

ESTUDIO GEOTÉCNICO

OBRA: *TANATORIO EN VILLAQUILAMBRE
(LEÓN)*

León, a 27 de Julio de 2009

<i>TRABAJO NÚMERO</i>	E09/1721 - ESTOGM01.001
-----------------------	-------------------------

<i>PETICIONARIO</i>	SERFUNLE, S.A.
---------------------	----------------

<i>OBRA O ESTUDIO</i>	TANATORIO EN VILLAQUILAMBRE (LEÓN)
-----------------------	------------------------------------

<i>FECHA</i>	JULIO DE 2009
--------------	---------------

<i>TÍTULO DEL DOCUMENTO</i>
ESTUDIO GEOTÉCNICO

ÍNDICE

- 1. ANTECEDENTES*
- 2. TRABAJOS REALIZADOS*
 - 2.1. TRABAJOS DE CAMPO
 - 2.1.1. Sondeos
 - 2.1.2. Ensayos de penetración dinámica
 - 2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO
- 3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS – GEOLÓGICAS*
 - 3.1. INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA
 - 3.2. SISMICIDAD
 - 3.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS
 - 3.4. NIVEL FREÁTICO
 - 3.5. AGRESIVIDAD
 - 3.6. EXPANSIVIDAD
- 4. INFORME CIMENTACIÓN. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*
 - 4.1. CÁLCULO DE TENSIONES ADMISIBLES
 - 4.2. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN
 - 4.3. EXCAVACIÓN

ANEJOS

1. PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO
2. REGISTRO – PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO
3. REGISTROS DE LAS PENETRACIONES DINÁMICAS
4. ENSAYOS DE LABORATORIO

1. ANTECEDENTES

1. ANTECEDENTES

A petición de **SERFUNLE, S.A., INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A. (INCOSA)** ha realizado una investigación geotécnica en una parcela situada en la localidad de Villaquilambre (León), donde se prevé la construcción de un nuevo tanatorio dotado de una única planta.

Atendiendo a la clasificación establecida por el Código Técnico de la Edificación (CTE), en el Documento Básico SE-C Cimientos, la tipología de edificación es de tipo C-1. Se asume un tipo de terreno T-1, al no conocerse la existencia en la zona de problemas geotécnicos de relevancia.

En el presente informe se incluye una descripción de los diferentes trabajos realizados, tanto de campo como de laboratorio, y una caracterización de los materiales encontrados en la parcela investigada. A partir de la información obtenida en los diferentes trabajos, se han extraído unas conclusiones acerca de la tipología de cimentación más recomendable, así como de la tensión admisible del terreno.

2. TRABAJOS REALIZADOS

2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1 TRABAJOS DE CAMPO

2.1.1. Sondeos

Se ha perforado un (1) sondeo mecánico a rotación, con extracción continua de testigo, cuya ubicación puede consultarse en el plano de localización del apartado nº1 del capítulo de anejos. Con este sondeo se ha pretendido reconocer el terreno, recuperar muestras representativas del mismo, y realizar ensayos de penetración estándar (SPT). En el apartado nº2 de los anejos se incluye el registro de la testificación realizada y el perfil geológico-geotécnico del terreno detectado.

En la perforación se alcanzó la siguiente profundidad:

SONDEO Nº	PROFUNDIDAD (m)
S-1	8,00

Nota. Las profundidades están referidas respecto de la superficie del terreno, en el momento de realizar los ensayos.

El ensayo de penetración estándar (SPT) mide la resistencia de un suelo a la penetración de un tomamuestras tubular o de una puntaza ciega, contabilizando para ello el número de golpes necesarios para introducirlo hasta un total de 60 cm en cuatro intervalos parciales de 15 cm cada uno; como elemento de impacto se utiliza una maza metálica de 63,5 kg que cae desde una altura de 76 cm.

El resultado del ensayo se define por un número (N) que se obtiene al sumar el número de golpes necesario para la hincada de los 30 cm intermedios. Se considera rechazo (R) cuando el número de golpes para introducir cualquiera de los intervalos de 15 cm es superior a 50; en este caso el resultado se expresa como R/P, siendo P la penetración (en cm) lograda en el intervalo al consumirse los 50 golpes.

Este ensayo se utiliza para evaluar la resistencia y deformabilidad de suelos predominantemente granulares sueltos (arenas y gravas), aunque también aporta una información muy útil acerca de la consistencia de los materiales cohesivos.

En la siguiente tabla se recogen la profundidad a la que se han realizado los ensayos, los índices de golpeo obtenidos, y la consistencia con la que se corresponden:

SONDEO Nº	PROFUNDIDAD (m)	GOLPEO SPT	N SPT	COMPACIDAD CONSISTENCIA
S-1	1,50-2,09	32/32/32/R-14	64	Muy densa
	2,50-2,94	31/40/R-14	R	Muy densa
	5,00-5,60	10/13/24/28	37	Dura

Se tomaron además las siguientes muestras parafinadas:

- MP-1: 3,50-3,80 m
- MP-2: 6,00-6,40 m

2.1.2. Ensayos de penetración dinámica

Se han realizado dos (2) ensayos de penetración dinámica Borros. Este ensayo consiste en hacer penetrar en el terreno una puntaza cuadrada mediante el golpeo de una maza de 63,5 Kg. de peso, que cae, en caída libre, desde una altura de 50 cm, con el objeto de medir el número de golpes que se requiere para conseguir una penetración en el terreno de 20 cm.

El ensayo se da por finalizado cuando tras 100 golpes no se consigue el intervalo de 20 cm de penetración, o bien cuando se alcanzan los diez metros de profundidad.

La profundidad de rechazo alcanzada, respecto a la superficie del terreno en cada punto, ha sido:

PENETRO N°	PROFUNDIDAD (m)
PD-1	1,02
PD-2	1,23

Nota: Respecto a la cota del terreno en el momento de realizar las prospecciones. (Realizados a cota de cimentación).

En el Anejo 3 se recogen los resultados experimentales obtenidos en estos ensayos. Para interpretarlos y estimar la carga admisible del terreno, se representan gráficamente las profundidades (en ordenadas) frente al número de golpes (en abscisas) necesario para alcanzar el intervalo de penetración establecido (20 cm). Se obtienen así unos gráficos que nos informan sobre la resistencia a la penetración de cada tramo del terreno atravesado.

