



Curso virtual

La Supervisión Técnica y el seguro decenal

Módulo 2. Riesgo Geotécnico y Supervisión Técnica de cimentaciones
Conferencia 4.

Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Ing. Edgar Rodríguez
Ingeniería y Georriesgos IGR S.A.S.
Colombia

Organiza:



Con el patrocinio de:



Operado por:



Con el apoyo de:



Nota legal:

- Las informaciones y conceptos expresados en esta conferencia tienen el propósito de divulgar e informar de manera general sobre los temas relacionados con el concreto, NO son asesoría para una obra en particular.
- PROCEMCO NO es ni pretende ser asesor de proyectos específicos. Cualquier duda con relación a una obra determinada debe ser consultada por el interesado con los respectivos diseñadores e interventores de la misma.
- El uso que se haga de la información y conceptos aquí expresados no implica responsabilidad alguna para PROCEMCO ni para el conferencista; debe ser utilizada por personas idóneas bajo su responsabilidad y criterio.
- Esta información no sustituye las funciones y obligaciones de las personas contractualmente responsables de la concepción, ejecución y vigilancia de los respectivos proyectos.
- PROCEMCO no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los patrocinadores y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios ofrecidos deben ser atendidos por cada anunciante.



Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

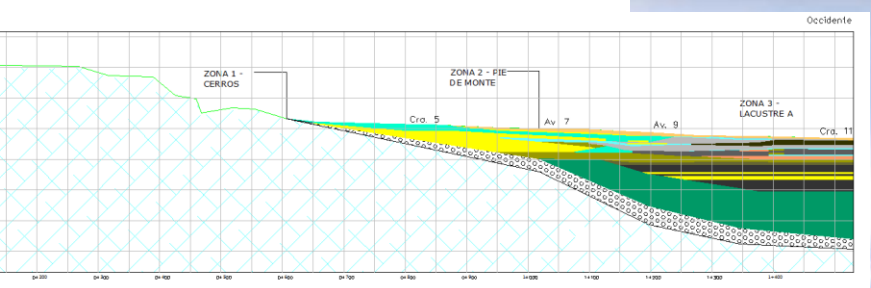
Módulo 2. **Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones**
 Conferencia 4. **Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.**

Con el patrocinio de:



NUEVOS RETOS EN CONSTRUCCIÓN EDIFICIOS DE GRAN ALTURA

DISEÑO BÁSICO DE ESTACIÓN Y VIADUCTO DEL METRO ELEVADO DE BOGOTÁ – PLANTA GENERAL



Relleno limoarcilloso	Arcilla limosa gris	Arcilla limosa-arenosa gris verdosa
Arcilla limosa cafe	Arcilla gris	Arena
Limo arcilloso	Arena Limosa	Arcilla limosa y arenosa
Turba	Arcilla limosa, lentes de arena	Coluvión
Roca	Suelo Residual	



Organiza:



Con el apoyo de:





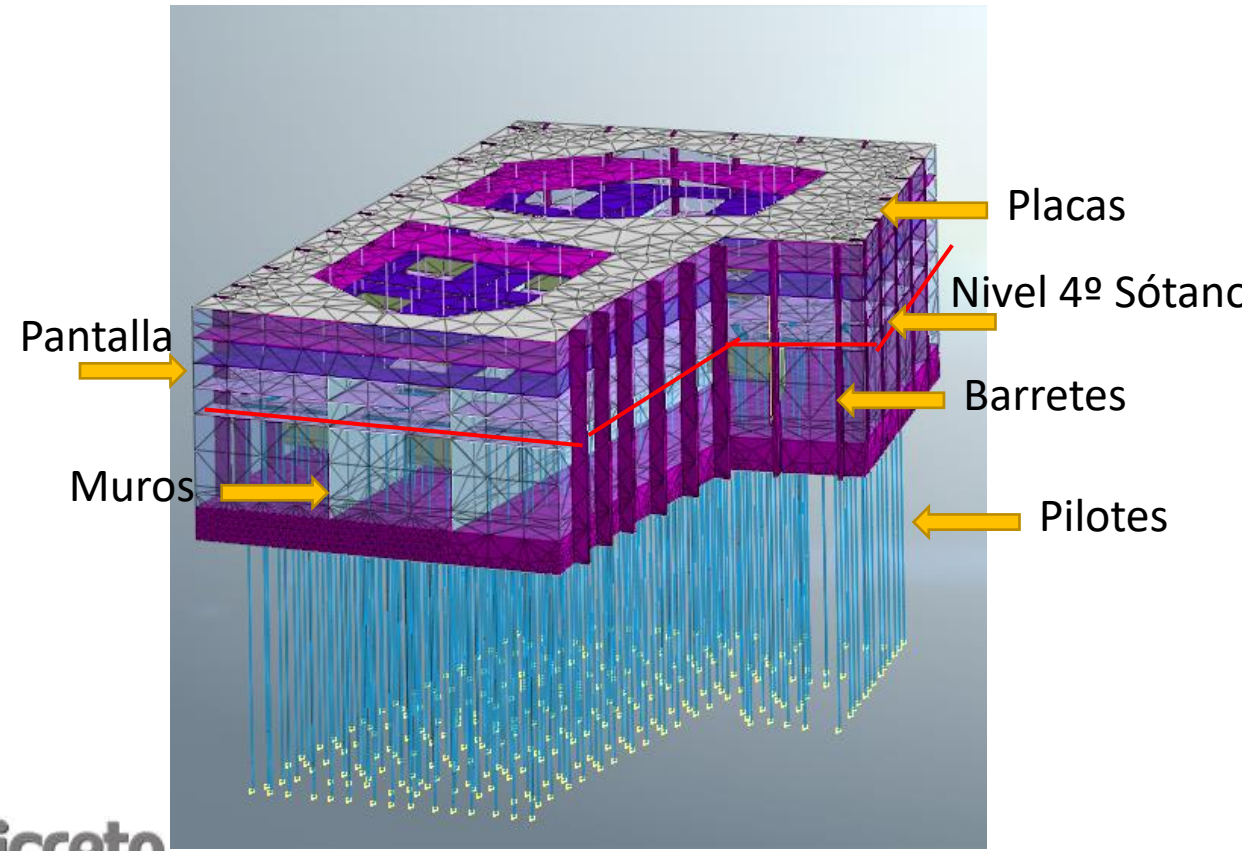
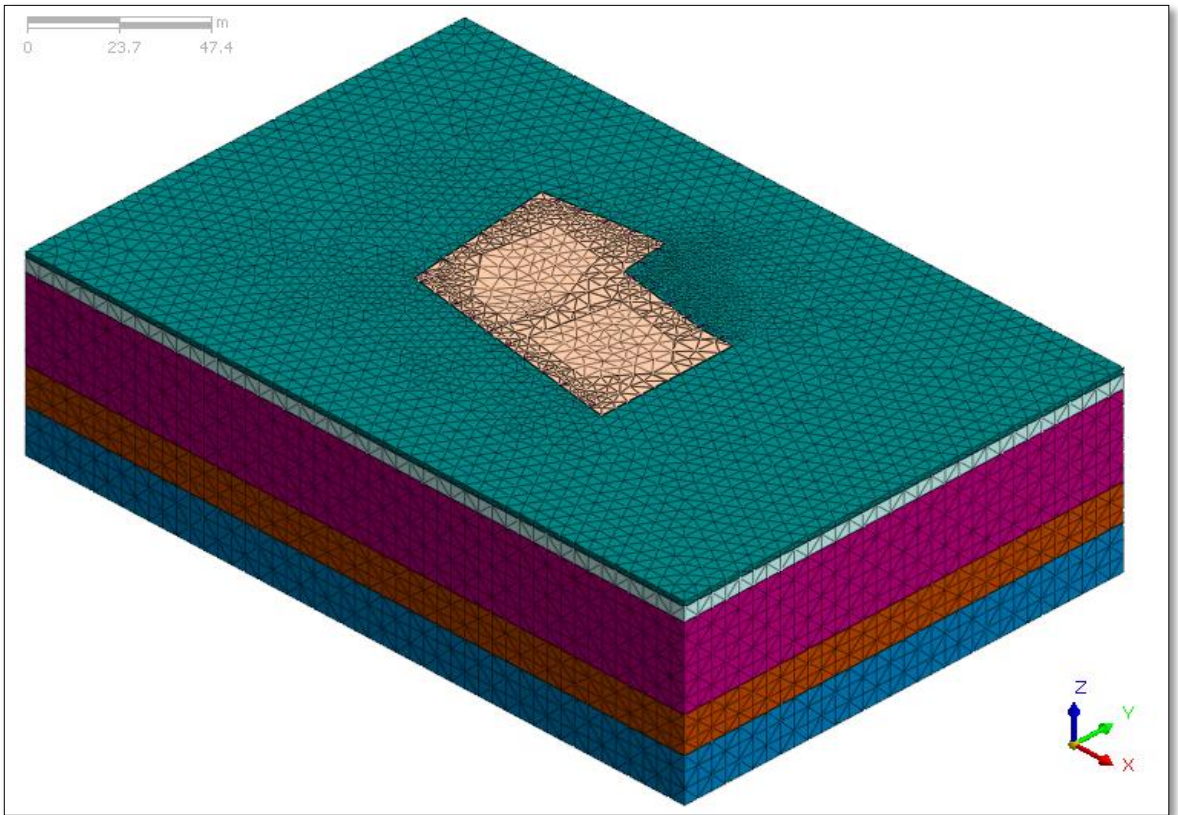
Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**
Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
 Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:

MASTER®
BUILDERS
 SOLUTIONS

GEORIESGOS
 INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
 NIT 830133204-8

MODELOS NUMÉRICOS PARA ANÁLISIS DE INTERACCIÓN SUELO – CIMENTACIÓN Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN EDIFICACIONES ESPECIALES



Organiza:

 CÁMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

Con el apoyo de:

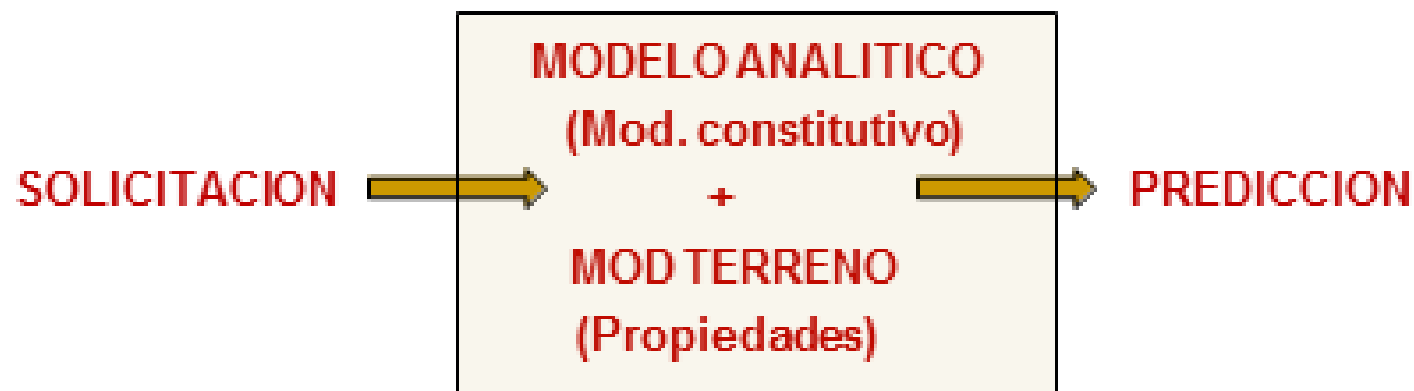
 Federación de Aseguradores Colombianos

CENTRO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DEL CONCRETO

Noticreto
 LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN



RELACIÓN ENTRE LOS MODELOS NUMÉRICOS , MODELOS CONSTITUTIVOS Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUBSUELO



- Para hacer un predicciones integralmente soportables, EL MODELO ANALITICO Y LA CARACTERIZACION DEL MODELO DE TERRENO (Propiedades) deben ser compatibles, CORRESPONDERSE EN SUS NIVELES DE DETALLE.
- Modelos simples, limitados en su representatividad, deberán ser utilizados con parámetros de ensayos igualmente simples; modelos complejos deberán ser alimentados con parámetros producto de caracterizaciones igualmente integrales y complejas



CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS ANALÍTICOS

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS DEL MODELO	PROPIEDADES
I	Modelos que utilizan leyes elasto - plásticas no lineales, dependientes del tiempo y teniendo en cuenta comportamientos anisotrópicos	Pruebas altamente complejas de laboratorio o campo
II	Modelos avanzados que utilizan formulaciones incrementales de leyes constitutivas elasto - plásticas y relaciones elásticas no lineales	Pruebas complejas de laboratorio o campo
III	Basados en modelos del continuo, con propiedades isotrópicas, elásticas	Pruebas convencionales

Organiza:



Con el apoyo de:





PARÁMETROS GEOTÉCNICOS REQUERIDOS PARA MODELACIÓN NUMÉRICA – VARIOS MATERIALES

Mohr - Coulomb

Análisis en esfuerzos efectivos

- c : cohesión
- φ : ángulo de fricción interna
- ψ : ángulo de dilatancia
- E : módulo de Young
- ν : coeficiente de Poisson

Hardering Soil

Análisis en esfuerzos efectivos

- c : cohesión
- φ : ángulo de fricción interna
- ψ : ángulo de dilatancia
- E_{50}^{ref} : rigidez secante en ensayo triaxial drenado
- E_{oed}^{ref} : rigidez tangente para carga primaria edométrica
- m : dependencia de la rigidez al estado de esfuerzos
- p^{ref} : esfuerzo de rigidez de referencia
- E_{ur}^{ref} : rigidez en descarga-recarga

Organiza:

Con el apoyo de:



PARÁMETROS GEOTÉCNICOS REQUERIDOS PARA MODELACIÓN NUMÉRICA – SUELOS FINOS

Soft Soil / Soft Soil Creep

Análisis en esfuerzos efectivos

- c : cohesión
- φ : ángulo de fricción interna
- ψ : ángulo de dilatancia
- λ^* (C_c, e): índice de compresión modificado
- κ^* (C_r, e): índice de expansión modificado
- μ^* (C_α, e): índice creep modificado (función de índice de consolidación secundario)
- OCR: relación de preconsolidación

Cam - Clay Modificado

Análisis en esfuerzos efectivos

- OCR: relación de preconsolidación
- λ (C_c): pendiente de la línea de consolidación normal
- κ (C_s): pendiente de la línea de sobreconsolidación
- M (φ): pendiente de la línea de estado crítico (función del ángulo de fricción interna)
- e_0 : relación de vacíos

Organiza:



LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS Y EL TIPO DE MUESTRAS

Propiedades Básicas e Índice, para identificación y clasificación, mayormente asociadas a las propiedades físicas de los componentes sólidos. (muestras representativas que conservan todos los componentes del material, pero no sus relaciones volumétricas, ni su estructura)

Propiedades de Comportamiento, Caracterizan la respuesta geomecánica bajo una serie de condiciones de borde y trayectorias de esfuerzos. Se obtienen:

- Mediante correlaciones empíricas entre las propiedades de comportamiento y propiedades índices.
- Medición directa en laboratorio y/o campo, mediante pruebas que intentan simular las condiciones de borde adecuadas (muestras inalteradas)
- Laboratorio - TC, TE, DS, DSS, etc – ver figura
- Campo - SPT, CPTU, SCPT, PMT, DMT, SDMT, VST, etc – ver figura
- Análisis retrospectivos utilizando un modelo del terreno y comportamiento monitoreado o conocido

Organiza:

Con el apoyo de:



TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO EN LOS AÑOS 70 – 90s

a. Apiques



b. Trincheras



Organiza:



Con el apoyo de:





TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO EN LOS AÑOS 70 – 90s

c. Sondeos manuales





TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO EN LOS AÑOS 70 – 90s

d. Sondeos Mecánicos:

- Percusión y Lavado
- Rotación



Organiza:



Con el apoyo de:





CARACTERIZACIÓN IN-SITU

- **Ventajas**

- Volumen de Suelo Caracterizado
- Mayor continuidad de la información
- Se pueden hacer sobre materiales no muestreables
- Condiciones In-Situ
- Aprox empíricas, analítico-teóricas y numéricas para la interpretación de resultados, que conforman un soporte interpretativo interesante aunque debatible.
- Mas económicos (volumen de información)

- **Desventajas**

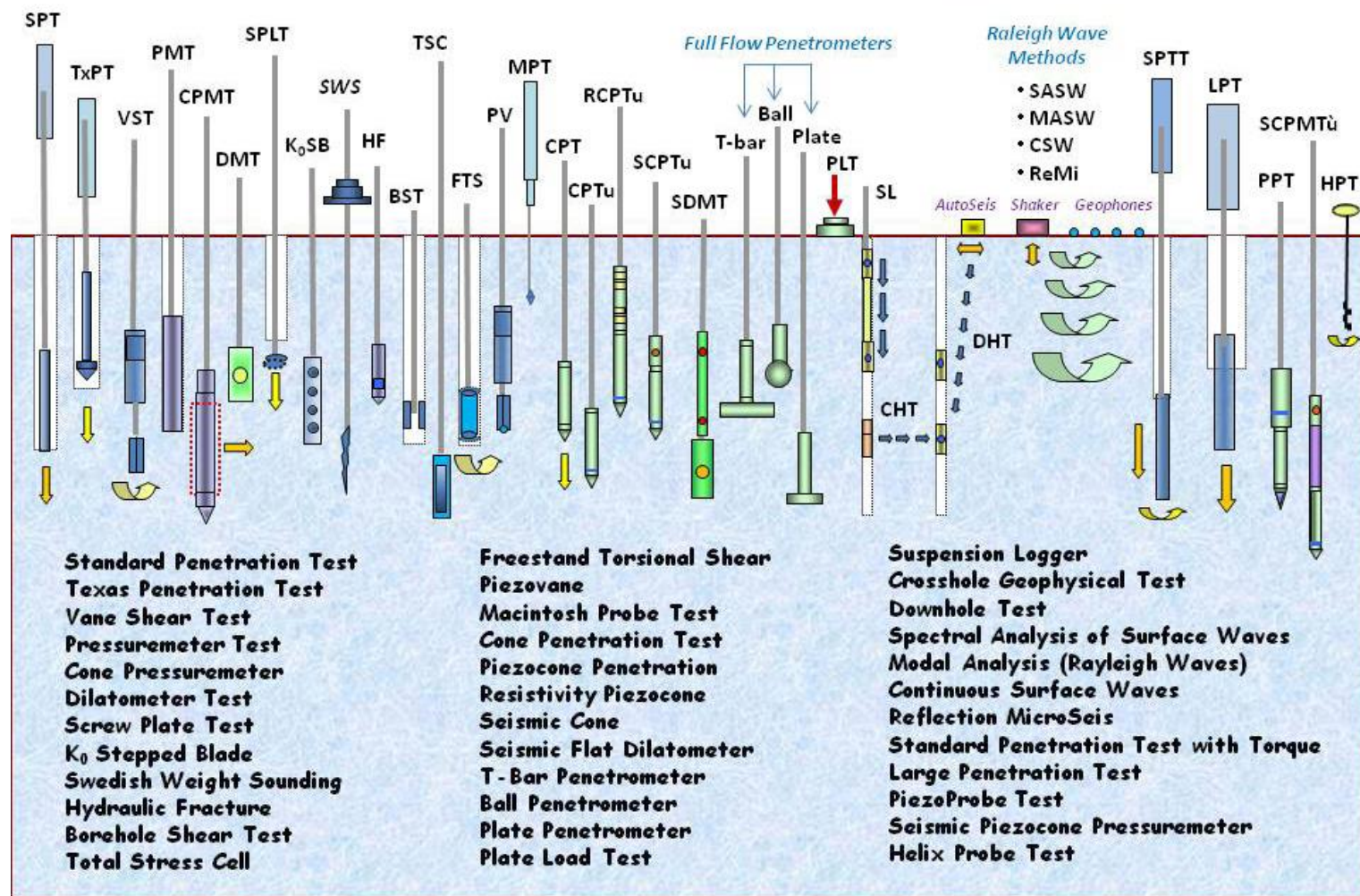
- Condiciones de borde complejas que implican hacer supuestos para determinar las propiedades de los materiales; condiciones de drenaje pobremente conocidas
- Perturbación por el proceso mismo de inserción de los elementos de prueba
- Condiciones de carga, deformación y falla particulares, cuyos resultados son válidos en esas condiciones e implican ajustes y correcciones para situaciones reales,
- Deformaciones no uniformes y altas tasas de deformación
- Limitaciones en la identificación del suelo probado.
- Falta de unificación en las metodologías para la interpretación de resultados

Organiza:

Con el apoyo de:



Field Geotechnical In-Situ Testing Methods



EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO

SOA: Geotechnical Site Characterization in the Year 2012 and Beyond (Mayne, 2012)

Organiza:

Con el apoyo de:





ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)



- El ensayo “in situ” más común en el mundo (creado en 1902, Charles Gow)
- El método ha sido estandarizado desde 1958, con varias revisiones: ASTM D 1586 - 99
ASTM D 6066 - 96 – corrección energía Licuación, INV E-111-07
- Inicio de Estandarización: Mohr 1966

Organiza:

Con el apoyo de:



ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

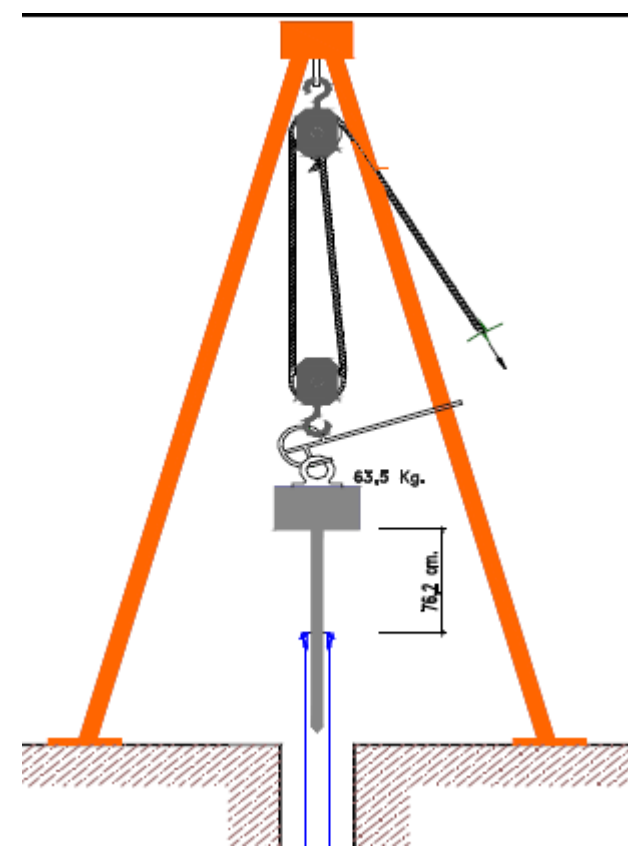
EQUIPO UTILIZADO:
SISTEMA DE IZADO Y CAIDA DEL MARTILLO



Automático



Manual



Con poleas disparador

Organiza:



Con el apoyo de:





ENSAYO SPT - **N** (ARENAS Y SUELOS FINOS FIRMES A DUROS)



- Peso Martillo = **63.5kg** (140lb).
- Altura De Caída = 76.2cm (30").
- Muestreador Tipo Cuchara Partida DE = 2".
- Registro de datos en tres fracciones N1, N2, N3 (6"x 3 =18").
- N1 = Carga de asentamiento afectada por la perforación previa. **N = N2 + N3.**
- Diámetro de perforación de 2" a 4".
- Peso varilla 4.3kg/m

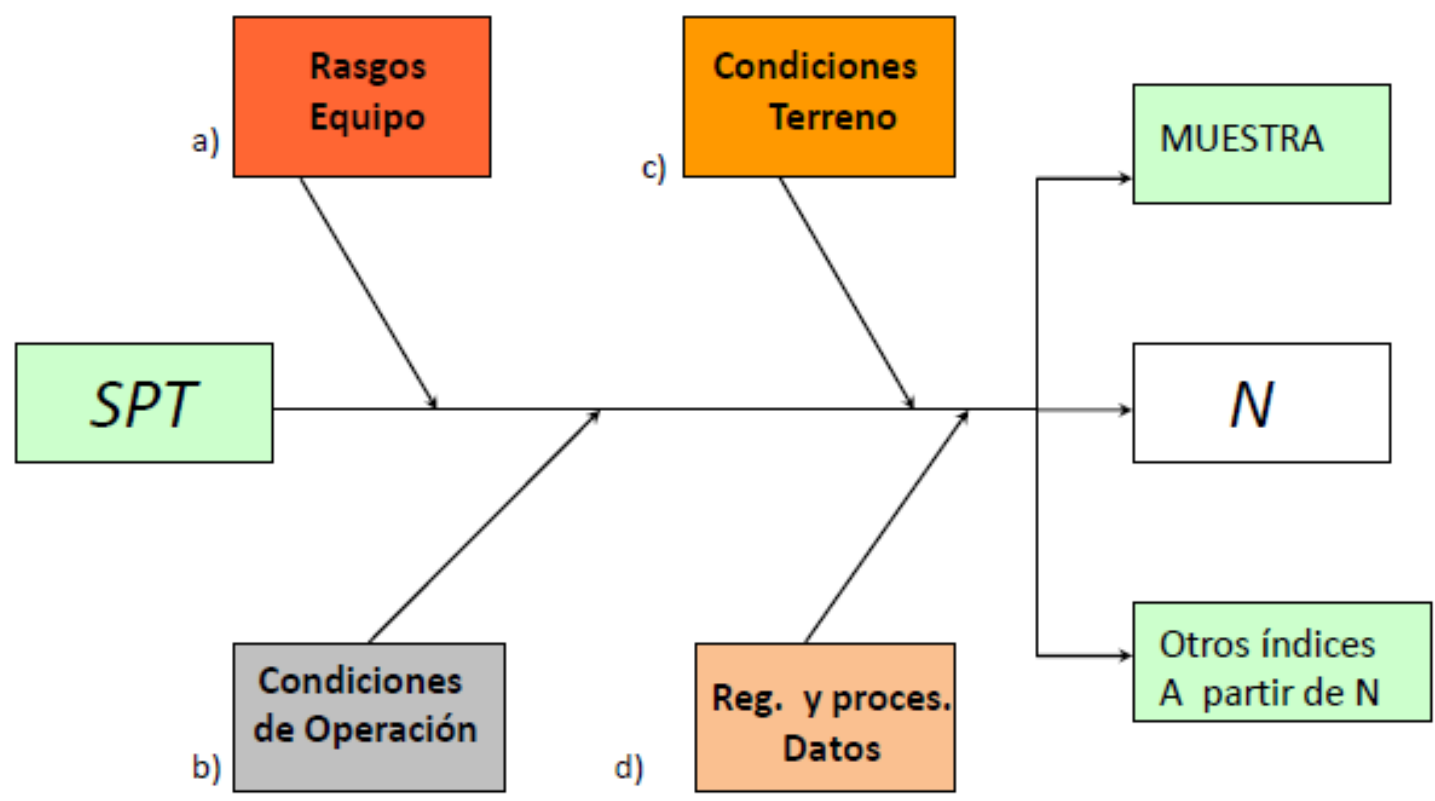
Organiza:

Con el apoyo de:



ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD - SPT

Factores Incidentes en N



Organiza:

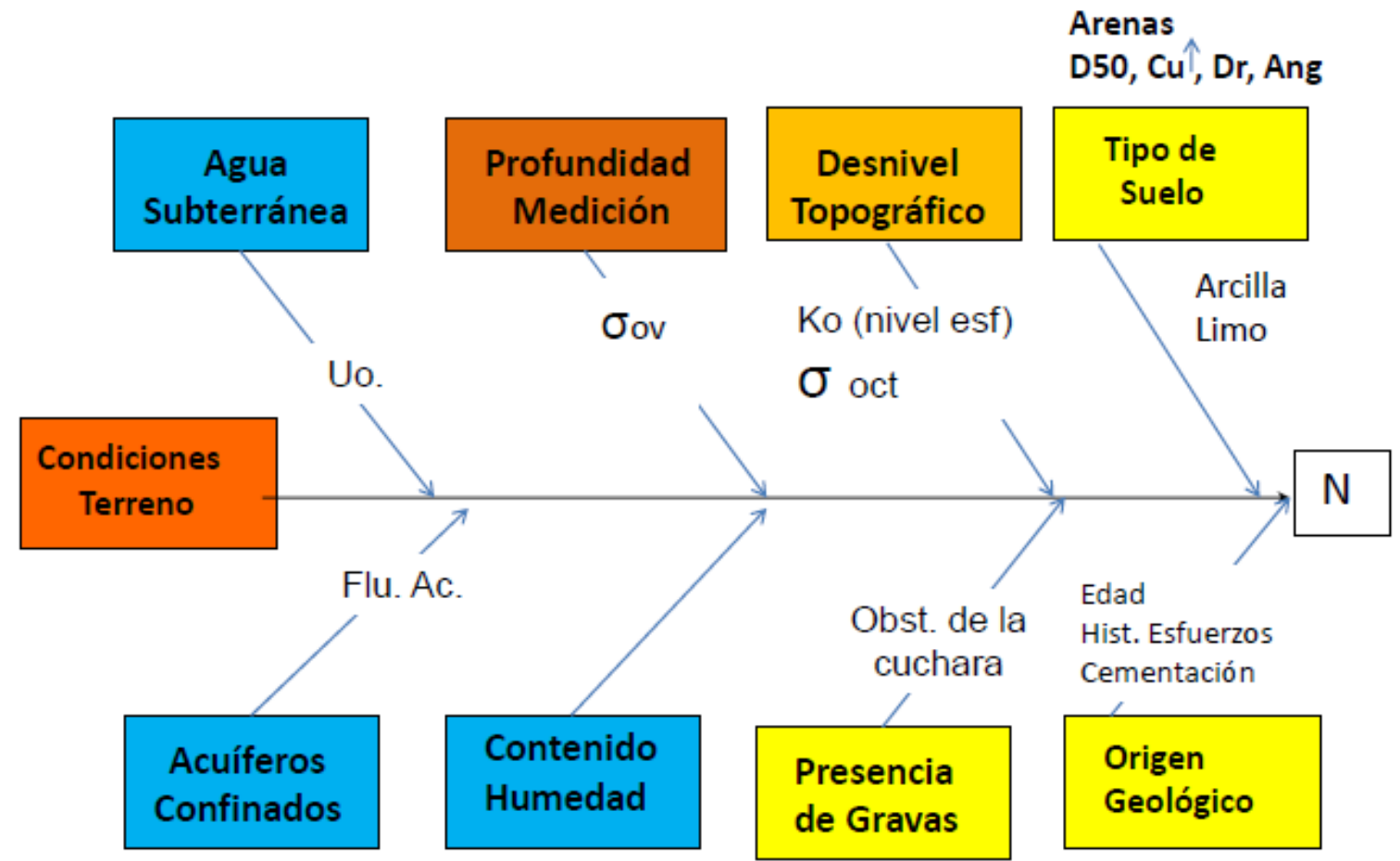


Con el apoyo de:





SPT – FACTORES ASOCIADOS A LA CONDICIÓN DE TERRENO



Organiza:

Con el apoyo de:





ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

- $N \rightarrow$ Valor de la resistencia a la penetración estándar, números de golpes/ 30 cm.
- $N_1 \rightarrow$ Valor de la resistencia a la penetración estándar normalizada a una presión atmosférica.
- $(N_1)_{60} \rightarrow$ Valor de la resistencia a la penetración estándar corregida por energía (60% de la energía de caída libre del martillo, estándar en USA). Para Colombia se toma conservativamente un valor de 45%

CUAL N DEBE USARSE EN LOS DISEÑOS ???

Organiza:

Con el apoyo de:



Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



INCIDENCIA DEL TIPO DE MARTILLO EN LA MEDICIÓN DE "N" DEL ENSAYO SPT (ENERGÍA)



¿REVISAMOS LA ENERGÍA QUE REALMENTE TRANSMITE CADA MARTILLO???

LA NSR-22 SOLICITA CALIBRACIÓN DE ENERGÍA

Organiza:

Con el apoyo de:

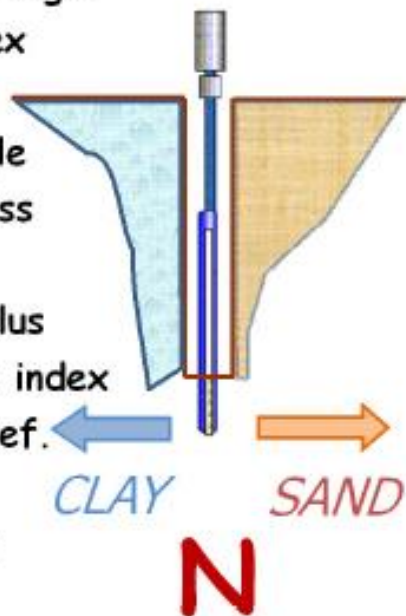




REALIDAD O FICCIÓN DEL USO DEL SPT PARA DISEÑO PARÁMETROS (Mayne et al, 2009)

Is One Number Enough ?

- c_u = undrained strength
- OCR = overconsolidation
- γ_{sat} = total unit weight
- I_R = rigidity index
- e_o = void ratio
- ϕ' = friction angle
- K_0 = lateral stress
- V_s = shear wave
- G' = shear modulus
- C_c = compression index
- k_s = subgrade coef.
- c_a = adhesion
- k = permeability



- D_R = relative density
- γ_d = dry unit weight
- LI = liquefaction index
- ϕ' = friction angle
- c' = cohesion intercept
- n = porosity
- q_{ult} = bearing capacity
- σ_p' = preconsolidation
- V_p = compression wave
- E' = Young's modulus
- Ψ = dilatancy angle
- q_b = pile end bearing
- f_s = pile skin friction

Organiza:

Con el apoyo de:

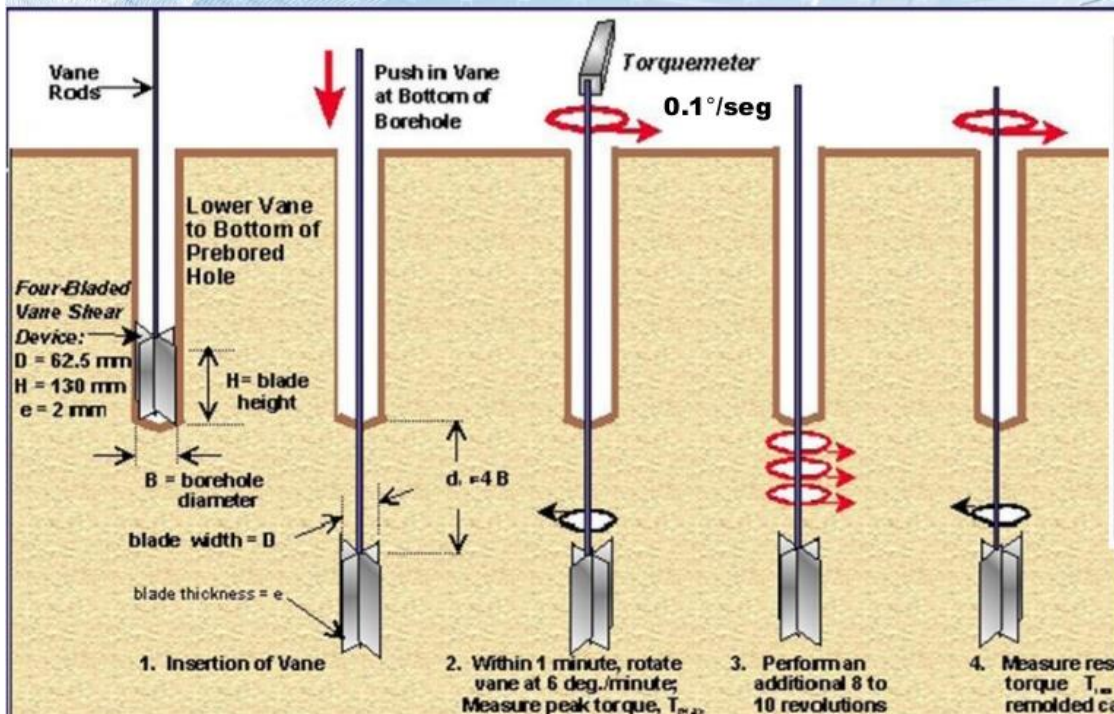
Figure 4.2. Unrealistic overreliance on the single N-value for design



EXPLORACION Y MUESTREO

PRUEBA DE CORTE CON VELETA

Falla 2 - 5 min. En Arcillas muy blandas
 10 - 15 min.



Se usa para determinar la resistencia cortante *in situ* no drenada (S_u) de suelos arcillosos

Vane Shear Test (VST) per ASTM D 2573:

Undrained Shear Strength: $S_{uv} = 6 T / (7 \pi D^3)$ For $H/D = 2$

In-Situ Sensitivity: $S_t = S_{uv} (\text{peak}) / S_{uv} (\text{remolded})$

3:23

64

MECANICA DE SUELOS - INGENIERIA CIVIL - Prof: R.G.A.

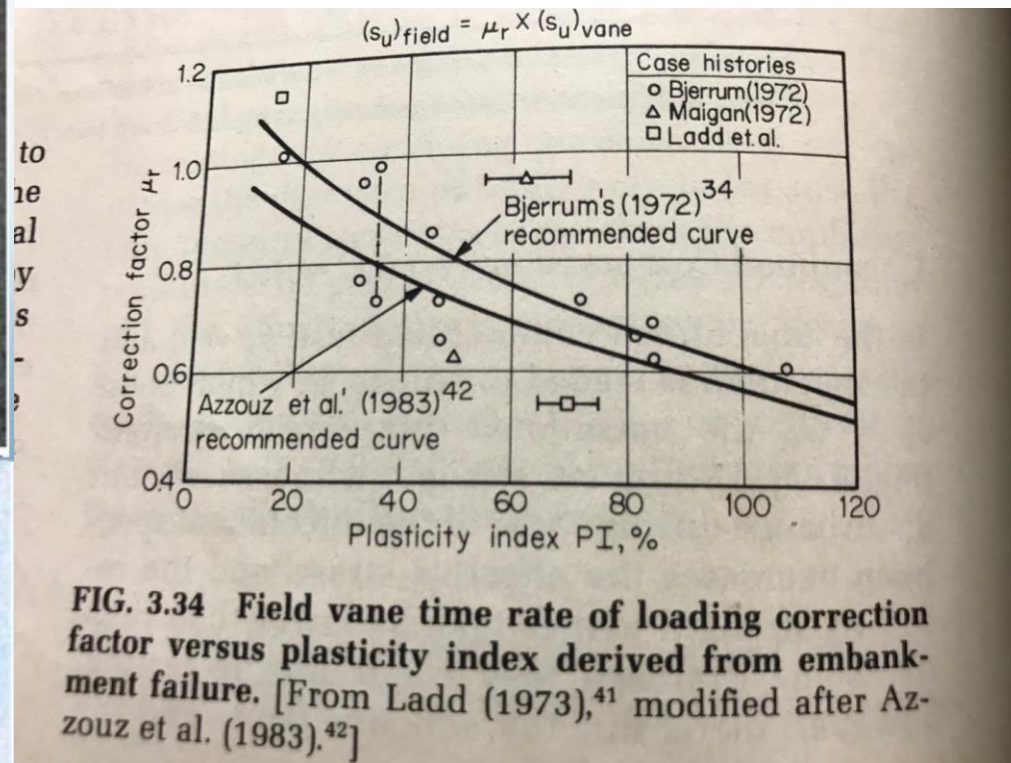


FIG. 3.34 Field vane time rate of loading correction factor versus plasticity index derived from embankment failure. [From Ladd (1973),⁴¹ modified after Azzouz et al. (1983).⁴²]



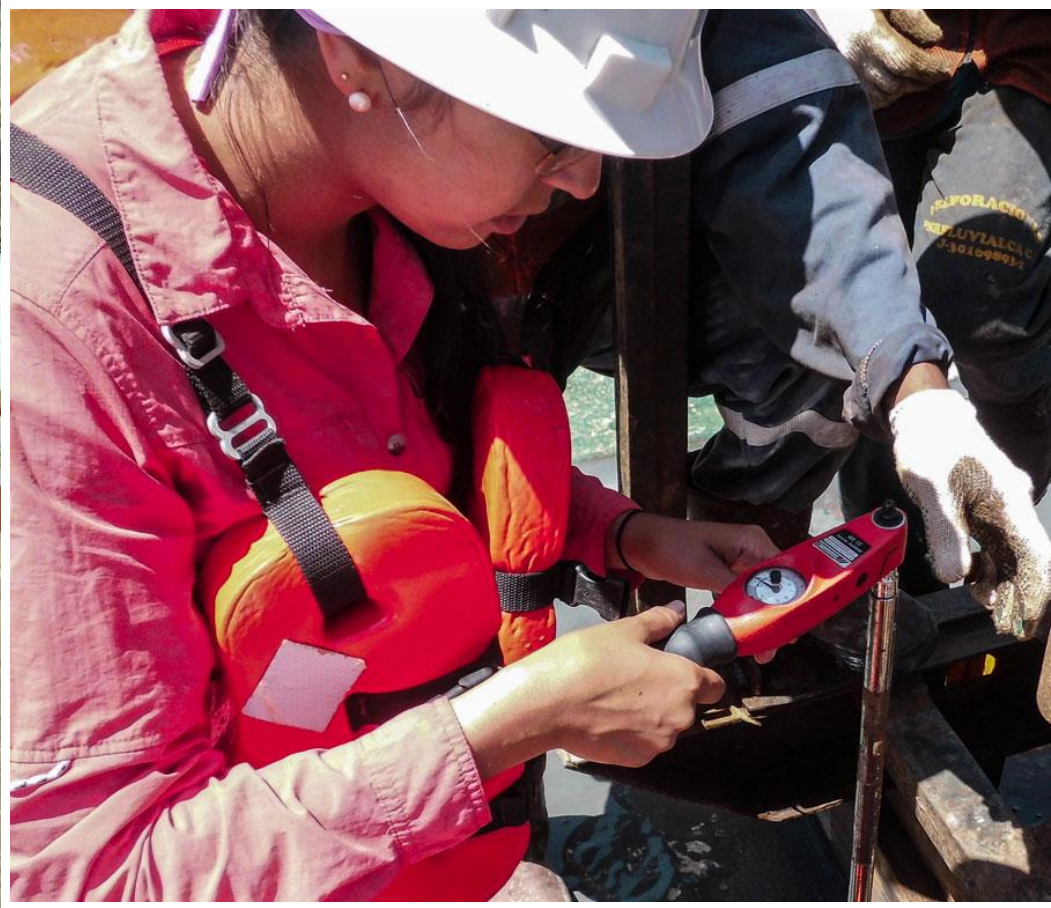
Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. **Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones**
Conferencia 4. **Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.**

Con el patrocinio de:



EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE VELETA DE CAMPO



Organiza:



Federación de Aseguradores Colombianos

LABORATORIO DEL CONCRETO



ENSAYO CON PIEZOCONO CPTu - SCPTu

HINCADO DEL PIEZOCONO



INSTALACIÓN DEL PIEZOCONO CON
GEÓFONO TRIAXIAL



Organiza:

Con

GENERACIÓN DE ENERGÍA – ENSAYOS SÍSMICOS

GOLPE HORIZONTAL CON PÉNDULO



GOLPE VERTICAL CON MARTILLO



GOLPE HORIZONTAL CON MARTILLO

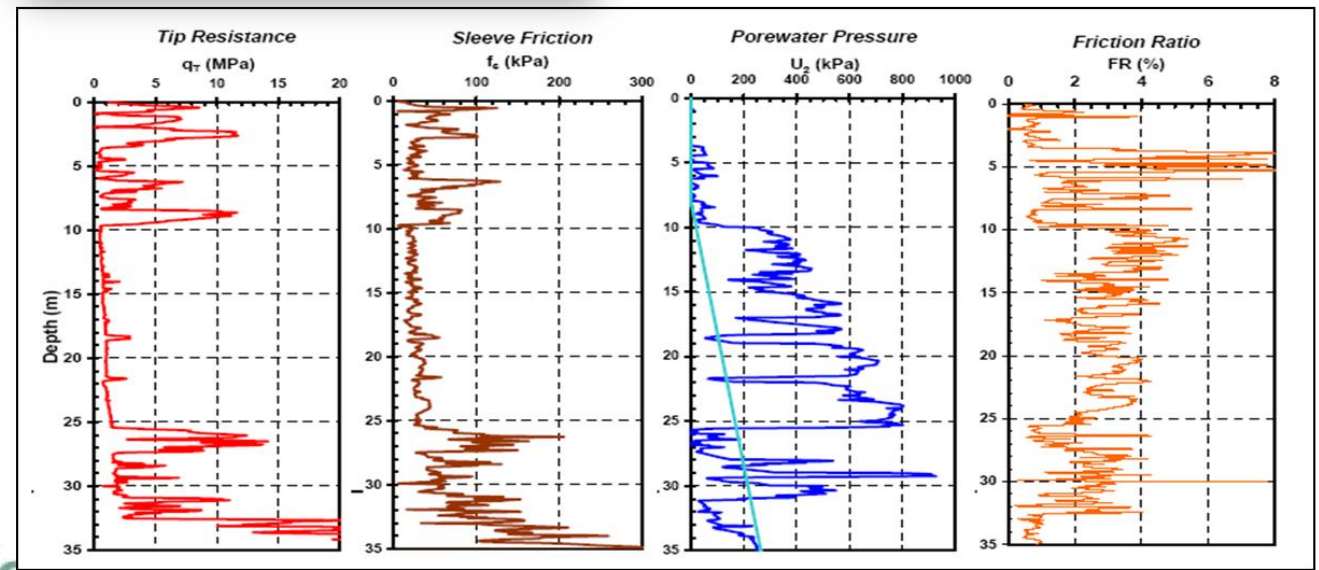
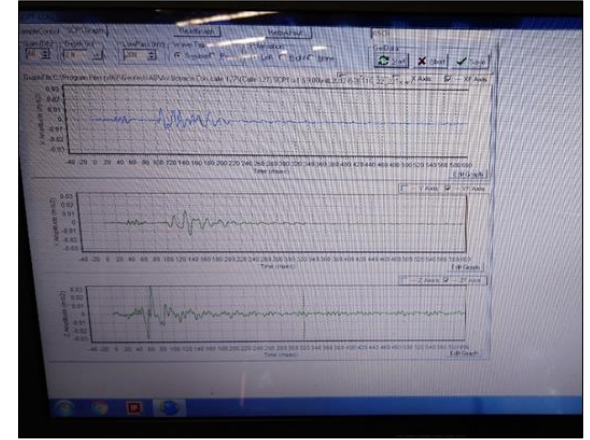
Organiza:

Con el

EJEMPLO DE RESULTADOS CPTu

REGISTRO AUTOMÁTICO DE DATOS

ADQUISICIÓN DE SEÑALES SÍSMICAS



Organiza:

Con el apoyo de:



PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DERIVADOS DEL ENSAYO CPTu

Soil Type	D_r	Ψ	K_0	OCR	S_t	s_{II}	ϕ'	E, G^{\ddagger}	M	G_0^{\ddagger}	k	c_h
Coarse-grained (sand)	2-3	2-3	5	5			2-3	2-3	2-3	2-3	3-4	3-4
Fine-grained (clay)			2	1	2	1-2	4	2-4	2-3	2-4	2-3	2-3

1: ALTO , 2: ALTO A MODERADO, 3: MODERADO, 4: MODERADO A BAJO, 5: BAJA CONFIABILIDAD, * MEJORADO CON SCPT.

