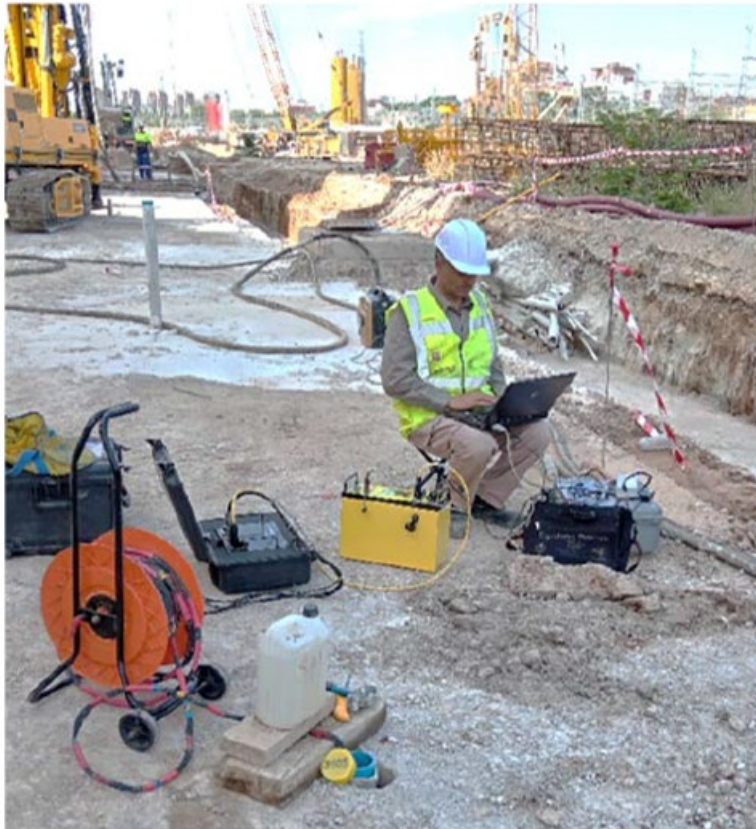


Jornadas de Obras de Interés Geotécnico. 59ª Sesión. DRACE GEOCISA/MENARD

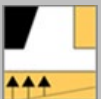


**PRESENTACIÓN TÉCNICA DE LA EMPRESA
EN EL CAMPO DE LA GEOTECNIA**

Autor: Gustavo Armijo Palacio

Jefe del Servicio Técnico

**DRACE
GEOCISA**



OBJETIVOS DEL SERVICIO TÉCNICO DE DRACE GEOCISA:

- APOYO TÉCNICO A LAS OBRAS PROPIAS (CLIENTE INTERNO)
- TRABAJOS GEOTÉCNICOS PARA CLIENTES EXTERNOS

VENTAJAS DE ESTE ENFOQUE:

- EL SERVICIO TÉCNICO TRATA DE NO SER UN GASTO GENERAL DE EMPRESA
- SE ADQUIERE UNA MAYOR EXPERIENCIA QUE SE PUEDE APLICAR A LA OBRA PROPIA



APOYO TÉCNICO A LAS OBRAS PROPIAS:

- **CIMENTACIONES PROFUNDAS:**

- Pilotes in situ
- Elementos portantes
- Micropilotes

- **ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN:**

- Pantallas continuas de hormigón armado
- Pantallas de pilotes
- Pantallas de micropilotes
- Anclajes
- Soil nailing



APOYO TÉCNICO A LAS OBRAS PROPIAS:

- **TRATAMIENTOS DEL TERRENO:**

- Precargas con y sin drenes
- Compactación dinámica
- Vibroflotación / Columnas de grava
- Columnas ensacadas
- Inyecciones a presión: impregnación, fracturación (compensación) y compactación
- Jet grouting: mono fluido, bi fluido (superjet) y triple fluido
- Soil mixing



TRABAJOS GEOTÉCNICOS PARA CLIENTES EXTERNOS:

- **DISEÑO Y CONTROL DE TRATAMIENTOS DEL TERRENO**
- **DISEÑO DE RECALCES**
 - Con inyecciones a presión
 - Con micropilotes
 - Con jet grouting



TRABAJOS GEOTÉCNICOS PARA CLIENTES EXTERNOS:

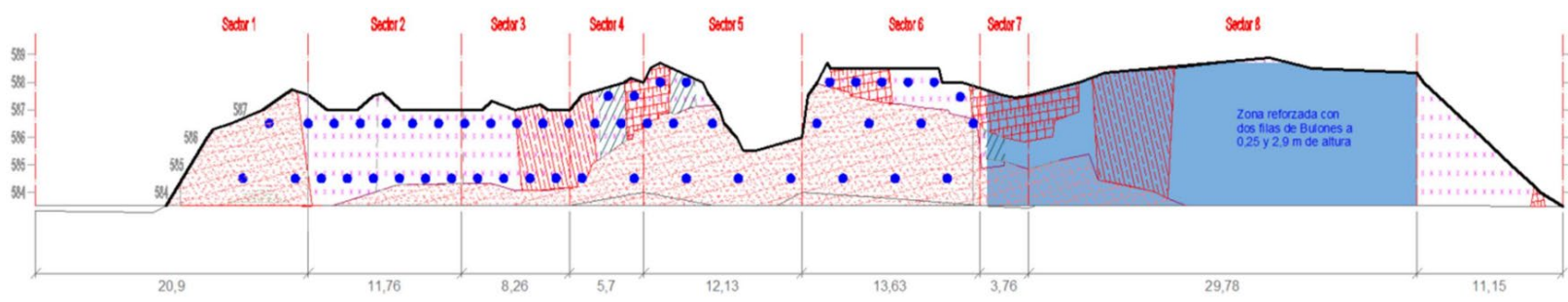
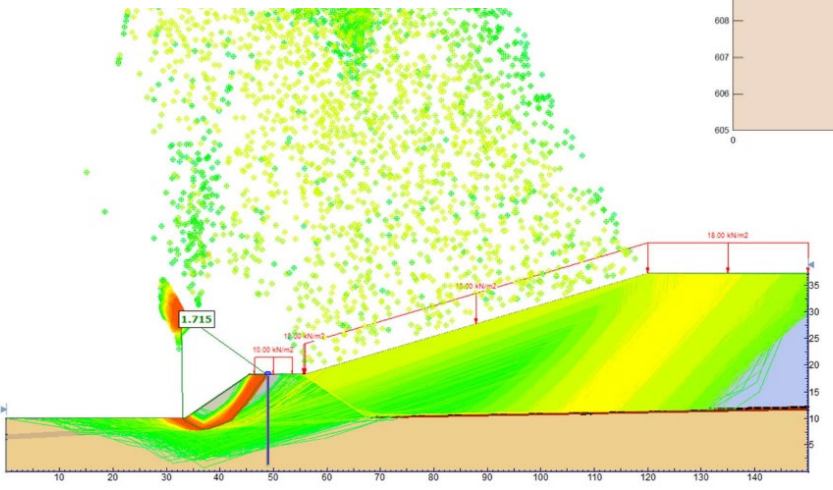
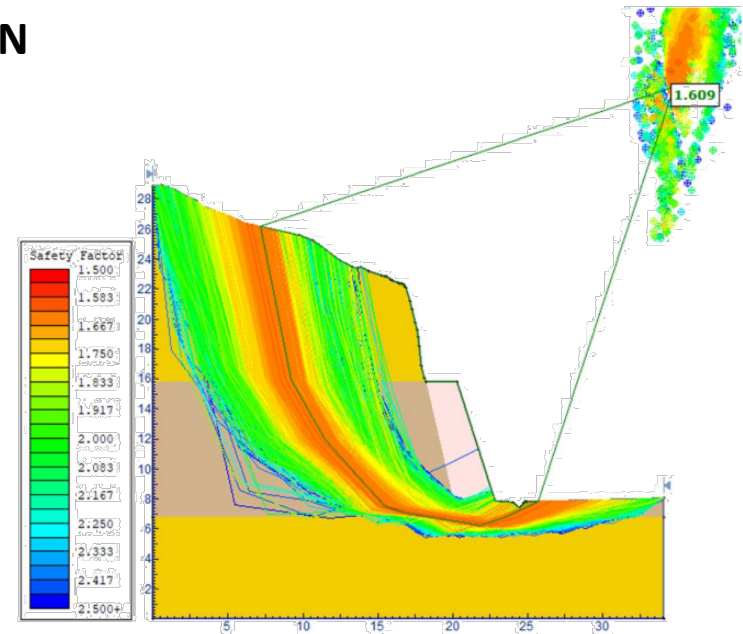
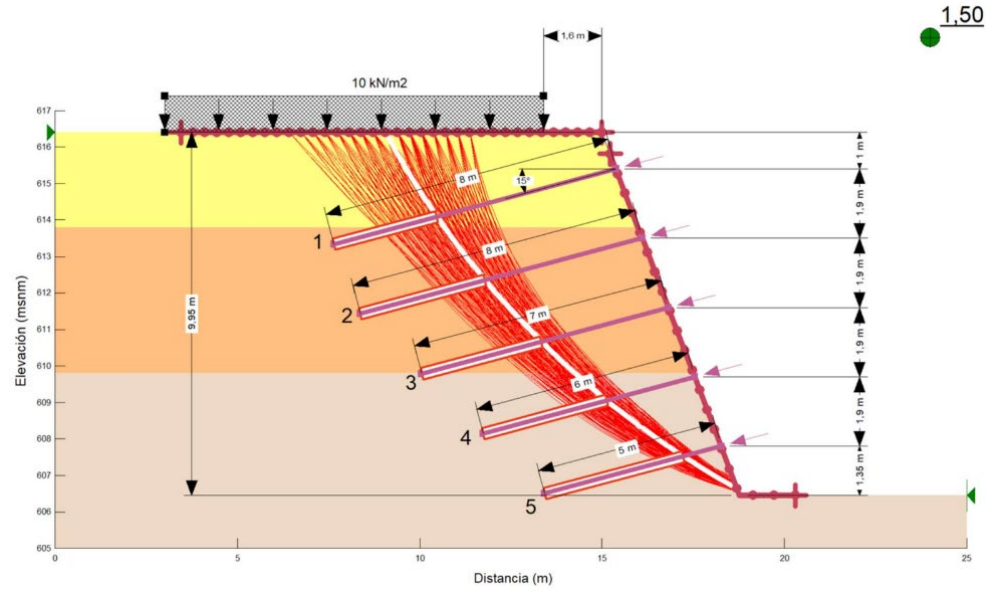
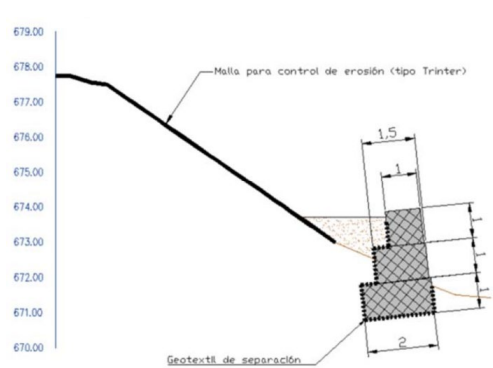
- **ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y DISEÑO DE MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN**
 - Estudios con el método de equilibrio límite y con elementos finitos
 - Estabilización con drenaje, bermas, muros de escollera, gunita y bulones

