



Tecnología y Proyectos S.A.C. (TECPROSA)
Ingenieros Consultores

ENSAYOS DE PIEZOCONO



Aricota 106 Oficina 702, Surco, Lima-Perú :: Tel: (511) 260-9542 :: Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

EL ENSAYO CPTU

- Método versátil, rápido y preciso para la determinación de los parámetros geotécnicos de suelos, que van desde arenas gruesas hasta arcillas.
- Normas relacionadas:
 - ASTM D-5778 - 12
 - NTP 339.148:2000 (CPT, Mecánico)
 - prEN ISO 22476-1 (Proyecto)

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

TECPROSA

**EQUIPO DE EMPUJE
(10Ton)
Y
PIEZOCONOS
ELECTRÓNICOS**

fabricado por A.P. van den Berg
Machinefabriek de Holanda



28/08/2011

PARÁMETROS MEDIDOS POR EL PIEZOCONO

TECPROSA

TEST CERTIFICATE
Icone (all versions)

Supplier: A.P. x... Machiefabriek, Harenstein The Netherlands

Production-order: 5066

Client:

Cone-type: ELCI-CONE

Cone-number: 10101

test / To check item	Required value	Checked value
...	>0.5 G-Ohm	2 Gohm
...	5±0.2 mm	8 mm
...	Good	4.0 MPa
...	Good	2.0 MPa
...	Good	2.0 MPa
...	-2% X ± 2%	...
...	-2% Y ± 2%	...
...	Yes	...

INCLINACIÓN, I_c

FRICCIÓN LATERAL, f_s

PRESIÓN DE POROS, u_2

RESISTENCIA DE PUNTA, q_c

PRINCIPALES VENTAJAS DEL CPTU

1. Útil en exploraciones geotécnicas y ambientales.
2. Proporciona una estratigrafía continua, identificando pequeños lentes y capas.
3. Estima propiedades geotécnicas e hidrogeológicas.
4. Rápida colección e interpretación de datos (2 a 3 veces más rápido que los métodos tradicionales)
5. Ahorro por tiempo y calidad de información.
6. Ambientalmente amigable. NO produce desperdicios y NO requiere de agua.
7. Mayor seguridad operativa.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- El ensayo se ejecuta empujando hacia abajo un cono a una velocidad constante de 2 cm/s. Una serie de tubos (1 m de longitud y 3.6 cm de diámetro) van siendo añadidos a medida que se penetra en el suelo, y transmiten la fuerza de empuje proporcionada por un dispositivo hidráulico, el mismo que al jalar retira los tubos y el cono.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO CPTU



1. INSTALACIÓN DE LOS ANCLAJES
2. INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE EMPUJE
3. EMPUJE DEL CONO
4. LECTURA Y REGISTRO DIGITAL DURANTE EL PROCESO DE ENSAYO



PREPARACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



**INSTALACIÓN
DE ANCLAJES**

EQUIPO DE PIEZOCONO INSTALADO

TECPROSA





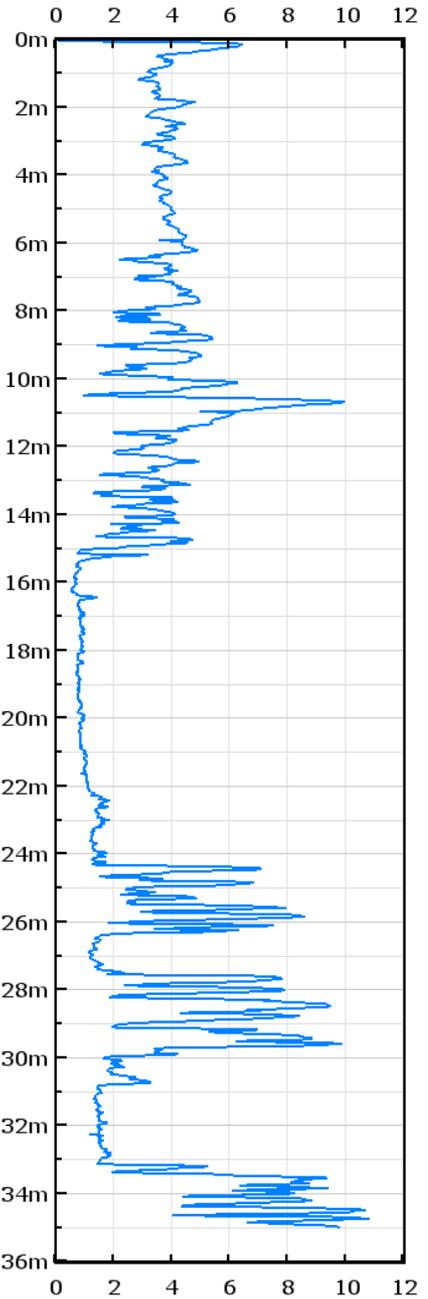
TOMA DE DATOS

Todos los datos se muestran en tiempo real, facilitando la toma de decisiones en campo.

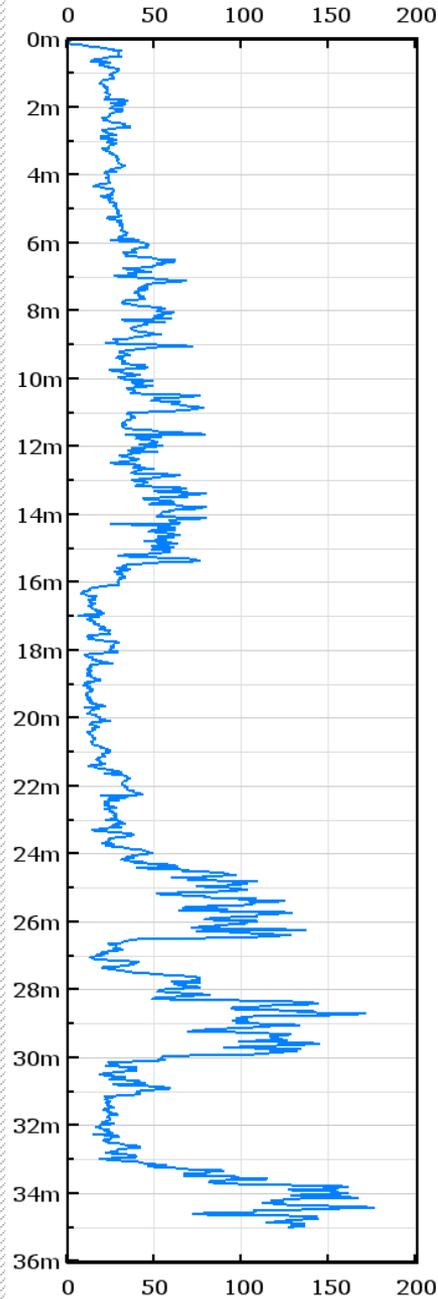




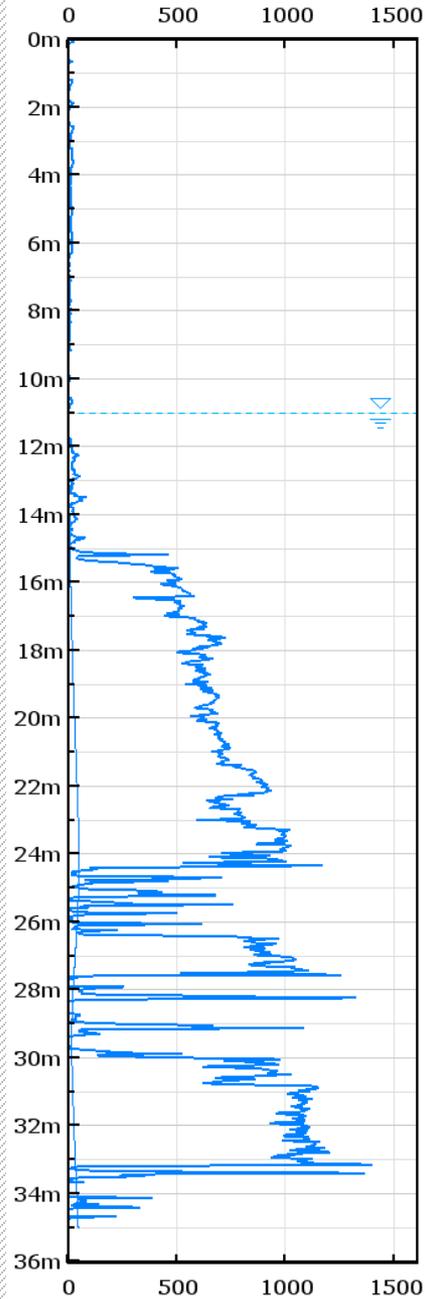
RESISTENCIA DE PUNTA (MPa)



FRICCIÓN DE MANGO (kPa)



PRESIÓN DE POROS (kPa)



**DATOS DE
CAMPO**

**MEDIDOS CON
EL PIEZOCONO**

Profundidad

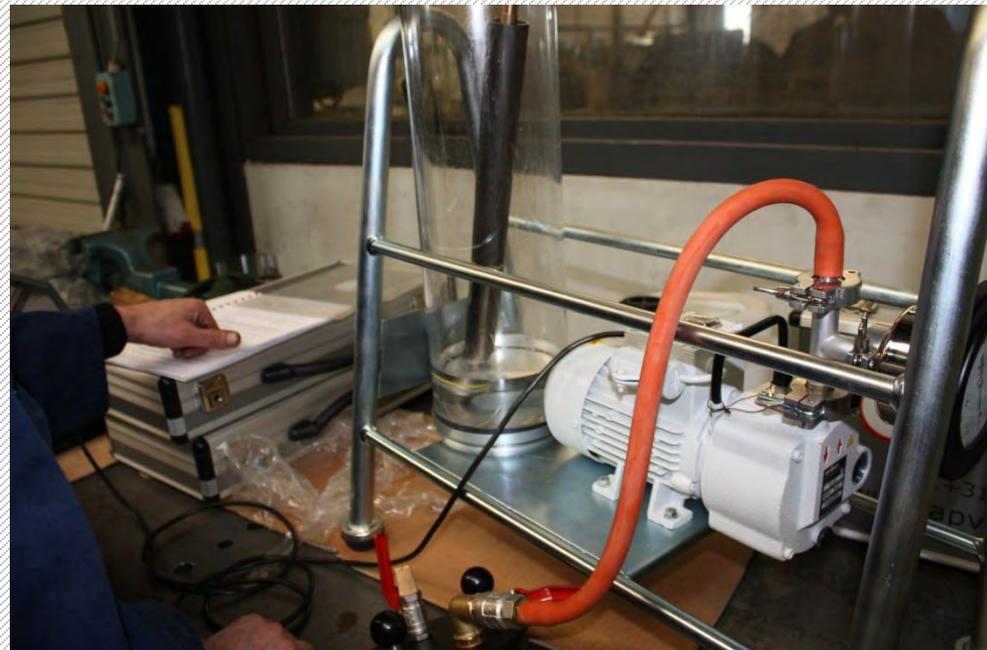


Tecnología y Proyectos S.A.C. (TECPROSA)
Ingenieros Consultores

COMPLEMENTOS DEL PIEZOCONO DIGITAL

BOMBA DE VACÍOS

Se emplea una bomba de vacíos (de-aireator) para eliminar cualquier burbuja de aire y asegurar la correcta saturación del filtro y piezómetro del piezocono. Una vez saturado, se cubre con un protector de caucho.



