



ENTECSA

LABORATORIO DE ENSAYOS TÉCNICOS, S.A.

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Fernando García Hermoso

Geólogo

**ENTECSA**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR. HUESCA, 17 de enero de 2006**

# **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

- **EL ESTUDIO GEOTÉCNICO**

- **PROYECTOS:**

- **CAMINOS**

- **BALSAS**

- **CIMENTACIONES**

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **EL ESTUDIO GEOTÉCNICO**
  - **PRELIMINARES. “OBLIGACIONES” DEL PETICIONARIO**
    - **SABER LO QUE QUIERE**
    - **TIPO DE PROYECTO PARA EL QUE SE SOLICITA EL ESTUDIO GEOTÉCNICO**
    - **CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**
    - **PLANOS**
      - **SITUACIÓN DEL ÁREA A ESTUDIAR**
      - **TOPOGRAFÍA ORIGINAL DEL EMPLAZAMIENTO**
      - **PLANTA DEL PROYECTO**
    - **PERFILES:** Longitudinal: caminos rurales, balsas  
Transversales: caminos rurales, balsas, edificaciones
  - **PLAZOS**
  - **OTROS “DATOS DE INTERÉS”:**
    - Propietarios terrenos, arrendatarios, ...
    - Servicios afectados: conducciones de agua, teléfono, etc...

# **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

- **EL ESTUDIO GEOTÉCNICO**
  - **DEBE CONTENER TODOS LOS DATOS RELEVANTES PARA LA CORRECTA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO**
  - **SE ELABORA EN BASE A ENSAYOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO ADECUADOS AL TIPO DE PROYECTO PARA EL QUE SE SOLICITA**
  - **INCLUIRÁ RECOMENDACIONES PROPIAS PARA CADA TIPO DE PROYECTO:**
    - **Balsas**
    - **Caminos rurales**
    - **Edificaciones (naves agrícolas, ...)**

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

## • EL ESTUDIO GEOTÉCNICO

**INFORME GEOTÉCNICO:** Conjunto de **reconocimientos** del terreno y la **interpretación** de los datos obtenidos, que permiten **caracterizar** los diversos suelos presentes en la zona de estudio.

**OBJETIVOS:** determinar

- Tipo de cimentación
- Nivel apoyo
- Presión trabajo
- Talud excavación/contención paredes
- Posición nivel freático
- Modo excavación
- Agresividad de suelos y agua
- Solución a problemas terreno

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

## • EL ESTUDIO GEOTÉCNICO

### – ENSAYOS DE CAMPO:

DIRECTOS

#### • Sondeos mecánicos:

- Rotación, extracción continua de testigos
- Ensayos *in situ*:
  - S.P.T.
  - Muestras inalteradas
  - Ensayos de permeabilidad: *Lefranc* (suelos), *Lugeon* (roca)
  - Piezómetro (PVC)

#### • Calicatas:

- Estabilidad paredes
- Nivel de agua
- Muestras alteradas e inalteradas
- Ensayos *in situ* (*soil test* y *Vane test*)

INDIRECTOS

#### • Penetraciones dinámicas:

- D.P.S.H
- Borros

#### • Geofísica:

- Sísmica de refracción
- Tomografía



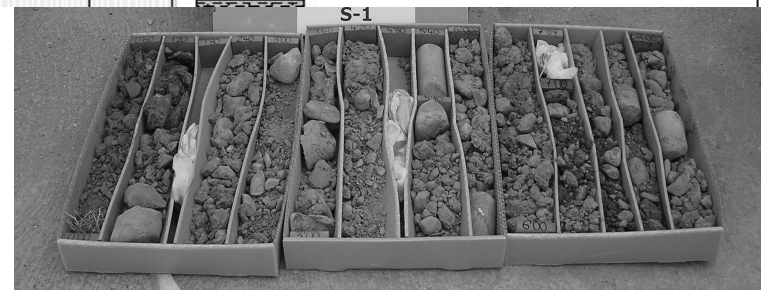
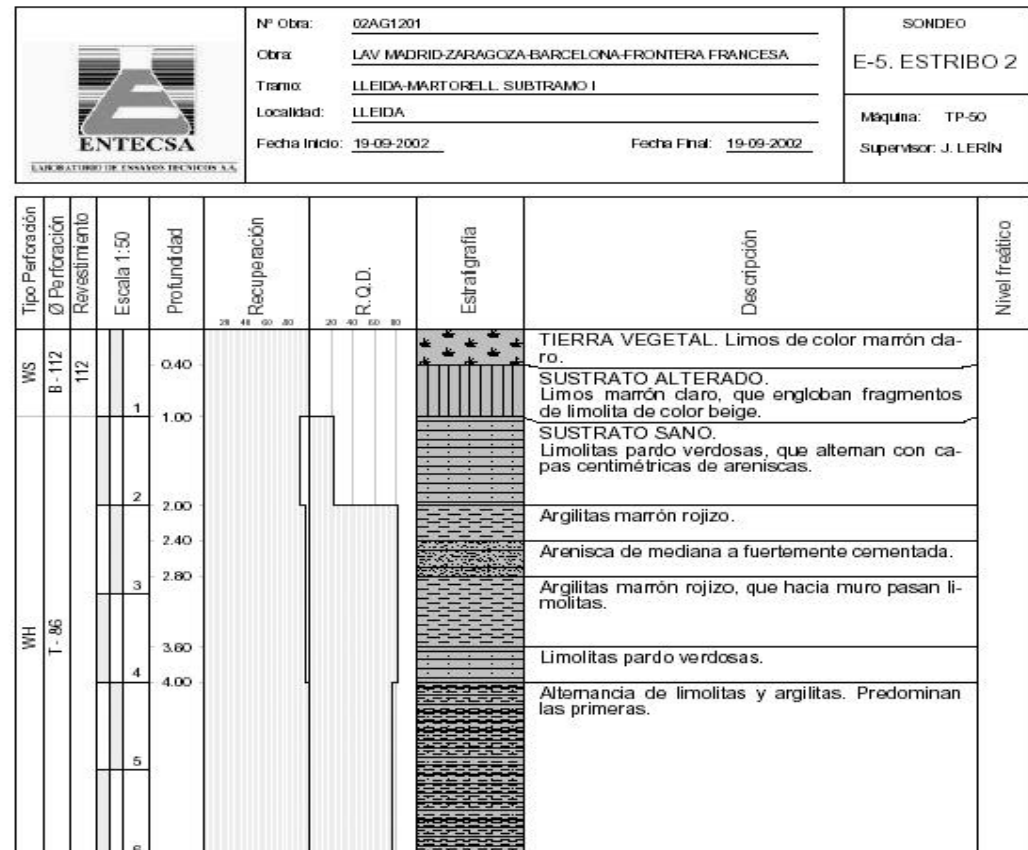
# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Sondeos mecánicos:**

**SONDEAR:**

- Técnica que se emplea para hacer un agujero (SONDEO) en la tierra o en una construcción
- El tipo de sondeo dependerá del fin que se persiga, y en segundo lugar de la rapidez y economía

**Sondeo geotécnico:** Perforación de pequeño diámetro que permite reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno, así como extraer muestras del mismo y realizar ensayos “in situ”.



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Sondeos mecánicos a rotación**

- **Ventajas**

- Obtención de muestra alterada en toda la columna
- Alcanzan grandes profundidades
- Permite reconocer el terreno bajo nivel freático
- Atraviesa capas de roca de alta resistencia
- Toma muestras inalteradas
- Ensayos *in situ*: S.P.T., presiómetros, ...
- Ensayos de permeabilidad: *Lefranc* (suelos), *Lugeon* (roca)
- Piezómetro (PVC)





# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Calicatas:**

**Definición:** Excavación del terreno para observarlo directamente

**Tipos:** manuales y mediante retroexcavadora (giratoria/mixta/mini)

**Objetivo:** Observación, toma de muestras y realización de ensayos “in situ” del terreno



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

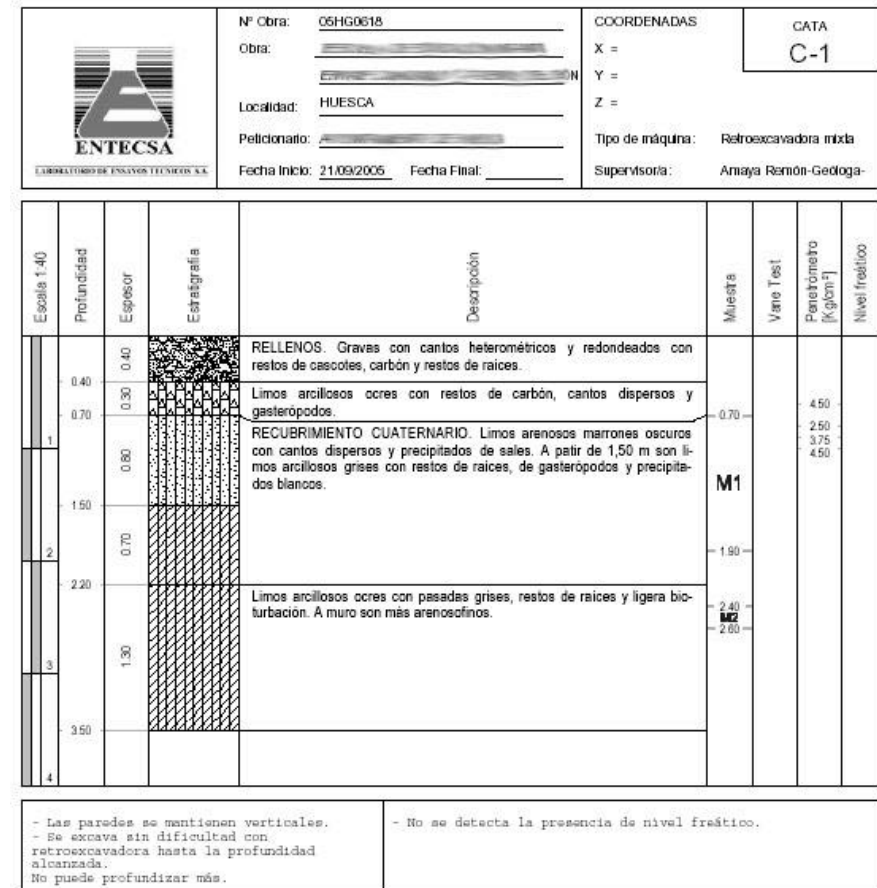
## • Calicatas:

### Ventajas

- Observación directa y amplia del terreno
- Mejorar diagnosis de rellenos
- Tomar muestras alteradas, inalteradas y de agua
- Realización ensayos *in situ*
- Rapidez de ejecución y bajo coste económico

### Inconvenientes

- Profundidad de reconocimiento limitada
- Materiales necesariamente “ripables” con retroexcavadora
- Problemas de desmoronamiento de paredes impidiendo la observación
- Alteran las características resistentes del terreno afectado por la excavación
- Presencia de nivel freático



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Penetraciones dinámicas:**

**Procedimiento:**

- Consiste en hincar un utensilio metálico de dimensiones normalizadas (puntaza) en el suelo por golpeo o empuje
- Es el ensayo *in situ* más usual

**Tipo de penetraciones:**

- Estática: se realiza por empuje
- Dinámica: se realiza mediante golpeo
  - D.P.S.H. vs BORROS

**Objetivo:**

Dar idea de la resistencia del terreno, correlacionado con la fuerza o golpeo necesaria para hincar la puntaza.



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Penetraciones dinámicas:**

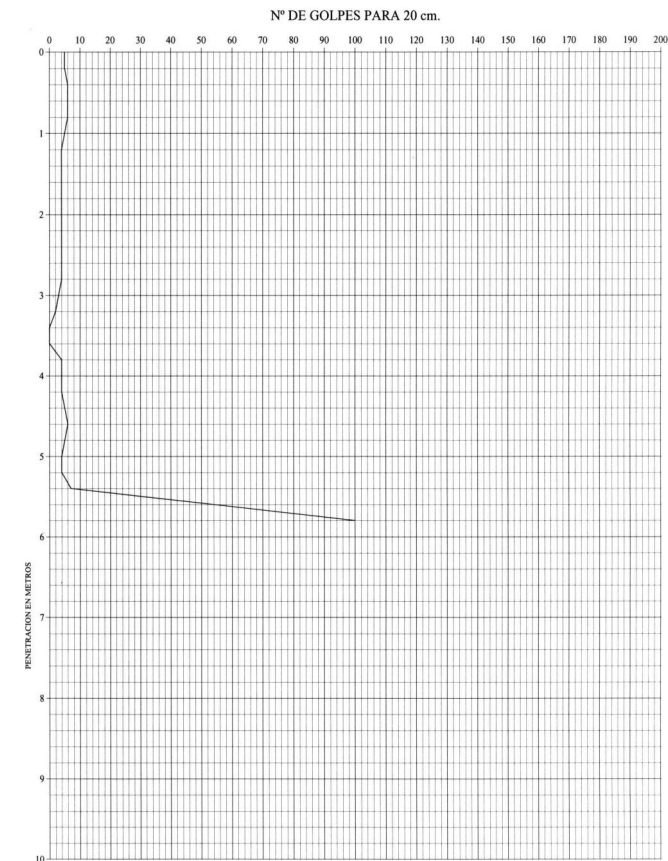
## **Ventajas:**

- Es rápido y económico
- Existe una amplia experiencia y correlaciones con muchos otros ensayos

## **Inconvenientes:**

- No se obtiene muestra de terreno (método indirecto)
- La energía suministrada en el penetrómetro está normalizada. Problemas en materiales muy compactos o muy blandos
- Un reconocimiento basado únicamente en penetraciones puede originar un estudio geotécnico nefasto

<b>ENTECSA</b> <small>LABORATORIO DE ENSAYOS TÉCNICOS S.A.</small>	TRABAJO: Borja (Zaragoza)	COORDENADAS X = Y = Z =	PENETRACION P - 7
	FECHA: 01 - 10 - 01 Automático Tecoinsa. SONDISTA: A. Martinez. AYUDANTE:		



Observaciones: - Ensayo de penetración dinámica D.P.S.H.  
- Rechazo con 100 golpes.

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Métodos geofísicos:**

- Objetivo:**

- Determinar propiedades físicas del terreno
    - Determinaciones geológicas como estratigrafía de los materiales, disposición de heterogeneidades, fallas, nivel freático ...
    - Determinar propiedades de los suelos y rocas para deducir su comportamiento mecánico

- Tipos:**

- Métodos desde la superficie
    - Métodos en o entre sondeos
    - Métodos mixtos (superficie- sondeo)

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Métodos geofísicos:**

- **Métodos desde la superficie**

- **Gravimétricos:**

- Miden las variaciones o anomalías en la vertical del campo gravitatorio terrestre.
      - Detecta cavidades, delimita zonas de relleno o yacimientos arqueológicos

- **Magnéticos:**

- Miden anomalías del campo magnético
      - Se emplea en investigación minera

- **Sísmicos:**

- Mide las variaciones de la velocidad de propagación de ondas de choque a través del terreno
      - Sísmica de refracción / Sísmica de reflexión
      - Se utiliza para medir espesores de recubrimiento, profundidad de niveles freáticos,...

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Métodos geofísicos:**

- Métodos desde la superficie

- **Eléctricos:**

- Miden los campos de potencial eléctrico, tanto los naturales existentes en la corteza terrestre como los artificialmente provocados

- Miden las propiedades eléctricas de las rocas y del agua que rellena sus poros como: resistividad, conductividad, actividad electroquímica o constante dieléctrica

- Métodos eléctricos (S.E.)

- Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.)
        - Calicatas eléctricas
        - Tomografía eléctrica

- Métodos de campo variable (electromagnéticos)

- Sondeos electromagnéticos
        - Georradar

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Métodos geofísicos:**

- **Métodos en o entre sondeos**

- **Diagrafías o registros** en un sondeo y los ensayos sísmicos entre sondeo o desde superficie a un sondeo

- Se registra de una manera continua alguna característica física a lo largo de una columna de sondeo. Los métodos o parámetros más utilizados son la temperatura, salinidad, métodos eléctricos, electromagnéticos, sónicos,...

- Ejemplos: “Cros-Hole” y tomografía sísmica

- **Métodos superficie - sondeos**

- Métodos sísmicos que complementan los datos obtenidos en superficie del tipo “Down-Hole” y “Up-Hole”

- Otros ejemplos: Ensayo CPT y CPTU (con punta sísmica)



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Métodos geofísicos:**

- Inconvenientes:**

- Son **métodos complementarios** de investigación, **acompañando** a sondeos y/o calicatas
    - Distintas características en los materiales y sus posibles combinaciones pueden dar una misma respuesta física y por lo tanto llevar a error a la hora de la interpretación
    - Para una correcta interpretación es importante disponer de datos procedentes de reconocimientos directos

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Ensayos y pruebas *in situ***

**Objetivo:** Completar la información de los trabajos de campo citados anteriormente

**Ejemplos:**

- S.P.T. (en sondeos)
- Ensayo presiométrico (en sondeos)
- Ensayo de corte con molinete - VANE TEST (calicatas, muestras inalteradas)
- Ensayo con penetrómetro de bolsillo (calicatas, muestras inalteradas)
- Ensayo de carga con placa (calicatas, limitaciones...)

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

## – ENSAYOS DE LABORATORIO:

### **Materiales granulares (arenas/gravas):**

- Análisis granulométrico por tamizado
- Humedad
- Límites Atterberg
- Contenido en sulfatos, carbonatos y materia orgánica
- Proctor Normal/Modificado y CBR

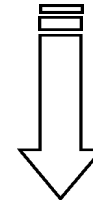
### **Materiales cohesivos (limos/ arcillas):**

- Análisis granulométrico por tamizado
- Límites de Atterberg
- Compresión simple
- Edometría
- Hinchamiento / colapso
- Corte directo
- Triaxial

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Muestras inalteradas:**

- **IDENTIFICACIÓN: Humedad, densidad, Granulometría, Límites de Atterberg**



**CLASIFICACIÓN DE CASAGRANDE**

- **QUÍMICA: sulfatos, materia orgánica, sales solubles, yeso, carbonatos,**

...

- **MECÁNICA DEL SUELO: Compresión simple, colapso, presión máxima de hinchamiento, hinchamiento libre, triaxial, edometría, corte directo, permeabilidad, alterabilidad, **dispersabilidad**, ...**

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Muestras alteradas:**

- **IDENTIFICACIÓN: Humedad, densidad aparente**
- **Granulometría, Límites de Atterberg (CLASIFICACIÓN DE CASAGRANDE)**
- **Proctor (normal o modificado)\*, C.B.R.,**
- **QUÍMICA: sulfatos, materia orgánica, sales solubles, yeso, carbonatos, ...**

→ **CLASIFICACIÓN PG- 3/ 75**

---

\* SEGÚN PROYECTO

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

## CLASIFICACIÓN PG- 3/ 75\*

CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES. Art. 3º. PG-3

	COR.	CTO.	NUC.	MAT.ORGANICA	SALES SOLUBLES (SS) [yeso incluido]	φ máx	# 0,4 UNE			
SELECCIONADOS				< 0,2 %	< 0,2 %	< 100 mm	< 15 % <sup>#</sup>			
ADECUADOS	CBR > 5	CBR > 3	CBR > 3	< 1 %	< 0,2 %	< 100 mm	# 2 UNE < 80 %	# 0,08 UNE < 35 %	LL < 40	SI LL > 30 → IP > 4
TOLERABLES				< 2 %	YESO < 5 %	SS (-YES) < 1 %	COLAPSO Astento < 1%	HINCHAM. < 3 %	< 65	SI LL > 40 → IP > 0,73(LL-20)
MARGINALES				< 5 %			< 5 %			SI LL > 90 → IP < 0,73(LL-20)
INADECUADOS				- Ninguno de los anteriores. - Turbas o con materiales perecederos (ramas,...). - Insalubres para las actividades que van a sustentar						

<sup>#</sup> O todas las condiciones siguientes:

# 2 UNE	# 0,4 UNE	# 0,08 UNE	LL	IP
< 80 %	< 75 %	< 25 %	< 30	< 10

\* MODIFICADO

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **Muestras “remoldeadas”:**
  - **Proctor (normal o modificado)** de referencia
  - **MECÁNICA DEL SUELO: Permeabilidad, colapso, presión máxima de hinchamiento, dispersabilidad, alterabilidad, ...**
  - **QUÍMICA: sulfatos, sales solubles, yeso, materia orgánica, carbonatos, ...**

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **CAMINOS RURALES**
  - **“PRELIMINARES”:**
    - **Trazado:**
      - Planos:
        - Localización del área a estudiar
        - Planta de los caminos
        - Perfil longitudinal, perfiles transversales (si procede por desmontes o rellenos de entidad)
    - **Posibles afecciones a servicios existentes**
    - **Accesos y permisos (si se conocen)**
    - **Estructuras y obras de fábrica a cimentar**



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **CAMINOS RURALES**

- **ESTUDIO GEOTÉCNICO:**

- **OBJETIVOS:**

- Definir tipos de explanada
      - Materiales de préstamo: procedencia, clasificación, uso, ...
      - Estudio de desmontes: excavabilidad, utilización de materiales, estabilidad de taludes, ...
      - Estudio de rellenos: terreno de apoyo, taludes, materiales, construcción, ...

- **TRABAJOS DE CAMPO:**

- Calicatas
      - Penetraciones dinámicas
      - Sondeos mecánicos

- **ENSAYOS DE LABORATORIO:**

- Identificaciones, P.N./ P.M.
      - Clasificación PG-3
      - Mecánica del suelo (cimentaciones): C.S., P.M.H., colapso, ...

# **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

- **CAMINOS RURALES**
  - **ESTUDIO GEOTÉCNICO:**
    - **NORMAS DE REFERENCIA:**
      - PG- 3/75 y sus modificaciones posteriores
      - Orden FOM/ 891/ 04: ahorras
      - Orden FOM/ 3460/03: secciones de firme
      - Instrucción 6.1 I-C: tipos de explanada

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

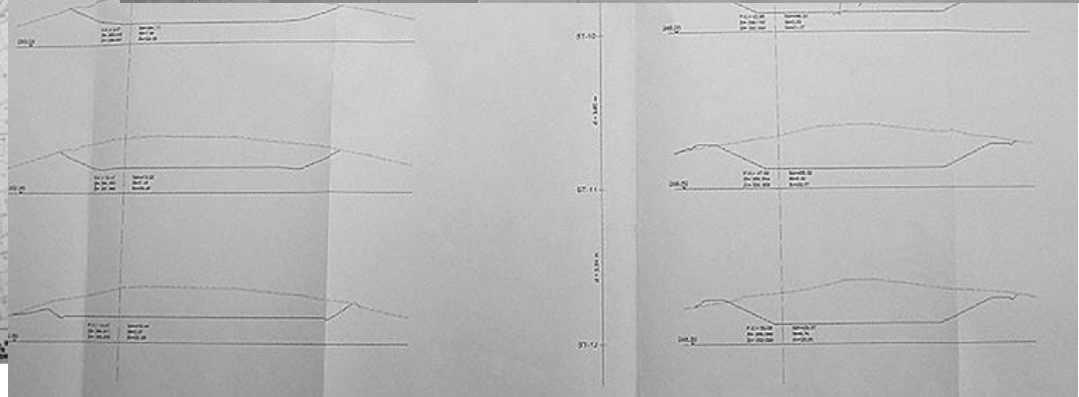
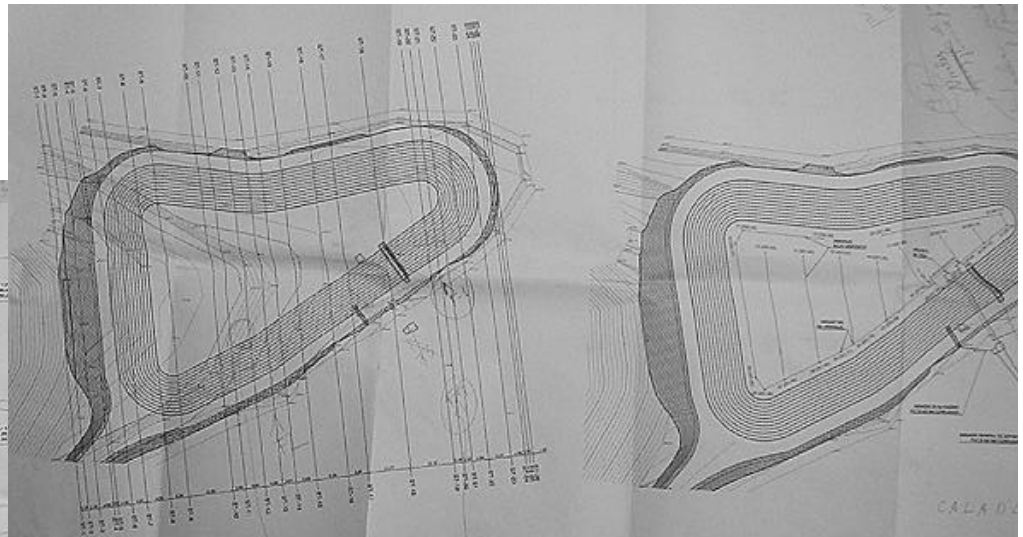
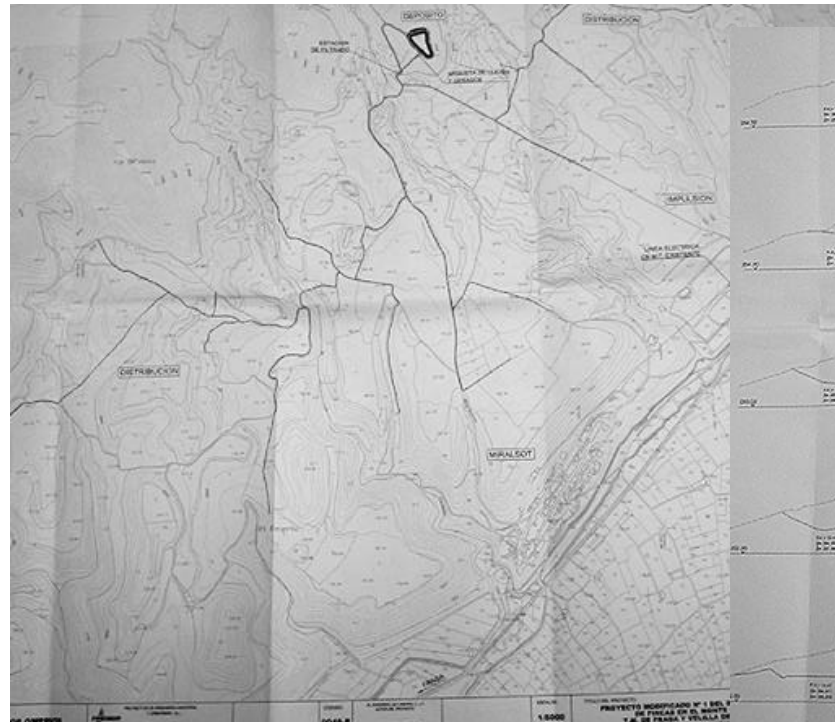
- **BALSAS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN**
  - **“PRELIMINARES”**:
    - **Emplazamiento:**
      - Planos:
        - Localización
        - Planta
        - Perfil longitudinal,
        - Perfiles transversales: desmontes/ rellenos
    - **Tipo de balsa**
      - Revestida:
        - Lámina impermeable
        - Materiales
      - No revestida
    - **Posibles afecciones a servicios existentes**
    - **Accesos y permisos (si se conocen)**
    - **Estructuras/ obras de fábrica a cimentar**

