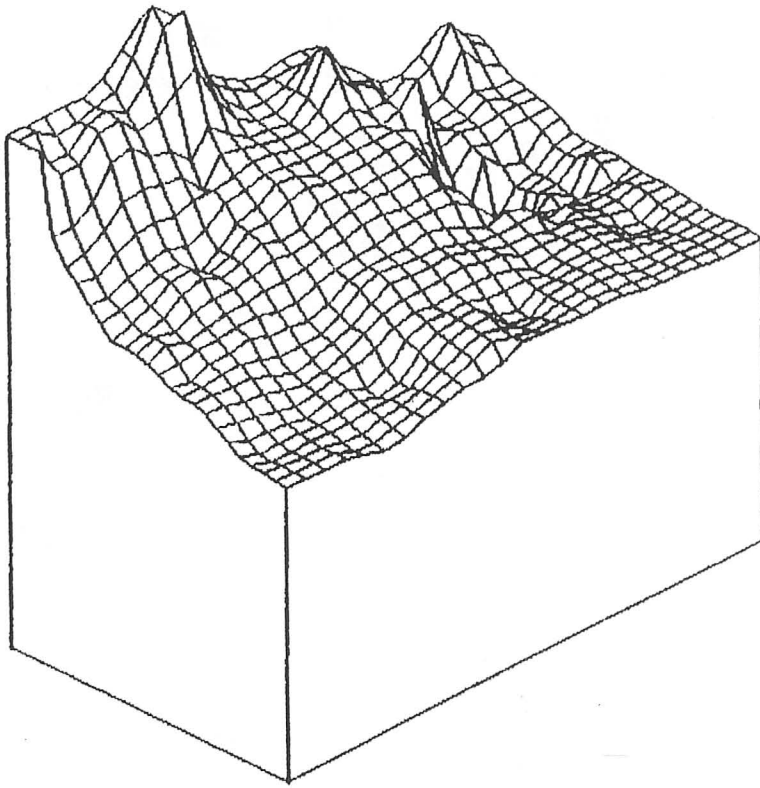
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 2

598



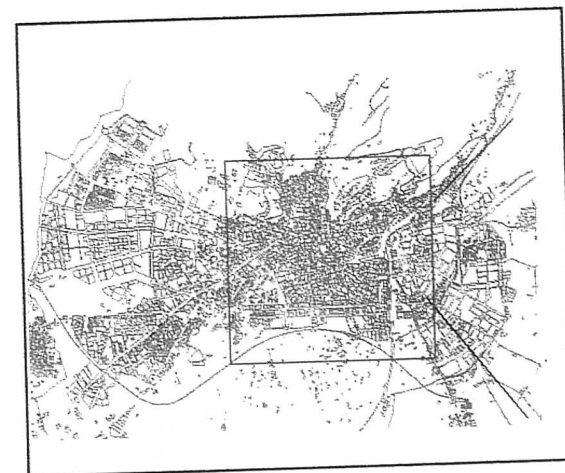
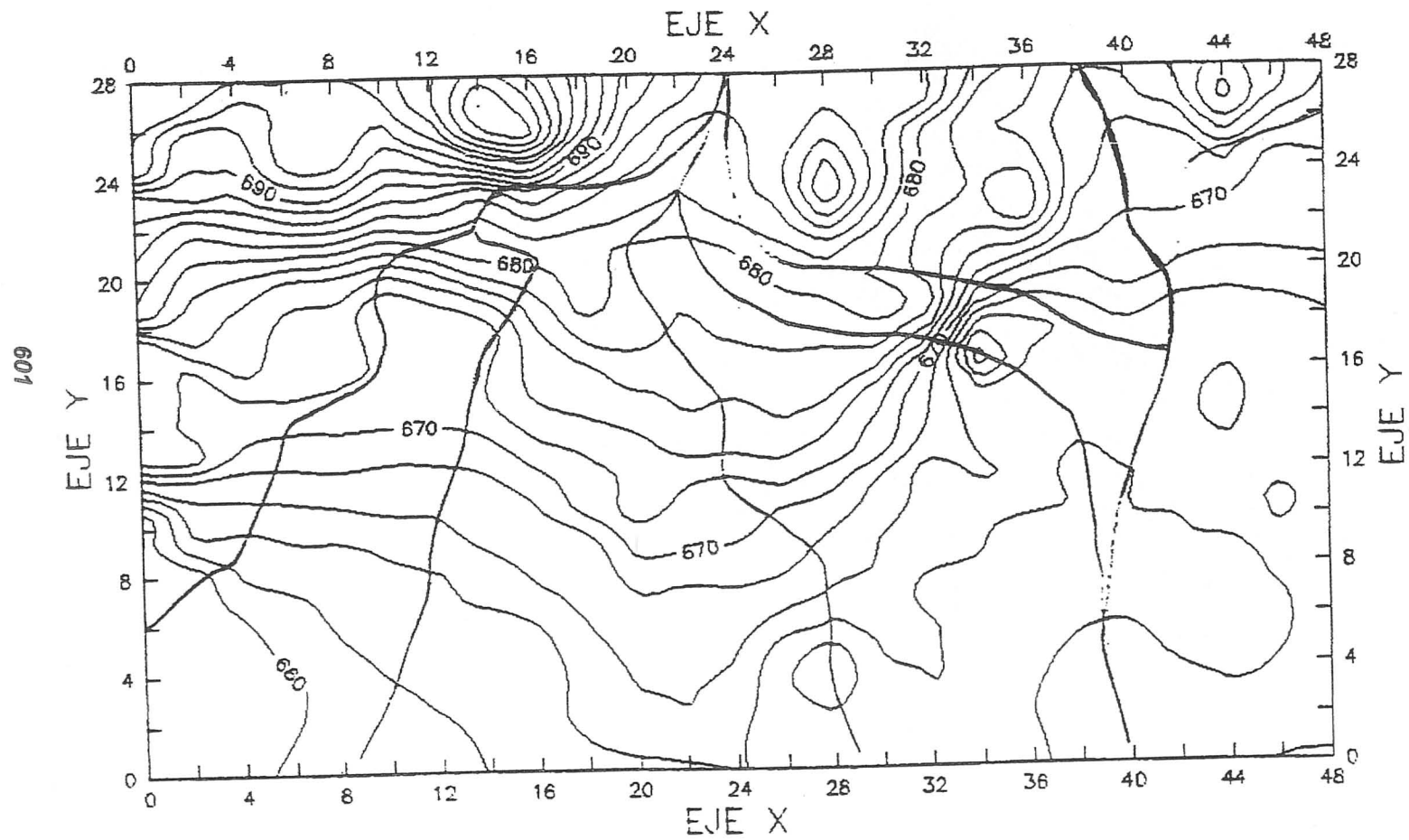
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