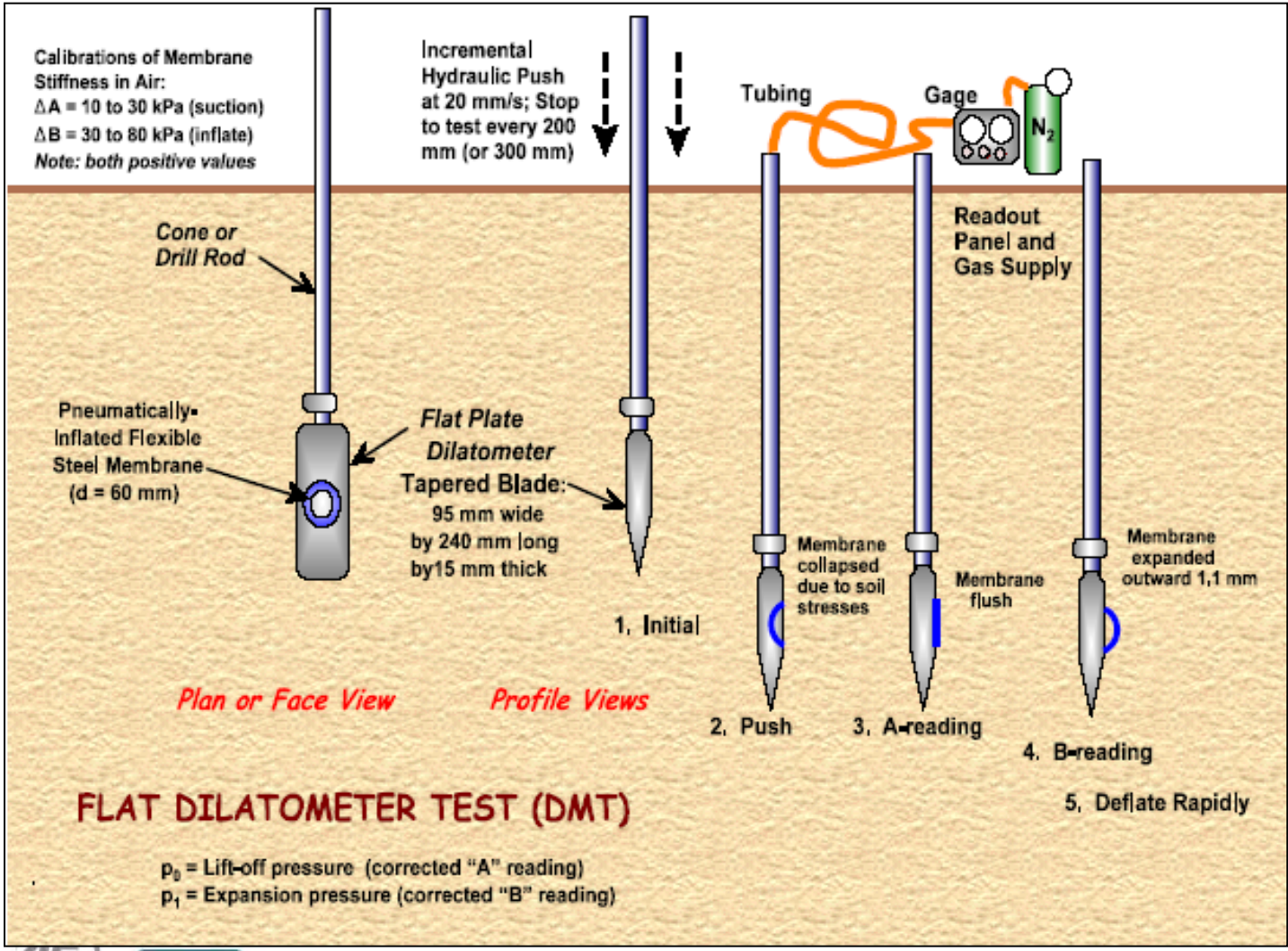
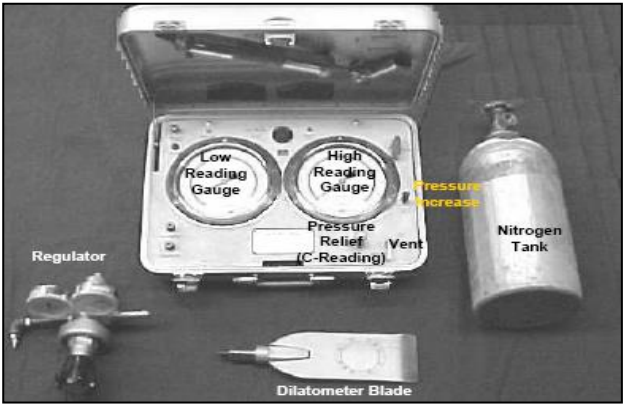
Organiza:



Con el apoyo de:



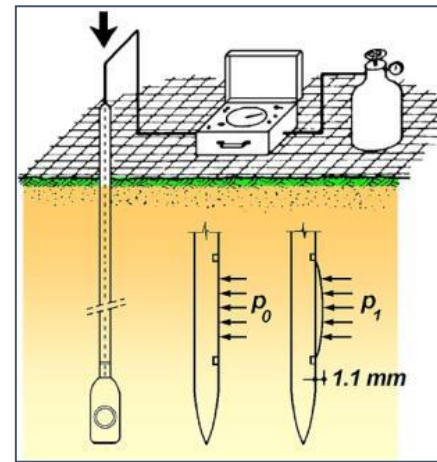
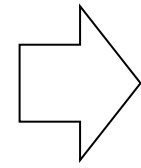
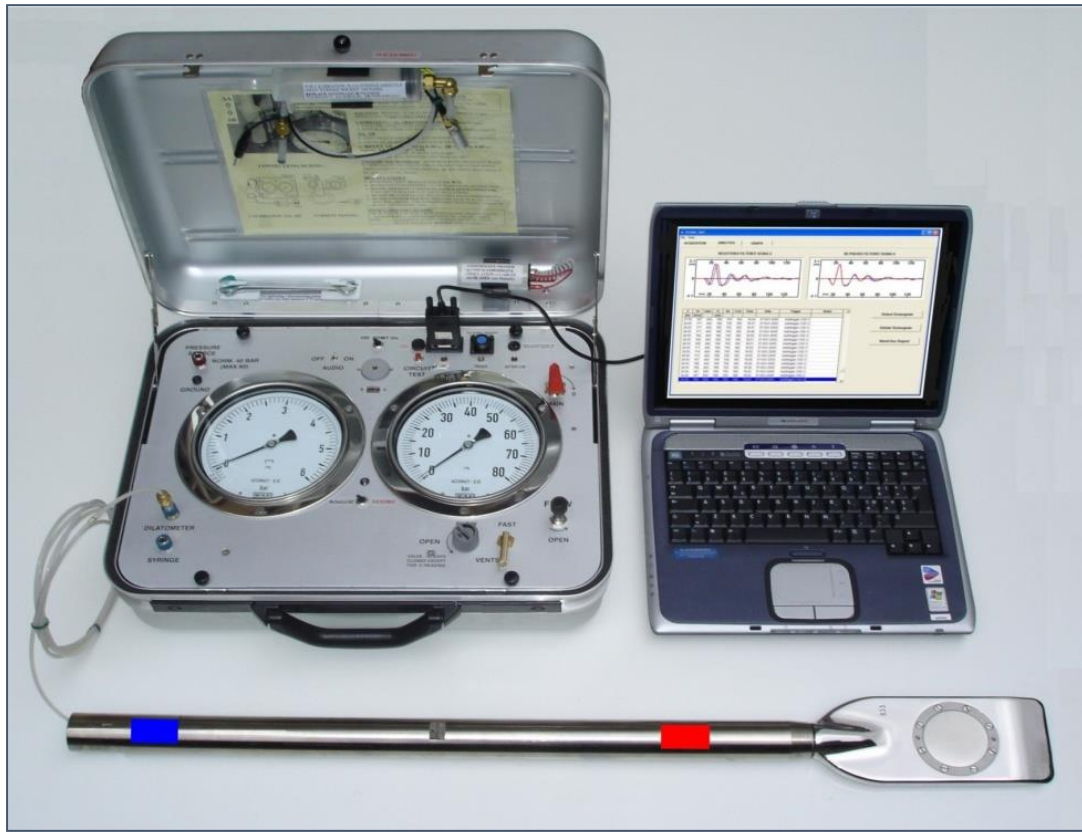
DILATÓMETRO DE MARCHETTI



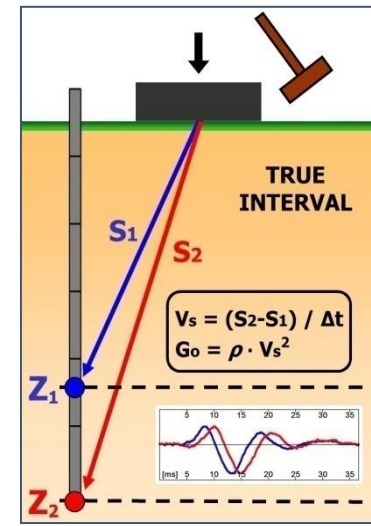
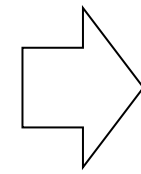
Organiza:

Con el apoyo de:

DILATÓMETRO SÍSMICO DE MARCHETTI (SDMT)



DMT
(static)



Seismic
(dynamic)

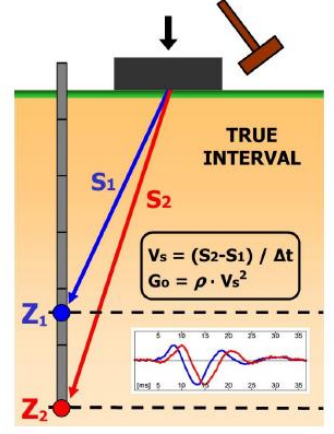
Organiza:



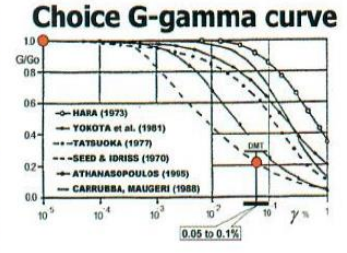
Con el apoyo de:

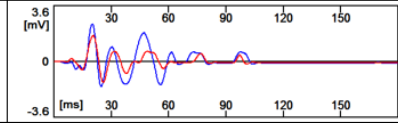
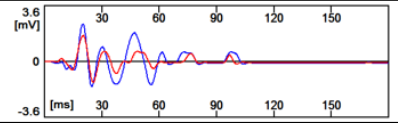
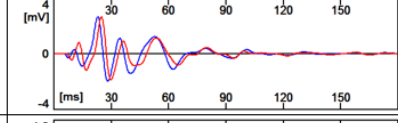
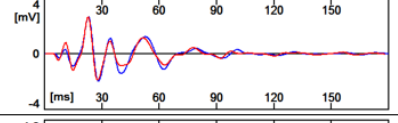
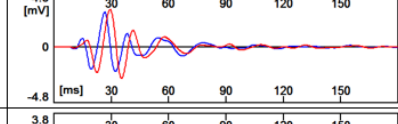
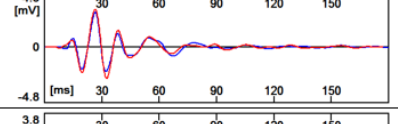
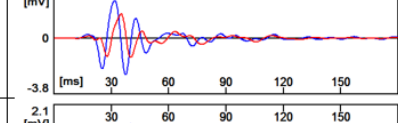
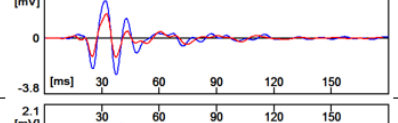
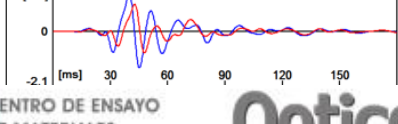
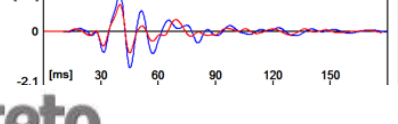


RESULTADOS DEL ENSAYO DOWN HOLE - SDMT



$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$



Z = 1.00 m Ds = 0.26 m Dt = 0.32 ms Vs = 834 m/s 25 MAY 2015 9:45:33		
Z = 1.50 m Ds = 0.34 m Dt = 2.02 ms Vs = 168 m/s 25 MAY 2015 9:54:28		
Z = 2.50 m Ds = 0.42 m Dt = 2.89 ms Vs = 146 m/s 25 MAY 2015 10:00:42		
Z = 3.50 m Ds = 0.45 m Dt = 2.83 ms Vs = 160 m/s 25 MAY 2015 10:33:57		
Z = 4.50 m Ds = 0.47 m Dt = 2.75 ms Vs = 171 m/s 25 MAY 2015 10:43:02		

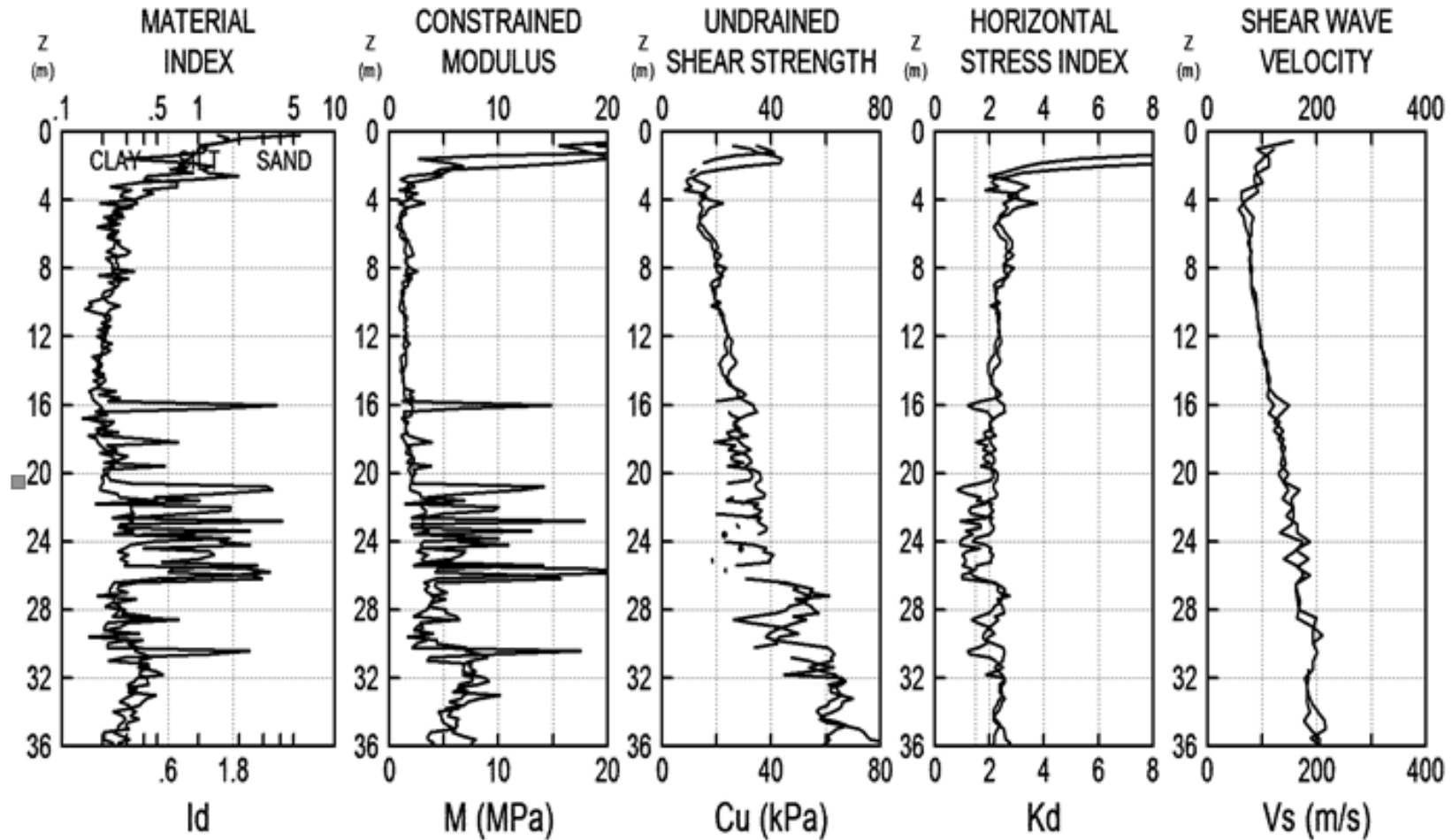
Organiza:



Con el apoyo de:



PARÁMETROS GEOTÉCNICOS OBTENIDOS CON EL ENSAYO SDMT

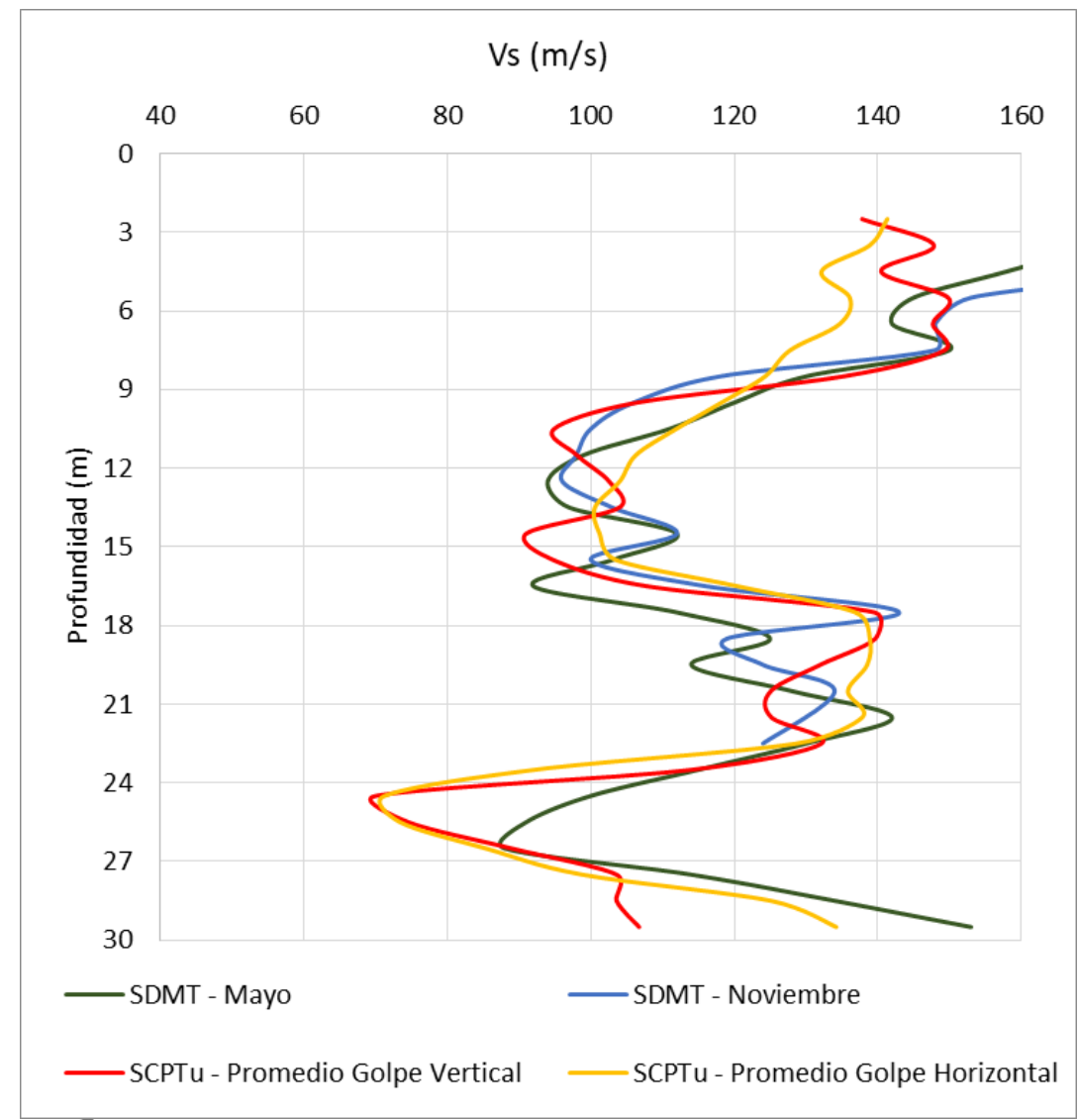


Organiza:

Con el apo



Resultados de los ensayos SDMT y SCPTu de la Práctica en la Universidad Nacional (II Curso de Exploración del Subsuelo y Diseño de Cimentaciones Profundas, Mayo 2017)



Organiza:

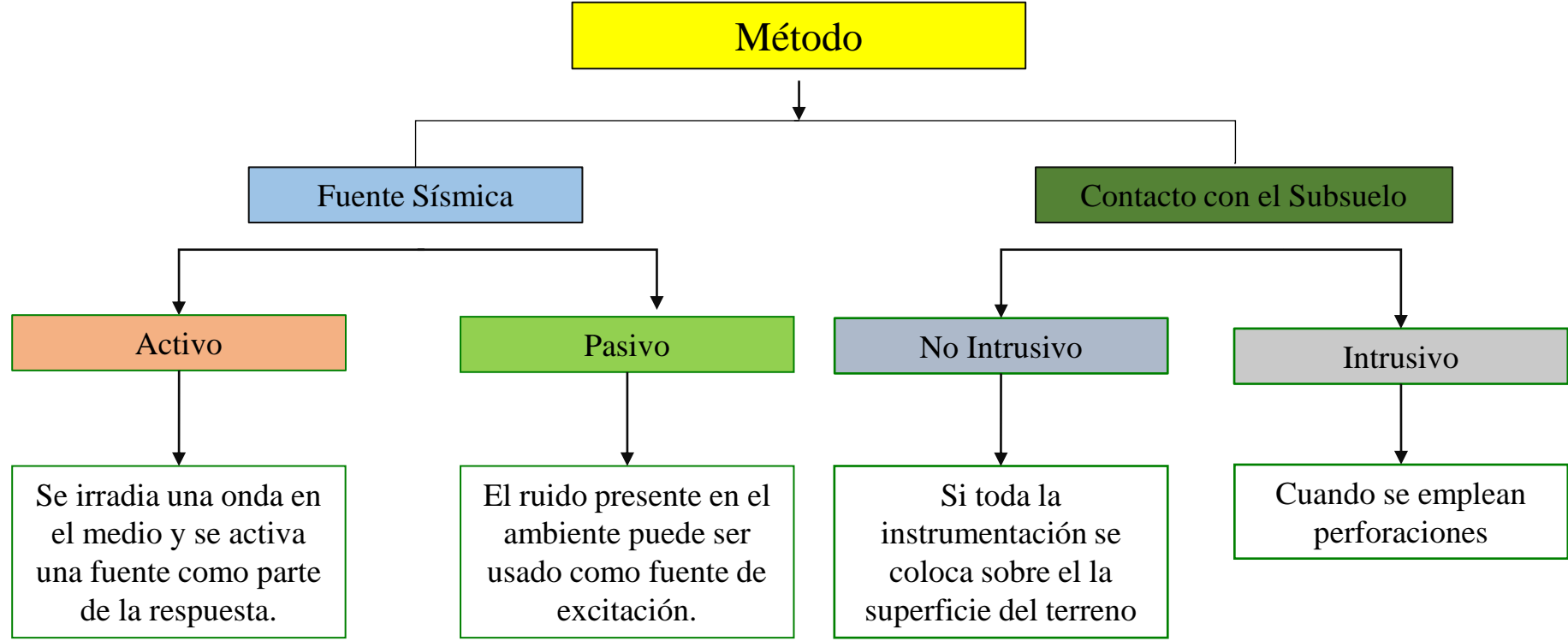


Con el apoyo de:





PRUEBAS IN SITU CON GEOSÍSMICA



PORQUÉ USARLOS?

- Su carácter no destructivo, en general
- Posibilidad de evaluar rápidamente amplias áreas de terreno (estratigrafía y parámetros elásticos)
- Posibilidad de detectar y ubicar rasgos subsuperficiales no esperados que puedan incidir de manera importante en un proyecto.

Organiza:

Con el apoyo de:



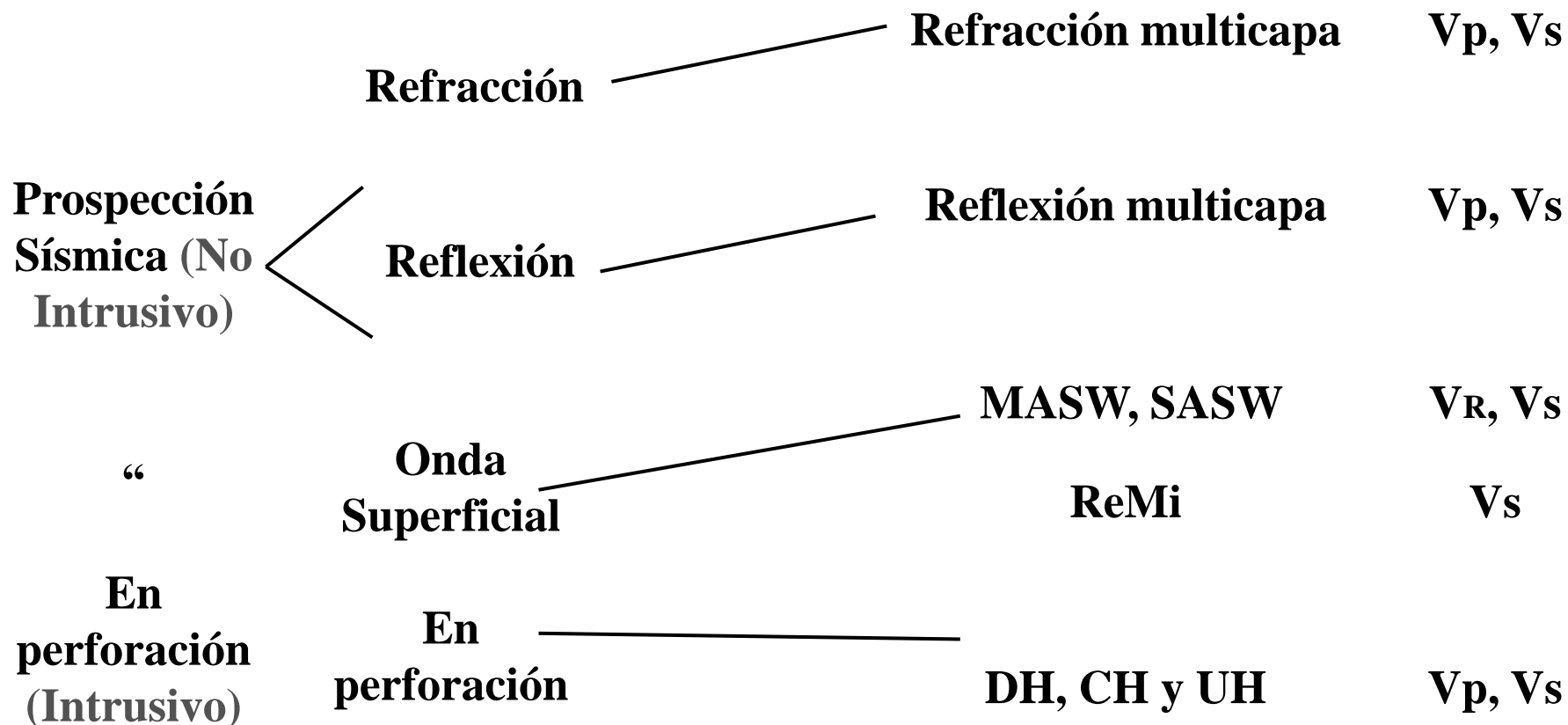


EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

Clasificación

Método

Análisis



Organiza:

Con el apoyo de:





PRUEBAS DE CAMPO - APLICABILIDAD

Table 1. Perceived applicability of in-situ tests (updated from Mitchell et al. 1978 and Lunne et al. 1997).

Group	In-situ Test	Geotechnical Parameter											Ground Type						
		Soil type	Profile	u_0	OCR	$D_{R-\psi}$	ϕ'	s_u	G_0-E	$\sigma-\varepsilon$	M-C _c	k	c_v	hard rock	soft rock	gravel	sand	silt/clay	peat-organic
Penetrometer/ Direct Push	Dy. Probing (DP)	C	B	-	C	C	C	C	C	-	-	-	-	-	C	B	A	B	B
	SPT	B	B	-	C	B	C	C	C	-	-	-	-	-	C	B	A	B	B
	CPT	B	A	-	B	B	B	B	B	C	C	C	-	-	B	B	A	A	A
	CPTu	A	A	A	B	A	B	A	B	C	B	A	A	-	B	B	A	A	A
	SCPTu	A	A	A	A	A	B	A	A	B	B	A	A	-	B	B	A	A	A
	DMT	B	B	B	B	C	B	B	B	C	B	C	B	-	C	C	A	A	A
	SDMT	B	B	B	A	B	B	B	A	B	B	C	B	-	C	C	A	A	A
	Full-flow (T/ball)	C	B	B	B	C	C	A	C	C	C	C	C	-	-	-	C	B	A
	Field vane (FVT)	B	C	-	B	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	B
Pressuremeter	Pre-bored	B	B	-	C	C	C	B	B	C	C	-	C	A	A	B	B	B	B
	Self-bored	B	B	A ¹	B	B	B	B	A	A	B	B	A	-	C	-	B	A	B
	Full-displacement	B	B	B	C	C	C	B	A	A	B	B	A	-	C	-	B	A	A
Other	Screw/plate load	C	-	-	B	C	C	B	B	B	B	C	C	C	A	B	B	B	B
	Borehole shear	C	-	-	-	-	B	C	-	-	-	-	-	C	B	C	C	C	-
	Permeameter	C	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	B	A	A	A	A	A	B
	Borehole seismic	C	C	-	B	C	-	-	A	C	-	-	-	A	A	A	A	A	B
	Surface seismic	-	C	-	B	C	-	-	A	C	-	-	-	A	A	A	A	A	A
	Hydraulic fracture	-	-	B	-	-	-	-	-	-	-	C	C	B	B	-	-	B	C

Applicability: A = high, B = moderate, C = low, - = none

Geotechnical parameters: u_0 = in-situ static pore pressure, OCR = over-consolidation ratio, $D_{R-\psi}$ = relative density and/or state parameter, ϕ' = peak friction angle, s_u = undrained shear strength (peak and/or remolded), G_0-E = small strain shear and/or Young's modulus, $\sigma-\varepsilon$ = stress-strain relationship, M-C_c = constrained modulus and/or compression index, k = permeability, c_v = coefficient of consolidation

ϕ' will depend on soil type; ¹ only when pore pressure sensor fitted.

Organiza:





CARACTERIZACIÓN DE LABORATORIO

• Ventajas

- Cond. Borde Definidas
- Cond. Drenaje Controladas
- TE definidas y preseleccionadas
- Campo de Deformaciones Uniformes (supuesto), controlable con med. Def. locales.
- Suelos identificados y clasificados previamente

• Desventajas

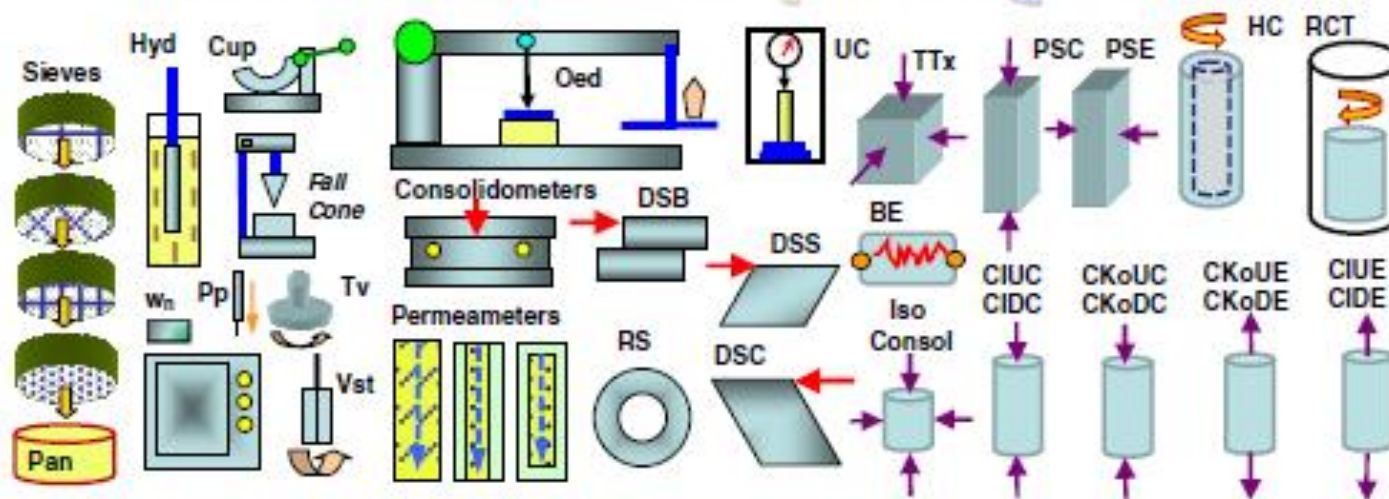
- Perturbación inevitable de las Muestras
- Volumen de material ensayado
- Características y complejidad de algunas pruebas
- Formación de planos de falla (supuestos)
- Caracterización discontinua
- Costos y tiempo

Organiza:

Con el apoyo de:



Mechanical Laboratory Testing Methods



Grain size analyses	Mechanical oedometer	Triaxial apparatus (iso-consols, CIUC, CKoUC, CAUC, CIUE, CAUE, CKoUE, stress path, CIDC, CKoDC, CIDE, CKoDE, constant P')
Hydrometer	Consolidometer	Plane strain apparatus (PSC, PSE)
Water content by oven	Constant rate of shear (CRS)	True triaxial (cuboidal)
Liquid limit cup	Falling-head permeameter	Hollow cylinder
Plastic limit thread	Constant-head permeameter	Torsional Shear
Fall cone device	Flow permeameter	Resonant Column Test device
Pocket penetrometer	Direct shear box	Non-resonant column
Torvane	Ring shear	Bender elements
Unconfined compression	Unconsolidated undrained Tx	
Miniature vane	Simple shear	
Digital image analysis	Directional shear cell	

Organiza:

Con el apoyo d



CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELOS PARA ENSAYOS DE LABORATORIO

CALIDAD o CLASE	PROPIEDADES IN-SITU PRESERVADAS	UTILIDAD
1 MUESTRA NO PERTURBADA - INALTERADA	z, w, pesos unitarios (seco y humedo), estructura	Prop básicas; relaciones de fases; permeabilidad; resistencia al corte; compresibilidad
2 MUESTRA NO PERTURBADA	z, w, pesos unitarios (seco y humedo)	Prop básicas; relaciones de fases.
3 REPRESENTATIVA	z, w,	Prop básicas; humedad
4 REPRESENTATIVA	z	Prop básicas;
5 (Lavado) NO REPRESENTATIVA		Sec. Estratigrafica aprox.

Organiza:



Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. **Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones**
Conferencia 4. **Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.**

Con el patrocinio de:



MUESTREO INALTERADO EN SUELOS Y ROCAS

MÉTODOS POR REMOCIÓN

Muestras de Bloque (Suelos y rocas blandas)

Tubos por Rotación (Rocas y Suelos blandos - consistentes con algo de cohesión)

MÉTODOS POR DESPLAZAMIENTO

Tubos Hincados Abiertos

- Tubos de pared gruesa
- Tubos de pared delgada

Tubos Cerrados o de Pistón

Muestreadores de Pistón Jumbo (STACOR® fuera de costa)

Organiza:



Con el apoyo de:





MÉTODOS POR REMOCIÓN - TOMA DE MUESTRAS EN BLOQUE (1)



1. Apiques, trincheras y destapes
 2. Suelos con alguna cohesión, firmes a muy firmes
 3. Bloques hasta de 30 cm de lado
- VENTAJAS**
4. Mayor volumen de material
 5. Mayor número de pruebas realizables
- DESVENTAJAS**
6. Costo
 7. Tiempo
 8. Capacidad de los ejecutores



Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



MUESTRAS DE BLOQUE EN ROCAS BLANDAS



Organiza:

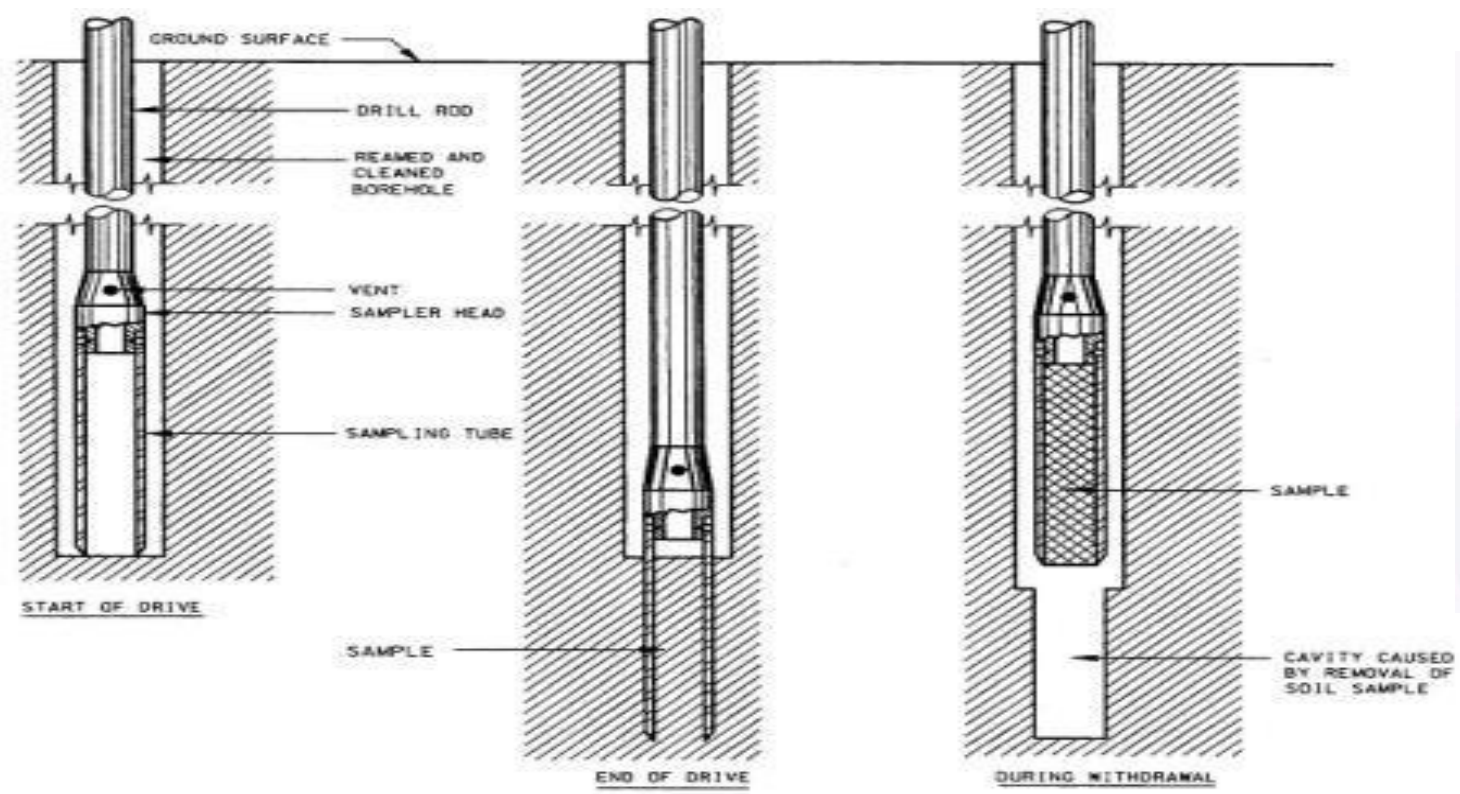


Con el apoyo de:





MUESTEADOR DE PARED DELGADA – TUBO SHELBY



Organiza:



Con el apoyo de:





ORÍGENES O CAUSAS DE LA ALTERACIÓN

FUENTES DE ALTERACIÓN	ALTERACIÓN GENERADA	COMENTARIOS
Por la perforación, antes del muestreo	Alivio de esfuerzos	Modifica el Estado esfuerzos cortantes y presiones de poros, al menos en una zona de 1 a 2 Φ .
	Expansión	Consecuencia del alivio de esfuerzos, da lugar a presiones de poros negativas (-), fácilmente disipables en materiales Granulares
	Compactación	En materiales con textura granular, por vibraciones sobre todo en métodos por percusión.
	Deformaciones por desplazamiento	Por excesivo hincado de revestimientos o de los tubos mismos de muestreo
	Falla de fondo y paredes	En arcillas blandas, en ausencia de lodos adecuadamente dimensionados o falta de revestimientos
	Tubificación	Materiales granulares por flujos hacia la perforación

Organiza:

Con el apoyo de:





ORÍGENES O CAUSAS DE LA ALTERACIÓN (2)

FUENTES DE ALTERACIÓN	ALTERACIÓN GENERADA	COMENTARIOS
Durante el muestreo	Alivio de esfuerzos	Muestras de Bloque, eliminación de Esfuerzos Totales, las condiciones de Presiones de Poros (-) favorecen la succión de agua del entorno y la reducción de Esfuerzos efectivos. Muestras en Tubo el mismo proceso acentuado por el proceso de la hincas del tubo,
	Remoldeo	Desestructuración por el proceso mismo de hincas de tubo y la secuencia de deformaciones asociada a este proceso
	Deformaciones por Compresión	Por entrada de exceso de suelo, o excesiva penetración del muestreador. Especialmente en muestreadores abiertos
	Rompimientos y fisuras	Por empleo de golpes en la colocación de los tubos en materiales firmes o la presencia de piedras y basura en el fondo de la perforación en materiales blandos
	Pérdida de muestra, poca Recuperación	Operación de extracción rápida, generación de vacío en el fondo

Organiza:



Con el apoyo de:





ORÍGENES O CAUSAS DE LA ALTERACIÓN (3)

FUENTES DE ALTERACIÓN	ALTERACIÓN GENERADA	COMENTARIOS
<p>Después del Muestreo</p>	<p>Alivio de esfuerzos</p>	<p>Disipación progresiva de la presiones de poros residuales por almacenamiento prolongado, f (tipo de suelo, permeabilidad)</p>
	<p>Migración de humedad</p>	<p>Del los bordes hacia el centro en arcillas blandas (NC) y viceversa en arcillas firmes y consistentes (SC). Importancia del tiempo de almacenamiento ya que no es un fenómeno inmediato</p>
	<p>Pérdida de humedad</p>	<p>Problemas con el parafinado, tiende a fisurarse al enfriarse, en especial si se coloca muy caliente, debe hacerse cerca de su punto de fusión; condiciones de almacenamiento, exposición al sol o lluvia</p>
	<p>Cambios volumétricos</p>	<p>Por congelamientos en condiciones inadecuadas de almacenamiento</p>
	<p>Compactación</p>	<p>Por vibración y golpes durante el transporte especialmente en materiales granulares, tubos dispuestos horizontalmente agravan el riesgo</p>
	<p>Remoldeo durante la extrusión</p>	<p>Las operaciones de retiro del tubo generan una historia adicional de deformaciones</p>
	<p>Cambios químicos</p>	<p>Almacenamientos prolongados generan reacciones entre los tubos y el agua del suelo</p>

Organiza:

Con el apoyo de:



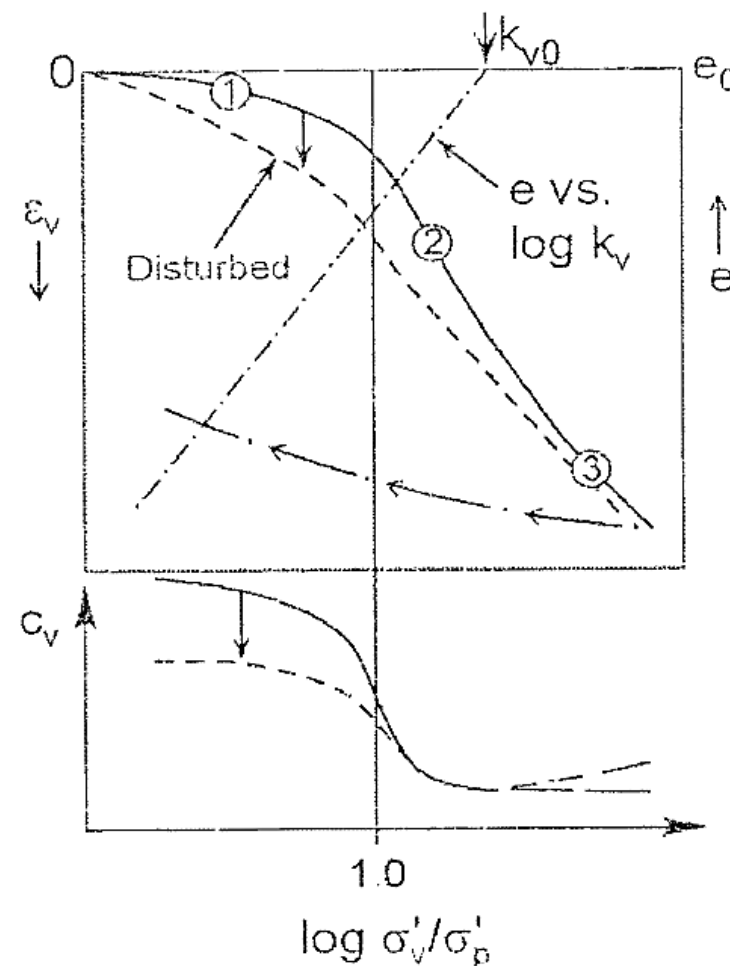


Principios del Comportamiento de las Arcillas

Formular y conducir un programa de caracterización que aborde adecuadamente los potenciales diseños y requisitos:

- Adecuada estabilidad
- Asentamientos admisibles

La permeabilidad vertical decrece a medida que aumenta el esfuerzo vertical efectivo; hay una relación lineal entre la relación de vacíos e y la permeabilidad k_v .



