

## 1.- ANTECEDENTES

Por indicación del EXMO. AYUNTAMIENTO LA PUEBLA DE ALFINDEN se nos solicita la realización de los trabajos para el reconocimiento geotécnico en un solar situado en la C/. Mayor nº 19 en la localidad de La Puebla de Alfindén (prov. Zaragoza), destinado a la edificación de un edificio que constará de 2 sótanos + planta baja + 2 alturas.

El reconocimiento del terreno se ha realizado sobre la base de dos (2) sondeos mecánicos de 15.0 m de longitud y un (1) ensayo de penetración dinámica tipo borros. La situación de los ensayos realizados queda reflejada en el esquema de situación que se adjunta en el anexo-II.

El solar presenta una superficie aproximada de 800 m<sup>2</sup>. El edificio a construir se clasifica como una construcción tipo C-2, mientras que el tipo de terreno esperable en esta zona correspondería al grupo T-1/T-2.

El objetivo de los sondeos es identificar los diferentes estratos que constituyen el perfil litológico del terreno, realizándose los correspondientes ensayos "*in situ*" que nos permitan establecer la resistencia de los diferentes materiales atravesados. Además, se procede a la extracción y selección de una serie de muestras, representativas de los distintos niveles litológicos, para su posterior estudio y caracterización en el laboratorio.

Por otro lado, las penetraciones dinámicas permiten establecer un perfil de resistencias en función de la profundidad, hasta que se obtiene rechazo a la penetración. Sin embargo, no se obtiene muestra del terreno, por lo que no se puede caracterizar su naturaleza, así como tampoco es posible conocer datos del perfil de resistencias por debajo de la cota de rechazo.

El presente informe, que se distribuye en una memoria y un anexo gráfico, está constituido por el conjunto de trabajos realizados, tanto en el campo como en el laboratorio, así como por los resultados extraídos de los mismos.

## 2.- MARCO GEOLÓGICO

Desde un punto de vista geológico, nos encontramos en el Sector Central de la Depresión Terciaria del Ebro. El clima es de tipo continental, con una temperatura media anual de unos 15 °C y precipitaciones por debajo de 400 mm/año. Los periodos de máxima pluviosidad se concentran en primavera y otoño. Destaca la presencia un viento dominante procedente del NO (cierzo), bastante fuerte durante todo el año y en especial durante los meses fríos.

Dentro de la diferenciación litoestratigráfica establecida para el conjunto de los **materiales terciarios** de la cuenca (Quirantes, 1978: "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros". Tesis Doctoral. Instituto Fernando el Católico de la Excma. Diputación Provincial de Zaragoza), el área del entorno de la localidad de La Puebla de Alfindén pertenece a la "Formación Yesos de Zaragoza", integrada por lutitas, arcillas, margas y yesos masivos, concrecionales y nodulosos.

Sobre el sustrato terciario evaporítico, la actividad fluvial durante el **Cuaternario**, ha dado lugar al depósito de los materiales de terrazza, constituidos por gravas y arenas, entre las que pueden identificarse niveles, intercalados a modo de lentejones, de arcillas y limos, de espesor variable, que corresponden a la decantación de las partículas más finas transportadas por la dinámica fluvial.

Por otro lado, a techo del estrato de gravas y arenas, es frecuente detectar un nivel arcilloso-limoso, con un espesor variable, correspondiente a la llanura de inundación del río, sobre el cual se ha implantado la actividad antrópica, fundamentalmente agrícola, de tal forma que es frecuente detectar un nivel superficial de alteración de los limos y arcillas a un suelo vegetal, rico en materia orgánica, o bien un espesor variable de rellenos artificiales.

Sin embargo en la zona objeto de estudio, situada al pie del pronunciado escarpe terciario, se detecta un depósito típico de cono de deyección, caracterizado por presentar una estratificación difusa y escasa ordenación interna, y constituido generalmente por cantos de yeso englobados dentro de una matriz limo-arenosa.

### **3.- TRABAJOS REALIZADOS**

#### **3.1.- TRABAJOS DE CAMPO**

Los trabajos de campo se llevaron a cabo los días 28-29 de junio de 2007 emplazándose en la actual rasante de la parcela, coincidente con la rasante de la calle Mayor. Por tanto, los ensayos realizados presentan aproximadamente la misma cota de inicio.

##### **3.1.1.- SONDEOS MECÁNICOS**

Se han realizado dos sondeos de 15,0 m con extracción continua de testigo. Para la realización del mismo se ha empleado una máquina de rotación, montada sobre camión, utilizándose un diámetro máximo de perforación de 116 mm.

El testigo recuperado fue colocado en cajas de plástico que, debidamente organizadas (ver anexo IV), fueron trasladadas al laboratorio, para ser examinadas por personal técnico especializado.

##### **3.1.1.1.- PERFIL LITOLÓGICO Y NIVEL FREÁTICO**

Las columnas litológicas de los sondeos realizados pueden consultarse en el anexo-III, adjunto a esta memoria.

El corte estratigráfico en el punto investigado y desde el inicio del mismo viene definido en sentido descendente por los siguientes niveles litológicos:

- Nivel A. Relleno. Limo y arcilla con cantos, cascotes y restos de madera. Hasta los 1.8 m en S-2 y 20 cm en S-1.
- Nivel B. Limo arcilloso y limo arenoso marrón claro con pequeños cantos. Entre los 1.2-3.6 m de profundidad en P-1.
- Nivel C. Por debajo y hasta la máxima profundidad investigada (15.0 m), Limo-Arena yesífera beige blanquecina con algo-bastante grava

heterométrica (en general de < 2 cm, puntualmente de hasta 5 cm), angulosa-subangulosa y fundamentalmente de yeso.

Durante la fase de ejecución de los trabajos de campo, y hasta la profundidad investigada, no se ha detectado la presencia de **nivel freático**.

### **3.1.1.2.- ENSAYO ESTÁNDAR DE PENETRACIÓN (S.P.T.)**

Dentro de los trabajos llevados a cabo durante la ejecución de los sondeos, se han realizado los correspondientes S.P.T., con el objeto de conocer la resistencia, así como la mayor o menor densidad de los diferentes estratos atravesados.

La ejecución de este ensayo se ha llevado a cabo siguiendo las especificaciones contempladas en la Norma UNE- 103-800-92.

#### **Definición del ensayo**

El ensayo estándar de penetración (S.P.T.) viene definido por el número de golpes necesarios para hincar 30 cm un tubo tomamuestras normalizado, mediante una maza de 63.5 kg de peso, que cae desde una altura de 75 cm.

Cuando el terreno es arenoso-limoso, se utiliza la cuchara de Terzaghi y Peck (normalizado), de 2 pulgadas de diámetro exterior y 1 1/3 pulgadas de diámetro interior, mientras que para gravas se utiliza la puntaza cónica, cerrada en punta, de 2 pulgadas de diámetro y 60° de ángulo en punta.

#### **Método operativo**

Cuando la ejecución del sondeo llega a la cota en la que se desea llevar a cabo el ensayo, se detiene la perforación y se limpia el sondeo. Entonces se marcan 60 cm en el varillaje, divididos en grupos de 15 cm, contándose los golpes precisos para hincar los 30 cm centrales ( $N_{30}$ ).

Se considera que se ha obtenido rechazo cuando, al dar 50 golpes, el tomamuestras penetra menos de 15 cm, en cualquiera de los intervalos centrales de golpeo ( $N_{15}+N_{15}$ ).

### **Resultados obtenidos**

Sondeo N°	S.P.T. N°	Profundidad (metros)	N° de golpes $N_{30}=N_{15}+N_{15}$
1	1	2.0-2.6	24=11+13*
1	2	4.0-4.6	41=18+23
1	3	6.0-6.45	Rechazo*
1	4	8.0-8.5	80=37+43*
1	5	10.0-10.2	Rechazo*
1	6	12.0-12.35	Rechazo*
1	7	14.0-14.1	Rechazo*
2	8	1.8-2.4	25=10+15*
2	9	4.2-4.6	Rechazo*
2	10	6.0-6.2	Rechazo*
2	11	8.0-8.35	Rechazo*
2	12	10.10.25	Rechazo*
2	13	12.0-12.1	Rechazo*
2	14	14.0-14.09	Rechazo*

\* ensayos realizados con puntaza ciega

Los limos del nivel B detectados en el sondeo se caracterizan por presentar una compacidad-consistencia baja-media, ya que se obtiene un valor de  $N_{30}=8$ .

En el nivel C de limo-arena, los golpes obtenidos oscilan entre  $N_{30}=25-41$  y  $N_{30}=\text{rechazo}$ , por lo que su compacidad se define como densa a muy densa en profundidad.

### **3.1.2.- ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO BORROS**

#### **Definición del ensayo**

El ensayo continuo de penetración dinámica tipo Borros consiste en la hincada de una puntaza con su varilla en el terreno, mediante golpes de maza, con una altura de caída constante. Se ha utilizado un penetrómetro con caída de maza libre. El equipo Borros, tiene las siguientes características:

- Peso de la maza: 63.5 kg
- Altura de caída: 50 cm
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Sección puntaza: 16 cm<sup>2</sup>
- Puntaza terminada en pirámide, con ángulo en vértice de 90°

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa por los golpes necesarios para hincar la puntaza y su varilla en una longitud de 20 cm.