- **ESTUDIOS DE AFECCIÓN A LA INFRAESTRUCTURA DE METRO:**
 - Análisis tenso deformacional
 - Diseño planes de auscultación



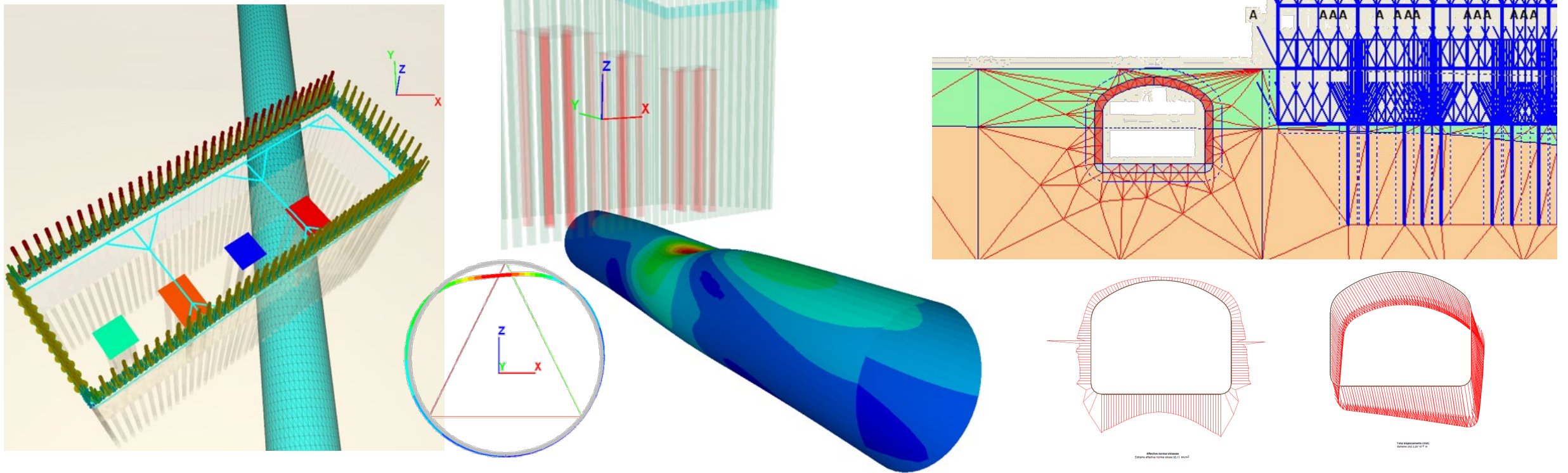
ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y DISEÑO DE MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN

- Estudios con el método de equilibrio límite y con elementos finitos
- Estabilización con drenaje, bermas, muros de escollera, gunita y bulones



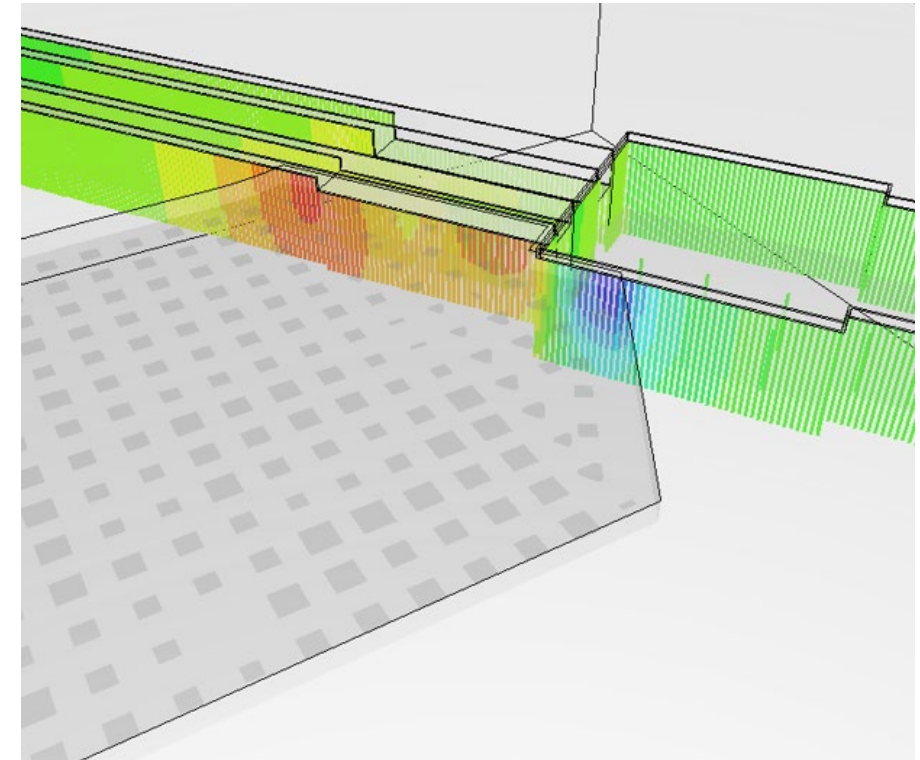
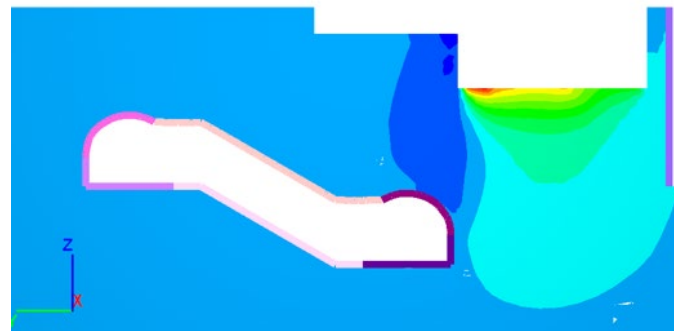
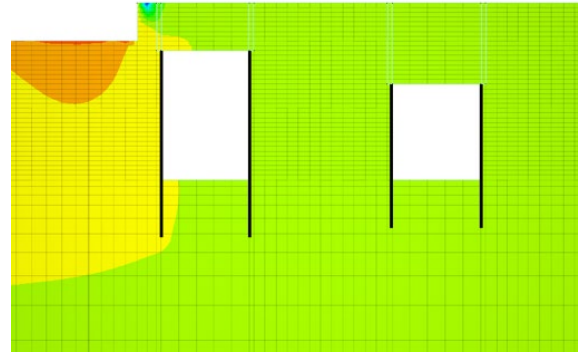
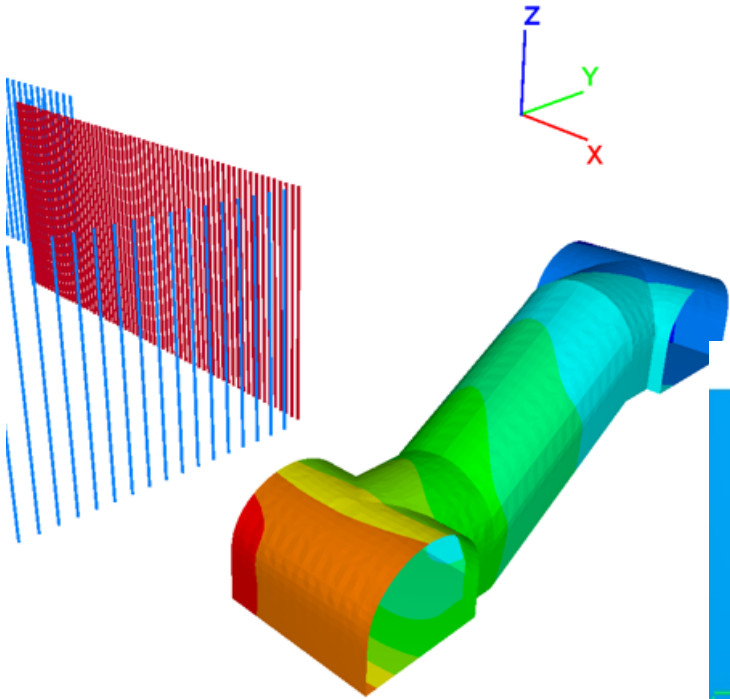
- ESTUDIOS DE AFECCIÓN A LA INFRAESTRUCTURA DE METRO:

- Estudios de afección a **túneles** por construcción de nuevos edificios o reforma de edificios existentes mediante análisis tenso deformacional con modelos 2D y 3D utilizando software de elementos finitos o diferencias finitas.



- ESTUDIOS DE AFECCIÓN A LA INFRAESTRUCTURA DE METRO

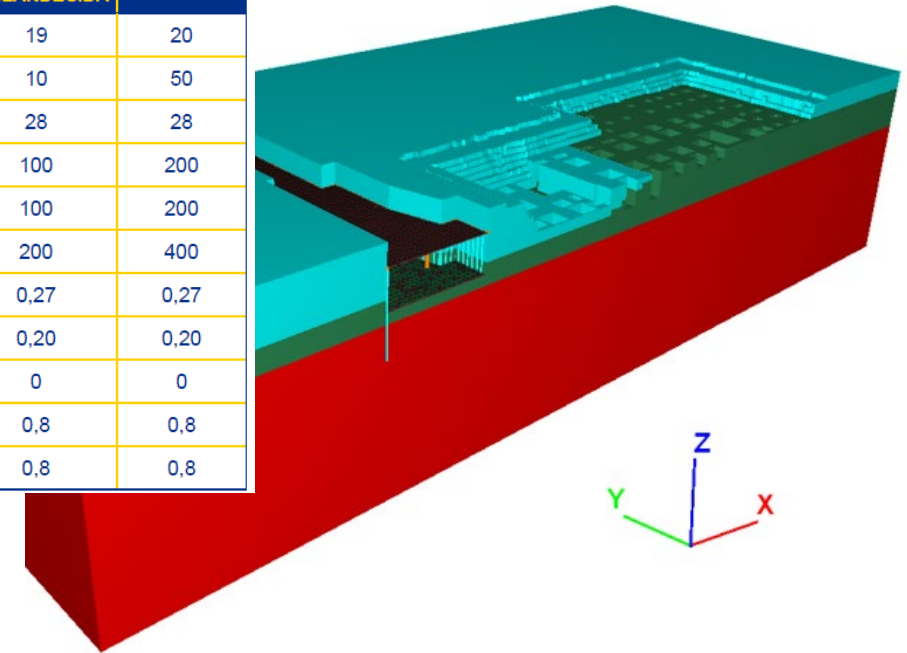
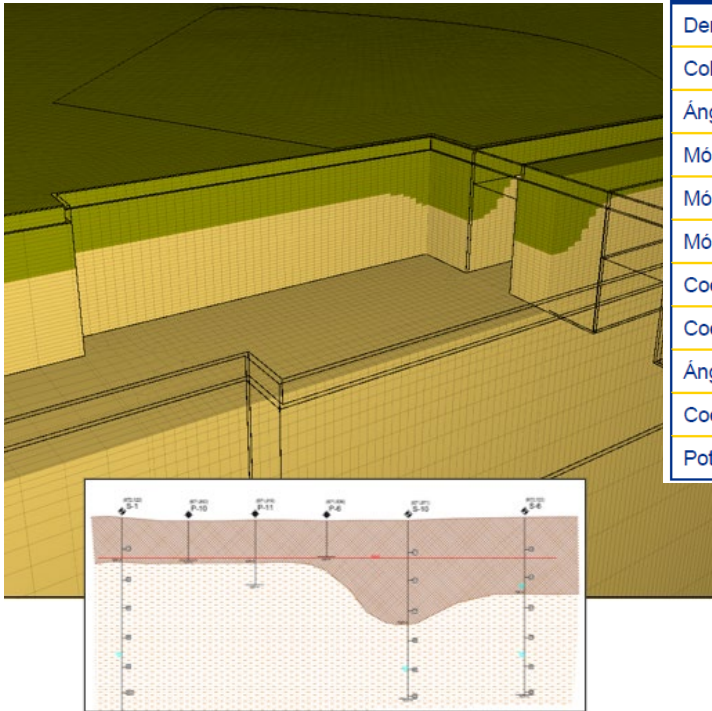