Principios del comportamiento de la consolidación unidimensional

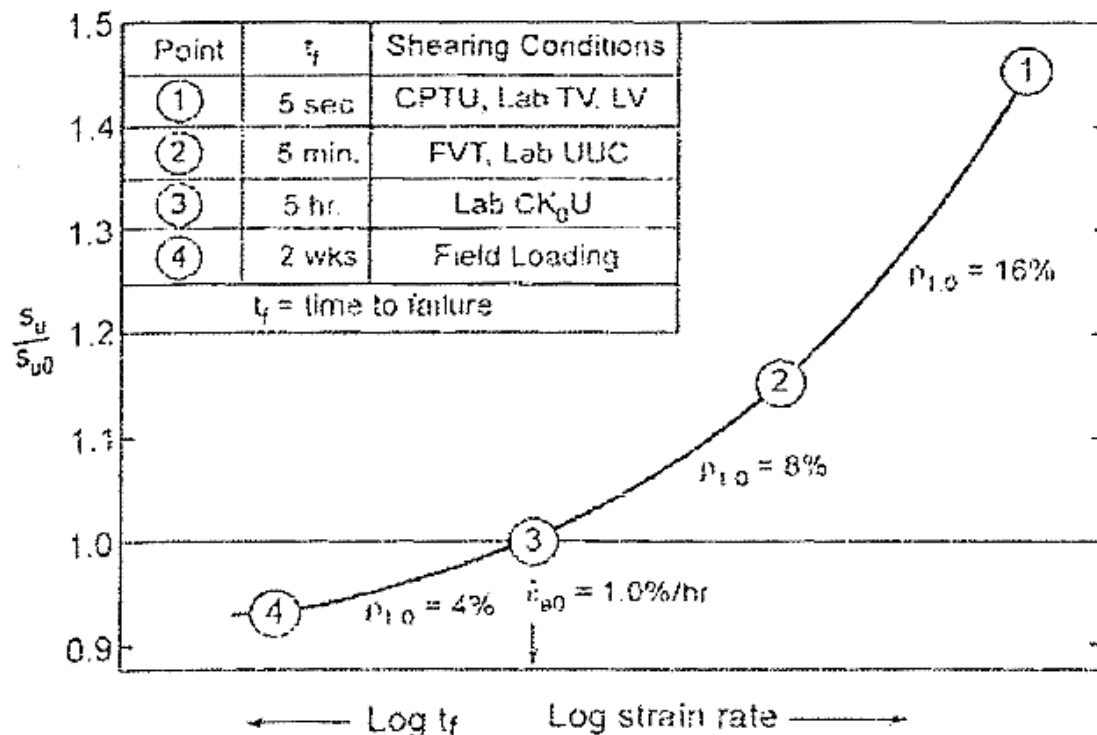
Organiza:

Con el apoyo de:





EFECTO DE LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN



Tiempo de Corte

- **Muy Rápido:** t_f 5 segundos
- **Rápido:** t_f 5 minutos
- **Muy Lento:** t_f 2 semanas

Ensayos de corte consolidados drenados permiten una estimación confiable de este parámetro.

Efecto de la velocidad de corte en arcillas con RSC baja

Organiza:

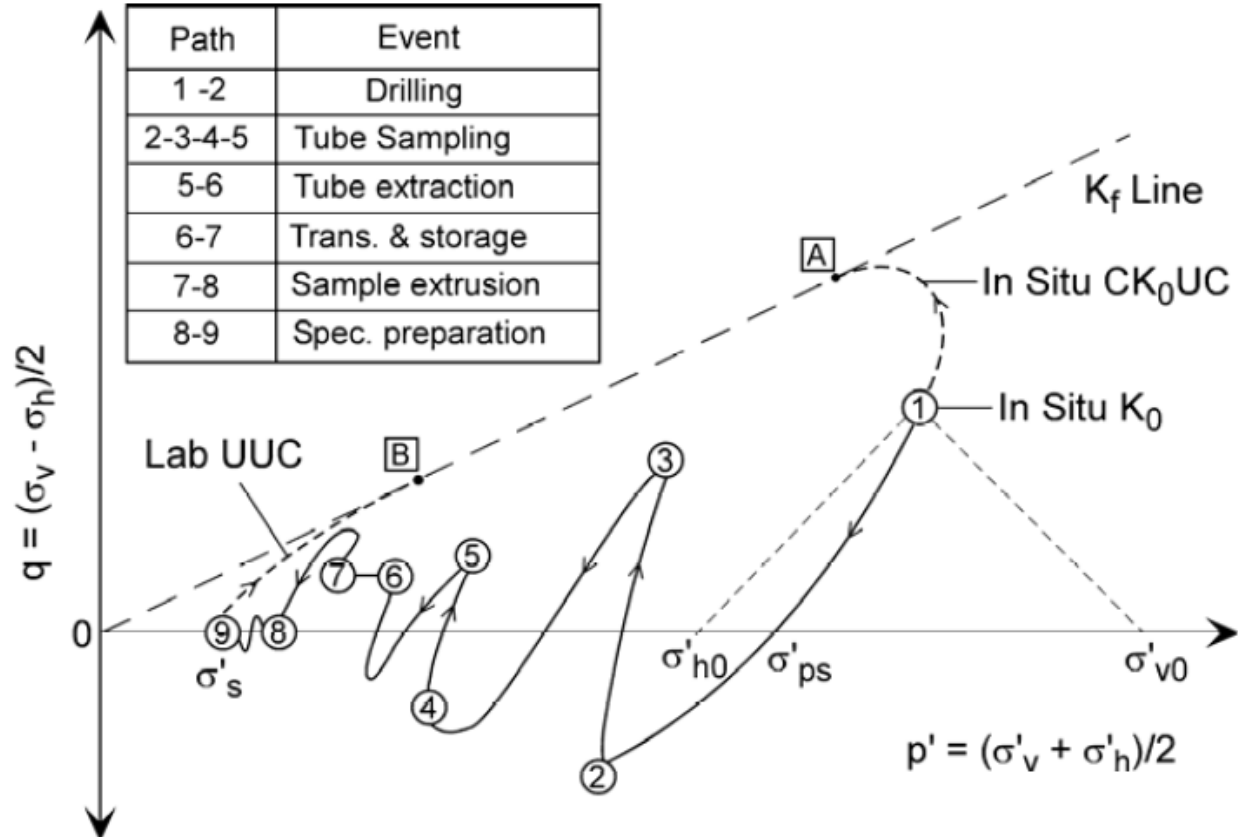


Con el apoyo de:





ALTERACIÓN DE LA MUESTRA DESDE LA EXTRACCIÓN Y HASTA LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO



La alteración de la muestra es un problema que afecta la calidad y confiabilidad de los datos de los ensayos de laboratorio para arcillas. Esto causa cambios en el estado de esfuerzos y la estructura de un suelo intacto y como resultado todos los parámetros de diseño son afectados negativamente.

Hipotética trayectoria de esfuerzos durante el muestreo y la preparación del espécimen

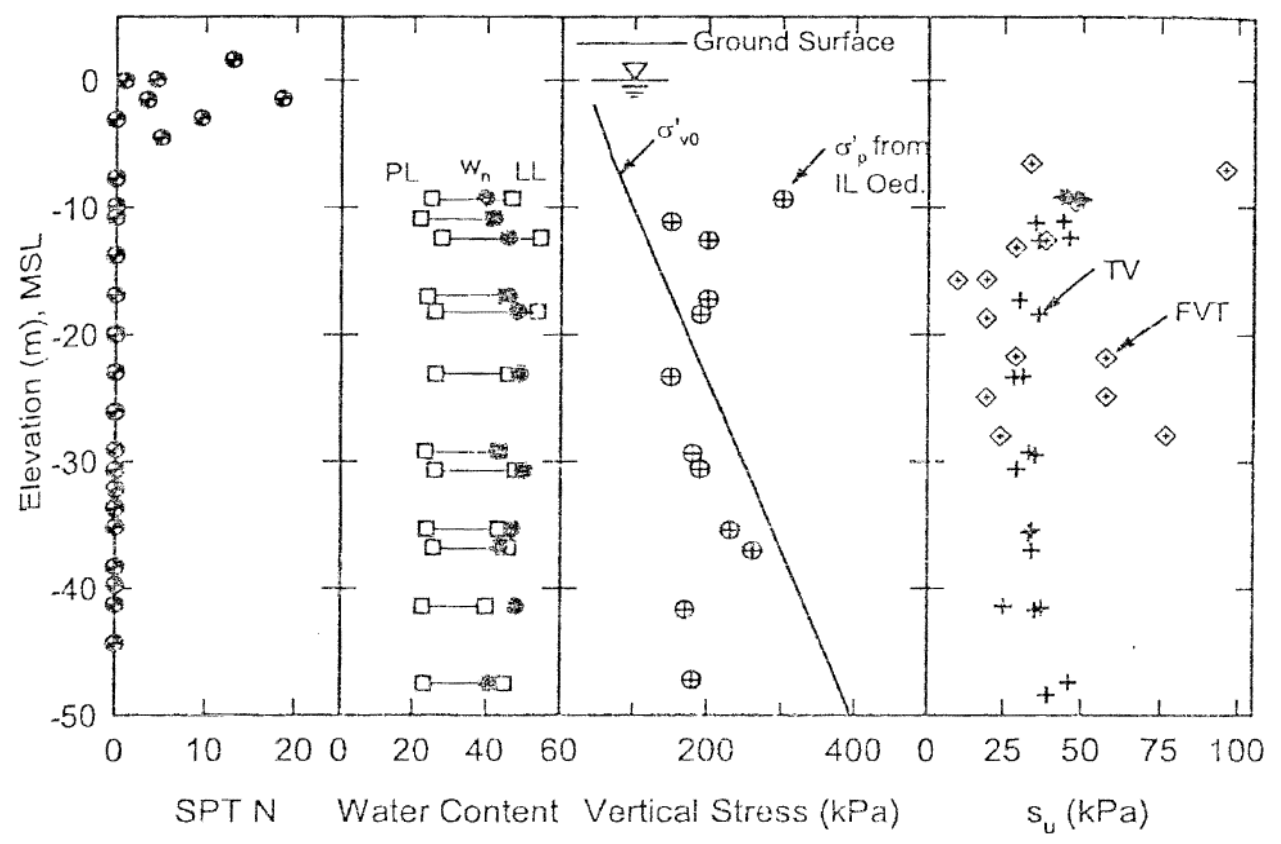
Organiza:

Con el apoyo de:





Malas Prácticas: Caso Ejemplo



Principal depósito de suelos cohesivos Arcilla Azul de Boston (BBC) con baja RSC.

- **N=0 Depósito de suelo blando de gran espesor.**
- **Malos equipos y procedimientos de ensayo empleados.**

$$\sigma'_p < \sigma'_{v0}$$

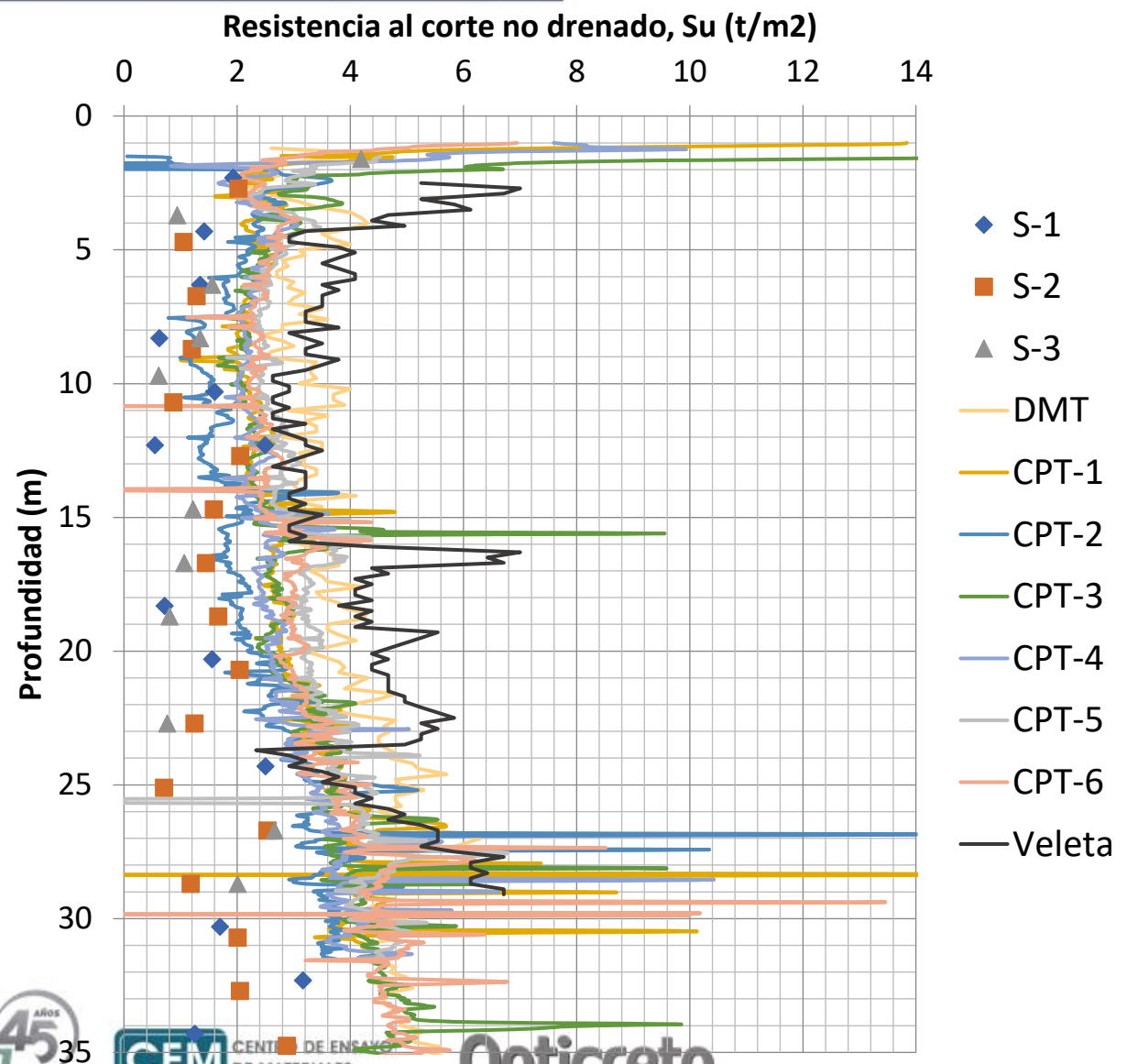
Exceso de alteración de la muestra

Efecto de la velocidad de corte en arcillas con RSC baja

Organiza:

Con el apoyo de:





Organiza:

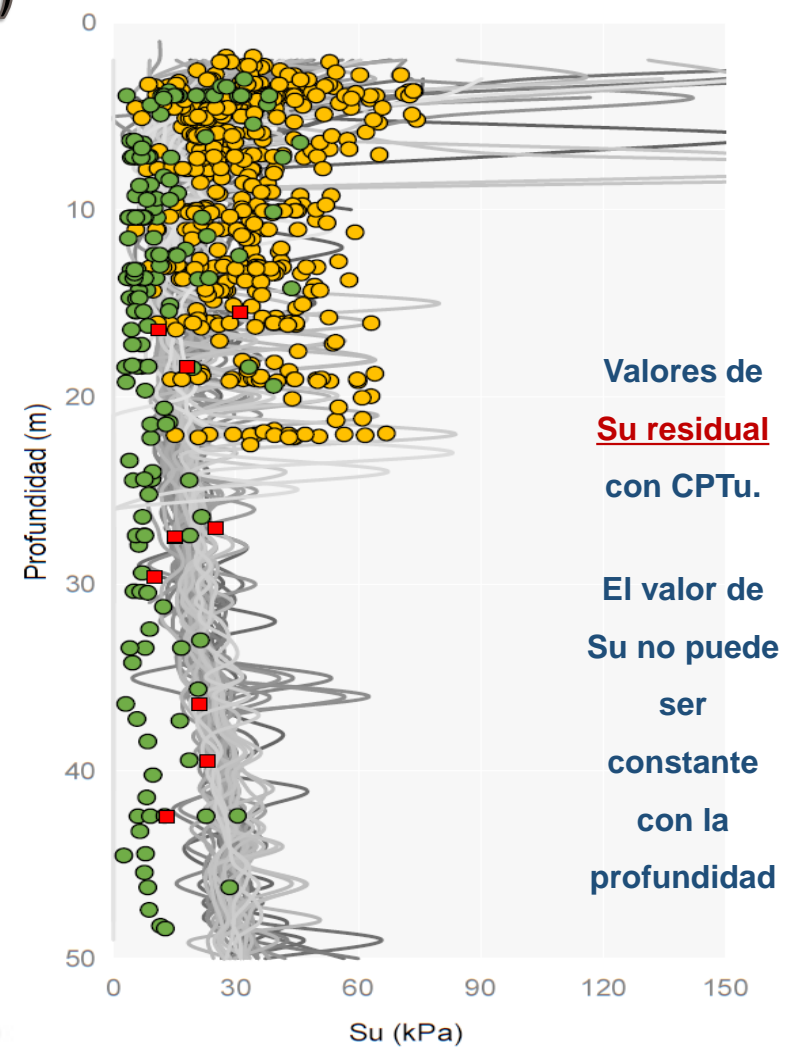
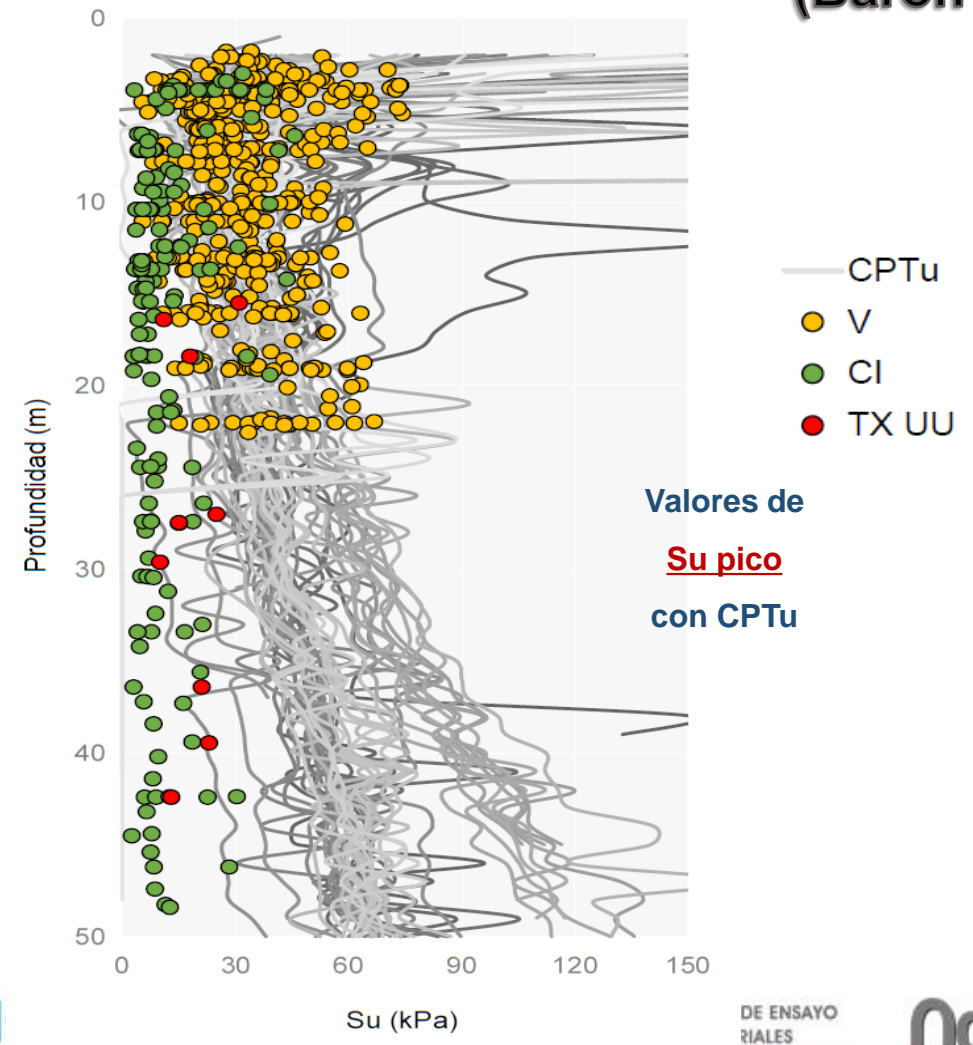


Con el apoyo de:





COMPARACIÓN DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO (S_u) - OCCIDENTE DE BOGOTÁ (Barón M., 2021)



Organiza:



Federación de Aseguradores Colombianos





Initial Conditions

The diagram illustrates a soil element A, represented by a yellow cube, located at a depth z below the ground surface. A water table is shown as a blue line with a downward-pointing triangle, located at a depth z_w from the surface. The soil element is positioned below the water table.

INDICES	STATE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Origin ▪ Geologic Age ▪ Grain Sizes ▪ Mineralogy ▪ Plasticity ▪ Shape ▪ Sphericity ▪ Roundness ▪ Angularity ▪ Packing limits: e_{max} and e_{min} ▪ Grain Properties: strength, stiffness, roughness ▪ Geosynthetics: <ul style="list-style-type: none"> ○ resin type ○ carbon black 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Void Ratio, e_0 ▪ Unit Weight, γ_T ▪ Relative Density, D_R ▪ Vertical Stress, σ_{vo} ▪ Hydrostatic, u_0 ▪ Saturation, S ▪ Geostatic $K_0 = \sigma_{ho}' / \sigma_{vo}'$ ▪ Stiffness, $G_0 = G_{max}$ ▪ State Parameter, ψ ▪ Cementation ▪ Fabric, void index I_{vo} ▪ Intact or Fissured ▪ Geosynthetics: <ul style="list-style-type: none"> ○ thickness ○ mass per unit area ○ melt index

Geoparámetros para la representación de las condiciones iniciales del subsuelo. (izq) Parámetros índice de los materiales; (der) parámetros de estado. (Mayne et al, 2009)

DEBE SUPERVISAR UN PROFESIONAL GEÓLOGO, INGENIERO GEÓLOGO O INGENIERO CIVIL GEOTECNISTA

Organiza:

Con el apoyo de:



Geomaterial Parameters and Properties

CONDUCTIVITY

- Hydraulic: k_v, k_h
- Thermal: k_e
- Electrical: Ω, ζ
- Chemical: D_f
- Transmissivity
- Permittivity

COMPRESSIBILITY

- Recompression, C_r
- Yield Stress, σ_v' (and YSR)
- Preconsolidation, σ_p' (and OCR)
- Coef. of Consolidation, c_v
- Virgin Compression, C_c
- Swelling index, C_s

RHEOLOGICAL

- Creep, $C_{c\&e}$
- Strain rate, $\delta\epsilon/\delta t$
- Age (T)
- Creep rate
- Time to creep rupture, t_{cr}

STIFFNESS

- Stiffness: $G_0 = G_{max}$
- Shear Modulus, G' and G_u
- Elastic Modulus, E' and E_u
- Bulk Modulus, K'
- Constrained Modulus, D'
- Tensile Stiffness, K_T
- Poisson's Ratio, ν
- Effects of Anisotropy
- Nonlinearity (G/G_{max} vs γ_s)

STRENGTH

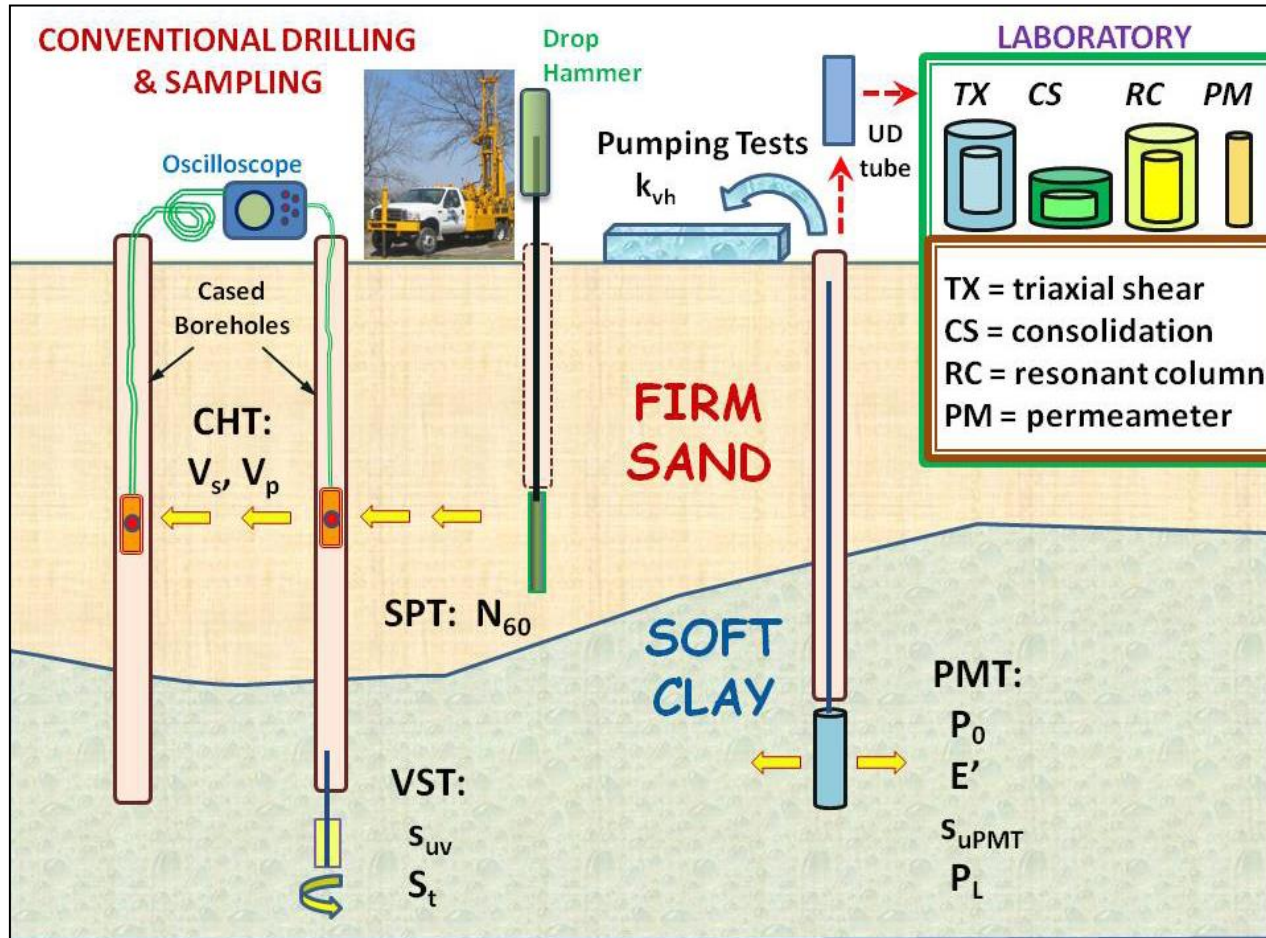
- Drained and Undrained τ_{max}
- Peak (s_u, c', ϕ')
- Post-peak
- Remolded/Softened/CS
- Residual
- Cyclic Behavior
- Geosynthetics: tensile strength, pullout resistance, interface shear strength.

EN CAMPO Y LABORATORIO DEBEN INVESTIGARSE Y MEDIRSE LA MAYORÍA DE PARÁMETROS REQUERIDOS PARA LOS DISEÑOS DEFINITIVOS.

DEBE EVITARSE EL USO DE DATOS TÍPICOS DE LIBRO, DADO QUE PUEDEN CORRESPONDER A SUELOS CON COMPORTAMIENTO DIFERENTE

Organiza:

COMBINACIÓN DE ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO



- Ampliar el conocimiento espacial de las condiciones estratigráficas del subsuelo
- Caracterización geotécnica estática y dinámica más detallada (Información in situ y de laboratorio)
- Reduce el riesgo de errores en la concepción del modelo geotécnico
- Facilita la optimización de los diseños y la toma de decisiones

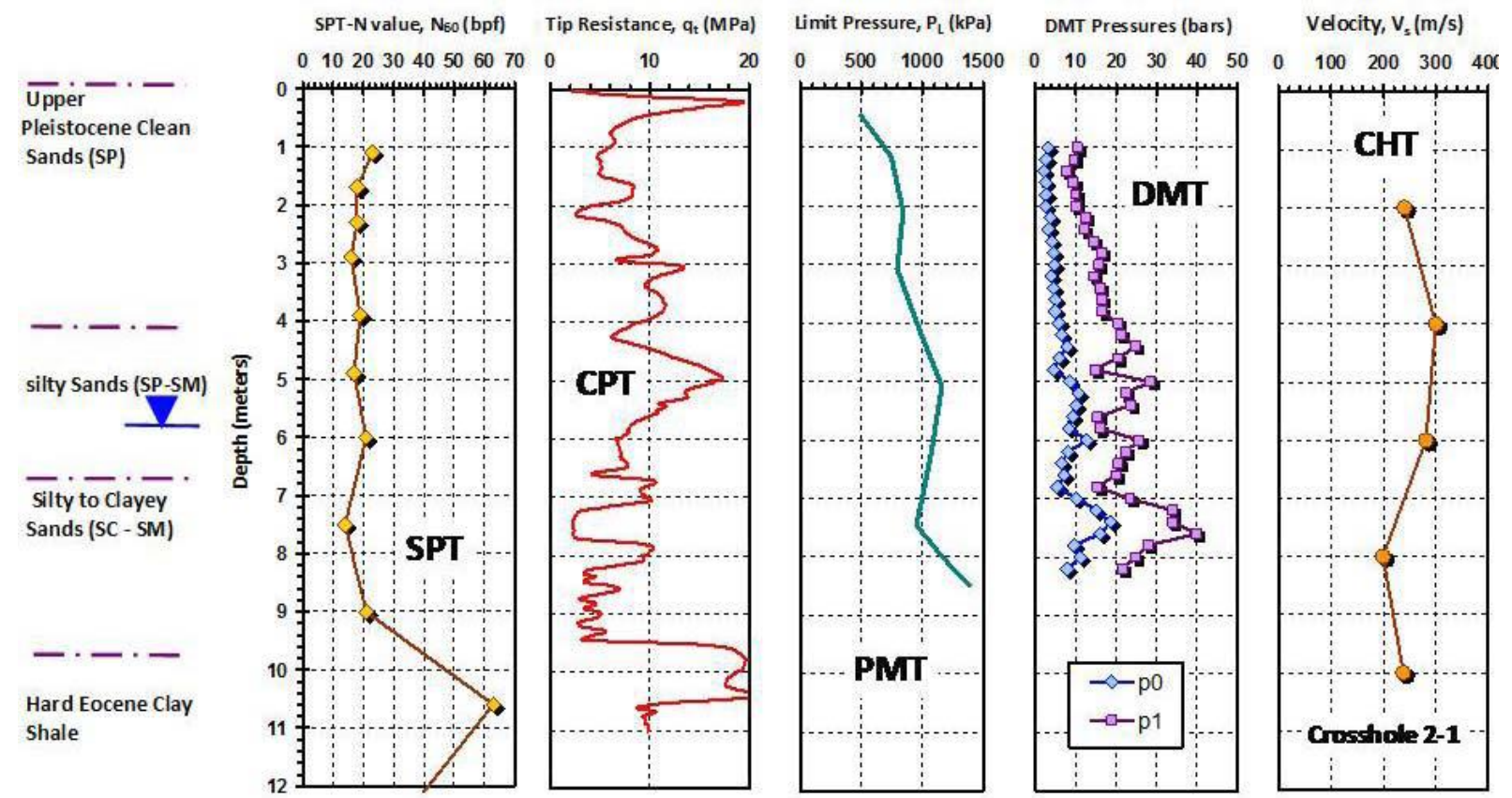
Organiza:

SOA: Geotechnical Site Characterization in the Year 2012 and Beyond (Maine, 2012)



COMBINACIÓN DE RESULTADOS DE DIFERENTES ENSAYOS

Perfil de arena, resultados de SPT, CPT, PMT, DMT, y CHT. Texas A&M National Geotechnical Experimentation Site.



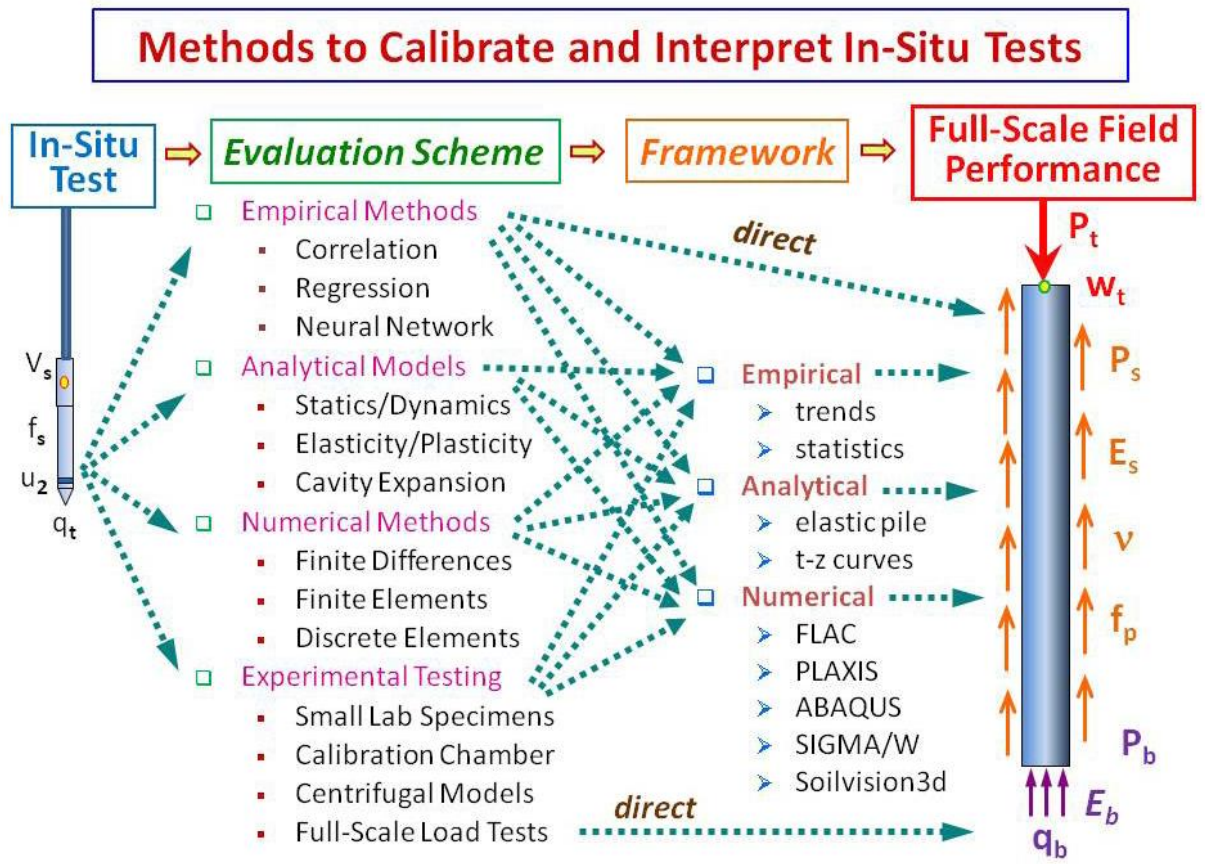
Organiza:

Con el apc





INTERPRETACIÓN DE PRUEBAS IN-SITU



- Su presenta un amplio rango dependiendo del dispositivo que se utilice.
- Su y rigidez influidos por los efectos de velocidad de deformación.
- Su obtenido a partir de ensayos in-situ que presentan diferentes tasas de penetración:
 - VST – 0.1%/S
 - CPT – 20mm/s
- Muestras reconstituidas – Cual debe ser el método para reconstitución?