En lo sucesivo, designaremos N<sub>20</sub> al número de golpes.

La velocidad de golpeo de la maza se debe estimar a razón de 30 golpes por minuto.

Se dará por finalizado el ensayo cuando, dadas 2 series de 100 golpes cada una, la penetración sea igual o inferior a 5 cm.

#### **Procedimiento operatorio**

A través del ensayo de penetración dinámica tipo Borros se puede estimar la resistencia dinámica al hundimiento mediante la denominada "Fórmula de los Holandeses":

$$R_p = (M^2 \times H) / ((M+P) \times A \times (20/N_{20}))$$

Donde,

M= peso de la maza (63.5 kg)

H= altura de caída de la maza (50 cm)

P= peso de la puntaza (1.5 kg), accesorios fijos (2.10 kg)  
y varillas (6.15 kg)

A= área de la puntaza (16 cm<sup>2</sup>)

20/N<sub>20</sub>= penetración por golpe, en cm

Por otra parte, la correlación entre la resistencia a la penetración dinámica y estática, puede realizarse mediante un coeficiente, que varía en función del tipo de terreno normalmente entre 0.3 y 0.75 (según BUISSON).

Para la obtención de la presión admisible del terreno, aplicamos la fórmula de MEYERHOF simplificada, según la cual:

$$Q_{adm} = R_e / F$$

Donde,

$Q_{adm}$  = presión admisible de cálculo, en kg/cm<sup>2</sup>

$R_e$  = resistencia estática

F = factor que habitualmente suele tomarse entre 30 y 50

### **Resultados obtenidos**

Con los datos obtenidos en los ensayos, se han confeccionado los correspondientes gráficos de penetración, que relacionan el número de golpes ( $N_{20}$ ) con la profundidad en metros, así como los cuadros de resistencias dinámicas en punta, que pueden consultarse en el anexo gráfico III, adjunto al final de la presente memoria.

En el ensayo realizado se pueden diferenciar los siguientes tramos resistentes:

- Tramo 1: hasta una profundidad de 3.0 m, coincidiendo con el nivel A de rellenos y el nivel B detectado en los sondeos los valores son bajos, de  $N_{20}=4-8$ . Puntualmente presenta valores elevados
- Tramo 2: a partir de esta profundidad se produce un brusco y progresivo aumento con valores de  $N_{20}>30$  y de  $N_{20}>50$  a partir de los 4.0 m y  $R_p>200$  kp/cm<sup>2</sup>, hasta la profundidad de rechazo. Este tramo correspondería a la base del nivel C arenoso definido en los sondeos, que a estas profundidades se caracterizaría con una compacidad muy densa.

### **3.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO**

Tras la testificación del material extraído en el sondeo, se seleccionaron una serie de muestras, representativas de los diferentes tipos de terreno reconocidos, para ser examinadas por personal técnico especializado en el

laboratorio, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización (ver anexo-I):

- Granulometría de suelos por tamizado, Norma UNE-103-101-95.
- Determinación de los Límites de Atterberg, Normas UNE-103-103-94 y UNE-103-104-93.
- Determinación del contenido en sulfatos solubles, para conocer el grado de agresividad del suelo frente al hormigón, según la “Instrucción de hormigón EHE”.

#### **4.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

El perfil litológico del terreno en el punto donde se realizaron los sondeos y desde el inicio de los mismos viene definido por los siguientes niveles en sentido descendente:

Nivel A: rellenos

Nivel B: Limo arcilloso-arenoso

Nivel C. Arena

##### **Nivel A**

Rellenos compuestos por arcilla y limo marrón con gravas. En el sondeo S-1 se observan 20 cm, mientras que en S-2 hasta los 1.8 m, aunque dada la heterogeneidad con que se suelen acopiar estos depósitos, hay que tener en cuenta que en otros puntos de la parcela pudieran tener un mayor o menor desarrollo.

Estos materiales serán totalmente eliminados en el proceso de excavación del sótano, por lo que su caracterización geotécnica carece de relevancia.

##### **Nivel B**

Se trata de limo arcilloso-arenoso marrón claro, se detecta hasta los 3.6 m de profundidad en el sondeo S-1 y se interpreta hasta 3.0 m en la penetración dinámica.

La muestra ensayada se clasifica según Casagrande como de tipo SM y para ella pueden resumirse los siguientes parámetros geotécnicos:

- Clasificación:

Material que pasa tamiz 0.08UNE: 46%

Material que pasa tamiz 5UNE: 95%

No plástico

Grupo Casagrande: SM

- Golpeo Borros:  $N_{20}=4-5$

- Golpeo S.P.T.:  $N_{30}=18$  (valor corregido por puntaza)

- Compacidad baja-media

### **Nivel C**

A partir de 1.8-3.6 m y hasta la máxima profundidad investigada (15.0 m), se localiza un nivel de arena yesífera beige blanquecina con algo-bastante grava heterométrica (en general de < 2 cm, puntualmente de hasta 5 cm), angulosa-subangulosa y fundamentalmente de yeso y caliza.

Su compacidad es densa ( $N_{30}=25-41$ ;  $N_{20}>30-50$ ) a muy densa ( $N_{30}=\text{rechazo}$ ;  $N_{20}=70\text{-rechazo}$ ) en profundidad.

La muestra ensayada se clasifica según Casagrande como de tipo SM y para ella pueden resumirse los siguientes parámetros geotécnicos:

- Clasificación:

Material que pasa tamiz 0.08UNE: 8-25%

Material que pasa tamiz 5UNE: 72-94%

No plástico

Grupo Casagrande: SM, SP-SM

- Ángulo de rozamiento interno (por correlaciones):  $\phi=30^{\circ}-34^{\circ}$

- No cohesivo

- Densidad aparente (por correlaciones):  $\gamma=1.8$  a  $1.95$  t/m<sup>3</sup>

- Módulo de deformación elástica estimado por correlaciones

$E=140-300$  kp/cm<sup>2</sup>;

- Coeficiente de Poisson estimado por tablas y correlaciones  $\nu=0.3$ ;

Cabe destacar la abundante presencia de yeso identificada en el terreno, que en ocasiones constituye el cemento que traba los cantos, confiriendo a

algunos tramos una elevada compacidad, pero haciendo que estos suelos sean susceptibles de colapsar, dada la elevada solubilidad del yeso.

Presentan una deformabilidad media-elevada asociada fundamentalmente a la disolución del yeso.

La morfología de los cantos (subangulosa) y la heterometría y mala clasificación de los materiales, delata el escaso transporte que han sufrido estos materiales.

Por todas estas características, este conjunto de materiales puede definirse como depósitos tipo "glacis". En algunos sectores del Valle del Ebro, y coincidiendo con la desembocadura de los barrancos a modo de conos de deyección, se presentan depósitos correspondientes a la sedimentación de los materiales transportados en épocas de lluvias torrenciales, originados a partir de la denudación de los relieves circundantes, que en este caso se corresponden con sedimentos terciarios arcillosos-margosos y evaporíticos, con un elevado contenido en yesos. En consecuencia, el tipo de sedimentos son arcillas, limos y arenas de carácter yesífero y de génesis relativamente reciente, por lo que apenas han sufrido consolidación de ahí, su baja consistencia y compacidad.

Estos terrenos, cuando se encuentran en seco, pueden presentar una aceptable capacidad portante. Sin embargo, cuando se saturan en agua, pueden llegar a colapsar. Se trata de suelos con una estructura floja, lo que se manifiesta mediante densidades secas bajas a muy bajas, de tal forma que el terreno se caracteriza por "pesar poco" en muestra de campo.

## PERMEABILIDAD

A continuación se adjunta una tabla que permite obtener valores de **permeabilidad** orientativos, según el tipo de terreno.

Permeabilidad (m/día) (cm/seg)	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>
Tipo de terreno	Grava limpia	Arena limpia, mezcla grava y arena			Arena fina, arena arcillosa mezcla arena-limo-arcilla, arcillas estratiformes				Arcillas no meteorizadas		
Calificación	buenos acuíferos				acuíferos pobres				impermeables		
Capacidad drenaje	drenan bien					drenan mal			no drenan		
Uso en presas	partes permeables					pantallas impermeables					

(tomado de Benitez, p. 128)

Así para los diferentes tipos de terreno testificados en los perfiles litológicos y en base a la tabla D.28, del DB del Código Técnico de la Edificación (coincidente con la de Benitez), las permeabilidades serán:

1. Nivel A: se considera permeable por la propia naturaleza del terreno
2. Nivel B: Limos.  $K_s = 10^{-3} - 10^{-5}$  cm/seg
3. Nivel C: Arena.  $K_s = 10^{-1} - 10^{-3}$  cm/seg

### RIPABILIDAD / EXCAVABILIDAD

Los materiales testificados en la parcela pueden ser excavados con medios mecánicos convencionales (retroexcavadoras, giratorias,...).