- Estudios de afección a **estaciones** por construcción de nuevos edificios o reforma de edificios existentes mediante análisis tensodeformacional de modelos 3D utilizando software de elementos finitos o diferencias finitas.



- ESTUDIOS DE AFECCIÓN A LA INFRAESTRUCTURA DE METRO

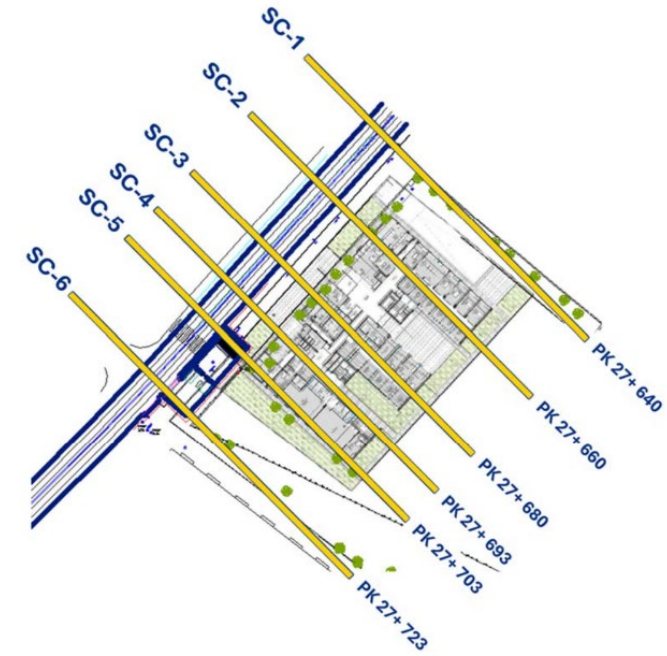
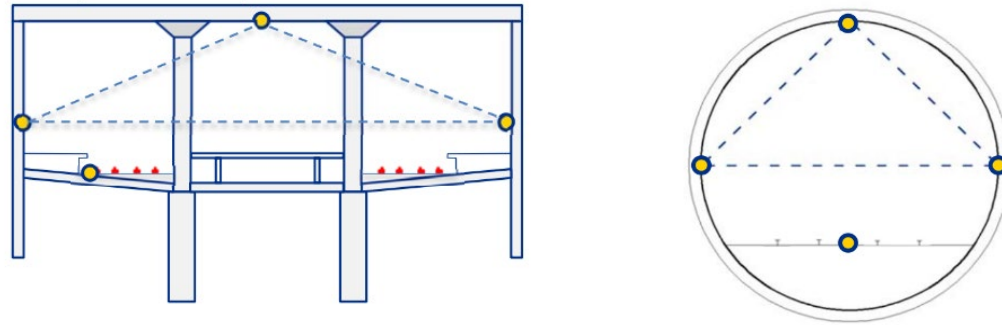
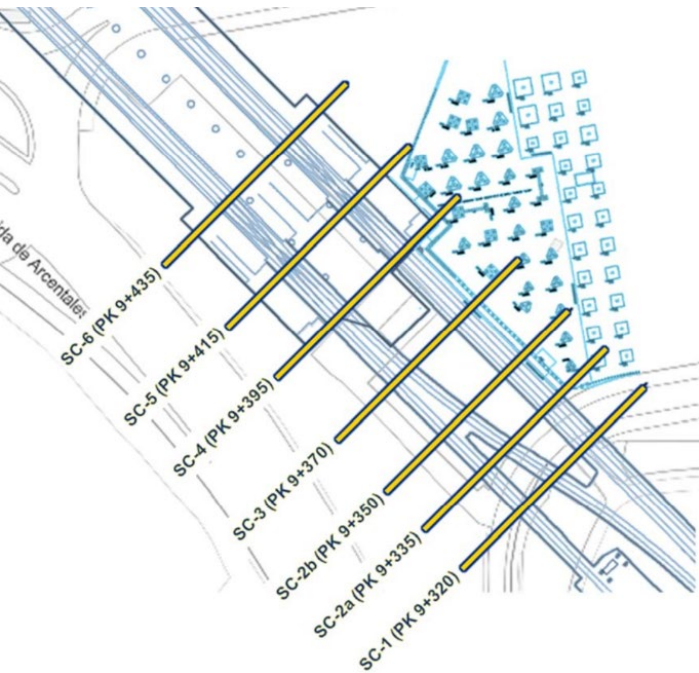
- Uso de diferentes modelos de comportamiento del terreno en función del perfil geotécnico

