



GEOTECNIA APLICADA 94.09

FUNDACIONES SOBRE SUELOS ESPECIALES



SUELOS “ESPECIALES”

según comportamiento mecánico

- **Suelos Expansivos:** aumenta su volumen con aumento de humedad (disminuye al secarse a carga constante; suelo parcial ó totalmente saturado).
- **Suelos Colapsables:** reduce el volumen y resistencia abruptamente cuando aumenta la humedad, está saturado, o con cargas sísmicas (resistencia y rigidez aparente; limos ó partículas finas de arena y agentes cementantes).
- **Suelos Sensitivos:** usualmente arcillas de estructura inestable, depositadas en un ambiente distinto al de origen (por ejemplo arcillas marinas floculadas).
- **Quick Clays:** arcillas altamente sensitivas, parecen estables, pero repentinamente se licúan y fluyen.



SUELOS “ESPECIALES”

según comportamiento mecánico

- **Suelos Susceptibles a Licuefacción**

- gravas arenosas o limosas, y arenas de baja densidad o limos no cohesivos, saturados, usualmente en los 30 m superficiales, a veces en lentes o bolsones.

- Sujetos a vibraciones (sismos, olas, etc.)
Aumenta la presión de poros, disminuyendo la resistencia (stress efectivo tiende a cero) lo que produce desplazamientos (suelo fluye), inestabilidad y posterior densificación del suelo.



¿CÓMO DIFERENCIAR A LOS SUELOS EXPANSIVOS DE LOS SUELOS COLAPSABLES?



Tabla: Método para identificar suelos potencialmente expansivos
(Reese y O'Neill, 1988)

| Límite Líquido, LL (%) | Límite Plástico, PL (%) | Succión del Suelo (MPa) | Potencial de Hinchamiento (%) | Clasificación del Potencial de Hinchamiento |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|---|
| > 60 | > 35 | > 0,38 | > 1,5 | Elevado |
| 50 – 60 | 25 – 35 | 0,14 – 0,38 | 0,5 – 1,5 | Marginal |
| < 50 | < 25 | < 0,14 | < 0,5 | Bajo |



- Los suelos expansivos reducen su volumen cuando se reduce su humedad.
- Los suelos colapsables reducen su volumen cuando aumenta su humedad.
- Las consecuencias o manifestación exterior puede ser similar.
- El límite líquido permite distinguirlos:
 - **Expansivo** $LL > 50$ y $\omega_{sat} \ll LL$
 - **Colapsable** $LL < 35$ y $\omega_{sat} \cong LL$