Es necesario reseñar que a la hora de la aplicación práctica de los resultados obtenidos en estos ensayos deben tenerse en cuenta las siguientes puntualizaciones:

- La interpretación de los ensayos de penetración debe ser fundamentalmente cualitativa, siendo un complemento de los sondeos mecánicos o calicatas de reconocimiento, los cuales informarán con precisión acerca de la litología y estratigrafía del terreno.
- Tratándose de un ensayo realizado de forma continua, su rapidez de ejecución hace que en suelos poco permeables y sumergidos, parte importante de la energía de hincia pueda transmitirse al agua intersticial, aumentando instantáneamente la resistencia a la penetración.
- En el caso de atravesar terrenos con bolos y/o gravas, es preciso interpretar los resultados con las debidas reservas, pues el golpeo de la puntaza sobre estos elementos gruesos puede conducir a resultados optimistas que no representan la resistencia real del terreno (falsos rechazos).

- La información suministrada por estos ensayos se refiere a la resistencia del suelo (o roca muy alterada) en rotura. Al ser un ensayo de corte, los datos que aporta no tienen una correlación claramente determinada con posibles asientos.

Se puede valorar la compacidad de un terreno en función del número de golpes ($N_{SPT}=N_{BORROS}$) según las correlaciones propuestas por Terzaghi y Peck (1955):

Terrenos granulares:

COMPACIDAD	Muy Suelto	Suelto	Moderadamente Denso	Denso	Muy Denso
SPT (N_{SPT})	< 4	4 - 10	11 - 30	31 - 50	> 50

Terrenos cohesivos:

CONSISTENCIA	Muy Blanda	Blanda	Media	Rígida	Muy rígida	Dura
SPT (N_{SPT})	< 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	> 30

2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

A partir de las muestras obtenidas en las prospecciones, se ha procedido a la programación y realización de los ensayos de laboratorio, con el objeto de clasificar los materiales encontrados en el subsuelo, así como para obtener información acerca de sus características mecánicas y resistentes.

Todos los ensayos fueron realizados siguiendo las normas UNE correspondientes. A continuación se incluye una tabla resumen con los resultados. Los informes de los ensayos realizados sobre las muestras se recogen en el apartado nº4 del capítulo de anejos.

La nomenclatura empleada en la tabla resumen es la siguiente:

P = testigo parafinado
H = humedad
LL = límite líquido
LP = límite plástico (N.P. =No plástico)
IP = índice de plasticidad
 γ_D = densidad seca
 γ_H = densidad húmeda
Bolos = granos mayores de 63 mm
Gravas = granos comprendidos entre 2 y 63 mm
Arenas = granos comprendidos entre 0,08 y 2 mm
Finos = granos menores de 0,08 mm
 $SO_4^{=}$ = contenido en sulfatos (N.D. = No detectados)
 Q_u = resistencia a compresión simple

SONDEO Nº	MUESTRA			NATURALEZA DEL TERRENO	CLASIF. S.U.C.S.	H (%)	LÍMITES ATTERBERG			DENSIDAD		GRANULOMETRÍA				<u>SULFATOS</u> (mg/Kg)	R.C.S Kp/cm ²
	Ref.	Profundidad (m)	Tipo				LL	LP	IP	γ_b (g/cm ³)	γ_H (g/cm ³)	Bolos (%)	Gravas (%)	Arena (%)	Finos (%)		
S-1	CC09/13875	1,50-2,10	SPT	Gravas arenoarcillosas	SC	6,03	22,8	14,9	7,9	---	---	0,0	48,2	27,9	23,9	N.D.	---
S-1	CC09/13876	3,50-3,80	MP	Arcilla algo arenosa	CL	17,02	28,9	19,3	9,6	1,93	2,26	0,0	2,3	20,6	77,1	---	2,96

3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS-GEOLÓGICAS

3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS-GEOLÓGICAS

3.1 INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA

La ciudad de León y sus alrededores se sitúan en el lugar donde confluyen los ríos Bernesga y Torío que discurren con dirección norte-sur y que desarrollan amplios valles de fondo plano. Su subsuelo está constituido por depósitos sedimentarios granulares de origen fluvial y edad cuaternaria que recubren, discordantes y con potencia variable, a un substrato de edad terciaria.

Los materiales terciarios son sedimentos continentales de carácter fundamentalmente terrígeno y color pardo rojizo a pardo amarillento que se extienden por la Submeseta Septentrional o depresión del Duero recubriendo totalmente un basamento paleozoico.

Estos sedimentos terciarios presentan una disposición subhorizontal y una potencia de varios cientos de metros. En ellos puede distinguirse entre los pertenecientes al Terciario Inferior (Mioceno), un conjunto molásico que puede subdividirse a su vez en dos conjuntos genética y litoestratigráficamente parecidos (Complejo Vegaquemada y Formación Candanedo), y los pertenecientes al Terciario Superior (Plioceno), dispuestos discordantes sobre los anteriores aunque con características similares.

En esta zona los materiales miocenos más superficiales pertenecen a la Formación Candanedo, constituida por un complejo de abanicos aluviales superpuestos de gran desarrollo tanto vertical como horizontal, cuya área fuente se situaba al norte en los relieves de la Cordillera Cantábrica.

Por ello, de norte a sur, presentan una transición gradual desde facies proximales (de alta energía y predominantemente de grano grueso: conglomerados y arenas) hasta facies distales (de menor energía y predominantemente de grano fino: arenas, lutitas y margas).

En las facies distales se puede distinguir, a groso modo, entre las facies de canal y las facies entre canales o de llanura de inundación. En ambos casos se trata de depósitos generados en climas áridos o semiáridos por corrientes de agua intermitentes (avenidas) con cursos variables y poco marcados. Este tipo de corrientes formadas por numerosos canales trenzados que alteran su curso con relativa facilidad provocan una alta variabilidad en la distribución de las facies tanto horizontal como verticalmente, dando lugar a una compleja interdigitación entre facies de canal y facies entre canales. Estas últimas son las de mayor presencia en el entorno de León.

En las zonas de canal se depositaron predominantemente materiales granulares, formando barras lenticulares de arenas y gravas, entre las que se intercalan materiales más finos sedimentados cuando disminuyó la intensidad de la avenida. En las zonas de llanura de inundación entre canales se depositaron materiales de grano fino, fundamentalmente arcillas y limos con algunas intercalaciones arenosas producto de los grandes desbordamientos. Se trata de facies que presentan características típicas de climas áridos, donde los amplios períodos de desecación entre avenidas les dan tonos rojizos y provocan la concentración de carbonatos que llegan a formar concreciones margosas nodulosas y suelos calcimorfos o incluso auténticos caliches (costras margosas); también es característica la presencia de un moteado disperso de color negro por concentración de óxidos de manganeso. En algunos casos, los tramos más areno-limosos pueden aparecer afectados por una cementación intergranular de carbonato, más o menos desarrollada, que da lugar a concreciones areniscas o incluso a finos niveles de arenisca y/o microconglomerado con grados de consolidación muy variables.