PARÁMETRO	UNIDAD	TIPO DE SUELO			
		RELLENO	PEÑUELA REBLANDECIDA	PEÑUELA	
Densidad aparente	γ'	kN/m ³	18	19	20
Cohesión	c'	kPa	0	10	50
Ángulo de rozamiento	ϕ'	°	28	28	28
Módulo deformación	E_{50}^{ref}	MPa	7,5	100	200
Módulo edométrico	E_{oed}^{ref}	MPa	7,5	100	200
Módulo deformación descarga/recarga	E_{ur}^{ref}	MPa	15	200	400
Coefficiente de Poisson	ν	-	0,35	0,27	0,27
Coefficiente de Poisson descarga/recarga	ν_{ur}	-	0,20	0,20	0,20
Ángulo de dilatación	ψ	°	0	0	0
Coefficiente de empuje en reposo	K_0	-	0,5	0,8	0,8
Potencia de la dependencia tensional de la rigidez	m	-	0,5	0,8	0,8



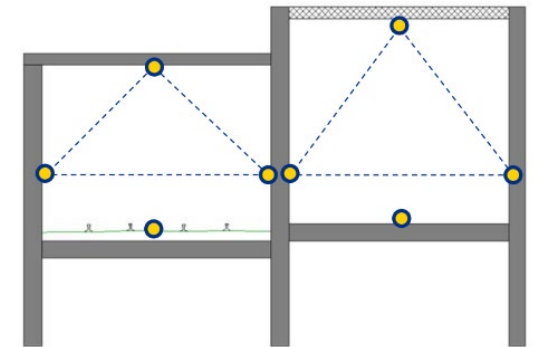
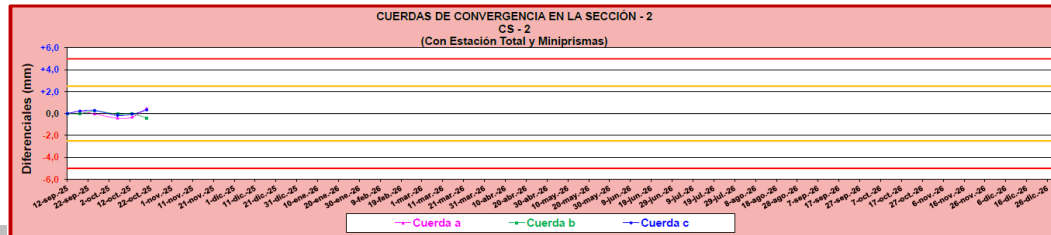
- PLANES DE AUSCULTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE METRO

