

ESTUDIO DE SUELOS PARA FUNDACIONES

Solicitante : “Dirección de Infraestructura Escolar”.-
“Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos”.-
“Gobierno de la Provincia de San Juan”.-

Obra : “ENI N°41 DANTE A. SAAVEDRA – Esc. L. SÁNCHEZ de ARANCIBIA”.-

Ubicación : “Ruta Provincial 270 s/N° – Departamento Caucete – San Juan”.-
Nomenclatura Catastral 13-50-300-100.-

San Juan, 27 de abril de 2020.-

INFORME TÉCNICO

1) INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó a pedido del Solicitante y tiene por objeto y único alcance estudiar las condiciones del suelo de fundación para la construcción del edificio escolar de la “Escuela ENI N°41 – Dante Alberto Saavedra”.

Este proyecto se desarrollará en planta baja sin sótano, y contempla su construcción con materiales tradicionales como el hormigón armado, hormigón simple, mampostería y acero.

El proyecto se encuentra ubicado en la Zona IV de peligrosidad sísmica de la República Argentina según el Reglamento INPRES CIRSOC 103.

2) INVESTIGACIÓN DE CAMPAÑA.

Para el desarrollo del trabajo se ha procedido a realizar las siguientes tareas:

- Inspección visual del sitio para observar los rasgos superficiales topográficos y geotécnicos de superficie.
- Ejecución de dos (2) sondeos por inyección de lodo bentonítico en 3” de diámetro y de 8,45 metros de profundidad cada uno, individualizado como **S.1** y **S.2**. Se adjunta un plano con la ubicación de los sondeos efectuados.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

- Determinación del perfil estratigráfico del subsuelo de cada uno de los sondeos realizados.
- Ejecución del Ensayo de Penetración Normal SPT cada metro de avance de los sondeos realizados, o cada cambio de estrato. Se utilizó la sonda Terzaghi estándar dispuesta con tubos interiores de PVC para la recuperación de los testigos. Los índices SPT que se informan corresponden a los valores experimentales de campo obtenidos con el equipo utilizado, los que posteriormente han sido corregidos para llevarlos a los valores que en la literatura técnica internacional se denomina como N(60).
- Toma de muestras alteradas e inalteradas, de las diferentes capas de suelo que conforman el perfil estratigráfico de cada sondeo, para sobre ellas ejecutar los posteriores ensayos de laboratorio.

Los resultados de la investigación de campaña realizada pueden ser consultados en las planillas y gráficas que se adjuntan al presente Informe.

La posición en el terreno de los sondeos ejecutados puede ser observada en la figura N°3.

La ubicación del terreno estudiado se ha volcado en el siguiente croquis.



Figura. N° 1: Imagen satelital de la ubicación del terreno estudiado.

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.



Figura. Nº 2: Imagen satelital de la ubicación del terreno estudiado.

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.



Figura. N° 3: Imagen satelital de la ubicación de los sondeos ejecutados en el terreno estudiado.

3) DESCRIPCIÓN DEL TERRENO.

El terreno estudiado se corresponde con el predio donde se emplaza la escuela ENI N°47 Dante Alberto Saavedra. La misma se ubica en la ruta nacional N° 270, en el departamento Caucete de la provincia de San Juan. La zona estudiada se ubica sobre el costado sur de las obras existentes del establecimiento escolar. La zona estudiada se encuentra inculta, sin edificaciones en su interior y se encuentra cerrada perimetralmente por muros de mampostería y alambradas. Se observan árboles y una cubierta vegetal formada por pastos y arbustos típicos del clima desértico en que se emplaza el mismo, como así también gran cantidad de ramas producto de la tala de algunas especies de árboles preexistentes en el terreno.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

4) ENSAYOS DE LABORATORIO.

Sobre las muestras de suelo recuperadas se han efectuado los siguientes ensayos:

- Límites de Consistencia (LL, LP e IP).
- Contenido de Humedad Natural (wn).
- Análisis Granulométricos.
- Clasificación de Suelos: Sistema Unificado (SUCS) y AASHTO.
- Contenido de Sales Solubles Totales.
- Determinación de los Pesos Unitarios Húmedos y Secos.
- Ensayo de Corte Directo.

5) CARÁCTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS DEL TERRENO

El sitio en estudio se ubica en la llanura aluvial de inundación del Río San Juan al Este de su curso y a una distancia de aproximadamente 5 Km.

El sitio presenta una leve pendiente al sudeste y su superficie es prácticamente llana, salvo el sector propiamente del cauce del Río San Juan. En general en el resto del terreno se observa en su superficie una vegetación rala típica de un clima desértico y un suelo salitroso. La cercana presencia del nivel freático determina que, según el ascenso capilar particular del tipo de suelo presente, la superficie del terreno aparezca húmeda o seca.

El perfil estratigráfico del subsuelo presenta las características geotécnicas habituales de una zona de llanura aluvial de inundación (lacustre), y en él se han detectado sedimentos finos compuestos por:

- Limo arenoso (ML), en estado de compacidad suelta y con un elevado contenido de humedad.
- Limo arcilloso (ML) de plasticidad baja, en estado de consistencia blanda y con un elevado contenido de humedad.
- Arena fina limosa (SM), en estado de compacidad suelta y con un elevado contenido de humedad.

El perfil geotécnico del subsuelo que se ha detectado en cada una de las perforaciones realizadas, puede ser observado en los perfiles adjuntos a este Informe. En ellos puede apreciarse que los suelos descriptos anteriormente aparecen con una distribución de espacial heterogénea, propia del ambiente geológico de su formación, y además se destaca la frecuente aparición de pequeñas formaciones lenticulares.