Los materiales del Terciario Superior constituyen un sistema de abanicos aluviales coalescentes que, al igual que los de la Formación Candanedo; presentan un tránsito gradual desde facies proximales a facies distales en la dirección norte-sur. Su contacto basal es fuertemente erosivo y están formados por conglomerados de cantos silíceos con una matriz areno-lutítica. Su potencia es muy variable y constituyen la superficie de los páramos de la zona, son los denominados depósitos de raña.

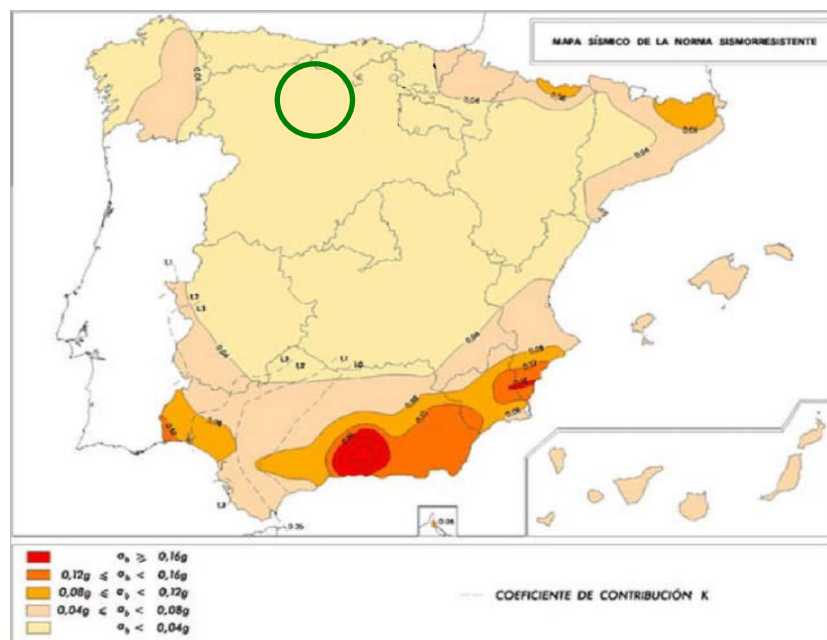
Los materiales cuaternarios del área de León sólo adquieren una presencia considerable en las zonas bajas de los valles principales, las cuales aparecen recubiertas por un manto de depósitos aluviales constituido por materiales terrígenos poco consolidados (bolos, gravas, arenas y finos), con gran variabilidad tanto en la vertical como en la horizontal. Se trata fundamentalmente de ortoconglomerados con matriz intersticial areno-limosa y clastos silíceos (arenisca y cuarcita), sueltos, subredondeados a subangulosos, entre los que se interdigitan niveles de arenas y algunos de limolitas y/o fangolitas. Son de colores marrón rojizo o pardo grisáceo y a techo pueden presentar el desarrollo de un suelo vegetal.

En cuanto a la tectónica, toda el área terciaria de la Cuenca del Duero es una zona estable que, desde su formación durante la Orogenia Alpina, no se ha visto afectada por ningún tipo de fenómeno tectónico digno de mención. Por ello, de acuerdo con las especificaciones establecidas en la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) el área estudiada se encuadra dentro de las zonas en las cuales no son de esperar fenómenos sísmicos que produzcan efectos perjudiciales para las edificaciones.

3.2 SISMICIDAD

De acuerdo con la zonación de la Norma Sismorresistente publicada en el B.O.E nº 244 (Ministerio de Fomento, 2.002), y denominada NCSR-02, se considera toda la zona estudiada con una aceleración sísmica básica (a_b) menor a $0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad, con una probabilidad anual del $0,001$ (Fig. adjunta).

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica que suministra, para cada punto del territorio y expresado en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica a_b (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno), y el coeficiente de distribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto. El coeficiente de distribución toma un valor en el área estudiada de $K = 1,0$.



La aceleración sísmica de cálculo (a_c) se define en la norma NCSR-02 como:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

donde:

ρ = *Coeficiente adimensional de riesgo*, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Para una construcción de importancia normal toma un valor de $\rho = 1,0$.

S = *Coeficiente de amplificación del terreno*.

Que para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$, toma un valor de:

$$S = \frac{C}{1,25}$$

Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$, toma un valor de:

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$, toma un valor de:

$$S = 1,0$$

siendo C , un *coeficiente de terreno* que depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación. Los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- **Terreno tipo I:** Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s > 750\text{m/s}$.
- **Terreno tipo II:** Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq V_s > 400 \text{ m/s}$.

- **Terreno tipo III:** Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200 \text{ m/s}$.
- **Terreno tipo IV:** Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s \leq 200 \text{ m/s}$.

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Coeficiente de terreno según tipo.

La Norma sismorresistente no es de obligatoria aplicación en las construcciones de moderada importancia, y en las demás construcciones cuando la aceleración sísmica básica, a_b , (artículo 2.1) sea inferior a 0,04 g.

3.3 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

A partir de los datos proporcionados por las prospecciones, y de los resultados de los ensayos, en el subsuelo de la zona pueden diferenciarse, de techo a muro, los siguientes niveles estratigráficos. En el anejo n° 2 se incluye el perfil geológico-geotécnico, donde se puede consultar la disposición de los niveles que a continuación se describen:

- *Nivel 1: Tierra vegetal*

Se ha detectado un espesor para este nivel de 0,20 m en el sondeo realizado. Se encuentra constituido por arena arcilla de color marrón con restos de raíces y alguna grava.

Este nivel carece de interés desde el punto de vista geotécnico, y deberá ser retirado en su totalidad en las labores de cimentación.

- *Nivel 2: Gravas, gravillas y bolos en matriz de arena arcillosa (Sustrato cuaternario)*

El subsuelo de la parcela objeto de estudio, se encuentra constituido por este conjunto heterométrico de gravas, gravillas y bolos, de morfología subredondeada y naturaleza cuarcítica, en matriz de arena con contenido variable en finos (arcilla y limo), de color beige ocre.

Su muro se ha detectado a una profundidad de 3,50 m, por lo que constituirá el sustrato de apoyo de la cimentación.

De acuerdo con los ensayos de penetración realizados, este nivel presenta una compacidad densa a muy densa (Terzaghi y Peck, 1955).