ENSAYOS DE DISIPACIÓN

Los ensayos de disipación se pueden realizar a cualquier profundidad del ensayo de penetración. Consiste en detener el avance del cono y registrar como se disipa la presión en el tiempo, hasta alcanzar la presión de equilibrio (estática).

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

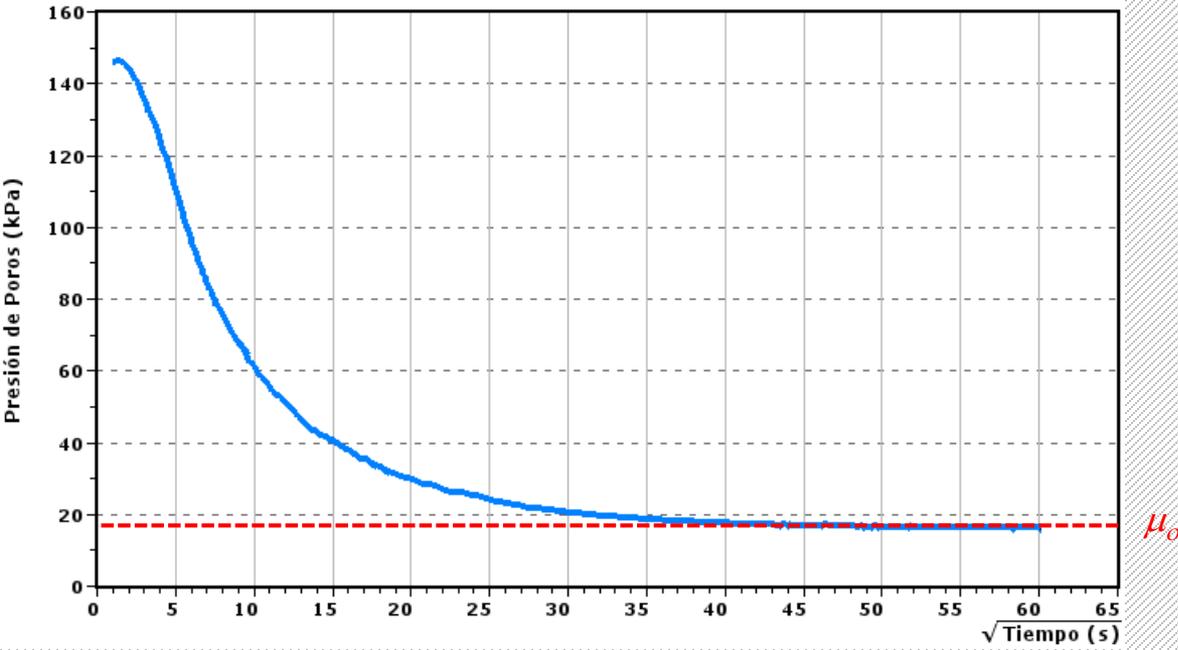
CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

CPT-4

TEST DE DISIPACIÓN - 5.06m



TECPROSA

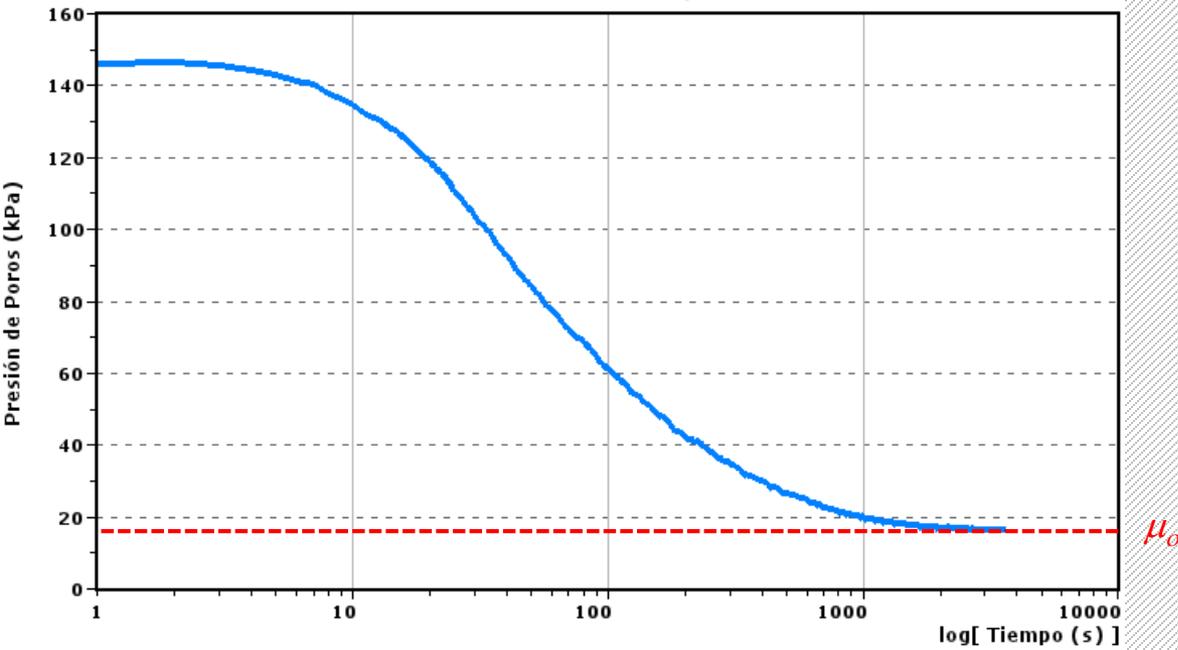
RESULTADOS DE UN
ENSAYO DE DISIPACIÓN DE
PRESIONES DE POROS EN:

μ_0

ESCALA DE RAÍZ DE TIEMPO

CPT-4

TEST DE DISIPACIÓN - 5.06m



μ_0

ESCALA LOGARÍTMICA

MÓDULO SÍSMICO

- El módulo sísmico le permite al piezocono digital actuar como un piezocono sísmico.
- El módulo que empleamos tiene 3 acelerómetros, los cuales son capaces de recibir y registrar ondas de corte a la izquierda y derecha, y ondas de compresión.
- Se conecta únicamente cuando sea requerido sobre el piezocono por medio de un adaptador, pudiendo conectarse incluso múltiples módulos para lecturas simultáneas.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

MÓDULO SÍSMICO

- El software de adquisición y almacenamiento de datos reconocerá automáticamente el módulo sísmico cuando esté conectado al sistema.
- Los resultados servirán para la determinación de la Velocidad de Onda de Corte (V_s).

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

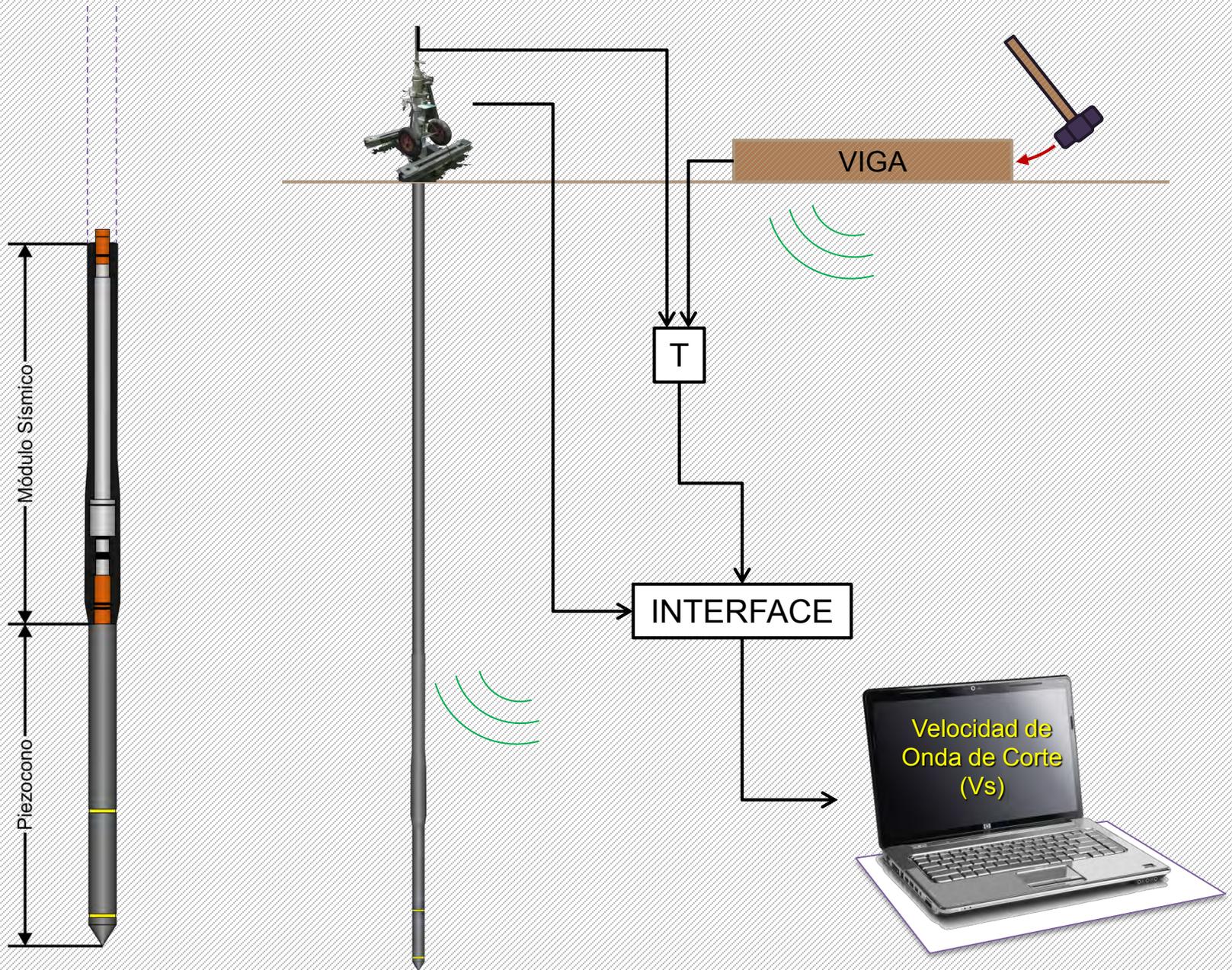
CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