El nivel de las aguas freáticas se ha detectado a la profundidad de 4,45m, por lo que estos suelos se presentan de muy húmedos a saturados. Este tiene una relación directa con los caudales del Río San

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Juan, destacándose que en años de muy buenos caudales en el Río San Juan, la freática alcanzó en las zonas aledañas los 1,50m a 2,00m de profundidad.

El terreno se caracteriza por poseer altos contenidos de sales. En el pasado geológico este lugar ha constituido una zona baja y de mal drenaje, circunstancias que han determinado una fuerte acumulación de sales. Las sales dominantes en el terreno son los sulfatos (sulfato de calcio), acompañadas también por cloruros (cloruro de sodio). Resulta muy frecuente observar en las muestras de suelo cristales macroscópicos de sulfato de calcio (yeso).

El perfil geotécnico del subsuelo que se ha detectado en cada una de las perforaciones realizadas, puede ser observado en los perfiles adjuntos a este Informe

6) ESTABILIDAD DINÁMICA DEL PERFIL DEL SUBSUELO

La Obra en estudio se emplaza en la Zona Sísmica 4, la más activa de nuestro país de acuerdo a la macro regionalización establecida por las Normas Sismo resistentes INPRES CIRSOC 103, en vigencia. En el terreno se dan las circunstancias que prevé el mencionado Reglamento para que resulte necesario efectuar el Análisis del Potencial de Licuación del perfil del suelo:

- Aparecen capas de arenas limosas (SM) que por constitución granulométrica son susceptibles de licuar.
- Se pueden encontrar en un futuro saturadas, ya que se ubican por debajo del nivel freático.

También se realiza la verificación del Potencial de Licuación empleando el Método Semiempírico de Seed e Idriss (según las Recomendaciones del "NCEER - 1996" y actualizado 2014), basado en la resistencia a penetración normal (SPT) del suelo arenoso. De acuerdo a este Método la relación de tensiones cíclicas generadas por el sismo se la evalúa como:

$$CSR = \tau_s / \sigma_v' = 0,65 \times r_d \times a_s \times \sigma_v / \sigma_v'; \text{ donde:}$$

r_d : factor de corrección por no rigidez de la columna de suelo;

a_s : aceleración sísmica superficial máxima (según la Norma INPRES CIRSOC 103 es igual a la ordena al origen del espectro de pseudo aceleraciones);

σ_v : esfuerzo geoestático total a la profundidad investigada; y

σ_v' : esfuerzo geoestático efectivo a la profundidad investigada.

La resistencia cíclica de tensiones del suelo se determina de la siguiente manera:

$$CRR = \tau_{av} / \sigma_{\sigma}' = \text{Función (Ms; } \sigma_v' \text{ ; N1 y pasa tamiz \# N}^\circ\text{200)}; \text{ donde:}$$

Ms : Magnitud del sismo de diseño;

N1 : resistencia unitaria a penetración normal SPT;

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Pasa tamiz # N°200: Porcentaje de partículas más finas que el tamiz N°200 en la muestra del suelo arenoso.

La condición de licuación de un suelo arenoso queda determinada por la condición:

$$CSR = \tau_s / \sigma_v' \geq CRR = \tau_{av} / \sigma_v'$$

Las Normas Sismorresistentes INPRES CIRSOC 103 definen un factor de seguridad a licuación:

$$F_s = (\tau_{av} / \sigma_v') / (\tau_s / \sigma_v') = CRR / CSR;$$

cuya determinación ubica al perfil de suelos en las siguientes condiciones de estabilidad ante la licuación (estabilidad dinámica de suelos):

- $F_s \leq 1,0 \rightarrow$ Hay Licuación.
- $1,0 < F_s < 1,2 \rightarrow$ No hay Licuación, pero hay Inseguridad.
- $F_s \geq 1,2 \rightarrow$ Seguridad y estabilidad.

Es consecuencia el Reglamento INPRES CIRSOC 103 establece un factor de seguridad mínimo de 1,20; para considerar a un perfil de suelos como *dinámicamente estable y seguro*.

6.1) Análisis del Potencial de Licuación de Suelos.

VERIFICACION DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN DE SUELOS

S/ Norma INPRES CIRSOC 103 - I. Art. 17.3.3.2. y del Método de SEED E IDRIS (Recomendaciones del NCEER-1996)

A. DATOS DEL PROYECTO.

OBRA: ENI N°41 - Dante Alberto Saavedra - Caucete

SONDEO: S.1

Zona Sísmica S/ INPRES CIRSOC 103-I IV

Magnitud Mw= 7,5 $a_{sm\acute{a}x} / g = 0,35$ MSF= 1,00

B. DATOS DEL SONDEO Y PARAMETROS BASICOS DE CÁLCULO

NF (m) 2,00

Prof. (m)	N (spt)	γ_d (t/m ³)	% Finos	σ_{vo} (t/m ²)	σ_{vo} (t/m ²)	DR (%)	Cu	N(60)	N1(60)	N1(60)cs	rd
1,00	4	1,387	85	2,39	1,39	37	1,70	3	5	11	0,992
2,00	6	1,512	96	3,02	3,02	45	1,70	5	8	14	0,985
3,00	9	1,544	37	3,63	4,63	55	1,69	7	12	20	0,977
4,00	8	1,568	44	4,27	6,27	51	1,56	7	10	17	0,969
5,00	10	1,599	96	5,00	8,00	56	1,44	9	12	20	0,962
6,00	12	1,545	38	5,27	9,27	62	1,40	11	15	23	0,954
7,00	16	1,622	19	6,35	11,35	70	1,28	15	19	23	0,946
8,00	21	1,754	86	8,03	14,03	76	1,13	20	23	32	0,939

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

C. VERIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACION DE SUELOS

$F_s \text{ min} = 1,20$

Prof. (m)	CSR	CRR(M=7,1 atm)	F_s	VERIFICA FACTOR DE SEGURIDAD DE NORMA	ESTRATO POTENCIALMENTE LICUABLE (CRR < CSR)
1,00	0,131	0,122	0,93	NO	Licúa
2,00	0,224	0,154	0,99	NO	Licúa
3,00	0,283	0,210	0,74	NO	Licúa
4,00	0,324	0,184	0,57	NO	Licúa
5,00	0,350	0,213	0,61	NO	Licúa
6,00	0,382	0,255	0,67	NO	Licúa
7,00	0,385	0,284	0,69	NO	Licúa
8,00	0,373	0,500	1,34	SI	No licúa

7) FUNDACIONES.

7.1) SISTEMA Y NIVEL DE FUNDACIÓN - CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO.

De acuerdo a los resultados de la investigación realizada y a lo prescripto por el Reglamento de Construcciones INPRES CIRSOC 103 – I, corresponde recomendar que se prevea un sistema de fundación que contemple el fenómeno de licuación de suelos. Esto es posible, por ejemplo utilizando un sistema de fundación profunda por medio de pilotes, o algún método de mejora del suelo de fundación con inyección de materiales conglomerantes como el soilmixing o Manchete entre otros.

7.1.1) FUNDACIÓN POR MEDIO DE PILOTES.

En este caso los pilotes deben atravesar los suelos dinámicamente inestables compuesto por limos arenosos (ML) y arenas limosas (SM), y penetrar en los estratos subyacentes profundos donde desarrollarán su capacidad de carga por el fuste y por la punta.

En este caso y a título de ejemplo se analiza la capacidad de carga de un pilote pre-excavado y hormigonado in situ de distinto diámetro, con su punta emplazada a 12,0 m, aplicando las fórmulas de la Escuela Brasileira (Luciano Decourt, 1986), con lo que se obtiene:

Diámetro Pilote (m)	QL adm (t)	QP adm (t)	QT adm (t)
0,40	16,2	11,7	27,9
0,50	20,4	18,4	38,8
0,60	24,9	26,4	51,3

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Para la verificación de los pilotes de fundación considerando la acción sísmica, y siguiendo a la mencionada Norma Sismorresistente INPRES CIRSOC 103, surge una capacidad de carga límite del terreno de: $QT_{\text{lim}} = 0,9 \times QT_{\text{adm}}$; empleando un coeficiente $f_t = 0,90$; para zona sísmica 4, según tabla 18, capítulo 17, de la Norma INPRES CIRSOC 103, arriba citada.

En este caso el Perfil de Suelos corresponde al Tipo II-b, según la Tabla 3 del Capítulo 6: Condiciones Locales del Suelo, del Reglamento INPRES CIRSOC 103.

7.1.2) CONSTRUCCIÓN DE UN TERRAPLÉN GRANULAR COMPACTADO.

Una forma alternativa de promover una mejora en el desempeño global de las construcciones, es construyendo un terraplén para la fundación de material granular, compactado y controlado de como mínimo **“1,00m de espesor”**, donde los primeros 0,25m de espesor se conforman con un pedraplén construido con piedra bola de rechazo de 2” a 6” aproximadamente.

De modo de cumplir con los niveles del proyecto arquitectónico para que el nivel de las nuevas obras coincida con el nivel de las obras existente, el terraplén granular compactado puede ser construido **“semi enterrado o totalmente enterrado”**.

Esta opción es admisible si se prescinde de la licuación de suelos y se acepta la posibilidad de ocurrencia de daños a las estructuras, de acuerdo a lo establecido como criterio general en el Reglamento INPRES CIRSOC 103-I, para los casos de ocurrencia de un terremoto destructivo. En ese sentido, ante la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos, es posible que se manifiesten asentamientos o deformaciones diferenciales y/o permanentes, en tal caso una estructura diseñada de acuerdo a la reglamentación vigente, tendría buenas probabilidades de soportar esta acción extrema con un desempeño aceptable.

7.1.3) FUNDACIONES SUPERFICIALES SOBRE UN TERRAPLÉN GRANULAR COMPACTADO.

Siguiendo la **“Resolución 087 – D.P.D.U – 17”** establecida por la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano de la provincia (D.P.D.U), según el expediente N° 504-2046-S-17, para **“Sistemas de Fundaciones Superficies para construcciones emplazadas en zonas con Suelos Dinámicamente Inestables”**. Se deberá optar por un sistema de fundación directo-superficial conformado por **“Plateas o Losas de Fundación”** de hormigón armado de 0,20m de espesor, que apoye sobre un terraplén ripioso compactado y controlado de **“1,00m”** de espesor.

Si este terraplén ripioso es adecuadamente construido contribuirá a mitigar los eventuales daños que un sismo destructivo pueda producir en las obras debido al fenómeno de licuación de suelos. Además, este terraplén conformado con un material granular adecuadamente compactado, mejorará la distribución de cargas desde las fundaciones hacia el terreno natural.

En cualquier caso el terraplén también contribuye a:

- ✓ Mejorar la capacidad portante del terreno nativo frente a cargas de servicio.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

- ✓ Aislar las obras de la humedad y sales agresivas del suelo.

Bajo esta circunstancia se presenta a continuación las recomendaciones para el diseño de la estructura de fundación.

Para el cálculo de la capacidad de carga del suelo se empleará la ecuación (5.12) del Cap. 5.3 de la bibliografía Principio de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M. Das – 4ª edición, año 2002. Esta ecuación se deduce del Criterio y Fórmula Generalizada de Terzaghi. La presión admisible media que presenta el terreno fundando por medio de una Platea de Fundación:

Profundidad mínima = $Df' = 0,20m$ en el terraplén compactado.

$$q_u = S_n = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + 0,5 \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$S_u \leq \phi S_n$$

Prof. Efect. Df' (m)	Para combinación de acciones que no incluyen sismo ϕS_n (ton/m ²)	Para combinación de acciones que Si incluyen sismo ϕS_n (ton/m ²)
0,20	15,2	13,7

8) RECOMENDACIONES.