Los ensayos de laboratorio realizados sobre este nivel han arrojado los siguientes resultados:

GRANULOMETRÍA				H (%)	LÍMITES DE ATTERBERG		
Bolos (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)		LL	LP	IP
0,0	48,2	27,9	23,9	6,03	22,8	14,9	7,9

La muestra analizada se clasifica geotécnicamente como SC, tratándose de gravas en abundante matriz de arena arcillosa.

- *Nivel 3: Arcilla (Sustrato terciario)*

Por debajo del nivel anteriormente descrito, se ha detectado este nivel de arcillas algo arenosas, de color beige ocre con tinciones gris verdosas debido al contenido en carbonatos. Se trata del sustrato terciario característico de la zona, donde son habituales los cambios laterales de facies tanto en la horizontal como en la vertical. Se ha alcanzado una profundidad de hasta 8,00 m en estos materiales, sin llegar a detectar su muro en ningún caso.

De acuerdo con los ensayos de penetración realizados, presenta una consistencia rígida a techo a dura en profundidad (Terzaghi y Peck, 1955).

Los ensayos de laboratorio realizados sobre este nivel han arrojado los siguientes resultados:

SONDEO Nº	MUESTRA	CLASIF. S.U.C.S.	H (%)	LÍMITES ATTERBERG			DENSIDAD		GRANULOMETRÍA				R.C.S Kp/cm ²
	Profundidad (m)			LL	LP	IP	γ_d (g/cm ³)	γ_H (g/cm ³)	Bolos (%)	Gravas (%)	Arena (%)	Finos (%)	
S-1	3,50-3,80	CL	17,02	28,9	19,3	9,6	1,93	2,26	0,0	2,3	20,6	77,1	2,96

La muestra analizada se clasifica geotécnicamente como CL, esto es, arcilla algo arenosa de plasticidad baja.

3.4 NIVEL FREÁTICO

Se ha detectado la presencia del nivel freático a una profundidad de 1,30 m, por lo que cualquier actuación que alcance dicha cota, deberá prever las oportunas medidas de impermeabilización y/o drenaje necesarias.

Se trata de un acuífero superficial libre, alimentado por infiltración de aguas de lluvia, por lo que no se deben descartar posibles oscilaciones estacionales del nivel freático.

3.5 AGRESIVIDAD

No se detecta la presencia de sulfatos en ninguna de las muestras analizadas.

En la muestra de agua tomada en el sondeo, se han analizado los parámetros específicos marcados por la EHE, obteniéndose los siguientes resultados:

PARÁMETROS	CC09/14125 S-1
- Magnesio (mg/l)	87,90
- Residuo seco (mg/l)	325,00
- Sulfatos (mg/l)	45,60
- pH	7,50
- CO ₂ libre (mg/l)	12,95

Atendiendo a la EHE, y a los resultados obtenidos en los parámetros analizados, estas aguas no presentan agresividad.

Por otro lado, el ensayo de agresividad Baumann-Gully realizado, ha arrojado el siguiente resultado:

MUESTRA	Agresividad Baumann-Gully (ml/kg)	Agresividad débil (EHE)
C-1 (CC09/13875)	8,60	>200

La muestra ensayada ha arrojado un resultado de no agresividad.

3.6 EXPANSIVIDAD

Dado que los materiales sobre los que se apoyará la cimentación, son de carácter predominantemente granular, no son de esperar problemas de tipo expansivo.

4. INFORME DE CIMENTACIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. INFORME DE CIMENTACIÓN. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según información aportada por el peticionario, en la zona objeto de estudio se prevé construir un edificio dotado de una única planta.

Considerando una cota de apoyo de entorno a 0,80-1,00 m, la cimentación quedaría emplazada en el nivel 2 de gravas arenosas de compacidad densa a muy densa. De esta manera, la cimentación podrá llevarse a cabo de modo directo mediante zapatas.

Se ha detectado la presencia del nivel freático a 1,30 m de profundidad, por lo que deberán preverse las oportunas medidas de impermeabilización y/o drenaje.

Se trata de un acuífero superficial libre, alimentado por infiltración de aguas de lluvia, por lo que no se deben descartar posibles oscilaciones estacionales del nivel freático.

No se ha detectado presencia de sulfatos en las muestras de suelo analizadas. La muestra de agua analizada ha arrojado un resultado de no agresividad. El ensayo de agresividad Baumann-Gully realizado, ha arrojado un resultado de no agresividad.

No son previsibles fenómenos expansivos en los suelos afectados por la cimentación, dado el carácter granular de los mismos.

La aceleración sísmica básica es inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad. No es obligatoria la aplicación de la Norma.

Los rangos teóricos de permeabilidad que se pueden adjudicar a los diferentes niveles geotécnicos descritos se exponen a continuación:

- NG-2: Gravas en matriz de arena arcillosa/limosa $10^{-2} - 10^{-5}$ m/s

4.1. CÁLCULO DE TENSIONES ADMISIBLES

- **Método para la determinación de la presión vertical de servicio en suelos granulares**

En terrenos de naturaleza granular, para el diseño de cimentaciones, en el CTE se recoge el método que se expone a continuación, el cual consiste en el empleo de correlaciones empíricas más o menos directas con el ensayo de penetración SPT, o con otro tipo de ensayos in situ, a su vez correlacionables con el mismo.

Cuando la superficie del terreno sea marcadamente horizontal (pendiente inferior al 10%), la inclinación con la vertical de la resultante de las acciones sea menor del 10% y se admita la producción de asientos de hasta 2,50 cm, la presión vertical admisible de servicio podrá evaluarse mediante las siguientes expresiones basadas en el golpeo N obtenido en el ensayo SPT, y correlacionable con el ensayo de penetración DPSH ($N_{SPT} \equiv 1,2 \times N_{DPSH}$).

- Para $B^* < 1,2$ m:

$$q_{adm} = 12N \left(1 + \frac{D}{3B^*} \right) \cdot \left(\frac{St}{25} \right) kN / m^2$$

- Para $B^* > 1,2$ m:

$$q_{adm} = 8N \left[1 + \frac{D}{3B^*} \right] \cdot \left(\frac{St}{25} \right) \left(\frac{B^* + 0,3}{B^*} \right)^2 kN / m^2$$

siendo:

B*: ancho equivalente de cimentación (se considerará cimentación con cargas centradas)

St: El asiento total admisible, en mm.

N_{SPT}: el valor medio de los resultados, obtenidos en una zona de influencia de la cimentación comprendida entre un plano situado a una distancia 0,5B* por encima de su base y otro situado a una distancia mínima 2B* por debajo de la misma.