## 5.- CIMENTACIONES

Desde el punto de vista de las cimentaciones, se deben de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El proyecto contempla la excavación dos sótanos, por lo que supondremos que la subrasante de cimentación se sitúa a una profundidad de 6.0 m, es decir, sobre el nivel C, de arenas.
- Dado el potencial de colapso que presentan los suelos yesíferos (fundamentalmente asociado a la solubilidad del yeso), se deben tomar medidas para evitar cambios de humedad del terreno, con los consiguientes

cambios de volumen derivados. Por ello, se recomienda la utilización de tuberías de P.V.C. con juntas elásticas, dimensionar aceras suficientemente anchas, proyectar una red de drenaje perimetral, evitar zonas ajardinadas y tomar todas las medidas que sirvan para prevenir infiltraciones de agua en el subsuelo.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, consideramos que debe descartarse una solución de cimentación tradicional mediante zapatas aisladas, y estimamos que se podrían valorar las siguientes **soluciones de cimentación**:

- a) Cimentación continua mediante zapatas corridas o vigas de cimentación
- b) Losa de reparto de cargas,

#### a) Cimentación continua

Suponiendo una cimentación continua empotrada en el nivel arenas con gravas, detectado a 1.8-3.6 m de profundidad, la carga de hundimiento ( $q_h$ ) de una zapata corrida vendrá dada por la siguiente expresión (TERZAGHI-PECK):

$$q_h = (c \times N_c) + (q \times N_q) + (0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma)$$

siendo,

$c$  = cohesión

$\gamma$  = densidad del terreno de cimentación

$q$  = carga que gravita sobre la base de la zapata

$B$  = ancho de la cimentación

$N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  = factores de capacidad de carga, que dependen del ángulo de rozamiento interno ( $\phi$ )

→ Suponiendo que el terreno no es cohesivo ( $c=0$  Kp/cm<sup>2</sup>), para un ángulo de rozamiento interno  $\phi=30^\circ$  los factores de capacidad de carga serán  $N_q= 18.40$  y  $N_\gamma= 22.40$  y considerando una densidad del terreno de cimentación del orden de  $\gamma=1.8$  t/m<sup>3</sup>, la carga de hundimiento vendrá dada por:

$$q_h = (0.5 \times 1.8 \times 18.40) + (0.5 \times 1.8 \times 1.5 \times 22.40) = 46.8 \text{ t/m}^2$$

Considerando un factor de seguridad  $F=3$ , la **carga admisible frente al hundimiento** quedará:

$$q_{adm} = q_h / F; q_{adm} = 46.8 / 3 \approx 15.6 \text{ t/m}^2 \approx \underline{1.5 \text{ kp/cm}^2}.$$

Para la estimación de los **asientos**, aplicando la teoría de la elasticidad, se puede considerar la siguiente expresión:

$$S = q \times B \times I \times ((1-\nu^2) / E)$$

Donde,

S = asiento elástico

q = presión de contacto zapata-terreno

B = ancho de la zapata

I = factor de influencia

$\nu$  = coeficiente de Poisson

E = módulo de elasticidad

Para el nivel de cimentación se pueden estimar los siguientes parámetros medios:

E (módulo de deformación elástica)=150 kp/cm<sup>2</sup>;

$\nu$  (coeficiente de Poisson)=0.3;

Para una carga de trabajo de 1.5 kp/cm<sup>2</sup> y considerando un ancho B=1.5 m, resulta un asiento elástico admisible:

$$S = 1.5 \times 150 \times 1.59 \times ((1-0.3^2) / 150) = 1.53 \text{ cm}$$

### **b) Losa de reparto de cargas**

Normalmente la carga admisible de trabajo recomendada para una losa viene condicionada fundamentalmente por los asientos totales y no por la carga admisible real del terreno.

Se puede plantear una cimentación compensada, debiendo cargar en el contacto losa-suelo natural el peso que supone el terreno excavado del solar, es decir restituyendo el estado tensional inicial del suelo antes de la excavación del sótano. De esta manera los asientos serán despreciables.

Si consideramos una excavación media de -6.0 m y una densidad del terreno excavado de  $\gamma_{\text{rellenos}}=1.4 \text{ t/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{limos}}=1.8 \text{ t/m}^3$ , la tensión efectiva del terreno en la base de la cimentación (sobrecarga de tierras), será del orden de:

$$2.0 \text{ m} \times 1.4 \text{ t/m}^3 + 4.0 \text{ m} \times 1.8 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 1.0 \text{ kp/cm}^2$$

Y por tanto la losa resultaría totalmente **compensada para una carga de trabajo de  $Q_{\text{trabajo}} \approx 1.0 \text{ kp/cm}^2$**

En cuanto al **coeficiente de balasto**, dado que el nivel de cimentación, va a quedar situado en materiales de naturaleza predominantemente limosa-arenosa (grupo ML y SM) y de compacidad densa se puede estimar un valor (para una placa cuadrada de 300 mm de lado) de  $K_{30} = 9.0-12.0 \text{ kp/cm}^3$ .

## **6.- CONCLUSIONES**

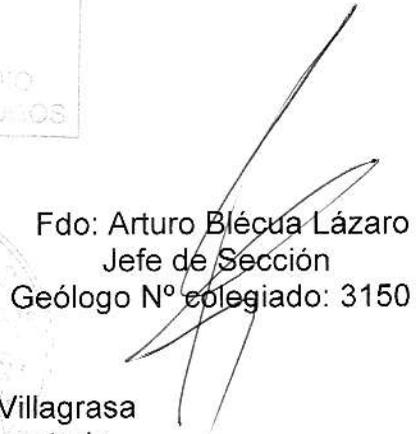
1. Por indicación de **EXMO. AYNTAMIENTO LA PUEBLA DE ALFINDEN** se nos solicita la realización de los trabajos para el reconocimiento geotécnico en un solar situado en la C/ Mayor, nº 19 en la localidad de La **Puebla de Alfindén** (prov. Zaragoza), destinado a la edificación de un edificio que constará de 2 sótanos+planta baja+ 2 alturas.
2. El **reconocimiento del terreno** se ha realizado sobre la base de dos (2) sondeos mecánicos y un (1) ensayo de penetración dinámica tipo borros.
3. Según la **norma sismorresistente** NCSE-02 (Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre, B.O.E. nº244 de 11 de Octubre de 2002), teniendo en cuenta las características de la edificación en proyecto y que en el caso que nos ocupa, la aceleración sísmica básica  $a_b < 0.04g$ , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad, no será necesaria la aplicación de la citada norma para el diseño de las cimentaciones.
4. A la vista del **corte litológico-resistente** del terreno deducido en los puntos donde se han realizado los ensayos de campo, y desde el inicio de los mismos podemos identificar los siguientes grupos de materiales:
  - Nivel A. Rellenos.
  - Nivel B. Limo arcilloso-arenoso
  - Nivel C. A partir de los 3.6 m en S-1 y de los 1.8 m en S-2 y hasta la máxima profundidad investigada (15.0 m), Arena yesífera beige blanquecina con grava heterométrica, subangulosa y fundamentalmente de yeso y caliza. Su compacidad es densa a muy densa en profundidad.
5. Durante la fase de ejecución de los trabajos de campo, y hasta la máxima profundidad investigada, no se ha detectado la presencia de **nivel freático**.

6. Debe tenerse en cuenta que, tanto los sondeos como las penetraciones dinámicas, son ensayos puntuales de muy pequeño diámetro, y sólo válidos para los puntos donde se realizan, por lo que las **correlaciones laterales** deben realizarse con las debidas precauciones.
  
7. Dada la abundante presencia de yeso detectada en el perfil litológico, el conjunto puede considerarse potencialmente colapsable. Por ello, se recomienda tomar **medidas** para evitar cambios de humedad del terreno, con los consiguientes cambios de volumen derivados. En este sentido, se recomienda la utilización de tuberías de P.V.C. con juntas elásticas, evitar zonas ajardinadas, dimensionar aceras suficientemente anchas, y tomar todas las medidas que sirvan para prevenir infiltraciones de agua en el subsuelo.
  
8. Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, así como la tipología de la edificación en proyecto (suponiendo una excavación de 6.0 m+ cimentación) y atendiendo al potencial de colapso que presentan estos suelos, (fundamentalmente asociado a la solubilidad del yeso) consideramos que debe descartarse una **solución de cimentación** tradicional mediante zapatas aisladas, y estimamos que se podrían valorar las siguientes soluciones de cimentación, empotradas en tramo de arenas del nivel C, detectado a partir de 1.8-3.6 m:
  - Cimentación continua mediante zapatas corridas o vigas de cimentación de tal forma que la carga transmitida al terreno no sea superior a  $Q_{trabajo}=1.5 \text{ kp/cm}^2$ .
  - Losa de reparto de cargas, que resulta compensada para una carga de  $Q_{trabajo}=1.0 \text{ Kp/cm}^2$ .
  
9. Considerando a que se tiene previsto excavar dos sótanos, sería conveniente tomar las **medidas** oportunas que garanticen la estabilidad de los **taludes** de excavación, máxime teniendo en cuenta que el solar se encuentra entre otras edificaciones y viales.