- Los contenidos de Sales Solubles Totales determinados en el suelo presentan valores medios a altos, por lo que es recomendable el uso de cemento puzolánico y mezclas de hormigón resistente al ataque de sulfatos para todas las estructuras de fundación, de acuerdo a lo establecido por el Reglamento CIRSOC 201-05.
- Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, que se encuentren en "contacto con el suelo natural", en función del tipo de exposición de la estructura.

Según el Reglamento CIRSOC 201, el hormigón estará expuesto a un ambiente del tipo **Q1** (Ambiente con agresividad química Moderado). Por lo tanto para todo hormigón en contacto con el suelo natural, tendrá las siguientes características.

- Para hormigones en contacto con el suelo natural: Tipo **H30**.
- Con una relación a/c máxima:
 - a) Hormigón simple a/c = 0,50
 - b) Hormigón armado a/c = 0,50
- Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, que se encuentren en "contacto con el Terraplén granular compactado", en función del tipo de exposición de la estructura.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

- Los suelos naturales y/o aportados para terraplenes que se encuentren en contacto con el hormigón deberán estar libre de sales, se recomienda verificar que el contenido de sulfatos sea menor al 0,1%. En caso que no se cumpla esta condición, se recomienda el estudio y diseño de la mezcla de hormigón para que pueda soportar el ataque de las sales, de acuerdo al Reglamento CIRSOC 201-05.

Según el Reglamento CIRSOC 201, el hormigón estará expuesto a un ambiente del tipo **A1** (no agresivo). Por lo tanto, se recomienda usar hormigones con las siguientes características.

- Para hormigones en contacto con el suelo: Tipo **H20**.
 - Con una relación a/c máxima = 0,60.
 - Contenido mínimo de cemento 280 kg/m³.
- Realizar la limpieza de todo el terreno eliminando la capa superficial del suelo asiento de la vegetación existente en un espesor de 0,15m.
 - Dado que en el predio existen árboles, se deberán erradicar los mismos y los tocones producto de la tala en toda las zonas afectadas por las construcciones; se indica que se deberá retirar cuidadosamente las raíces de éstos, rellenar, nivelar y compactar el hueco originado con el suelo natural extraído de la excavación y compactar al menos al 95% de su densidad máxima del PROCTOR T99.
 - La construcción del terraplén de gravas compactado puede contribuir a mitigar los eventuales daños que un sismo destructivo pueda producir en la obra debido al fenómeno de licuación de suelos. Además mejorará la transmisión de cargas desde la estructura de fundación hacia el suelo natural, aumentando su capacidad de carga. El terraplén se recomienda que sea conformado de la siguiente manera, a los efectos de que pueda cumplir con los objetivos anteriores:

Construir un terraplén el cual se hará de la siguiente manera:

- Luego de realizar la limpieza del terreno eliminando la capa superficial del suelo asiento de la vegetación existente, escarificar los 0,15m del suelo subsiguientes de suelo natural, humedecerlos y compactarlos al 95% de la densidad máxima de su Proctor T.99.
- Sobre el terreno natural escarificado y compactado se hará un pedraplén de 0,25m de espesor constituido con piedra bola de rechazo de 2" a 6" aproximadamente.
- Se continuará el terraplén con un el relleno en capas de 0,20 m a 0,25 m de espesor, con un material granular natural de la zona del tipo A-1-a (0), compactado al menos al 95% de su densidad máxima del PROCTOR T180, y tamaño máximo de 3".
- Se deberá utilizar partículas de grano redondeado hasta subredondeado. Se admite la presencia de muy pequeños porcentajes de partículas algo lajosas o angulosas. En caso

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

de disponer de materiales con propiedades dudosas, se deberá verificar su aptitud con ensayos de laboratorio.

- El contenido de sales solubles totales del material granular del tipo A-1 a (0) debe ser menor al 0,5 % en masa.
- El contenido de sulfatos solubles del material granular del tipo A-1 a (0) debe ser menor al 0,1 % en masa.

Si por razones de niveles arquitectónicos y con motivo de que el nivel de piso terminado de las nuevas obras deba coincidir con el nivel de piso terminado de las obras adyacentes pertenecientes a la escuela, el terraplén puede ser construido semi enterrado o totalmente enterrado.

Caso A: Terraplén no enterrado

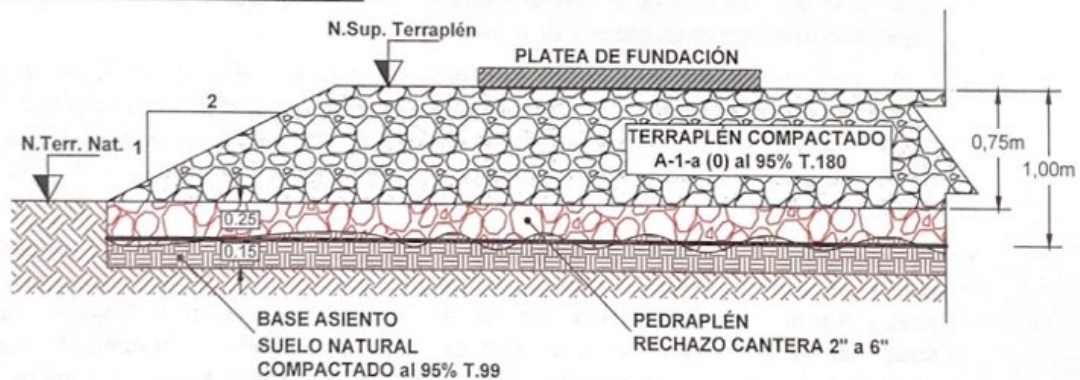


Figura N°4: Se muestra un croquis del sistema de fundación recomendado.