D: La profundidad de emplazamiento de la cimentación

El valor de $\left[1 + \frac{D}{3B^*}\right]$ a introducir en la ecuación será menor o igual a 1,3.

Si existe nivel freático a la altura de apoyo de la cimentación o por encima, para poder aplicar las formulas anteriores debe garantizarse mediante un adecuado proceso constructivo, que las características mecánicas del terreno de cimentación no se alteren respecto a los valores determinados en el reconocimiento geotécnico.

Las formulas anteriores se considerarán aplicables para cimentaciones superficiales de hasta 5,00 m de ancho real (B). Para anchuras superiores a 5,00 m deben siempre comprobarse los asientos por la metodología de Burland y Burbidge.

4.2. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

De la investigación realizada, se deduce que la cimentación se podrá abordar de modo directo mediante **zapatas** emplazadas en el nivel 2 de gravas arenoarcillosas a la cota propuesta, calculadas para una carga admisible del terreno de hasta **2,5 Kp/cm²**.

Para el cálculo del módulo de balasto en este nivel, se recomienda tomar un valor de $K_{30} = 10 \text{ Kp/cm}^3$.

Dadas las irregularidades geológico-geotécnicas del sustrato de apoyo, donde se han observado variaciones en el contenido en matriz, tamaño de los clastos, así como en la compacidad, se recomienda tomar las oportunas medidas que el proyectista considere adecuadas, a fin de minimizar posibles asientos diferenciales, como la realización de una cimentación corrida, o al menos atada.

4.3. EXCAVACIÓN

La excavación de los materiales podrá abordarse mediante medios mecánicos convencionales.

A efectos de los correspondientes cálculos de empujes, se dan a continuación los correspondientes parámetros geotécnicos de cada nivel descrito, con sus coeficientes de empuje. Éstos se han calculado, a modo orientativo, considerando la teoría de Rankine, un trasdós vertical y una coronación horizontal.

Para la deducción de los parámetros aportados, se ha empleado la información obtenida en los ensayos de laboratorio e información bibliográfica.

- **Gravas y bolos arenoarcillosos/limosos (NG-2):**

- Densidad aparente: 2,10-2,40 t/m³. Se recomienda que a efectos de dimensionado de empujes, se considere la densidad máxima.
- Cohesión: 0 – 1 t/m². Se recomienda adoptar el valor mínimo del rango fijado.
- Ángulo de rozamiento interno: 35-43°. Se recomienda adoptar el valor mínimo del rango fijado.

Los coeficientes de empuje del terreno para este nivel, serían los siguientes:

Coeficiente de empuje en reposo (K_o):	0,43
Coeficiente de empuje activo (K_a):	0,27
Coeficiente de empuje pasivo (K_p):	3,69

Todo lo reflejado en el presente informe queda sujeto a que, una vez abiertas las excavaciones, las características del terreno se mantengan y sean concordantes con las supuestas. En todo caso las deducciones que aquí figuran en cuanto a naturaleza, características y disposición de los distintos niveles del subsuelo, sólo son una interpolación razonable, basada en criterios geológicos, que se realiza a partir de reconocimientos puntuales y espaciados.

A falta de datos concretos del proyecto, recordar que las recomendaciones y cálculos realizados únicamente son un supuesto teórico orientativo. En todo caso, los técnicos de *INCOSA* quedan a disposición de la propiedad y de la dirección de obra para cualquier aclaración y/o ampliación que consideren necesarias.

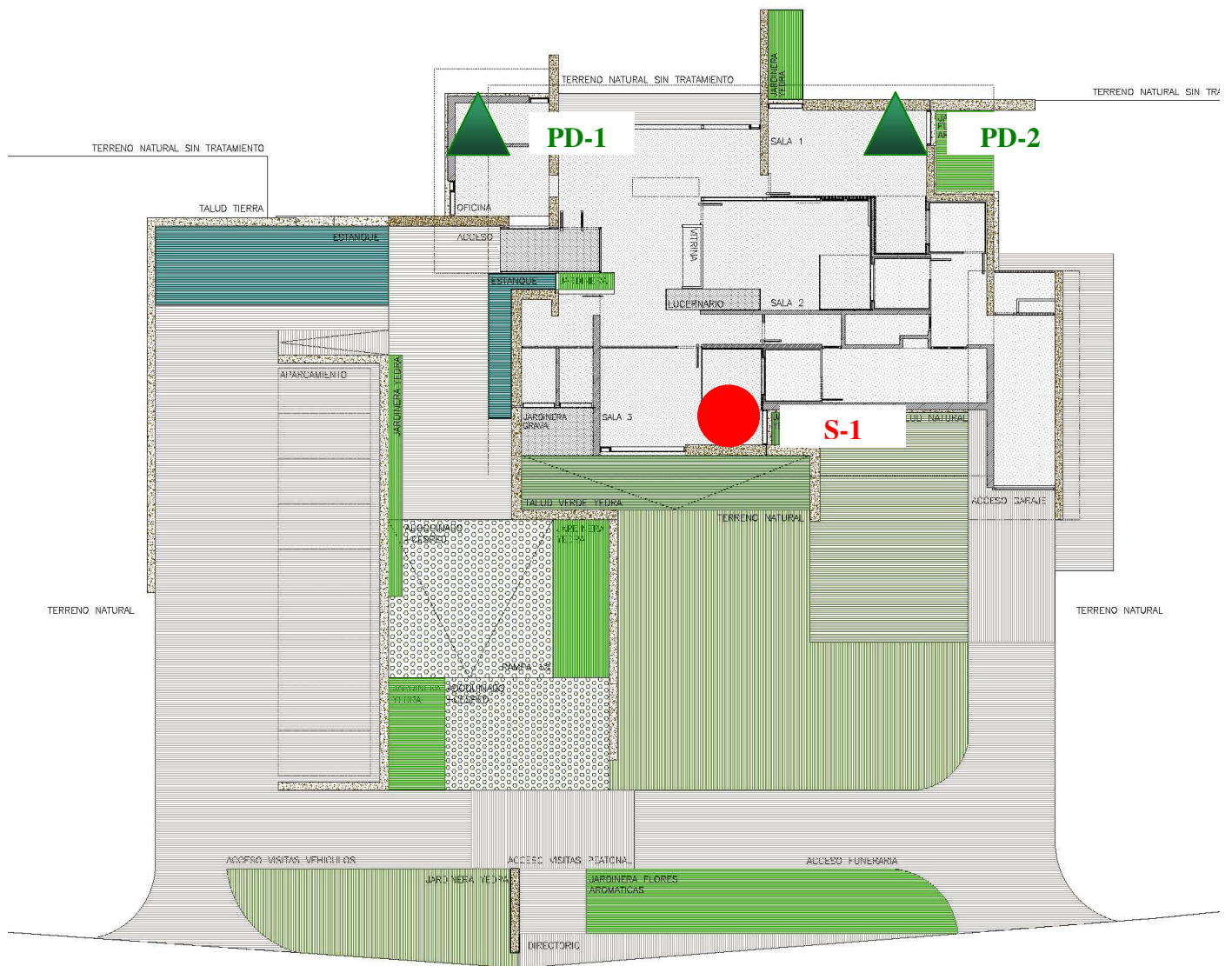

VºBº: ANTONIO J. PÉREZ BLANCO
D.T. Zona Noroeste

León, a 27 de Julio de 2.009


Fdo: MÓNICA SANTOS FDEZ.
GEÓLOGA
Dpto. de Geotecnia

ANEJOS

ANEJO N°1
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO



LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

ANEJO N°2
REGISTRO – PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDEO

ANEJO N°3
REGISTROS DE LAS PENETRACIONES DINÁMICAS

PENETRACION DINAMICA TIPO BORROS.

PESO DE LA MAZA 63,5 Kg
PUNTAZA SECCIÓN CUADRADA :

ALTURA DE CAIDA 0,5 m
AREA BASE: 16 cm² - CONICIDAD 90º - LONGITUD 180 mm.

PENETRACIÓN DINÁMICA N°: PD-1

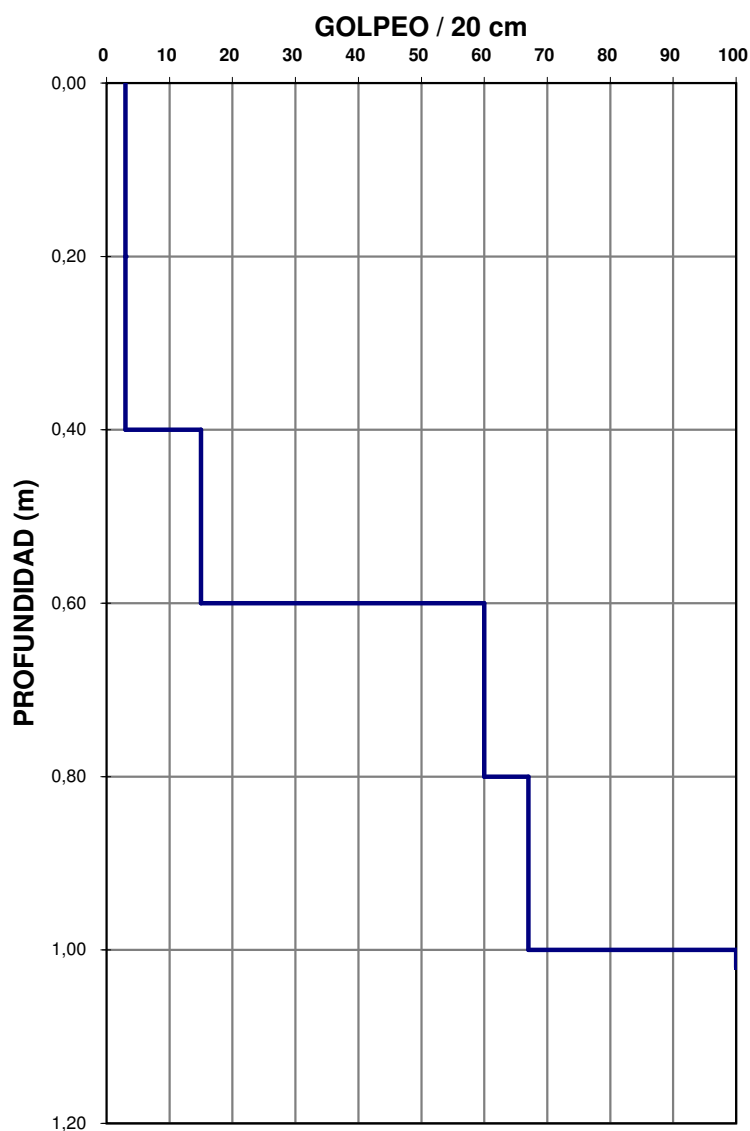
FECHA: 09/07/2009

Nº EXPEDIENTE: E09/1721

OBRA: TANATORIO EN VILLAQUILAMBRE (LEÓN)
PETICIONARIO: SERFUNLE, S.A.

COTA (m): La existente en la parcela en el instante de realizar la prospección.

NIVEL FREÁTICO (m): --- m.

[illegible]

PENETRACION DINAMICA TIPO BORROS.

PESO DE LA MAZA 63,5 Kg
PUNTAZA SECCIÓN CUADRADA :

ALTURA DE CAIDA 0,5 m
AREA BASE: 16 cm² - CONICIDAD 90º - LONGITUD 180 mm.