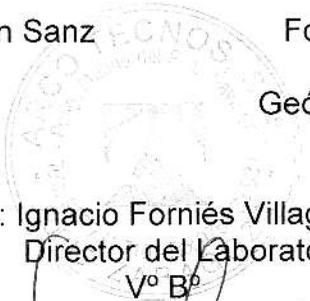
10. Dado por un lado el contenido en sulfatos solubles de las muestras analizadas y por otro lado la abundante presencia de yeso detectada en el terreno a simple vista en el terreno, se recomienda utilizar **cementos sulforresistentes** en la fabricación de los hormigones (Agresividad fuerte)



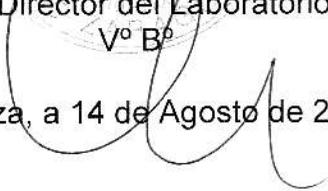
Fdo.: Mercedes Carrascón Sanz  
Geólogo  
Nº colegiado: 4883



Fdo: Arturo Blécula Lázaro  
Jefe de Sección  
Geólogo Nº colegiado: 3150



Fdo.: Ignacio Forniés Villagrasa  
Director del Laboratorio  
Vº Bº

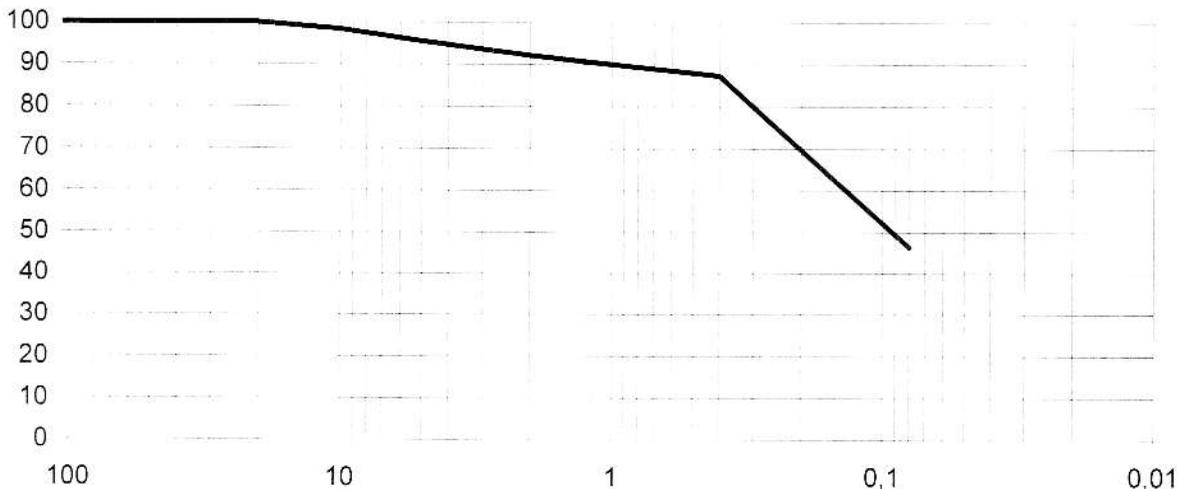


Zaragoza, a 14 de Agosto de 2007

**OBRA:** VIVIENDAS. C/ MAYOR N°19. LA PUEBLA DE ALFİNDEN (ZARAGOZA)  
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** SONDEO S-1. M-1 Profundidad: 2,4-3,0 m  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 29 de junio de 2007  
**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** ARENA LIMOSA

**RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**



Tamiz	150	100	80	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,08
%Pasa	100	100	100	100	100	100	100	98	95	92	87	46

**LIMITES ATTERBERG**

Límite líquido..... ----  
 Límite plástico..... ----  
 Índice de plasticidad..... NO PLÁSTICO

**PROCTOR NORMAL**

Densidad máxima g/cm³..... ----  
 Humedad óptima %..... ----

**ANÁLISIS QUÍMICO**

Sulfatos mg/kg (EHE)... ----  
 Carbonatos % CaCO3.. ----  
 Materia orgánica %..... ----  
 Sales solubles % ..... ----  
 Yesos % ..... ----

**ESTADO**

Humedad natural.....  
 Densidad seca g/cm³.....

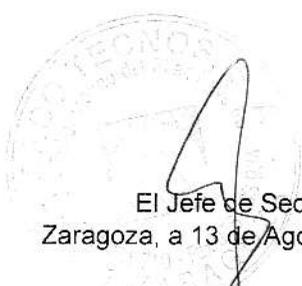
**INDICE C.B.R.**

CBR al 90 % compactación.... ----  
 CBR al 95 % compactación... ----  
 CBR al 100 % compactación... ----  
 Hinchamiento máximo %..... ----

**CLASIFICACIÓN DE**

**CASAGRANDE ..... SM**

**OBSERVACIONES:**

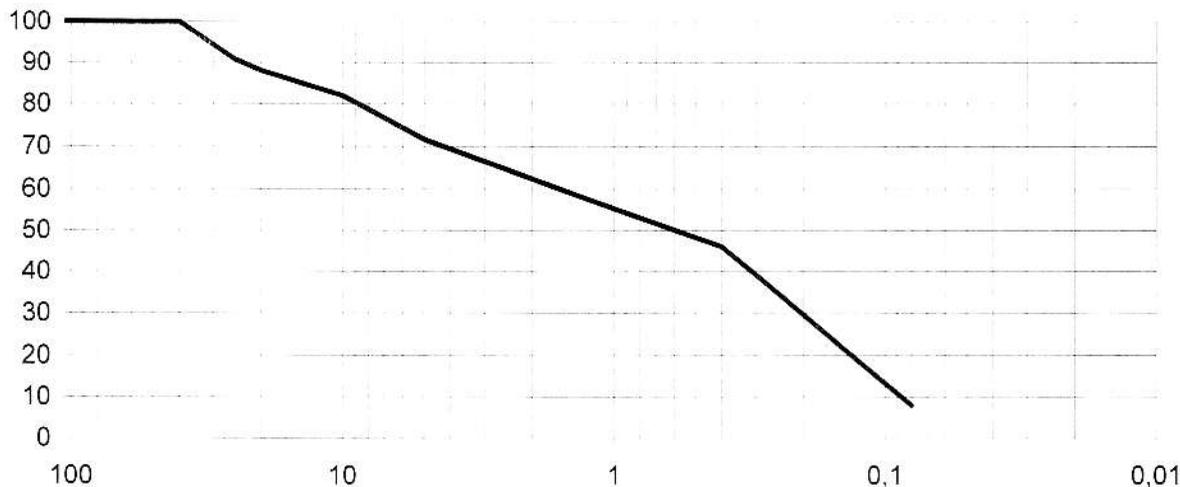


El Jefe de Sección  
 Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

**OBRA:** VIVIENDAS. C/ MAYOR N°19. LA PUEBLA DE ALFINDEN (ZARAGOZA)  
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** SONDEO S-1. M-2 Profundidad: 5,4-6,0 m  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 29 de junio de 2007  
**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** ARENA LIMOSA MAL GRADUADA

**RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**



Tamiz	150	100	80	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,08
%Pasa	100	100	100	100	100	91	88	82	72	62	46	8

**LIMITES ATTERBERG**

Límite líquido..... ----  
 Límite plástico..... ----  
 Índice de plasticidad..... NO PLÁSTICO

**PROCTOR NORMAL**

Densidad máxima g/cm³..... ----  
 Humedad óptima %..... ----

**ANÁLISIS QUÍMICO**

Sulfatos mg/kg (EHE)... ----  
 Carbonatos % CaCO3.. ----  
 Materia orgánica %..... ----  
 Sales solubles % ----  
 Yesos % ----

**ESTADO**

Humedad natural..... ----  
 Densidad seca g/cm³..... ----

**INDICE C.B.R.**

CBR al 90 % compactación... ----  
 CBR al 95 % compactación... ----  
 CBR al 100 % compactación... ----  
 Hinchamiento máximo %..... ----

**CLASIFICACIÓN DE**

**CASAGRANDE** ..... SP-SM

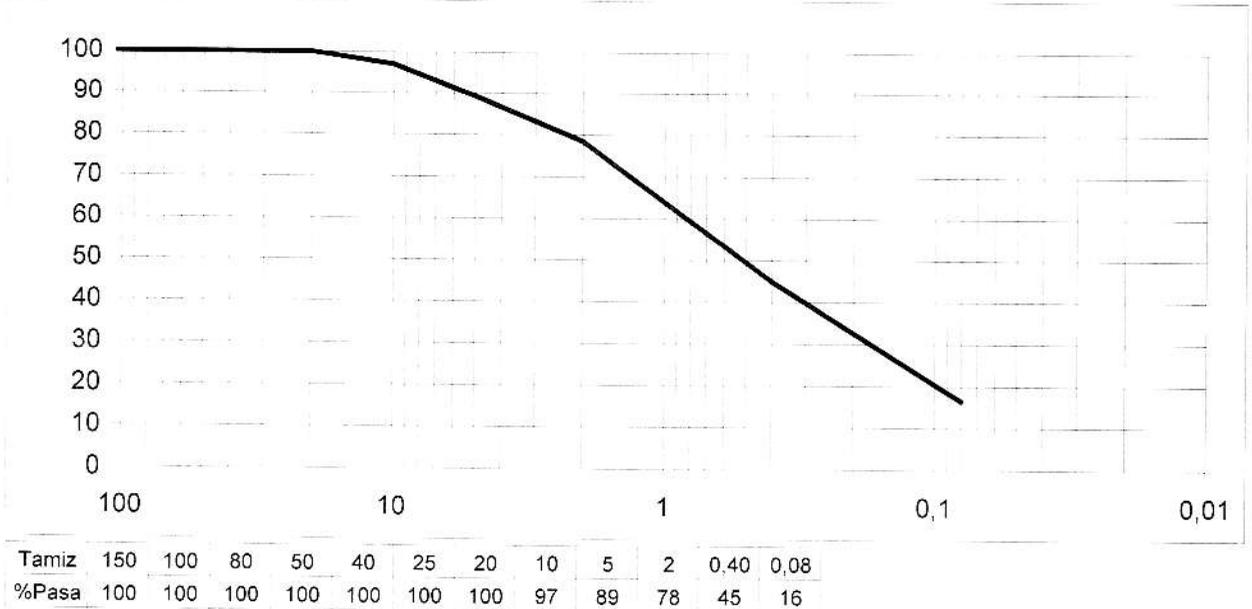
**OBSERVACIONES:**

  
 El Jefe de Sección  
 Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

**OBRA:** VIVIENDAS. C/ MAYOR Nº19. LA PUEBLA DE ALFINDEN (ZARAGOZA)  
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** SONDEO S-1. M-3 Profundidad: 6,6-7,2 m  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 29 de junio de 2007  
**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** ARENA LIMOSA

**RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**



**LIMITES ATTERBERG**

Límite líquido.....  
 Límite plástico.....  
 Índice de plasticidad..... NO PLÁSTICO

**PROCTOR NORMAL**

Densidad máxima g/cm³.....  
 Humedad óptima %.....