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Caso B: Terraplén semi enterrado

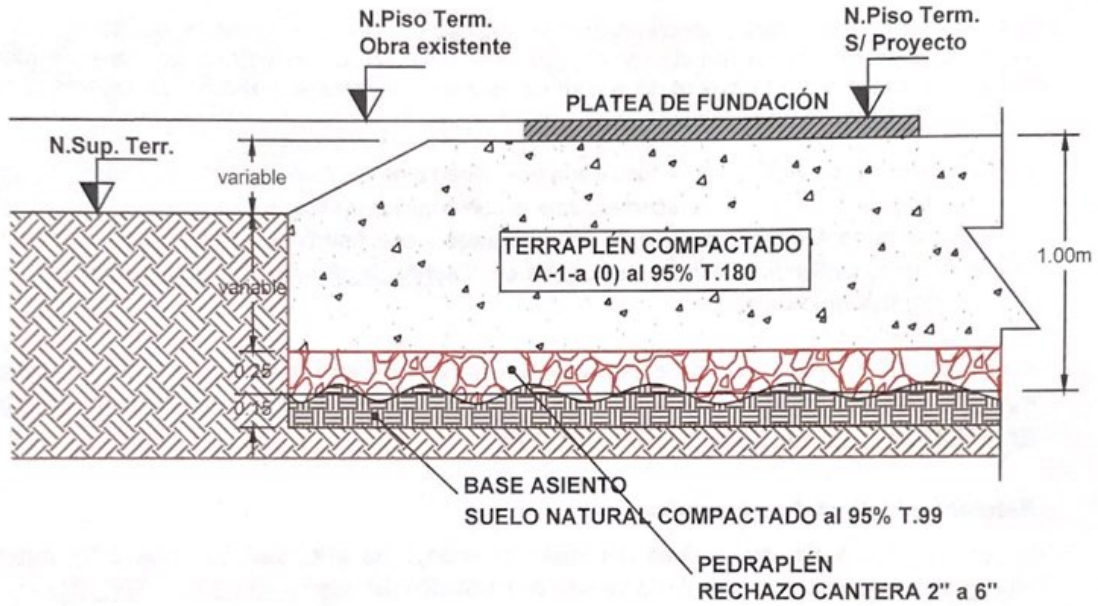


Figura N°5: Se muestra un croquis del sistema de fundación recomendado.

Caso C: Terraplén Enterrado

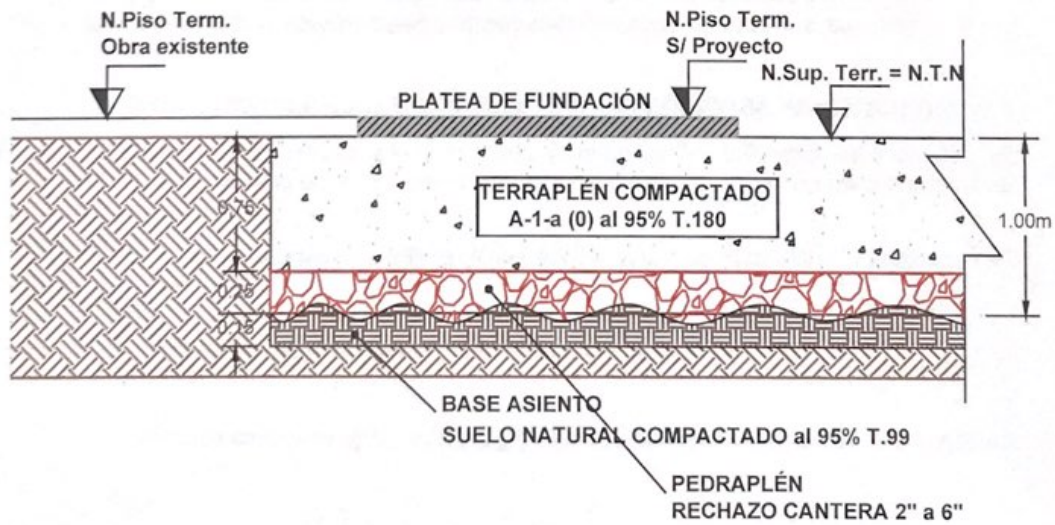


Figura N°6: Se muestra un croquis del sistema de fundación recomendado.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

9) ENSAYO DE INFILTRACION

Este ensayo se realizó para el diseño de lechos nitrificantes, destinados a recibir los efluentes cloacales del establecimiento escolar, en el caso de que no se disponga de un sistema cloacal en la zona para evacuar los mismos o a la espera de que se construya los colectores cloacales del sistema cloacal de la Ciudad de Caucete.

Debido a la proximidad del nivel freático y a la posibilidad que en el futuro el mismo se ubique muy próximo a la superficie del terreno, no es recomendable la construcción de pozos absorbentes. Esto es debido a que los mismos contaminan las napas más superficiales. Por lo tanto para la evacuación de los efluentes cloacales se recomienda construir un sistema de "Lechos Nitrificantes Impermeabilizados", para no producir lo antes mencionado.

Para determinar la capacidad de infiltración del suelo en los términos requeridos por la escuela de la ingeniería sanitaria, se realizó un "Ensayo de Infiltración", con el que se podrá determinar "La Superficie de Infiltración Necesaria para el caudal Requerido".

Referencia bibliográfica específica

A partir de los parámetros físicos del suelo, el ensayo de absorción de agua y las referencias bibliográficas, se puede estimar la capacidad de infiltración del suelo PARA AGUA SERVIDA en:

- New Design Standards for Intermediate Sized Wastewater Treatment Systems. New York State. 2014.
- Manual Water, Engineering and Development Center-Loughborough University – UK. 2001
- Cálculo Hidráulico de pozos sanitarios de absorción – Víctor Alfonso y López Ortega.
- Ingeniería Sanitaria aplicada al Saneamiento y Salud Pública Unda-Opozo y Salinas-Cordero

6.1) CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PARA EL DISEÑO DE LECHO NITRIFICANTE.