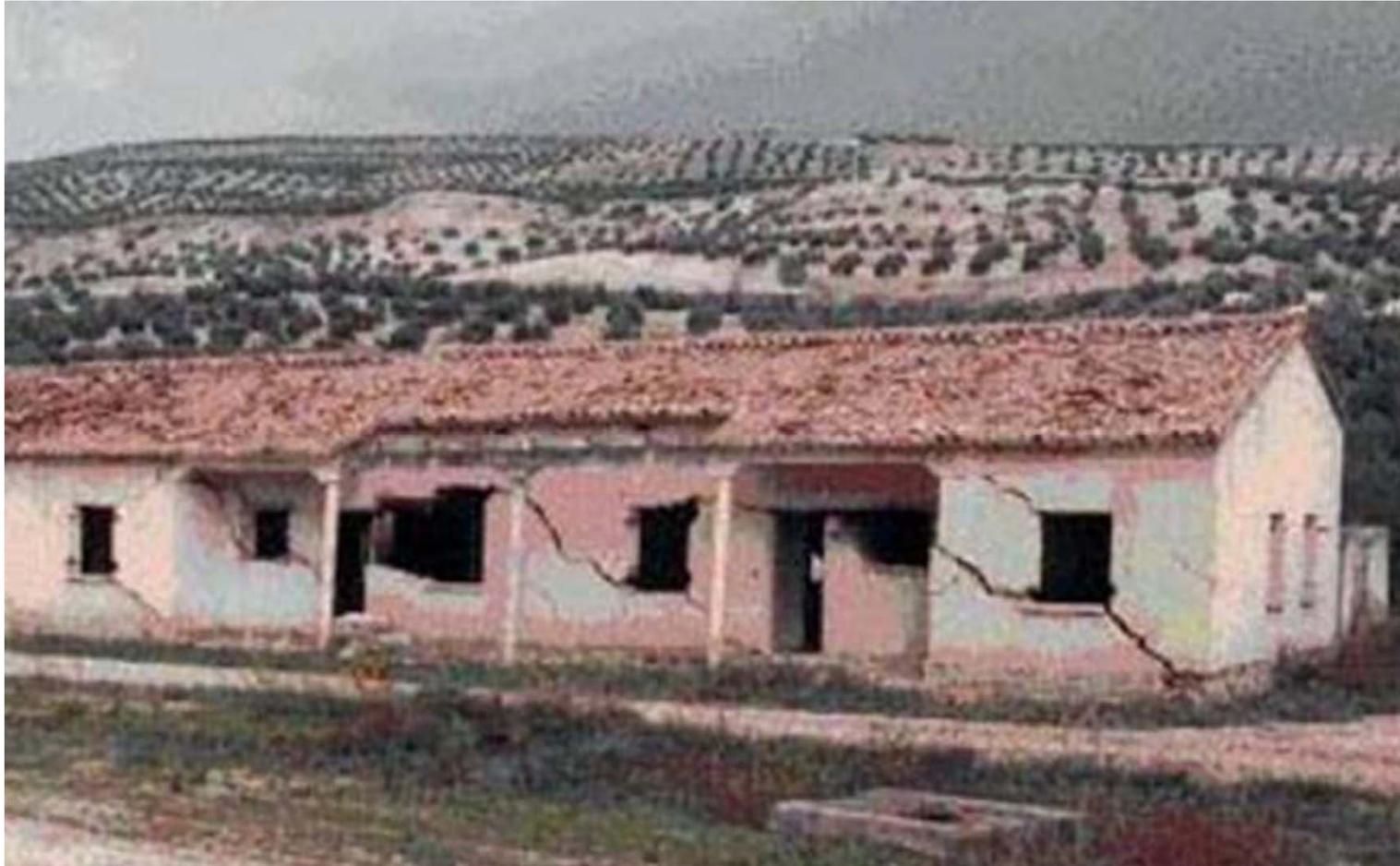


IMPORTANTE:

Las arcillas expansivas no van ligadas a límites líquidos superiores a 50, ni a ningún valor en concreto. Sí es cierto que si el LL es elevado, la probabilidad de existir expansividad aumenta.



SUELOS EXPANSIVOS





Suelos expansivos



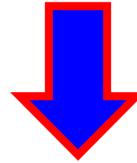


El comportamiento de los suelos expansivos se caracteriza por:

- La contracción de la arcilla debida al secado.
- La expansión de la arcilla al humedecerse.
- Desarrollo de presiones de expansión, cuando está confinada y no puede expandirse.



Las variaciones de humedad se producen en los primeros metros de profundidad.



Zona Activa

- La zona activa es la profundidad para la cual la humedad del suelo varía estacionalmente.
- Por debajo de la zona activa la humedad se mantiene constante y por lo tanto no hay variaciones de volumen.
- Generalmente $1\text{m} < z_A < 5\text{m}$



La relación entre las características plásticas y el hinchamiento de los suelos puede establecerse como:

Grado de Potencial Expansivo

| | IP |
|----------|-----------|
| Bajo | 0 – 15 |
| Medio | 10 – 35 |
| Alto | 20 – 55 |
| Muy Alto | > 35 |

Todos los suelos altamente expansivos tienen plasticidades altas, pero no es cierto que los suelos con elevada plasticidad sean siempre expansivos.



La presión de hinchamiento depende de:

- Cantidad y tipo de mineral arcilloso.
- Contenido inicial de humedad y rango de variación.
- Condiciones climáticas.
- Condiciones de carga.
- Espesor del manto arcilloso y la profundidad bajo el terreno natural.
- Tiempo.



Permitiendo el aumento del volumen del terreno, aún en pequeñas alturas, se obtiene una notable reducción en el valor de la presión de hinchamiento.



Alternativas de Resolución de Fundaciones

- Tratamientos de estabilización del suelo
 - Reemplazo de suelo.
 - Inundación previa.
 - Tratamientos químicos.
- Resolución Estructural
 - Estructura aislada del suelo
 - 
 - Pilotes
 - Bases
 - Estructura capaz de resistir movimientos diferenciales →  Platea



Tratamientos de estabilización del suelo

La elección del tratamiento más adecuado requiere conocer:

- Envergadura del Proyecto.
- Etapa de la construcción.
- Tolerancia de la estructura.
- Grado de expansividad del terreno.
- Tecnologías disponibles.



Reemplazo de suelo

- No requiere mano de obra calificada ni equipos sofisticados.
- Seleccionar previamente un suelo no expansivo.
- Efectuar una correcta compactación del material en capas.
- Puede realizarse un reemplazo parcial. (En el caso que el suelo expansivo tenga una profundidad $> 2\text{m}$)



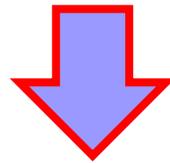
Inundación previa

- Económico pero se requiere de mucho tiempo para saturar el terreno.
- Se logra desarrollar, con la incorporación de agua, la expansión del terreno previa al comienzo de la construcción pero se debe mantener constante el contenido de humedad.
- La construcción se realiza inmediatamente después de finalizado el proceso de saturación del terreno.
- Apto para suelos muy expansivos.



Tratamientos químicos

Alterar el suelo, por ejemplo agregando cemento ó cal para estabilizarlo. (El aditivo reacciona químicamente con el suelo tratado).



Se usan para bajar el potencial expansivo del suelo. No se busca aumentar la resistencia.
Aplicación: mezclado in situ y recompactación, perforaciones verticales ó inyecciones.



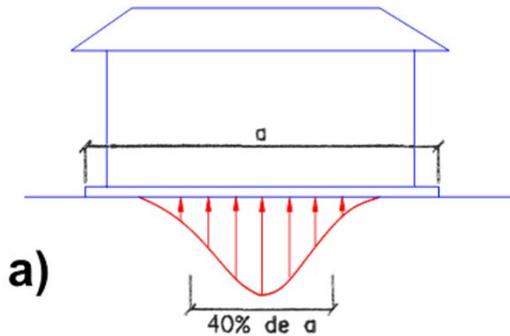
Bases Plano de Fundación

- En caso de espesor reducido de suelo expansivo, fundar en el suelo estable subyacente.
- Se puede fundar debajo de la zona activa si el espesor de suelo expansivo no es importante.

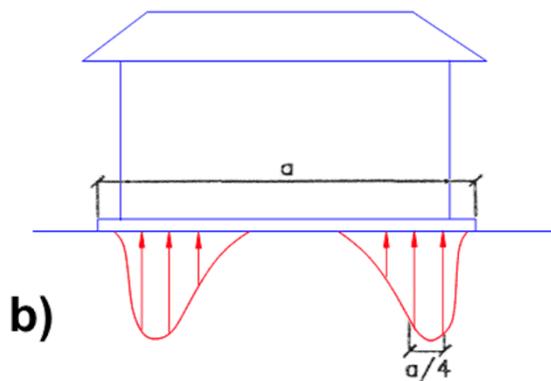
Zona activa: Profundidad para la que la humedad del suelo varía estacionalmente.
Generalmente $< 5\text{m}$
- Espacio vacío debajo de las vigas de fundación para evitar fuerzas ascendentes del suelo.



Distribución irregular de las presiones bajo el cimiento, debido a las arcillas expansivas.



a) Exterior seco. El interior conserva ó aumenta la humedad.



b) Exterior más húmedo que el área protegida por el edificio.



arcilla expansiva
platea
metodo simplificado:

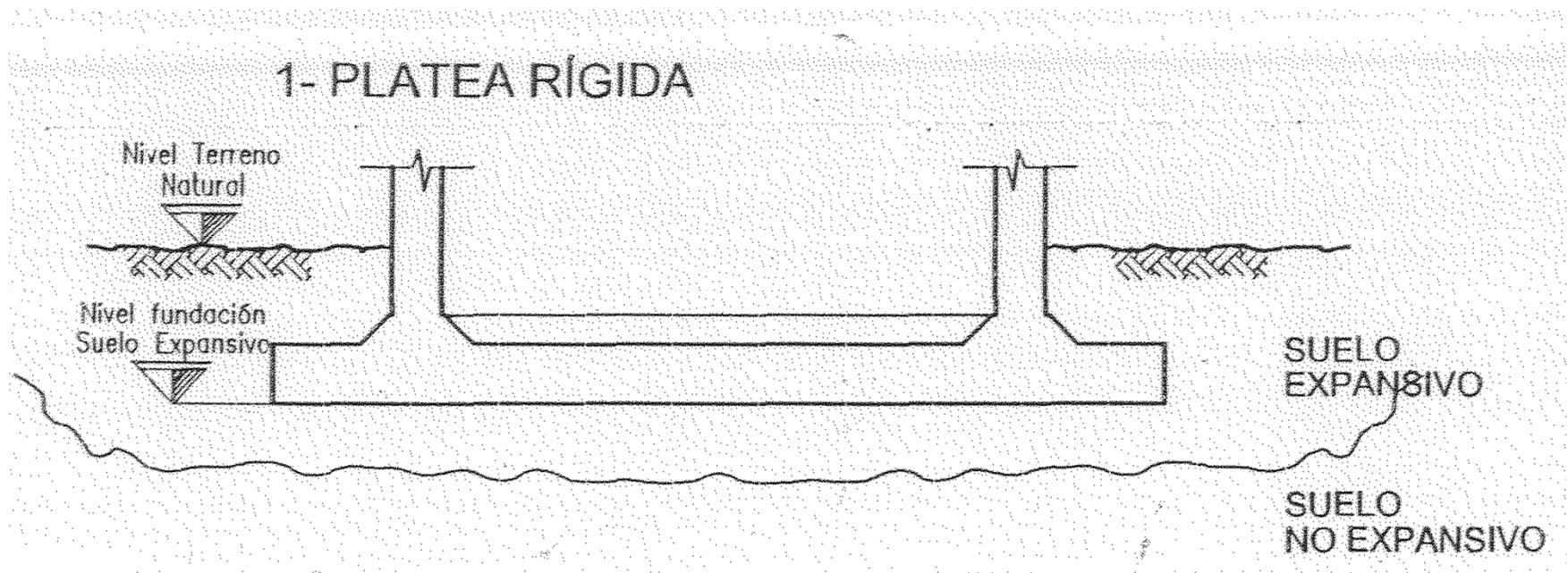
Para calcular las solicitaciones máximas se analizan dos casos:

si el exterior está húmedo e interior seco la expansión se aplica en los extremos a 25% del ancho (M_{maxinf} y $arm.inf$) y si el interior está húmedo y el exterior seco las presiones se aplican en el centro en un 40% del ancho (M_{maxsup} y $arm.sup$) pudiéndose deber a pérdidas de instalaciones en el interior de la platea y hace trabajar en voladizo el borde



Fundación sobre arcilla expansiva

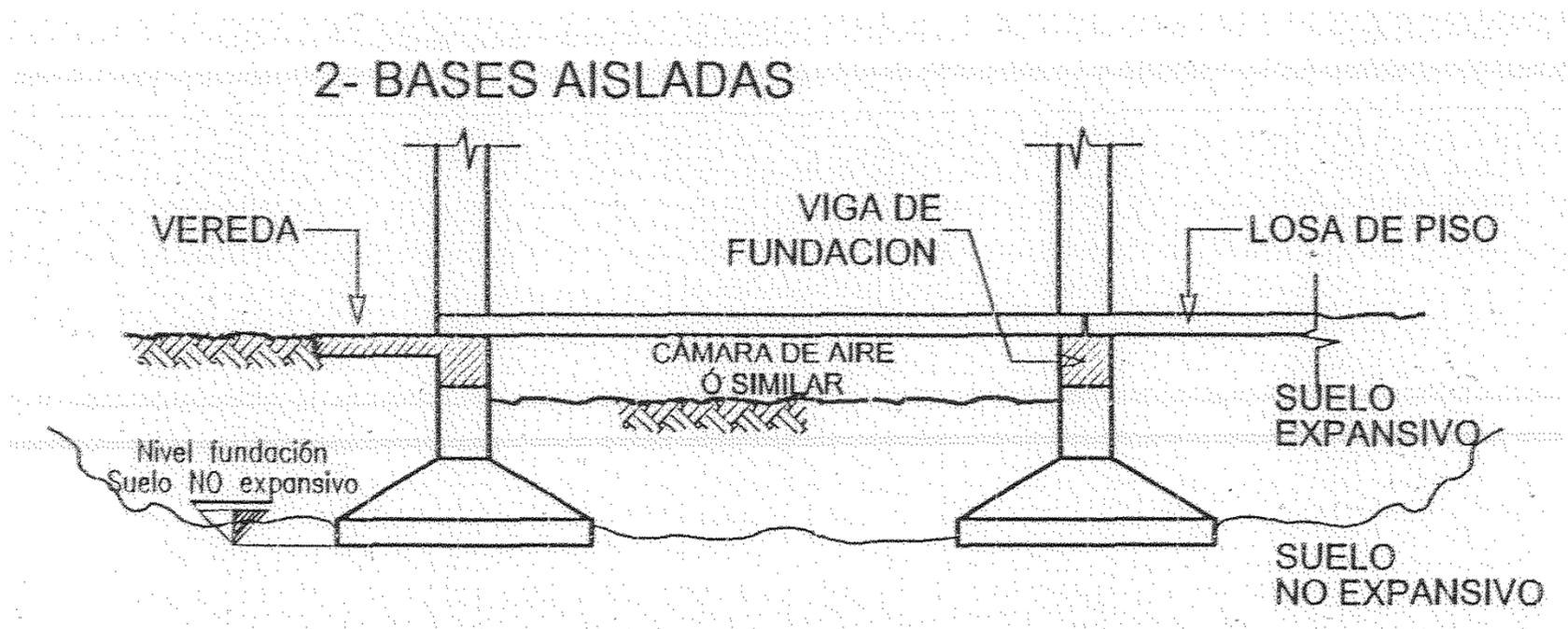
Fundación superficial





Fundación sobre arcilla expansiva

Fundación superficial



Espacio vacío debajo de la losa.



Bases

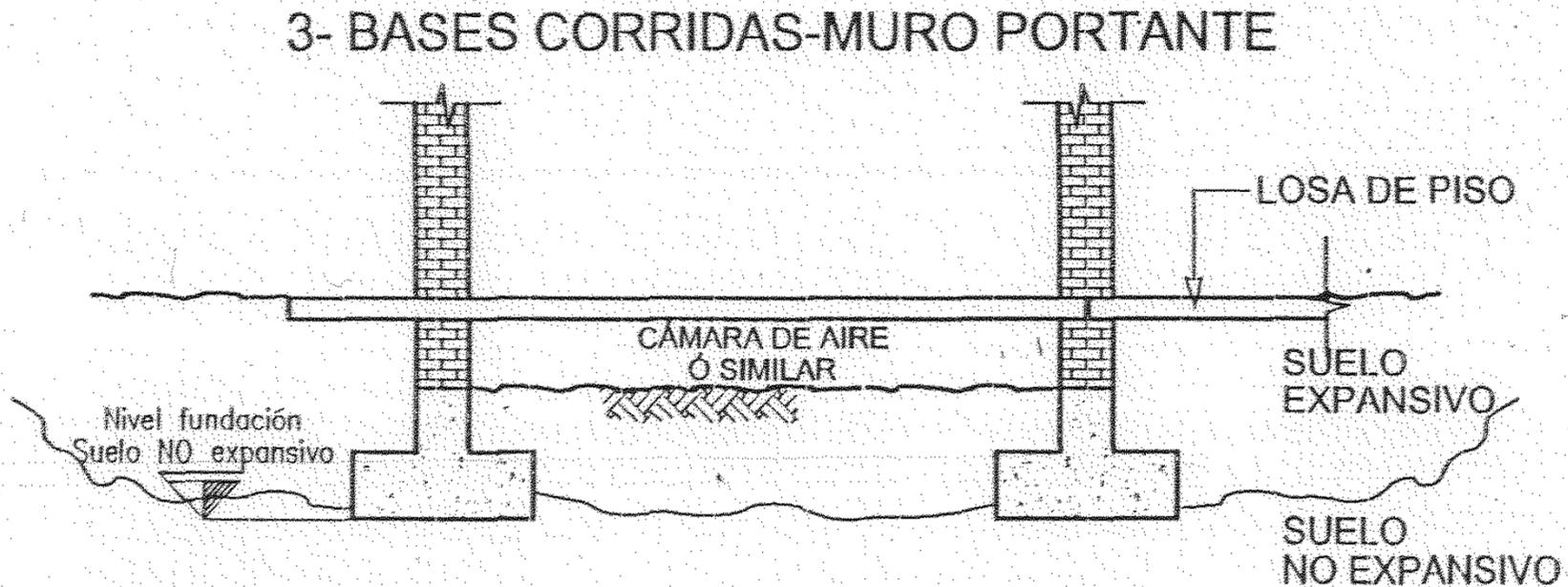
Presiones de contacto

- Si las cargas permanentes generan una presión de contacto superior a la presión de hinchamiento del suelo, la base no va a experimentar ascensos.
- Si el suelo tiene la posibilidad de contraer, la base va a descender. Se deberá estimar el asentamiento posible y verificar que sea compatible con los asentamientos diferenciales de la estructura.



Fundación sobre arcilla expansiva

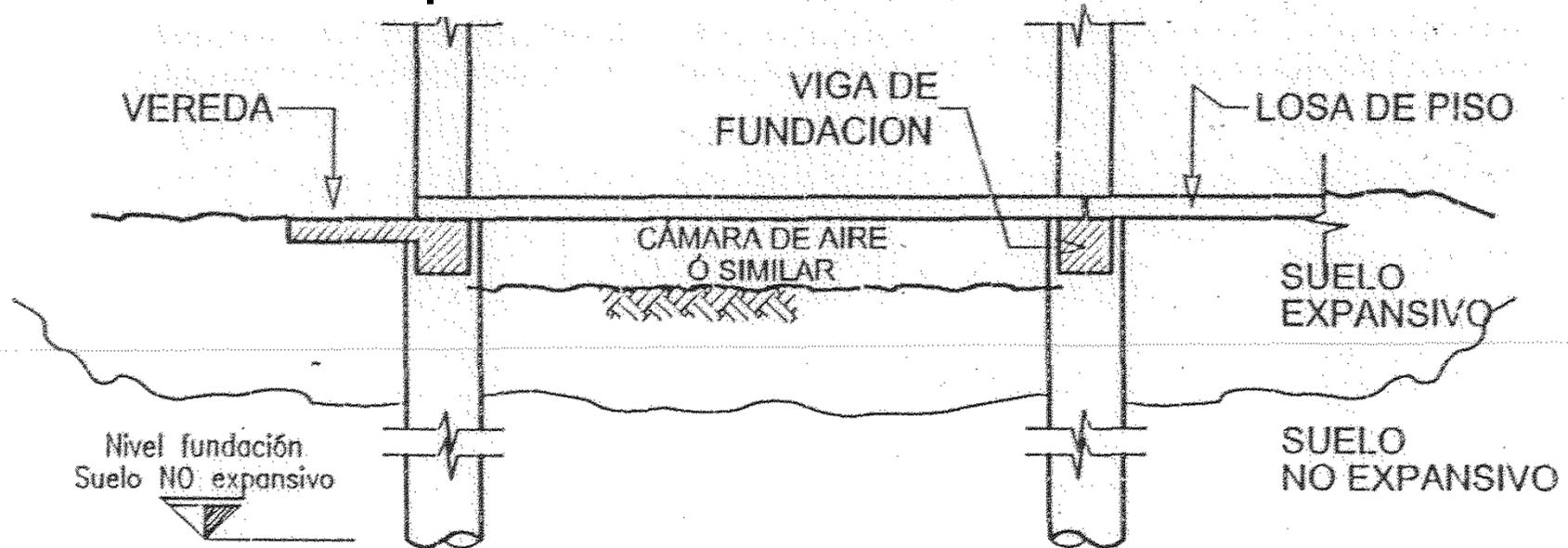
Fundación superficial





Fundación sobre arcilla expansiva

Fundación profunda



Losa de PB apoyada en las vigas.