Organiza:

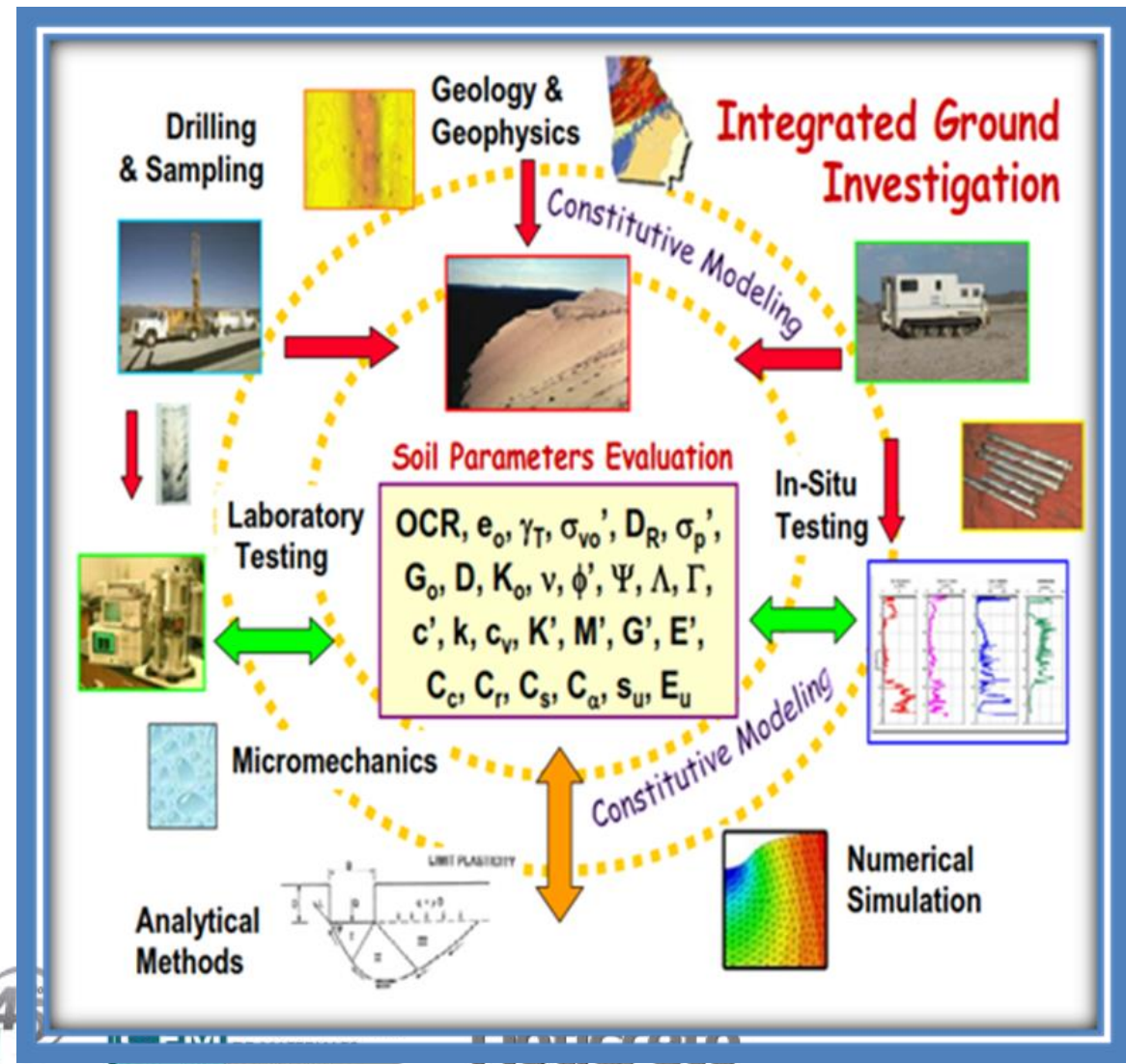


Con el apoyo de: SOA: Geotechnical Site Characterization in the Year 2012 and Beyond





EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PARA DISEÑO



Mayne (2006)

Organiza:



Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



MODELACIÓN Y ANÁLISIS DE CIMENTACIONES

Organiza:



Con el apoyo de:

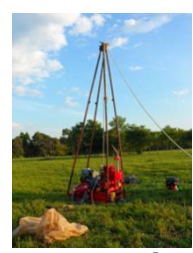




PARÁMETROS BÁSICOS PARA ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE

SUELOS FINOS

- Resistencia al corte no drenada **Cu**
- Peso Unitario Total **γ_t**
- Estratigrafía



Extracción Muestras Inalteradas



Pruebas de laboratorio



CPTu



DMT

SUELOS GRANULARES

- Angulo de fricción interna efectivo **ϕ'**
- Peso Unitario Total **γ_t**
- Estratigrafía



SPT



Pruebas de laboratorio remoldeadas

Organiza:



Con el apoyo de:

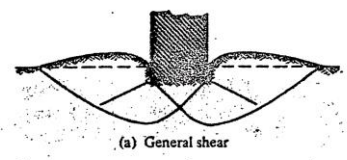




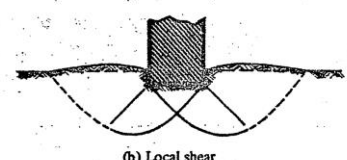
H.4- Cimentaciones

H.4.2.1- ZAPATAS Y LOSAS - ESTADOS LÍMITES DE FALLA

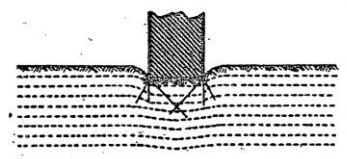
MODOS DE FALLA (Vesic, 1973)



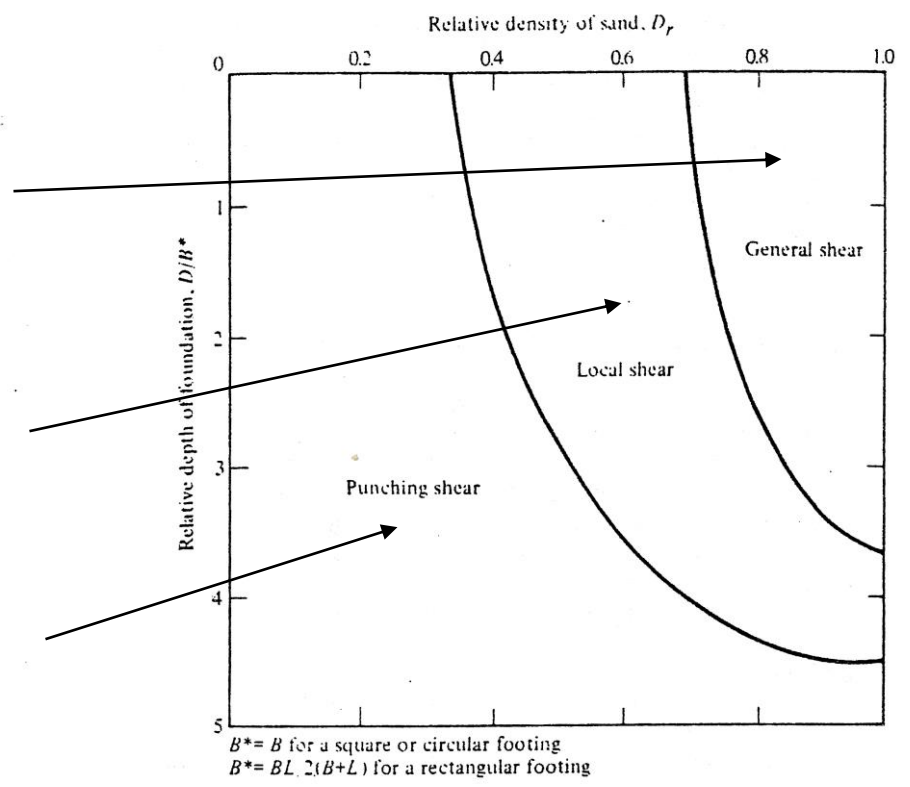
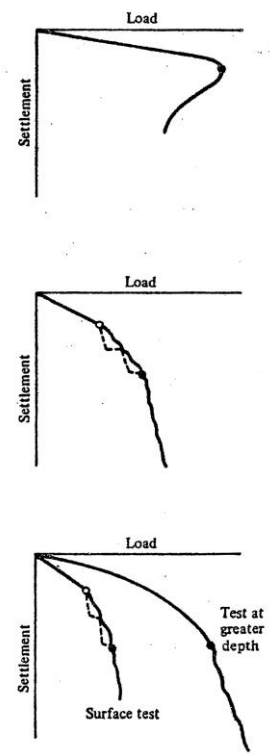
(a) General shear



(b) Local shear



(c) Punching shear



$B^* = B$ for a square or circular footing
 $B^* = BL \cdot \frac{2}{(B+L)}$ for a rectangular footing

Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Título H de NSR20 - Diap. 61

Organiza:



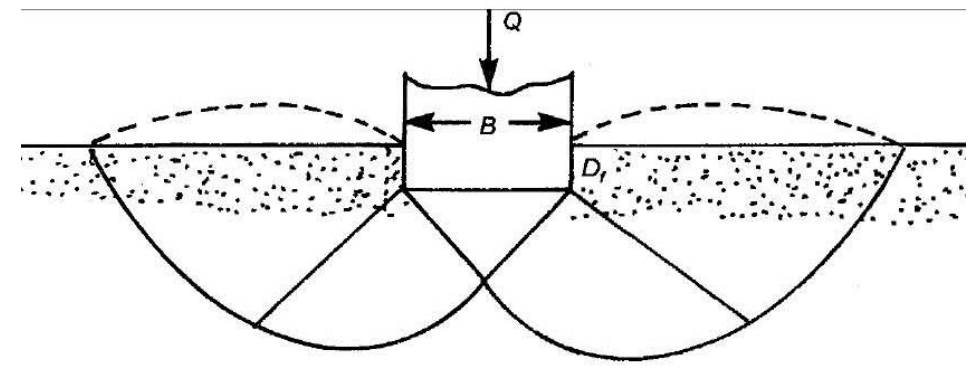
Con el apoyo de:





H.4- Cimentaciones

H.4.2.1- ZAPATAS Y LOSAS-ESTADOS LÍMITES DE FALLA



PARA FALLA GENERAL - ETAPA 4
TEORIA DE PLASTICIDAD- LIMITE SUPERIOR

CAPACIDAD PORTANTE (Prandtl, 1923; Terzaghi, 1943; Vesic, 1973)

$$Q_{ult} / BL = q_{ult} = c' N_c + \gamma (B/2) N_\gamma + q' N_q$$

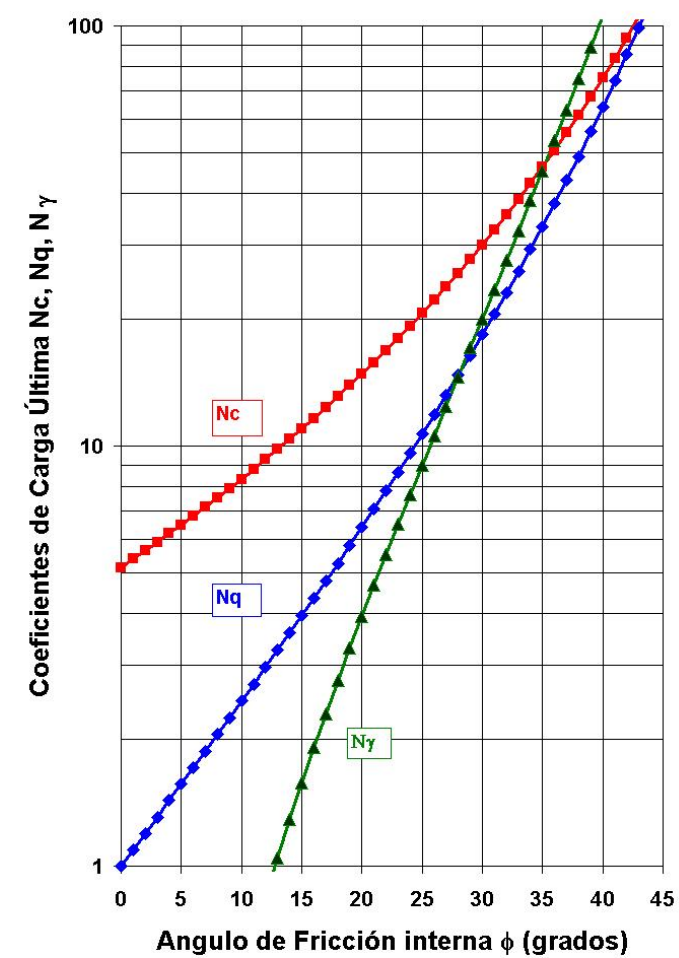
$$q' = \gamma D - U_w ; U_w \text{ a nivel de cimiento}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi' \text{ (González, 1987)}$$

$$N_q = [\tan^2(\pi/4 + \phi'/2)] \exp(\pi \tan \phi') = K_p \exp(\pi \tan \phi')$$

$$\text{Para } \phi_u = 0: N_c = \pi + 2 = 5.14; N_\gamma = 0.0; N_q = 1.0$$



Sociedad Colombiana de Geotecnia-
Propuestas para Título H de NSR20 -
Diap. 62

Organiza:



Con el apoyo de:





Para estos casos se recomiendan los siguientes valores de factores de seguridad indirectos, aplicables a la capacidad portante neta; es decir, descontando el peso de la sobrecarga $q = \gamma D$ en cimientos superficiales o del pilote W_p en cimentaciones con pilotes, según sea el caso

H.4- Cimentaciones

H.4.7 – FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS

H.4.7.1 — CAPACIDAD PORTANTE DE CIMIENTOS SUPERFICIALES

Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Título H de NSR20 - Diap. 63

Tabla H.4.7-1
Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP} Mínimos

Condición	F_{SICP} Mínimo Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal de Servicio	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Normal de Servicio + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

En todo caso se deberá demostrar que los valores de F_{SB} directos equivalentes son superiores a los de la Tabla H.2.4-1. No se admite incrementar la resistencia no drenada con sismo, salvo que el aumento esté respaldado por ensayos de laboratorio dinámicos específicos para el sitio de estudio

Tabla de NSR10

Tabla H.4.7-1
Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP} Mínimos

Condición	F_{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

Organiza:



Con el apoyo de:



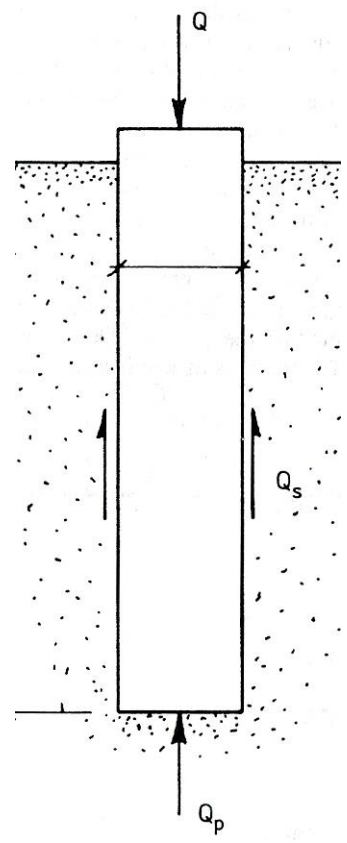


H.4- Cimentaciones

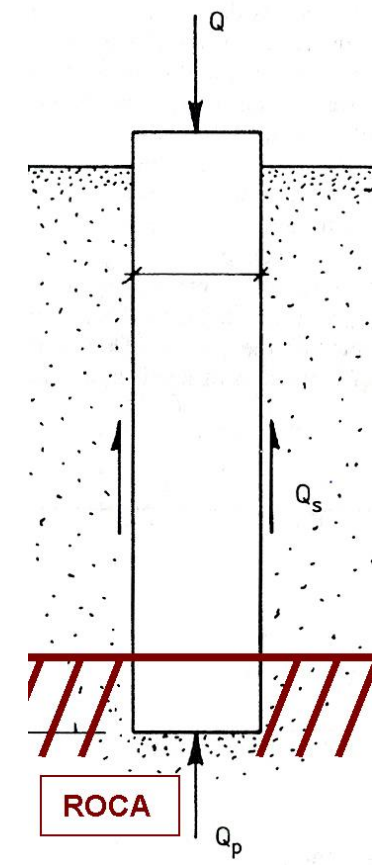
H.4.4.1 – PILOTES – ESTADOS LÍMITES DE FALLA

Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Titulo H de NSR20 - Diap. 64

A) TIPOS DE PILOTES



FLOTANTES



EMPOTRADOS DE PUNTA

Organiza:

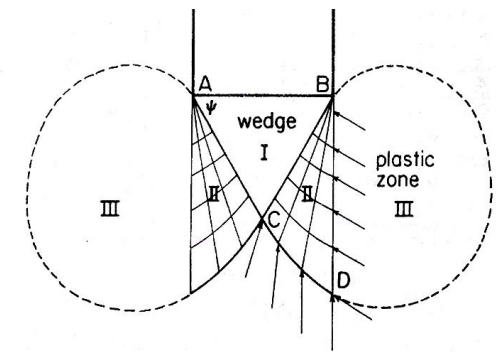


Con el apoyo de:





B) CAPACIDAD PORTANTE DE PUNTA (Vesic, 1977)



H.4- Cimentaciones

H.4.4.1- PILOTES - ESTADOS LÍMITES DE FALLA- VERTICAL

Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Titulo H de NSR22

$$Q_p = A_p q_p$$

$$q_p = c' N_c + \sigma'_o * N_\sigma$$

$$N_\sigma = K_p \exp [(\pi/2 - \phi') \tan \phi'] [3 / (3 - \text{sen } \phi')] \times I_{rr} \{ 4 \text{ sen } \phi' / [3 (1 + \text{sen } \phi')] \}$$

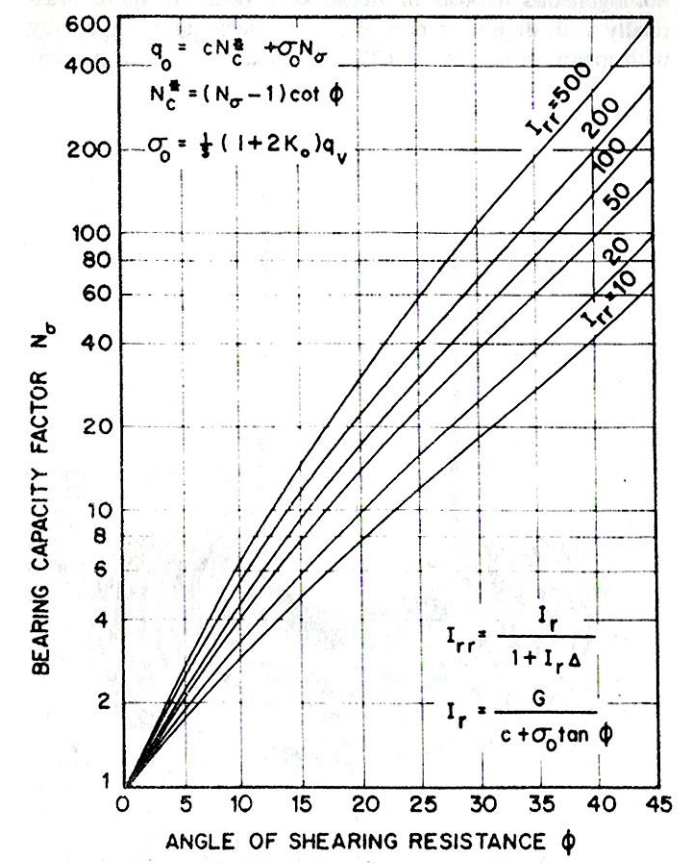
$$N_c = (N_\sigma - 1) \cot \phi'$$

Para Su $N_{su} = 1$; $N_{cu} = 4/3 [\ln (I_{rr}) + 1] + \pi / 2 + 1$

$$r = R_p / R_o = I_{rr}^{(1/3)}$$

$$I_r = G / (c' + \sigma'_o \tan \phi')$$

$$I_{rr} = I_r / (1 + I_r * \epsilon_v)$$



Organiza:



Con el apoyo de:





C) CAPACIDAD POR FRICCIÓN LATERAL (Vesic, 1977, Otros)

$$Q_s = P \int_0^L f_s dz$$

P = perímetro del pilote = πD

f_s = cortante lateral

Z = profundidad

$$f_s = c'_a + K_h \sigma'_v \tan \delta'$$

$$c'_a = \frac{2}{3} c' = \text{adherencia}$$

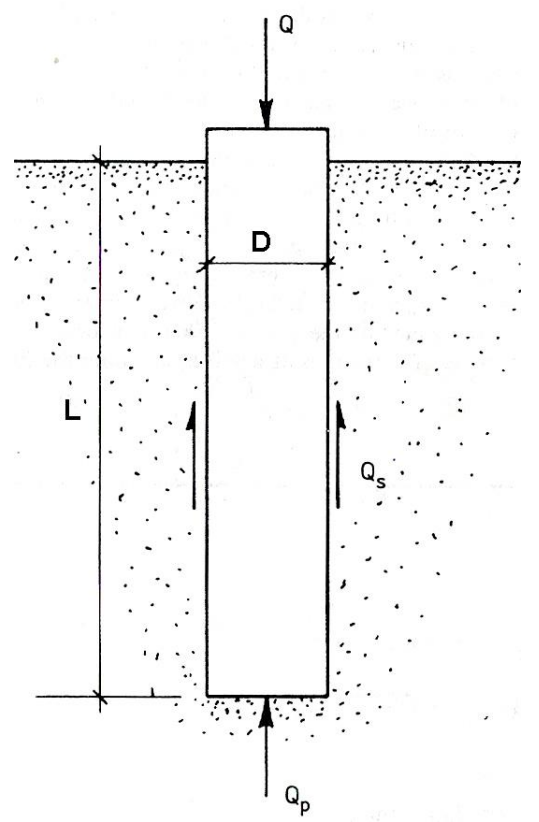
$$\tan \delta' = \frac{2}{3} \tan \phi' = \text{fricción lateral}$$

K_h = factor de presión lateral

$\approx K_0$ (pilotes pre-excavados)

$> K_0$ (pilotes hincados)

σ'_v = esfuerzo efectivo vertical



H.4- Cimentaciones

H.4.4.1- PILOTES - ESTADOS LÍMITES DE FALLA- VERTICAL

Sociedad Colombiana de Geotecnia-
Propuestas para Título H de NSR20 -
Diap. 66

$$D) \text{ CAPACIDAD TOTAL } Q = Q_p + Q_s - W_p$$

Organiza:



Con el apoyo de:





E) EFECTO DE GRUPO

H.4- Cimentaciones

H.4.4.1- PILOTES - ESTADOS LÍMITES DE FALLA- VERTICAL

Sociedad Colombiana de Geotecnia-
Propuestas para Título H de NSR20 -
Diap. 67

EMPIRICA

Sh = Espaciamiento horizontal entre ejes = 3D

PUNTA

Sh > 2 Rp

GENERAL (Poulos y Davis, 1980)

$$(1 / Q_g^2) = (1 / n^2 Q^2) + (1 / Q_B^2)$$

Q_g = capacidad de grupo

n = número de pilote

Q = capacidad de 1 pilote

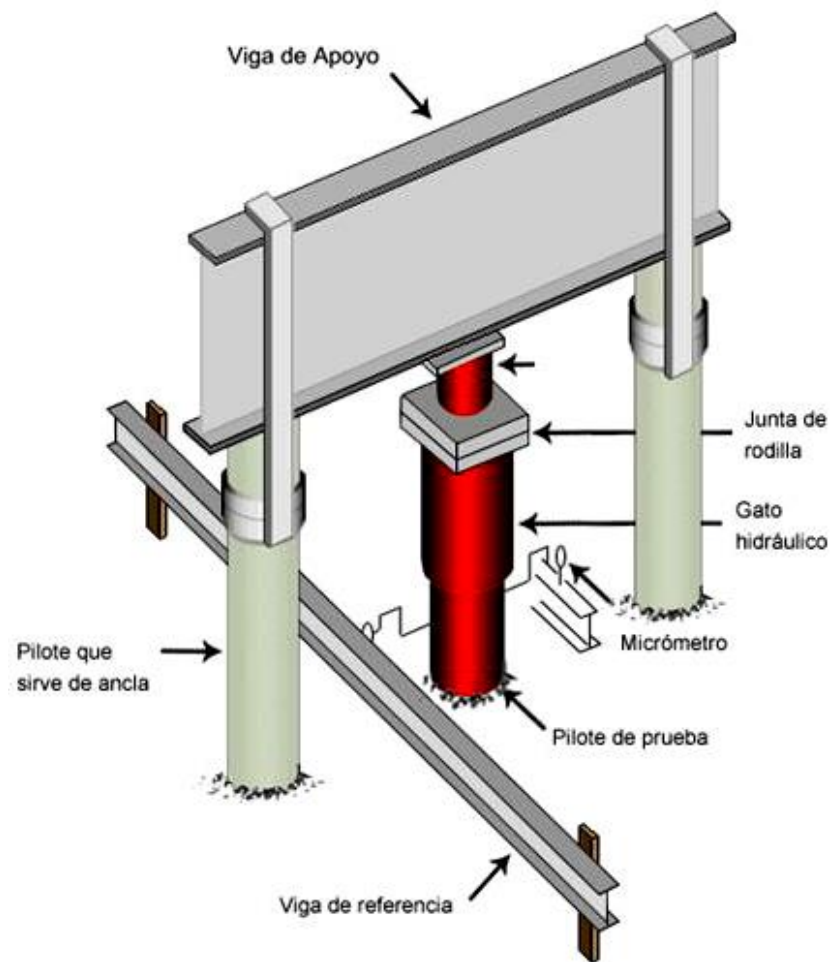
Q_B = capacidad en bloque





H.4- Cimentaciones

H.4.4.5- PILOTES-PRUEBAS DE CARGA (continuación)



Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Título H de NSR22

ENSAYO DE CARGA ESTÁTICO

Organiza:



Con el apoyo de:





H.4.7 FACTORES DE SEGURIDAD INDIRECTOS (NSR10)

CAPACIDAD PORTANTE DE PUNTA Y LATERAL = F_{SICP}

Tabla H.4.7-1
 Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP} Mínimos

Condición	F_{SICP} Mínimo
	Diseño
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.5

CAPACIDAD POR FRICCIÓN LATERAL = F_{SB}

Tabla H.2.4-1
 Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite

H.4- Cimentaciones

H.4.4.1- PILOTES - ESTADOS LÍMITES DE FALLA

Sociedad Colombiana de Geotecnia-
 Propuestas para Título H de NSR22

Organiza:



Con el apoyo de:





PARÁMETROS BÁSICOS PARA ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

- Módulo de elasticidad del suelo E_s
- Relación de Poisson del suelo μ



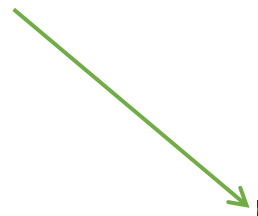
DOWN HOLE



PMT



Pruebas de laboratorio



SCPTu



SDMT

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

- Relación de Sobreconsolidación RSC
- Índice de Compresión C_c
- Índice de Recompresión C_r
- Relación de vacíos inicial e_0



Pruebas de laboratorio

Organiza:



Con el apoyo de:



H.4- Cimentaciones

H.4.9.2 - LÍMITES DE ASENTAMIENTOS TOTALES

Los asentamientos totales calculados a 20 años se deben limitar a los valores de la Tabla H.4.9.1:

- (a) Para construcciones aisladas, siempre y cuando no se afecten la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.
- (b) Para construcciones entre medianeros, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas, ni la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.

Tabla H.4.9-1
Valores máximos de asentamientos totales a 20 años según el tipo de perfil de suelo

Tipo de perfil de suelo	Asentamiento máximo en 20 años	
	Construcciones aisladas	Construcciones entre medianeros
Perfil de suelo A, B o C	5 cm	2.5 cm
Perfil de suelo D o E	10 cm	5 cm
Perfil de suelo F	25 cm	12 cm

En NSR10	30 cm	15 cm
-----------------	--------------	--------------

Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Título H de NSR22

Organiza:



Con el apoyo de:





Tabla H.4.7-2

Número Mínimo de Pruebas de Carga y Factores de Seguridad Indirectos en Pilotes o Pilas

H.4- Cimentaciones

H.4.7.2 — CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES POR PRUEBAS DE CARGA Y FACTORES DE SEGURIDAD (cont)

Categoría	Numero de Pruebas (ver Nota)	FS Indirecto Total Mínimo Antes de Pruebas	
		Sin Sismo	Con Sismo
Categoría Baja	=1 Estática o dinámica	2.5	1.5
Categoría Media	=1 Estática o dinámica	2.5	1.5
Categoría Alta	=2 Estática o dinámica	2.5	1.5
Categoría Especial	=3 De las cuales al menos una debe ser estática	2.5	1.5

Nota : El número de pruebas será en principio mínimo por cada proyecto de edificaciones similares, pero en zonas geológicamente no homogéneas (ver Artículo H.3.3) o en proyectos con edificaciones disímiles o donde lo determine el Ingeniero Geotecnista se deben programar pruebas de carga adicionales

Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Título H de NSR22

Organiza:

Con el apoyo de:





H.4- Cimentaciones

H.4.9.2 - LÍMITES DE ASENTAMIENTOS TOTALES

Los asentamientos totales calculados a 20 años se deben limitar a los valores de la Tabla H.4.9.1:

- (a) Para construcciones aisladas, siempre y cuando no se afecten la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.
- (b) Para construcciones entre medianeros, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas, ni la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.

Tabla H.4.9-1
Valores máximos de asentamientos totales a 20 años según el tipo de perfil de suelo

Tipo de perfil de suelo	Asentamiento máximo en 20 años	
	Construcciones aisladas	Construcciones entre medianeros
Perfil de suelo A, B o C	5 cm	2.5 cm
Perfil de suelo D o E	10 cm	5 cm
Perfil de suelo F	25 cm	12 cm

En NSR10	30 cm	15 cm
-----------------	--------------	--------------

Sociedad Colombiana de Geotecnia-
Propuestas para Título H de NSR22

Organiza:



Con el apoyo de:





Los asentamientos diferenciales calculados se deben limitar a los valores fijados en la tabla H.4.9-1, expresados en función de la pendiente máxima entre dos puntos de la estructura.

H.4- Cimentaciones

H.4.9.3 - LÍMITES DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

Tabla H.4.9-2- Valores máximos de asentamientos diferenciales calculados, expresados en función de la pendiente máxima entre dos puntos de la estructura, $\Delta_{m\acute{a}x}$.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	$\Delta_{m\acute{a}x}$
Edificaciones de cualquier sistema estructural con elementos no estructurales susceptibles de sufrir daño debido a grandes deflexiones	L/1,000
Edificaciones de cualquier sistema estructural con elementos no estructurales NO susceptibles de sufrir daño debido a grandes deflexiones	L/500

Tabla H.4.9-1
Valores máximos de asentamientos diferenciales calculados, expresados en función de la distancia entre apoyos o columnas, ℓ

Tipo de construcción	Δ_{max}
(a) Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	$\frac{\ell}{1000}$
(b) Edificaciones con muros de carga en concreto o en mampostería	$\frac{\ell}{500}$
(c) Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	$\frac{\ell}{300}$
(d) Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	$\frac{\ell}{160}$

En NSR10

Sociedad Colombiana de Geotecnia-
Propuestas para Título H de NSR22

Organiza:

Con el apoyo de:





H.4- Cimentaciones

H.4.9.4 - LÍMITES DE GIRO

Los giros calculados deben limitarse a valores que no produzcan efectos estéticos o funcionales que impidan el funcionamiento normal de la edificación, amenacen su seguridad, o disminuyan el valor de la misma. En ningún caso localmente pueden sobrepasar $100/[100 + 10H]$ en porcentaje (%), donde H (metros) es la altura de la edificación.

En NSR10 Giro máximo = $L/250$

C- COMENTARIOS A ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES Y GIROS

- PUEDEN CAUSAR DAÑOS A LAS ESTRUCTURAS
- SON MUY INCÓMODOS PARA LAS PERSONAS
- SI SON POR EXCENTRICIDAD, A LARGO PLAZO PUEDEN CAUSAR COLAPSO DE LA ESTRUCTURA, PUES SON PROGRESIVOS

H.4.10 - DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN

H.4.11 - INFORME, MEMORIAS DE CALCULO Y PLANOS

Sociedad Colombiana de Geotecnia- Propuestas para Título H de NSR22

Organiza:

Con el apoyo de:



Curso virtual: La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES”
SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA – BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018 (Durán J.E, 2018)

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS”

DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE CIMENTACIÓN PLACA-PILOTES

- La placa de cimentación y los pilotes complementarios trabajan mancomunadamente para obtener un campo de esfuerzos inducidos al suelo por la edificación más favorable para el perfil de suelo, logrando como resultado una reducción significativa de los asentamientos esperados.
- Losa y pilotes trabajan simultáneamente transmitiendo al suelo la carga de la edificación de formas distintas pero complementarias.

Organiza:



Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

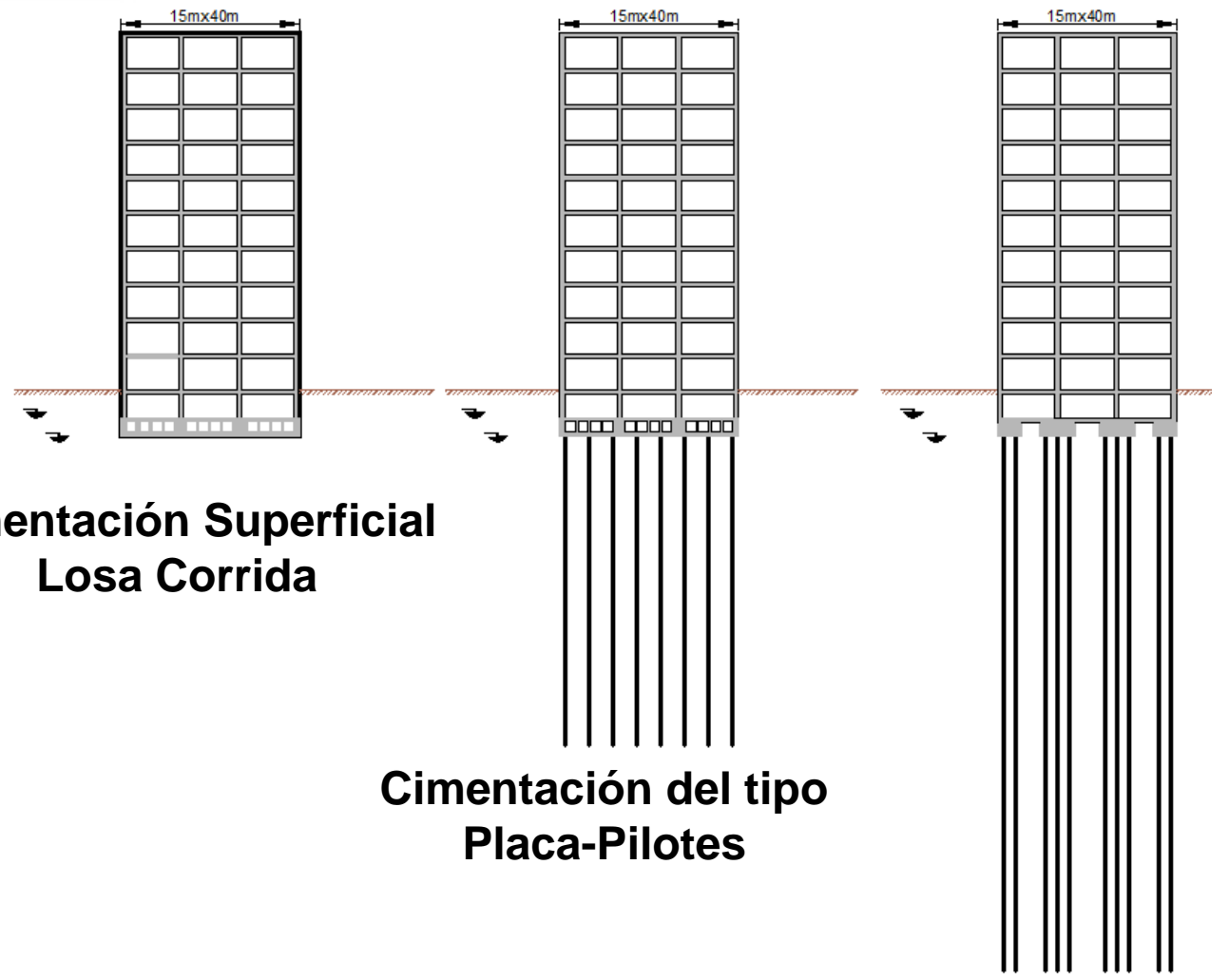
Módulo 2. **Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones**
Conferencia 4. **Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.**

Con el patrocinio de:



CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES”
SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA
– BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS”



**Cimentación Superficial
Losa Corrida**

**Cimentación del tipo
Placa-Pilotes**

**Cimentación Profunda
Pilotes de fricción**

Organiza:



Con el apoyo de:





Curso virtual: La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES”
SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA – BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018 (Durán J.E, 2018)

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS”

3. CRITERIOS USUALES PARA SU DIMENSIONAMIENTO

- Que los pilotes, trabajando a la falla, tomen el 50%, 100%, 150% o 200% de la carga no compensada por el alivio de la excavación de sótanos.
- Que los pilotes, trabajando a la falla, tomen el 90% - 100% de la carga muerta de la edificación.
- Que los pilotes, con una capacidad de carga afectada por un factor de seguridad de 1,5 – 2,0, tomen el 40% - 60% de la carga muerta más la carga viva normal.

Organiza:



Con el apoyo de:





Curso virtual: La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES” SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA – BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS”

4. FUNCIÓN FUNDAMENTAL DE LOS PILOTES COMPLEMENTARIOS

- No son para “salvar” una placa de cimentación que, sin ayuda, no tendría márgenes aceptables de seguridad ante las diferentes condiciones de carga.
- Esencialmente, son para reducir significativamente los asentamientos de la edificación, principalmente los debidos a la consolidación lenta de suelos arcillosos blandos.
- No deben llegar las puntas a tocar o penetrar en ningún estrato de alta competencia.
- La sumatoria de la capacidad última de carga de los pilotes, afectada por algún factor razonable de reducción por la pérdida de eficiencia al trabajar en grupo, debe ser menor que la sumatoria de cargas muertas más vivas normales de la edificación para que sea un verdadero sistema placa-pilotes.

Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual: La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES” SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA – BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS”

4. FUNCIÓN FUNDAMENTAL DE LOS PILOTES COMPLEMENTARIOS

- Si los pilotes complementarios, que se ponen como ayuda tienen una capacidad última, como grupo, algo superior al peso de la edificación **NO** es una verdadera cimentación del tipo Placa-Pilotes sino más bien, es una cimentación profunda de pilotes de fricción, que debería cumplir con los factores de seguridad exigidos por NSR-10 para las tres condiciones de carga consideradas en la norma (1,8, 1,4 y 1,2, respectivamente).
- En una verdadera cimentación Placa-Pilotes no se da el fenómeno de fricción negativa y siempre la placa estará en contacto con el suelo de apoyo.
- Se deben plantear, analizar y comparar varias opciones de número de pilotes y longitud de los mismos pues los asentamientos, tanto de corto como de largo plazo, son sensibles a la cantidad y muy sensibles a la longitud de los pilotes de ayuda o complementarios.

Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones

Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

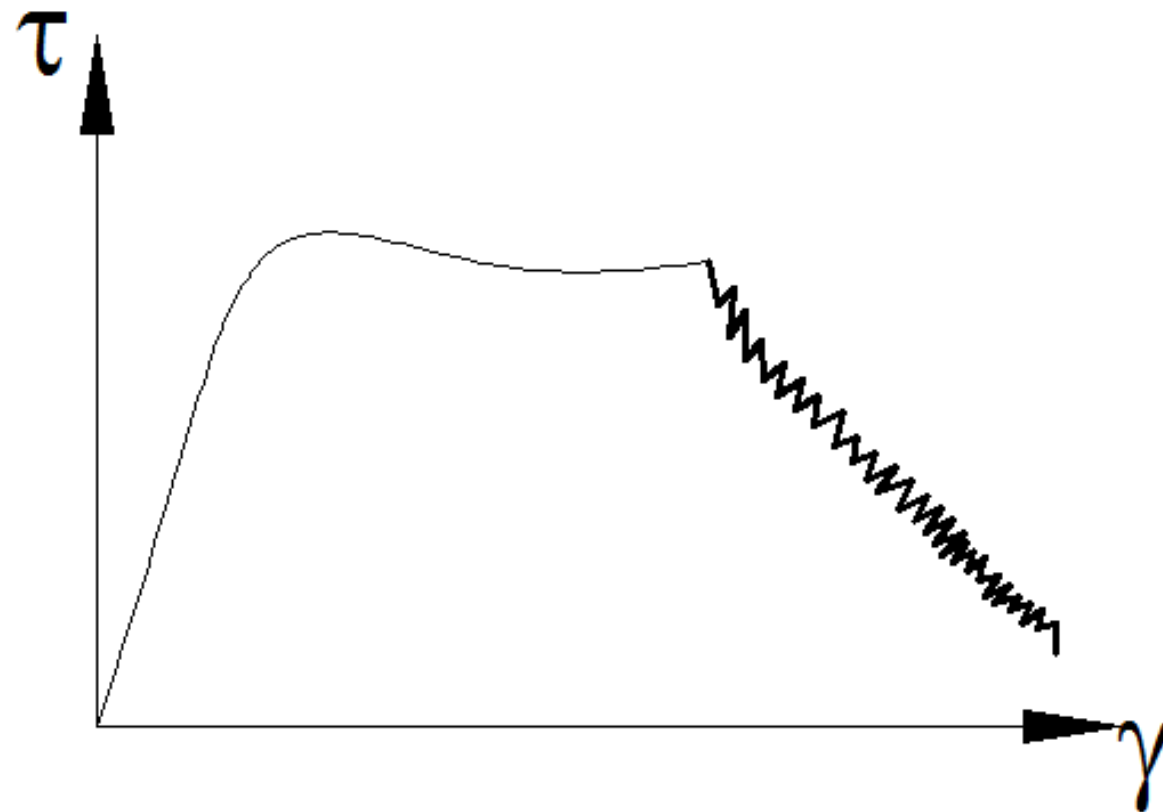
Con el patrocinio de:



CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES”
SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA – BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS” (Durán J.E, 2018)

COMPORTAMIENTO DE CIMENTACIONES TIPO PLACA-PILOTES DURANTE EL SISMO DE SEPTIEMBRE DE 1985 EN CIUDAD DE MÉXICO



DEGRADACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN DE PILOTES COMPLEMENTARIOS DURANTE EL SISMO DE SEPTIEMBRE DE 1985 – CIUDAD DE MÉXICO

Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



**CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES”
SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA – BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018**

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS” PRÁCTICA USUAL EN BOGOTÁ

- Análisis usualmente desarrollados a una cimentación placa-pilotes:
 - Capacidad de carga: Asignación de un porcentaje de 40-60% de la carga del edificio para que sea tomado, con FS del orden de 1.5 – 2.0, por los pilotes complementarios.
 - Asentamientos: No se hace normalmente un análisis comparativo de los asentamientos resultantes para varios esquemas con diferentes pilotes y con diferentes longitudes de éstos.
- Análisis que usualmente no se hacen:
 - Capacidad portante y márgenes de seguridad de la placa sola, sin la colaboración de los pilotes de ayuda, para las diferentes condiciones, y, principalmente para la condición de cargas con el sismo de diseño. (F.S.)
 - Estimación de asentamientos a corto y a largo plazo del conjunto de grupos de pilotes o del “bosque total” de pilotes complementarios.
 - Verificación y tratamiento de una eventual excentricidad de las cargas aplicadas con relación al centro geométrico de la losa de cimentación

Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual: La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



CURSO INTEGRAL DE “DISEÑO SISMO-GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES”
SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA – BOGOTÁ, MAYO 10-12 DE 2018

“DISEÑO SÍSMICO DE SISTEMAS PLACA-PILOTES EN SUELOS BLANDOS” (Durán, J.E.)

PRUEBA “ÁCIDA” O MÍNIMA PARA ACEPTAR UNA CIMENTACIÓN TIPO PLACA-PILOTES

“Capacidad portante aceptable de la placa de cimentación sin considerar el aporte de los pilotes complementarios, para la condición de cargas con el sismo de diseño”

DEBE RECORDARSE QUE EL ÚLTIMO SISMO SEVERO QUE GENERÓ GRAVES AFECTACIONES A BOGOTÁ OCURRIÓ EN 1917 (HACE CASI 105 AÑOS), POR LO CUAL NINGUNA ESTRUCTURA MAYOR DE 4 PISOS EXISTENTE EN BOGOTÁ, HA SIDO SOMETIDA A SISMOS SEVEROS QUE SE ACERQUEN A LAS SOLICITACIONES DE MÍNIMAS DE LAS NORMAS.

¿QUE COMPORTAMIENTO ESPERAMOS DE ESTOS TIPOS DE ESTRUCTURAS SI NO CUMPLEN ESTA PRUEBA “ÁCIDA” O MÍNIMA??

Organiza:



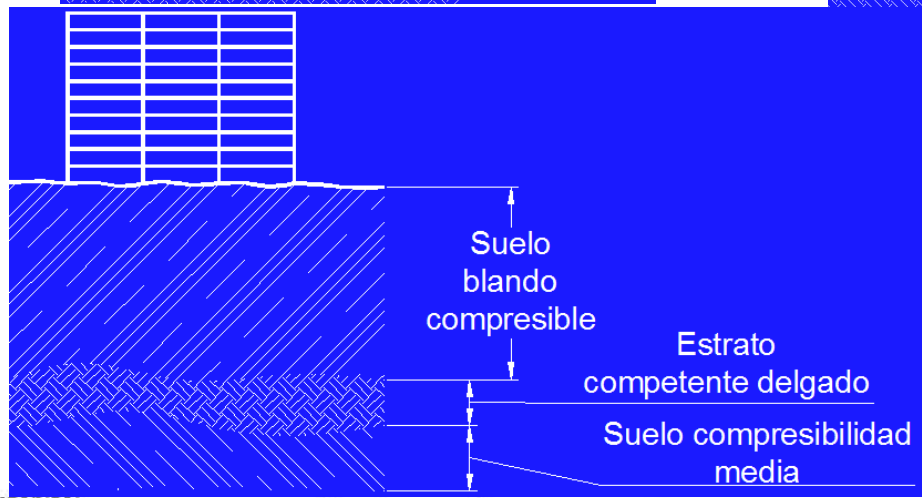
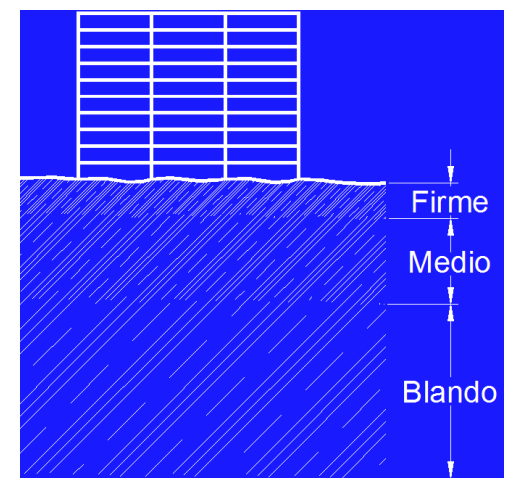
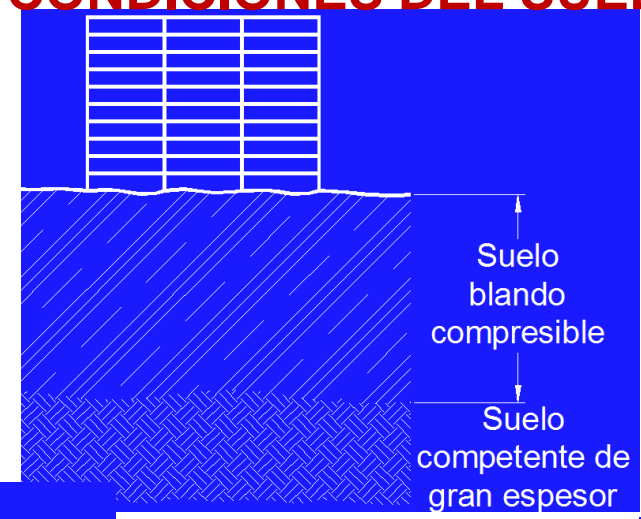
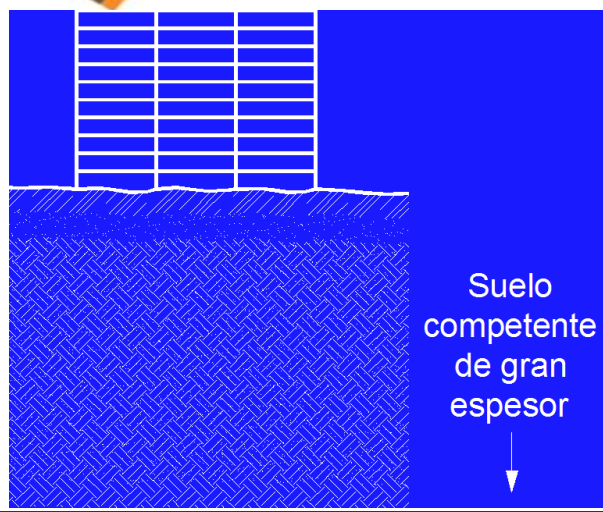
Con el apoyo de:



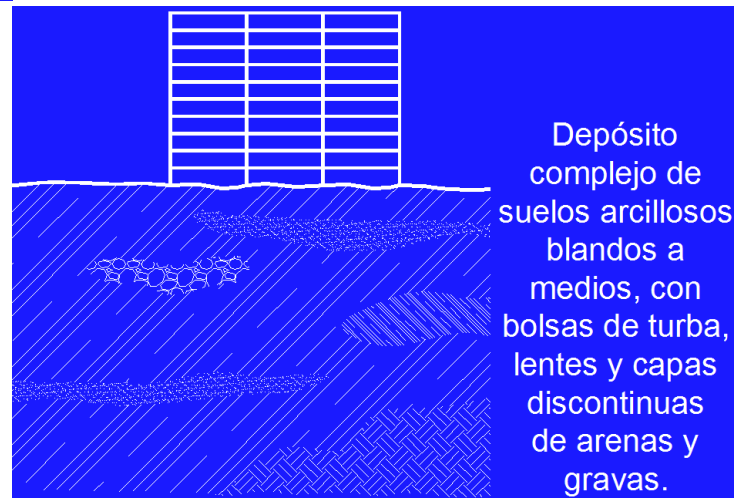


APLICABILIDAD O NO DEL EMPLEO DE PILOTES DE FRICCIÓN (Durán, J.E.)