**ANÁLISIS QUÍMICO**

Sulfatos mg/kg (EHE)....  
 Carbonatos % CaCO3...  
 Materia orgánica %.....  
 Sales solubles % .....  
 Yesos % .....

**ESTADO**

Humedad natural.....  
 Densidad seca g/cm³.....

**INDICE C.B.R.**

CBR al 90 % compactación...  
 CBR al 95 % compactación...  
 CBR al 100 % compactación...  
 Hinchamiento máximo %.....

**CLASIFICACIÓN DE**

**CASAGRANDE** ..... SM

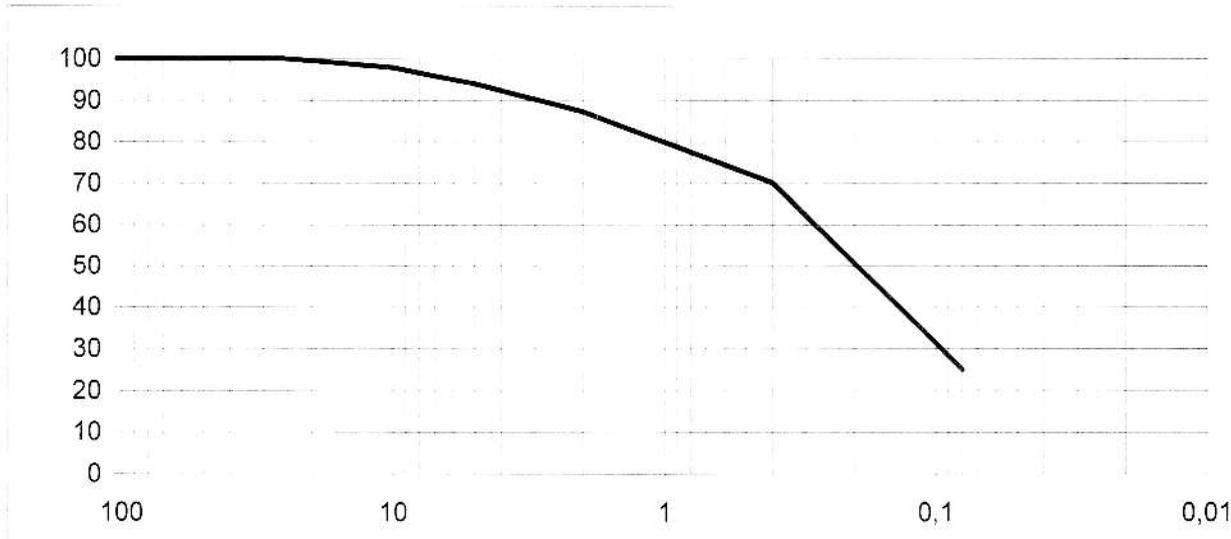
**OBSERVACIONES:**

  
 El Jefe de Sección  
 Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

**OBRA:** VIVIENDAS. C/ MAYOR Nº19. LA PUEBLA DE ALFINDEN (ZARAGOZA)  
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** SONDEO S-1. M-4 Profundidad: 10,8-11,4 m  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 29 de junio de 2007  
**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** ARENA LIMOSA

## RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Tamiz	150	100	80	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,08
%Pasa	100	100	100	100	100	100	100	98	94	87	70	25

**LIMITES ATTERBERG**

Límite líquido..... ----  
 Límite plástico..... ----  
 Índice de plasticidad..... NO PLÁSTICO

**PROCTOR NORMAL**

Densidad máxima g/cm<sup>3</sup>..... ----  
 Humedad óptima %..... ----

**ANÁLISIS QUÍMICO**

Sulfatos mg/kg (EHE)..... ----  
 Carbonatos % CaCO<sub>3</sub>..... ----  
 Materia orgánica %..... ----  
 Sales solubles % ..... ----  
 Yesos % ..... ----

**ESTADO**

Humedad natural..... ----  
 Densidad seca g/cm<sup>3</sup>..... ----

**INDICE C.B.R.**

CBR al 90 % compactación.... ----  
 CBR al 95 % compactación... ----  
 CBR al 100 % compactación... ----  
 Hinchamiento máximo %..... ----

**CLASIFICACIÓN DE**

**CASAGRANDE** ..... SM

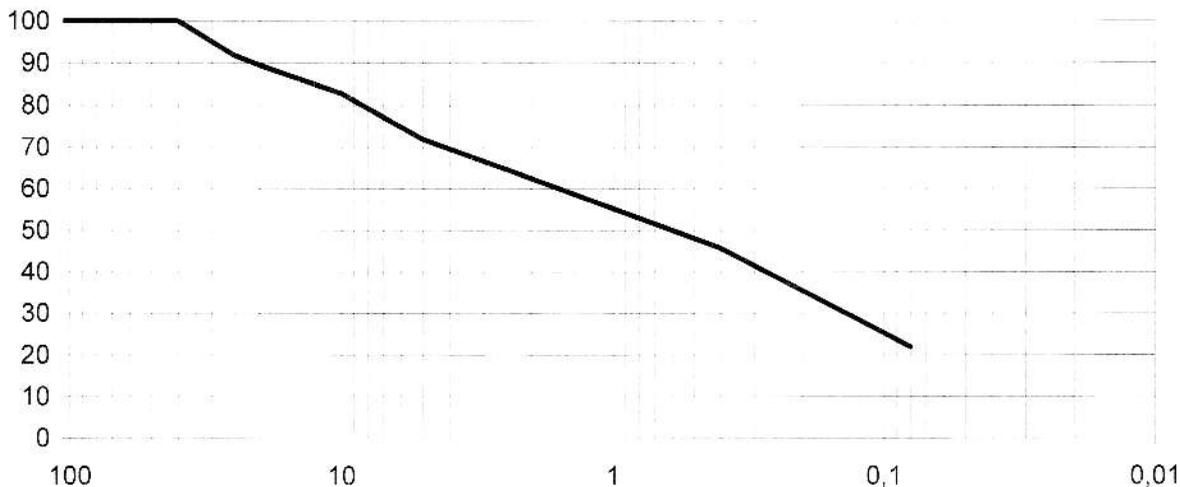
**OBSERVACIONES:**

  
 El Jefe de Sección  
 Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

**OBRA:** VIVIENDAS. C/ MAYOR Nº19. LA PUEBLA DE ALFINDEN (ZARAGOZA)  
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** SONDEO S-2. M-5 Profundidad: 3,6-4,2 m  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 29 de junio de 2007  
**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** ARENA LIMOSA

**RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**



Tamiz	150	100	80	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,08
%Pasa	100	100	100	100	100	92	90	83	72	62	46	22

**LIMITES ATTERBERG**

Límite líquido..... ----  
 Límite plástico..... ----  
 Índice de plasticidad..... NO PLÁSTICO

**PROCTOR NORMAL**

Densidad máxima g/cm³..... ----  
 Humedad óptima %..... ----

**ANÁLISIS QUÍMICO**

Sulfatos mg/kg (EHE)... ----  
 Carbonatos % CaCO3... ----  
 Materia orgánica %..... ----  
 Sales solubles % ----  
 Yesos % ----

**ESTADO**

Humedad natural.....  
 Densidad seca g/cm³.....