Espacio vacío debajo de la losa.



Pilotes de Fundación

Dimensionamiento a tracción

- El pilote se funda por debajo de la zona activa.
- Debe resistir esfuerzo de arrancamiento producido por el suelo de la zona activa al expandirse.
- Debe estar armado en toda su longitud.

Verificación a compresión

- El pilote debe resistir esfuerzo de fricción negativa producido por el suelo de la zona activa al contraerse.



Pilotes de Fundación

Pilotes acampanados

Punta acampanada en caso de:

- Insuficiente capacidad portante.
- Insuficiente resistencia al arrancamiento.
- Posibilidad de pérdida de resistencia friccional en zona no activa frente al ascenso de la napa.
- Diámetro de la base de hasta 3 veces el diámetro del pilote



Aspectos complementarios

- Remover los árboles cercanos a la construcción (si se puede) ó cortar todas las raíces que se acercan a la obra e impedir el crecimiento de otras nuevas.
- Colocar barreras de control de humedad.
- Ejecutar pisos o veredas con pendiente hacia el exterior.
- Sobre-elevar la construcción para evitar el estancamiento de aguas de lluvia.
- Asegurar un adecuado funcionamiento de cañerías de desagüe cloacal y pluvial.



Barrera de control de humedad

Evitar cambios en el contenido de humedad natural y por consiguiente cambios volumétricos en terrenos expansivos.

Se puede colocar:

- Barrera Horizontal
- Barrera Vertical
- Barrera Inferior

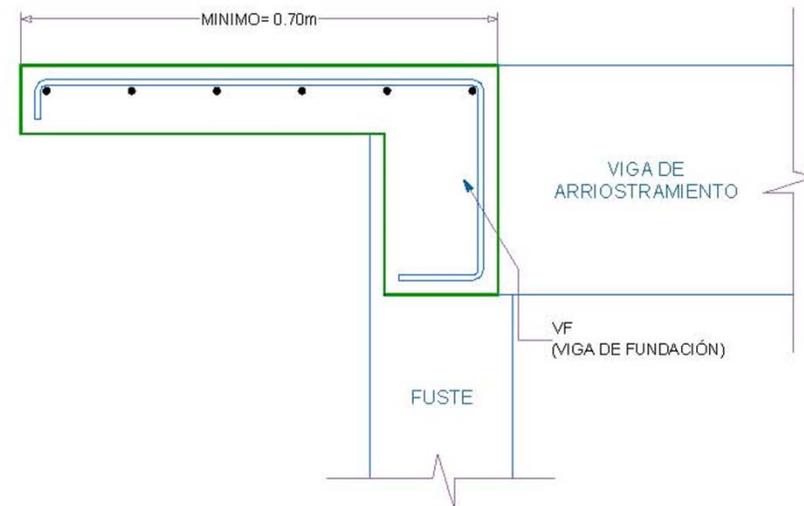
Cuidado con la unión con la estructura: posible ingreso de agua.



Barrera de control de humedad prescripciones complementarias

VEREDA PERIMETRAL

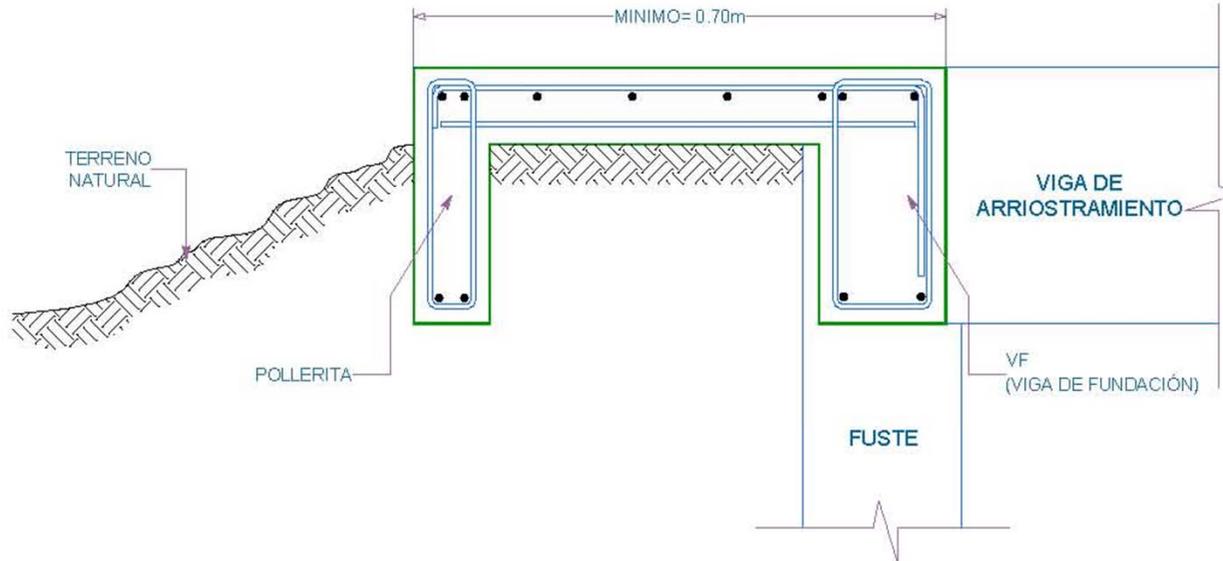
Las construcciones deberán disponer de una vereda o sector impermeable perimetral para impedir el acceso del agua de lluvia bajo la vivienda.