ESQUEMA – MÓDULO SÍSMICO

TECPROSA

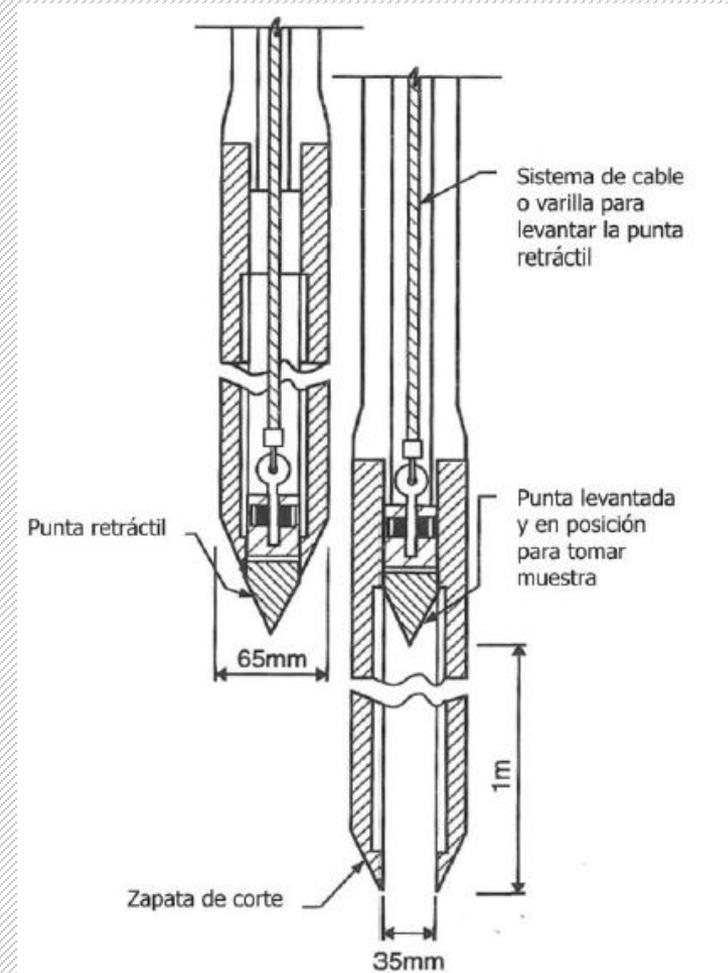




MÓDULO SÍSMICO

MUESTREADOR MOSTAP-PS

Es empleado para la obtención de muestras alteradas o de Suelos Contaminados, usando el equipo de empuje. Dichas muestras nos permite realizar ensayos químicos y granulométricos.



ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

TOMA MUESTRA



PUNTA CÓNICA RETRÁCTIL



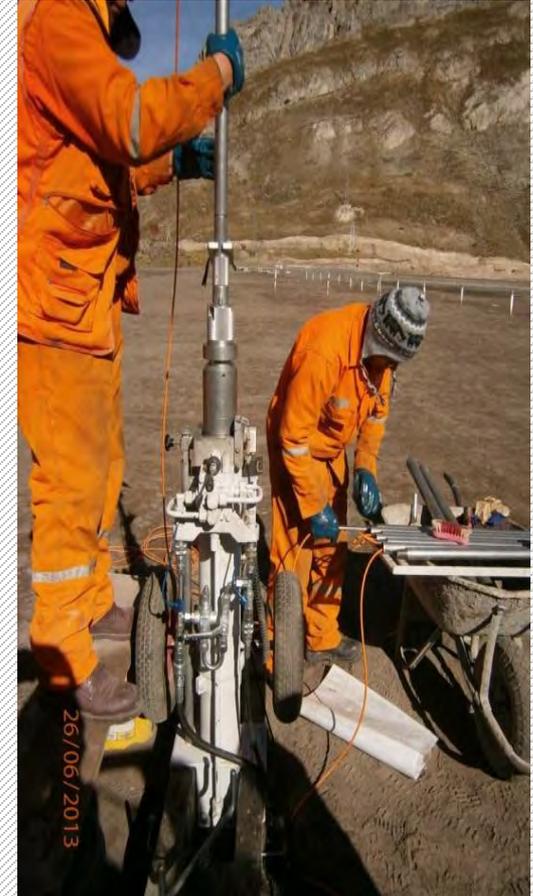
**SISTEMA DE CABLES
PARA LEVANTAR
LA PUNTA**



**MUESTREADOR MOSTAP-PS
PARA EXTRACCIÓN DE MUESTRAS ALTERADAS**

ENSAYO DE VELETA

- Este ensayo se realiza exclusivamente en arcillas y limos, de muy blandos a blandos.
- El ensayo consta de una varilla con cuatro hojas ortogonales entre sí, que es insertada en el suelo.
- La Veleta cuenta con una zapata guía y un casing que permite que el sistema sea empujado en el suelo por medio del equipo de empuje.



Norma ASTM D 2573.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

ENSAYO DE VELETA

- Al alcanzar la profundidad deseada, se aplica un torque a la varilla hasta que se produzca la falla del suelo por corte.
- Dicho torque es registrado y empleado para calcular la resistencia al corte no drenada. Mediante un procedimiento especial del mismo ensayo puede calcularse la resistencia residual.
- Puede realizarse a varias profundidades y sin necesidad de una perforación, lo que resulta en un incremento significativo en la productividad.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

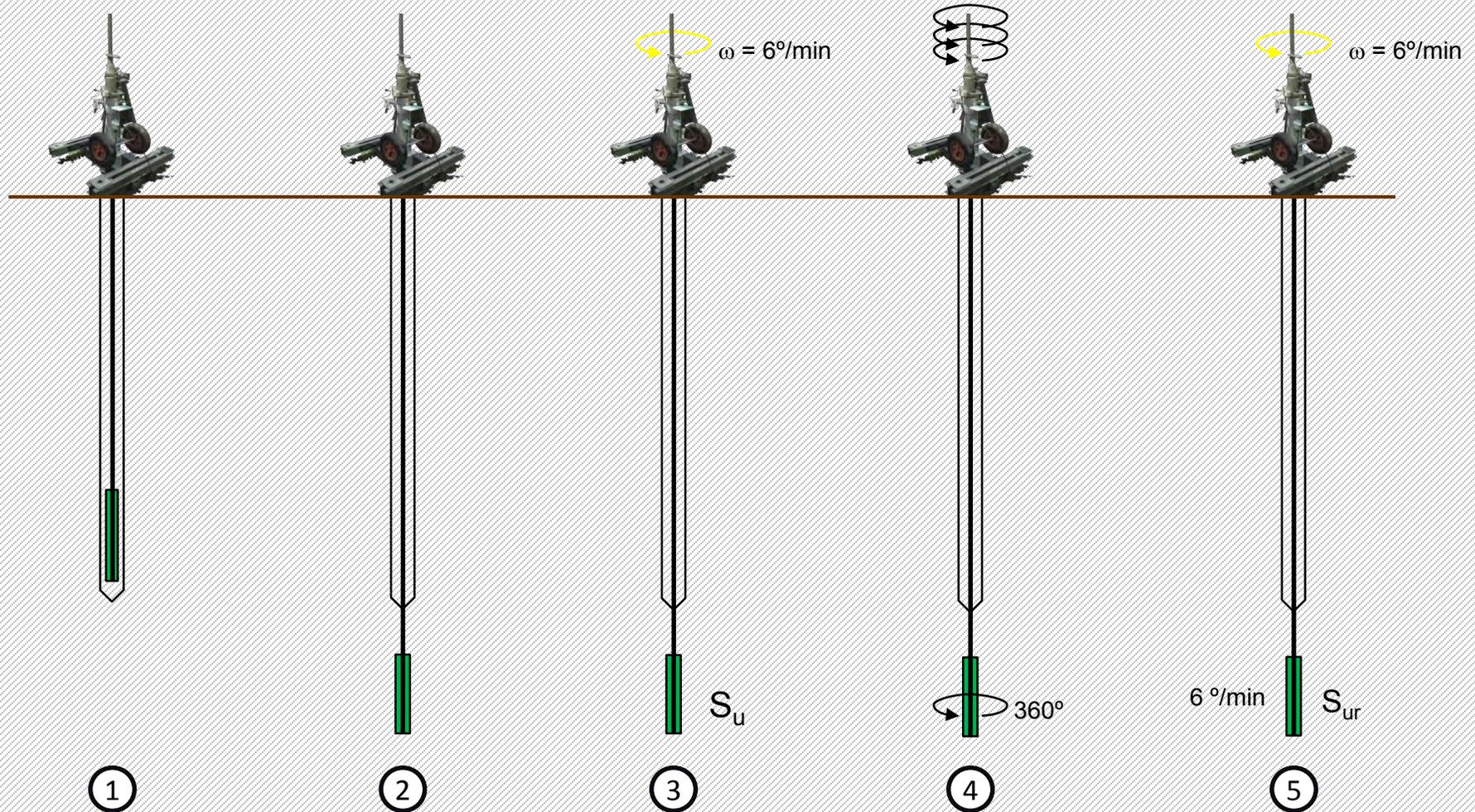
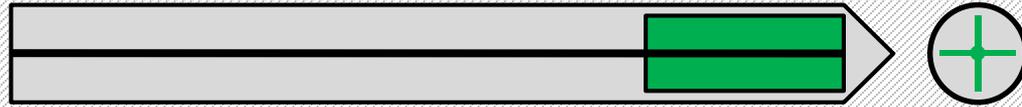
Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

ESQUEMA – ENSAYO DE VELETA (VST)

TECPROSA







Tecnología y Proyectos S.A.C. (TECPROSA)
Ingenieros Consultores

COMPARACIÓN CON EL SPT

DIFERENCIAS ENTRE SPT Y CPT

SPT

1. Variabilidad en lecturas debido a la técnica del operador, procedimiento de ensayo o equipo.
2. Requiere conocer la eficiencia según el tipo de martillo empleado
3. Intervalo mínimo entre ensayos es de 1m (tramo de 45cm).
4. Especialmente diseñado para arenas.

CPT/CPTU

1. Ensayo realizado con técnicas y equipos estandarizados, lo que minimiza los errores de operación.
2. El CPT no requiere corrección alguna.
3. Proporciona información detallada cada 2cm.
4. Da buena información en arenas y en suelos finos

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

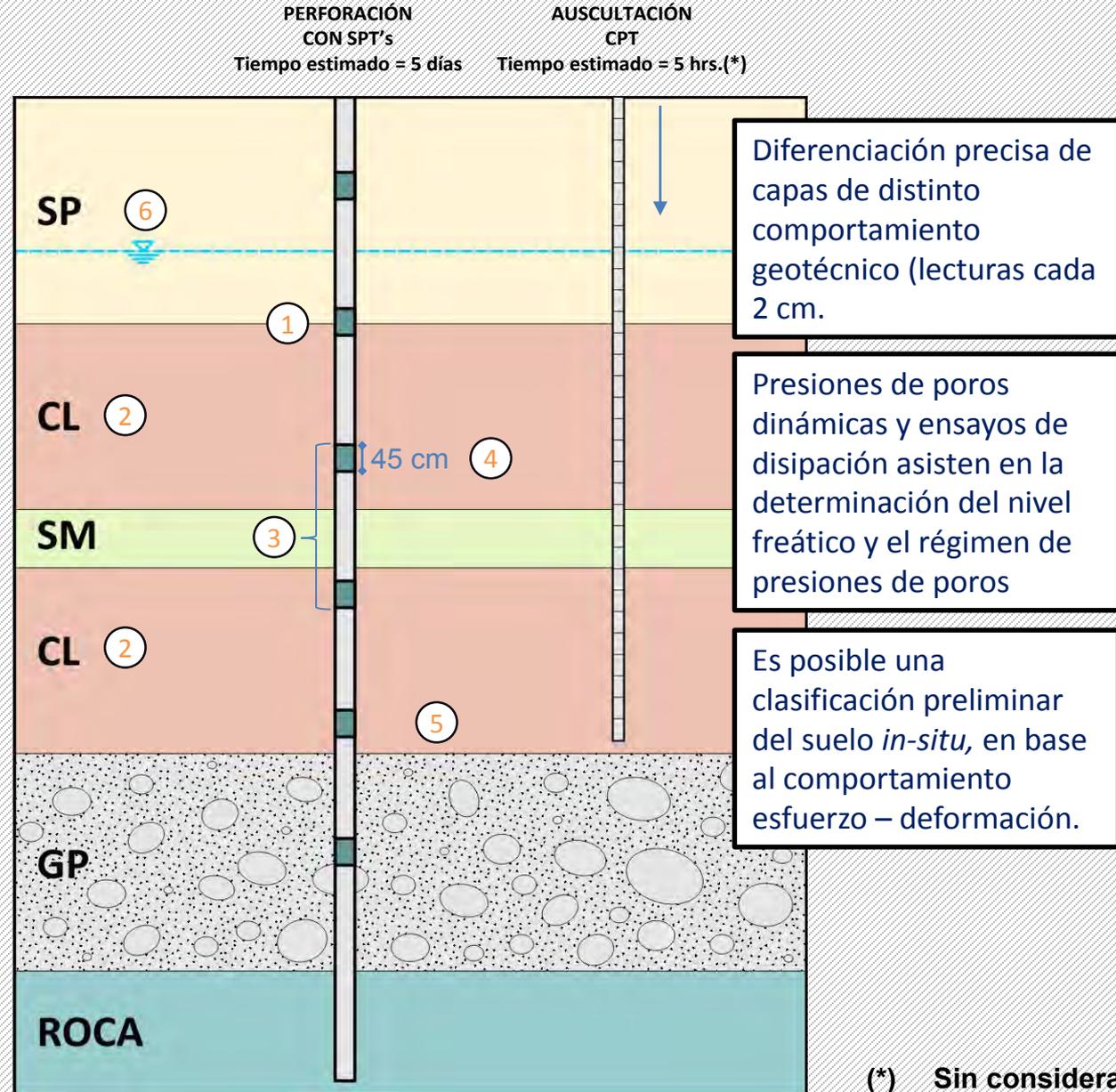
Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

COMPARACIÓN ENTRE ENSAYOS SPT Y CPTU

TECPROSA

1. Error probable por asumir un solo material en interface.
2. Interpretación de resultados es menos confiable en arcillas.
3. Lentes potenciales pueden ser ignorados por intervalo largo de ensayo (mín. 1m).
4. Pérdida de información de variaciones pequeñas por tramo largo de ensayo (45 cm.)
5. Sobrevaloración de resistencia por cercanía de estrato rígido.
6. Determinación del N.F. es menos confiable. Puede requerir piezómetros.



(*) Sin considerar disipaciones



Tecnología y Proyectos S.A.C. (TECPROSA)
Ingenieros Consultores

PARÁMETROS CALCULADOS

PARÁMETROS CALCULADOS

- La reducción de los datos de campo, la representación gráfica y la interpretación del CPTU pueden ser realizadas por TECPROSA a solicitud del CLIENTE.
- Contamos con los programas comerciales CPeT-IT, CLIQ, SECTION MAKER y SPAS 2009, producidos con el asesoramiento de P.K. Robertson.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

PARÁMETROS CALCULADOS

- TECPROSA (2011) ha desarrollado su propio programa de cómputo “TECLIQ”, para la determinación de los parámetros geotécnicos a partir de la data del CPTU.
- Hemos hecho uso de correlaciones desarrolladas por investigadores como Robertson, Mayne, Boulanger e Idriss, y de nuestra propia experiencia en la ejecución de Estudios Geotécnicos.
- El programa es de uso exclusivo para los proyectos que realizamos.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

Lista de Parámetros Calculados

1. Índice del Comportamiento del Suelo (I_c).
2. Peso Unitario (γ).
3. Ángulo de Fricción Efectivo (ϕ').
4. Resistencia al corte no drenada (S_u) y residual (S_{ur}).
5. Módulo de Corte para Deformaciones Pequeñas G_{MAX} .
6. Razón de Sobreconsolidación (OCR).
7. Razón de Resistencia Cíclica (CRR).
8. Coeficiente de Consolidación (c_h)
9. Permeabilidad
10. Modulo de Young (E)
11. Modulo de Compresión Confinada.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

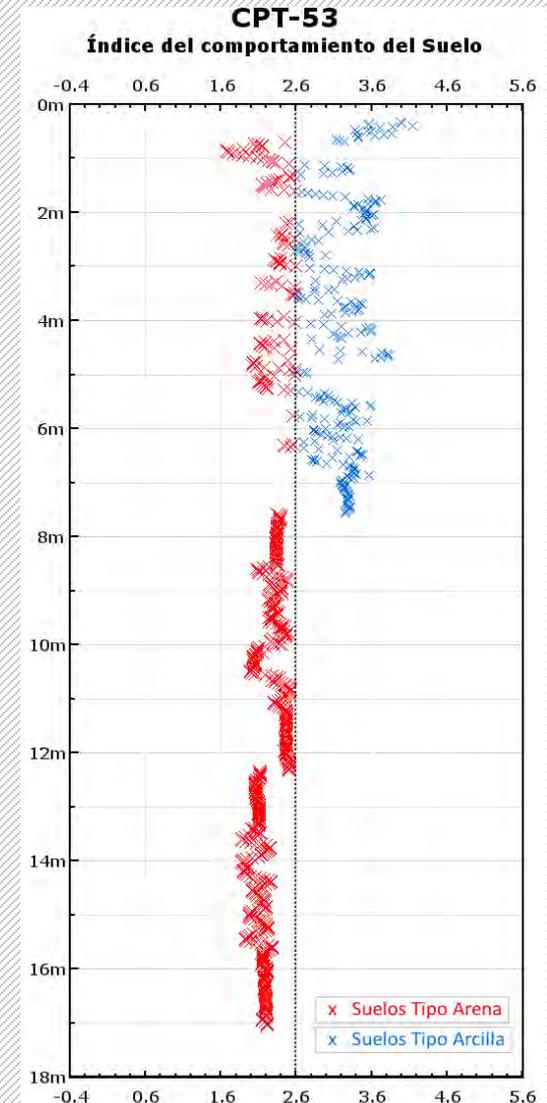
Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

Índice de Comportamiento (I_c)

- Valor que permite clasificar, en base a los resultados del ensayo CPTU, los materiales según su comportamiento.
- Con propósitos de análisis, los materiales de ensayo se pueden separar en suelos tipo arena ($I_c < 2.6$) y suelos tipo arcilla ($I_c \geq 2.6$).



ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

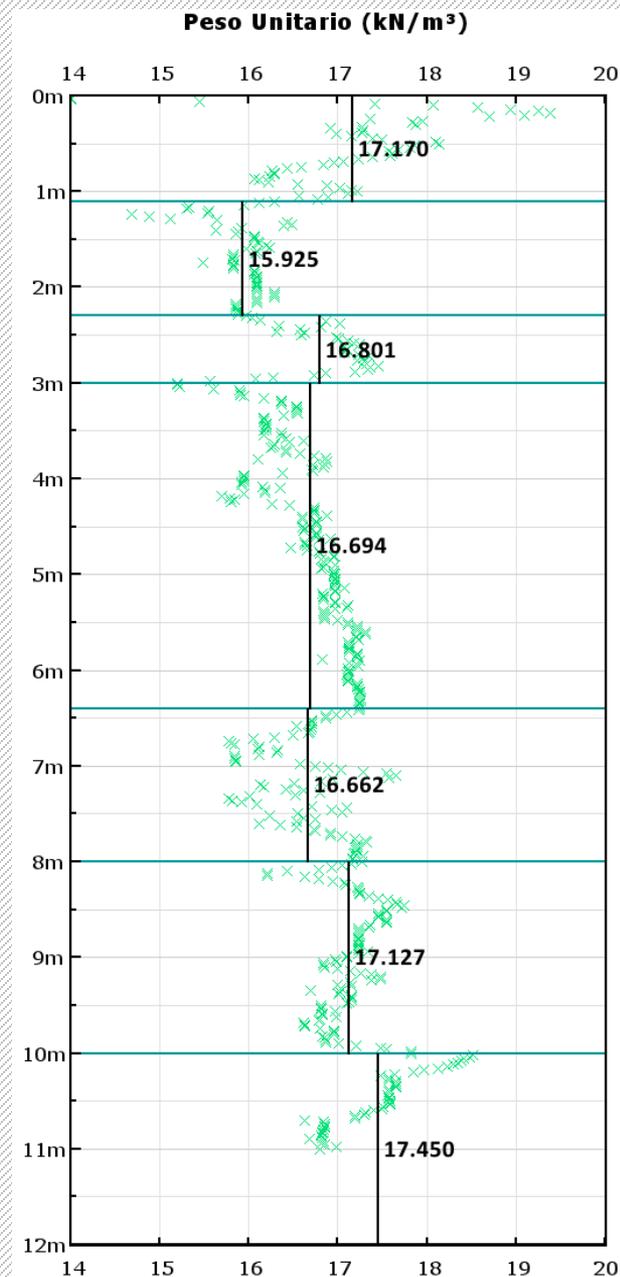
Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

Peso Unitario (γ)

Obtenido mediante la fórmula propuesta por Robertson y Cabal (2010). A diferencia de otros programas, el nuestro sí considera la influencia de la Gravedad Específica (G_s).



ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

Ángulo de Fricción (ϕ')

- En suelos tipo arena, se puede obtener este parámetro mediante las correlaciones de Kulhawy y Mayne (1990) para arenas de mineralogía diversa.
- En suelos tipo arcilla, se siguen las recomendaciones de Mayne (2005).
- Previo al cálculo de valores promedios en los diversos estratos, la data es refinada mediante procedimientos estadísticos.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

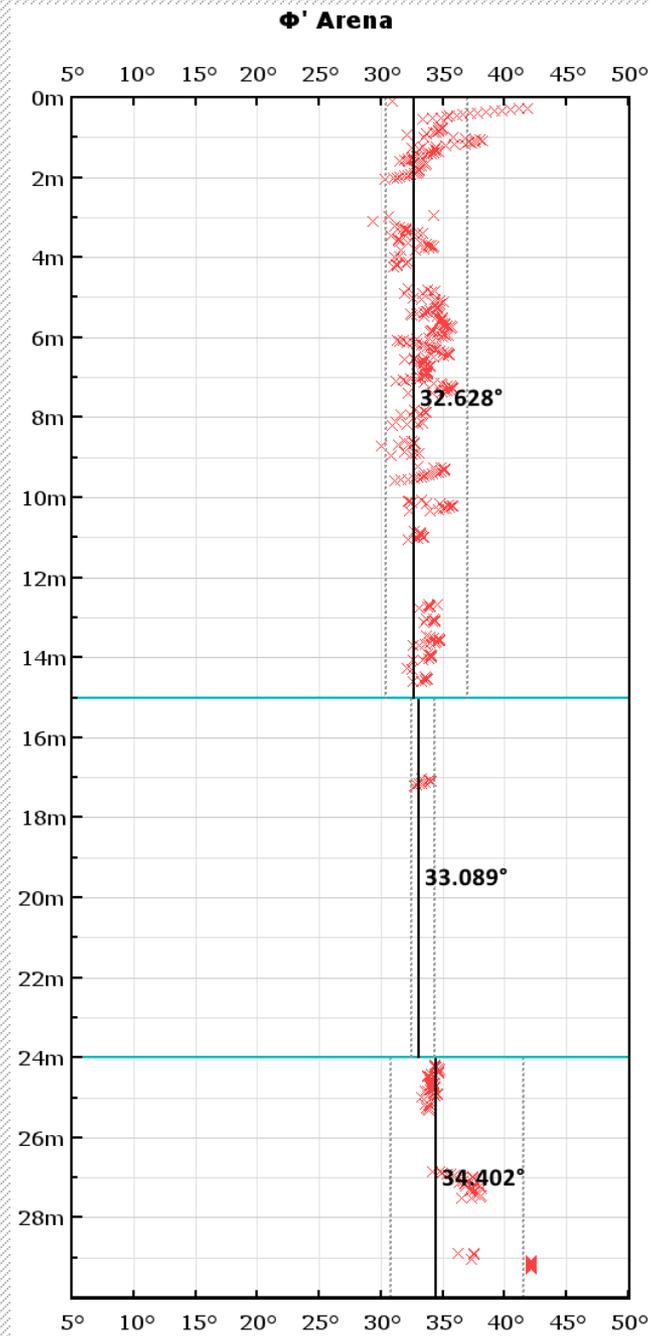
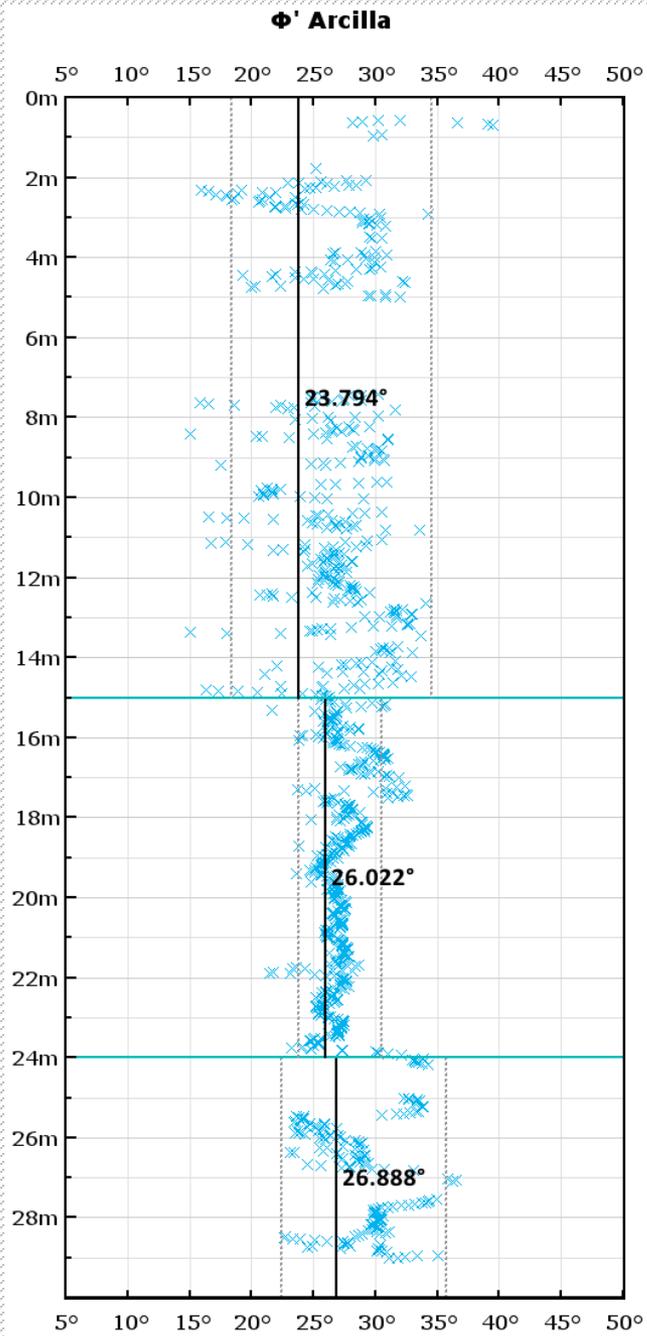
TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com



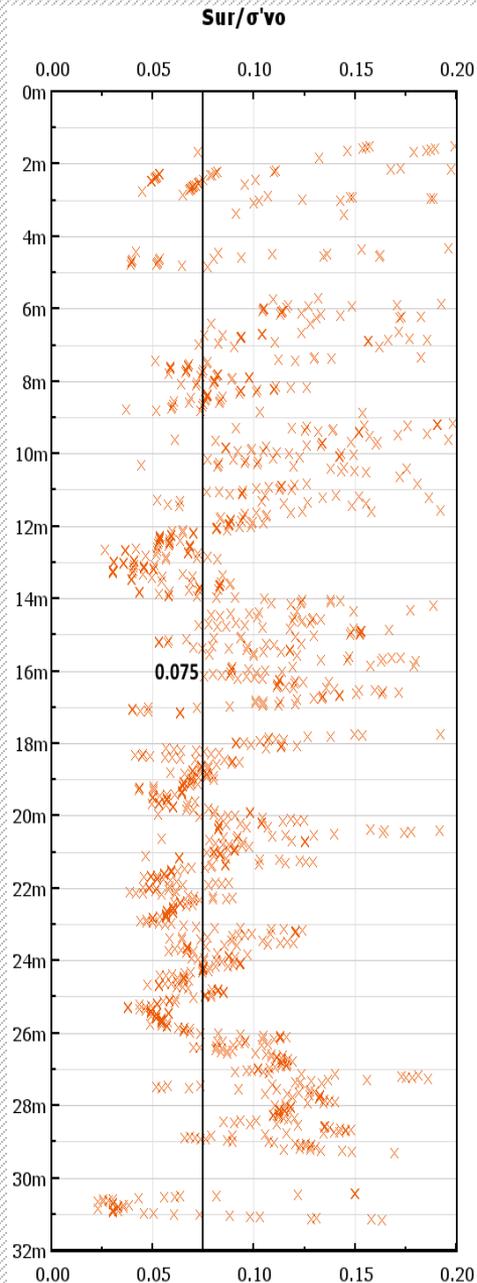
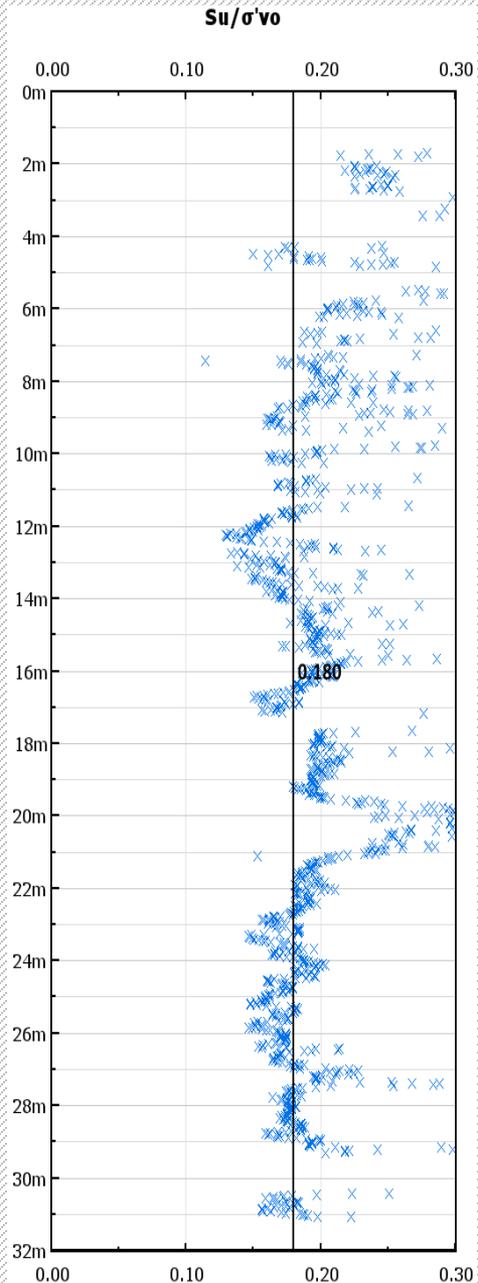
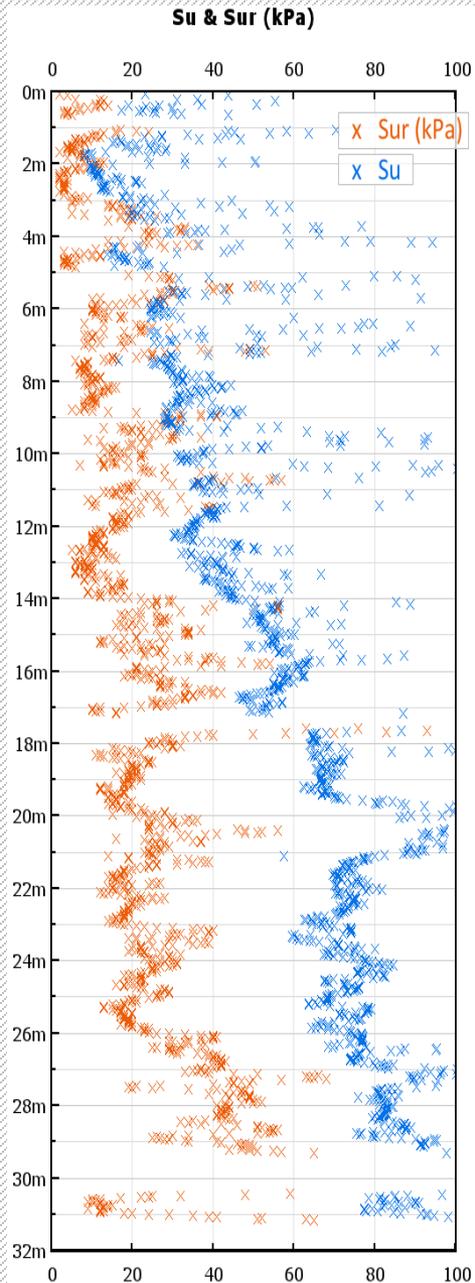
**ÁNGULO DE
FRICCIÓN
EFECTIVO vs.
PROFUNDIDAD**

**PARA SUELOS:
TIPO ARENA Y
TIPO ARCILLA**

Resistencia al corte no drenada (S_u) y Resistencia al corte residual no drenada (S_{ur})

- La resistencia al corte no drenada puede ser estimada mediante la metodología propuesta por Robertson (2010).
- El valor de la resistencia residual no drenada (S_{ur}) puede considerarse igual al de la fricción lateral, f_s , para suelos tipo arcilla.
- Para una mayor precisión, es recomendable la ejecución de ensayos de veleta o molinete.
- La razón:

$$\frac{S_u}{S_{ur}} = \text{Sensitividad de la Arcilla}$$

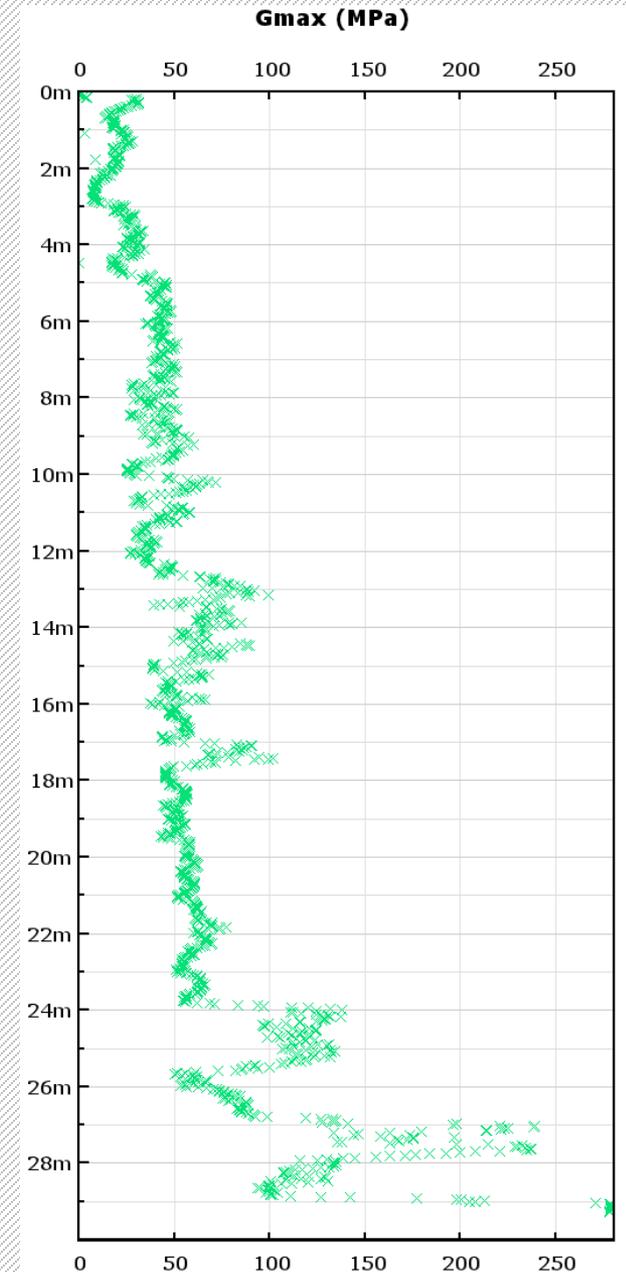


**RESISTENCIA AL
CORTE NO
DRENADA Y
RESIDUAL NO
DRENADA,
RESISTENCIA NO
DRENADA
NORMALIZADA
Y
RESISTENCIA
NO DRENADA
RESIDUAL
NORMALIZADA**

Módulo de Corte para Def. Pequeñas (G_{MAX})

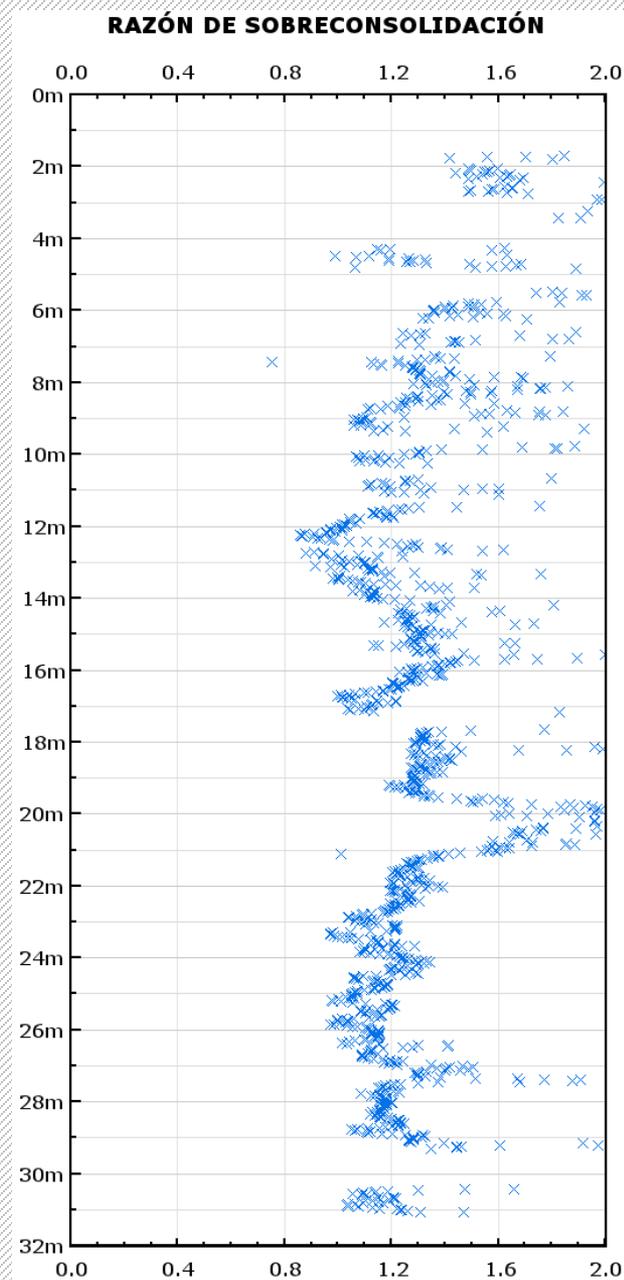
- Se emplea en la determinación de la respuesta dinámica de un suelo ante la ocurrencia de un evento sísmico.
- Puede ser estimado mediante el procedimiento descrito por Robertson (2009), o mediante el empleo del módulo sísmico.

$$G_{MAX} = \rho \times V_S^2$$



OCR o Razón de Sobreconsolidación

- Relación entre el esfuerzo de pre-consolidación y el esfuerzo vertical efectivo actual, y nos da una idea de los esfuerzos históricos.
- Puede estimarse en base a las relaciones propuestas por Mayne (2001) entre la data del CPT, el Índice de Plasticidad, IP, y el Esfuerzo Efectivo Vertical de Pre-consolidación.



ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

Coeficiente de Consolidación (c_h)

- Parámetro empleado para determinar el tiempo probable de duración del proceso de consolidación primaria.
- Puede ser determinado mediante ensayos de consolidación, o calculado mediante correlaciones con los datos del CPT.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

APLICABILIDAD DE DIVERSOS MÉTODOS DE ENSAYOS *IN-SITU*

Grupo	Dispositivo	Parámetros del Suelo												
		Tipo de Suelo	Perfil	u	ϕ' *	s_u	I_p	m_v	c_v	k	G_o	σ_h	OCR	$\sigma - \varepsilon$
Penetrómetros	Piezocono (CPTU)	A	A	A	B	B	A/B	B	A/B	B	B	B/C	B	C
	Piezocono Sísmico (SCPT/SCPTU)	A	A	A	B	A/B	A/B	B	A/B	B	A	B	B	B
	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	A	B	-	C	C	B	-	-	-	C	-	C	-
Otros	Veleta	B	C	-	-	A	-	-	-	-	-	-	B/C	B

Grupo	Dispositivo	Tipos de Suelo						
		Roca dura	Roca blanda	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Turba
Penetrómetros	Piezocono (CPTU)	-	C	-	A	A	A	A
	Piezocono Sísmico (SCPT/SCPTU)	-	C	-	A	A	A	A
	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	-	C	B	A	A	A	A
Otros	Veleta	-	-	-	-	-	A	B

Aplicabilidad: A = Alta, B = Moderada, C = Baja, - = Ninguna

ϕ' * = Dependerá del tipo de suelo

Definición de parámetros del Suelo: u = Presión de poros estática *in situ*, ϕ' = Angulo de fricción interna efectivo, s_u = Resistencia al corte no drenada, I_p = Índice de Densidad, m_v = Módulo de compresibilidad volumétrica, c_v = Coeficiente de consolidación, k = Coeficiente de permeabilidad, G_o = Módulo de corte para deformaciones unitarias pequeñas, σ_h = Esfuerzo horizontal, $\sigma - \varepsilon$ = relación esfuerzo-deformación.



Tecnología y Proyectos S.A.C. (TECPROSA)
Ingenieros Consultores

APLICABILIDAD DE RESULTADOS

CLASIFICACIÓN POR COMPORTAMIENTO AL CORTE

- La clasificación SUCS es de naturaleza física y no capta el comportamiento al corte del suelo ante la penetración, lo que sí se logra usando el método de clasificación por comportamiento basado en resultados del ensayo CPTU.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

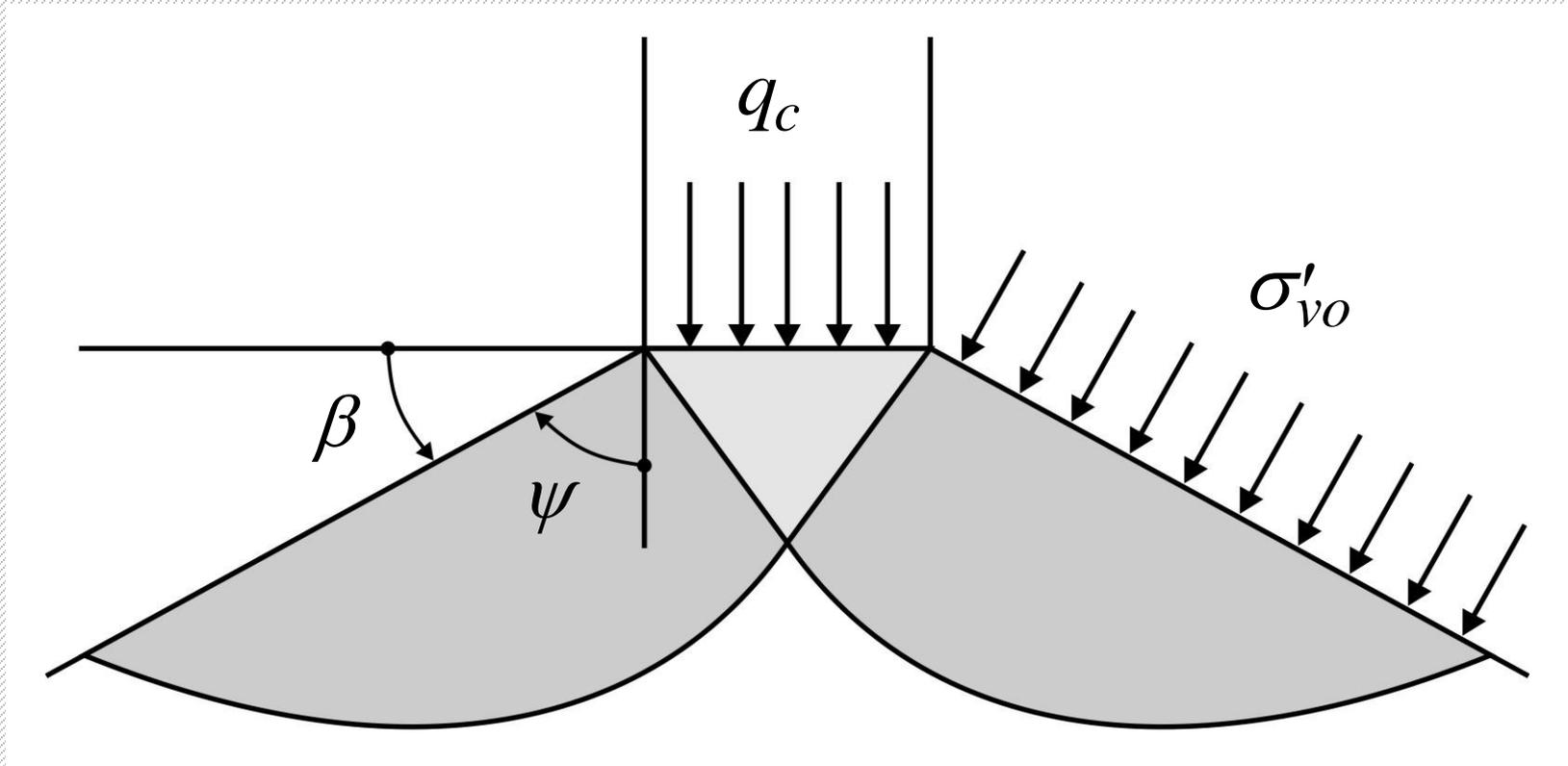
MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

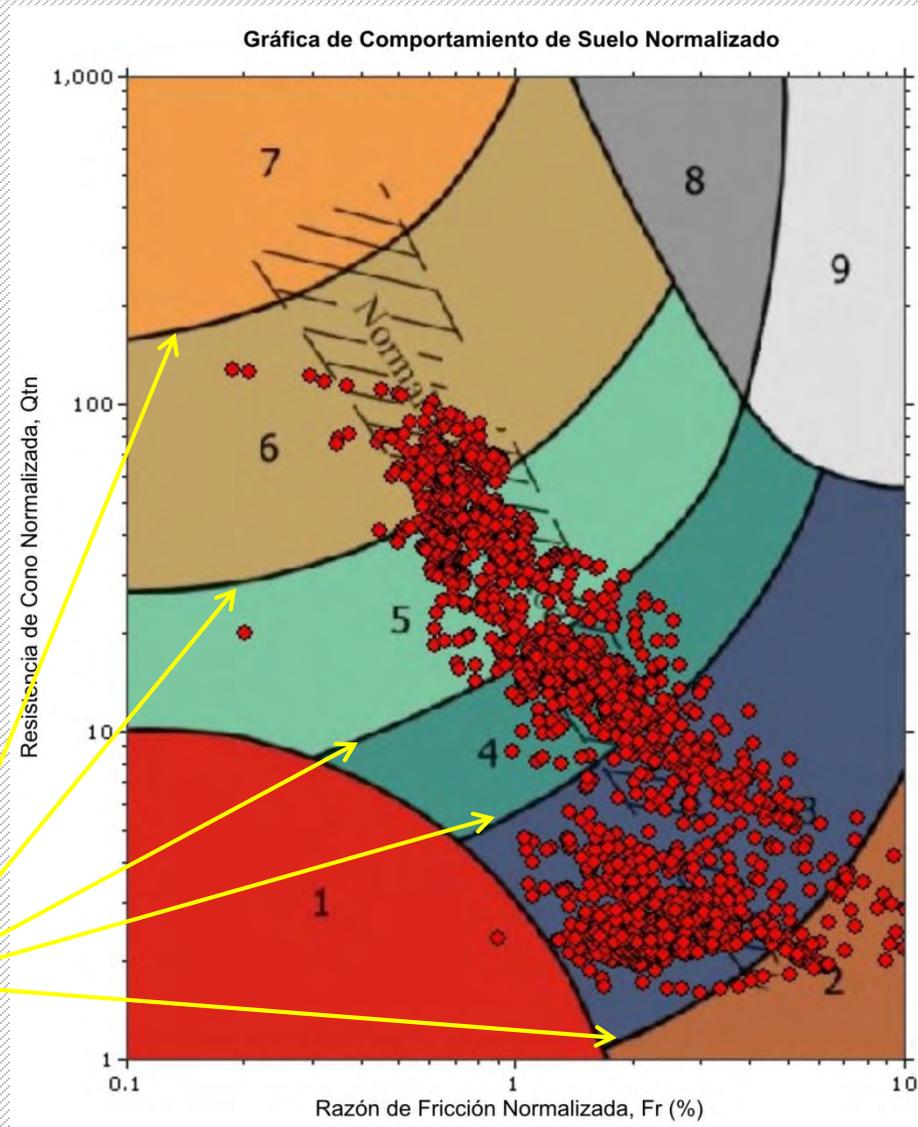
Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

COMPORTAMIENTO AL CORTE DEL SUELO ANTE LA PENETRACIÓN DEL CONO



CLASIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO



CÍRCULOS CONCÉNTRICOS EN BASE A LOS VALORES DE I_c

SBTn legend

- | | | |
|--|---|---|
| ■ 1. Sensitive fine grained | ■ 4. Clayey silt to silty clay | ■ 7. Gravely sand to sand |
| ■ 2. Organic material | ■ 5. Silty sand to sandy silt | ■ 8. Very stiff sand to clayey sand |
| ■ 3. Clay to silty clay | ■ 6. Clean sand to silty sand | ■ 9. Very stiff fine grained |

ZONA	CLASIFICACION DE COMPORTAMIENTO, SBTn o SBT
1	Suelo sensitivo de grano fino
2	Arcilla - Suelo Orgánico
3	Arcillas: Arcilla a Arcilla limosa
4	Mezclas de Limo: Limo arcilloso a Arcilla limosa
5	Mezclas de Arena: Arena limosa a Limo arenoso
6	Arenas: Arenas limpias a Arenas limosas
7	Arena Densa a Arena gravosa
8	Arena muy densa a Arena arcillosa sobreconsolidada o cementada
9	Suelo fino duro sobreconsolidado o cementado

Cuadro 2.4

Límites del Comportamiento del Suelo, Robertson (1990)
Límites del Tipo de Comportamiento del Suelo, Robertson (1990)

Índice de Comportamiento del Suelo I_c	Zona	Descripción del Tipo de Comportamiento, SBTn
$I_c < 1.31$	7	Arena Densa a Arena gravosa
$1.31 < I_c < 2.05$	6	Arenas: Arenas limpias a Arenas limosas
$2.05 < I_c < 2.60$	5	Mezclas de Arena: Arena limosa a Limo arenoso
$2.60 < I_c < 2.95$	4	Mezclas de Limo: Limo arcilloso a Arcilla limosa
$2.95 < I_c < 3.60$	3	Arcillas: Arcilla a Arcilla limosa
$3.60 > I_c$	2	Arcilla - Suelo Orgánico

CLASIFICACIÓN POR COMPORTAMIENTO VS. FÍSICA

- Los resultados CPT y SPT pueden ser empleados simultáneamente.
- TECPROSA (2011) correlacionó la clasificación SUCS de muestras extraídas en perforaciones contiguas a ensayos CPTU con la clasificación de comportamiento del suelo.
- La correlación entre estos dos tipos de clasificación, aunque imperfecta, llega a coincidir en la mayoría de los casos.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542

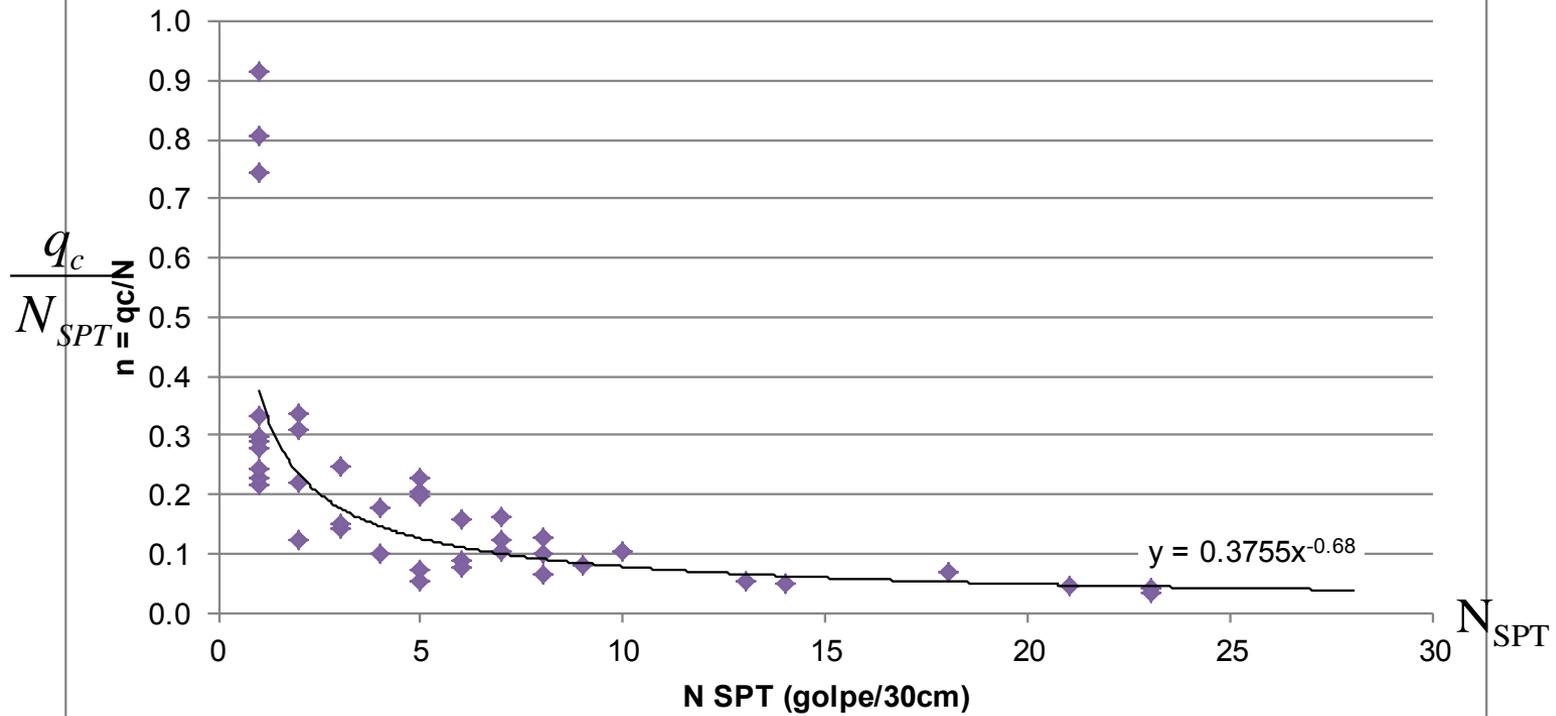
Fax: (511) 273-7840

www.tecprosa.com

CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES N_{SPT} Y q_c DEL ENSAYO CPTU