**INDICE C.B.R.**

CBR al 90 % compactación... ----  
 CBR al 95 % compactación... ----  
 CBR al 100 % compactación... ----  
 Hinchamiento máximo %..... ----

**CLASIFICACIÓN DE CASAGRANDE** ..... SM

**OBSERVACIONES:**

  
 El Jefe de Sección  
 Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

**OBRA:** VIVIENDAS. C/ MAYOR Nº19. LA PUEBLA DE ALFINDEN (ZARAGOZA)

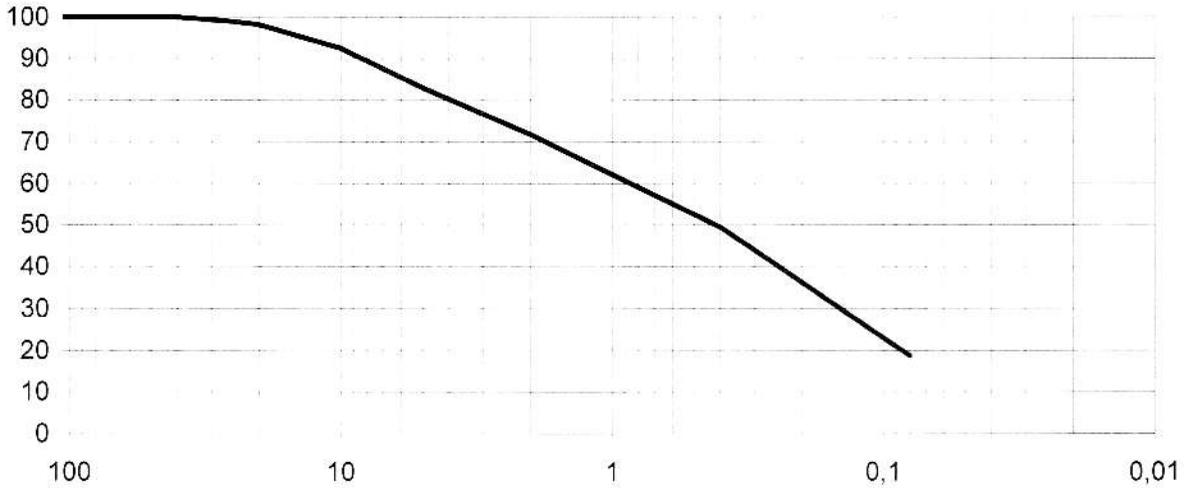
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** SONDEO S-2. M-6 Profundidad: 6,0-6,6 m

**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 29 de junio de 2007

**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** ARENA LIMOSA

**RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**



Tamiz	150	100	80	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,08
%Pasa	100	100	100	100	100	99	98	93	83	72	49	19

**LIMITES ATTERBERG**

Límite líquido..... ----

Límite plástico..... ----

Índice de plasticidad..... NO PLÁSTICO

**ESTADO**

Humedad natural.....

Densidad seca g/cm³.....

**PROCTOR NORMAL**

Densidad máxima g/cm³..... ----

Humedad óptima %..... ----

**INDICE C.B.R.**

CBR al 90 % compactación.... ----

CBR al 95 % compactación... ----

CBR al 100 % compactación... ----

Hinchamiento máximo %..... ----

**ANÁLISIS QUÍMICO**

Sulfatos mg/kg (EHE)... ----

Carbonatos % CaCO3.. ----

Materia orgánica %..... ----

Sales solubles % ----

Yesos % ----

**CLASIFICACIÓN DE**

**CASAGRANDE** ..... SM

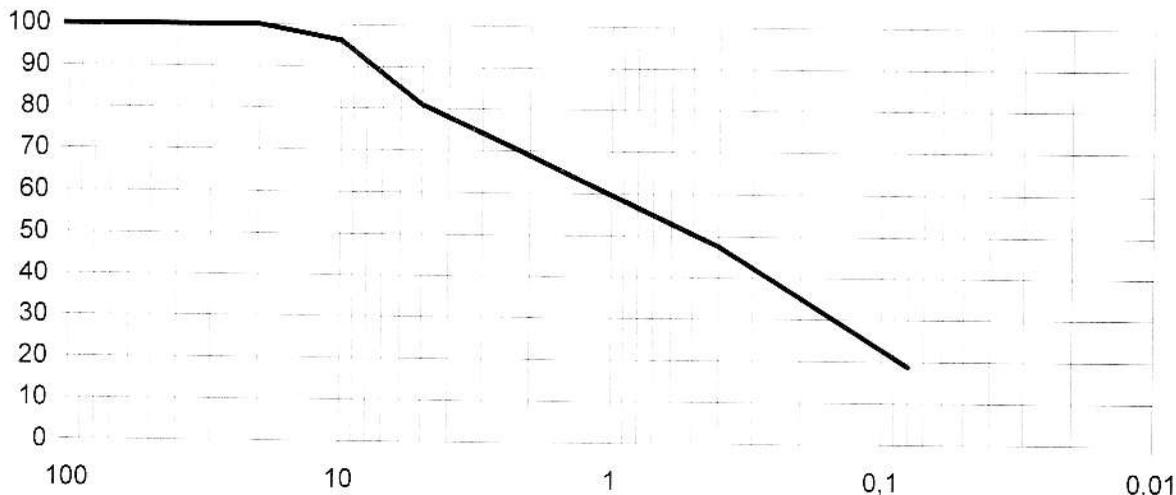
**OBSERVACIONES:**

  
 El Jefe de Sección  
 Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

**OBRA:** VIVIENDAS. C/ MAYOR N°19. LA PUEBLA DE ALFINDEN (ZARAGOZA)  
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:** SONDEO S-2. M-7 Profundidad: 8,4-9,0 m  
**FECHA TOMA DE MUESTRA:** 29 de junio de 2007  
**DESCRIPCIÓN DEL SUELO:** ARENA LIMOSA

## RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Tamiz	150	100	80	50	40	25	20	10	5	2	0,40	0,08
%Pasa	100	100	100	100	100	100	100	96	81	69	48	19

#### LIMITES ATTERBERG

Límite líquido.....  
 Límite plástico.....  
 Índice de plasticidad..... NO PLÁSTICO

#### PROCTOR NORMAL

Densidad máxima g/cm<sup>3</sup>.....  
 Humedad óptima %.....

#### ANÁLISIS QUÍMICO

Sulfatos mg/kg (EHE).....  
 Carbonatos % CaCO<sub>3</sub>.....  
 Materia orgánica %.....  
 Sales solubles %.....  
 Yesos %.....

#### ESTADO

Humedad natural.....  
 Densidad seca g/cm<sup>3</sup>.....

#### INDICE C.B.R.

CBR al 90 % compactación.....  
 CBR al 95 % compactación.....  
 CBR al 100 % compactación.....  
 Hinchamiento máximo %.....

#### CLASIFICACIÓN DE

CASAGRANDE ..... SM

#### OBSERVACIONES:

  
 El Jefe de Sección  
 Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

# DEL SUELO AL HORMIGON (Según EHE)

## INFORME DEL ENSAYO PARA EL ANALISIS DEL SUELO

### 1: INFORMACION GENERAL MUESTREO Y ANALISIS

PETICIONARIO: EXMO AYUNTAMIENTO LA PUEBLA DE ALFINDEN	N° DE TRABAJO: 07GT1004
DENOMINACION DEL PROYECTO: EDIFICIOS. C/. MAYOR N° 19 LA PUEBLA DE ALFINDEN (ZARAGOZA)	N° DE LA MUESTRA DE SUELO: M-1                      M-5 M-2                      M-6
TIPO DE SUELO: Terreno natural	DENOMINACION DEL SUELO: M-1=SM                      M-5=SM M-2=SP-SM                      M-6=SM
PUNTOS DE RECOGIDA: SONDEO S-1, S-2	PROFUNDIDAD DE EXTRACCION: M-1: 2.4-3.0 m,                      M-5: 3.6-4.2 m M-2: 5.4-6.0 m                      M-6: 6.0-6.6 m

DIA DE MUESTREO:  
28-29/06/2007

DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES LOCALES:

LUGAR Y FECHA DE MUESTREO:  
Zaragoza, a 5 de Julio de 2007

TOMA DE MUESTRAS:

PARAMETRO COMPROBADO	RESULTADO DEL ENSAYO (mg/Kg)	2: GRADO DE AGRESIVIDAD		
		DEBIL (Qa)	MEDIO (Qb)	FUERTE (Qc)
ACIDEZ BAUMANN-GULLY		>20		
CONTENIDO EN SULFATO		2000 a 3000	3000 a 12000	>12000
	<b>M-1</b>	34096.862		*
	<b>M-2</b>	27321.303		*
	<b>M-5</b>	35260.790		*
	<b>M-6</b>	32541.587		*

### 3: EVALUACION DEL CONJUNTO

Las muestras de suelo analizado resultan de agresividad fuerte al hormigón.

LUGAR Y FECHA DEL ANALISIS:  
Zaragoza, a 10 de agosto de 2007

Fdo.: Dña. Marta Brun Pérez  
Jefe Laboratorio Químico



Fdo.: D. Ignacio Forniés Villagrasa  
VºBº

Zaragoza, a 13 de Agosto de 2007

# ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO



- SONDEO MECÁNICO
- PENETRACIÓN DINÁMICA



GRÁFICO DE SONDEO

Referencia: 07GT1004

Fecha: 29/06/2007

SONDEO N°: 1

TRABAJO: EDIFICIOS. C/. MAYOR N° 19. LA PUEBLA DE ALFINDEN ( ZGZ)

Profundidad: 15.0 m

PETICIONARIO: EXMO. AYTO. LA PUEBLA DE ALFINDEN

Batería	Diámetro	Profund. (m)	Espesor (m)	Columna litológica	S.P.T.		Nivel freático	Muestras	Descripción de materiales	
					Prof. (m)	Nº de golpes				
Sp/ScAW	116	0.2	1.2				NO SE DETECTA		<b>Tramo-1.</b> (0.0-1.2 m). A techo 20 cm de arcillas y cantos de relleno. Grava-gravilla blanca con cantos de yeso.	
		1.2								2.0
	86	1.2	2.4	2.6	12-18-23-31*	M-1				
									3.6	4.0
	11.4	6.0	6.45	19-33-50R*	M-3					
						8.0			8.5	18-37-43-50R*
	12.0	12.35	19-36-50R*	M-4						
					14.0	14.1			50R*	
	15.0									