En este caso se determina la capacidad de absorción del suelo del estrato superior correspondiente a un limo arcillo-arenoso (ML) que tiene aproximadamente 1,00m de profundidad.

La capacidad de infiltración del suelo, PARA AGUA LIMPIA, se estima como:

$$q_{\text{agua limpia}} = 50 - 250 \frac{\text{lbs}}{\text{m}^2 \times \text{día}}$$

La capacidad de infiltración del suelo, PARA AGUA SERVIDA, se estima como:

$$q_{\text{agua servida}} = 6 - 12 \frac{\text{lbs}}{\text{m}^2 \times \text{día}}$$

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

10) RELEVAMIENTO Y CEGADO DE POZOS CIEGOS Y LETRINAS.

No se detectaron pozos ciegos o letrinas en el terreno estudiado, pero en el caso que al momento de realizar la limpieza del mismo y el movimiento de suelos, se detecte la presencia de los mismos, se deberán realizar las tareas de cegado y relleno descriptas a continuación.

10.1) ROCEDIMIENTO DE CEGADO

- Se deberá desagotar el pozo absorbente, mediante la utilización de un camión atmosférico que succiona los líquidos cloacales.
- Desinfectar con cal viva, arrojando 50 kg de cal viva por cada metro cúbico de pozo. En caso que no se conozca el volumen del mismo, arrojar 3 bolsas como mínimo.
- Rellenar, con un material granular natural de la zona del tipo A-1-a (0) ó A-1-b (0), hasta una profundidad de -3,00 mts por debajo la cota de boca de pozo, verificando no dejar espacios vacíos.
- Incorporar agua para el apagado de la cal, dejando actuar como mínimo 24 hs para un completo apagado.
- Rellenar y compactar los últimos 3,00 mts, hasta alcanzar la cota de terreno natural, con un material granular natural de la zona del tipo A-1-a (0) ó A-1-b (0), compactado en capas de 0,30 m a 0,50 m de espesor al menos al 95% de su densidad máxima del PROCTOR T180, hasta llegar al nivel del terreno natural.

10.2) FUNDACIONES EN ZONA DE POZO CIEGO.

Si algún elemento estructural (Bases de fundación, Vigas de arrostramiento o Cimiento bajo muro) intersecta la zona del antiguo pozo ciego relleno, se deberá tomar los siguientes recaudos a saber:

- Se ejecutará una losa de hormigón armado de un ancho 0,50mts mayor que el ancho del pozo cegado.
- El nivel de esta losa será el del nivel más bajo del elemento de fundación considerado, tendrá un espesor mínimo de 0,20mts y una armadura calculada por el proyectista estructural que sea resistente a los esfuerzos transmitido por el elemento de fundación.

San Juan, 27 de abril de 2020.-

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

11) PERFIL GEOTÉCNICO.

Sondeo: S.1


Cota (m)	Prof. (m)	SPT N° de golpes para 30 cm.	Clasificación del Suelo	Descripción del Suelo.
0,00 -	0,00 -			
1,00 - 1,30 -	1,45 -	4	ML	(0,00 a 1,30m): Limo arenoso con finos no plásticos, en estado de compacidad suelta y con humedad media.
1,60 - 2,00 -			SM	(1,30 a 1,60m): Arena fina limosa , en estado de compacidad suelta y con humedad media.
2,40 -	2,45 -	6	ML	(1,60 a 2,40m): Limo arcilloso de plasticidad baja, en estado de consistencia blanda y con humedad media.
3,00 -			SM	(2,40 a 3,50m): Arena fina limosa , en estado de compacidad suelta y con humedad media a alta.
3,50 - 3,90 - 4,00 -	3,45 -	9	ML	(3,50 a 3,90m): Limo arenoso con finos no plásticos, en estado de compacidad suelta y con humedad media a alta.
5,00 -			ML	(3,90 a 5,80m): Limo arcilloso de plasticidad baja, en estado de consistencia blanda y con un elevado contenido de humedad. Continúa.

Observaciones: Nivel Freático = 6,40mts.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Sondeo: S.1 (Continuación)

Cota (m)	Prof. (m)	SPT N° de golpes para 30 cm.	Clasificación del Suelo	Descripción del Suelo.
5,00 -	5,00 -			
5,80 -	5,45 -	10	ML	(4,20 a 5,80m): Limo arcilloso de plasticidad baja, en estado de consistencia blanda y con elevada humedad.
6,00 -				(NF = 6,40m) 
6,60 -	6,45 -	12	SM	(5,80 a 7,60m): Arena media limosa , en estado de compacidad suelta a media y con un elevado contenido de humedad a saturada.
7,00 -				
7,60 -	7,45 -	16		
8,00 -			ML	(7,60 a 8,45m): Limo arenoso con finos no plásticos, en estado de compacidad medianamente densa y saturado.
8,45 -	8,45 -	21		Fin de exploración.
9,00 -				

Observaciones: Nivel Freático = 6,40mts.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Sondeo: S.2

Cota (m)	Prof. (m)	SPT N° de golpes para 30 cm.	Clasificación del Suelo	Descripción del Suelo.
0,00 -	0,00 -			
1,00 -	1,45 -	5	ML	(0,00 a 2,00m): Limo arenoso con finos no plásticos, en estado de compacidad suelto y con un elevado contenido de humedad.
2,00 -	2,45 -	7	ML	(2,00 a 2,90m): Limo arcilloso de plasticidad baja, en estado de consistencia blanda y con un elevado contenido de humedad.
2,90 - 3,00 -	3,45 -	7	ML	(2,90 a 4,90m): Limo arenoso con finos no plásticos, y con un elevado contenido de humedad en estado de compacidad suelto y con un elevado contenido de humedad.
4,00 -	4,45 -	10		
4,90 - 5,00 -				continúa