Figura 2.1

N_{SPT} vs q_c/N_{SPT} - Relaves Tipo Arcilla



Nota: q_c en MPa

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

- Análisis del Régimen de Presiones de Agua de poros.
- Análisis de Capacidad Portante y de asentamientos diferenciales en suelos de apoyo conformados por arenas, limos y arcillas.
- Estimación del Factor de Seguridad contra Licuación/Falla Cíclica.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

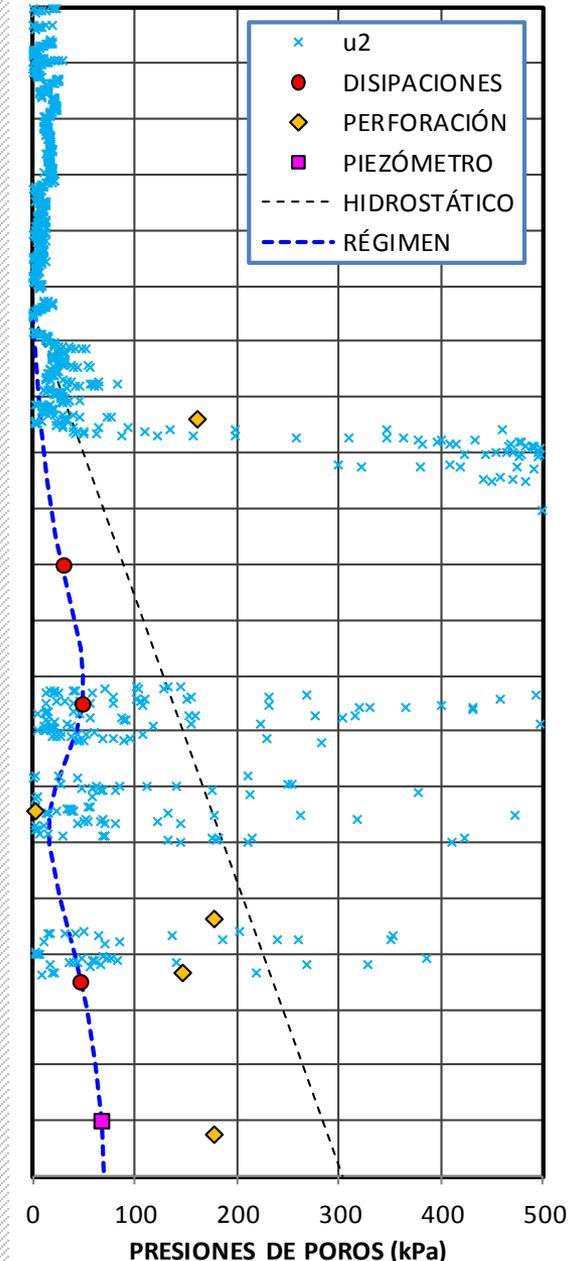
CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

Presión de Poros

- Es capaz de determinar el régimen de presiones de agua en los poros del suelo mediante la ejecución de ensayos de disipación en profundidades claves.
- Las lecturas de presiones de poros dinámicas (μ_2) asisten en determinar la variación de las presiones de poros estáticas con la profundidad en arenas.



Análisis de Licuación/Falla Cíclica

- El mecanismo de activación de la licuación de suelos tipo arena y la falla cíclica de suelos tipo arcilla es semejante, sin embargo los valores de $K\alpha$, $K\sigma$, y MSF (Factor de Ajuste por Magnitud), y los procedimientos para cada caso son diferentes.
- Un análisis dinámico es efectuado para calcular la respuesta de los suelos ante un sismo determinado. Esto se realiza con los programas SHAKE2000 (lineal) o D-MOD2000 (no lineal).

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

Análisis de Licuación/Falla Cíclica

- Estimaciones preliminares pueden efectuarse con programas comerciales.
- Para estimaciones más precisas, empleamos nuestro programa, el cual considera regímenes de variaciones de presiones de poros hidrostáticas y no hidrostáticas, un cálculo diferenciado de la Resistencia Cíclica para suelos tipo arena y suelos tipo arcilla, y factores de corrección en caso se trate de relaves arcillosos.

ANÁLISIS Y DISEÑO

SUPERVISIÓN DE OBRA

GERENCIA EN
CONSTRUCCIÓN

PERFORACIÓN Y
GEOTECNIA

TOPOGRAFÍA

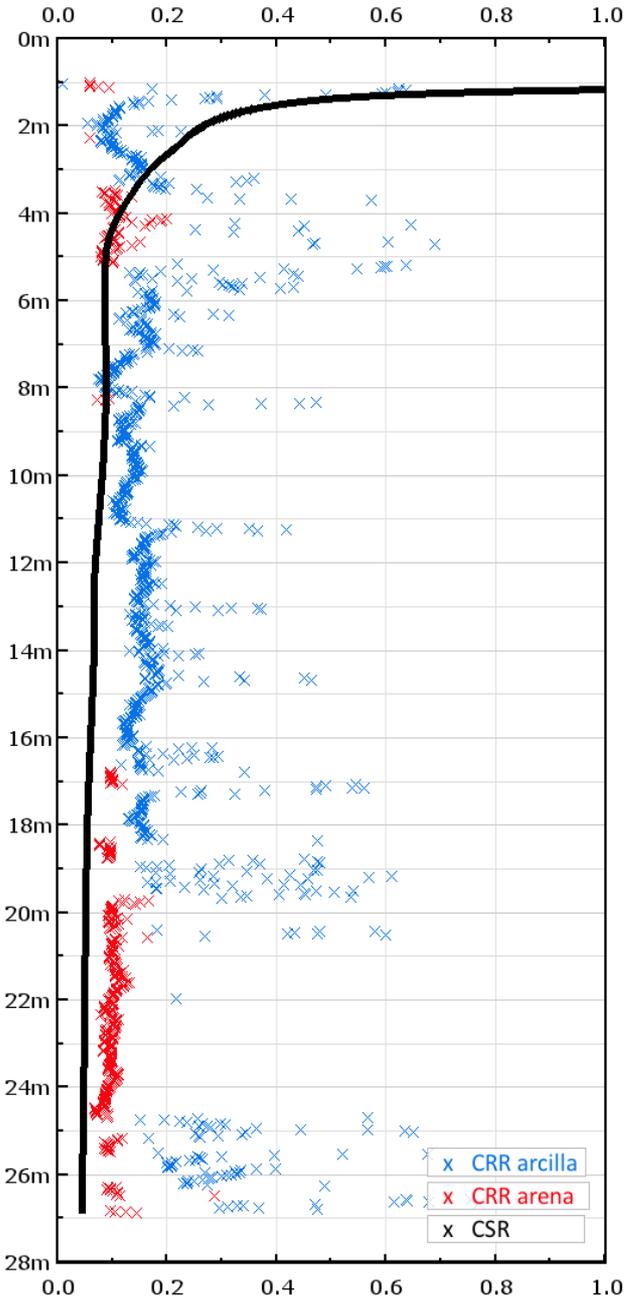
MEDIO AMBIENTE

CIMENTACIONES

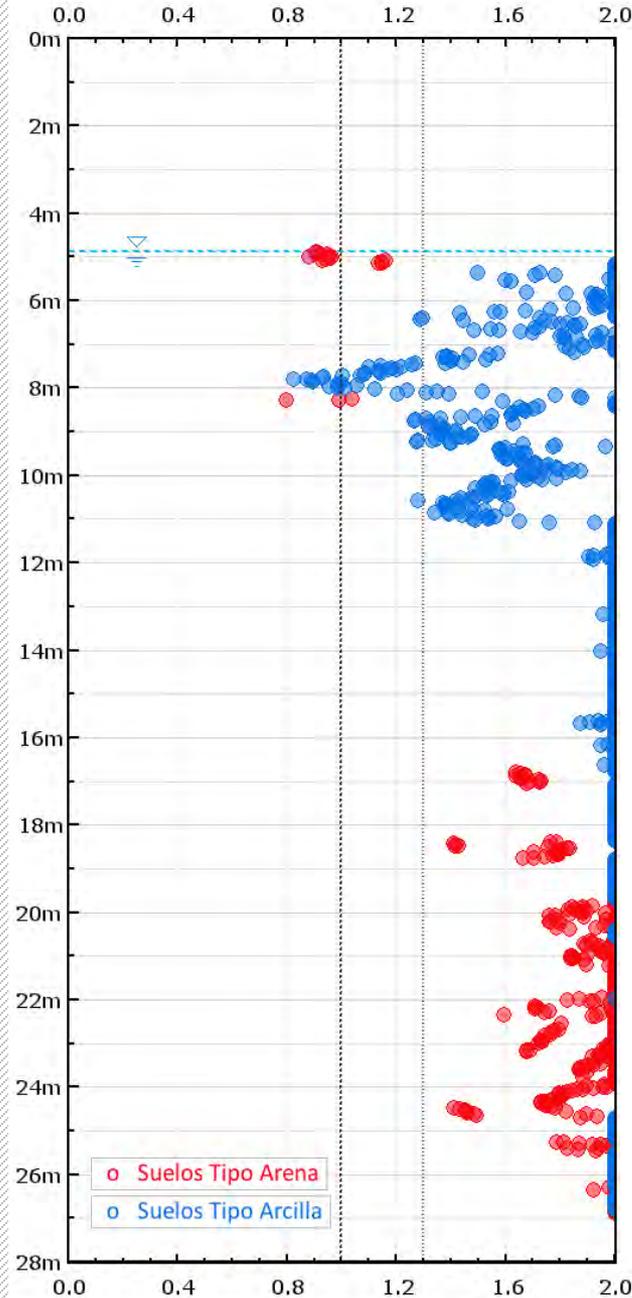
Aricota 106 Oficina 702,
Surco, Lima-Perú

Tel: (511) 260-9542
Fax: (511) 273-7840
www.tecprosa.com

CSR & CRR



Factor de Seguridad



GRÁFICA DE RAZÓN DE ESFUERZO CÍCLICO (CSR) Y RAZÓN DE RESISTENCIA CÍCLICA (CRR), Y DEL FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA LICUACIÓN/FALLA CÍCLICA



Tecnología y Proyectos S.A.C. (TECPROSA)
Ingenieros Consultores

GRACIAS

Para más información, visite:

www.piezocono.com

www.scptu.com