PENETRACIÓN DINÁMICA N°: PD-2

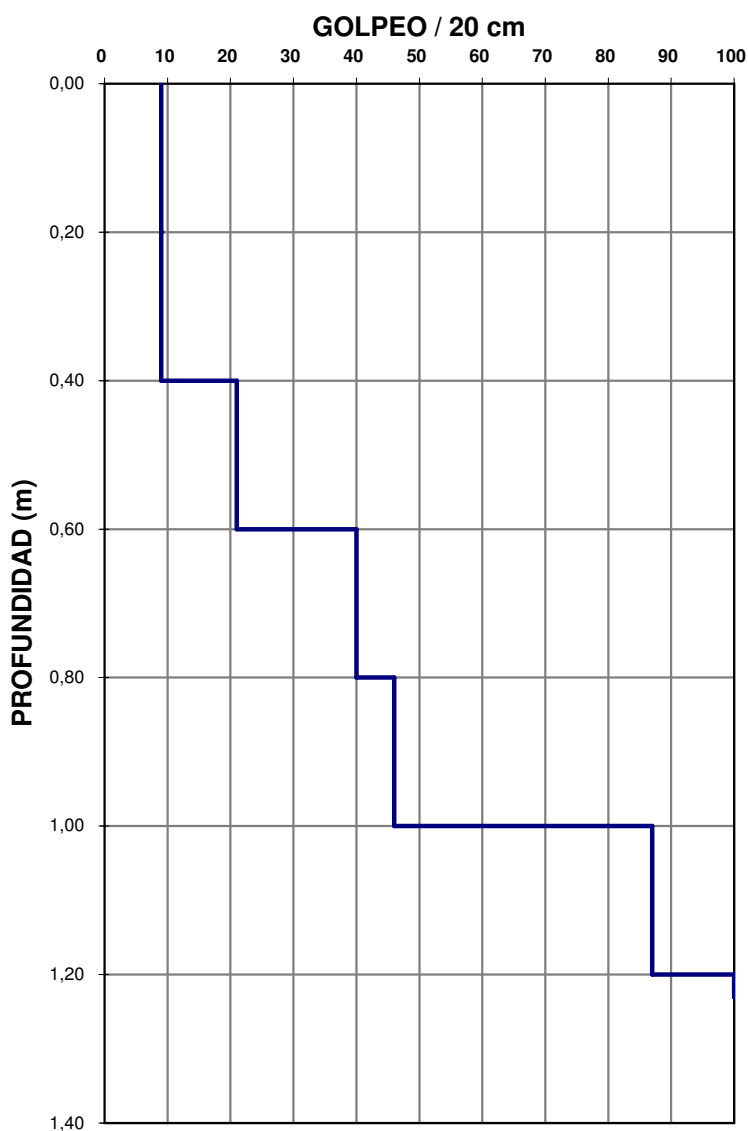
FECHA: 09/07/2009

Nº EXPEDIENTE: E09/1721

OBRA: TANATORIO EN VILLAQUILAMBRE (LEÓN)
PETICIONARIO: SERFUNLE, S.A.

COTA (m): La existente en la parcela en el instante de realizar la prospección.

NIVEL FREÁTICO (m): --- m.

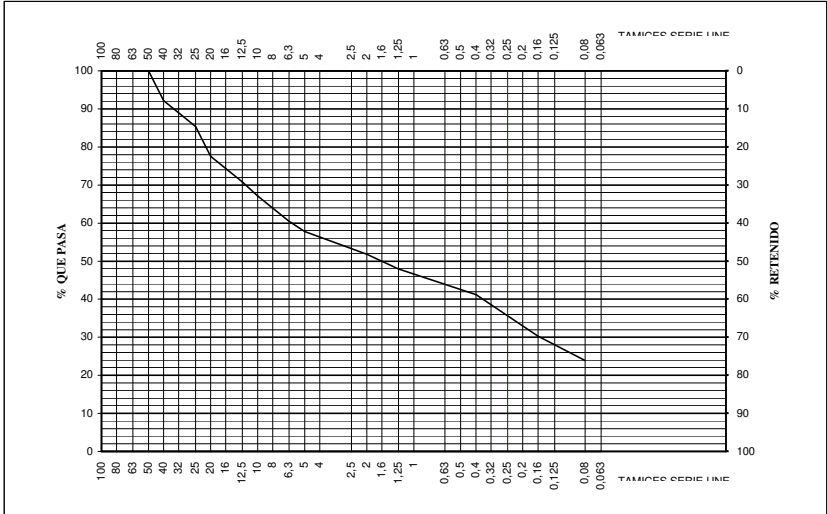
[illegible]

ANEJO N°4
ENSAYOS DE LABORATORIO

PETICIONARIO: SERFUNLE, S.A.
ESTUDIO: TANATORIO EN VILLAQUILAMBRE (LEÓN)
Sondeo (m): S-1 SPT-1
Profundidad (m): 1,50-2,10

EXPEDIENTE Nº E09/1721
DOCUMENTO Nº ESTOGM01,01
MUESTRA Nº CC09/13875
Fecha inic/final ensayo: JUL´09
Fecha emisión: JUL´09

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (UNE 103-101/93)



TAMIZ UNE	% Pasa
63	100,0
50	100,0
40	92,2
25	85,4
20	77,5
12,5	70,8
10	67,2
6,3	60,5
5	57,8
2	51,8
1,25	48,0
0,4	41,2
0,16	30,3
0,08	23,9

tamaño partículas (mm)

Bolos	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina
	GRAVA			ARENA		

LÍMITES DE ATTERBERG	
Límite Líquido (UNE 103-103/94)	22,8
Límite Plástico (UNE 103-104/93)	14,9
Índice de Plasticidad	7,9

Acidez Baumann-Gully(ml/Kg) (EHE)	8,60
Materia orgánica (%) (NLT-118)	----
Sulfatos (%) (UNE 103-202/95)	NO DETECTADOS
Humedad natural (%) (UNE 103-300/93)	6,03

OBSERVACIONES: CLASIFICACIÓN DE CASAGRANDE: SC

VºBº HENAR BRAVO
Dtor Laboratorio

FDO.: F. JAVIER ALVAREZ
Técnico de Laboratorio

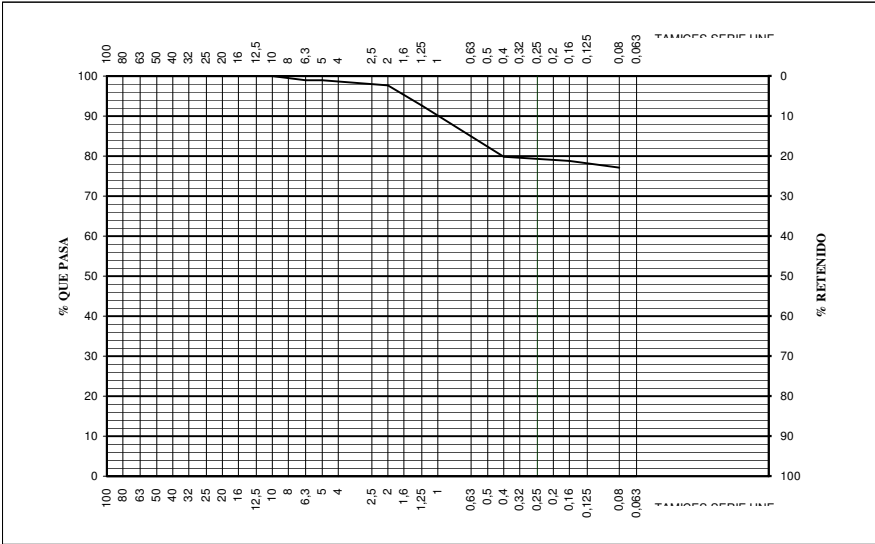
Laboratorio acreditado por la Junta de Castilla y León.
Áreas de Acreditación: 12010EHC06, 12010GTL06, 12010SVG06, 12030EHA06, 12030VSG06, 12023EHF06, 12027HFO6, 12027GTC06, 12039EHF06