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **BALSAS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN**

- “PRELIMINARES”:

- **Emplazamiento:**



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **BALSAS**

- **ESTUDIO GEOTÉCNICO:**

- **OBJETIVOS:**

- Definir la permeabilidad del vaso
      - Materiales de préstamo: procedencia, clasificación, uso, ...
      - Estudio de desmontes: excavabilidad, clasificación del material de excavación, utilización de materiales, estabilidad de taludes, ...
      - Estudio de rellenos: terreno de apoyo, taludes, materiales, construcción, ...
      - Estabilidad de taludes naturales del entorno

- **TRABAJOS DE CAMPO:**

- **Balsas revestidas** (con lámina impermeable o materiales compactados):
        - Calicatas
        - Penetraciones dinámicas
      - **Balsas no revestidas:**
        - Sondeos mecánicos: ensayos de permeabilidad *in situ*
        - Calicatas
        - Penetraciones dinámicas
        - Geofísica

# **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

- **BALSAS**

- **ESTUDIO GEOTÉCNICO:**

- **ENSAYOS DE LABORATORIO:**

- Identificaciones
      - Clasificación PG-3
      - Mecánica del suelo: C.S., P.M.H., colapso, permeabilidad, dispersabilidad, alterabilidad, ...

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **REDES DE DISTRIBUCIÓN**
  - **ESTUDIO GEOTÉCNICO:**
    - **OBJETIVOS:**
      - Excavabilidad (ripabilidad)
      - Estabilidad de taludes de excavación
      - Presencia de nivel freático
      - Terreno de apoyo
      - Zonas de riesgo: karst, suelos colapsables, arcillas expansivas, ...
    - **TRABAJOS DE CAMPO:**
      - Calicatas

# **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

- **REDES DE DISTRIBUCIÓN**
  - **ESTUDIO GEOTÉCNICO:**
    - **ENSAYOS DE LABORATORIO:**
      - Identificaciones
      - Clasificación PG-3
      - Mecánica del suelo: C.S., P.M.H., colapso, ...
      - Ensayos químicos (sulfatos, ...)



# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **CIMENTACIONES**

- **“PRELIMINARES”:**

- **Emplazamiento:**

- Planos:

- Localización del área a estudiar
        - Planta de la edificación
        - Plano de cimentación,

- **Tipo de construcción**

- **Superficie construida**

- **Distancia entre apoyos, altura, material de la estructura, ...**

- **Existencia de rellenos**

# ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **CIMENTACIONES**

- **ESTUDIO GEOTÉCNICO:**

- **OBJETIVOS:**

- - Tipo de cimentación
      - - Presión trabajo
      - - Posición nivel freático
      - - Modo excavación
      - Nivel apoyo
      - Talud excavación/contención paredes
      - Agresividad de suelos y agua
      - Solución a problemas terreno

- **TRABAJOS DE CAMPO:**

- Calicatas
      - Penetraciones dinámicas
      - Sondeos mecánicos

- **ENSAYOS DE LABORATORIO:**

- Identificaciones: granulometría, límites de Atterberg, humedad natural, densidad
      - C.S., P.M.H., colapso, ...
      - Química: sulfatos