CONDICIONES DEL SUELO



REQUIERE DE UNA COMPLETA CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN CON MÉTODOS DIRECTOS Y TOMA DE MUESTRAS, COMBINADO DE MÉTODOS INDIRECTOS SUBSUPERFICIALES Y SUPERFICIALES



Organiza:

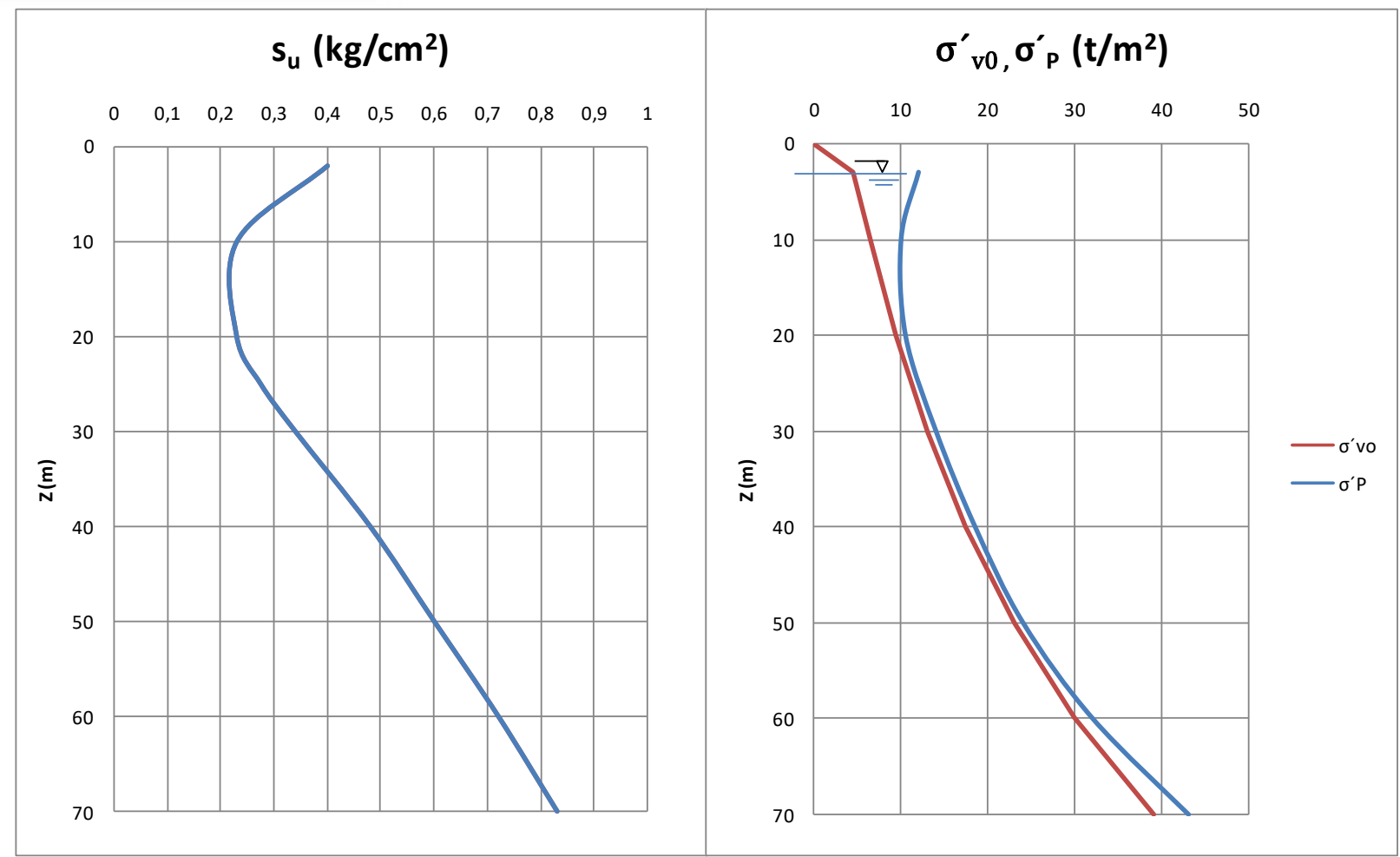
Con el apoyo de:





2. APLICABILIDAD DE PILOTES DE FRICCIÓN

PERFIL DE SUELO TÍPICO



EL PERFIL DE SUELO CORRESPONDE A ESTRATOS CON VARIACIÓN PERMANENTE DE RESISTENCIA Y COMPRESIBILIDAD, POR LO CUAL **NO DEBE** CONSIDERARSE COMO UN PERFIL DE UNA O DOS CAPAS CON COMPORTAMIENTO SIMILAR HASTA 70M.

Organiza:



Con el apoyo de:





CAPACIDAD ÚLTIMA DE CARGA POR FRICCIÓN DE UN PILOTE AISLADO

$$F_U = \int f_{uz} dA$$

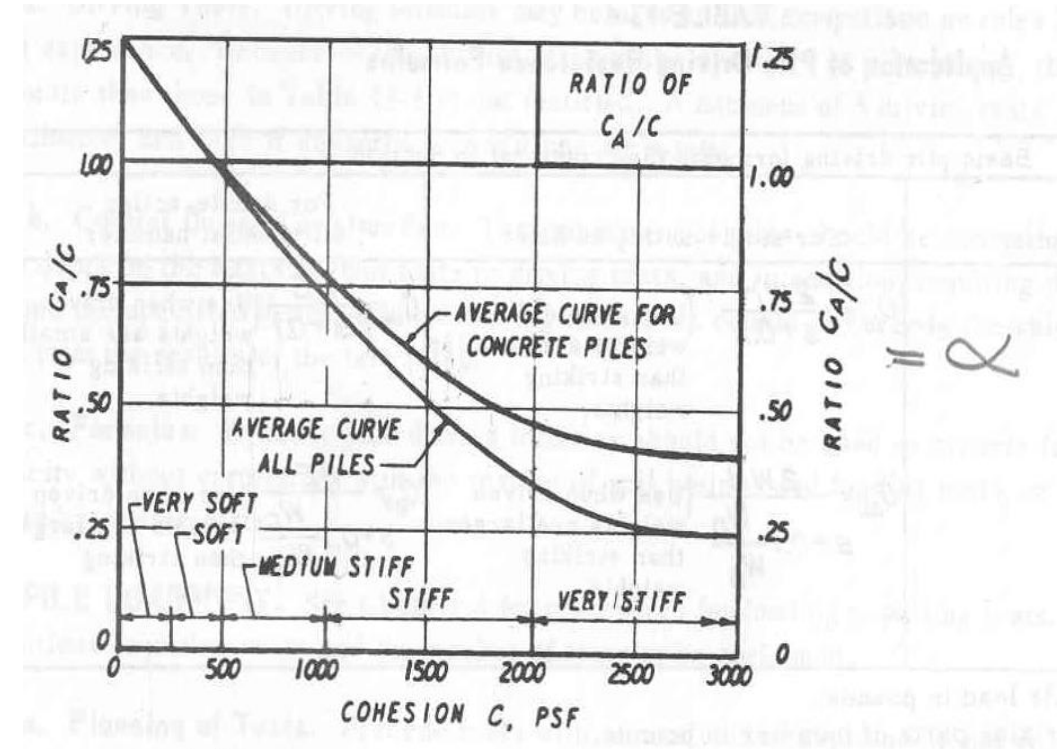
$$F_U = \int f_{uz} (\text{perímetro}) dz$$

MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE f_{uz}

Método α : $f_{uz} = \alpha_z s_{uz}$

Método β : $f_{uz} = \beta \sigma'_{vz}$

Método λ : $f_{u \text{ promedio}} = \lambda (\sigma'_{v \text{ promedio}} + 2 s_u \text{ promedio})$





CAPACIDAD ÚLTIMA DE CARGA POR PUNTA DE UN PILOTE AISLADO

$$Q_{pu} = A_p q_{pu}$$

$$q_{pu} = s_{ub} N_c + \sigma_{vb}$$

s_{ub} : Resistencia al corte no drenado cerca de la base con promedio de 6B hacia arriba y 4B hacia abajo de la punta.

σ_{vb} : Esfuerzo vertical total a nivel de la base o punta.

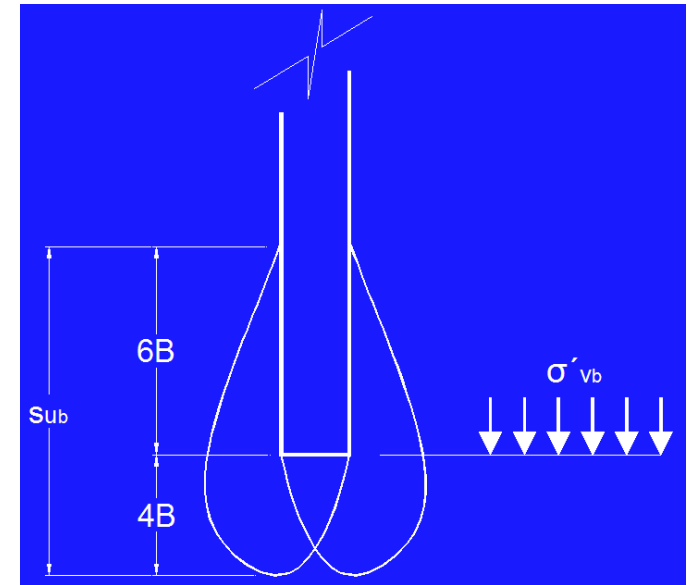
N_c : Factor de capacidad

$N_c = 9 \rightarrow$ Para pilotes de sección cuadrada o circular si $L \geq 4B$

$$Q_{ui} = F_{ui} + Q_{pui}$$

$$F_{ui} = \int f_{uz} * dA$$

$$Q_{pu} = A_p q_{pu}$$



No hay simultaneidad en la llegada a la falla por fricción con la llegada a la falla por punta.

Hay peligro de perder gran parte de la capacidad última de fricción cuando se esté llegando a la carga de falla por punta en suelos arcillosos sensitivos.

Sin embargo, en casos reales de pilotes de fricción en suelos blandos, la capacidad de punta es una proporción muy pequeña con relación a la capacidad por fricción.

Organiza:

Con el apoyo de:





CAPACIDAD ÚLTIMA TOTAL DE CARGA DE GRUPOS DE PILOTES

REVISIÓN QUE DEBE HACERSE PARA TOMAR EL MENOR DE LOS DOS VALORES:

$$1) Q_{u\ gr} = \eta \sum Q_{ui}$$

η : eficiencia

$\eta = 2/3$ para más de 16 pilotes y $s = 3B$

$\eta = 1.0$ si $s = 8B$.

$\eta = 2/3$ a 1.0 si $s = 3B$ a $8B$

Para menos de 16 pilotes aplicar la técnica de Feld: cada pilote pierde 1/16 de su capacidad por cada pilote vecino que tenga a una distancia del orden de 3B.

No. Pilotes	Eficiencia (η)
2	0,94
3	0,88
4	0,81
5	0,80
7	0,78
9	0,72
16	0,67

Esto, para una separación del orden de 3B. Para $s = 8B$ o mayor $\eta = 1$. Para s entre 3B y 8B aplicar interpolación lineal.



CAPACIDAD ÚLTIMA TOTAL DE CARGA DE GRUPOS DE PILOTES

REVISIÓN QUE DEBE HACERSE PARA TOMAR EL MENOR VALOR DE LOS DOS (Continuación):

2) Pila equivalente: $Q_{u\ peq} = Q_{ub} + F_{u\ peq}$

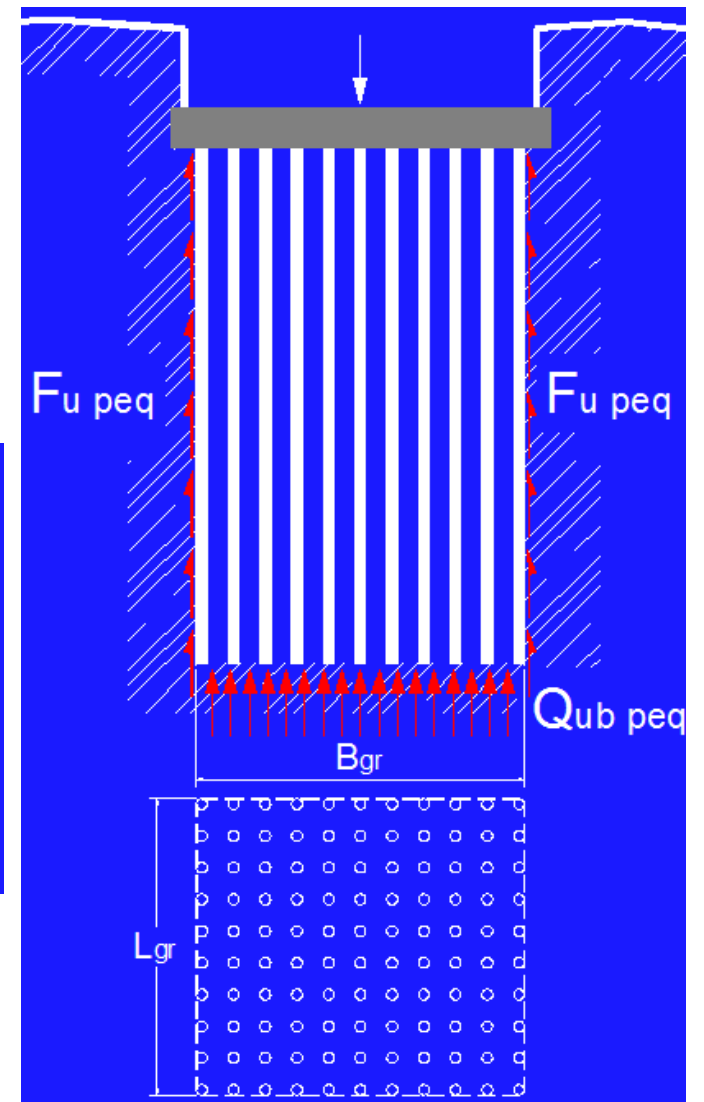
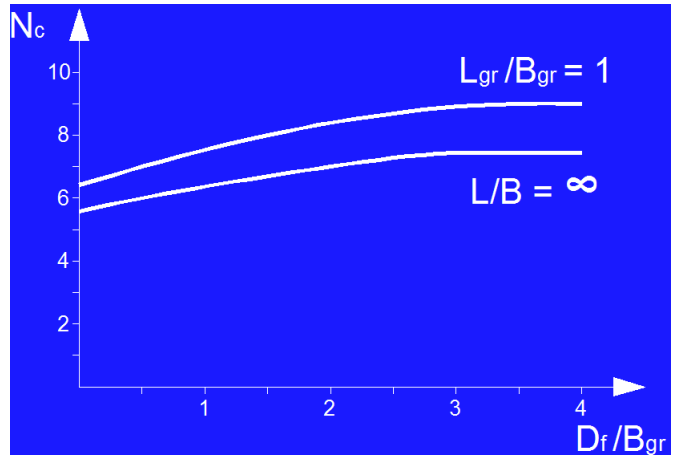
$$Q_{ub} = A_{b\ peq} q_{ub\ peq}$$

$$q_{ub\ peq} = s_{ub} N_c + \sigma_{vb}$$

$$N_c = f(L_p/B_{gr}, L_{gr}/B_{gr})$$

$$F_{u\ peq} = \int s_{uz} 2(B_{gr} + L_{gr}) dz$$

GENERA FALLA COMO BLOQUE





FACTORES DE SEGURIDAD

Condición de servicio	F.S. _{DB} (no drenado)	F.S. _{DB} (drenado)
Carga Muerta + Carga Viva Normal (CM + CVN)	1,8	1,5
Carga Muerta + Carga Viva Máxima Extraordinaria (CM + CVME)	1,4	1,25
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo (CM + CVN +S)	1,2	1,10

EN LA NORMA NSR - 10

- **Fricción:** debe respetar **F.S._{DB}** aplicado a los parámetros ($s_u, c', tg\phi'$)
- **Punta:** debe respetar **F.S._{DB}** y **F.S._{Indirecto}** :
 - F.S._{Indirecto} = 3.0** → Carga Muerta + Carga Viva Normal
 - F.S._{Indirecto} = 2.5** → Carga Muerta + Carga Viva Máxima Extraordinaria
 - F.S._{Indirecto} = 1.5** → Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sisimo

Organiza:



Con el apoyo de:





10. ASENTAMIENTOS DE GRUPOS DE PILOTES DE FRICCIÓN

- Asentamiento total

- $S_T = S_i + S_{cp}$

- Asentamiento inmediato, S_i :

Considerando $W_{CM+CVM} \rightarrow S_i = A_1 A_2 qB/E_U$ (Janbú, 1956)

$$B = B^*$$

$$q = Q_{gr} / B^*L^*$$

A_1 y A_2 : factores en función de H/B^* , L^*/B^* , D/B^*

Organiza:

Con el apoyo de:



ASENTAMIENTOS DE GRUPOS DE PILOTES DE FRICCIÓN

•Asentamiento total (continuación)

- Asentamiento por consolidación primaria, S_{cp} :

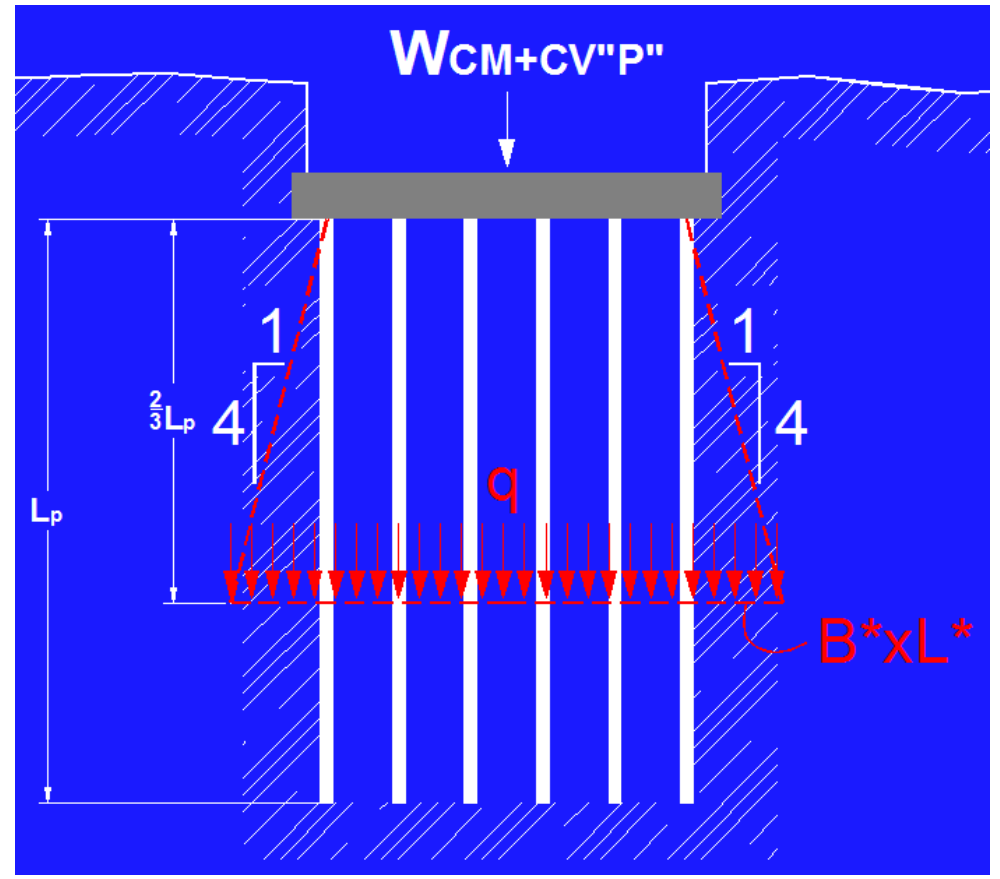
$$S_{cp} = f(\Delta\sigma, \sigma'_{v0}, \sigma'_p, e_0, c_r, c_c)$$

Aplicar corrección λ por tridimensionalidad

Considerando $W_{CM+CV''P''}$

$$q = W_{CM+CV''P''} / B^*L^*$$

Terzaghi original:



DEBEN VERIFICARSE LOS ASENTAMIENTOS HASTA LA PROFUNDIDAD DE INFLUENCIA DEL SISTEMA PLACA-PILOTES PARA OBTENER VALORES REALES
NO SE ANALIZA EN MUCHOS DE LOS DISEÑOS Y SE GENERA UN ALTO RIESGO DE PROBLEMAS POR DEFORMACIONES EXCESIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO DE LAS EDIFICACIONES

Organiza:



Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



EJEMPLOS DE USO DE MODELACIÓN NUMÉRICA EN ANÁLISIS DE CIMENTACIONES

Organiza:



Con el apoyo de:





MODELACIÓN NUMÉRICA PARA REVISIÓN DE ESTABILIDAD DE EXCAVACIÓN DE SÓTANOS EN EDIFICIO EN EL NORTE DE BOGOTÁ

Etapa 2: Excavación hasta el segundo nivel y fundición de la placa puntal



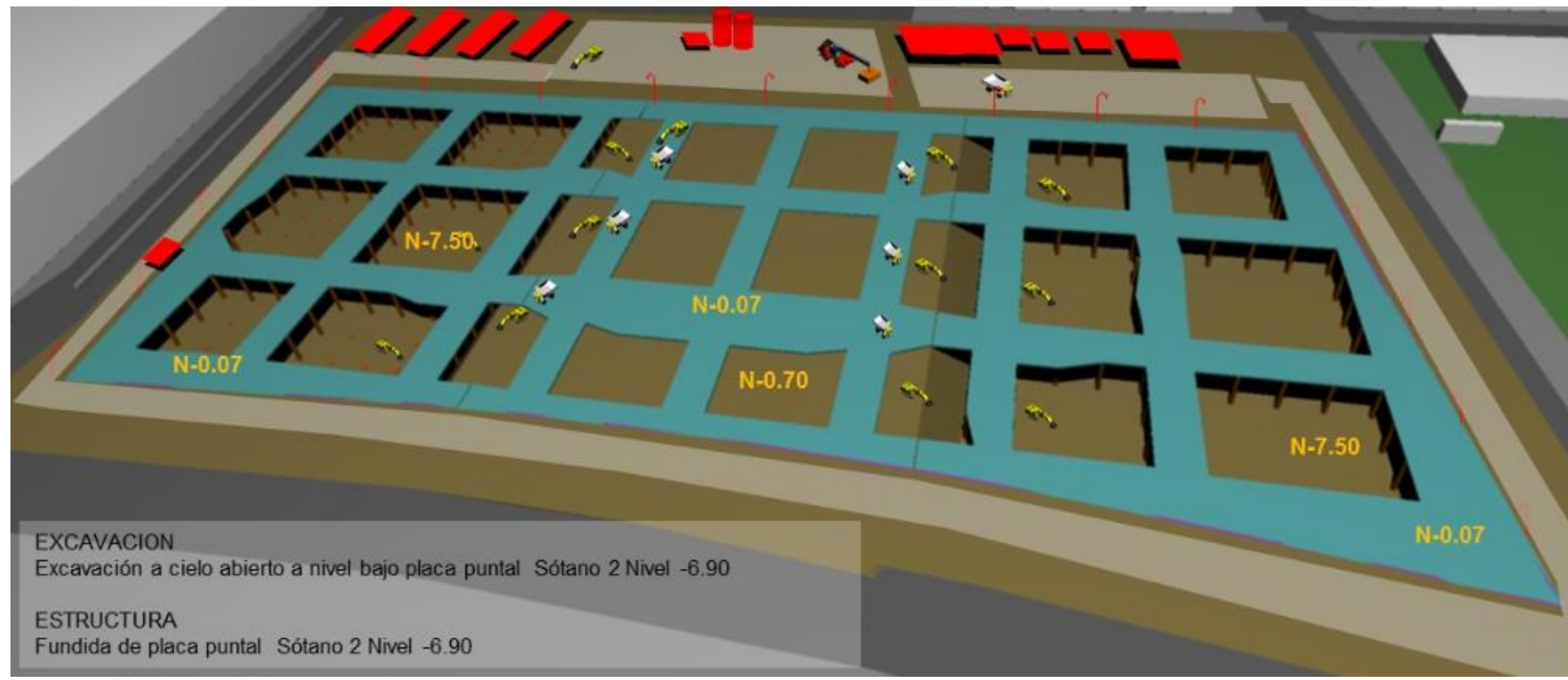
Organiza:





SISTEMA CONSTRUCTIVO

Etapa 3: Excavación a los costados del nivel 2 y fundición de las placas (nivel máximo excavado 7.50 m de excavación)



Organiza:

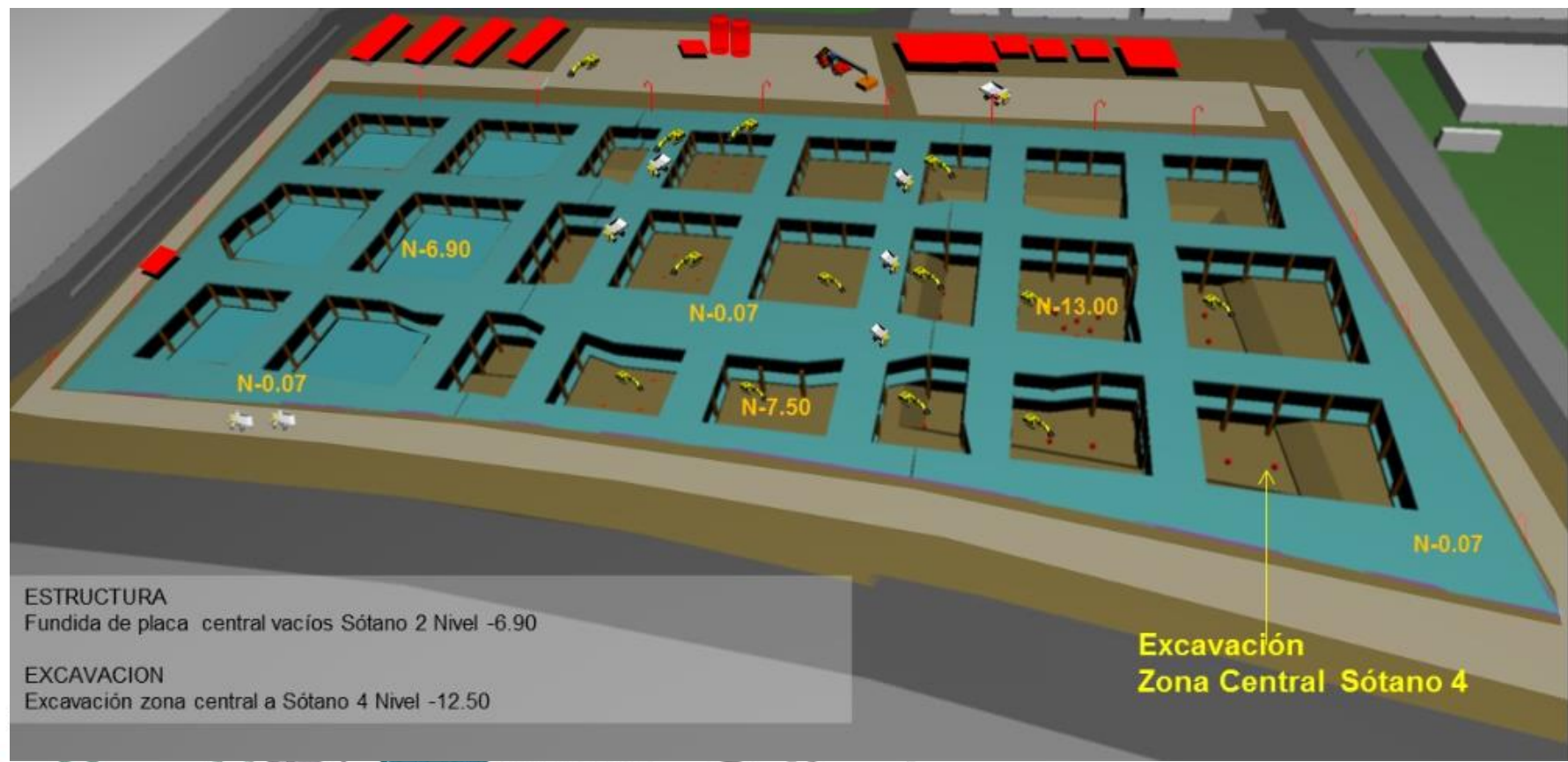
Con el apoyo de:





SISTEMA CONSTRUCTIVO

Etapa 4: Excavación central del sótano y fundición de la placa central



Organiza:





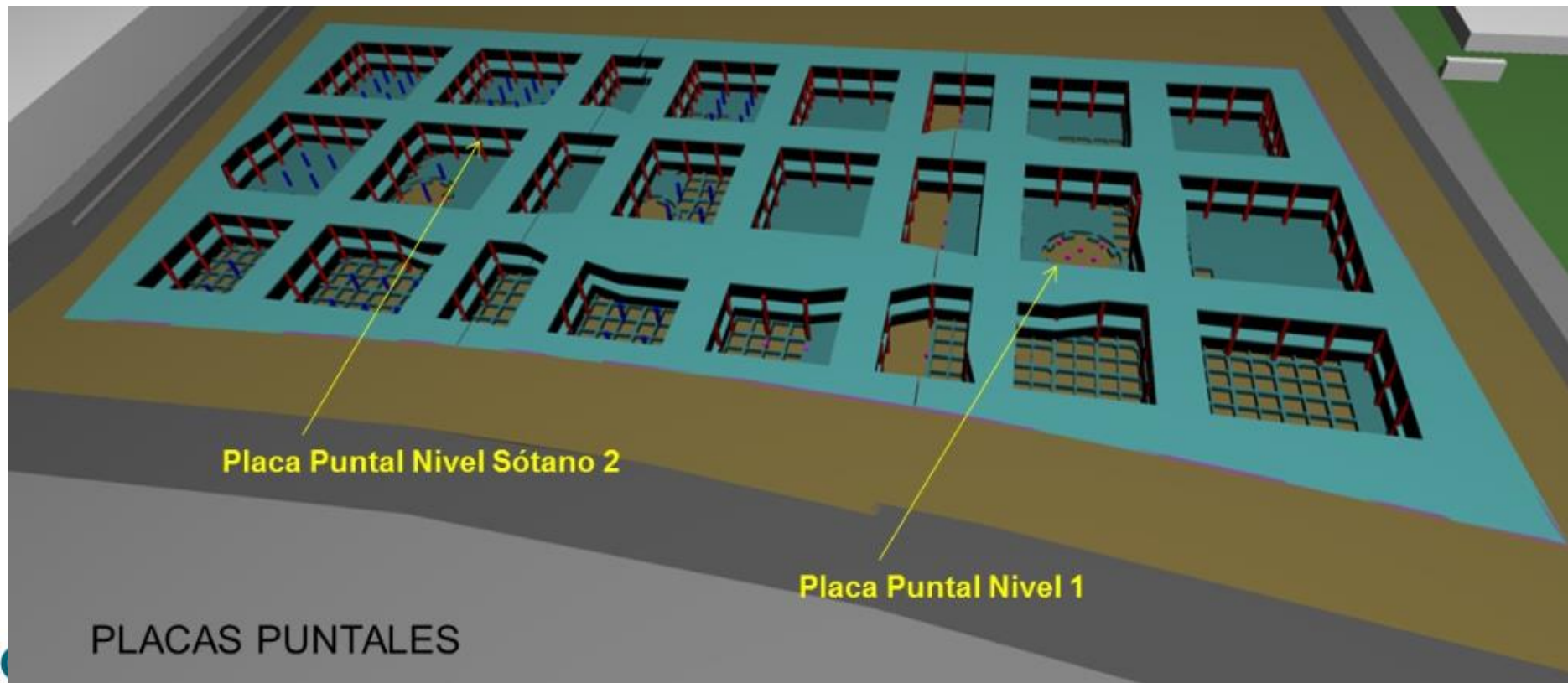
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 5: **Supervisión técnica y Supervisión técnica de cimentaciones**
a de la exploración y caracterización geotécnica
recta modelación numérica de cimentaciones.



SISTEMA CONSTRUCTIVO

Etapa 5: Se repite Etapa 3 y 4 hasta alcanzar los 14.0 m de excavación.



Organiza:



Federación de Aseguradores Colombianos

LABORATORIO DEL CONCRETO

LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN



Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones

Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



INGENIERIA Y GEORIEGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

EXCAVACIÓN NW DE BOGOTÁ



Organiza:



Con el apoyo de:



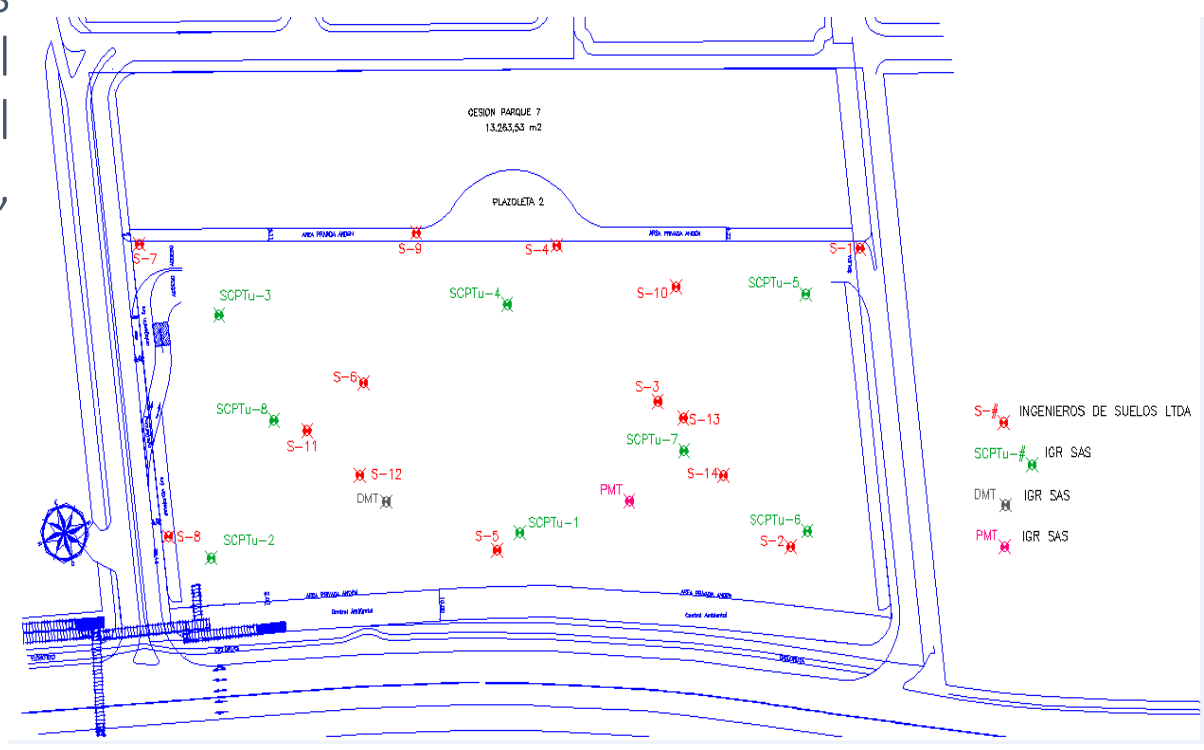
LA REVISTA DE LA TÉCNICA Y LA CONSTRUCCIÓN



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Se realizaron sobre suelos arcillosos y limosos los diferentes técnicas de exploración los cuales fueron empleadas para elaborar un perfil estratigráfico detallado, esta información es vital como dato de entrada de los modelos realizados, la exploración consistió en:

- 8 CPTu (30,0 m – 42,0 m)
- 1 DMT (42,0 m)
- 1 PMT (30,6 m)
- 1 VST (30,0 m)
- 16 Perforaciones convencionales (30,0 m – 70,0 m)



Organiza:



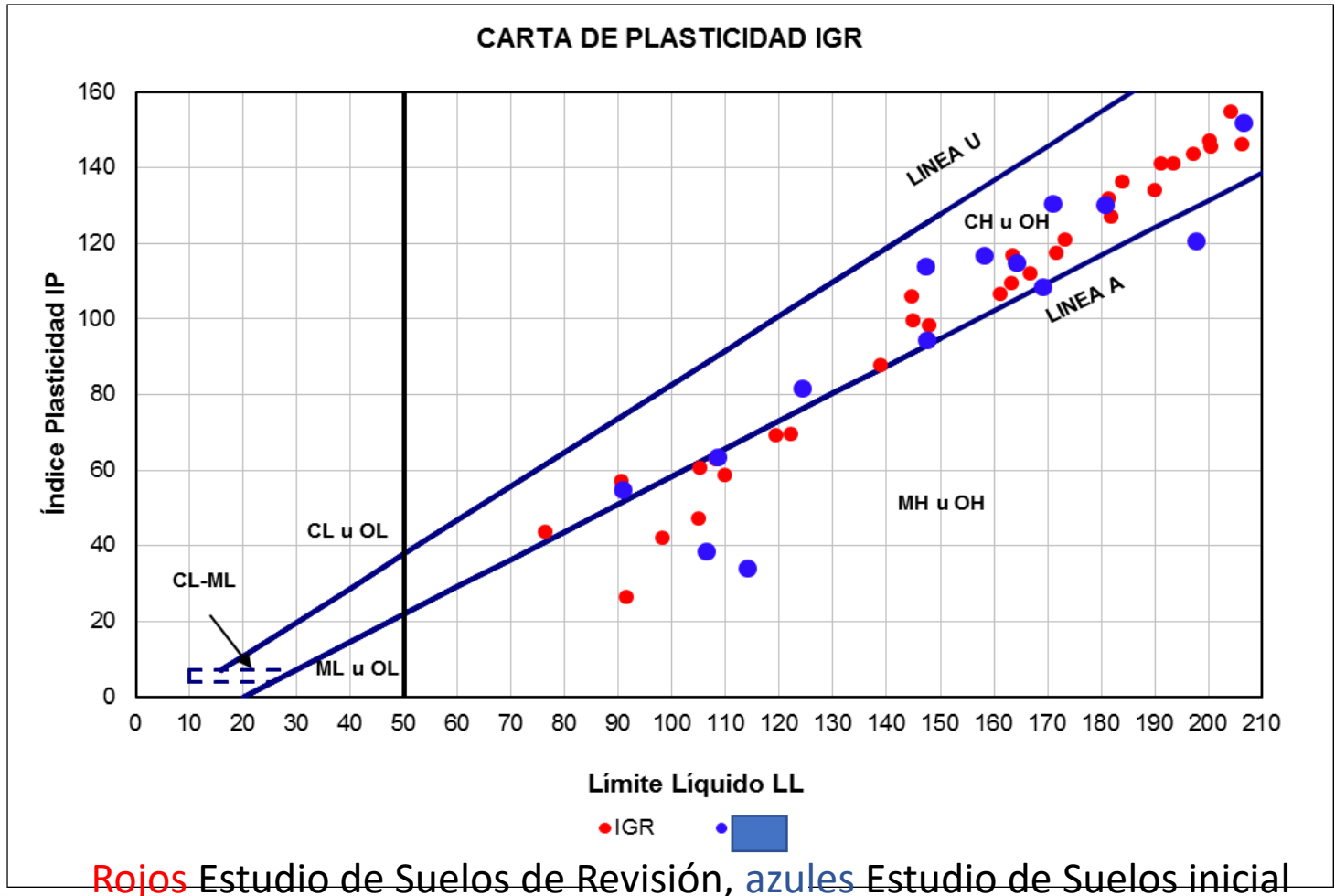
Con el apoyo de:





INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA



Rojos Estudio de Suelos de Revisión, **azules** Estudio de Suelos inicial

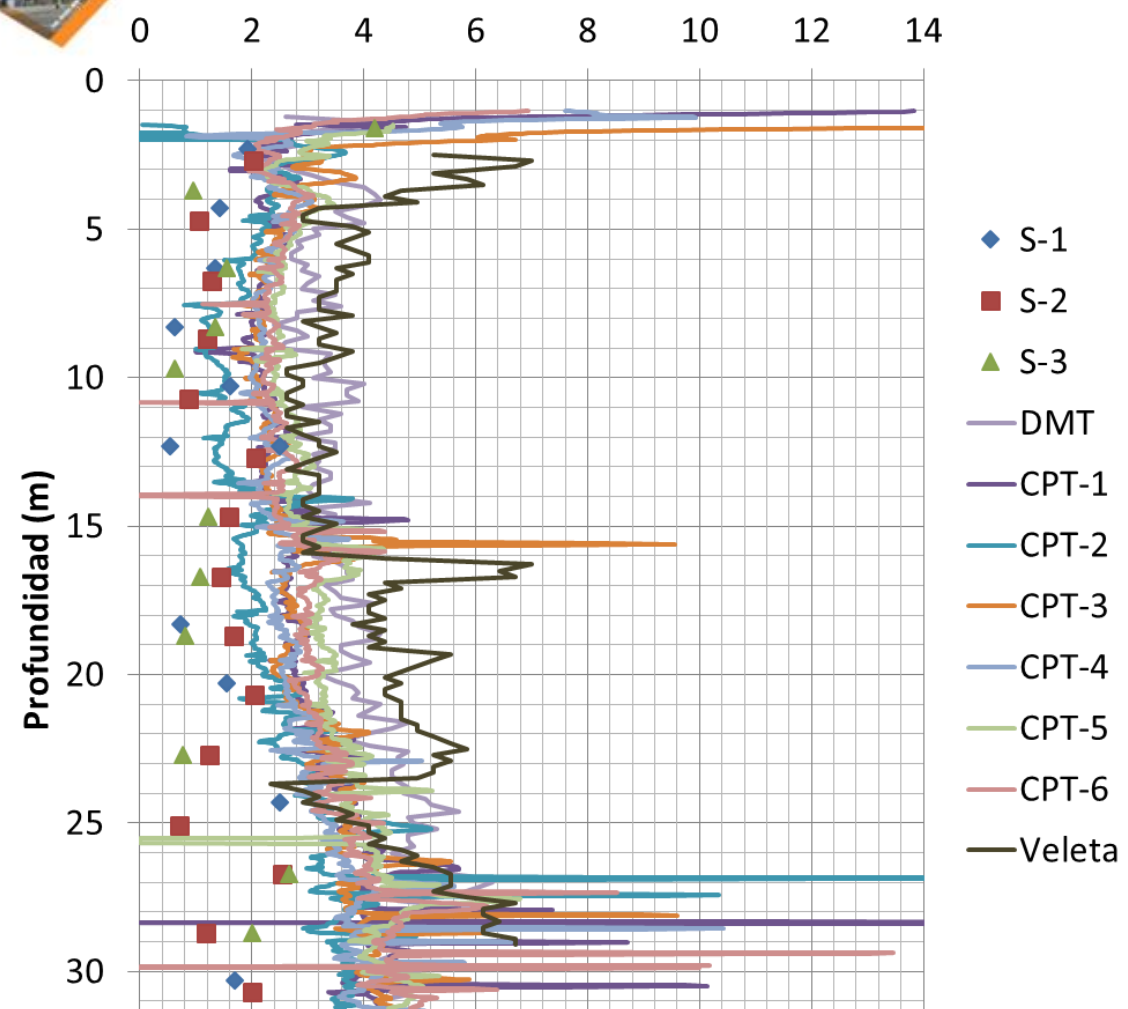
Organiza:

Con el apoyo de:

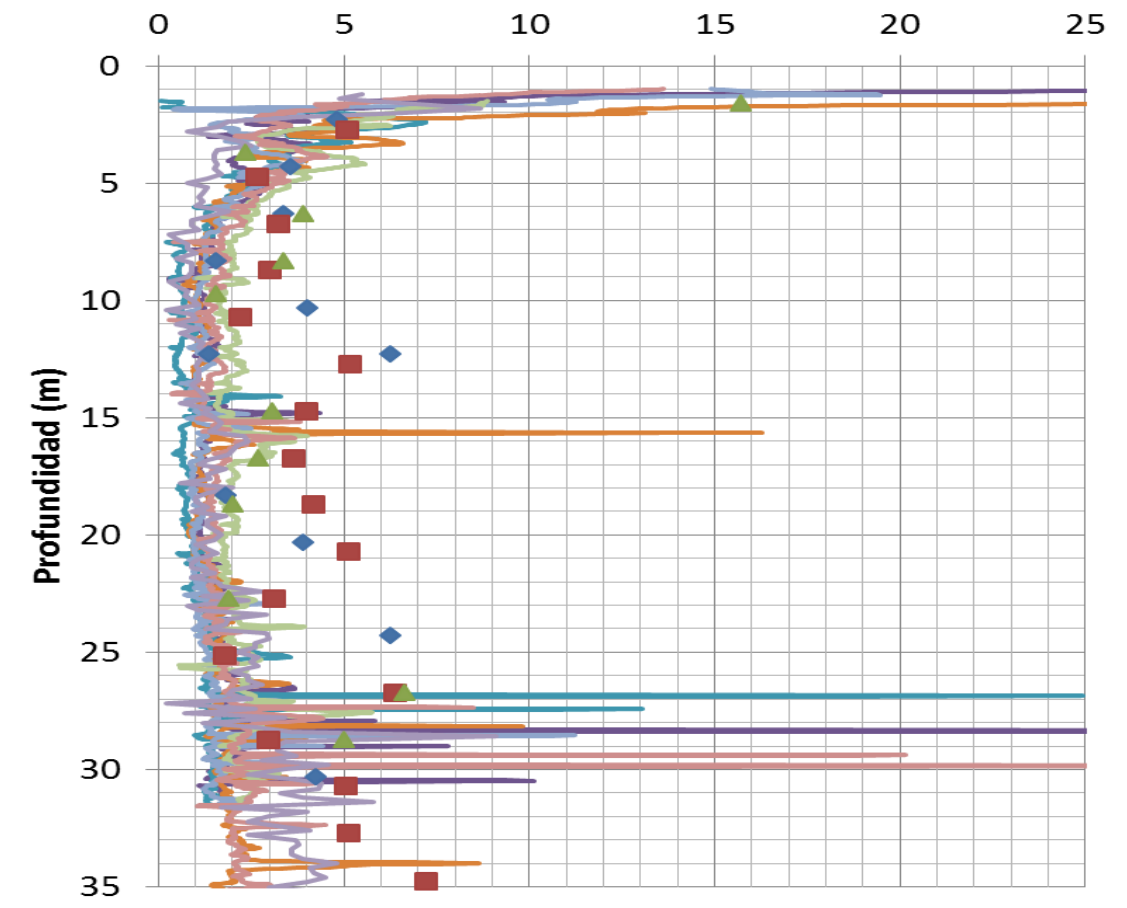




Resistencia al corte no drenado, S_u (t/m²)



Módulo de Elasticidad (MPa)



Organiza:

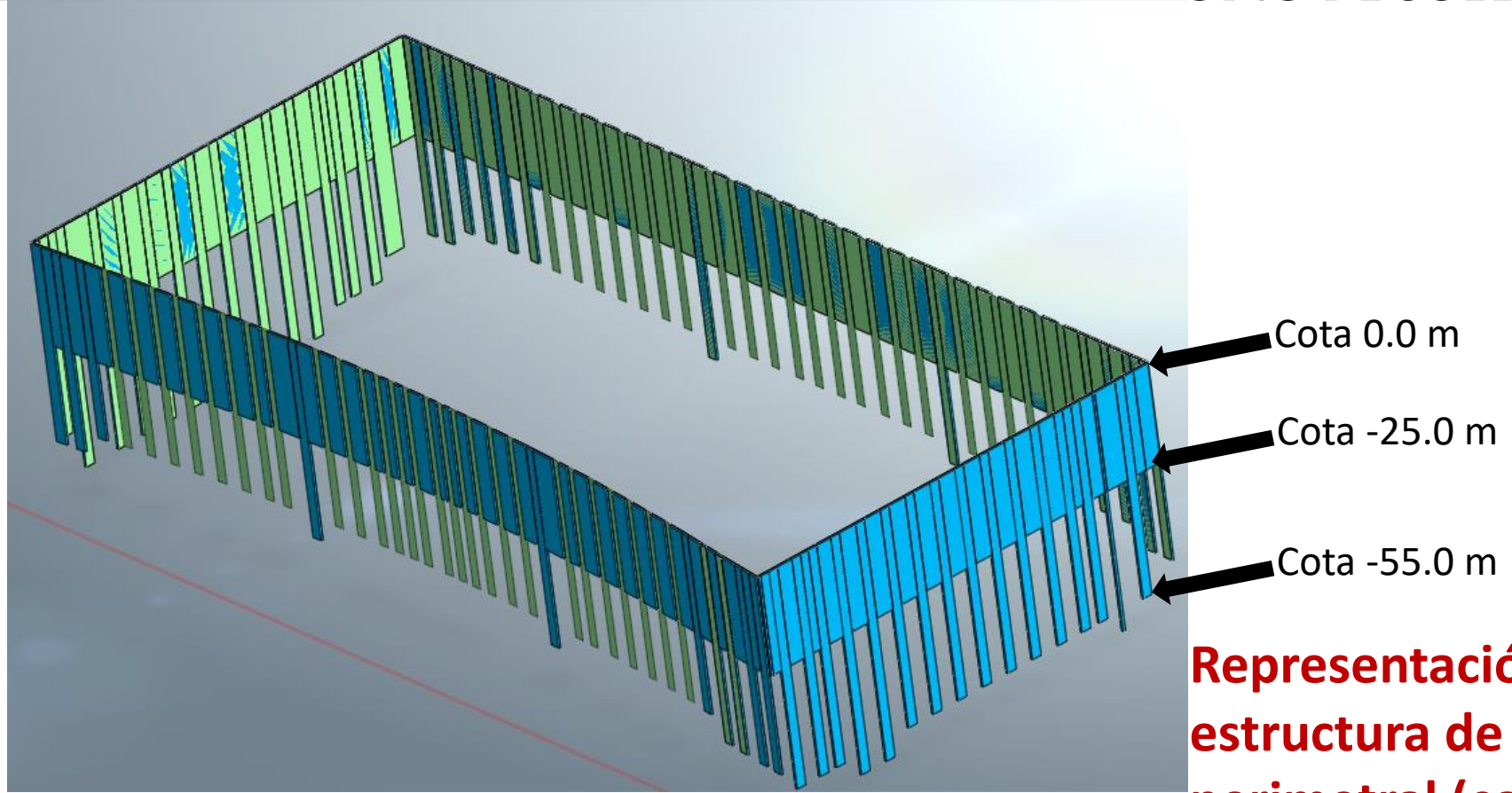


RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ADICIONAL



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

GEOMETRÍA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN - ESTUDIO DE SUELOS



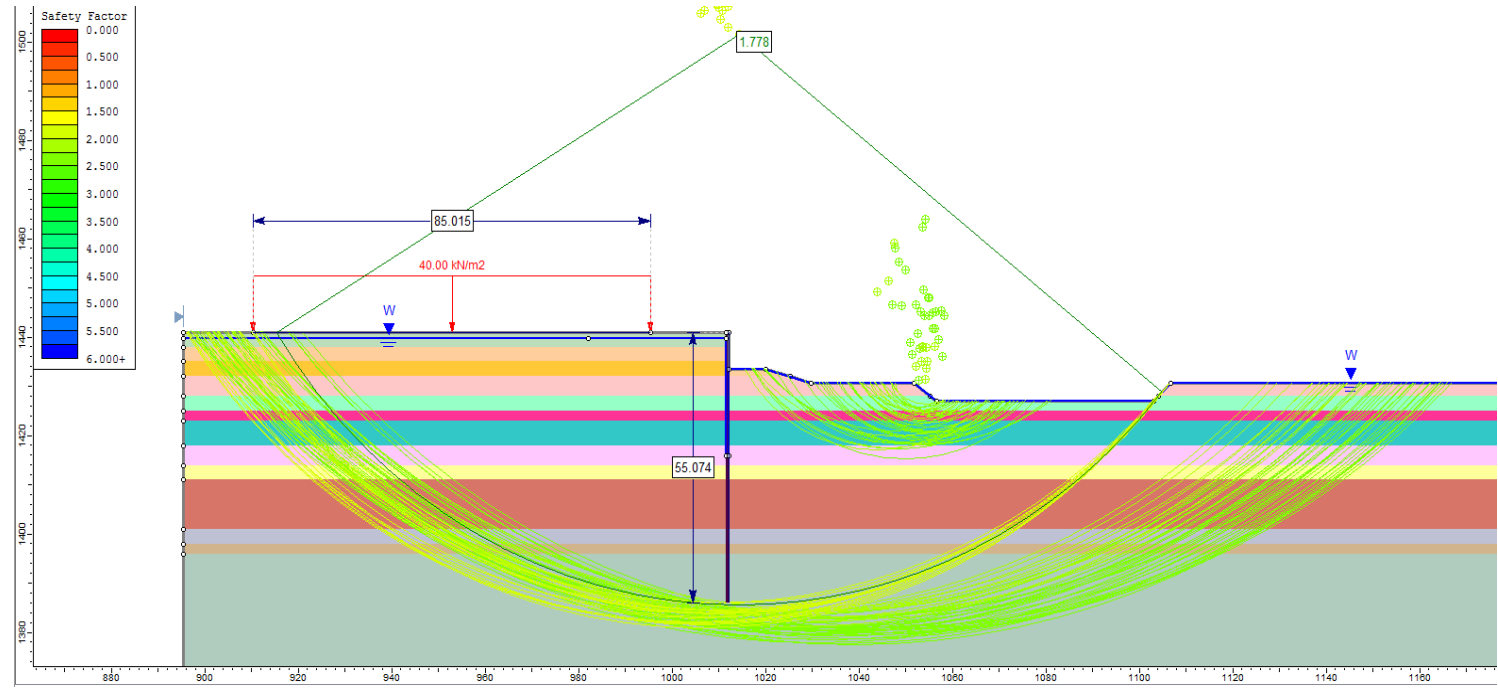
Representación real de la estructura de contención perimetral (combinación de pantallas y barretes alternados)



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

LIMITACIONES DE LOS MODELOS DE EQUILIBRIO LÍMITE 2D (SLIDE)

SIMULACIÓN CONSIDERANDO LOS BARRETES



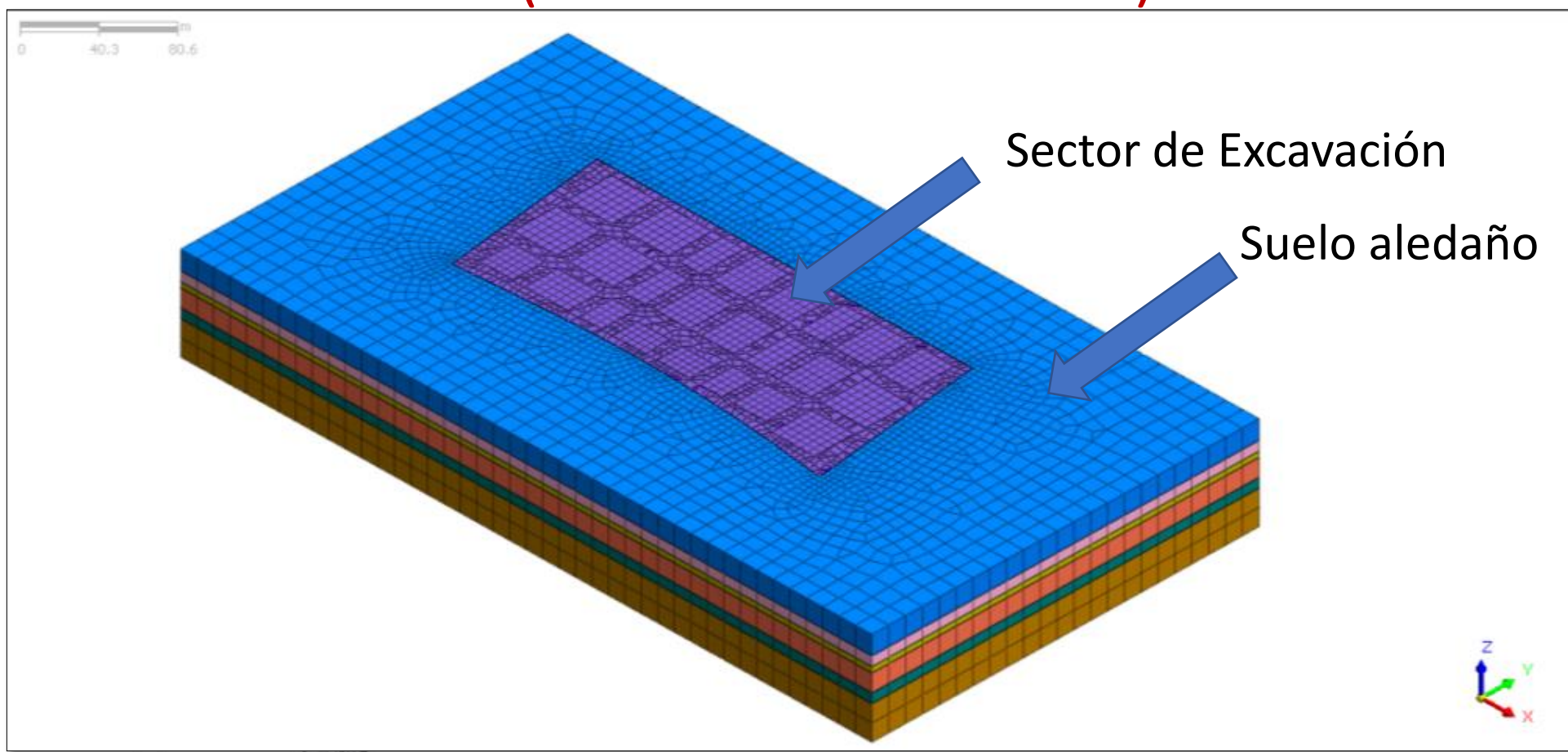
Factor de seguridad (FS = 1.77) en condición estática para **pantalla y barretes de 55 m**, Perfil y parámetros de resistencia de ensayos CPTu.

LIMITACIONES: NO ANALIZA LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES GENERADAS EN EL SUELO, PANTALLA Y BARRETES !!!!!!! EL MODELO 2D NO REPRESENTA COMPLETAMENTE LA GEOMETRÍA PROBLEMA



INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

MALLA DE ELEMENTOS FINITOS – PROGRAMA MIDAS 3D (Modelo Mohr - Coulomb)

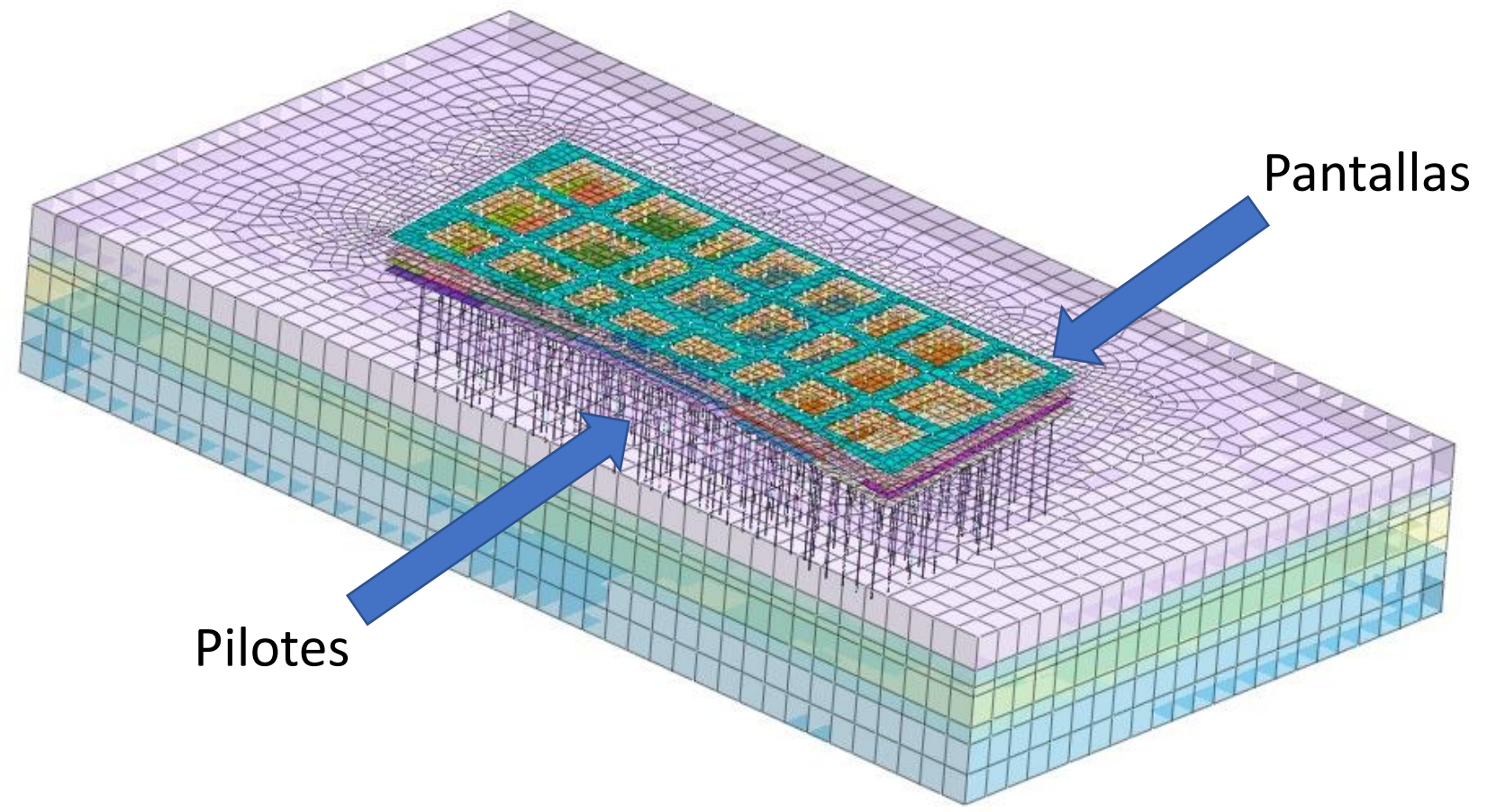


Organiza:





DETALLE DE LA EXCAVACIÓN Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES (PANTALLAS, BARRETES Y PILOTES)



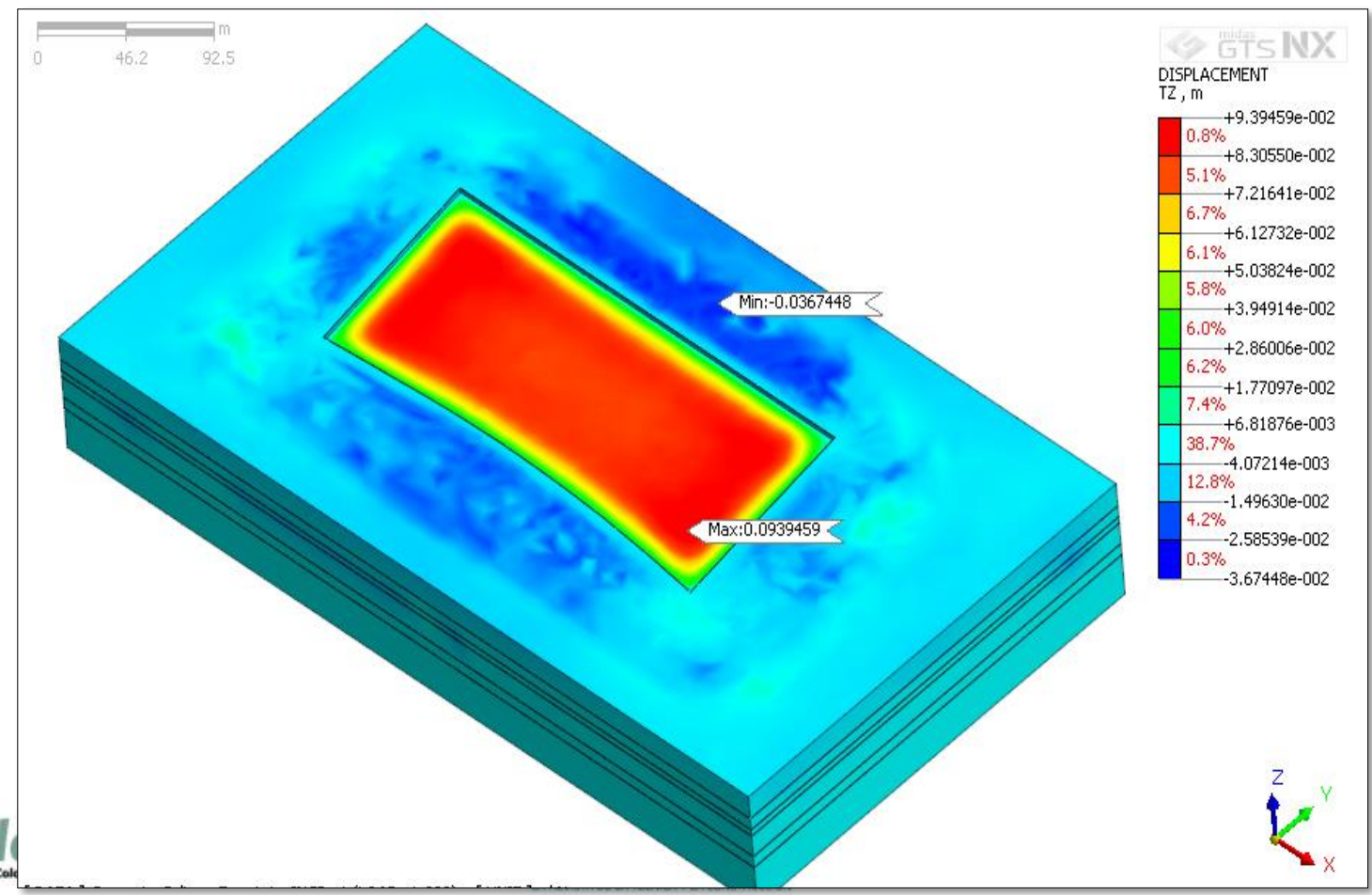
Organiza:





ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 2: Vista Isométrica de desplazamientos verticales en Z





Curso virtual:

La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Con el patrocinio de:



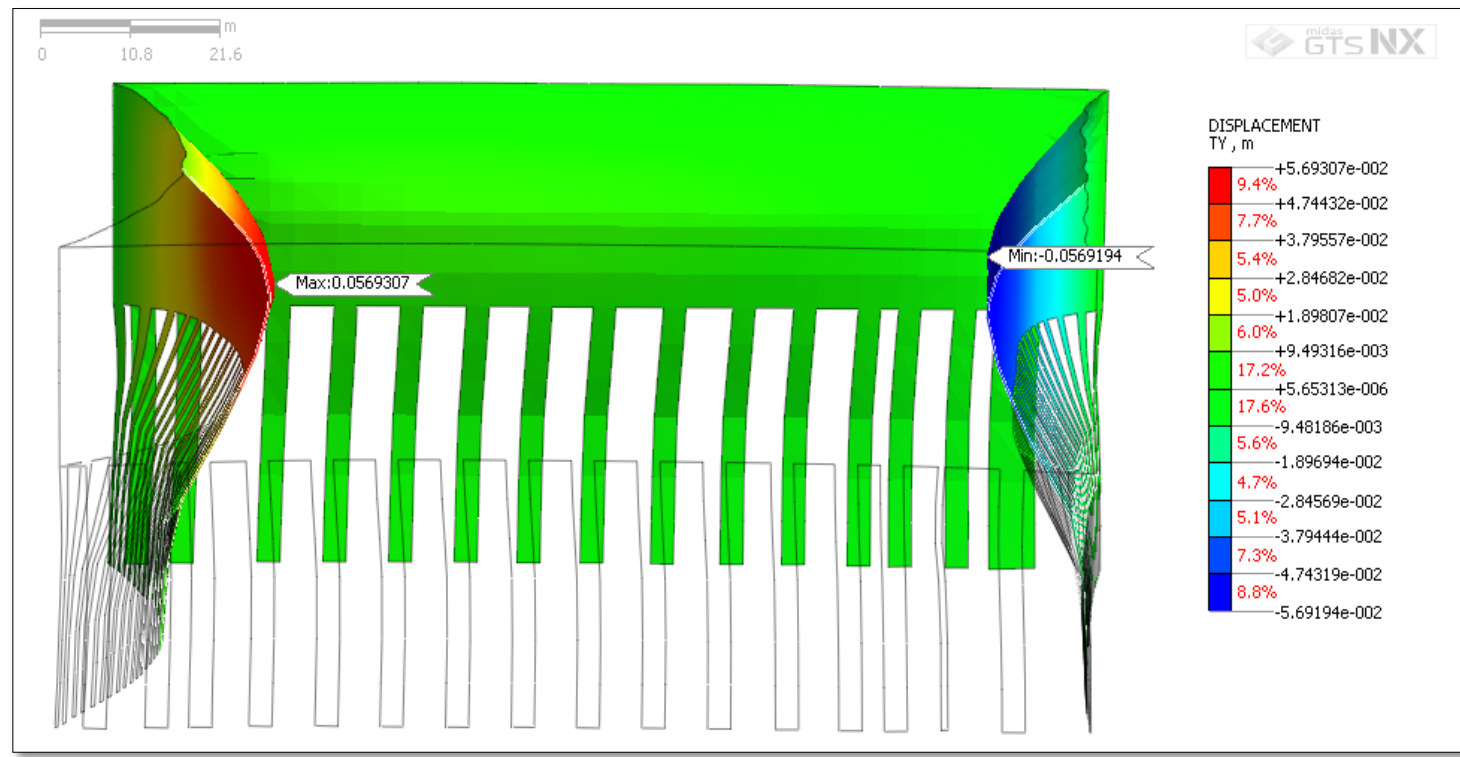
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 2: Supervisión técnica y Supervisión técnica de cimentaciones
de la exploración y caracterización geotécnica
correcta modelación numérica de cimentaciones.



ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 2: Deformada de las pantalla - barretes



Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual:

La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Con el patrocinio de:



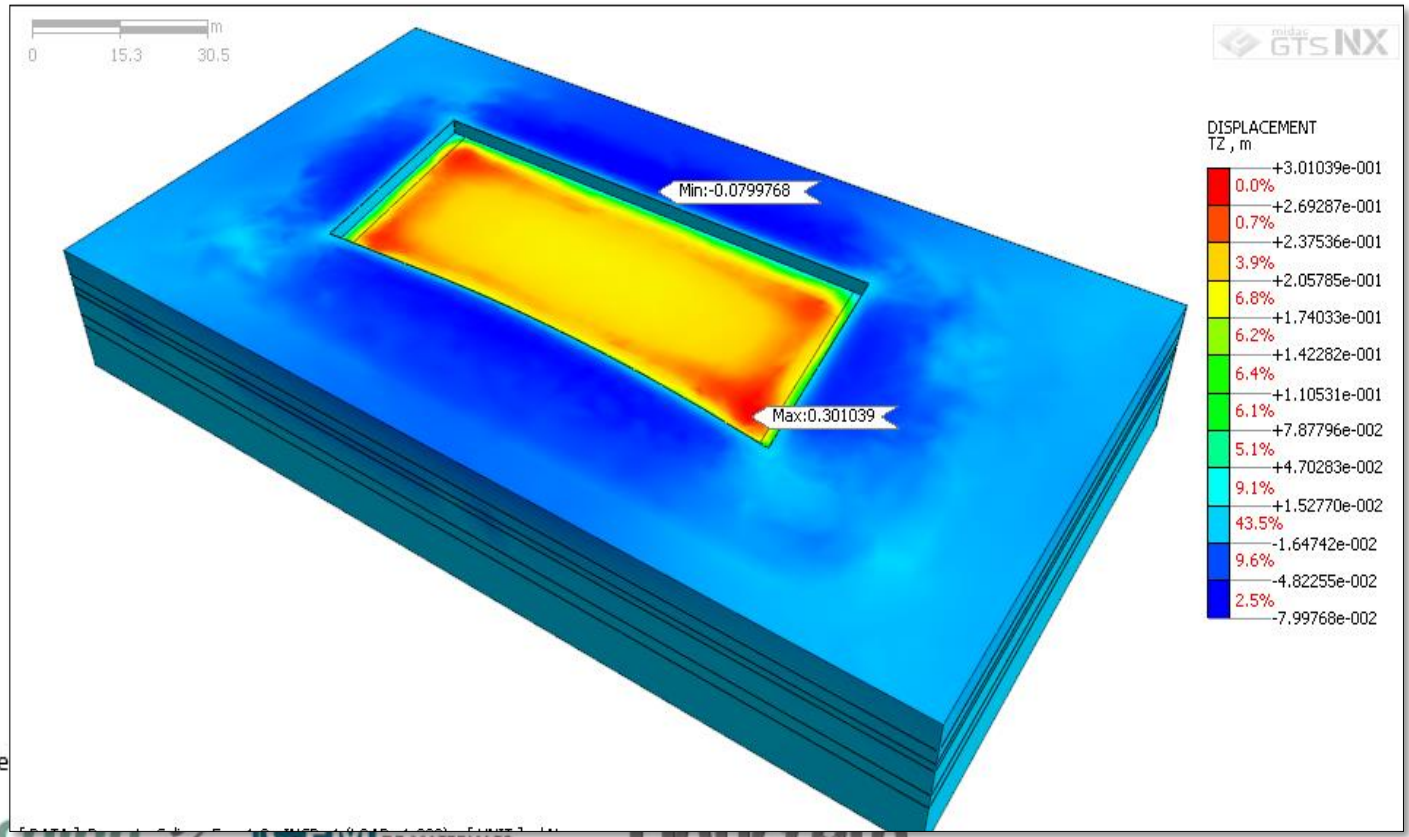
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 3: Supervisión técnica y Supervisión técnica de cimentaciones
a de la exploración y caracterización geotécnica
correcta modelación numérica de cimentaciones.



ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 3: Vista Isométrica de desplazamientos en Z.



Organiza:



Con el apoyo de





Curso virtual:

La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Con el patrocinio de:



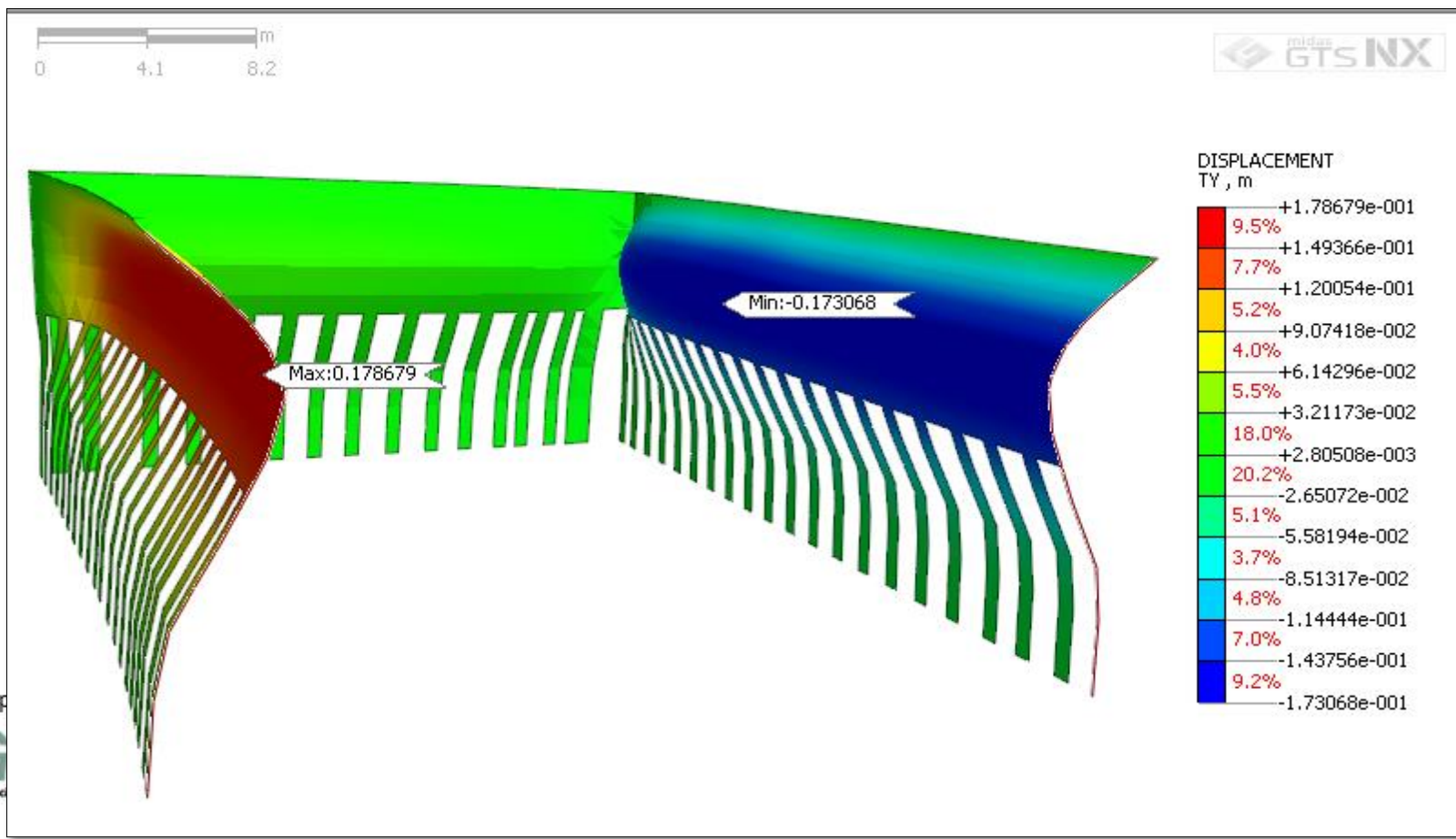
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 3: Análisis de deformaciones y Supervisión técnica de cimentaciones
a de la exploración y caracterización geotécnica
correcta modelación numérica de cimentaciones.



ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 3: Deformada de las pantalla-barretes, durante la ejecución de la excavación. Se midieron las **deformaciones con inclinómetros de hasta 16.0 cm.**



Organiza:



Con el ap





Curso virtual:

La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Con el patrocinio de:



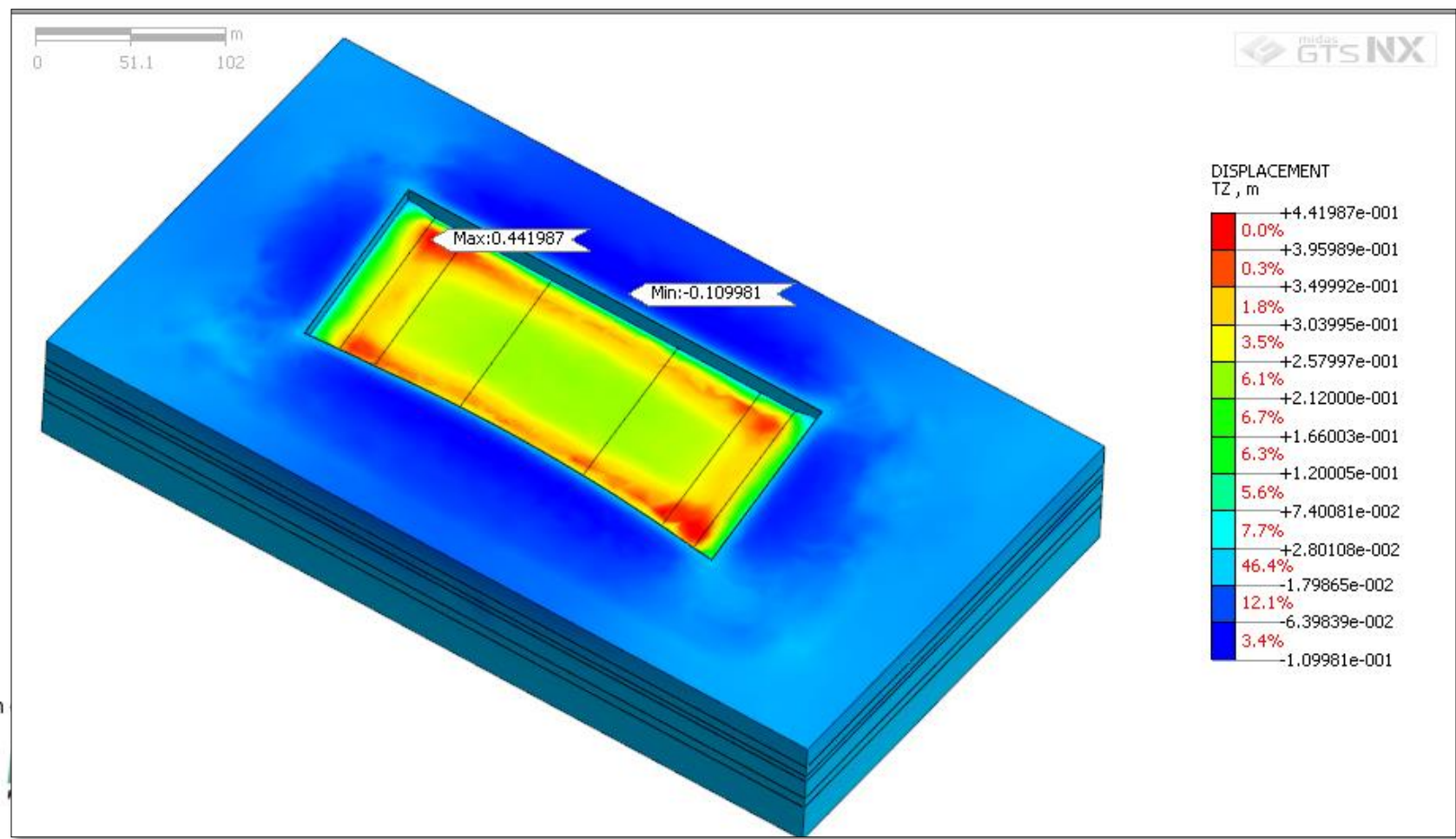
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 2: Supervisión técnica y Supervisión técnica de cimentaciones
de la exploración y caracterización geotécnica
correcta modelación numérica de cimentaciones.



ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 4: Vista Isométrica de desplazamientos en Z.



Organiza:



Con



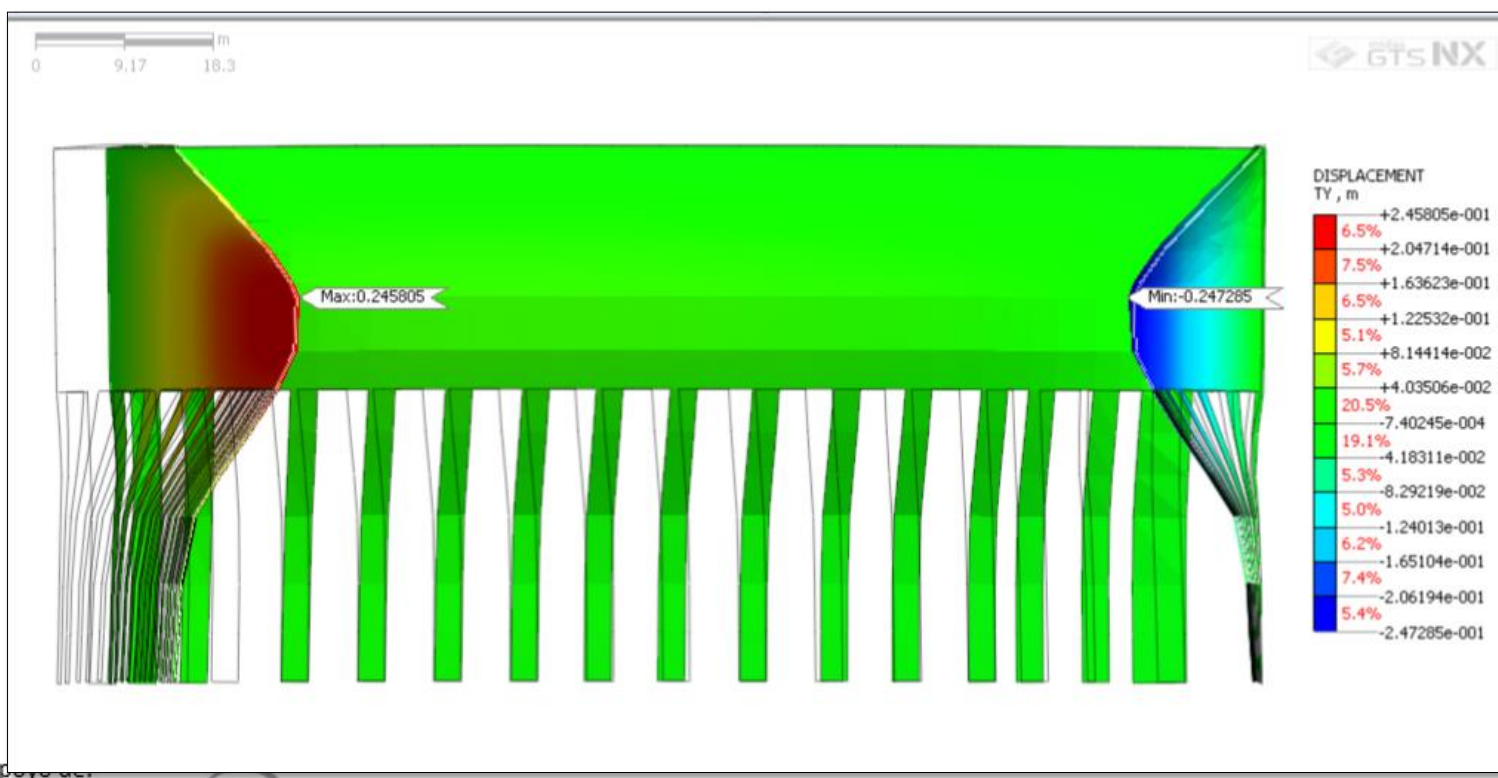
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 3: Supervisión técnica y Supervisión técnica de cimentaciones
de la exploración y caracterización geotécnica
correcta modelación numérica de cimentaciones.



ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 4: Deformada de las pantalla-barretes, Corte Transversal.



Organiza:

Con el apoyo de:





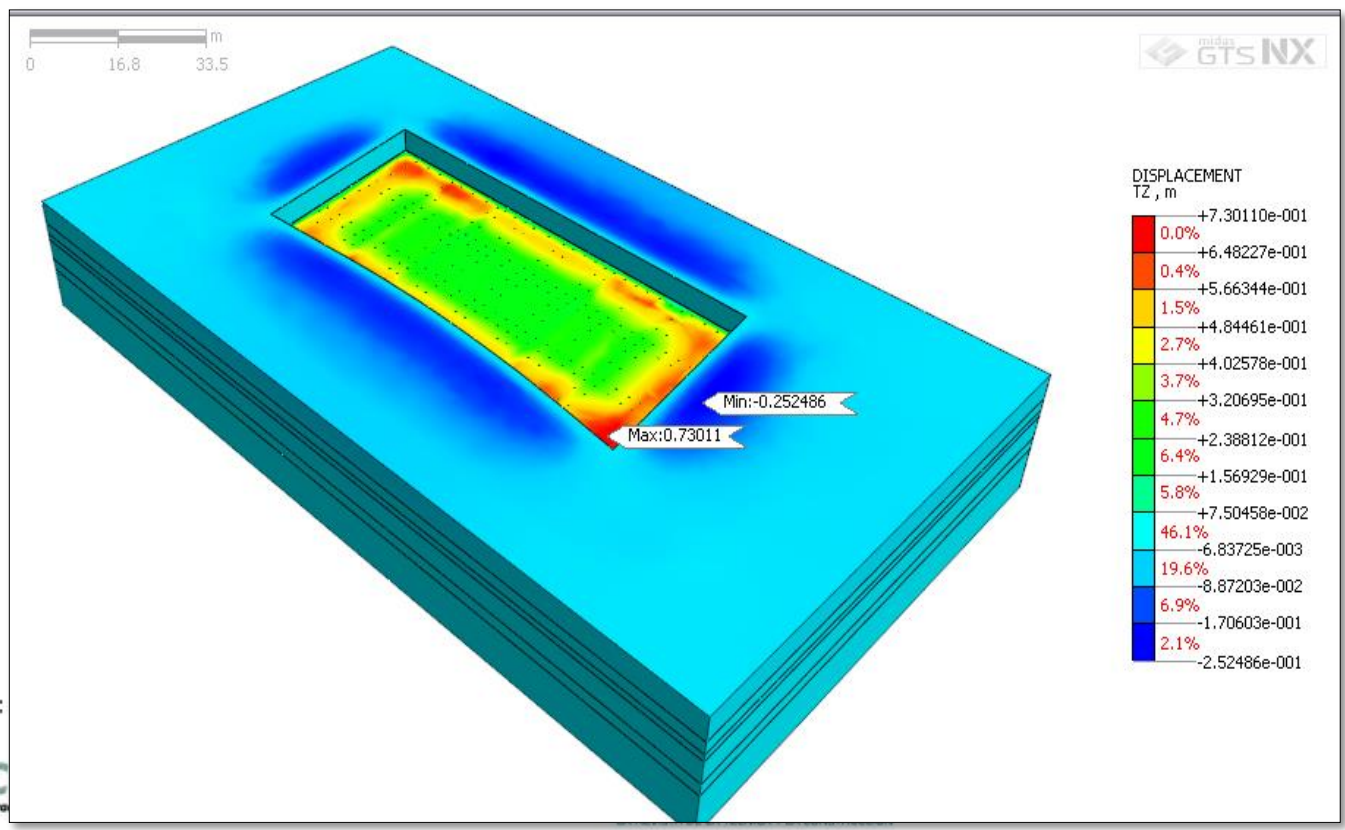
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 5: Supervisión técnica y Supervisión técnica de cimentaciones
de la exploración y caracterización geotécnica
correcta modelación numérica de cimentaciones.



ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 5: Vista Isométrica de desplazamientos en Z.



Organiza:



Con el apoyo de:





Curso virtual:

La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Con el patrocinio de:



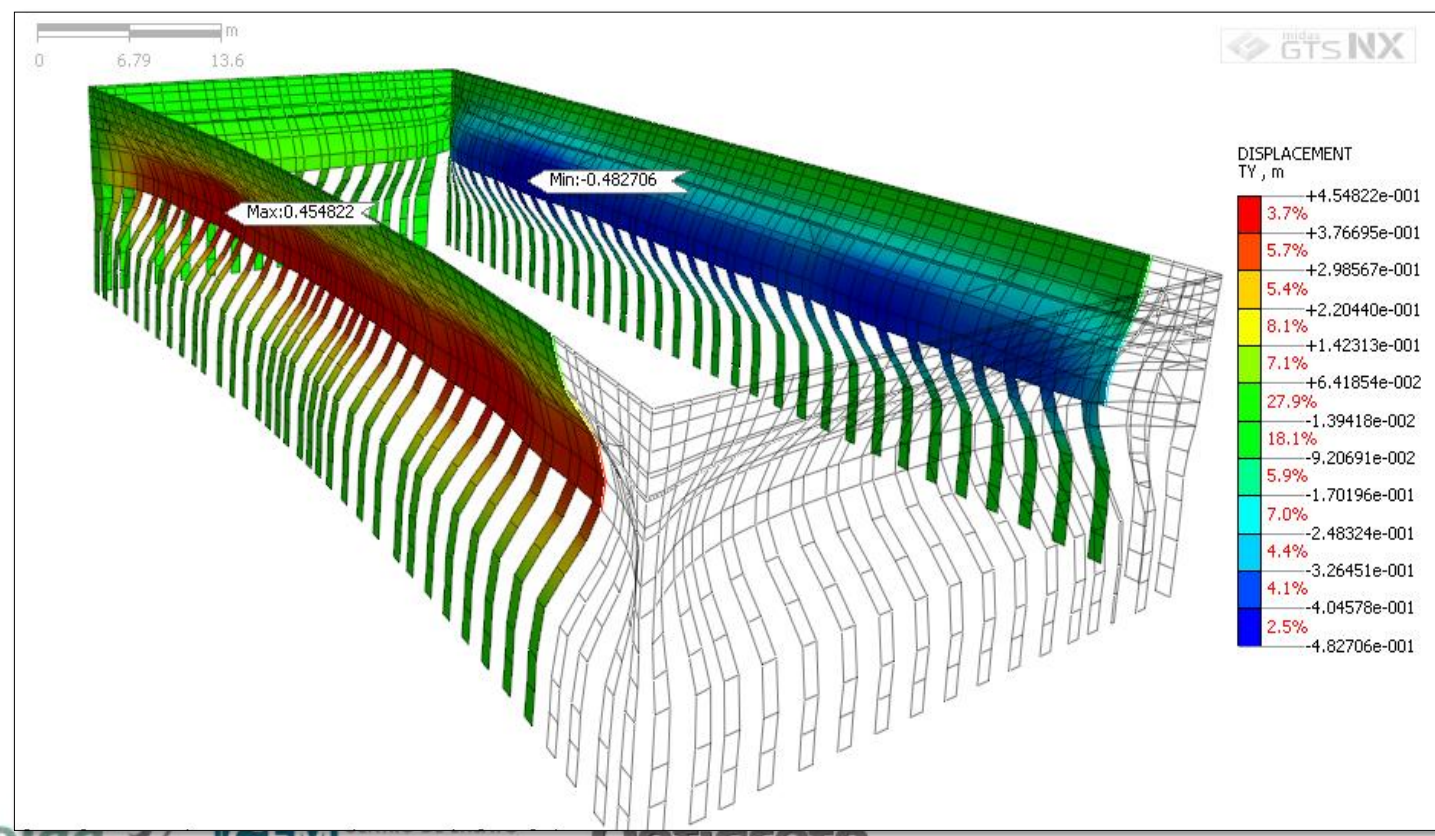
INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

Módulo 5: Supervisión técnica de cimentaciones
de la exploración y caracterización geotécnica
correcta modelación numérica de cimentaciones.



ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

ETAPA 5: Deformada de las pantalla-barretes (máxima esperada es de 48,5 cm).



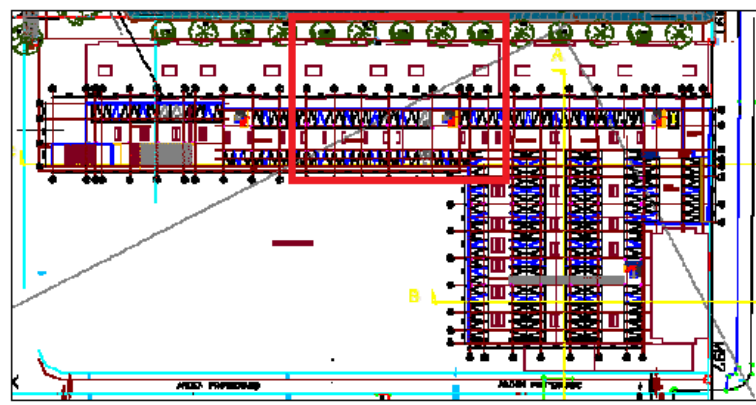
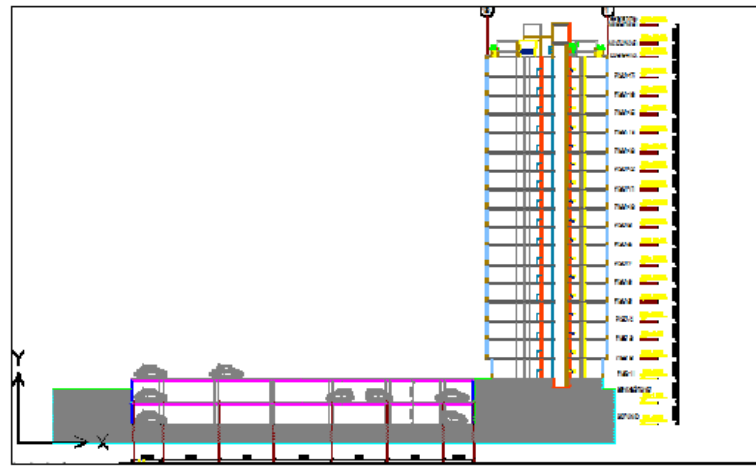
Organiza:

Con el apoyo de:

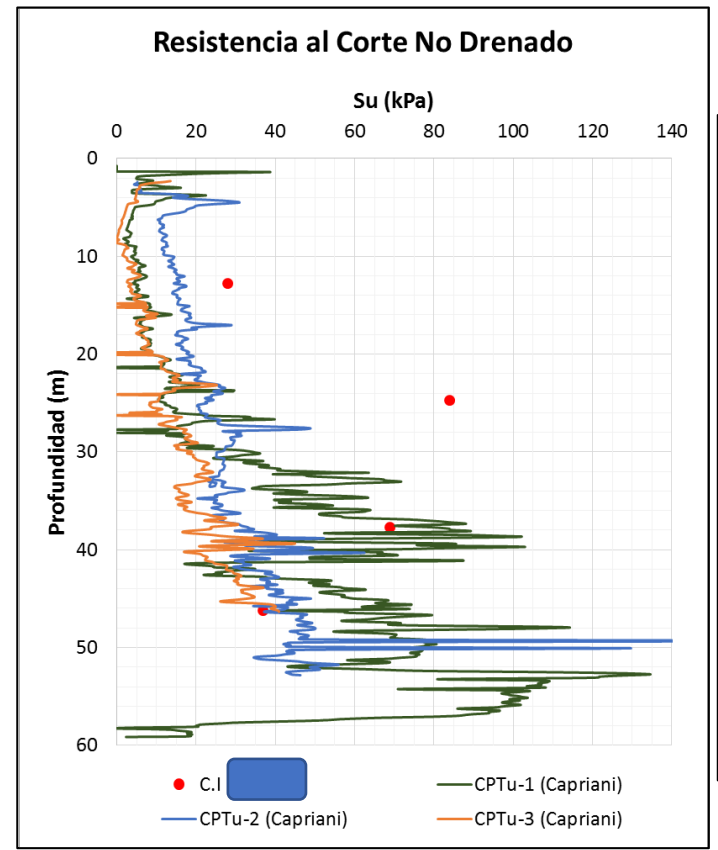




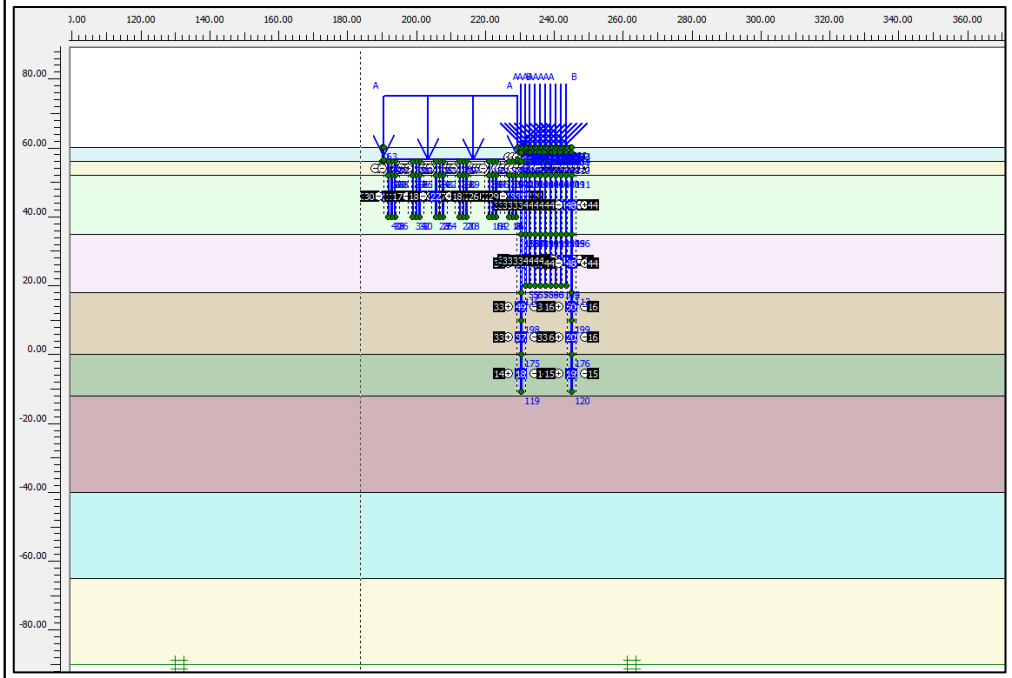
EDIFICIO AL NW DE BOGOTÁ – REVISIÓN DE ASENTAMIENTOS A LARGO PLAZO Y REFORZAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN



Vista en Planta - Perfil del edificio
 Con el apoyo de:



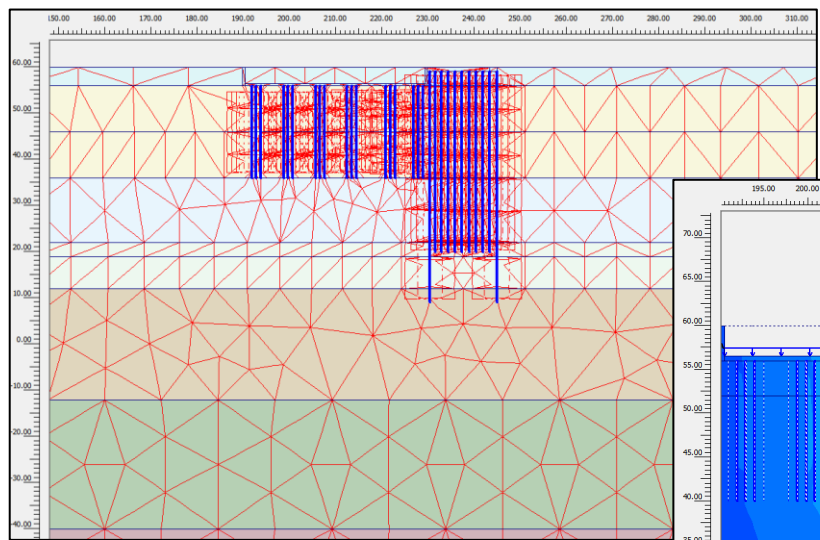
Variación de **Su** en función de la profundidad



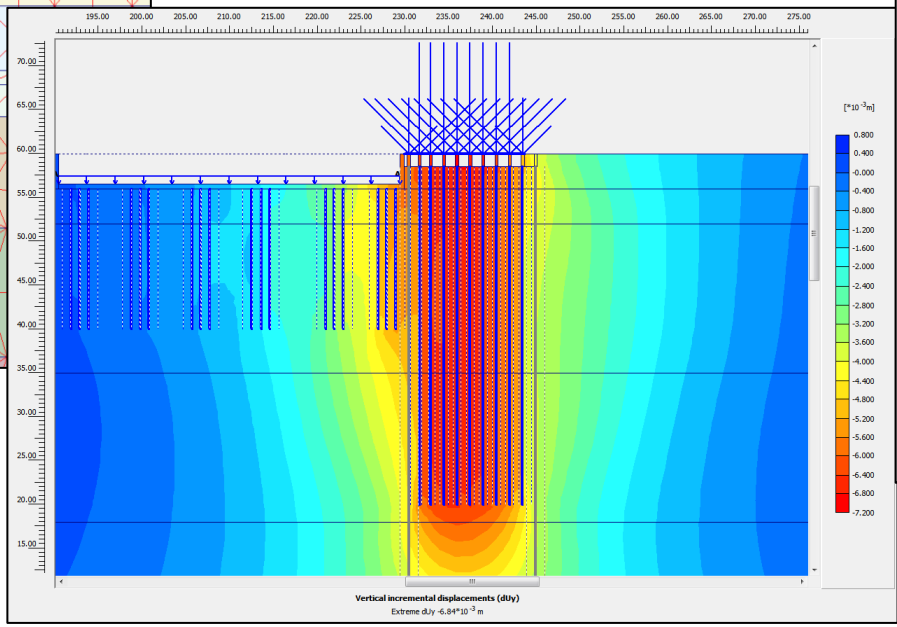
Modelo 2D PLAXIS con implementación de las diferentes alternativas propuestas



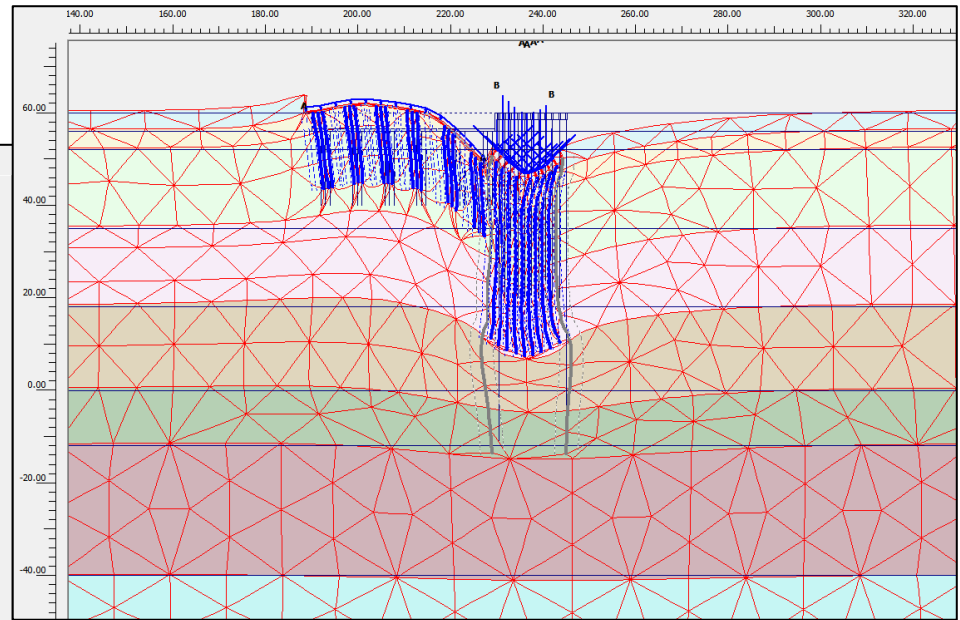
EDIFICIO AL NW DE BOGOTÁ – REVISIÓN DE ASENTAMIENTOS A LARGO PLAZO Y REFORZAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN



Enmallado de elementos finitos PLAXIS 2D



Asentamiento durante construcción del edificio (6.8 cm)



Deformada del edificio – Final de construcción

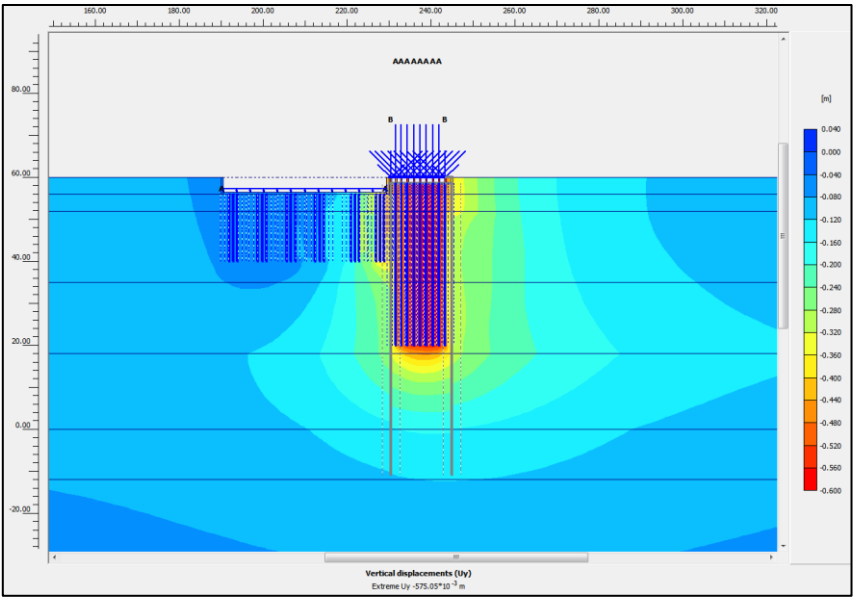
Organiza:

Con el apoyo de:

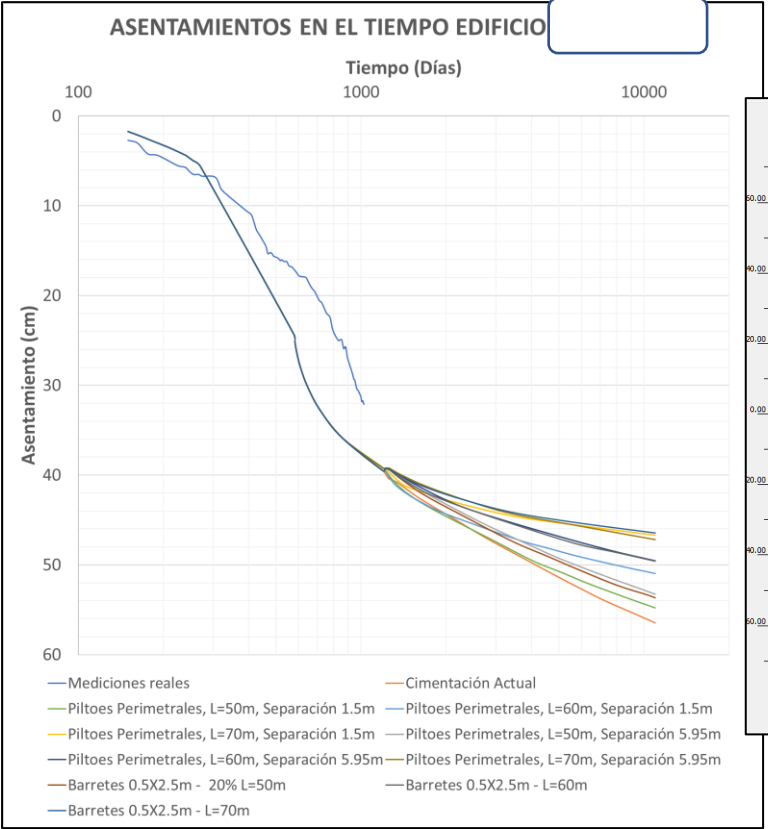




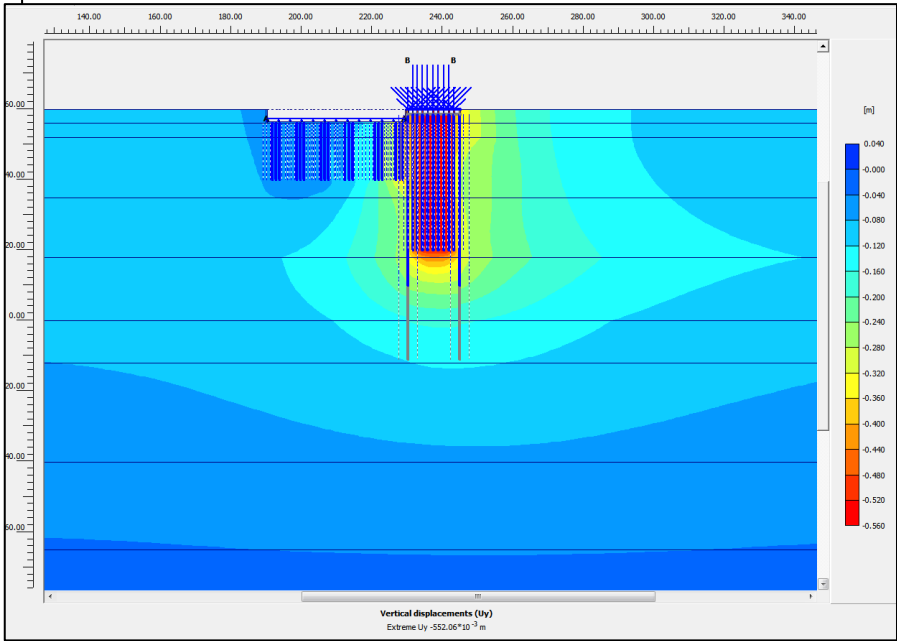
EDIFICIO AL NW DE BOGOTÁ – REVISIÓN DE ASENTAMIENTOS A LARGO PLAZO Y REFORZAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN



Asentamientos esperados por consolidación en 30 años con la cimentación inicial (60 cm)



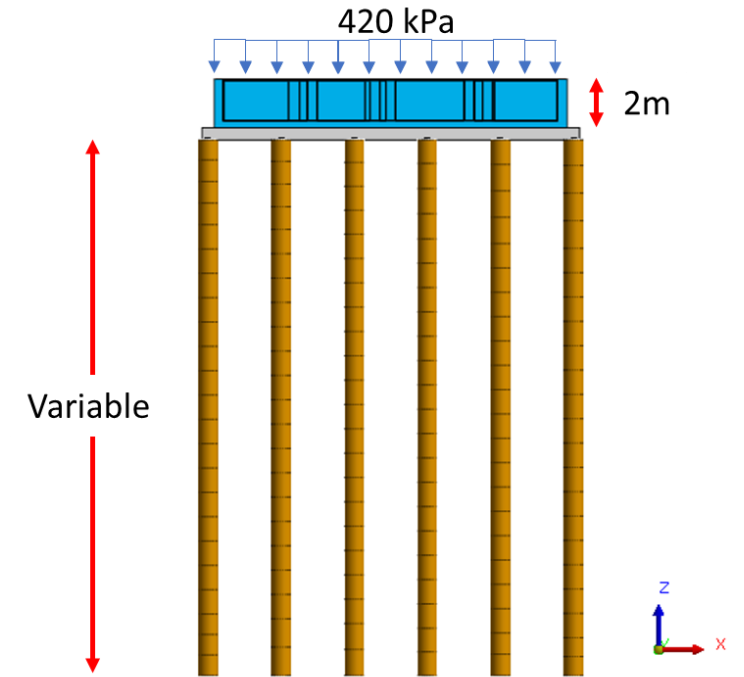
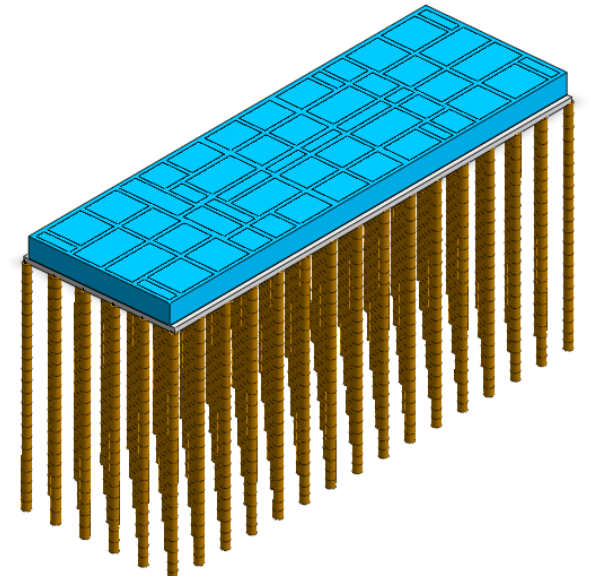
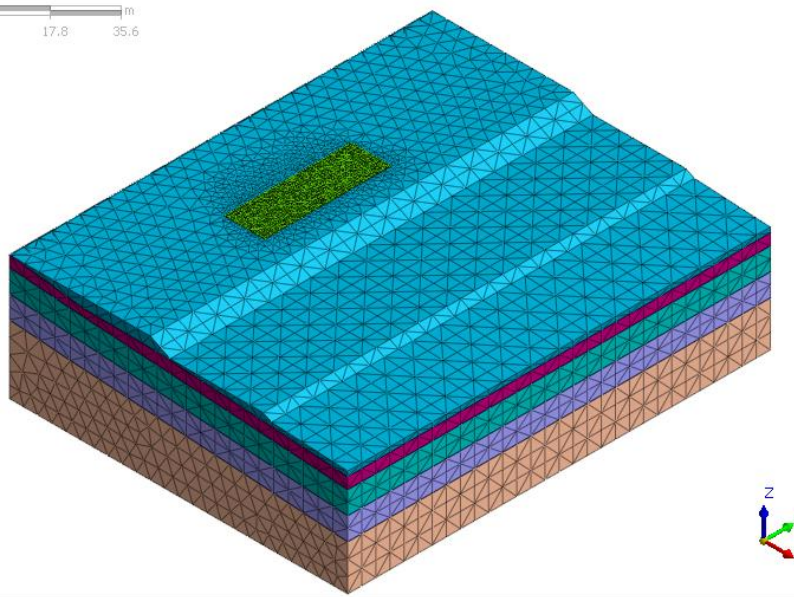
Comparación de asentamientos en el tiempo para las diversas alternativas analizadas – 30 años



Asentamientos esperados por consolidación a 30 años, reforzando con barretes (54 cm)



ANÁLISIS DE INTERACCIÓN PLACA DE CIMENTACIÓN – INCLUSIONES RÍGIDAS PARA EDIFICIO DE GRAN ALTURA EN SUELOS RESIDUALES

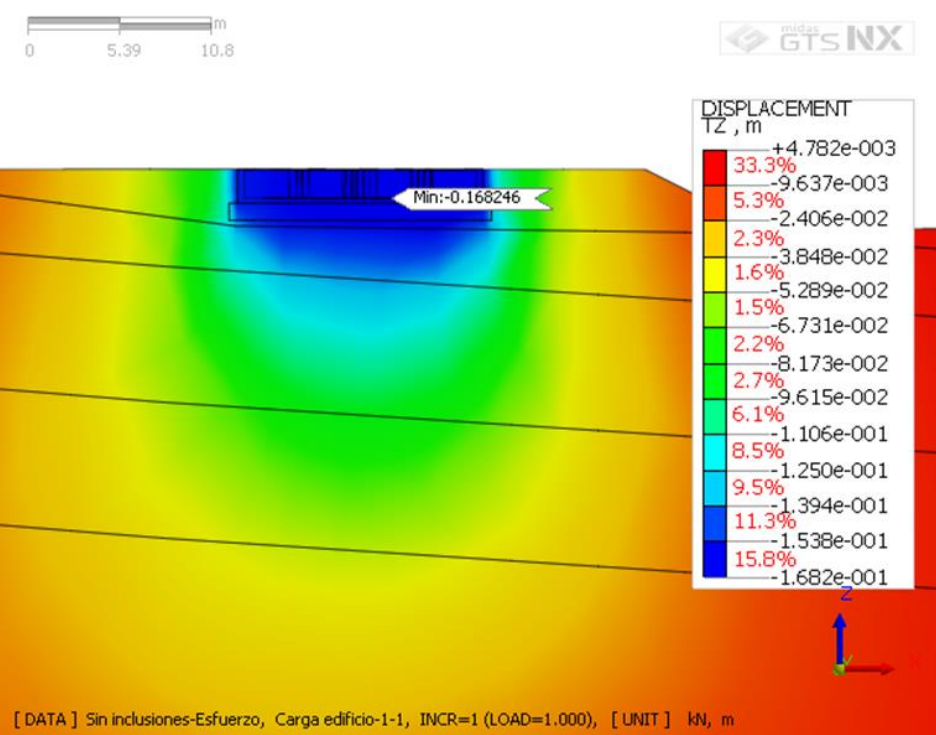
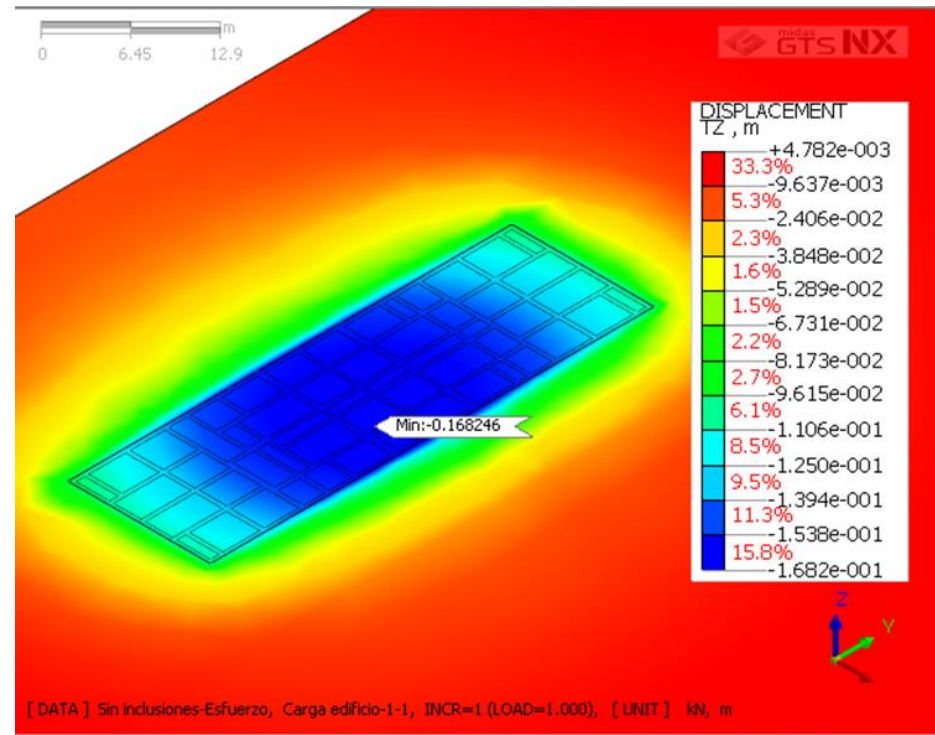


Modelo tridimensional (MIDAS GTS NX 3D) de análisis.
 Malla de elementos finitos y placa de cimentación con inclusiones rígidas

Detalle de la losa de cimentación, material de mejoramiento de la subrasante e inclusiones rígidas



ANÁLISIS DE INTERACCIÓN PLACA DE CIMENTACIÓN – INCLUSIONES RÍGIDAS PARA EDIFICIO DE GRAN ALTURA EN SUELOS RESIDUALES



Desplazamientos verticales debido a la construcción de la Torre sin inclusiones rígidas (17 cm)

Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones

Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN PARA EDIFICIO DE 4 SÓTANOS EN ARCILLAS BLANDAS DEL NORTE DE BOGOTÁ

Se realizaron sobre suelos arcillosos y limosos 3 piezoconos donde se midió resistencia de punta y a la fricción en el sitio de estudio.

Estos parámetros medidos fueron correlacionados para determinar la resistencia al corte no drenado, peso unitario, relación de sobre consolidación y módulos de elasticidad.

Con esa información se obtuvo un perfil stratigráfico el cual fue modelado en el programa de MIDAS GTS NX.

Organiza:

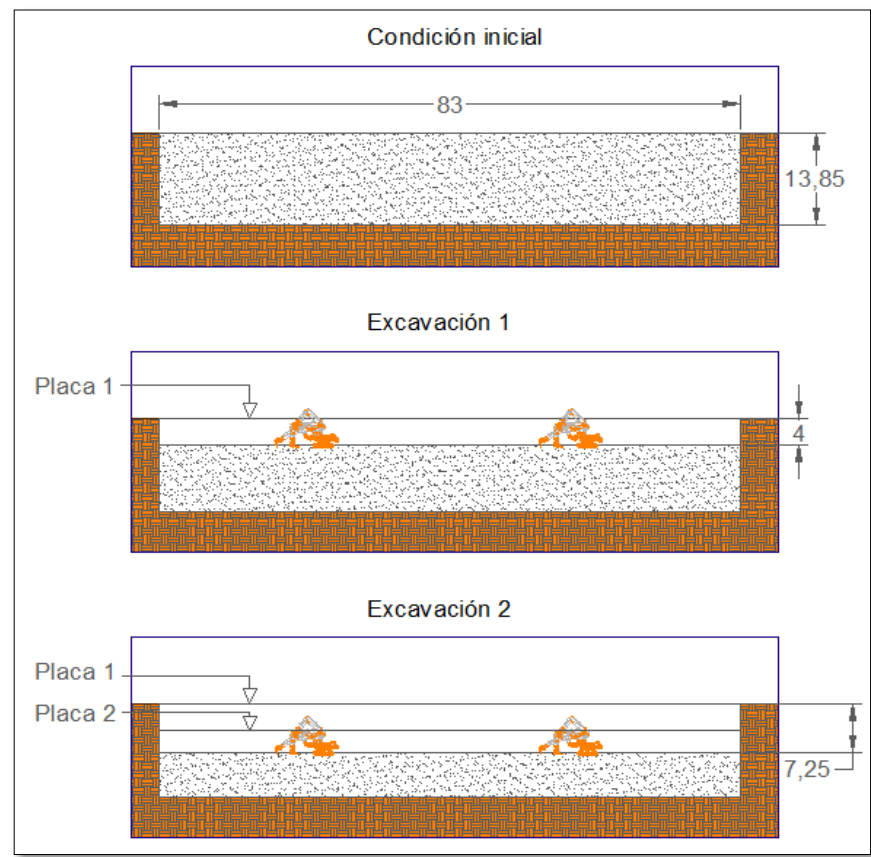


Con el apoyo de:

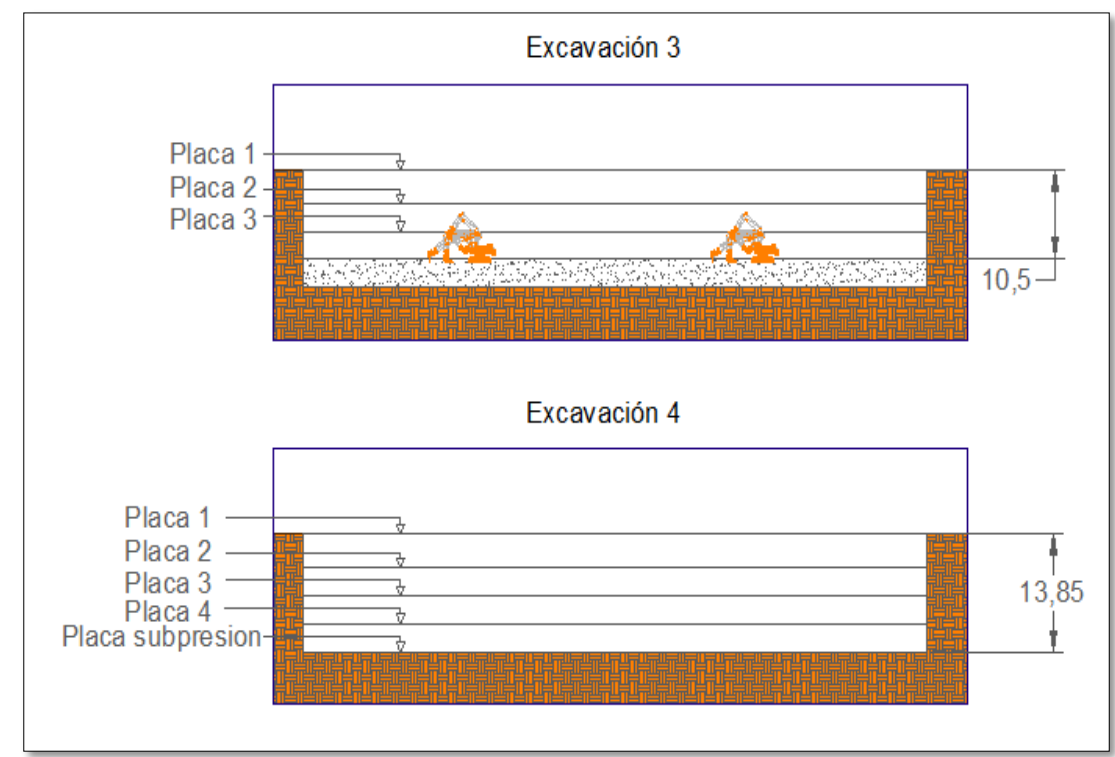




DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN PARA EDIFICIO DE 4 SÓTANOS EN ARCILLAS BLANDAS DEL NORTE DE BOGOTÁ



Etapas de excavación entre 0.0m y -7.25m



Etapas de excavación entre -7.25 m y -13.85 m

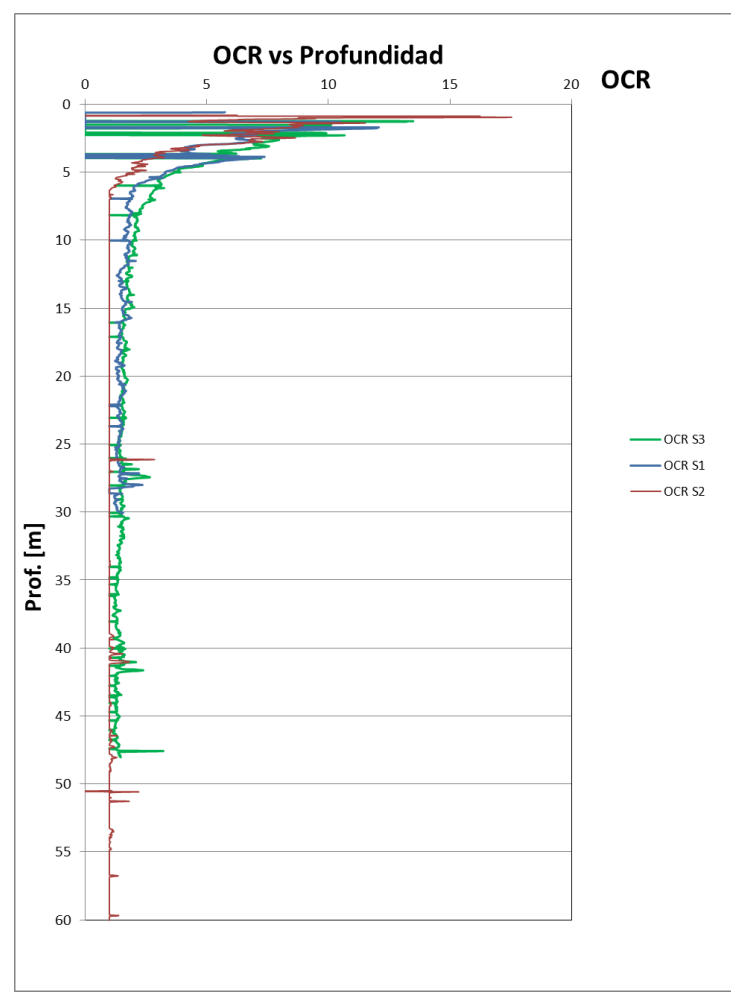
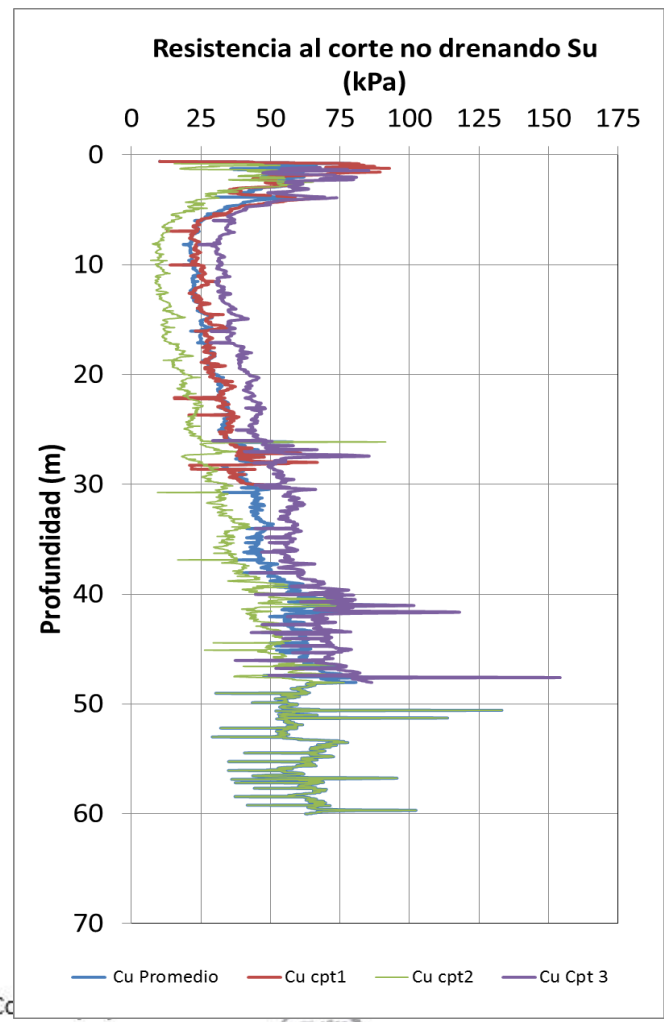
Organiza:

Con el apoyo de:





PARÁMETROS GEOTÉCNICOS A PARTIR DEL CPT_u



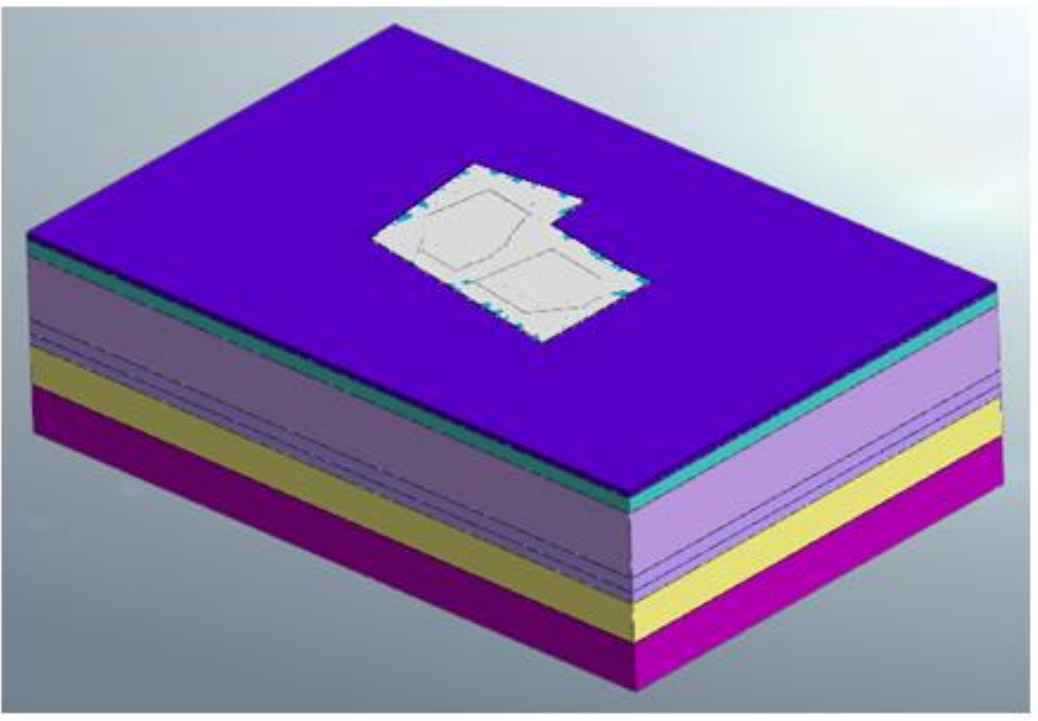
Organiza:





INGENIERIA Y GEORIEGOS IGR SAS
NIT. 890133204-8

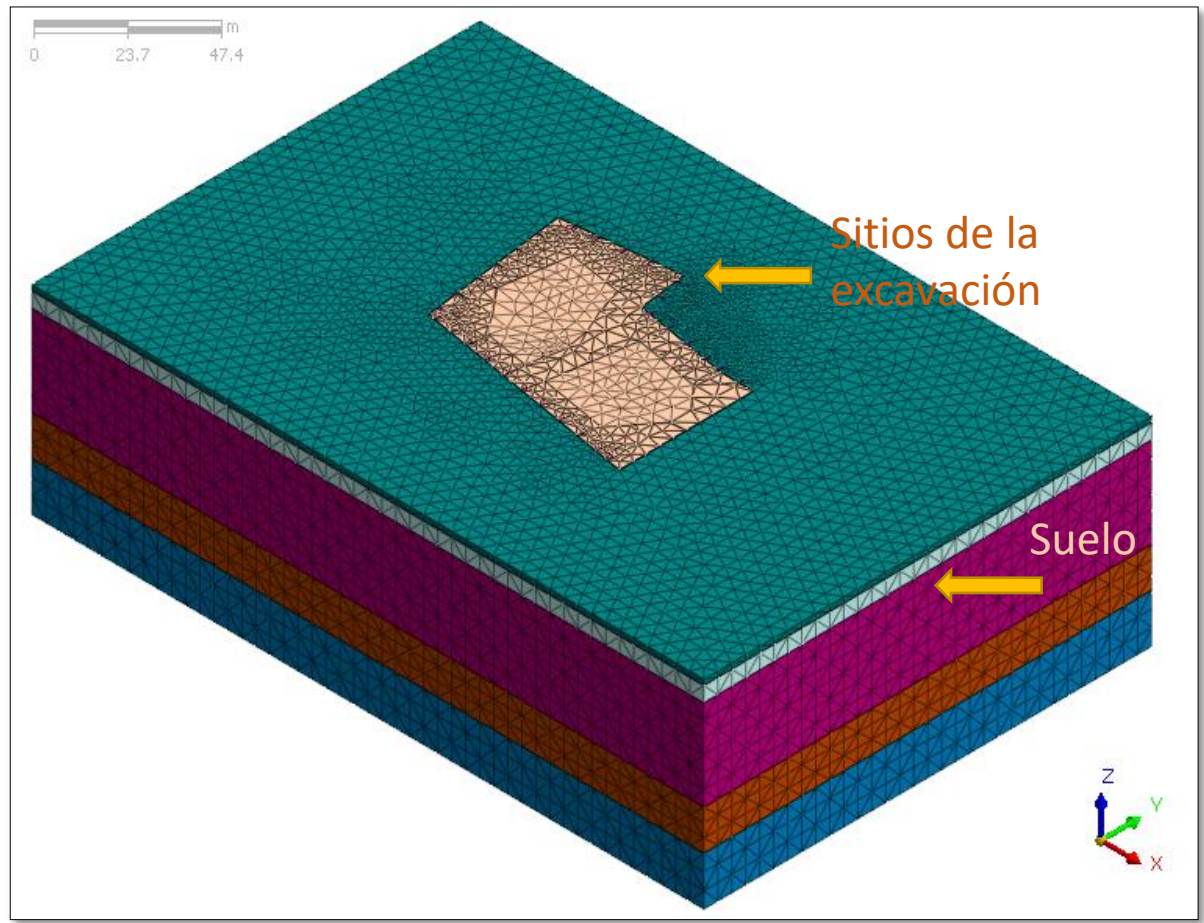
PERFIL GEOTÉCNICO Y MODELO NUMÉRICO 3D (MIDAS GTS NX)



Arcilla 1
Arcilla 2
Arcilla 3



Arcilla 4
Arcilla 5



Organiza:

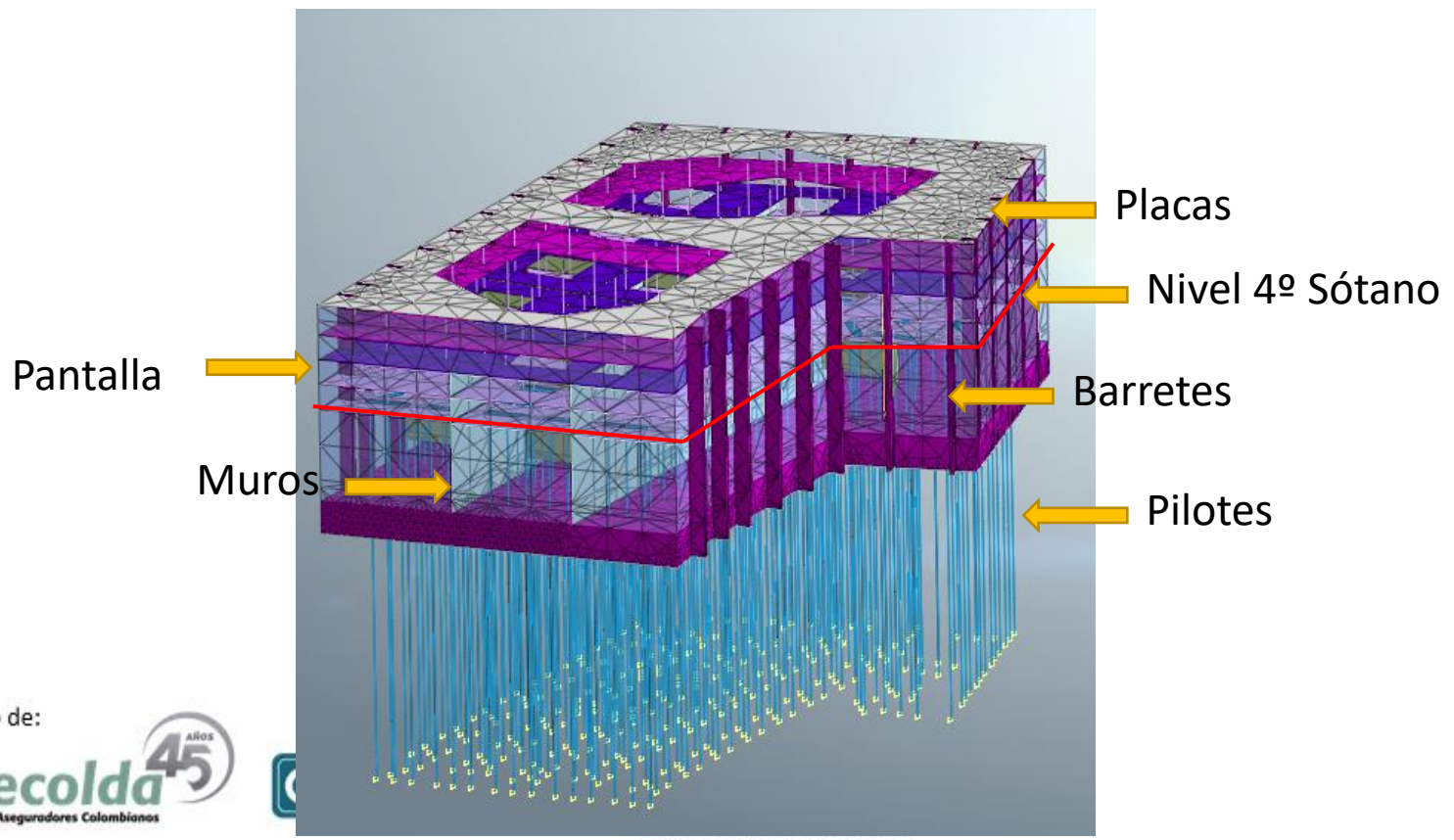
Con el apoyo de:





ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Detalle parte estructural de la malla

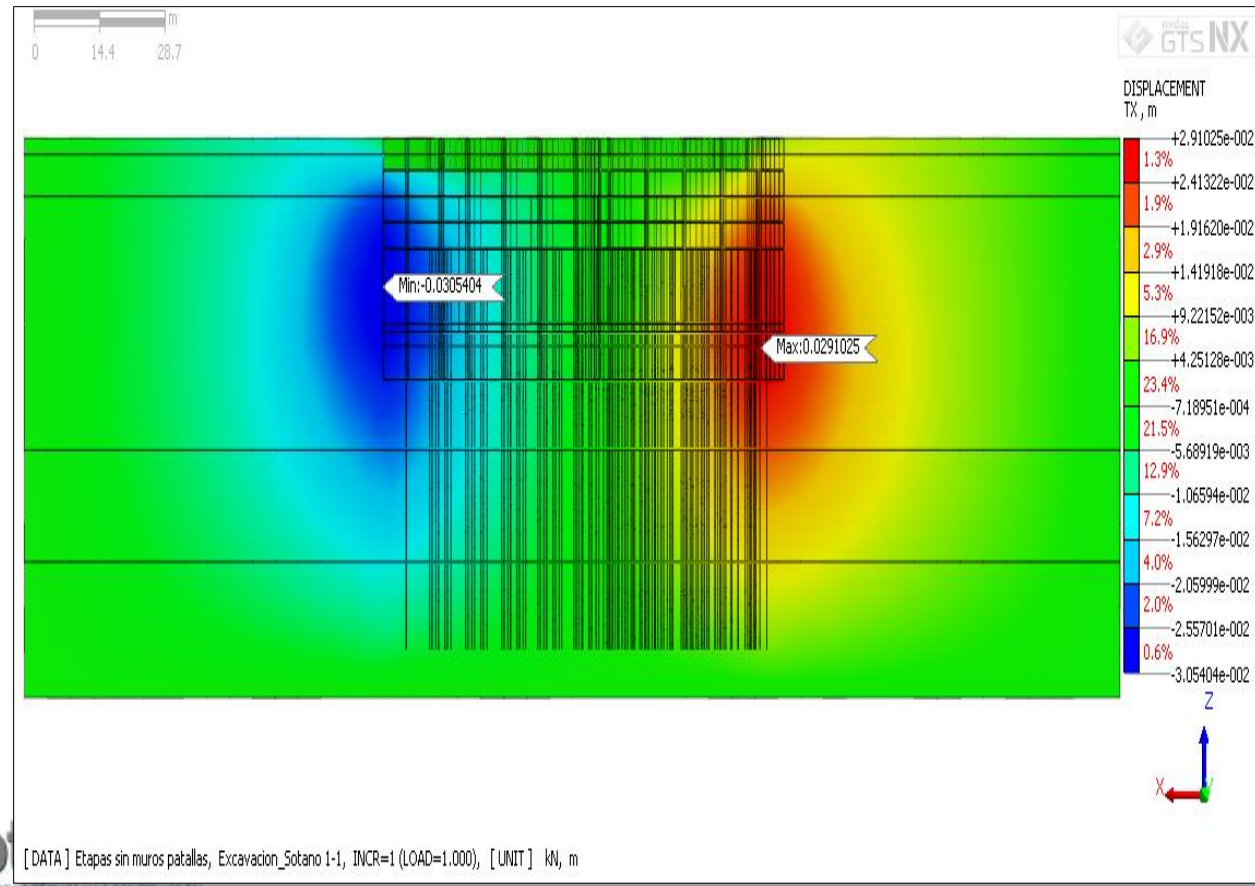
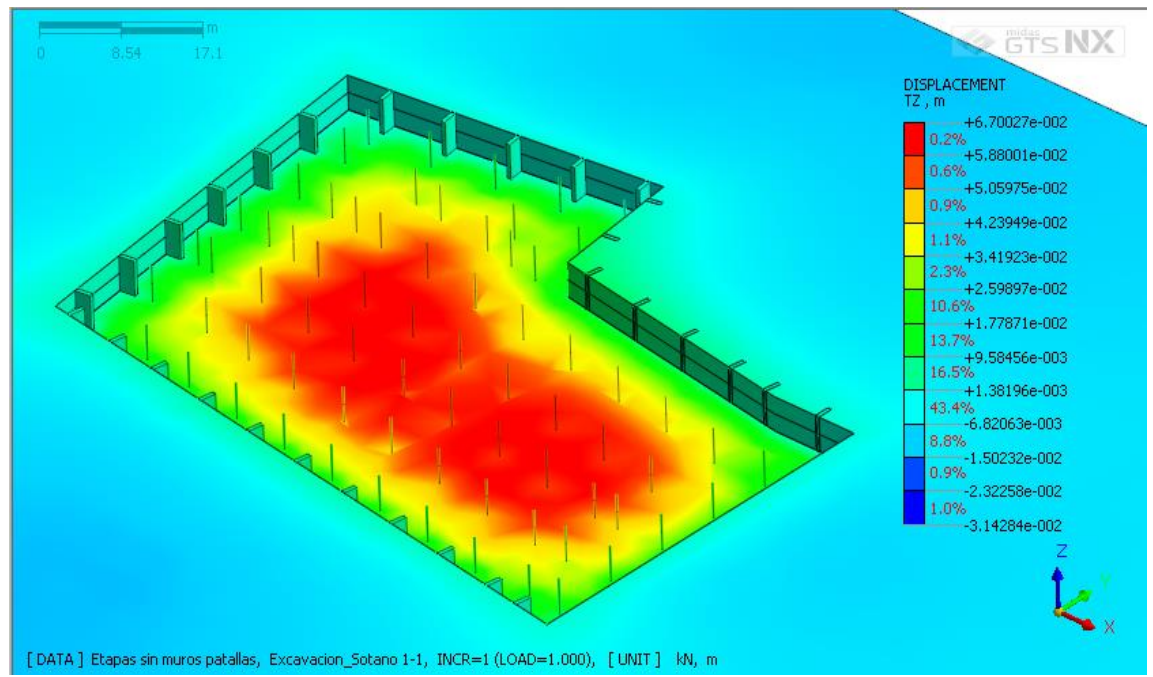




RESULTADOS

Etapa 1: Excavación 1, Vista Isométrica de desplazamientos verticales, Z (máximo 6 cm)

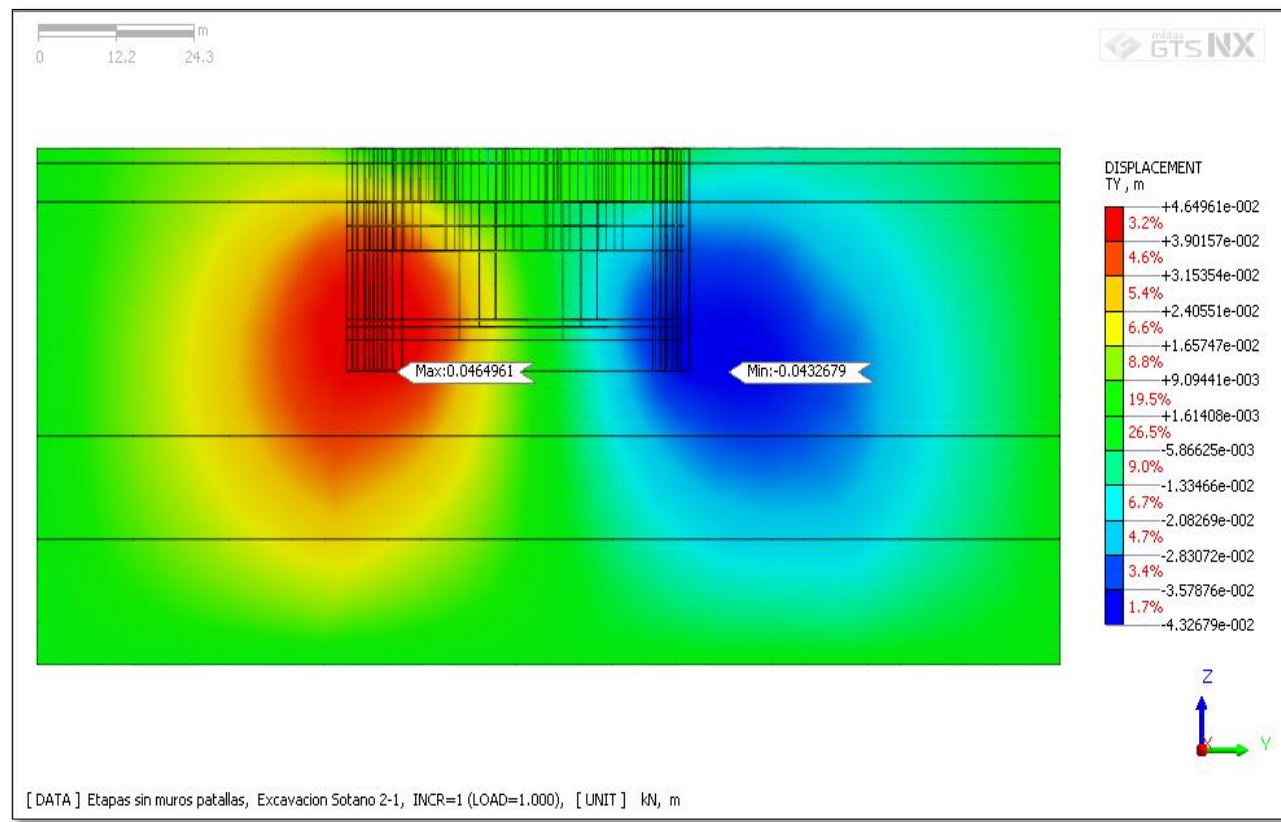
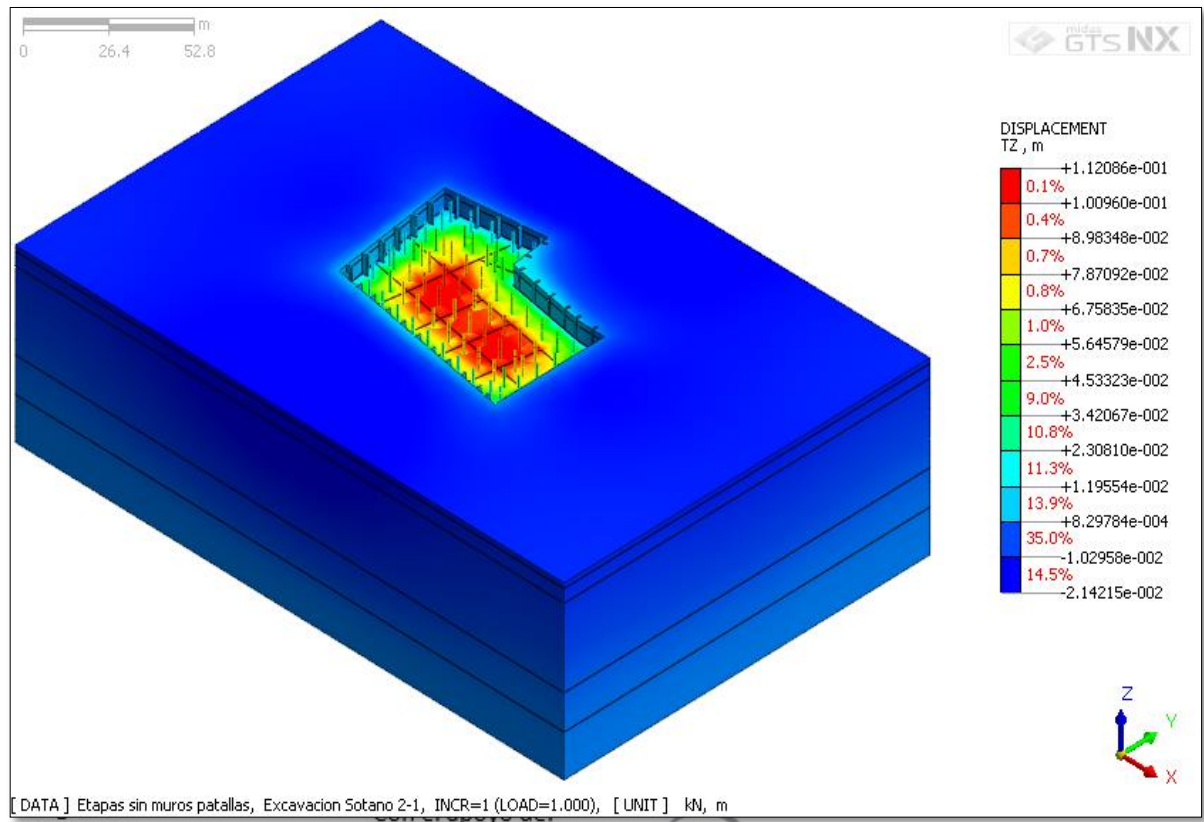
Etapa 1: Excavación 1, desplazamientos horizontales (máximo 3.1 cm)





Etapa 2: Excavación 2, Vista Isométrica de desplazamientos vertical, Z (levantamiento hasta 11 cm y asentamiento 2.1 cm)

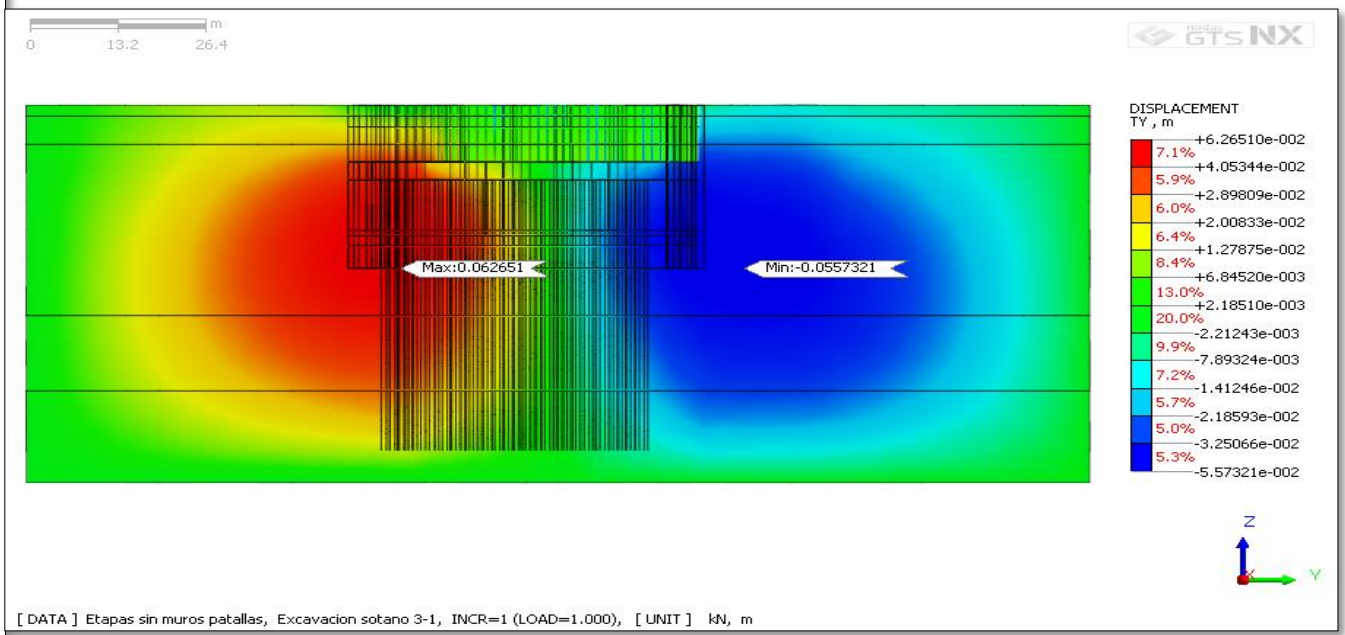
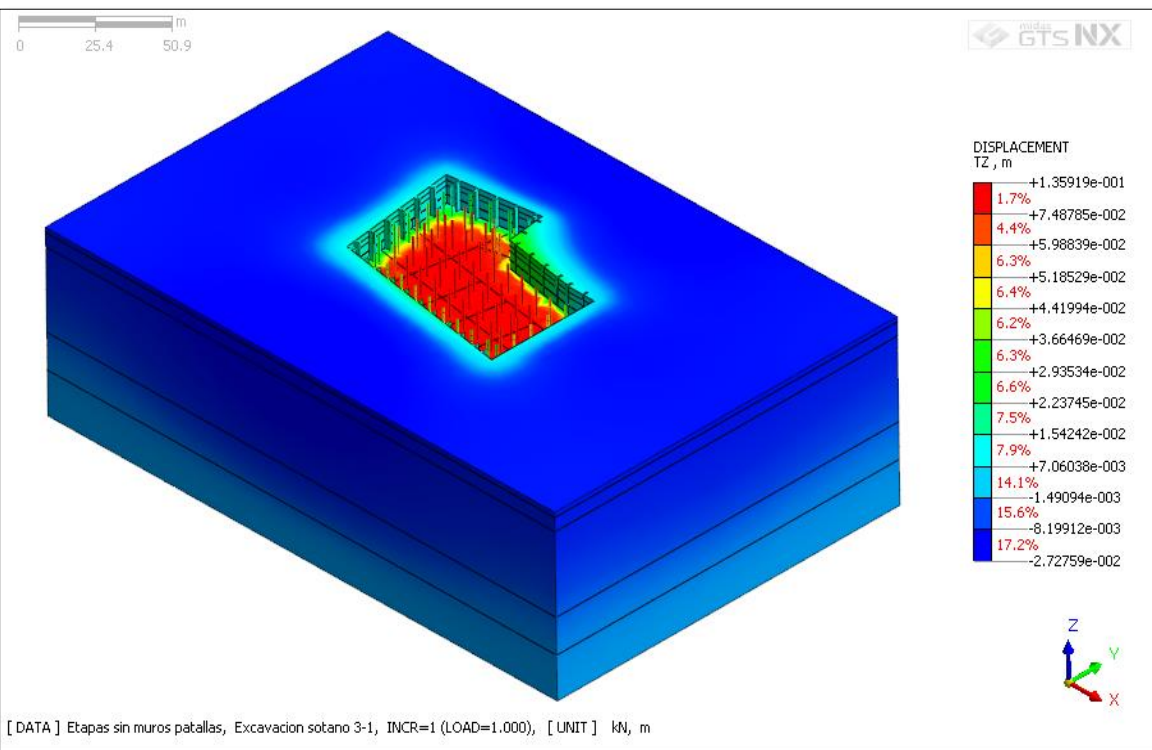
Etapa 2: Excavación 2, desplazamientos horizontales (máximo 4.6 cm)





Etapa 3: Excavación 3, Vista Isométrica de desplazamientos vertical en Z (levantamiento 13 cm y asentamiento de 2.7 cm)

Etapa 3: Excavación 3, desplazamientos horizontales (6.3 cm)



Organiza:

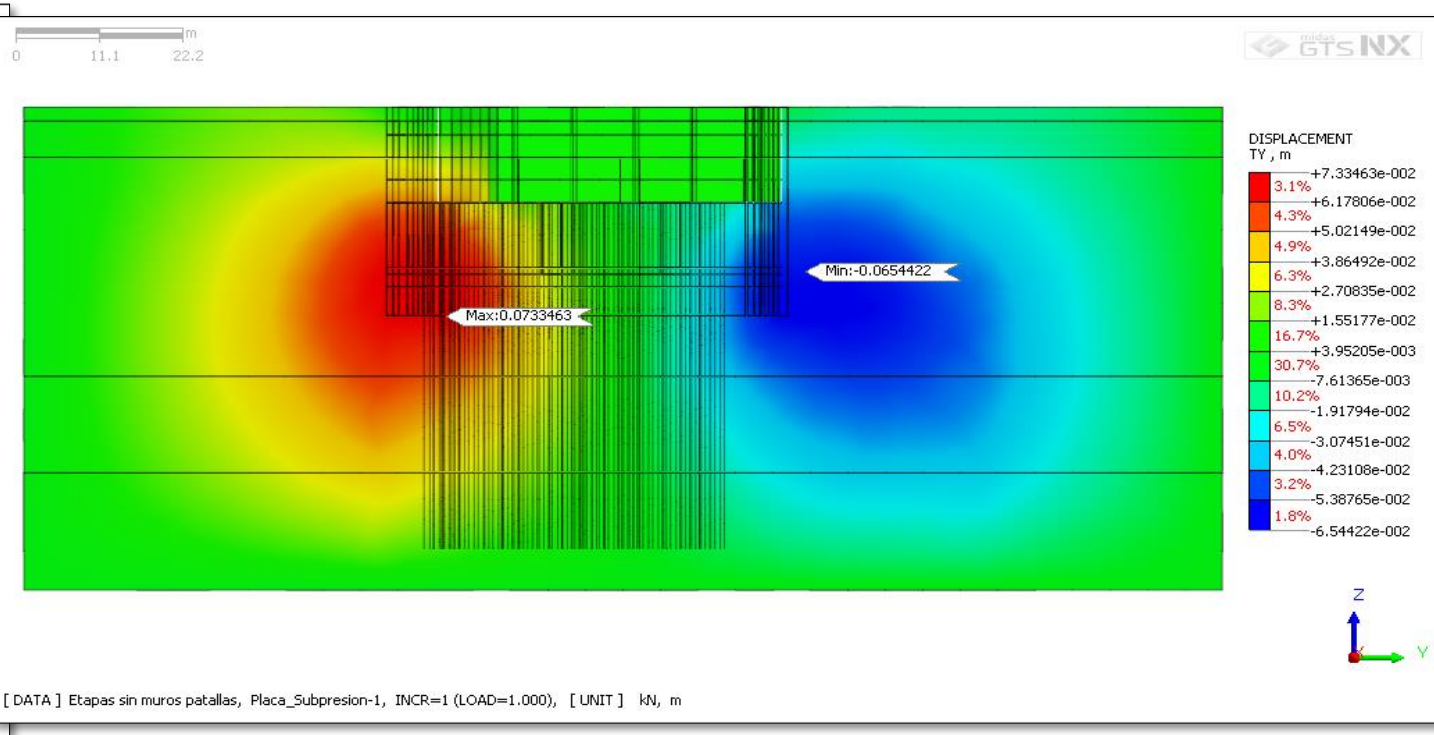
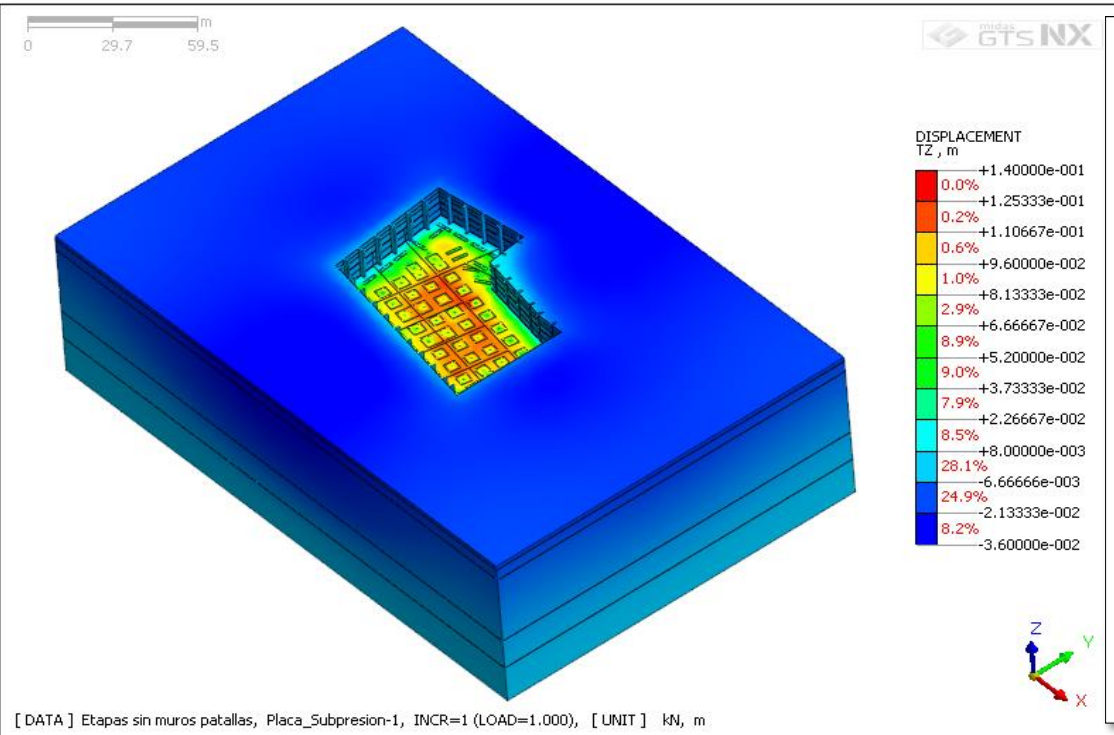
Con el apoyo de:





Etapa 4: Excavación 4, Vista Isométrica de desplazamientos vertical en Z (levantamiento de 14 cm y asentamiento de 3 cm)

Etapa 4: Excavación 4, desplazamientos horizontales (7.3 cm)



Organiza:

Con el apoyo de:





H.3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN

NSR-10

Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

NSR-22 (para aprobación)

Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de Proyecto	Según los niveles de construcción, incluyendo sótanos	Según la carga máxima de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menor de 800
Media	Entre 4 y 12 niveles	Entre 801 y 5,000
Alta	Entre 13 y 20 niveles	Entre 5,001 y 9,000
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayor de 9,000

Tabla H.3.1-2 - Definición de la Categoría de Proyectos de Casas de Uno y Dos Pisos

Categoría de Proyecto	Unidades de construcción
Individual	1
Bifamiliar	2
Multifamiliar	Más de 2

Nota: Para los sistemas estructurales que no usan columnas, no aplica el criterio de cargas en columnas





H.3.3 CRITERIOS DE UNIFORMIDAD GEOLÓGICA DEL ÁREA DEL PROYECTO

NSR-22 (para aprobación)

Tabla H.3.3-1 - Definición de la Uniformidad Geológica del Área

Uniformidad geológica del terreno	Modelo Geológico Local	Diferencias topográficas
Uniforme	Cuando se establezca por el Consultor la continuidad de las unidades geológicas en toda el área de influencia del proyecto y la no presencia de rasgos geológicos como fallas o lineamientos de fallas dentro del área de estudio.	No más de 20 m de diferencia de cota en 100 m horizontales
No Uniforme	Cuando en el área de influencia se establezca la falta de continuidad de las unidades geológicas dentro del área de estudio y/o la presencia de fallas o lineamientos de fallas que separen unidades geológicas diferentes.	Más de 20 m de diferencia de cota en 100 m horizontales

* No existía NSR-10

Organiza:



Con el apoyo de:



H.3.4.3 NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN

H.3.4.4 PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EXPLORACIÓN

NSR-10

NSR-22 (para aprobación)

Tabla H.3.2-1
 Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
 Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Tabla H.3.4-1 – Cantidad Mínima de Puntos de Exploración y Profundidad Mínima de Exploración según Categoría del Proyecto

Categoría de Proyecto	Cantidad Mínima de Puntos de Exploración	Profundidad Mínima de Exploración Z (m)
Baja	Tres (3)	Z = 1.5N o 0.5H con Z ≥ 6m la que sea mayor y redondeada a la unidad superior, donde N = numero de niveles de la edificación H = altura de la edificación en metros
Media	Cuatro (4)	
Alta	Cuatro (4)	
Especial	Cinco (5)	

Para los proyectos de casas de uno y dos pisos se aplican los siguientes criterios

Tabla H.3.4-2 – Cantidad Mínima de Puntos de Exploración y Profundidad Mínima de Exploración Proyectos de Casas Uno y Dos Pisos

Categoría de Proyecto	Cantidad Mínima de Puntos de Exploración	Profundidad Mínima de Exploración (m)
Unifamiliar	Tres (3)	3.0
Bifamiliar	Cuatro (4)	4.0
Multifamiliar	Tres (3) por una primera unidad básica; una más (1) por cada tres o menos unidades de vivienda adicionales y una (1) por cada cuatro o menos unidades adicionales, cuando el desarrollo tenga más de 10 unidades. En cualquier caso, no menos de doce (12) por cada hectárea de terreno ocupado por el desarrollo habitacional, de las cuales por lo menos una (1) exploración debe llegar a mínimo 15m de profundidad	4.0

Organiza:

Con el apoyo de:



H.3.4.5 EXPLORACIÓN DIRECTA

NSR-22 (para aprobación)

Categoría Baja y Casas de Uno y Dos pisos	Categoría Media	Categoría Alta y Especial
Equipos de perforación manual o mecánicos livianos de rotación o percusión y lavado.	<p>Al menos 50% de las perforaciones con equipos de avance por rotación con diámetro mínimo N (76mm)</p> <p>Supervisión Técnica Profesional Itinerante de un Ingeniero o Geólogo o Ingeniero Geólogo</p>	<p>Al menos dos de las perforaciones con recobro continuo y diámetro mínimo H (101mm) hasta la profundidad requerida.</p> <p>Supervisión Técnica Profesional y Calificada continua y asistencia geológica en la descripción de recobros rocosos.</p>

Organiza:

Con el apoyo de:





H.3.4.6 EXPLORACIÓN INDIRECTA SUBSUPERFICIAL

NSR-22 (para aprobación)

- Se podrán cubrir hasta 50% de la cantidad total de exploración con sondeos como el cono estático (CPT), el piezocono (CPTu), el piezocono sísmico (SCPTu), el penetrómetro dinámico (Borros, Peck, etc.), el dilatómetro plano (DMT, SDMT), el presurómetro (PMT) u otros similares.
- Se podrá cubrir hasta 1/3 de la exploración requerida con caracterización geofísica en sondeos, tales como Downhole (DHT), crosshole (CHT), etc. o la caracterización con sondas geofísicas usuales en minería (dipmeter, gama-gama, resistividad, etc.). Cuando la exploración geofísica se realice en sondeos mecánicos con recuperación de muestras, para el número de puntos de exploración solo se contará la perforación con recuperación de muestras.

Organiza:

Con el apoyo de:



H.3.4.7 EXPLORACIÓN INDIRECTA SUPERFICIAL

NSR-22 (para aprobación)

- Consiste en la realización de sondeos y/o líneas de exploración geofísica realizados sobre la superficie del terreno. Incluye métodos de exploración geofísica tales como: dispersión de ondas superficiales (ReMi, MASW), líneas de refracción sísmica, arreglos para microtremores (CCA, SPAC), líneas geoeléctricas, líneas de exploración con georadar, gravimétricas, etc.
- Podrán cubrir hasta 1/3 del número total de puntos de exploración requeridos, Para ello deben alcanzar las profundidades mínimas de exploración de acuerdo con la Tabla H.3.4-1

Organiza:

Con el apoyo de:



H.3.5 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL PERFIL

NSR-22 (para aprobación)

- Los métodos de exploración y muestreo deben ser consistentes con la naturaleza de los materiales.
- La utilidad geotécnica de las muestras de lavado se limita a la detección de cambios aparentes en el perfil del subsuelo.
- Se debe precisar los espesores de suelos considerados como especiales (potencialmente licuables, expansivos, dispersivos, erosionables, colapsables y desleíbles).
- Cada material del modelo geológico – geotécnico final deberá contar con una caracterización en el laboratorio consecuente con su textura y condición seleccionando los ensayos a criterio del Ingeniero Civil Geotecnista.

Organiza:

Con el apoyo de:

H.3.5 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL PERFIL

NSR-22 (para aprobación)

- Los parámetros geomecánicos de diseño en aspectos relativos a densidad, resistencia, deformabilidad, compresibilidad y permeabilidad de los materiales deben determinarse de manera consecuente a las propiedades geomecánicas de los materiales y a las condiciones de carga.
- La caracterización geomecánica detallada debe ser en principio resultado de la combinación de ensayos de campo y laboratorio.
- Se debe tener en cuenta las limitaciones prácticas existentes en ciertos tipos de material para su muestreo inalterado, para lo cual se sugiere la obtención de parámetros de manera indirecta siempre soportado por literatura, investigaciones, correlaciones confiables y experiencia local.

Organiza:

Con el apoyo de:



H.3.5.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

NSR-10

“Las muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio deberán ser **seleccionadas por el ingeniero geotecnista y deberán corresponder a los diferentes materiales afectados por el proyecto.**”

NSR-22 (para aprobación)

“Por cada uno de los diversos materiales que conforman el perfil de subsuelo en el área de influencia directa y por cada una de las zonas geotécnicamente diferentes establecidas de acuerdo al modelo geológico, se deberán caracterizar no menos de tres (3) muestras representativas mediante ensayos básicos que permitan su clasificación. **Cuando los espesores de un mismo tipo de material superen los 3 m, su caracterización y clasificación deberá soportarse con ensayos sobre una cantidad similar de muestras que no superen este espaciamiento, hasta cubrir todo su espesor.**”

Organiza:

Con el apoyo de:



H.3.5.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

NSR-22 (para aprobación)

- Resistencia

Por cada material fino que conforme el perfil del subsuelo se deben hacer no menos de tres pruebas en un programa que no haya contemplado CPT, CPTu, DMT o similares.

- Consolidación y compresibilidad

Por cada estrato o material en los que se pueda esperar procesos de consolidación se deberá realizar al menos una determinación.

“En forma similar a las muestras de caracterización y clasificación, cuando los espesores de un mismo tipo de material superen los 6m, la resistencia y/o compresibilidad de los materiales térreos deberá soportarse con ensayos de laboratorio sobre una cantidad similar de muestras que no superen este espaciamiento, hasta cubrir todo su espesor.”

Organiza:

Con el apoyo de:



H.3.5.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

NSR-22 (para aprobación)

- “En materiales rocosos se harán determinaciones de propiedades básicas, especialmente: peso unitario y específico, absorción, compresión simple, tracción brasilera y ensayos de carga puntual por cada uno de los tipos de roca que conformen el perfil de interés para el proyecto”
- “Para proyectos de Categoría Alta y Especial los ensayos de laboratorio deben realizarse en laboratorios con equipos calibrados y certificados por una entidad competente”

Organiza:

Con el apoyo de:



H.3.5.2 ENSAYOS DE CAMPO

NSR-22 (para aprobación)

- “Se deben realizar ensayos de campo en los casos en los cuales se dificulta o no es posible la obtención de muestras inalteradas, donde se requiera obtener parámetros específicos para la caracterización del subsuelo o en los casos en que se requieran parámetros continuos del perfil geotécnico, de acuerdo al criterio del Ingeniero Geotecnista.”

Organiza:

Con el apoyo de:



Curso virtual: La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



H.3.5.2 ENSAYOS DE CAMPO

NSR-22 (para aprobación)

- Deben hacerse cinco (5) pruebas de penetración standard (SPT) en el material de interés o cada 3m cuando el espesor supera este valor. Los equipos utilizados en la ejecución de la prueba deben estar debidamente calibrados.

Organiza:



Con el apoyo de:





H.3.5.2 ENSAYOS DE CAMPO

NSR-22 (para aprobación)

Prueba de campo que sustituye ensayo de laboratorio	VST, CPT, CPTu, DTM	Presurómetro
Parámetro	Resistencia, consolidación y compresibilidad	
Consideraciones	Se debe verificar con pruebas básicas de laboratorio que la clasificación del suelo sea consistente. Se deberán corroborar además en al menos tres (3) a cinco (5) puntos con los resultados de pruebas de laboratorio sobre muestras inalteradas.	Se deben disponer de al menos dos determinaciones por cada material. En el procesamiento de resultados se debe calibrar con ensayos de laboratorio en al menos un punto por sondeo y se deberá considerar el efecto de anisotropía.

Organiza:

Con el apoyo de:





Curso virtual: **La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal**

Módulo 2. Riesgo geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Conferencia 4. Importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



TERREMOTO DE ECUADOR (16 ABRIL DE 2016), EVIDENCIA DE LICUACIÓN Y EFECTOS EN TERRAPLENES DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

Alvaro J. González García QDEP



Organiza:



Con el apoyo de:





La Supervisión Técnica y el Seguro Decenal

geotécnico y Supervisión técnica de cimentaciones
Comercencia y la importancia de la exploración y caracterización geotécnica del subsuelo para la correcta modelación numérica de cimentaciones.

Con el patrocinio de:



GRACIAS

Organiza:



Con el apoyo de:

