

III JORNADA DE PRESENTACIÓN DE GRUPOS DE TRABAJO PIANC (WG 144): DRAGADOS VS GEOTECNIA

Miércoles, 8 de febrero de 2017
Salón de actos de Puertos del Estado



Asociación
Técnica de
Puertos y
Costas

Reconocimientos Geotécnicos en Proyectos Marinos



Marcelo Devincenzi
Igeotest, S.L.

Introducción

Normativas y Recomendaciones

Hidrografía y Geofísica (breve)

Muestras superficiales fondo marino

Piezoconos submarinos

Plataformas

Barcos de perforación

Perforación submarina autónoma

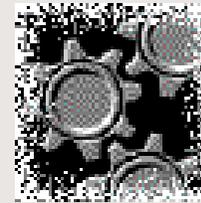
INTRODUCCIÓN

Investigación Geotécnica

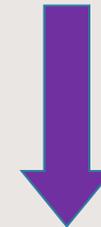
Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- ▶ Identificación de las capas del subsuelo
- ▶ Determinación de sus propiedades físicas y mecánicas

- Ensayos de campo
 - Geofísica
 - Calicatas
 - Sondeos y muestras
 - Ensayos *in situ*
 - Ensayos a escala real
- Ensayos de laboratorio



Caracterización



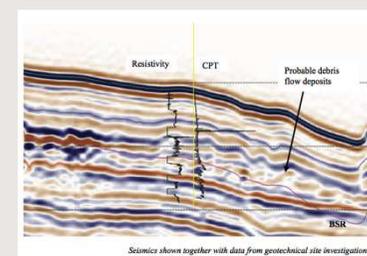
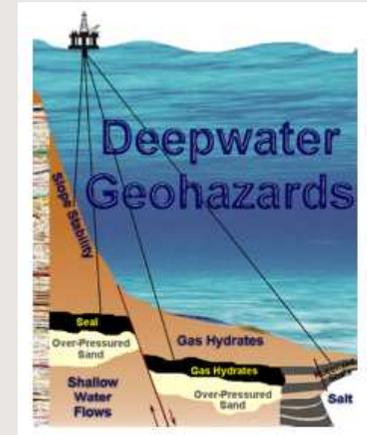
Modelización

Investigación en mar

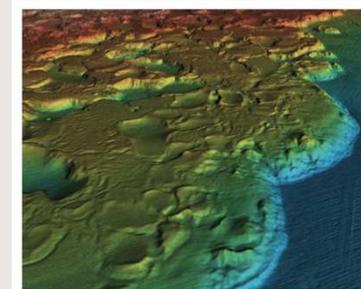
Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

Intervienen distintas disciplinas, muchas veces en un mismo medio

- ▶ Oceanografía
- ▶ Geofísica marina
- ▶ Arqueología
- ▶ Medio Ambiente – Inventario ambiental
- ▶ Biología marina
- ▶ Geología
- ▶ Geotecnia



Seismics shown together with data from geotechnical site investigation



Salt diapirs, Gulf of Mexico (Courtesy of USGS)

Fuente imágenes: Offshore Geohazards, NGI, 2005

Normativas y Recomendaciones

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

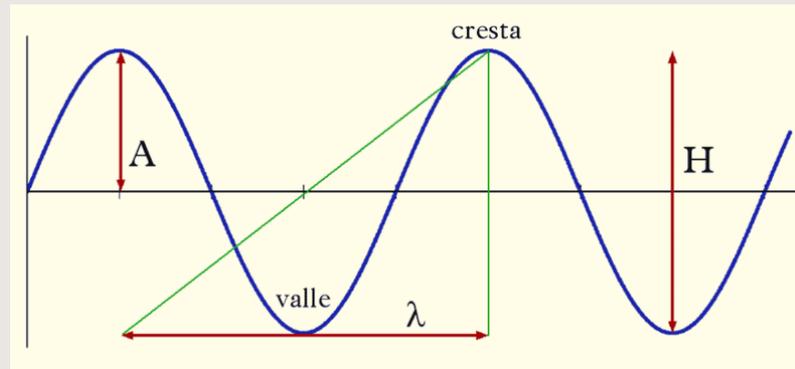
- Rom 0.5-05 Recomendaciones para Obras Marítimas y Portuarias. Puertos del Estado.
- ISO 19901-8 (Norsok-G-001) Marine Soil Investigations. TC 67/WG7 2010, borrador.
- ISSMGE TC1 Geotechnical & Geophysical Investigations for Offshore and Nearshore Developments, 2005. Review.
- Det Norske Veritas (DNV)
 - DNV-OS-J101 Design of offshore wind turbine structures, 2010.
 - DNV CN 30.4 Classification Notes Foundations.
- BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie), Alemania.
 - Standard for Ground investigations for offshore wind farms, 2008.
 - Standard for Geotechnical Site and Route Surveys, 2003.
- Guidance Notes on Geotechnical Investigation for Offshore Renewable Energy Projects, 2005. OSIG-SUT.
- PIANC, 2000. Report Site Investigation Requirements for Dredging Works.
- PIANC 2016, Report 144. Classification of Soils and Rocks for the Maritime Dredging Process, Part 2, Site Investigation.

ESTUDIOS PRELIMINARES

Offshore, nearshore....

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

¿Aguas profundas o someras?



AGUAS PROFUNDAS	AGUAS SOMERAS
Profundidad $\gg \lambda/2$	Profundidad $\ll \lambda/2$
Las olas no afectan el fondo	La ola se hace elíptica y afecta el fondo marino

➔

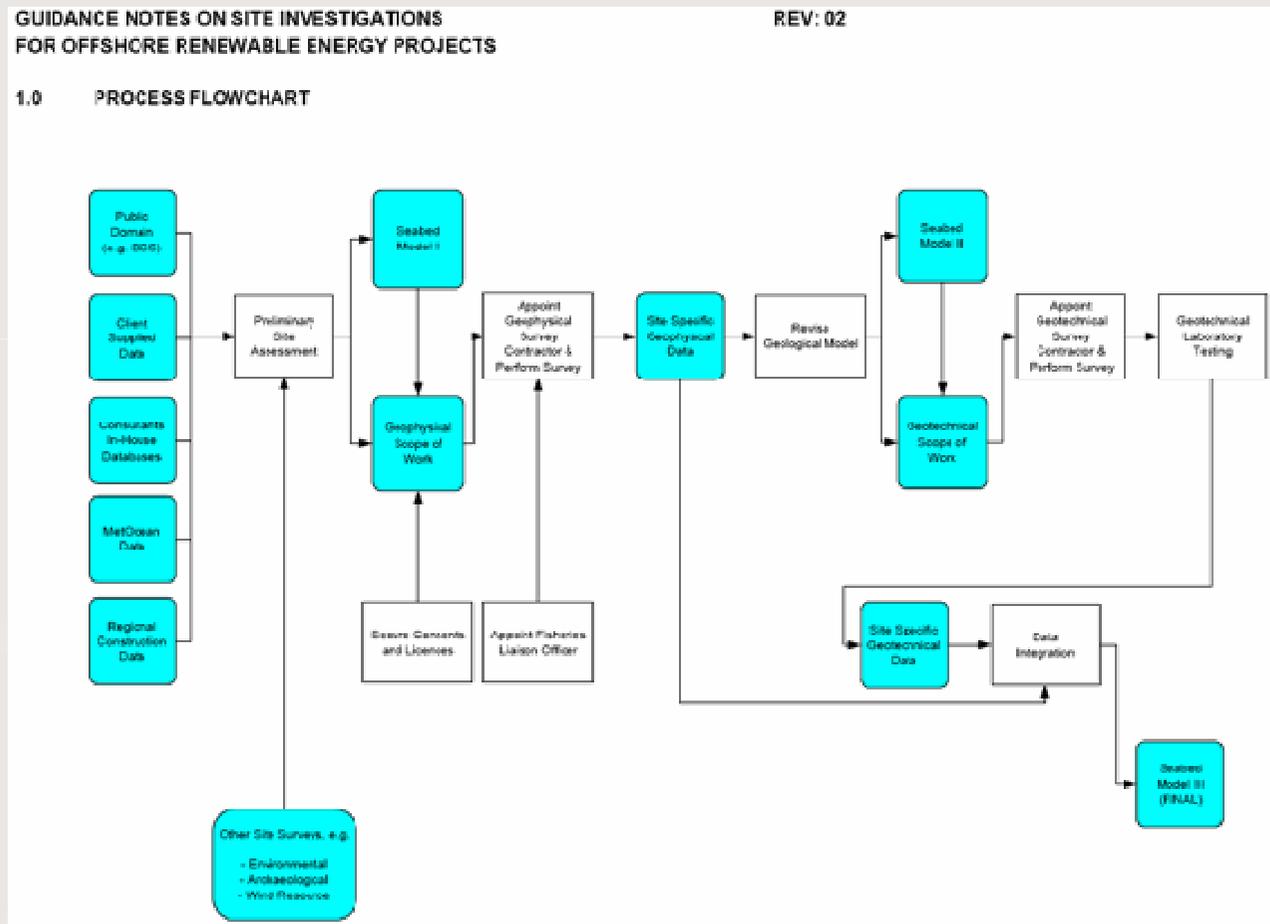
- Reducción en la longitud de la ola.
- Incremento de la pendiente A/λ de la ola hasta finalmente romper si profundidad = $H \cdot 1,3$.
- Incremento de corriente orbital en el fondo marino.

► Práctica: *offshore* si profundidad > 30 m aprox.

Preliminares

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Desk studies (gabinete)
- Planificación



BATIMETRÍA Y GEOFÍSICA

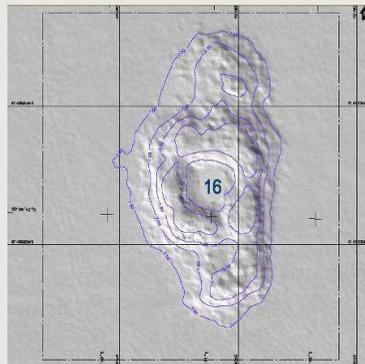
Hidrografía

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

Información del fondo marino (profundidad del agua)
Sonares, basados en reflexión de pulsos ultrasónicos
Diferentes frecuencias de operación

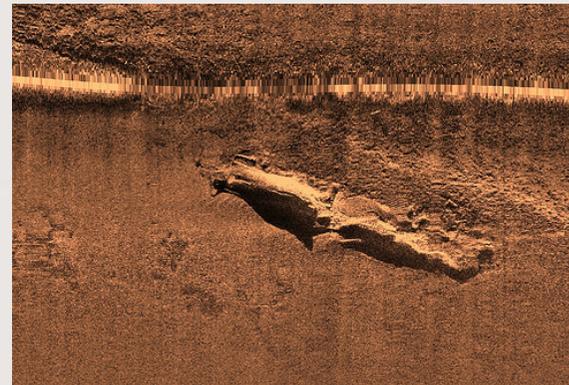
- ▶ Sistemas para batimetrías (ecosondas monohaz o multihaz)
- ▶ Espesor sedimentos superficiales (altas y bajas frecuencias a la vez)

Ecosondas monohaz o multihaz



Batimetría de detalle

Sonar de barrido lateral

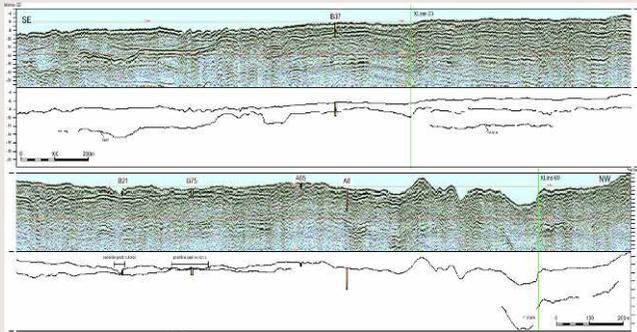


plano morfológico del fondo marino

Información cualitativa de suelos o rocas bajo el fondo marino

- Toma de datos
- Procesado de datos
- Entregables (factual reports)
- Interpretación de datos
- Entregables interpretados

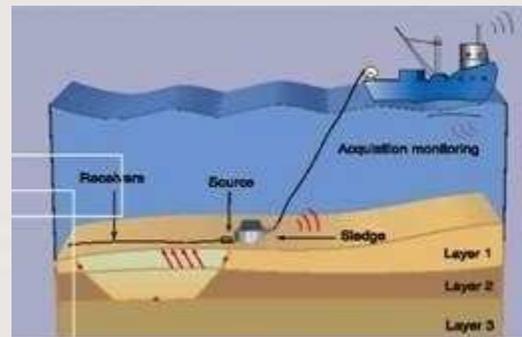
Sísmica Reflexión de Alta Resolución (sub-bottom profiling)



Menores frecuencias, mayor penetración
Mayor frecuencia, mejor resolución

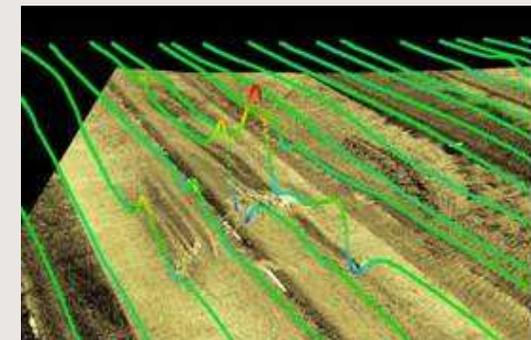
- Sparkers
- Boomers
- Pingers

Sísmica de refracción



Velocidad de la ondas sísmicas
Correlaciones con parámetros
Correlaciones con dragabilidad

Magnetómetro



Localización restos ferromagnéticos

- Pecios
- Tuberías metálicas
- UXOs

GEOTECNIA: MUESTRAS Y ENSAYOS

Equipos para muestras submarinas

- Drilling mode sampling
 - Plataforma fija (jack up o SEP)
 - Plataforma flotante (barge)
 - Barco de perforación
 - Perforación remota submarina
- Non drilling mode
 - Tomamuestras diversos

Geotecnia, herramientas

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

► Toma de muestras superficiales (desde el fondo marino o *seabed*)

- Grab Sampler (cucharas)
- Vibro Corer
- Box Corer
- Piston Corer
- Rock Corer

► Ensayos *in situ* (desde el fondo marino o *seabed*)

- Piezoconos
- T-Bar
- Free fall cpt
- DMT



- Barco no específico
- Geotecnia “superficial”
- Dragados
- Cableados/tuberías
- Anclas succión

► Sondeos con toma de muestras

- Desde plataformas
- Desde barcos
- Sondeos submarinos autónomos (y CPTU / SCPTU)



- Barco específico o Plataforma
- Geotecnia + “profunda”
- Estructuras puertos
- Monopilotes
- Plataformas O&G

► Ensayos *in situ* (desde superficie)

- *Piezoconos (CPTU) y piezoconos sísmicos (SCPTU)*
- *Vane Test (FVT)*
- *Dilatómetro Marchetti (DMT y SDMT)*
- *Penetración Estándar: SPT (sólo obras costeras)*
- *Presiometría*

► Ensayos de laboratorio

Non Drilling Mode Type Samplers

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Spoons, grabs, van veen... para muestras superficiales alteradas
- Box corer (muestra menos alterada)
- Open end gravity corer, 3 to 8 m
- Piston corer
- Vibro corer

Marine Sampling Equipment
ISO TC 67/WG7 2010



Vibro corer



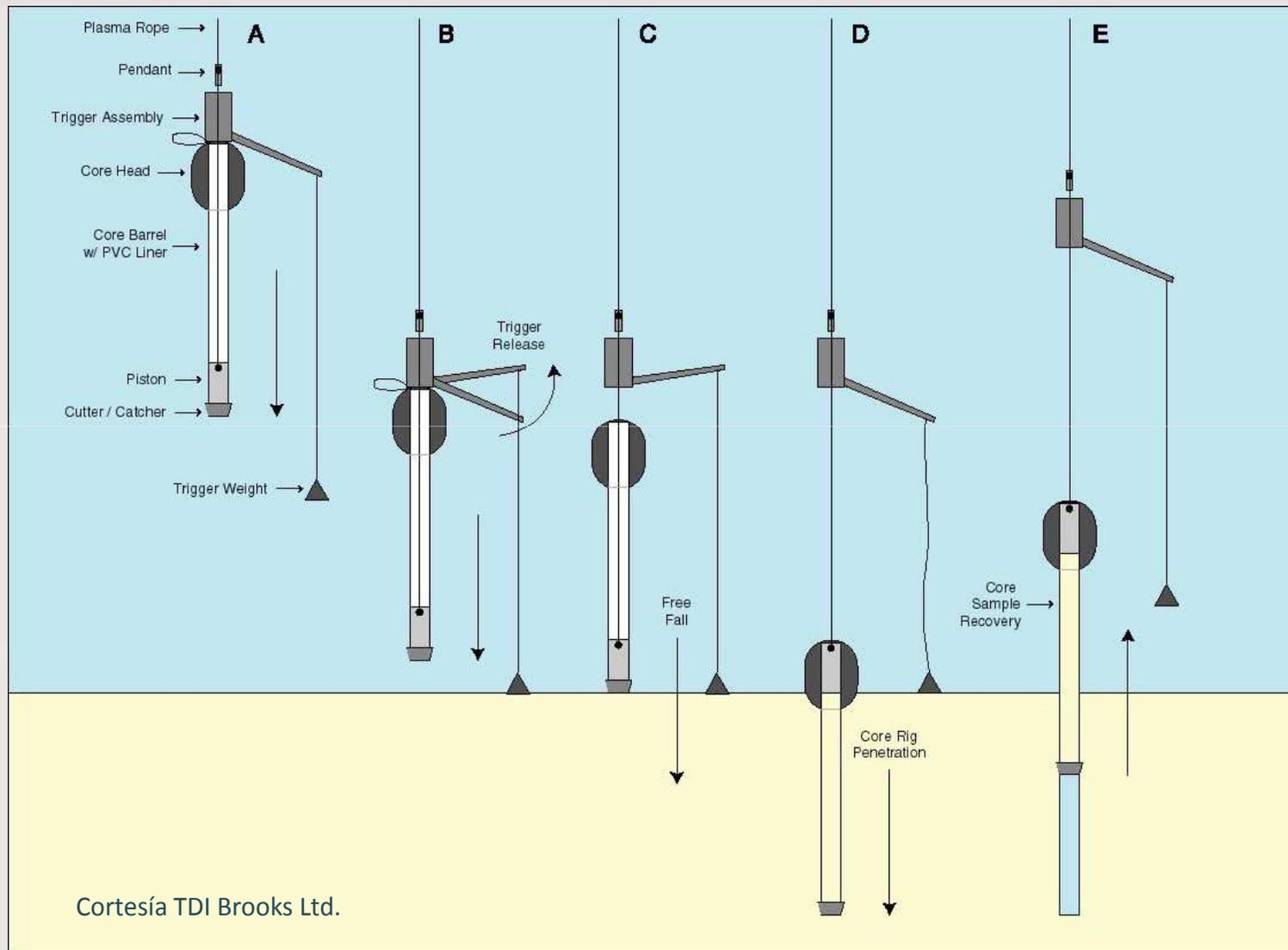
Piston corer



Van Veen

Piston Corer

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Vibro Corer 3 to 12m

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



PROJECT		CLIENT	CONTRACT
PISCO LINE		PERU	VIBRO CORER GEOTECH
DATE		2018	
TIME		10:00	
LOCATION		AGUAS TERNAS	
DEPTH		3 to 12m	
VESSEL		MANO DE ORO	
OPERATOR		MANO DE ORO	
PILOT		MANO DE ORO	
VIBRO CORER		VC228	
LOG		VC228	

Penetration (psi)	Recovery	Vibration Time (min)
3.3	5.4	3

PHOTOGRAPHIC RECORD		SOIL/ROCK DESCRIPTION		Sample
		0.0 - 1.3m	Very loose brown very gravelly fine to coarse SAND, at with occasional pockets of very loose grey fine sand. Gravel of fine and medium rounded lithologies	VC228.6
		1.3 - 2.0m	Very loose brown very sandy fine to medium rounded GRAVEL, with pockets of very loose grey fine sand and with a single rounded cobble at base	VC228.4
		2.0 - 2.5m	Firm to very stiff brown slightly sandy SILT with frequent fine to coarse subrounded gravel and cobbles	VC228.3
		2.5 - 4.0m		VC228.2
		4.0 - 5.0m		VC228.1
		5.0 - 6.0m		

OBSERVATIONS

Most of the cross sections were too soft for taking the PP test

Sample	Depth	Pocket penetrometer (ppm)	Torque test (psi)	
			Measurement	Adaptor
VC228.4	2.2		0.45	M
	2.5		0.8	M
VC228.3	2.8		0.7	M
	3.1	50	0.7	M
	3.5		0.85	M
VC228.2	3.8		0.85	M
	4.1	50	0.85	M
	4.5		1.25	S
VC228.1	4.8	100	1.25	S
	5.1		1.25	S

Penetration Speed					
1m	2m	3m	4m	5m	6m
2	2	4	3	-	-

S: Small
 M: Medium
 L: Large



Performance

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

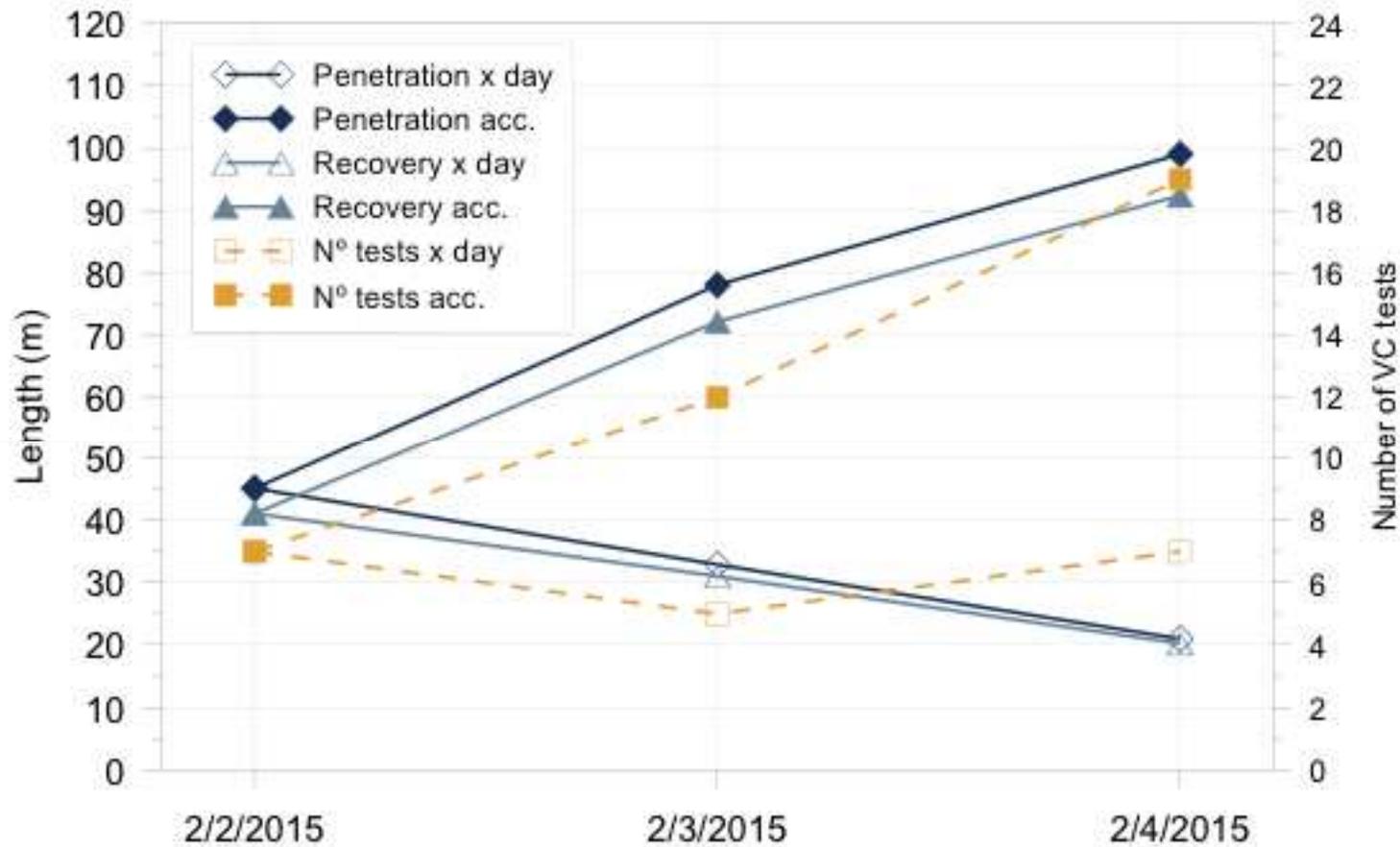


Figure 15 Resume of VC penetration and recovery and number of VC carried out

Muestra inalterada superficial

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Rock Corer: Mini Drill Igeotest

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

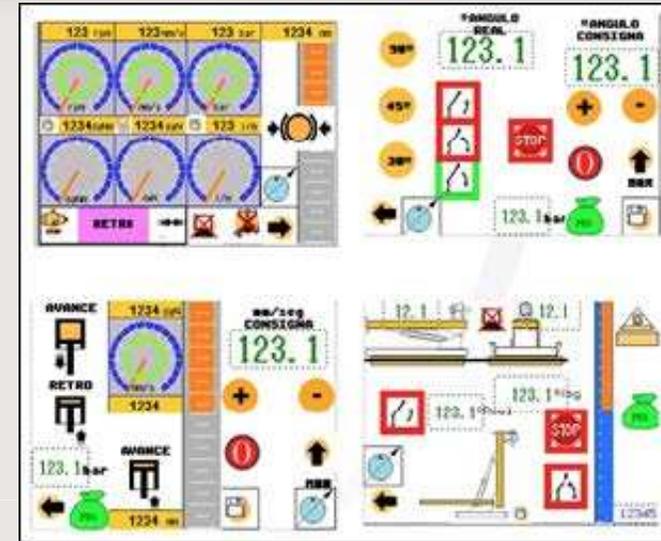
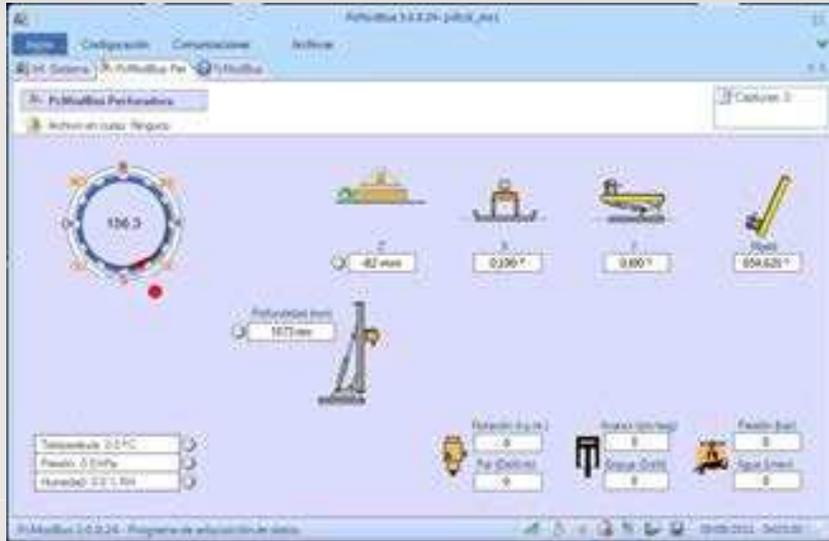


III JORNADA DE PRESENTACIÓN DE GRUPOS DE TRABAJO PIANC (WG 144): DRAGADOS VS GEOTECNIA



Control de la perforación

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

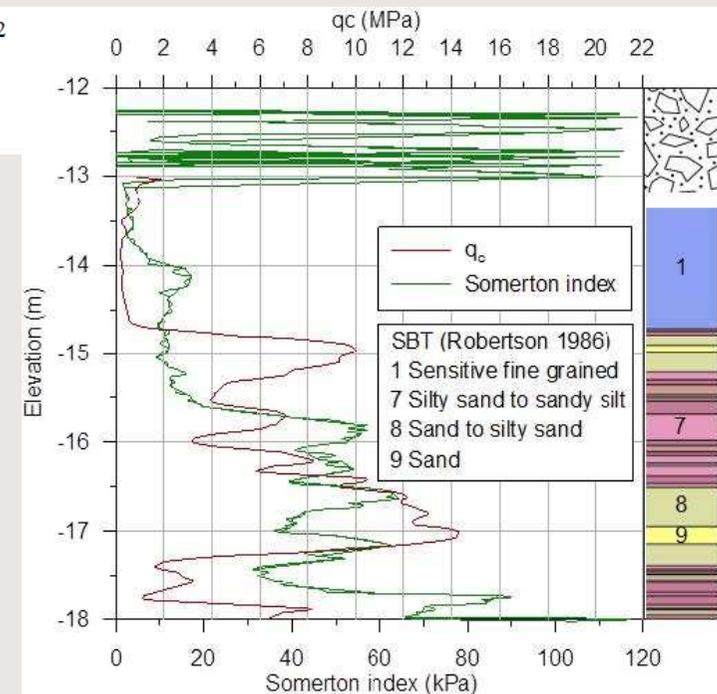
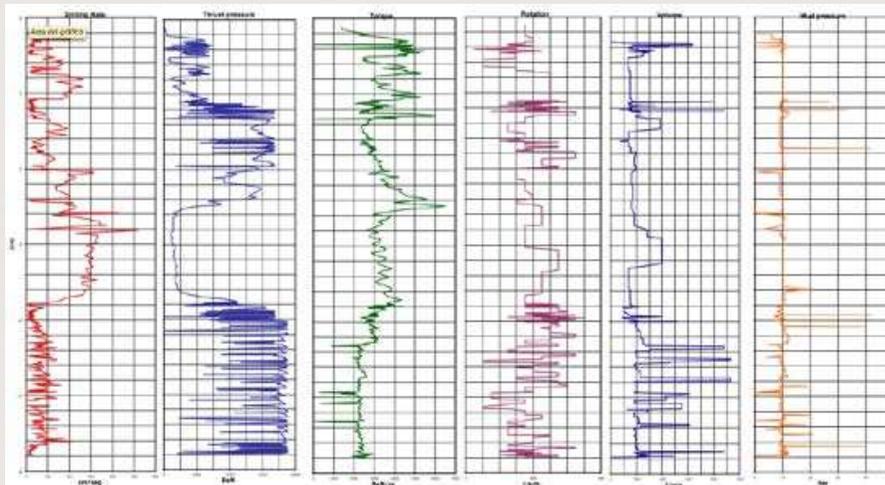


Parámetros de perforación

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Bolos en superficie
- 4 m arenas finas entre capas de arcilla blanda

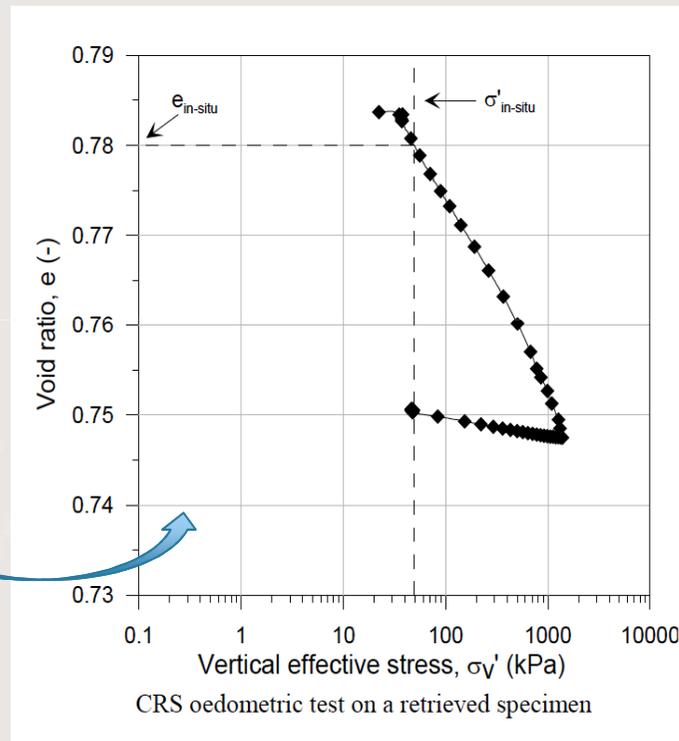
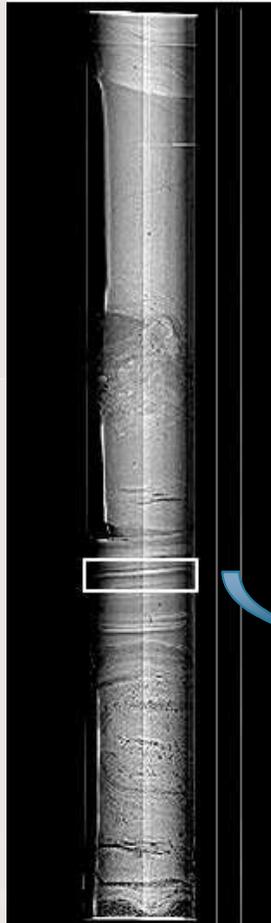
$$Sd = \frac{F}{S_0} \left(\frac{V_R}{V_A} \right)^2$$



Muestra puerto Barcelona

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

MiniDrill Submarina Igeotest



Scan of 1 m long core retrieved on sandy silt

- Geotechnical lab UPC
- Significant amount of remoulding but still very good preserved sections
- Non plastic sandy silt
- 15% clay, 50% silt, 35% fine sand
- $C_c = 0.027$
- $C_s = 0.002$
- $\Delta e/e_0 = 0.016$
- i.e. Lunne et al. (1997) criteria
- very good to excellent



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Cómo se opera?

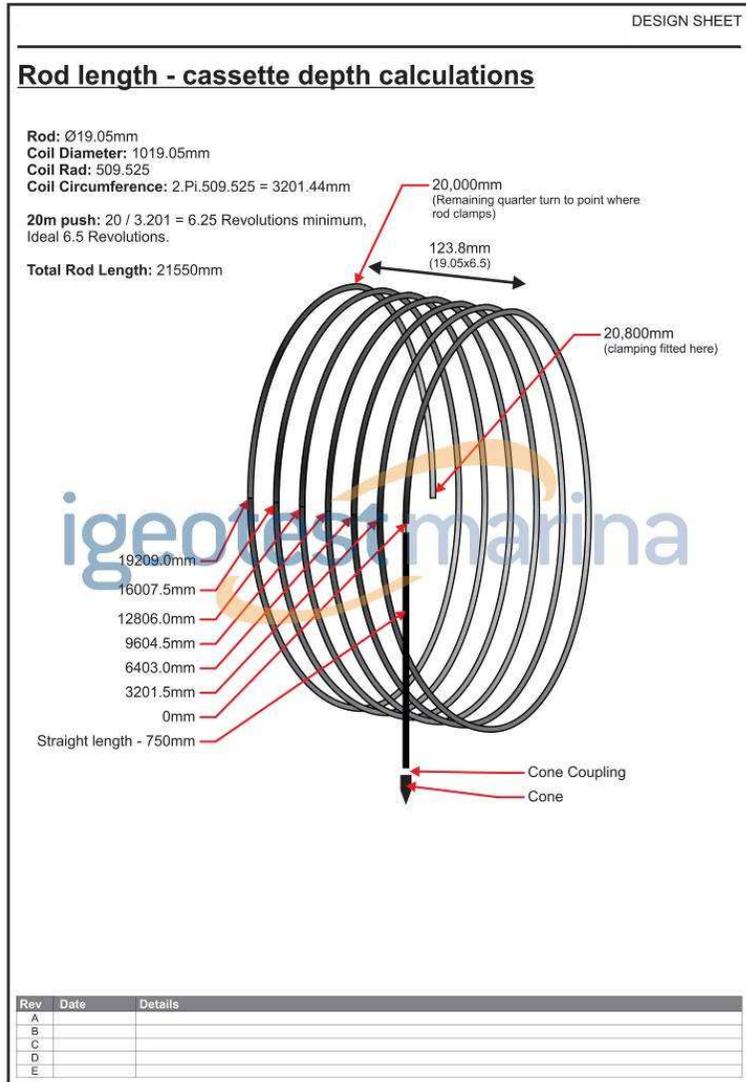
Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



ENSAYOS IN SITU *SEABED* PIEZOCONOS SUBMARINOS (SUPERFICIALES)

Piezocono submarino N-5000

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



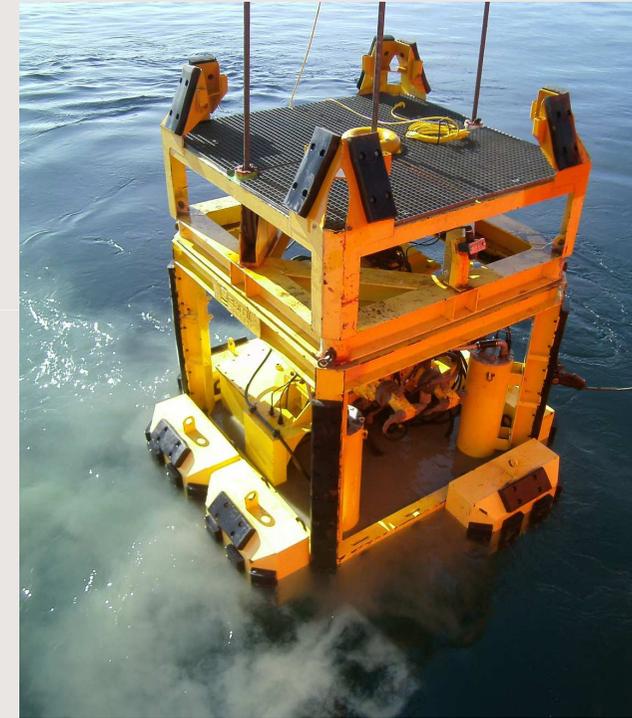
Piezocono submarino N-5000

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Roson, Manta, etc.

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Alta productividad!!

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

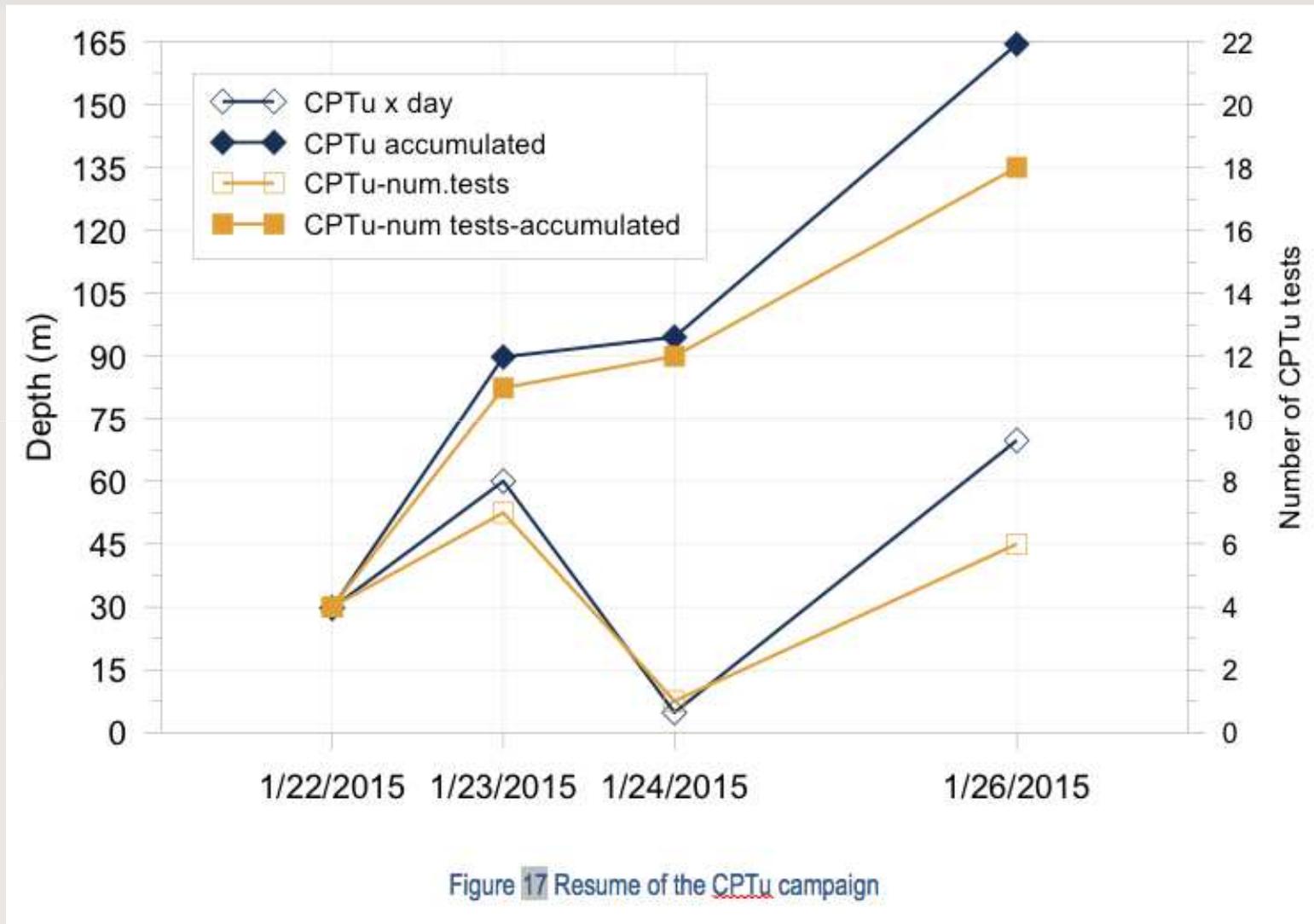
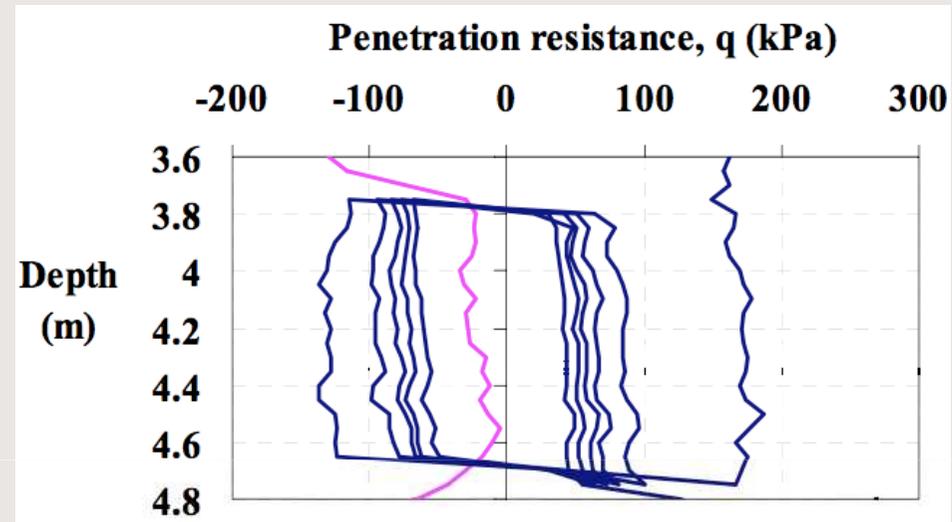


Figure 17 Resume of the CPTu campaign

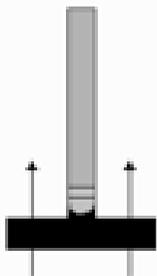
Dispositivos *full flow*

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

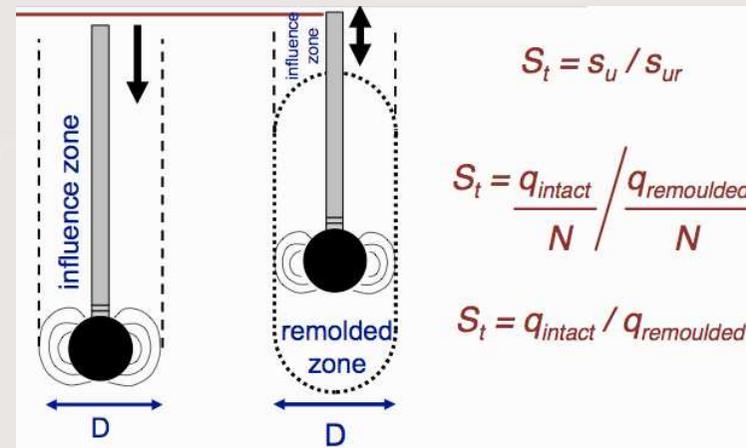
Randolph et al., 2005



T-bar



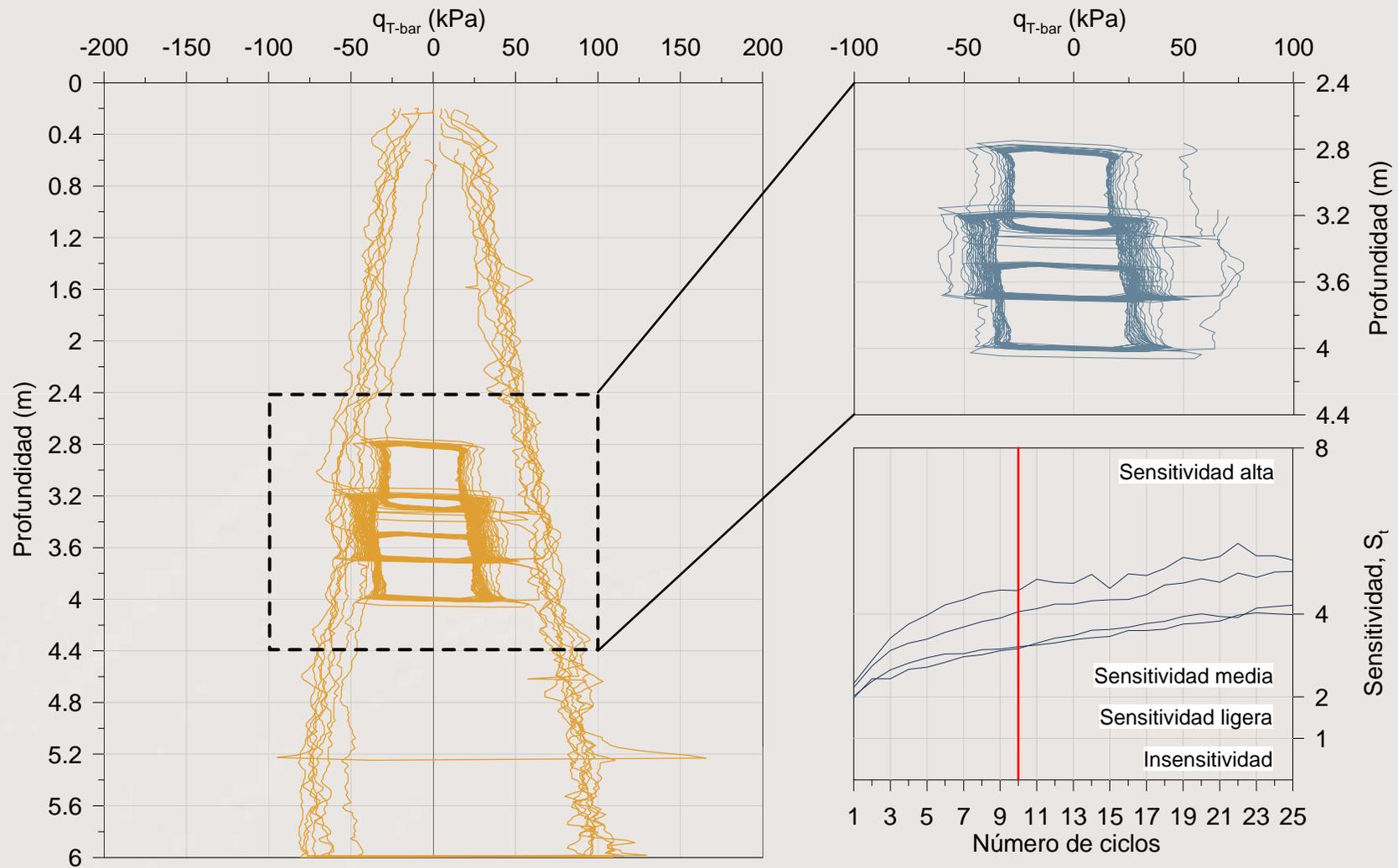
Ball



Detalle de prototipos full-flow y mecanismo de flujo (Yafrate & DeJong, 2005)

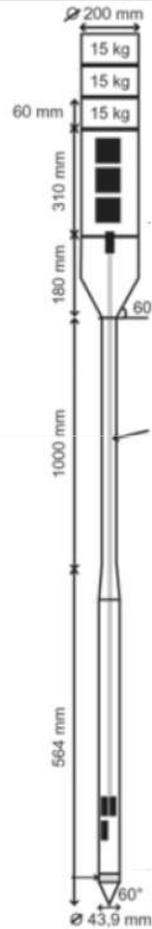
Dispositivos *full flow*

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

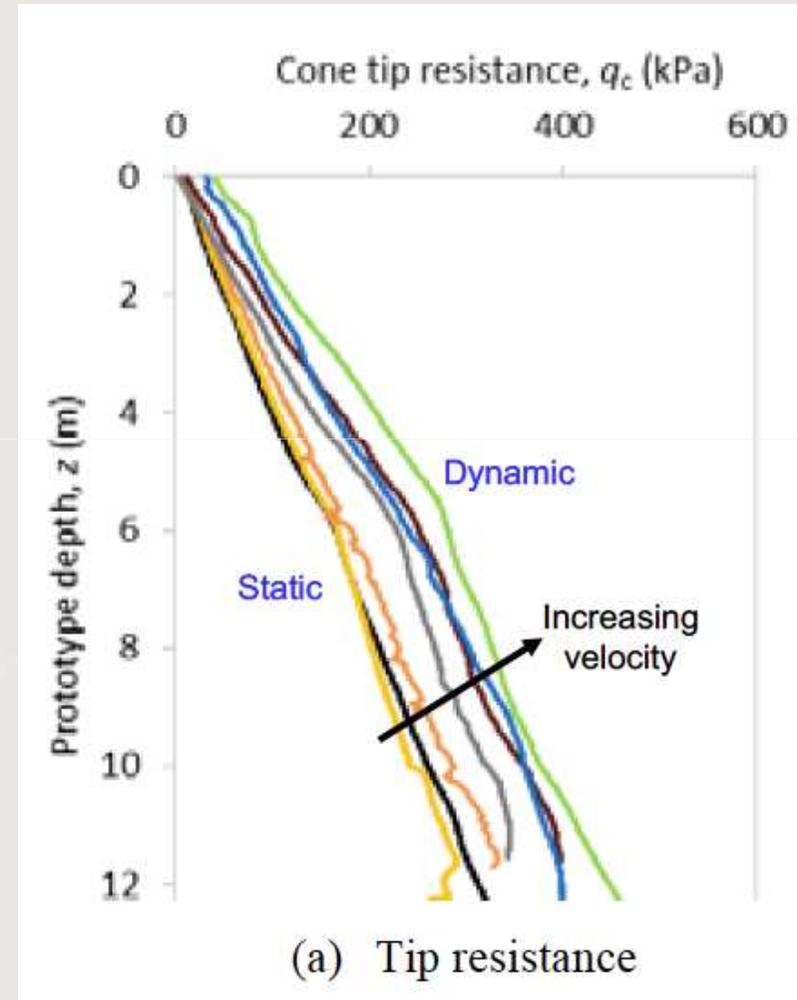


Otros Dispositivos: *free fall*

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



(a) Field scale (Stegmann *et al.*, 2006)



(a) Tip resistance

PLATAFORMAS

Plataformas flotantes

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Sondeos en plataforma

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Cómo se opera?

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



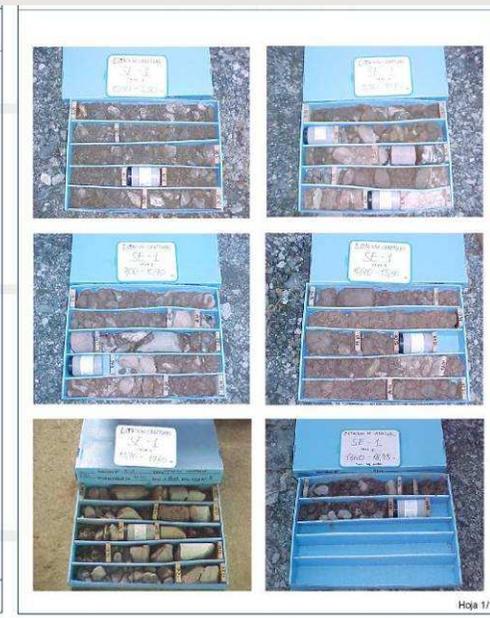
Sondeos geotécnicos, tipos

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Rotación con circulación directa y recuperación continua de testigo
- Rotación con circulación inversa, no usual
- Rotopercusión, no usual
- Wire-line



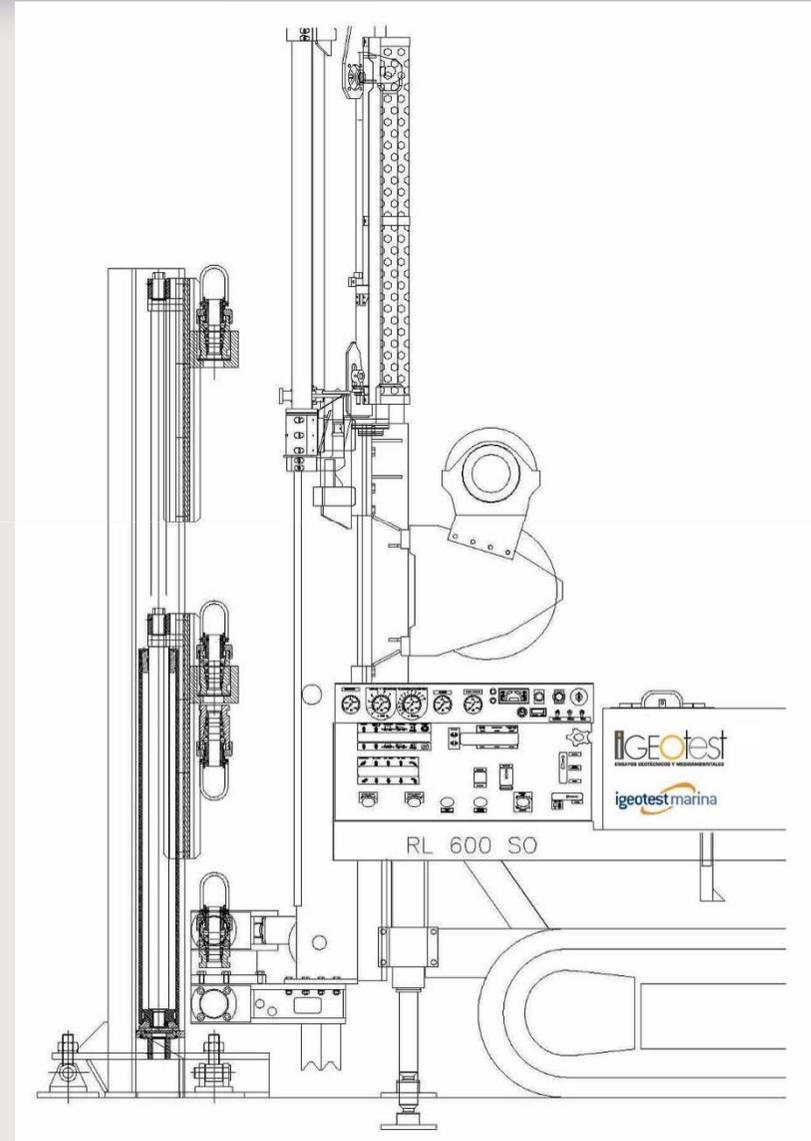
Profundidad (m)	SPT	Medio	Naturaleza del Terreno	Gravímetro		Caudal	Caudal	Caudal	Caudal
				Gravímetro	Gravímetro				
0,00 - 5,10			Relevo de gravas con bastante arena y separación de fino limoso; color marrón grisáceo. Intercalaciones con pedregalito de arenas arenas bastante gruesas con algo de limo. Hacia la base 14,50 m gravas con ridulos de arena evidentes de finos limo-arcillosos. Densidad baja aumentando a densa en profundidad.						
5,10 - 10,95			Gravas y finas y medias con matriz de arenas limosas (25%) color marrón ligeramente rojo. A partir de 10,20 los finos pasan a finos arcillosos. Bolsas perforadas de:						
5,20 a 5,50			arenosa roja de grano muy fino y calza negra con vetas:						
8,10 a 8,40			calza gris-rosada:						
8,40 a 8,90			microconglomerado y calza gris:						
13,70 - 14,00			microconglomerado rosado:						
14,00 - 14,40			calza gris de grano muy fino:						
14,60 - 14,70			calza gris de grano muy fino:						
15,00 a 15,30			calza gris:						
15,40 - 16,05			calza gris:						
Fin a 16,05 m.									



Hoja 1/1

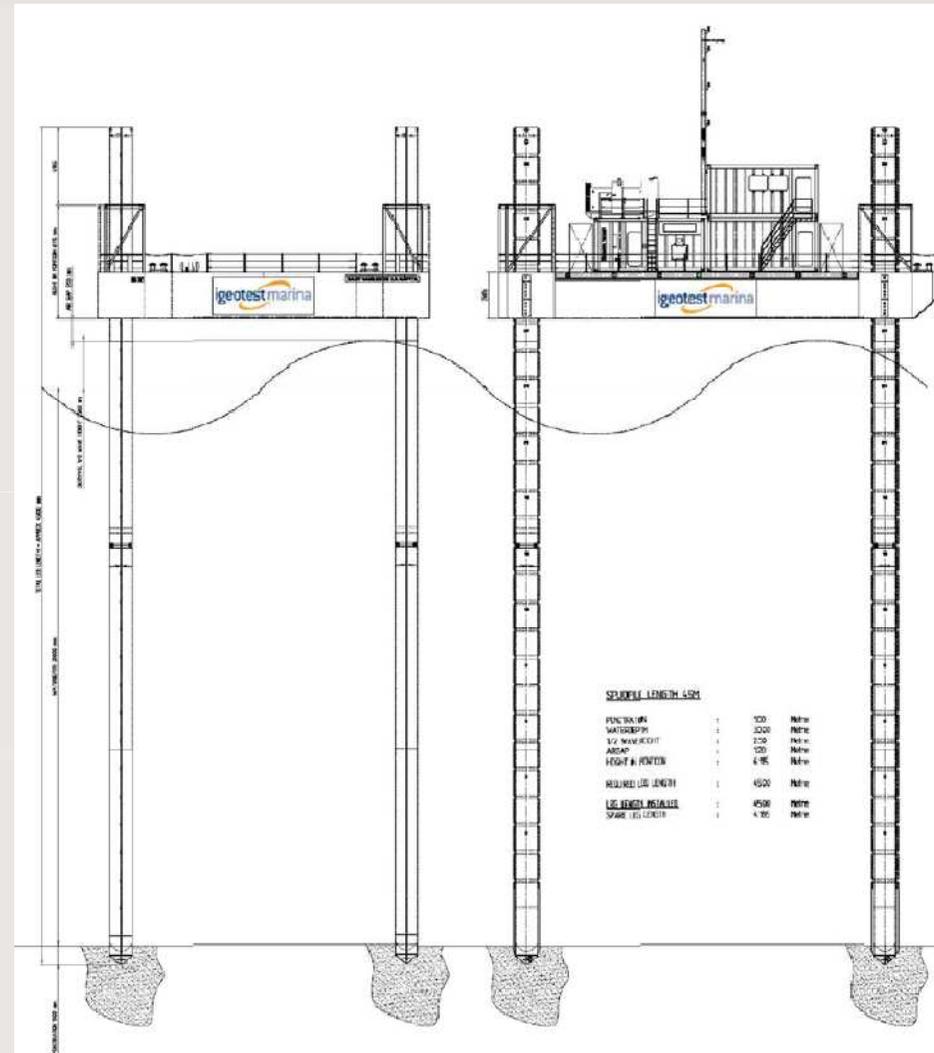
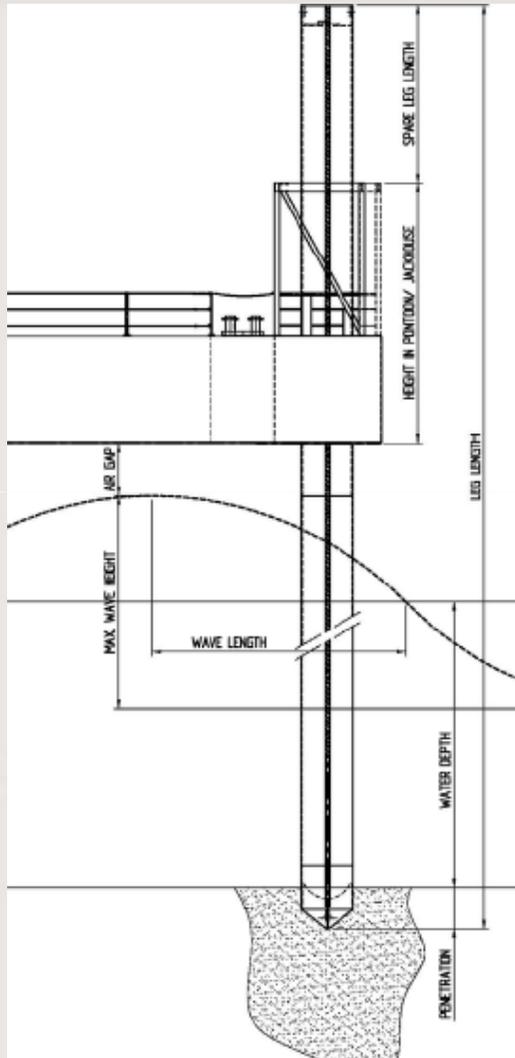
Piezoconos desde plataforma

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Longitud patas \neq Calado

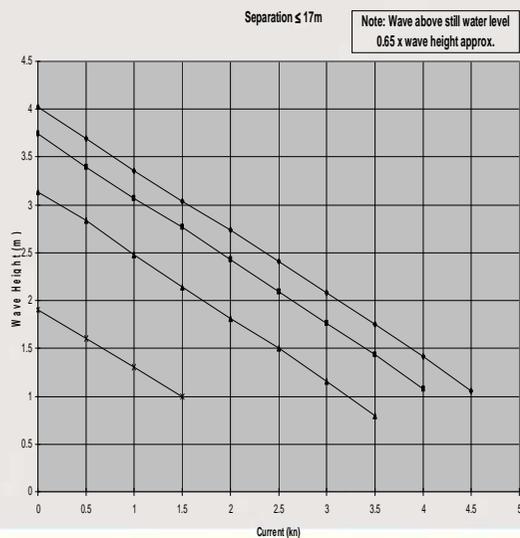
Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Límites operativos jack up

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

Platform Operational Limits			
Description	Wave (<u>Hmax</u>)	Wind Speed (Gust m/s)	Current (speed m/s)
Floating or pre-loading	0.8	10	1
Staff Boarding/disembarking	1.5 m (if wave period > 6 s)	10	2
	1.2 m (if wave period < 6 s)		
Stand-by on location	2 (depending on evacuation means)	13	2



Craft	Operating Hs (m)	Rig Moves Hs (m)	Typical Downtime Summer (%)	Typical Downtime Winter (%)	Typical Dayrate for Service (€)
Small Jack-Up	1.5	0.5	200	N/A	7,000
Medium Jack-up	1.5	0.7 a 1.0	100-200	>200	11,500
Large Construction Jack-up	3.0	1.0 a 2.0	30-50	>100	20,000

Plataformas fijas

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- $>\approx 35-40\text{m}$ muy caro para Geotecnia



Qué es más caro?

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

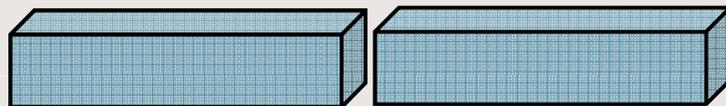
Fieldworks **Weather Downtime**



51

5

Large construction jack-up total 56 days £1.35m



55

55

Construction jack-up total 110 days £1.4m



60

150

Small nearshore jack-up total 210 days £1.7m

Steve Williams, 2005

Aguas tranquilas...

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Riesgo siempre existe...

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Cortesía: SeaCore, UK

Puede pasar...y pasa...

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Seamos serios....

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



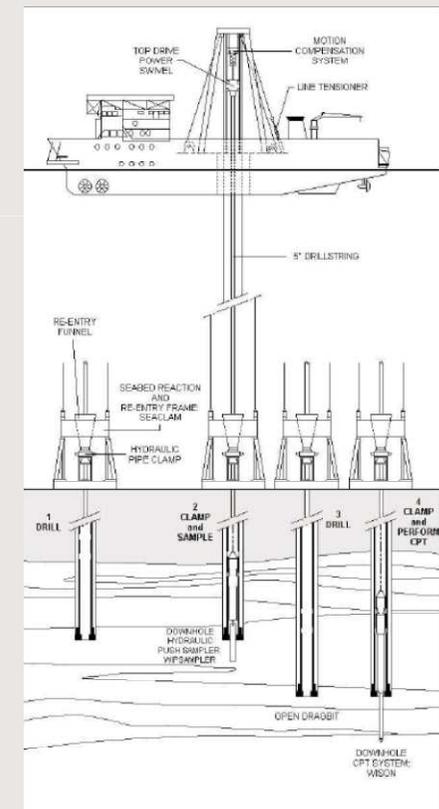
BARCOS DE PERFORACIÓN DRILLING SHIPS

Drilling vessels

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Investigaciones en aguas profundas: $\approx 100^s$ a 1.000^s metros de profundidad
- Profundidad mínima ≈ 25 metros
- Excesivo (caro) *near shore*

ISSMFE, 2005



Cómo se opera?

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Cortesía Bluestone Offshore

PERFORACIÓN SUBMARINA AUTÓNOMA

Seabed Drilling

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Alta productividad & eficiencia (3 to 5 veces, Yetginer and Tjelta, 2011)
- Mayor flexibilidad de las operaciones, barco no específico
- Buen control de la profundidad
- Buena calidad de las muestras
- Buena calidad de datos in situ
- Menor standby
- Mayor seguridad! (operación remota)
- Hasta 3.000mbsf



Adaptado de Robertson et al., ISC'4, 2012

Seabed Drilling

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



PROD Benthic Geotech System 2010



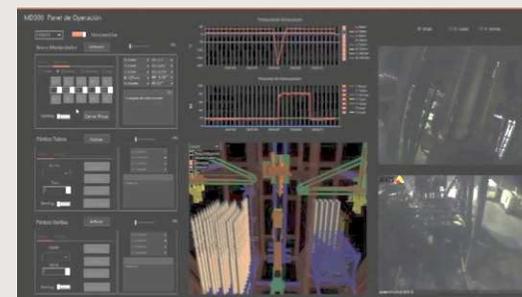
Gregg SeaFloor Drill (GSDD) 2012



Canyon ROVDrill Mk.2 2012

Igeotest MD 500

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Seabed Drilling

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

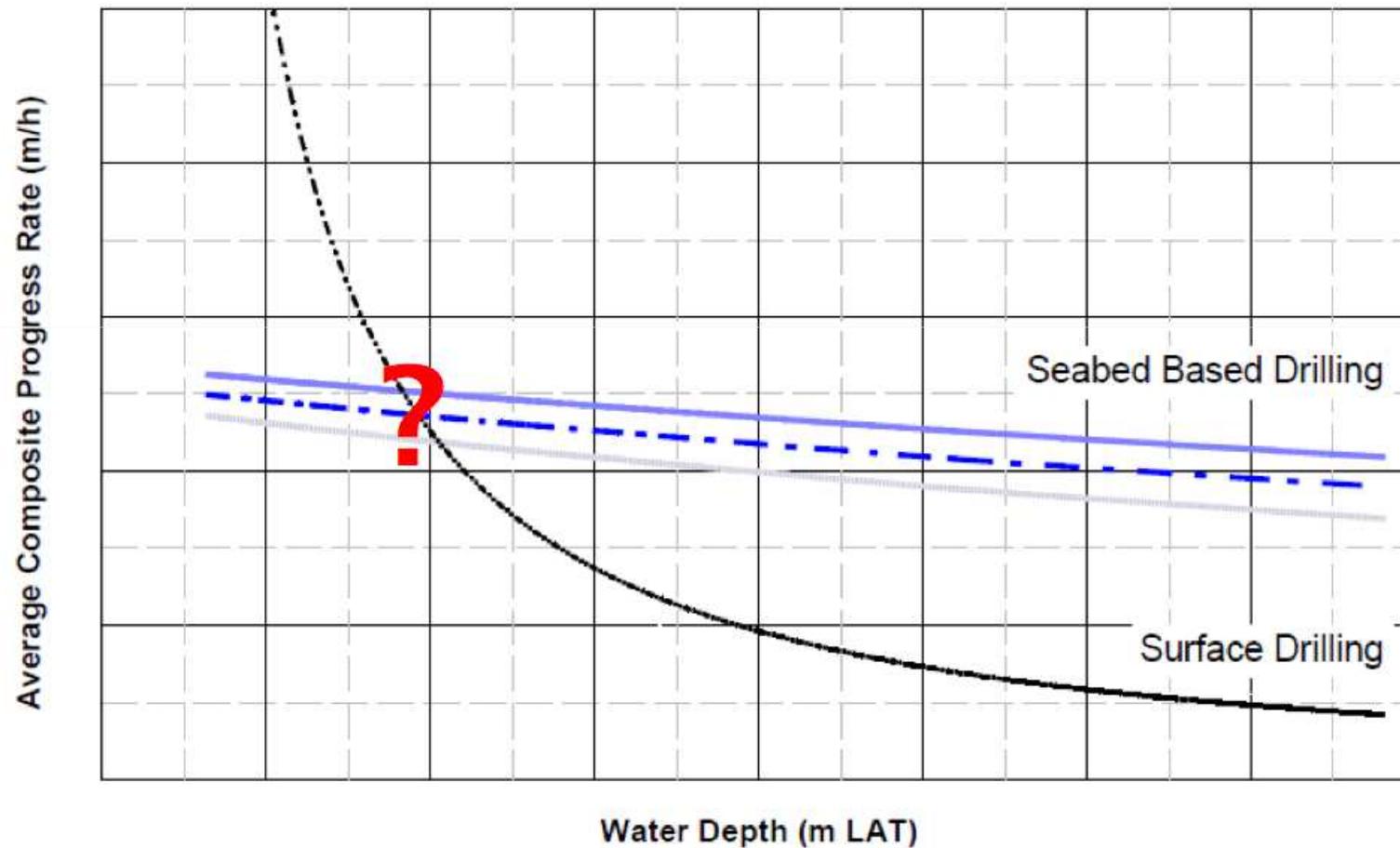
- Principalmente para aguas profundas SI (100s a 1.000s metros)
- Un tanto *excesivo* para aguas poco profundas
- Puede ser incluso más caro que la perforación desde barco con poco calado (??)
- Performance break-even point entre superficie y desde el fondo a ≈ 150 m

Yetginer and Tjelta (for PROD), 2011

Barco vs. fondo

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

Comparison Seabed Drilling vs Surface Drilling



Tjelta and Yetginer, 2011

ENSAYOS GEOTÉCNICOS *IN SITU*

Tipología de ensayos *in situ*

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- **Ensayos en el interior de sondeos**
 - Muestras inalteradas (MI)
 - Standard Penetration Test (SPT)
 - Presiómetros y dilatómetros (PBP, MPM)
 - Molinete o Vane Test (FVT)
 - Ensayos de permeabilidad (Lugeon, Lefranc)

- **Ensayos sin sondeo previo**
 - Penetración dinámica continua (DPL, DPM, DPSH)
 - Penetración estática y Piezocono (CPT y CPTU)
 - Dilatómetro plano de Marchetti (DMT)
 - Vane Borer (FVT en penetración)

Aplicabilidad

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

Grupo	Tipo	Parámetros del Suelo												Tipo de Terreno								
		Tipo Suelo	Estratigrafía	u	* ρ	s_u	DR%	m_v	G_v	k	G_0	σ_h	OCR	σ'_v	Roca dura	Roca blanda	Grava	Arena	Lirio	Arcilla	Orgánicos	
Penetrómetros	Dinámico	C	B	-	C	C	C	-	-	-	C	-	C	-	-	C	B	A	B	B	B	B
	SPT	A	B	-	C	C	B	-	-	-	C	-	C	-	-	C	B	A	A	A	A	A
	CPT mecánico	B	AB	-	C	C	B	C	-	-	C	C	C	-	-	C	C	A	A	A	A	A
	CPT eléctrico	B	A	-	C	B	AB	C	-	-	B	BC	B	-	-	C	C	A	A	A	A	A
	CPTU	A	A	A	B	B	AB	B	AB	B	B	BC	B	C	-	C	-	A	A	A	A	A
	CPT/CPTU sísmico	A	A	A	B	AB	AB	B	AB	B	A	B	B	B	-	C	-	A	A	A	A	A
	Punta resistividad	B	B	-	B	C	A	C	-	-	-	-	-	-	-	C	-	A	A	A	A	A
	Dilatómetro Plano (DMT)	B	A	C	B	B	C	B	-	-	B	B	B	C	C	C	-	A	A	A	A	A
Presiónmetros	Con sondeo previo (PBP)	B	B	-	C	B	C	B	C	-	B	C	C	C	A	A	B	B	B	A	B	B
	Autoperforante (SBP)	B	B	A ¹	B	B	B	B	A ¹	B	A ²	AB	B	AB	-	B	-	B	B	A	B	B
	Hinca (FDP)	B	B	-	C	B	C	C	C	-	A ²	C	C	C	-	C	-	B	B	A	A	A
Otros	Vane-Test (FVT)	B	C	-	-	A	-	-	-	-	-	-	BC	B	-	-	-	-	-	A	B	B
	Placa de Carga	C	-	-	C	B	B	B	C	C	A	C	B	B	B	A	B	B	A	A	A	A
	Placa helicoidal (screw plate)	C	C	-	C	B	B	B	C	C	A	C	B	-	-	-	-	A	A	A	A	A
	Permeabilidad en sondeos	C	-	A	-	-	-	-	B	A	-	-	-	-	A	A	A	A	A	A	A	B
	Fracturación hidráulica	-	-	B	-	-	-	-	C	C	-	B	-	-	B	B	-	-	C	A	C	C
	Cross hole/Down hole/Sísmica	C	C	-	-	-	-	-	-	-	A	-	B	-	A	A	A	A	A	A	A	A

Lunne et al., 1997

MUESTRAS INALTERADAS

Inalterada?

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Problemas
 - Alteración estado original
 - Compresión/descompresión
 - Gas
 - Traslado
 - Tallado
- Sólo en suelos con cohesión
- Tamaño reducido de muestra (baja representatividad)
- Resultados conservadores
- Ensayos laboratorio + Lentos

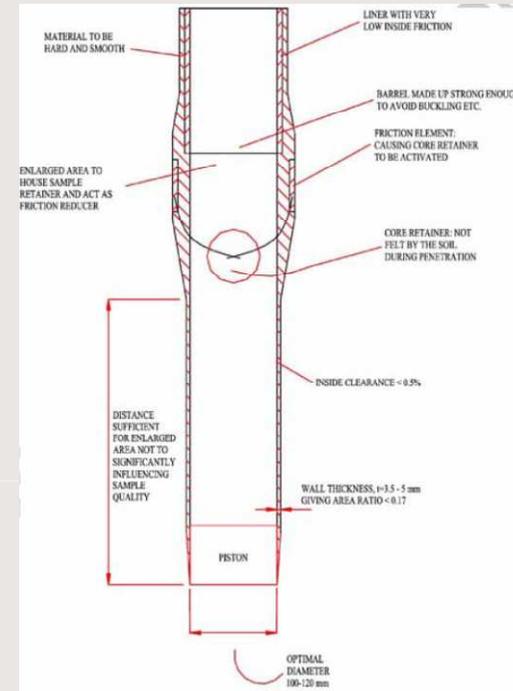


Toma muestras MI ideal

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

Lunne y Long, 2006

- Pistón estacionario
- Ángulo de ataque 5°
- Reductor de fricción
- Relación de áreas <17%
- Fricción interior mínima
- Medida de la penetración para calcular % recuperación de la muestra



Hagamos lo posible...

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Buena ejecución
- Almacenado siempre vertical
- Aislamiento de agentes externos en cámara
- Evitar golpes
- Traslado cuidadoso

Lectura recomendada

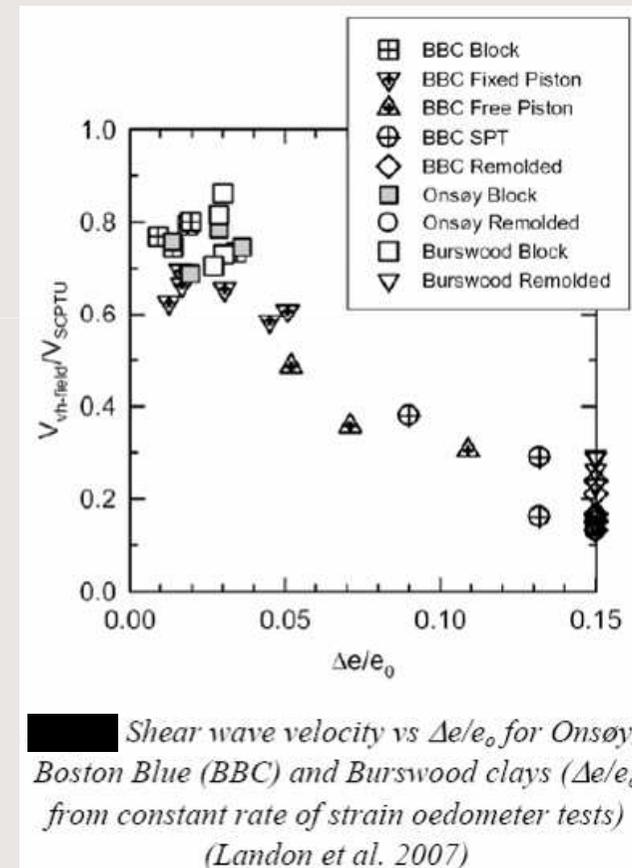
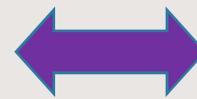
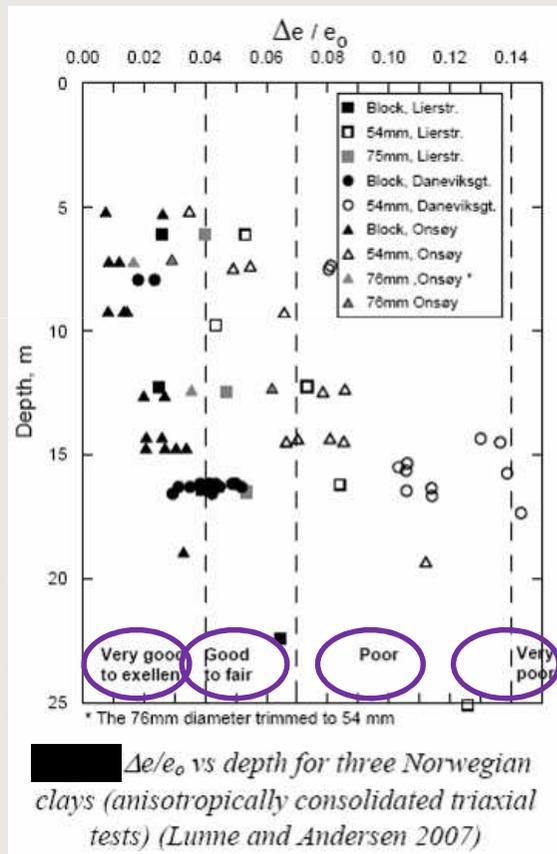
- Lunne & Long, 2006
- Lunne & Andersen, 2007
- Tanaka, 2008
- DeGroot et al., 2008
- Lacasse et al., 2008



Evaluación de la alteración

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

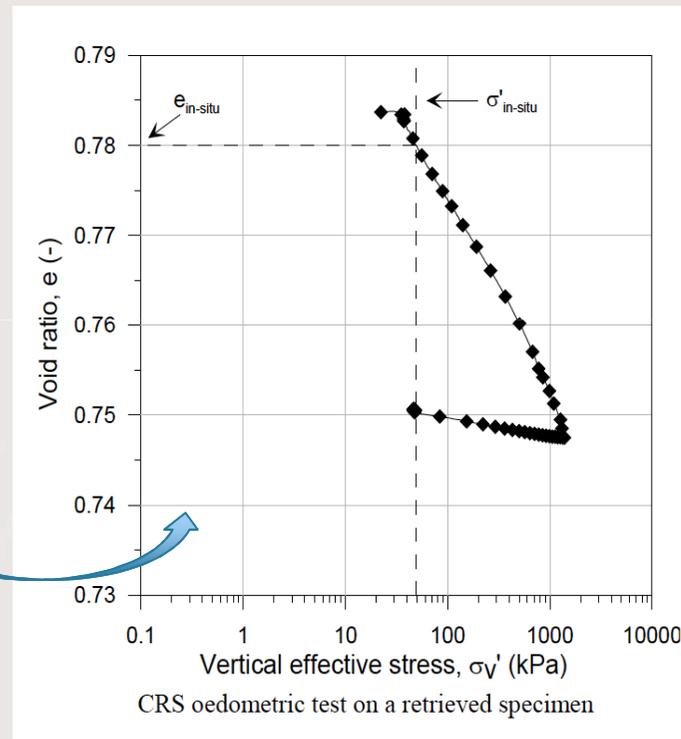
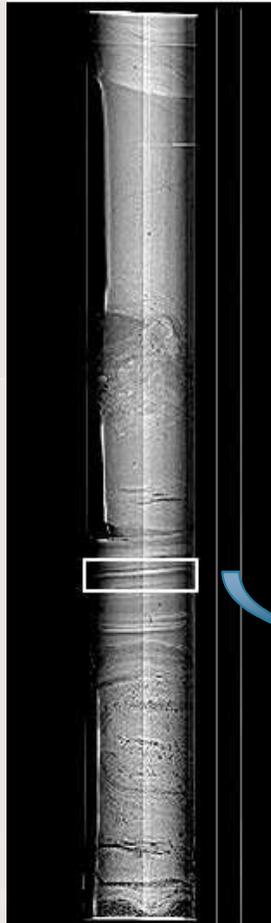
- Edómetro o triaxial con deformación constante
- Técnicas no destructivas. Se evalúa antes de realizar el ensayo de laboratorio: $V_s / V_{S_{CPT}}$.



Muestra puerto Barcelona

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

MiniDrill Submarina Igeotest



Scan of 1 m long core retrieved on sandy silt

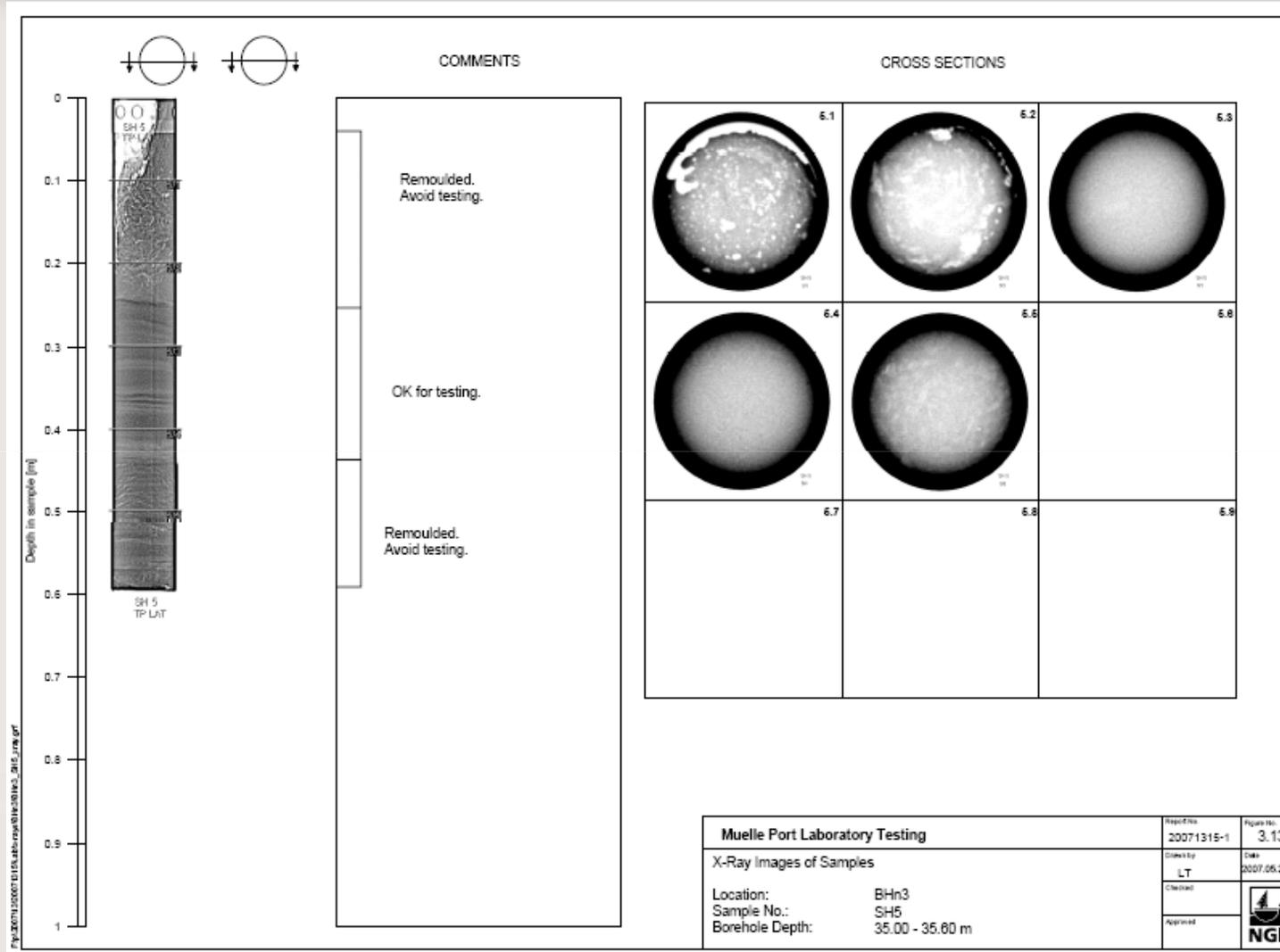
- Geotechnical lab UPC
- Significant amount of remoulding but still very good preserved sections
- Non plastic sandy silt
- 15% clay, 50% silt, 35% fine sand
- $C_c = 0.027$
- $C_s = 0.002$
- $\Delta e/e_0 = 0.016$
- i.e. Lunne et al. (1997) criteria
- very good to excellent



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

Muestras...inalteradas???

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



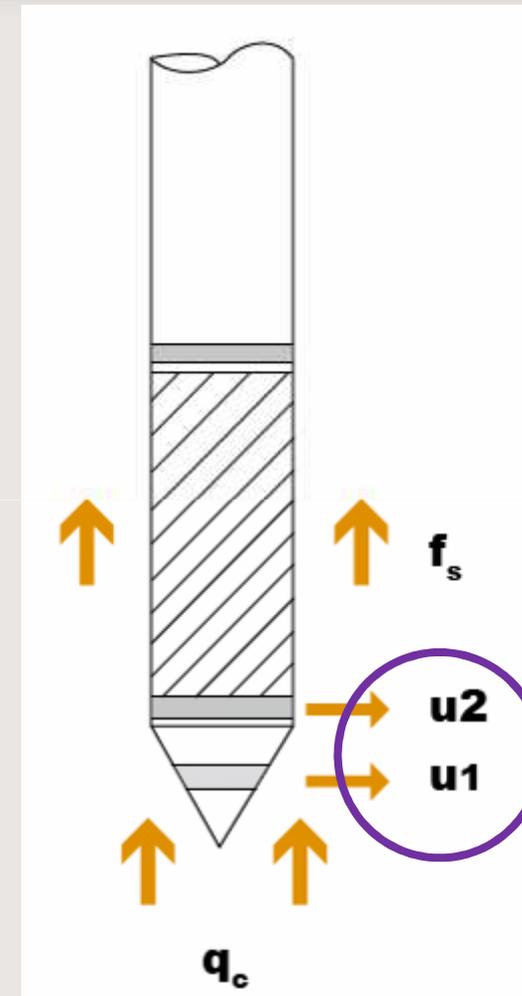
PENETRACION ESTÁTICA: CPT

PIEZOCONO: CPTU

CPT y CPTU: principios

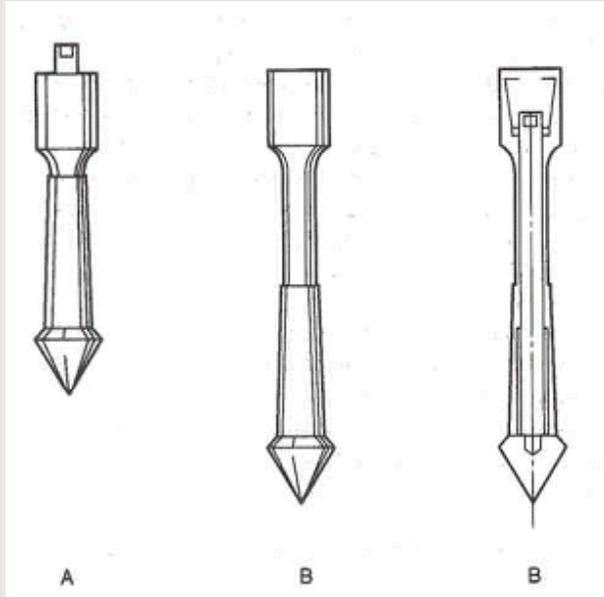
Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

- Hincas estáticas (a presión) de un cono a velocidad constante de 20 mm/s
 - q_c resistencia por punta
 - f_s resistencia por fuste
 - u presión intersticial → CPTU
- Aplicación: suelos
 - Suelos blandos, óptimo
 - Suelos densos/firmes: 20t reacción (equipos pesados)
 - Gravas o roca: No!!

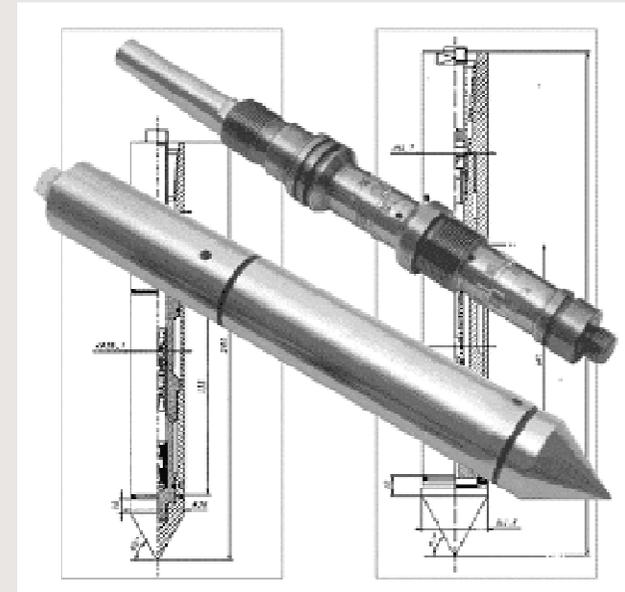
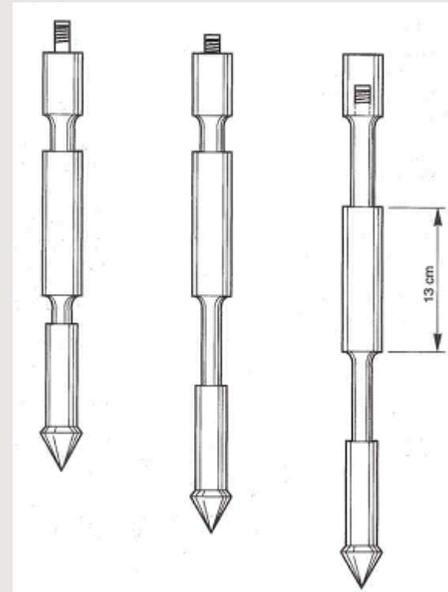


Conos

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



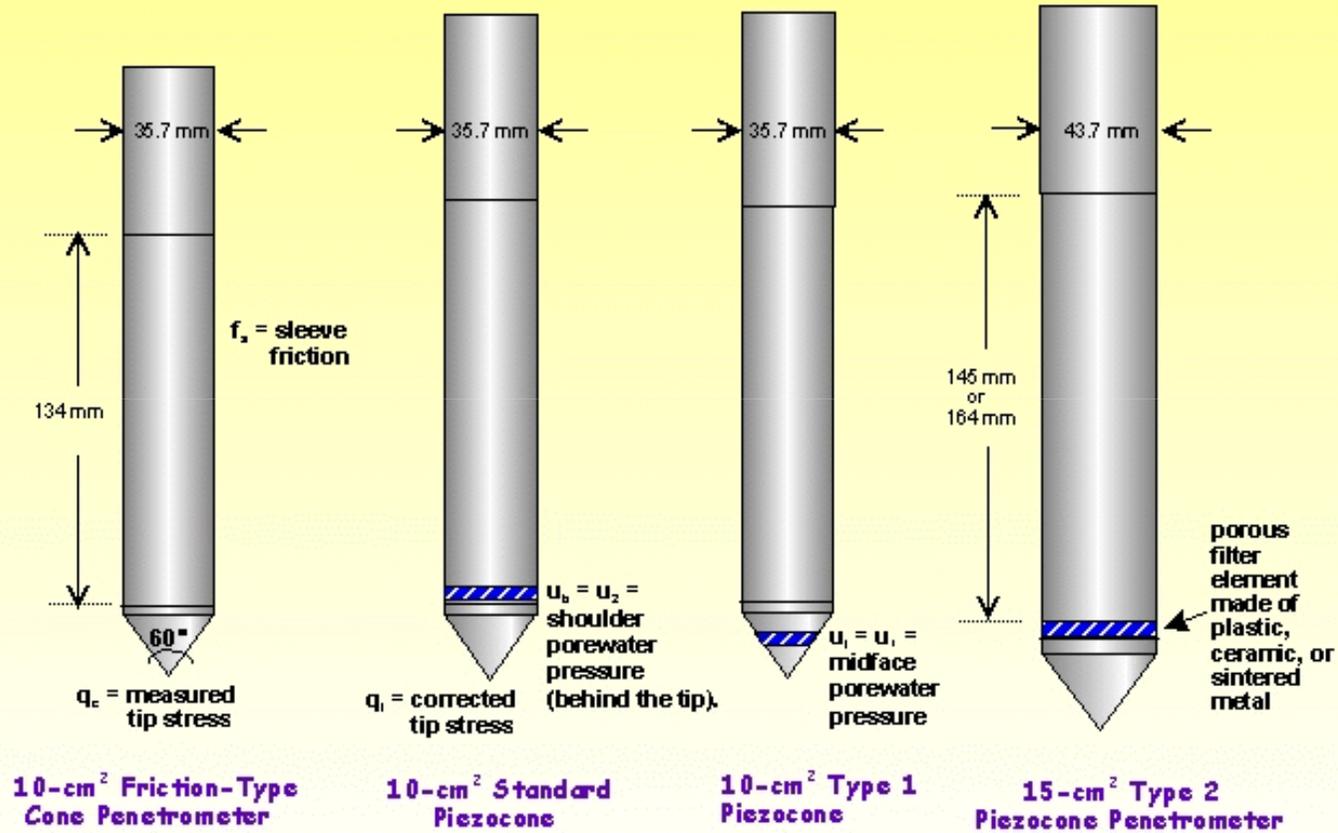
Conos mecánicos: lecturas cada 20cm



Electrónicos: cada 1 cm

Conos actuales

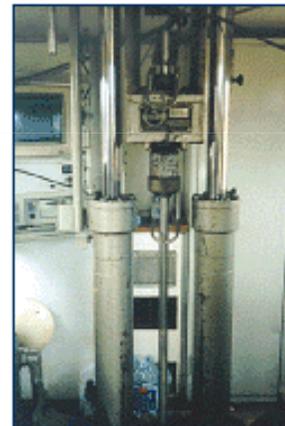
Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Mayne, 2001

Equipos de hincas terrestres

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



PIEZOCONOS, INTERPRETACIÓN

CPT/CPTU

PRINCIPIOS DE INTERPRETACIÓN

Parámetros primarios y secundarios

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

$$q_c, f_s, u \longrightarrow q_T, f_T, u$$

Lecturas corregidas

$$q_T = q_c + u(1-a)$$

$$FR\% = \frac{f_s}{q_c} \times 100$$

$$FR\% = \frac{f_T}{q_T} \times 100$$

Friction Ratio%

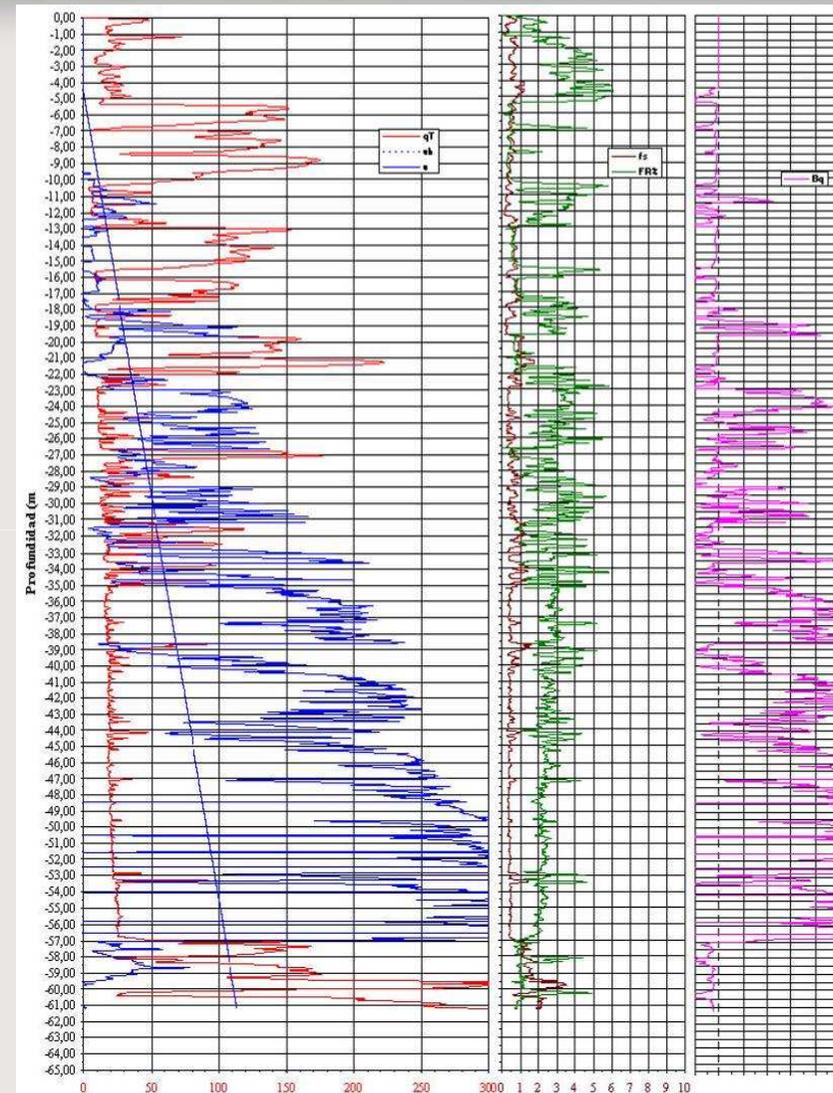
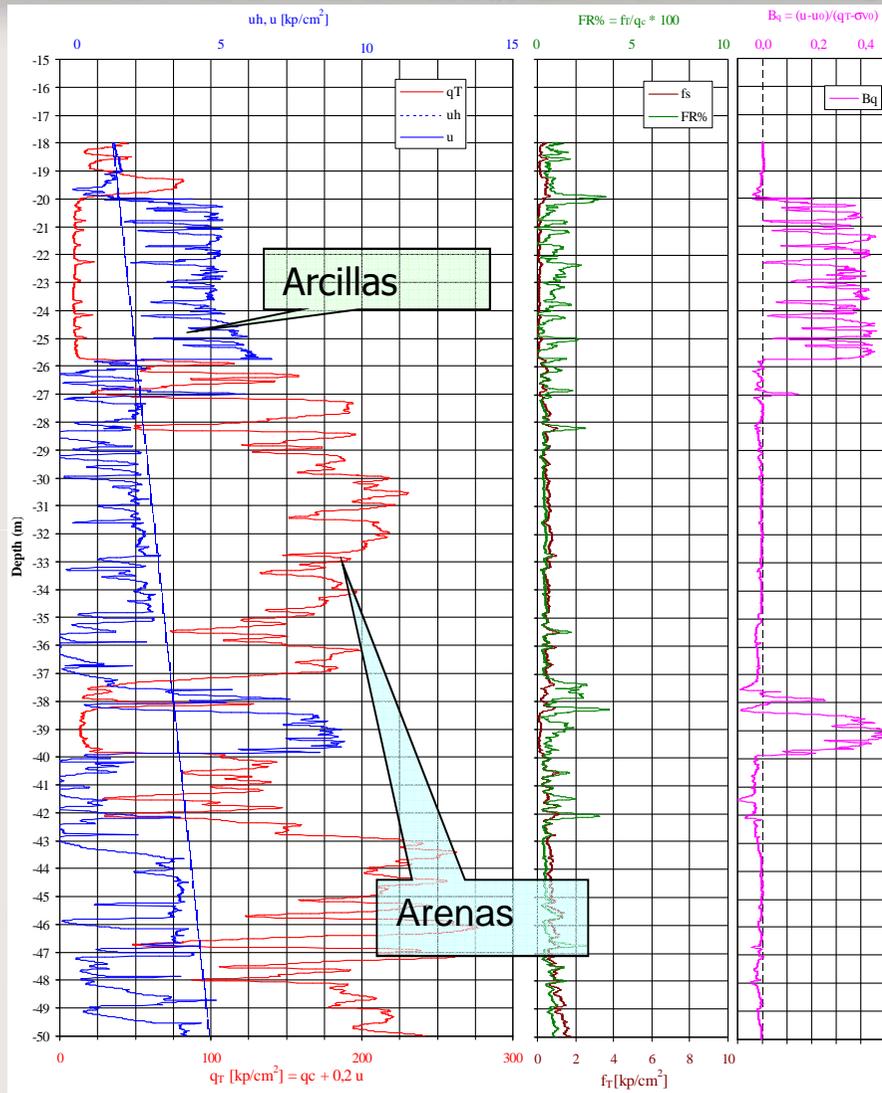
$$\Delta u = u - u_0$$

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_T - \sigma_{v0}}$$



Presentación de resultados

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



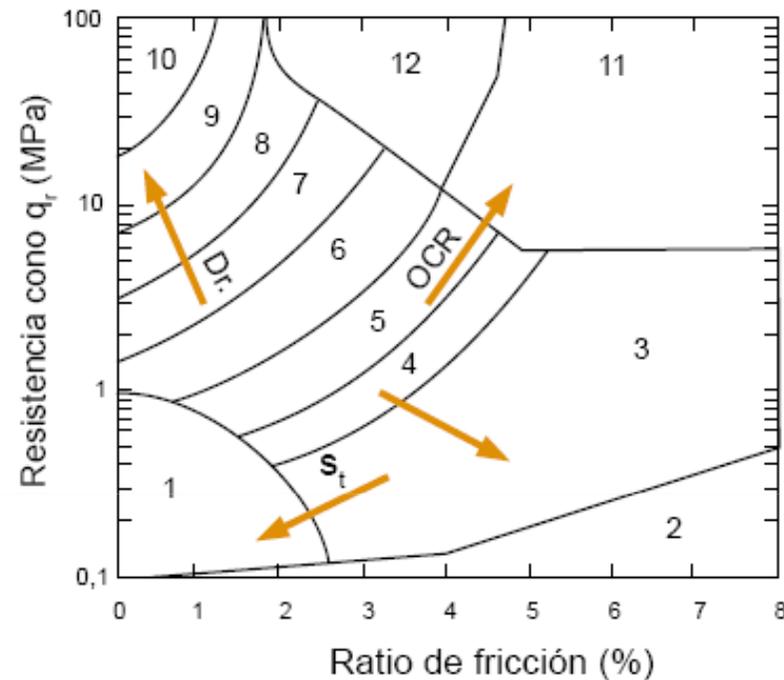
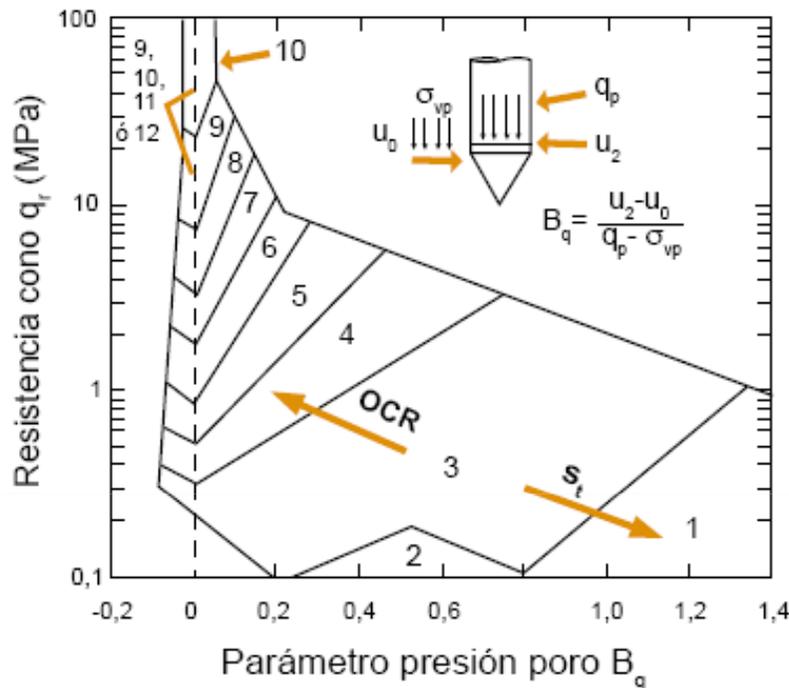
Valores típicos

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

	q_c	f_s	FR%	u	Bq
Arenas	>	<	1	<	→0
Arcillas	<	>	3	>	→1

Clasificación del suelo!!

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



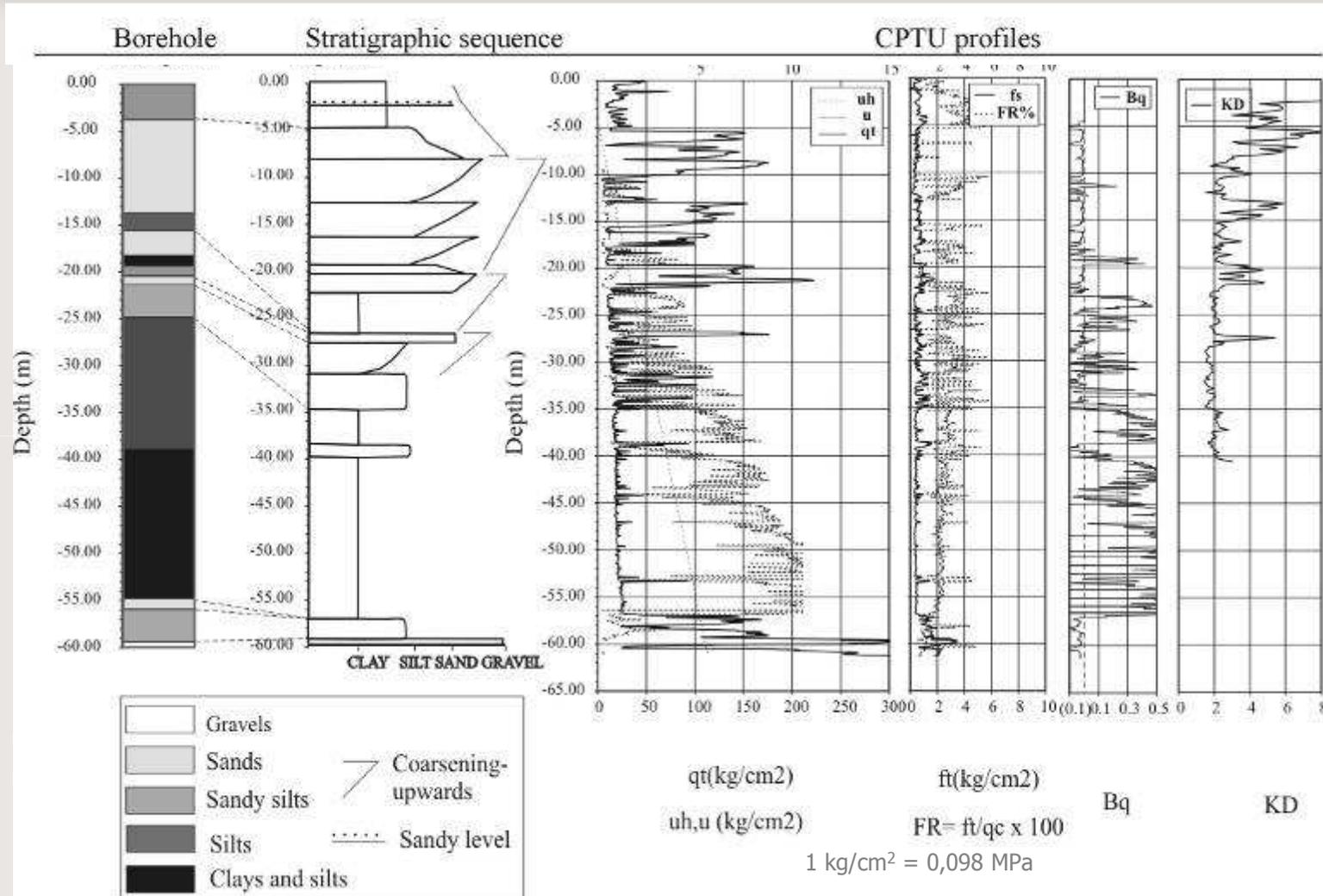
Zona Comportamiento terreno

- | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Sensitivo grano fino | 5. Limo arcilloso a arcilla limosa | 9. Arena |
| 2. Material orgánico | 6. Limo arcilloso a limo arenoso | 10. Arena a arena con grava |
| 3. Arcilla | 7. Limo arenoso a arena limosa | 11. Grano fino muy rígido |
| 4. Arcilla limosa a arcilla | 8. Arena a arena limosa | 12. Arena a arena arcillosa |

Robertson, 1986

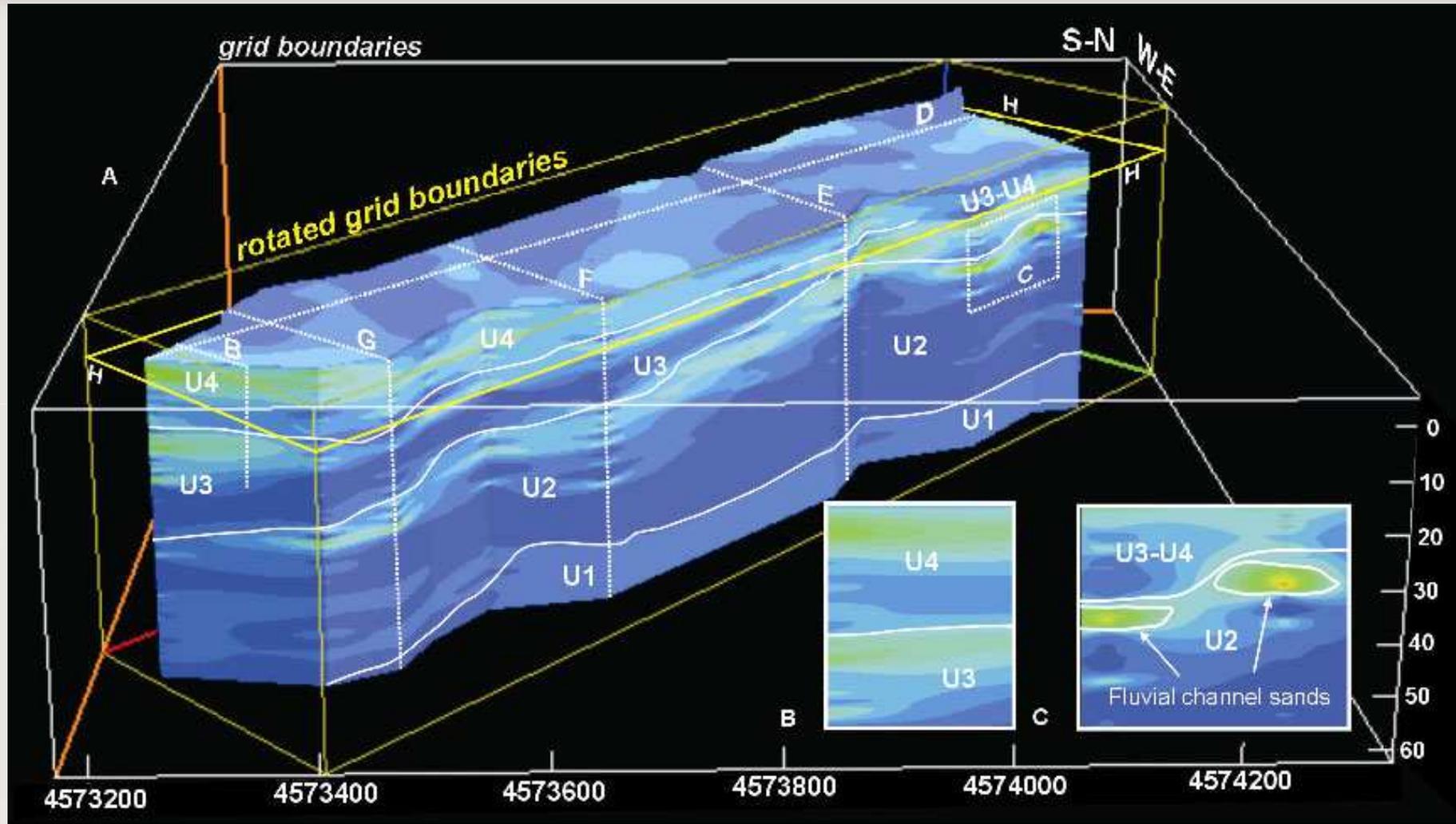
Correlación con sondeos

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Modelos geoestadísticos

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Devincenzi et al., 2004, 2005

Arcillas: resistencia al corte no drenada, $s_u \sim C_u$

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

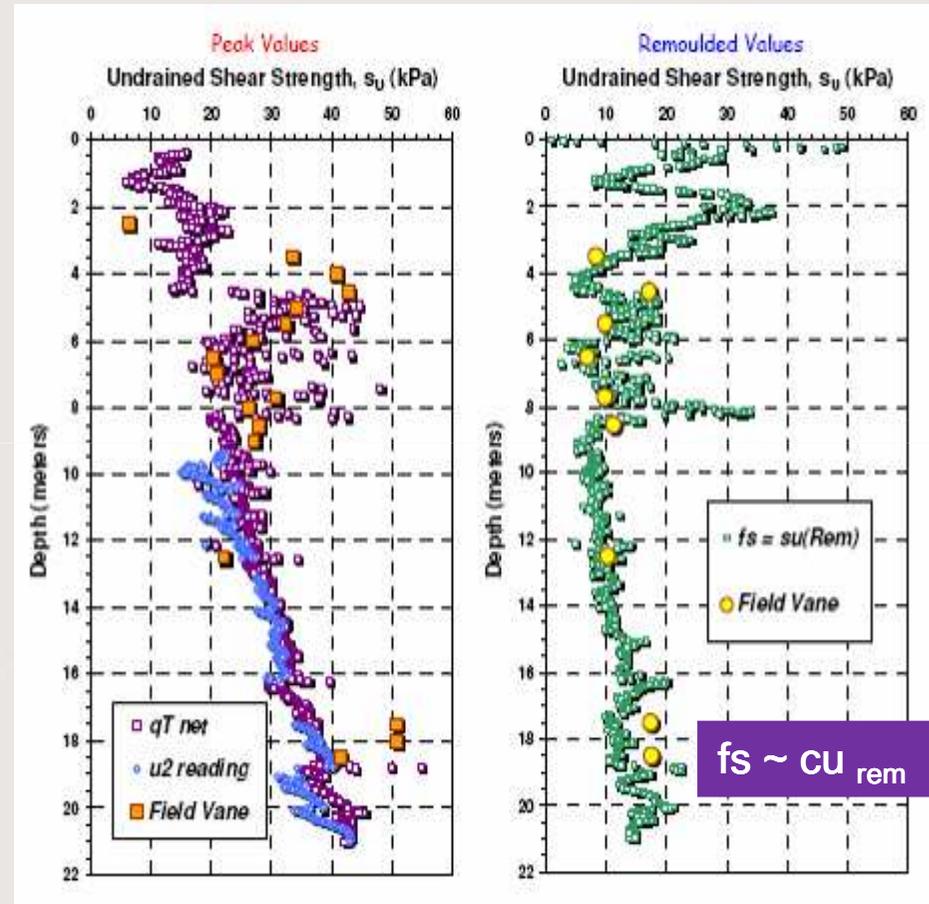
$$s_u = \frac{q_T - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

St	NC	OC
10	14/16	20

$$s_u = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}}$$

2 – 20 - f(OCR, St y

G_s, ρ)

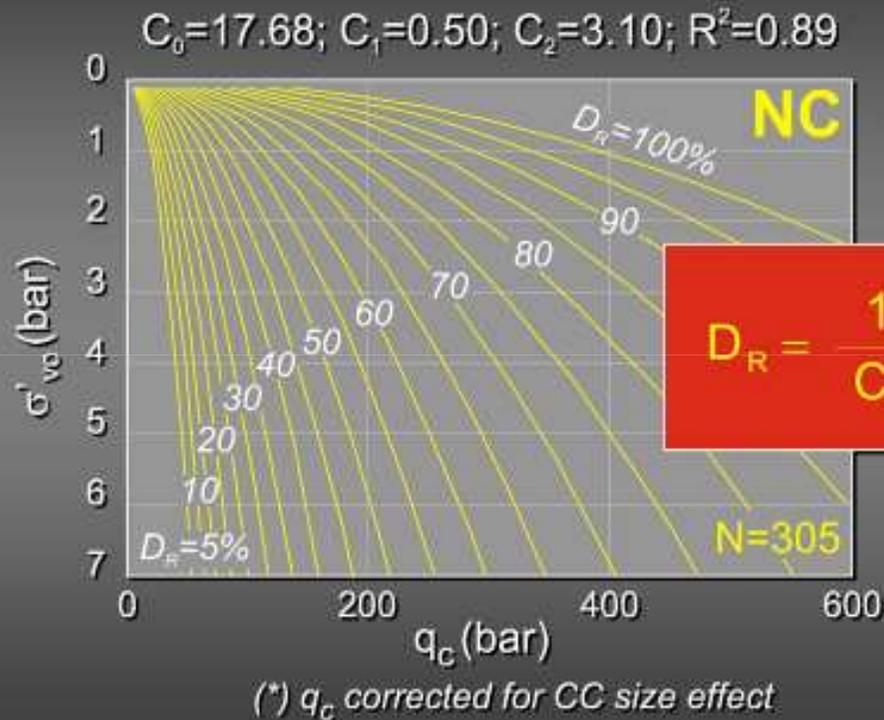


Arcillas de New Orleans Mayne, 2008

CPT y CPTU, Arenas: DR%

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

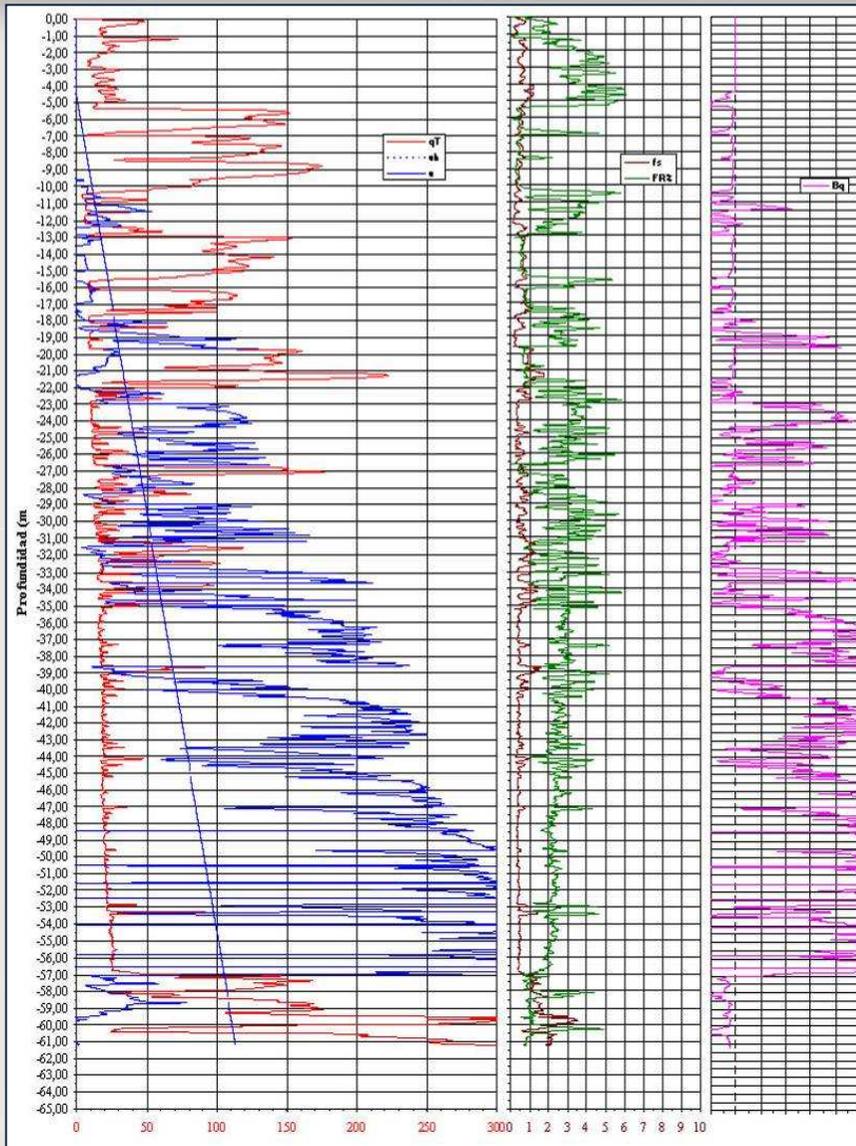
RELATIVE DENSITY OF NC SILICEOUS SANDS



Jamiolkowski et al., 2003

CPTu: presentación interpretada

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



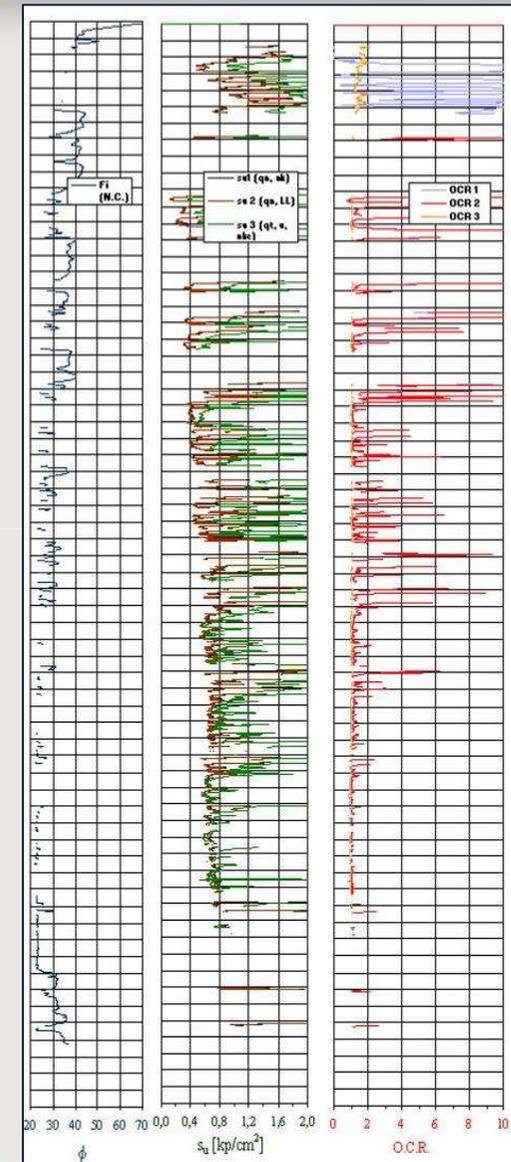
Estratigrafía



Parámetros Geotécnicos

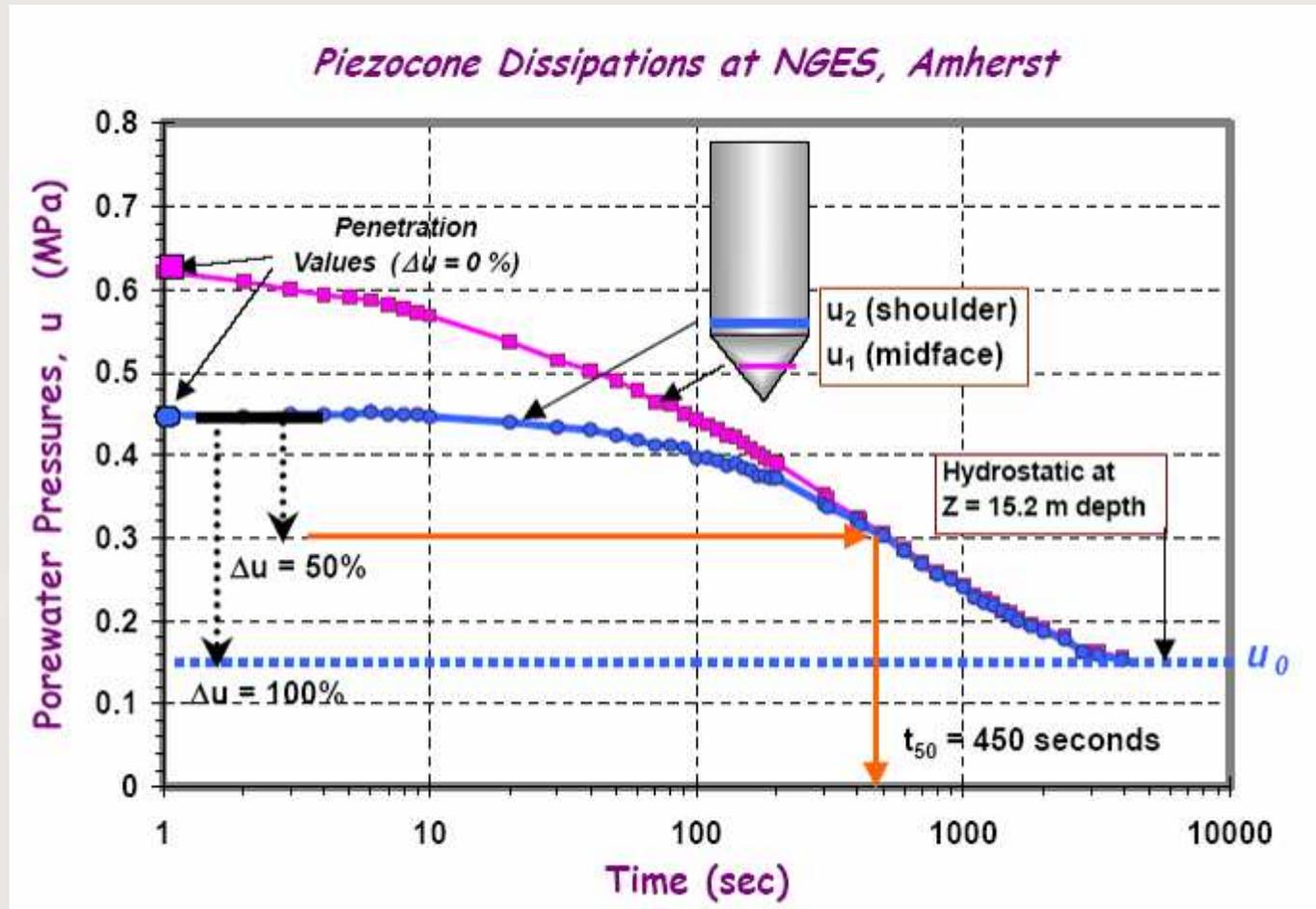


- ✓ γ
- ✓ DR%
- ✓ ϕ
- ✓ S_u
- ✓ M, E, G_0
- ✓ S_t
- ✓ k
- ✓ c_h
- ✓ OCR



Ensayos de Disipación: ch

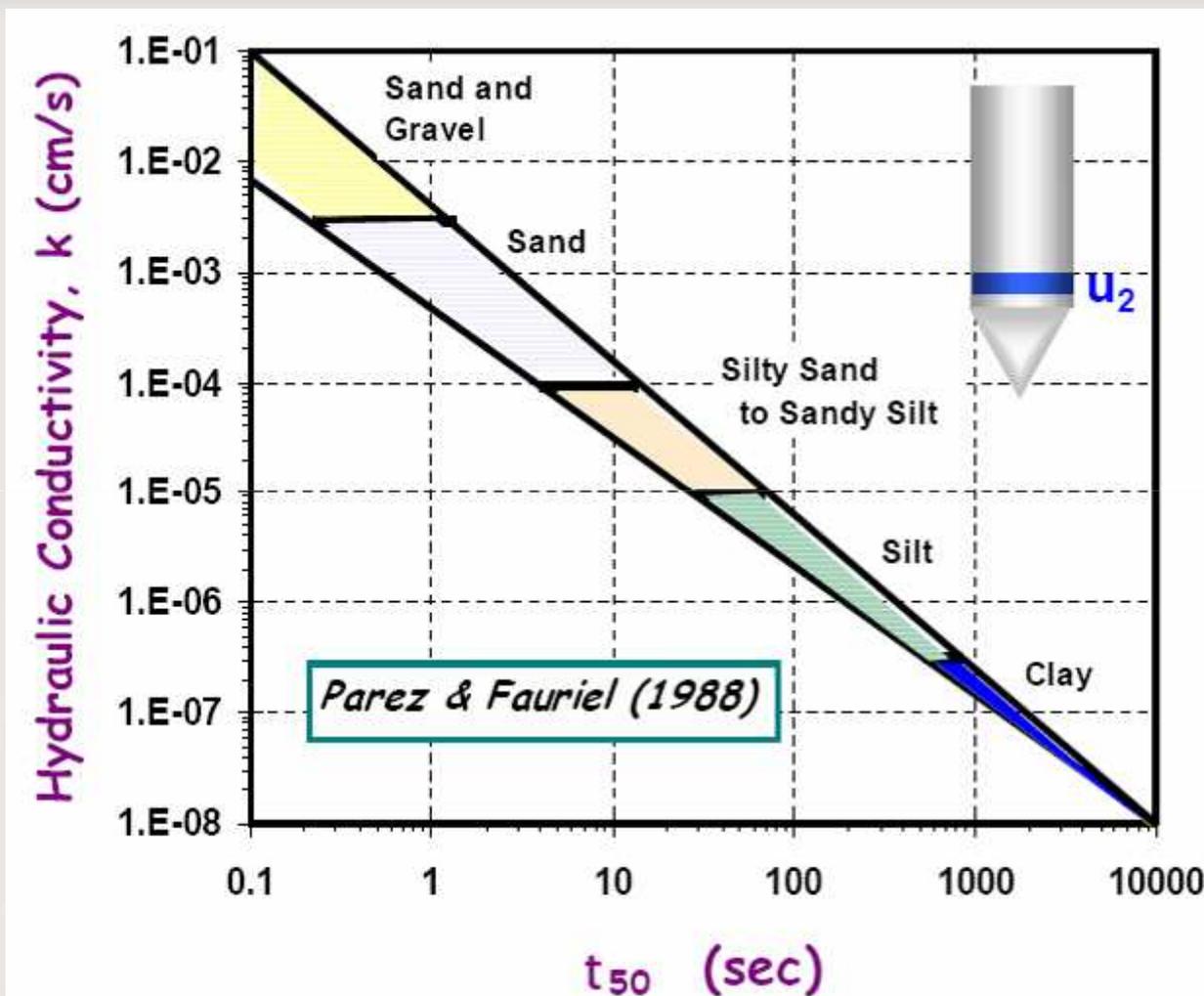
Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



Paul Mayne, 2002

Permeabilidad k

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi



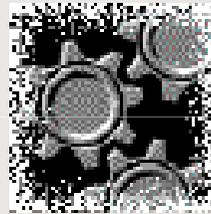
Interpretación: Respuesta

Reconocimientos Geotécnicos
en Proyectos Marinos
Marcelo Devincenzi

Historia Tensional (OCR,
 $\sigma_{h0}!!$)

Rigidez

Resistencia



Resultado
EGIS

- INTERACCION !!!
- 3 respuestas independientes

Muchas gracias por vuestra
atención...

marcelo@igeotest.com