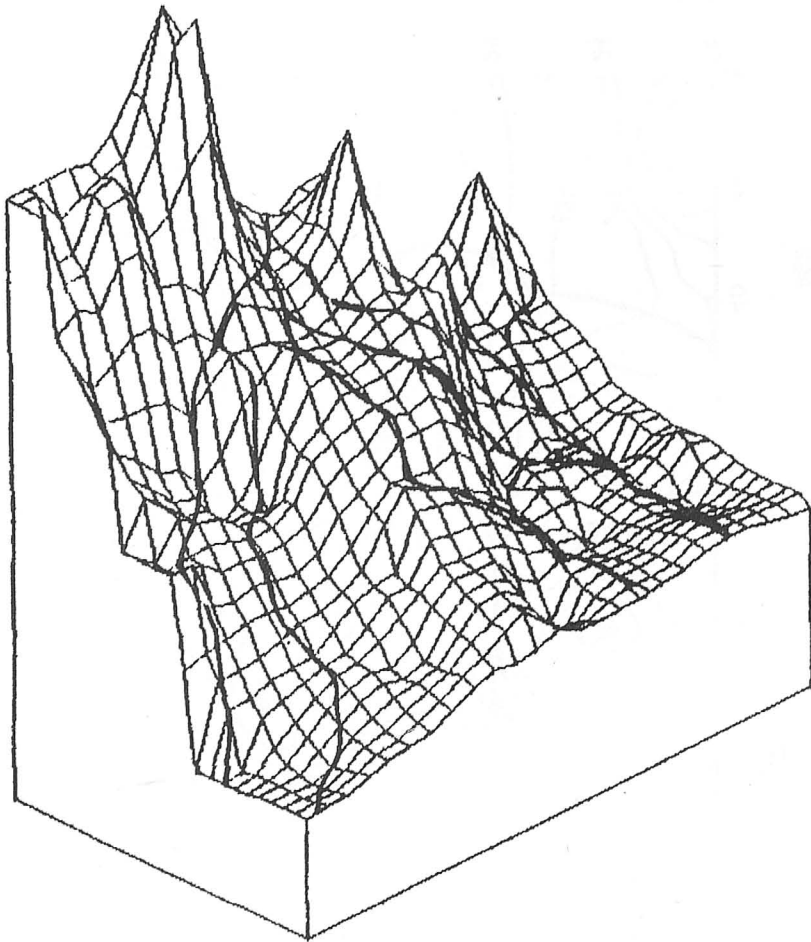
MURO DE RELLENO F1 (DATO ANOMALO) 2

TECHO DE MATERIAL GRANULAR



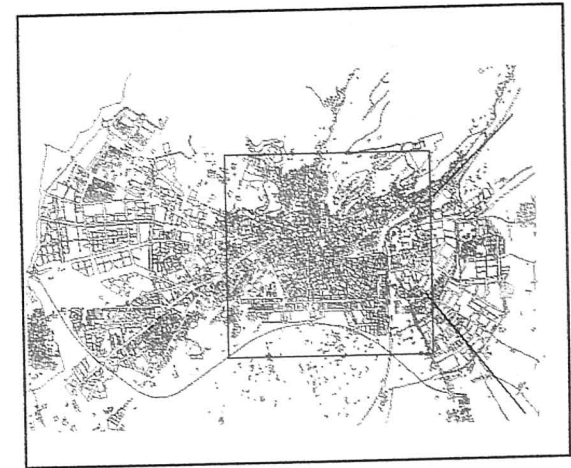
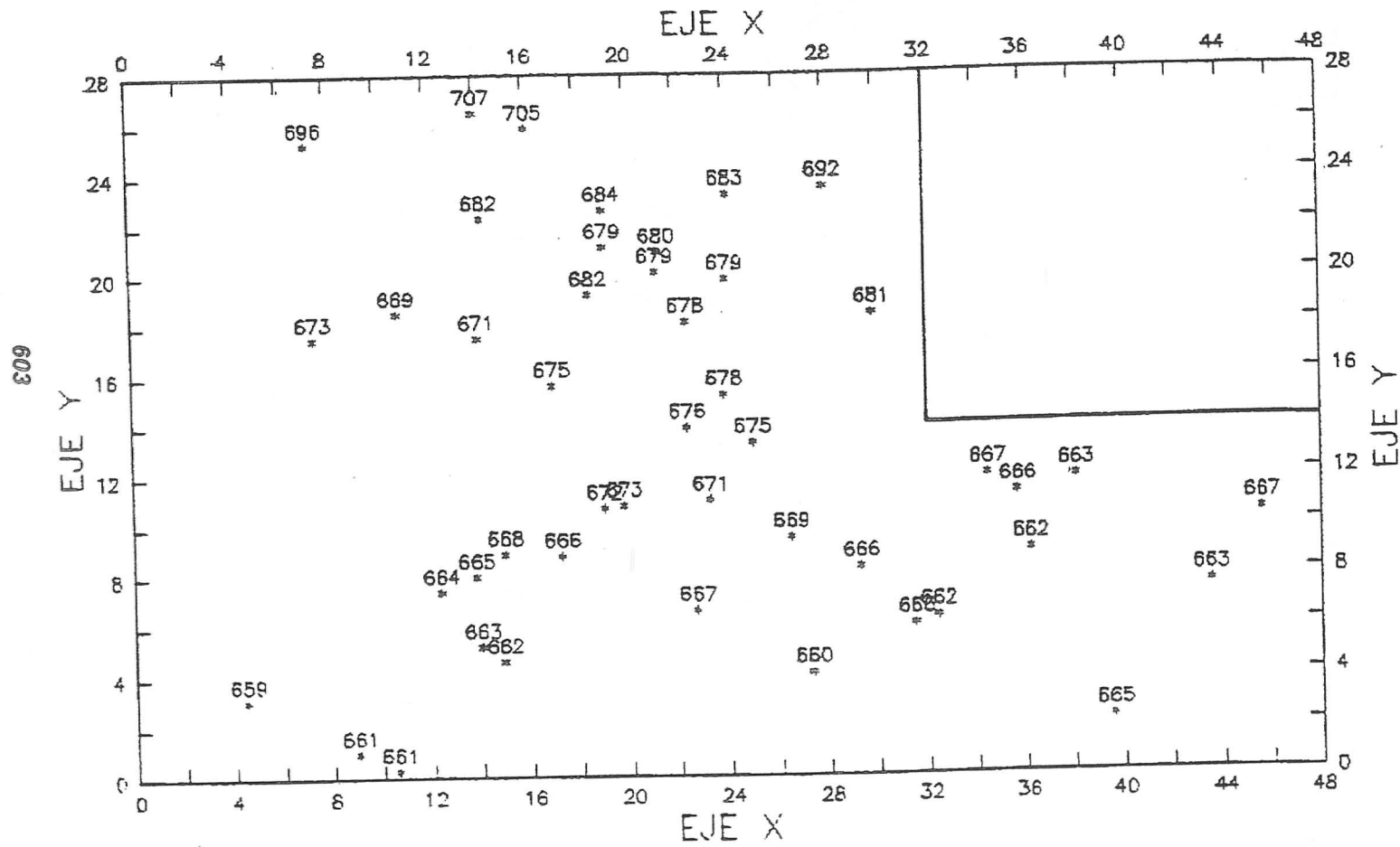
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



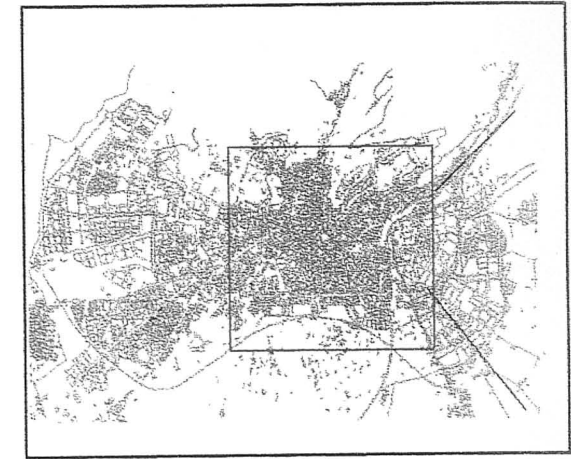
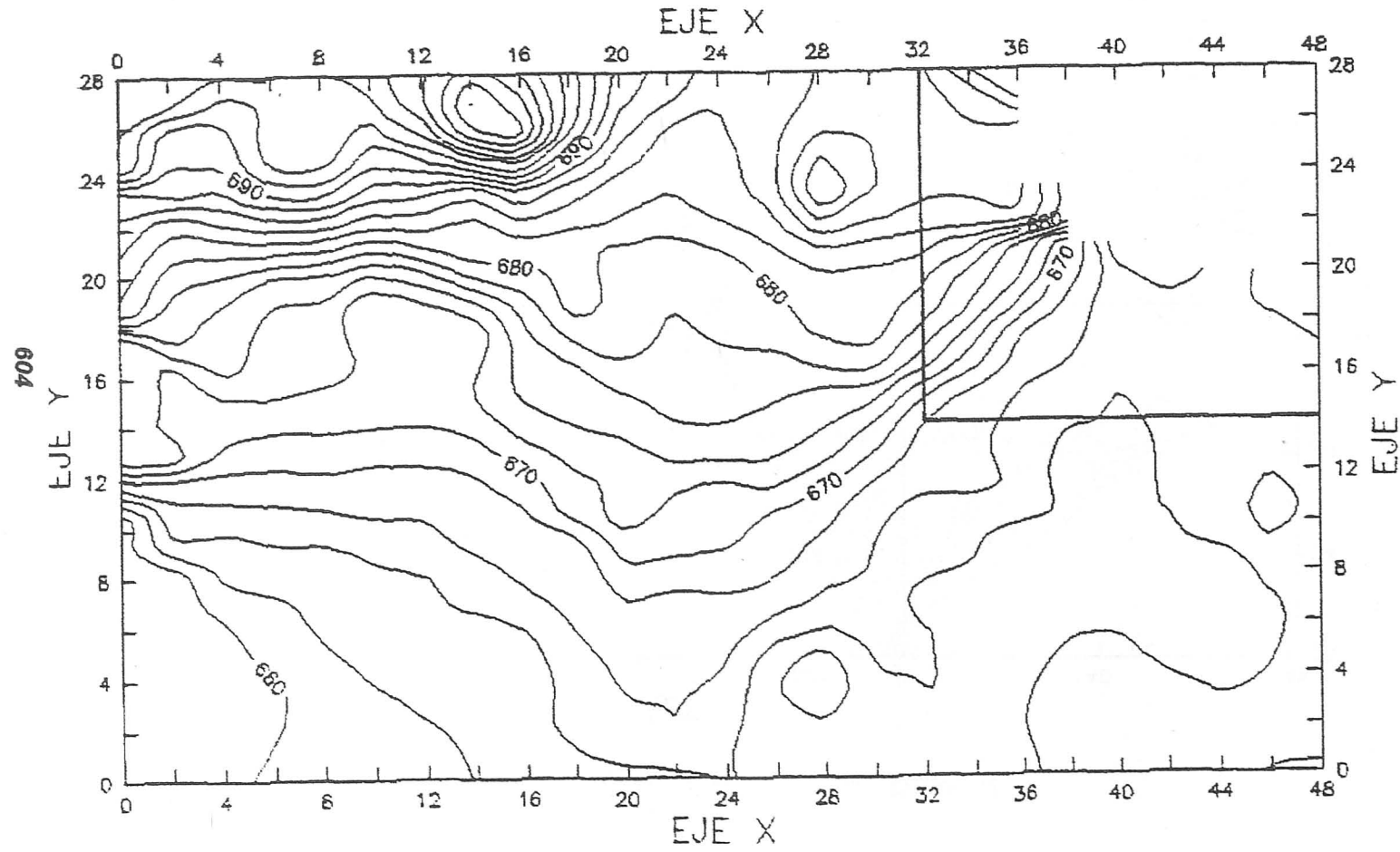
TECHO DE MATERIAL GRANULAR

TECHO DE MATERIAL GRANULAR PARCIAL

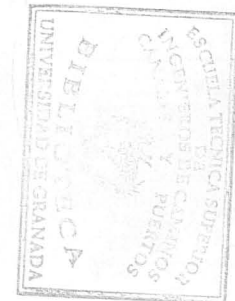


Croquis de Ubicación

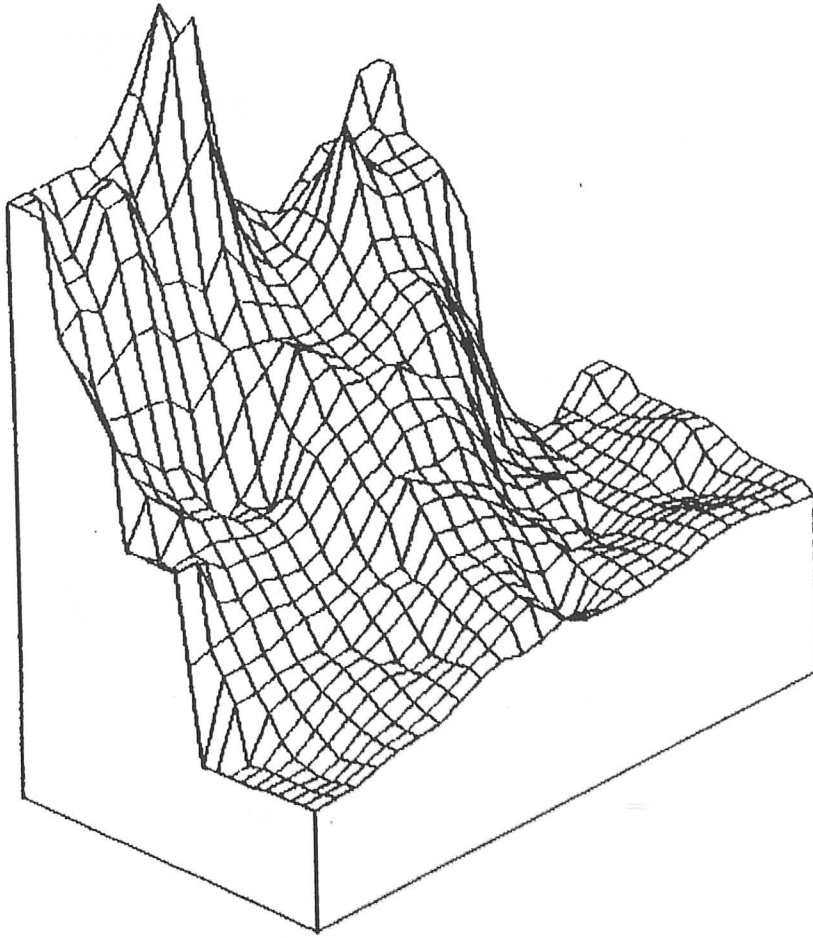
TECHO DE MATERIAL GRANULAR PARCIAL



Croquis de Ubicación

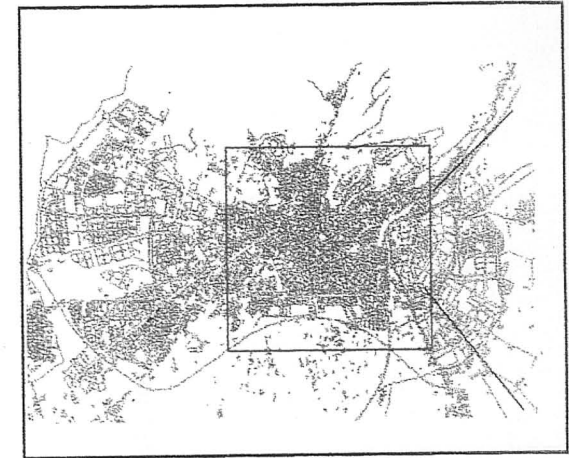
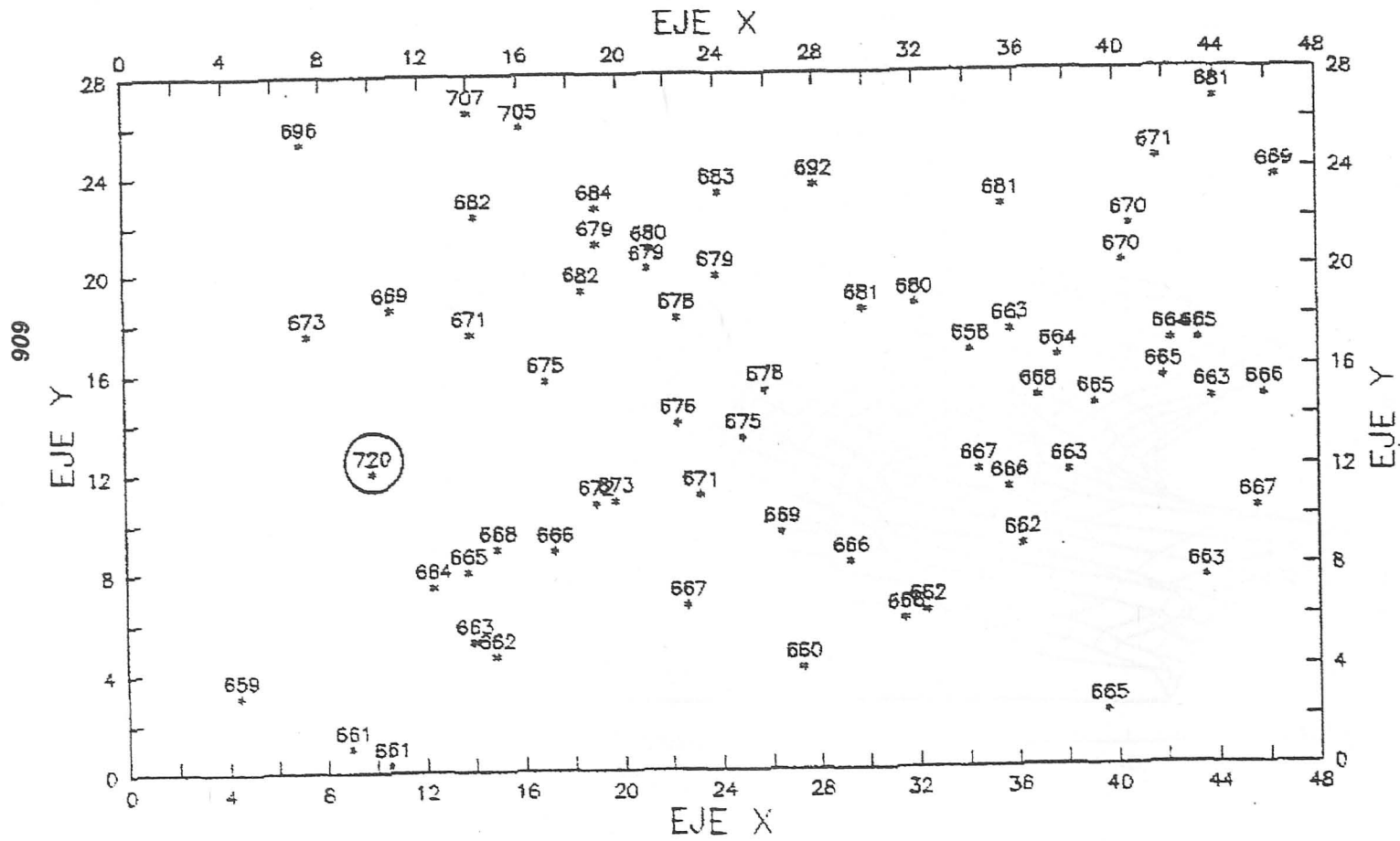


Representación Tridimensional



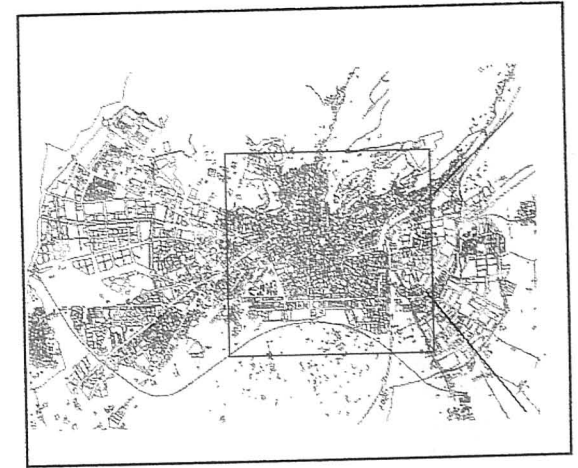
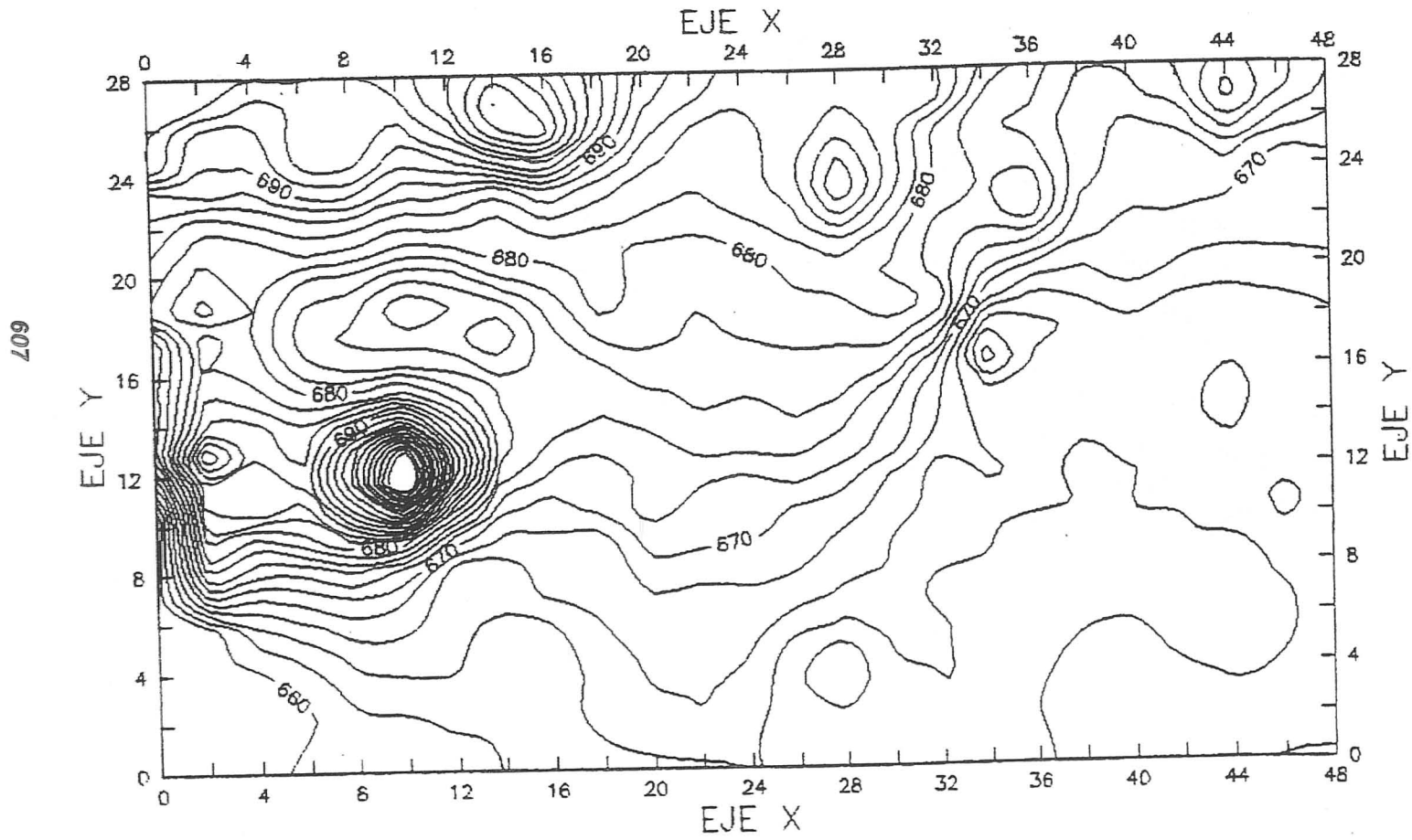
TECHO DE MATERIAL GRANULAR PARCIAL