Sp.- Simple Db.- Doble W.- Corona widia  
Sc.- Seco Ag.- Agua D.- Corona DiamanteEl Jefe de Sección  
Zaragoza, 25 de julio de 2007

GRÁFICO DE SONDEO

Referencia: 07GT1004

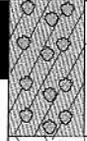
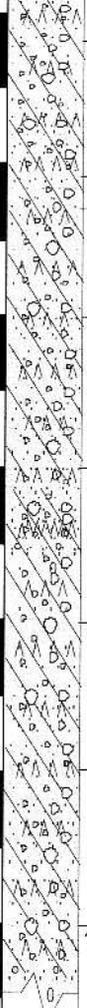
Fecha: 28/06/2007

SONDEO N°: 2

TRABAJO: EDIFICIOS. C/. MAYOR N° 19. LA PUEBLA DE ALFINDEN ( ZGZ)

Profundidad: 15.0 m

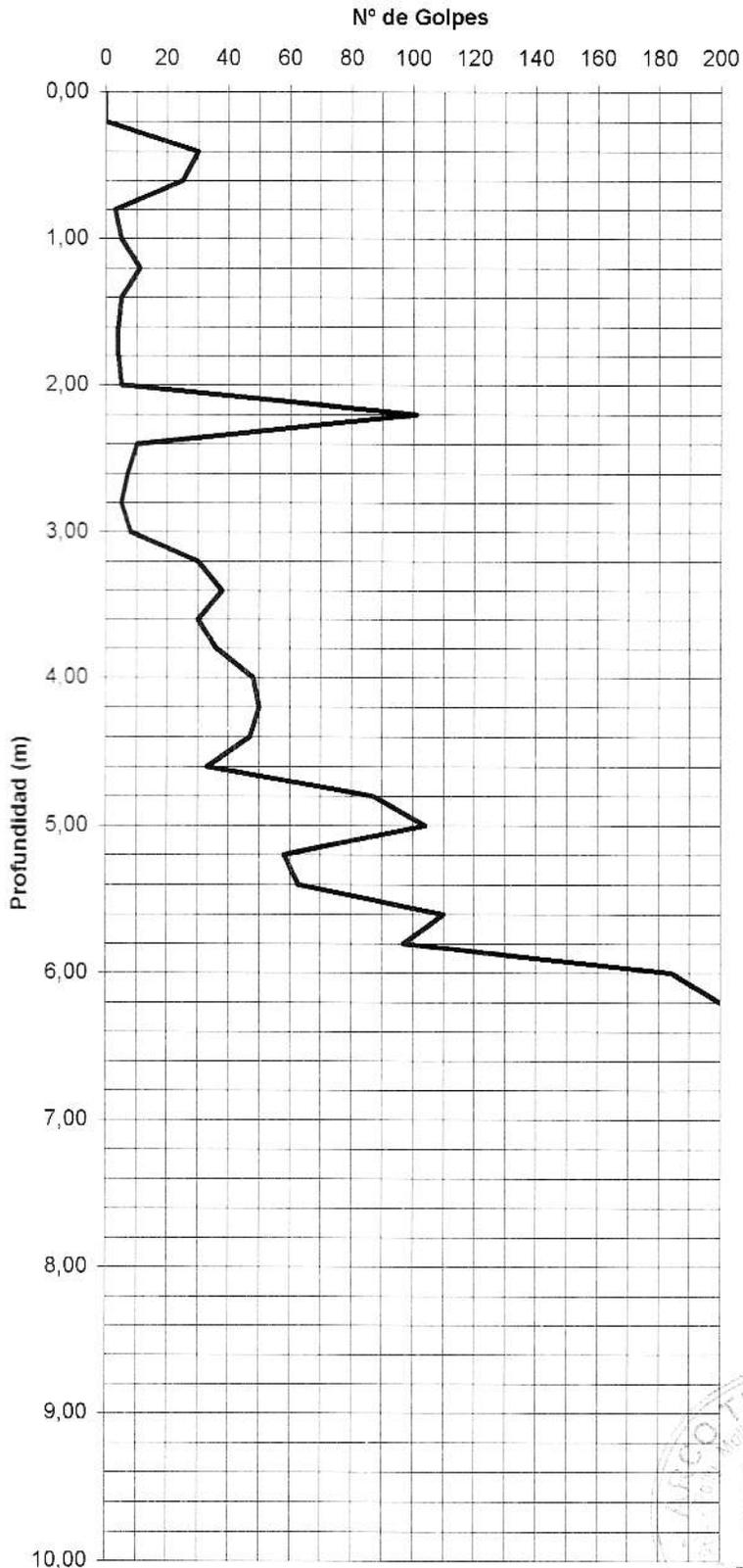
PETICIONARIO: EXMO. AYTO. LA PUEBLA DE ALFINDEN

Batería	Diámetro	Profund. (m)	Espesor (m)	Columna litológica	S.P.T.		Nivel freático	Muestras	Descripción de materiales	
					Prof. (m)	Nº de golpes				
Sp/ScwW	116	1.8	1.8				NO SE DETECTA		<u>Tramo-1.</u> (0.0-1.8 m). Relleno. Limo con cantos, cascotes, restos de madera, ...	
					1.8					
	86	15.0	3.2		2.4	9-10-15-16*			M-5	<u>Tramo-2.</u> (1.8-15.0 m). Arena (grava-gravilla) yesífera con cantos subangulosos calizos y de yeso.
					4.2					
					4.6	33-38-50R*			M-6	
					6.0	30-50R*				
					6.2					
					8.0	26-39-50R*			M-7	
					8.35					
					10.0	21-50R*				
					10.25					
					12.0	50R*				
					12.1					
14.0	50R*									
14.09										

Sp.- Simple Db.- Doble W.- Corona widia  
 Sc.- Seco Ag.- Agua D.- Corona Diamante

El Jefe de Sección  
 Zaragoza, 25 de julio de 2007

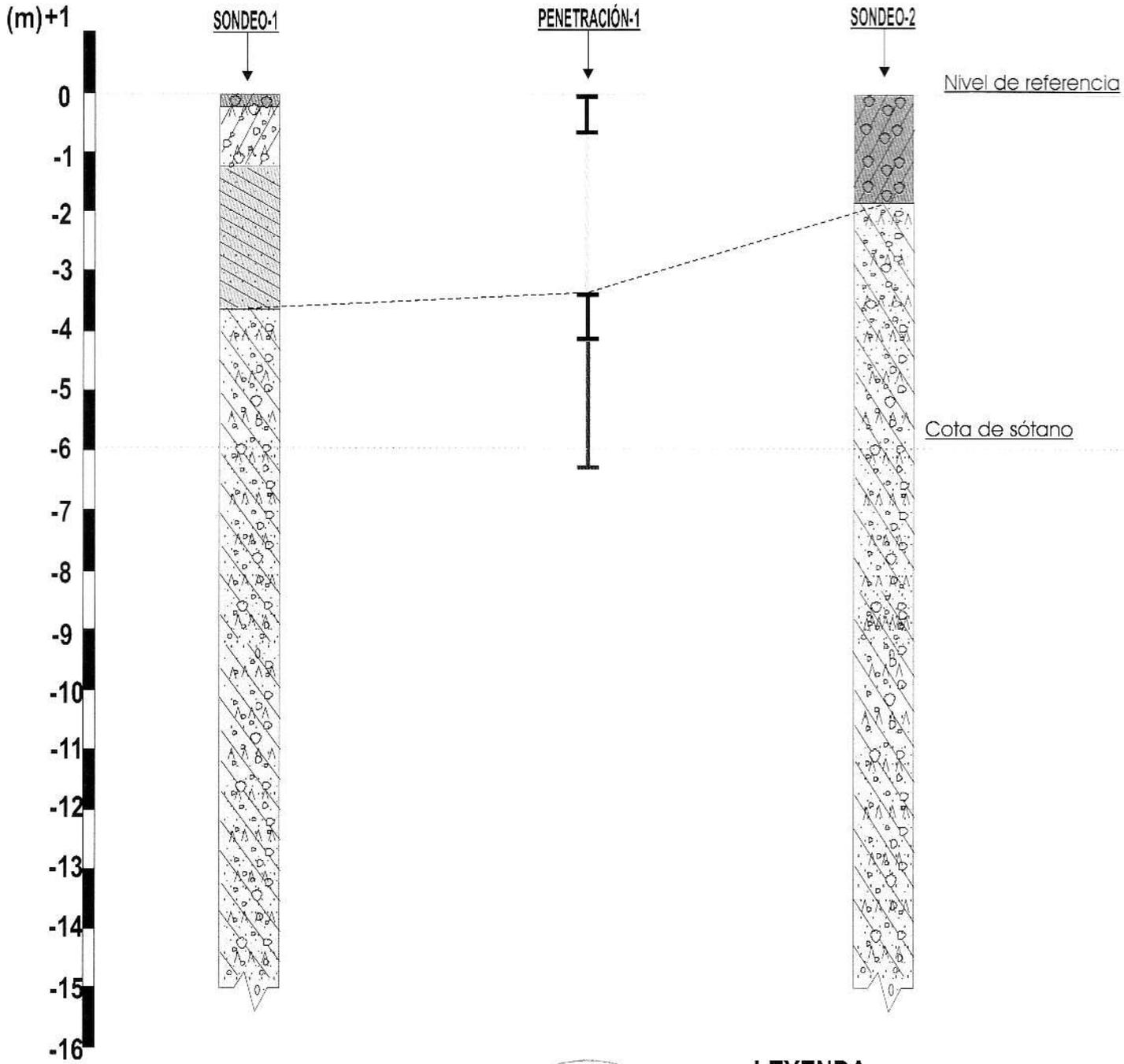
ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO BORROS		
OBRA:	EDIFICIO. C/. MAYOR Nº 19. LA PUEBLA DE ALFINDEN	ENSAYO Nº: P-1
PETICIONARIO:	EXMO AYUNTAMIENTO LA PUEBLA DE ALFINDEN	FECHA: 28/06/2007