Observaciones: Nivel Freático = 6,45mts.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Sondeo: S.2 (Continuación)

Cota (m)	Prof. (m)	SPT N° de golpes para 30 cm.	Clasificación del Suelo	Descripción del Suelo.
5,00 -	5,00 -			
6,00 -	5,45 -	9	SM	(4,90 a 7,20m): Arena fina limosa , en estado de compactación suelta a media y con un elevado contenido de humedad a saturada. (NF = 6,45m)
6,50 -	6,45 -	11		
7,00 -			ML	(7,20 a 8,45m): Limo arenoso con finos no plásticos, en estado de compactación medio y saturado.
7,20 -	7,45 -	13		
8,00 -				
8,45 -	8,45 -	16		Fin de exploración.
9,00 -				

Observaciones: Nivel Freático = 6,45mts.

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

12) ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO DE SUELOS

Planilla Resumen de Resultados.

SONDEO		S.1					
Profundidad (m)		1,00 – 1,45	2,00 – 2,45	3,00 – 3,45	4,00 – 4,45	5,00 – 6,45	6,00 – 6,45
% PASA TAMIZ	4"	...	...	...	...	...	...
	3"	...	...	...	...	...	...
	2"	...	...	...	...	...	...
	1"	...	...	...	...	...	...
	3/4"	...	...	...	...	...	...
	3/8"	...	...	...	...	...	...
	# 4	...	...	...	...	...	...
	# 10	100	...	...	100	100	...
	# 40	99	100	100	93	99	100
	# 100	93	98	82	72	98	90
	# 200	85	96	37	44	96	38
Humedad Natural (%)		18,3	25,0	17,2	27,7	28,9	21,1
DENSIDAD	Natural húm " γ_w (t/m ³)"	1,641	1,890	1,809	2,002	2,042	1,871
	Natural seca " γ_d (t/m ³)"	1,387	1,512	1,544	1,568	1,599	1,545
SALES	Totales	0,2670	0,1995	0,1660	0,1765	0,1173	0,1201
	Cloruros	...	...	...	...	...	...
	Sulfatos	...	...	...	...	...	...
Cohesión " c (t/m ²)"		0	...	...	...	...	...
Fricción " ϕ (°)"		21,5	...	...	...	...	...
Límite Líquido (%)		x	38,7	x	x	41,4	x
Índice Plástico (%)		0	6,4	0	0	5,6	0
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos		ML	ML	SM	SM	ML	SM
Clasificación AASHTO		A-4 (8)	A-4 (8)	A-4 (1)	A-4 (2)	A-4 (8)	A-4 (0)
OBSERVACIONES		...	...	...	...	...	...

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Planilla Resumen de Resultados. (continuación)

SONDEO		S.1 (continuación)			
Profundidad (m)		7,00 – 7,45	8,00 – 8,45		
% PASA TAMIZ	4"	...	...
	3"	...	...
	2"	...	...
	1"	...	...
	3/4"	...	...
	3/8"	...	...
	# 4	...	...
	# 10	100	100		
	# 40	81	98		
	# 100	60	92		
	# 200	19	86		
Humedad Natural (%)		23,7	28,0		
DENSIDAD	Natural húm "γ _w (t/m ³)"	2,006	2,245		
	Natural seca "γ _d (t/m ³)"	1,622	1,754		
SALES	Totales	0,1055	0,1140		
	Cloruros	...	...
	Sulfatos	...	...
Cohesión "c (t/m ²)"		...	...
Fricción "φ (*)"		...	...
Límite Líquido (%)		x	x		
Índice Plástico (%)		0	0		
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos		SM	ML		
Clasificación AASHTO		A-2-4 (0)	A-4 (7)		
OBSERVACIONES		...	...

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

Planilla Resumen de Resultados.

SONDEO		S.2					
Profundidad (m)		1,00 – 1,45	2,00 – 2,45	3,00 – 3,45	4,00 – 4,45	5,00 – 6,45	7,00 – 8,45
% PASA TAMIZ	4"	...	...	...	...	...	...
	3"	...	...	...	...	...	...
	2"	...	...	...	...	...	...
	1"	...	...	...	...	...	...
	3/4"	...	...	...	...	...	...
	3/8"	...	...	...	...	...	...
	# 4	...	...	...	...	...	...
	# 10	100	100	100	...	...	1000
	# 40	99	99	98	100	100	99
	# 100	95	92	90	97	80	93
# 200	89	86	79	86	32	75	
Humedad Natural (%)		26,4	27,8	23,8	24,5	25,9	24,3
DENSIDAD	Natural húm " γ_w (t/m ³)"	1,757	1,812	1,897	1,983	2,034	2,016
	Natural seca " γ_d (t/m ³)"	1,390	1,418	1,532	1,593	1,616	1,622
SALES	Totales	0,2198	0,1785	0,1990	0,1530	0,1565	0,1380
	Cloruros	...	...	...	...	...	...
	Sulfatos	...	...	...	...	...	...
Cohesión " c (t/m ²)"		...	...	...	...	...	...
Fricción " ϕ (°)"		...	...	...	...	...	...
Límite Líquido (%)		x	42,8	x	x	x	x
Índice Plástico (%)		0	12,6	0	0	0	0
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos		ML	ML	ML	ML	SM	ML
Clasificación AASHTO		A-4 (8)	A-7-5 (10)	A-4 (8)	A-4 (8)	A-2-4 (0)	A-4 (8)
OBSERVACIONES		...	...	...	...	...	...

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

13) ENSAYO DE CORTE DIRECTO – MUESTRA GRANULAR BAJO # 10

Obra : **ENI N°41 - Dante Alberto Saavedra**
Ubicación : **Departamento Caucete- San Juan**
Solicitante : **Dirección de Infraestructura Escolar - Gobierno de la Provincia de San Juan**
Muestra : **Sondeo: S.1 Prof: 1,00 - 1,45m.**

ENSAYO DE CORTE RÁPIDO : Consolidado - Muestra Inundada durante 24 hs.

a) Datos Muestra : Muestra remoldeada

σ_n (Kg/cm ²) =	0,50	P _{sw} (gr) =	103,6	A _o (cm ²) =	31,57
γ_d (gr/cm ³) =	1,387	w _n (%) =	18,3	h _o (cm) =	2,000
e _o =	0,925	γ_s (gr/cm ³) =	2,670	V _o (cm ³) =	63,15

b) Consolidación :

σ_n (Kg/cm ²) =	0,50	δ_v (mm) =	0,460
γ_d (gr/cm ³) =	1,419	e =	0,881

c) Corte Rápido: Planilla del Ensayo.

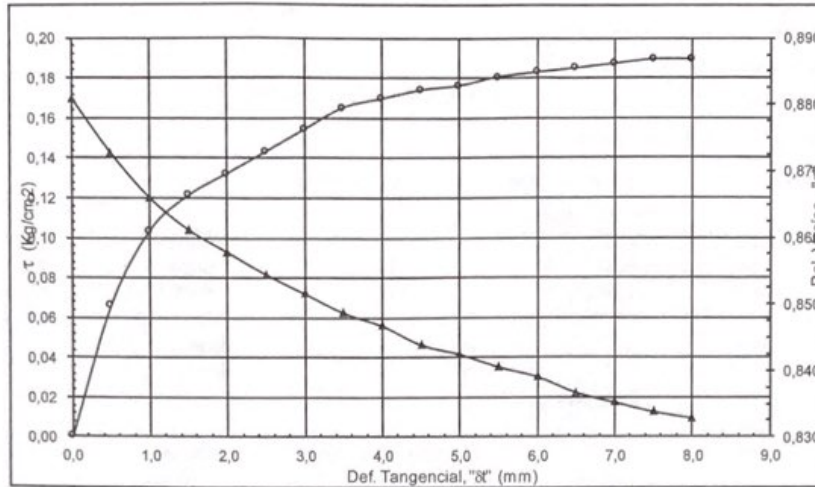
σ_n (Kg/cm ²) =	0,50	Velocidad del ensayo =	1 mm / minuto
e =	0,881		

Def. Tangencial δ (mm)	Def. Vertical δ_v (mm)	Def. Esp. Vertical ϵ_v (%)	Rel. Vacíos e	Carga T (Kg)	τ (Kg/cm ²)
0,00	0,000	0,00	0,881	0,00	0,00
0,50	0,085	0,44	0,873	2,08	0,07
1,00	0,155	0,79	0,866	3,27	0,10
1,50	0,205	1,05	0,861	3,82	0,12
2,00	0,240	1,23	0,858	4,17	0,13
2,50	0,275	1,41	0,855	4,52	0,14
3,00	0,305	1,56	0,852	4,86	0,15
3,50	0,335	1,71	0,849	5,21	0,17
4,00	0,355	1,82	0,847	5,35	0,17
4,50	0,385	1,97	0,844	5,49	0,17
5,00	0,400	2,05	0,842	5,56	0,18
5,50	0,420	2,15	0,841	5,70	0,18
6,00	0,435	2,23	0,839	5,77	0,18
6,50	0,460	2,35	0,837	5,84	0,18
7,00	0,475	2,43	0,835	5,91	0,19
7,50	0,490	2,51	0,834	5,98	0,19
8,00	0,500	2,56	0,833	5,98	0,19

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME

El Estudio Geotécnico evalúa el suelo en interacción con la estructura, bajo las demandas del medio ambiente.

d) Gráficas del Ensayo :



Obra : **ENI N°41 - Dante Alberto Saavedra**
Ubicación : **Departamento Caucete- San Juan**
Solicitante : **Dirección de Infraestructura Escolar - Gobierno de la Provincia de San Juan**
Muestra : **Sondeo: S.1 Prof: 1,00 - 1,45m.**

ENSAYO DE CORTE RÁPIDO :

a) Datos Muestra :

σ_n (Kg/cm²) = 1,00
 γ_{do} (gr/cm³) = 1,387
 e_o = 0,925

Consolidado - Muestra Inundada durante 24 hs.

Muestra remoldeada

P_{sw} (gr) = 103,6 A_o (cm²) = 31,57
 w_n (%) = 18,30 h_o (cm) = 2,000
 γ_s (gr/cm³) = 2,670 V_o (cm³) = 63,15

b) Consolidación :

σ_n (Kg/cm²) = 1,00
 γ_d (gr/cm³) = 1,492

δ_v (mm) = 1,410
 e = 0,790

c) Corte Rápido:

σ_n (Kg/cm²) = 1,00
 e = 0,790

Planilla del Ensayo.

Velocidad del ensayo = 1 mm / minuto

Def. Tangencial δ_t (mm)	Def. Vertical δ_v (mm)	Def. Esp. Vertical ϵ_v (%)	Rel. Vacíos e	Carga T (Kg)	τ (Kg/cm ²)
0,00	0,000	0,00	0,790	0,00	0,00
0,50	0,020	0,11	0,788	4,05	0,13
1,00	0,090	0,48	0,781	6,76	0,21
1,50	0,150	0,81	0,775	7,77	0,25
2,00	0,200	1,08	0,770	8,44	0,27
2,50	0,235	1,26	0,767	9,12	0,29
3,00	0,265	1,43	0,764	9,79	0,31
3,50	0,280	1,51	0,763	10,13	0,32
4,00	0,300	1,61	0,761	10,47	0,33
4,50	0,315	1,69	0,759	10,81	0,34

PLIEG-2020-55880537-APN-DGI#ME