Barrera de control de humedad prescripciones complementarias

VEREDA PERIMETRAL c/"pollerita"



En aquellos casos en que se efectúen rellenos o reemplazo de suelos bajo la construcción estos deberán presentar una compacidad mínima, comprobable de tal manera que luego de humedecida

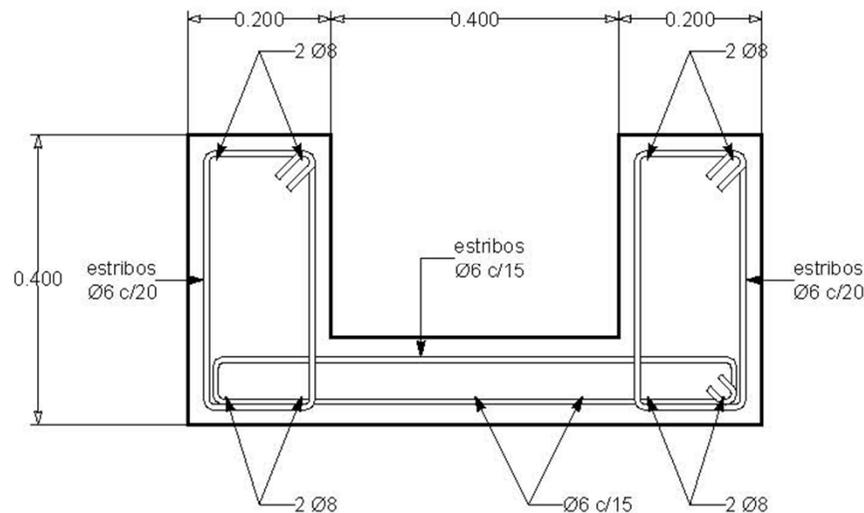
la superficie no se produzcan huellas con el tránsito. En este caso para conservar los parámetros de diseño del suelo se dispondrá de un cerramiento vertical perimetral llamado comúnmente "pollerita", disminuyendo el efecto de la socavación.



Barrera de control de humedad

prescripciones complementarias

Asegurar un adecuado funcionamiento de cañerías de desagüe cloacal y pluvial (posibles filtraciones).



Las instalaciones bajo vivienda se emplazarán en canalizaciones.



Barrera de control de humedad

Ventajas:

- Variedad de soluciones.
- Si están bien hechas, tienen buen funcionamiento.
- Uniformizan el hinchamiento potencial del terreno debido al retardo en el cambio de humedad.
- No requiere ningún tratamiento el suelo existente.

Desventajas:

- Supervisar cuidadosamente la ejecución.
- Contar con espacio disponible.



SUELOS COLAPSABLES





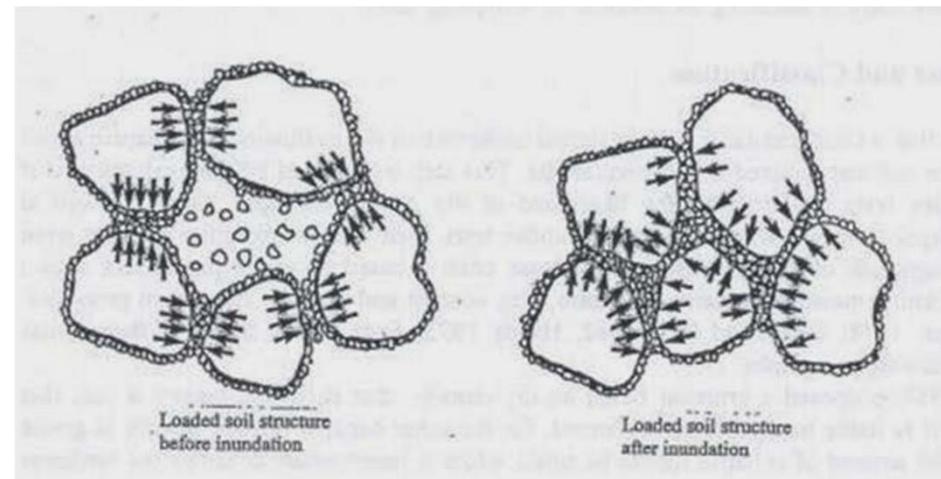
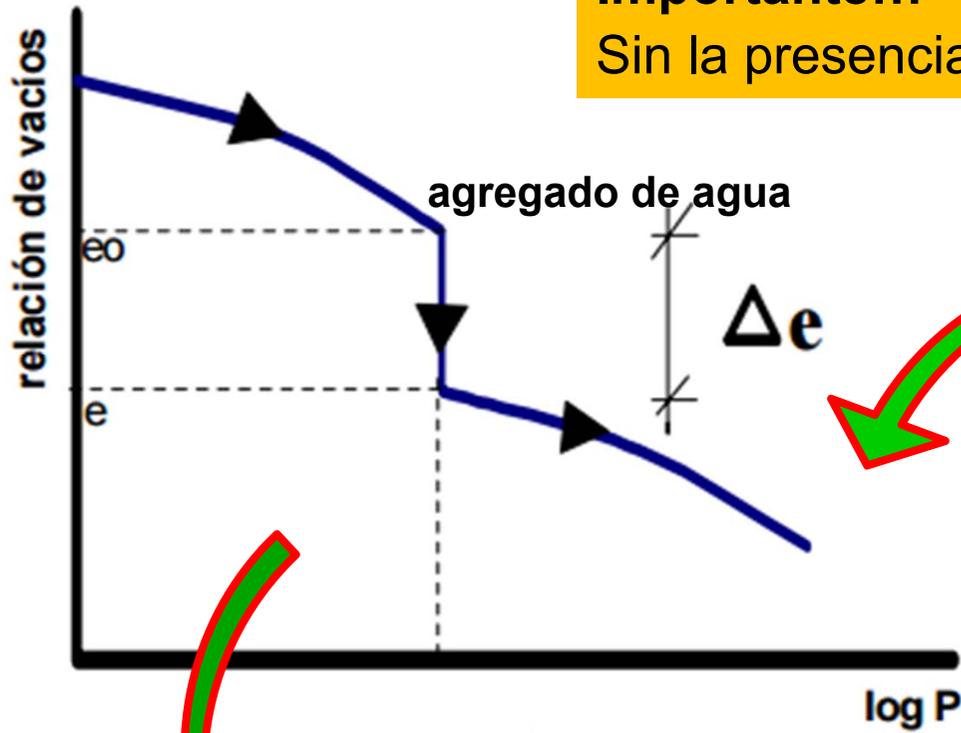
Suelos colapsables

Depósitos formados por arenas y limos, en algunos casos cementados por arcillas y sales, que resisten cargas considerables en estado secos y sufren pérdidas en la conformación estructural, acompañadas de reducción de volumen cuando se aumenta la humedad ó se saturan.

La relación de vacío disminuye drásticamente al añadir agua, por efecto de la disolución del cemento interpartículas (el agua rompe los puentes cementantes entre partículas y caen a una posición más estable). **Esto se traduce en un asiento inmediato.**



Importante!!!
Sin la presencia del agua, el suelo no colapsa.





Suelos colapsables

- Baja plasticidad.
- Bajo grado de saturación (hay tensión capilar)
- Muy bajo peso unitario seco (alta relación de vacíos)
- El agua rompe los puentes cementantes entre partículas.
- Las partículas caen a una posición más estable.



Soluciones para fundación en suelos colapsables:

- Eliminación y reemplazo cuando sean muy superficiales.
- Compactación por rodillos, pilotes de desplazamiento, apisonado.
- Evitar ó minimizar el humedecimiento.
- Prehumedecimiento.
- Estabilización química.
- Transferencia de carga por debajo del nivel de los suelos colapsables.
- Diseño de fundaciones resistentes al asentamiento diferencial.



Estabilización química

Estabilización superficial: el mejoramiento se consigue mediante la mezcla y posterior compactación del suelo con agentes químicos ó cementantes, tales como: cemento, cal, emulsiones asfálticas, sales (ej: cloruro de sodio, carbonato de sodio).

Inyecciones de agentes químicos: (altos costos, frente a otros tipos de estabilizaciones).

El método consiste en inyectar en todo el espesor de suelo a tratar, una solución de silicato de sodio (Densidad = 1,10 a 1,04 g/cm³).

Luego de la inyección, los cambios que se observan en el suelo son: aumento significativo de la resistencia a la compresión, eliminación de la susceptibilidad al colapso y disminución de la permeabilidad.



¿platea sobre el pasto? (¿y el material orgánico?)





¿platea sobre el pasto? (¿y el material orgánico?)





FIN

GRACIAS POR SU ATENCION !!!