Este informe de ensayos responde a los criterios generales establecidos en la norma EN 45001, en cuanto a características de funcionamiento, organización, material de ensayo y aseguramiento de la calidad de laboratorios de materiales de construcción. Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas, quedando prohibida la reproducción parcial o total de este documento, salvo autorización por escrito de INCOSA

PETICIONARIO: SERFUNLE, S.A.
ESTUDIO: TANATORIO EN VILLAQUILAMBRE (LEÓN)
Sondeo (m): S-1 MP-1
Profundidad (m): 3,50-3,80

EXPEDIENTE Nº E09/1721
DOCUMENTO Nº ESTOGM01,01
MUESTRA Nº CC09/13876
Fecha inic/final ensayo: JUL´09
Fecha emisión: JUL´09

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (UNE 103-101/93)



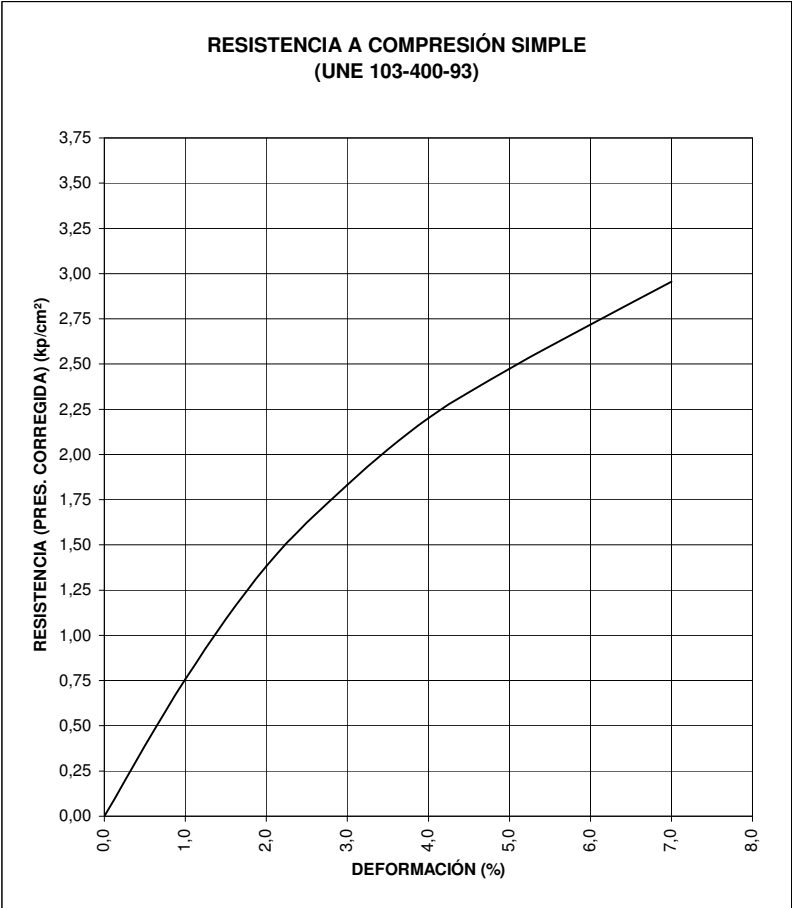
PETICIONARIO: SERFUNLE, S.A.
ESTUDIO: EDIF. VIV. EN C/REAL Nº25. VILLARRODRIGO
Sondeo (m): S-1 MP-1
Profundidad (m): 3,50-3,80

EXPEDIENTE Nº E09/1721
DOCUMENTO Nº ESTOGM01,01
MUESTRA Nº CC09/13876

Fecha inic/final ensayo: JUL '09

HUMEDAD (%) (UNE 103-300-93)	17,02
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm ³) (UNE 103-301-94)	2,26
DENSIDAD SECA (g/cm ³) (UNE 103-301-94)	1,93

ÁREA INICIAL (cm ²)	41,85
CARGA DE ROTURA (kg)	133
DEFORMACIÓN (%)	11
q _u (kp/cm ²)	2,96



FORMA
DE ROTURA



OBSERVACIONES: _____

VºBº HENAR BRAVO
Dtor Laboratorio

FDO.: F. JAVIER ALVAREZ
Técnico de Laboratorio

Laboratorio acreditado por la Junta de Castilla y León.
Áreas de Acreditación: 12010EHC06, 12010GTL06, 12010SVG06, 12030EHA06, 12030VSG06, 12023EHF06, 12027HF06, 12027GTC06, 12039EHF06

Este informe de ensayos responde a los criterios generales establecidos en la norma EN 45001, en cuanto a características de funcionamiento, organización, material de ensayo y aseguramiento de la calidad de laboratorios de materiales de construcción. Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas, quedando prohibida la reproducción parcial o total de este documento, salvo autorización por escrito de INCOSA

PETICIONARIO: SERFUNLE, S.A.
ESTUDIO: TANATORIO EN VILLAQUILAMBRE (LEÓN)
Procedencia: S-1
Fecha toma: JUL '09

EXPEDIENTE Nº: 09/1721

MUESTRA Nº: CC09/14125
DOCUMENTO Nº: AGUACCP.001

ANALISIS DE LA AGRESIVIDAD DEL AGUA

ENSAYO	RESULTADO	GRADO DE AGRESIVIDAD ANEXO 5 EHE		
		DEBIL	MEDIO	FUERTE
pH	7,50	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
Ion Magnesio (mg/l)	87,90	300 – 1000	1000 – 3000	> 3000
Sulfatos (mg/l)	45,60	200 – 600	600 – 3000	> 3000
CO ₂ Agresivo (mg/l)	12,95	15 – 40	40 – 100	> 100
Residuo seco (mg/l)	325,00	75 - 150	50 - 75	< 50

GRADO DE AGRESIVIDAD:

NO AGRESIVO

CLASE ESPECIFICA DE EXPOSICIÓN SEGÚN EHE:

--

OBSERVACIONES:

VºBº HENAR BRAVO
Dtora Laboratorio

FDO.: MARINA SOLIS
Técnico de Laboratorio

Laboratorio acreditado por la Junta de Castilla y León
Áreas de Acreditación: 12010EHC06, 12010GTL06, 12010SVG06, 12030EHA06, 12030VSG06, 12023EHF06, 12027HF06, 12027GTC06, 12039EHF06

Los objetos aquí especificados son única y exclusivamente los afectados por este informe de ensayo.
No se reproducirá parcialmente este ensayo sin la aprobación por escrito del laboratorio de ensayo.