El Jefe de Sección

Zaragoza, a 13 de agosto de 2007

# CORTE PERFIL LITOLÓGICO-BORROS



## LEYENDA

	$N_{20} = 4-5$
	$N_{20} = 30-38$
	$N_{20} > 50$



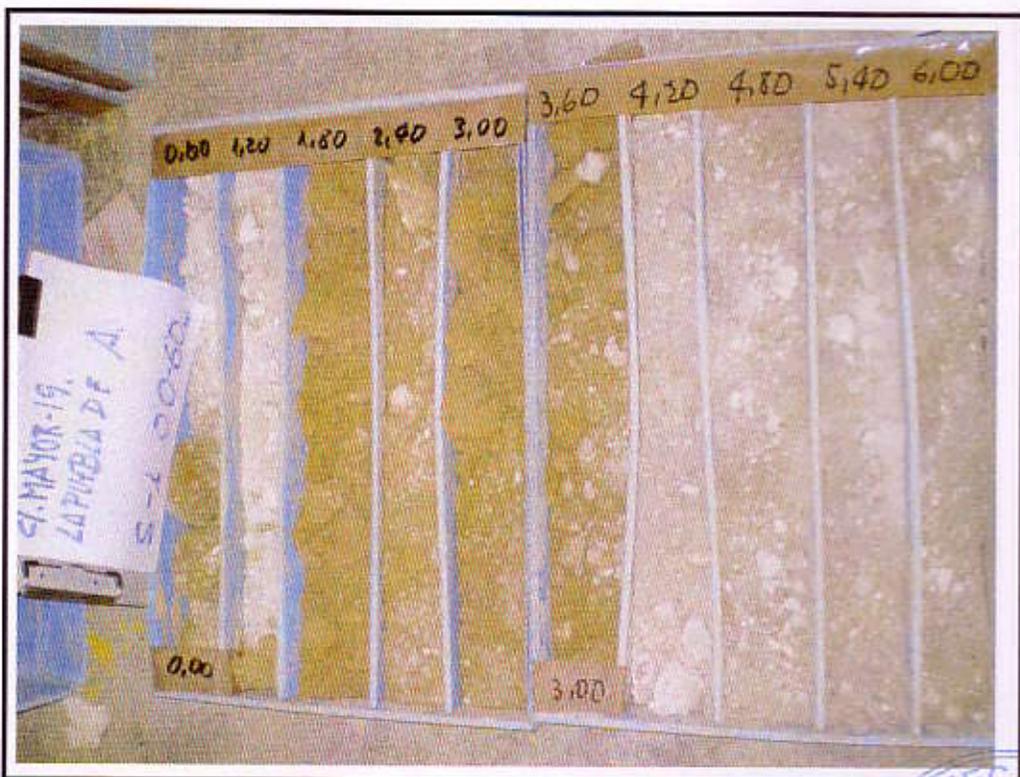


FOTO N°1- Sondeo n°1. Caja n° 1 y 2. Cota 0.0 a 6.0 metros.

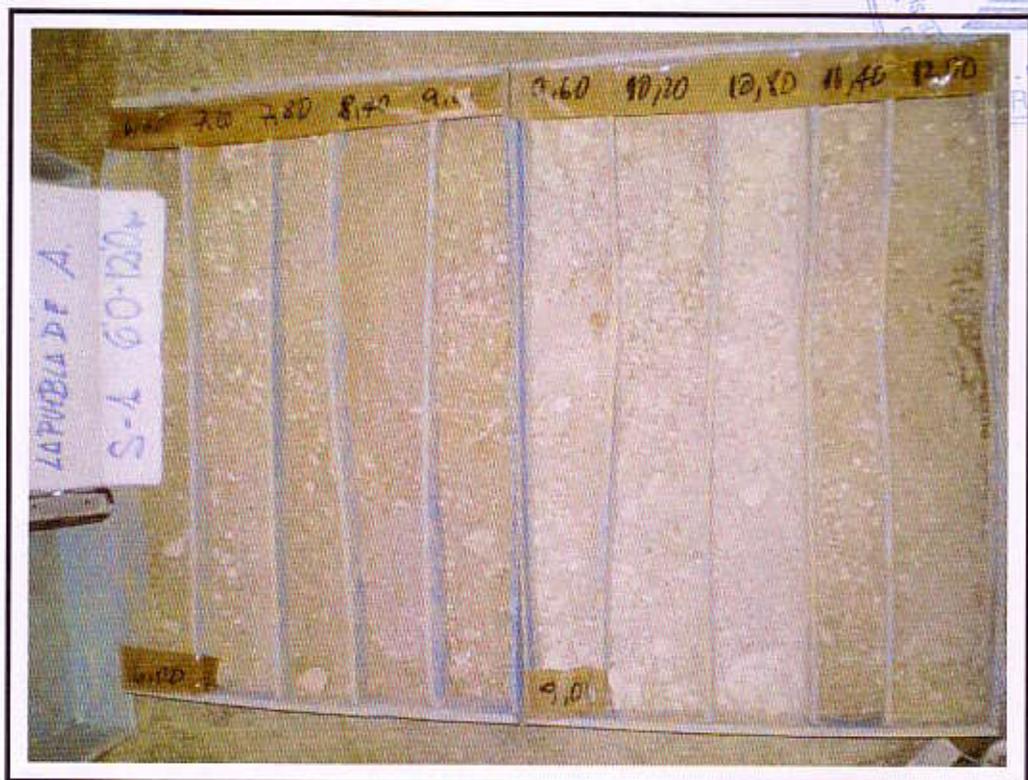


FOTO N°2-Sondeo n°1. Caja n°3 y 4. Cota 6.0 a 12.0 metros.



FOTO N°3- Sondeo n°1. Caja n° 5. Cota 12.0 a 15.0 metros.

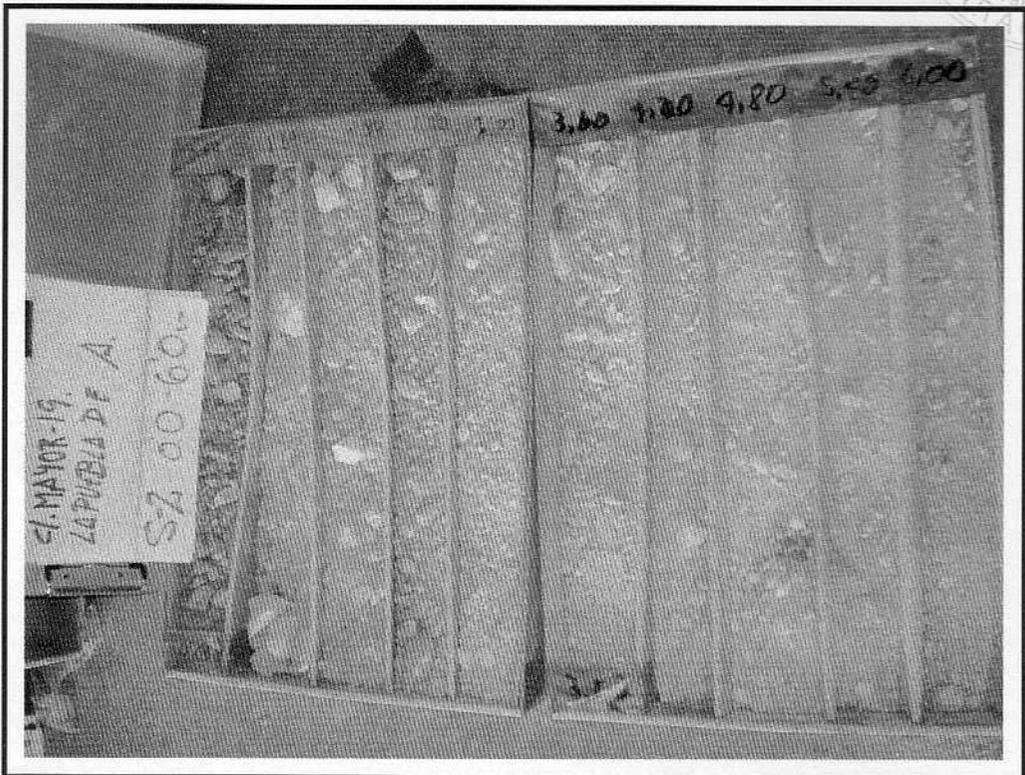


FOTO N°4-Sondeo n°2. Caja n° 1 y 2. Cota 0.0 a 6.0 metros.