TECHO DE MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO) 1



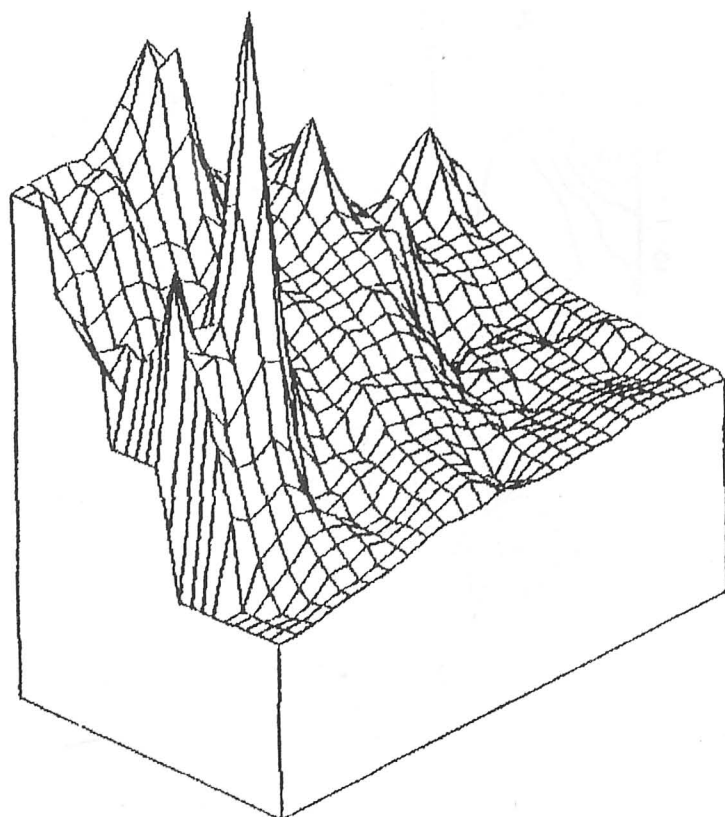
Croquis de Ubicación

TECHO DE MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO)1



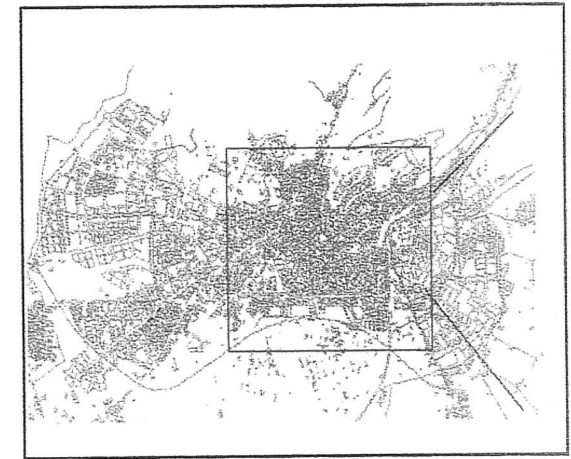
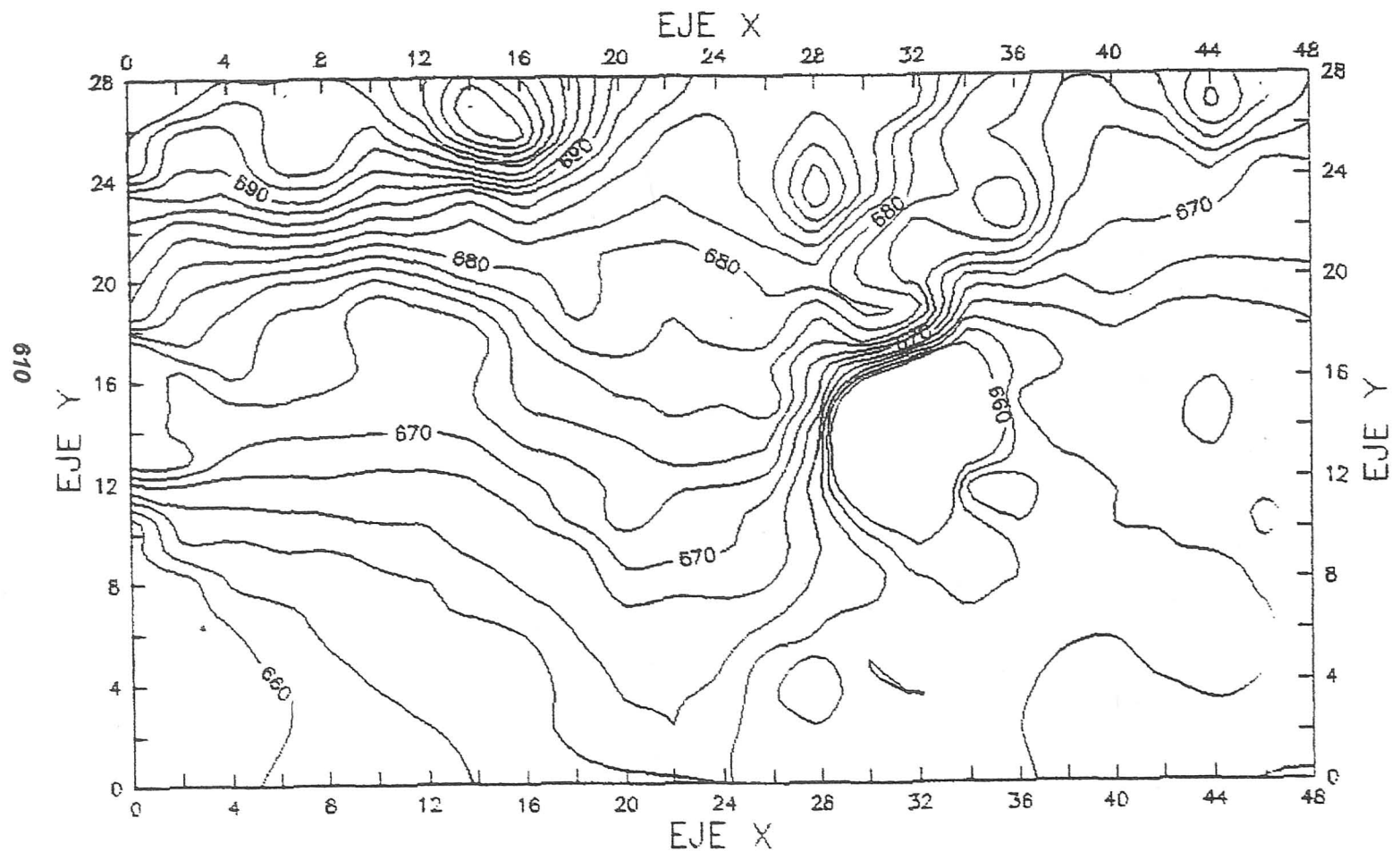
Croquis de Ubicación

Representación Tridimensional



TECHO MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO) 1

TECHO DE MATERIAL GRANULAR (DATO ANOMALO) 2



Croquis de Ubicación