- A partir de los estudios de afección correspondientes



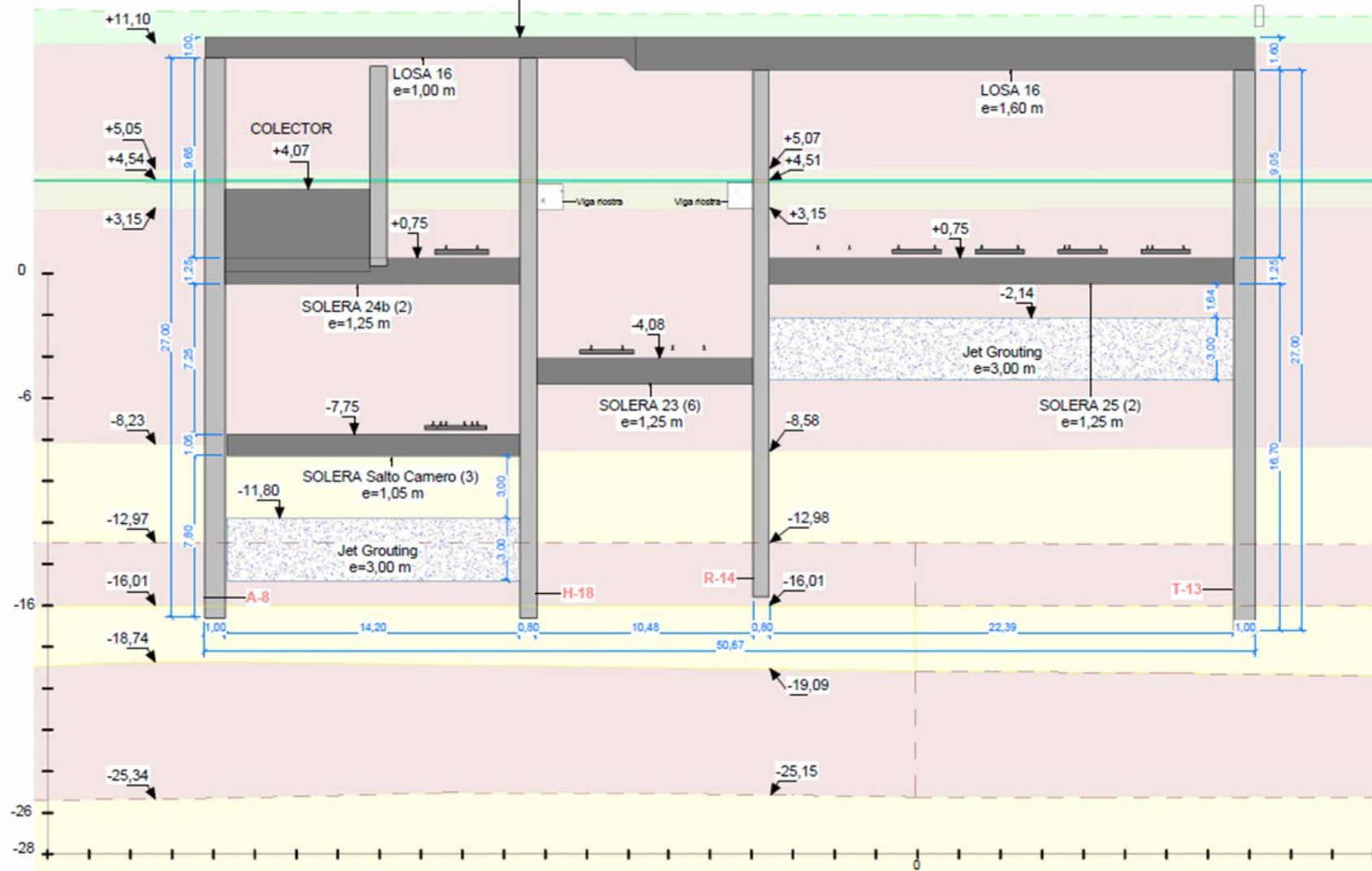
CONTROL DE AFECCIÓN SOBRE LA ESTACIÓN PALOS DE LA FRONTERA Y EL TÚNEL DE LA LÍNEA 3 DE METRO DE MADRID POR LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO EDIFICIO EN LA CALLE PASEO DE LAS DELICIAS, 42 (MADRID)

CONVERGENCIA EN LA SECCIÓN - 2



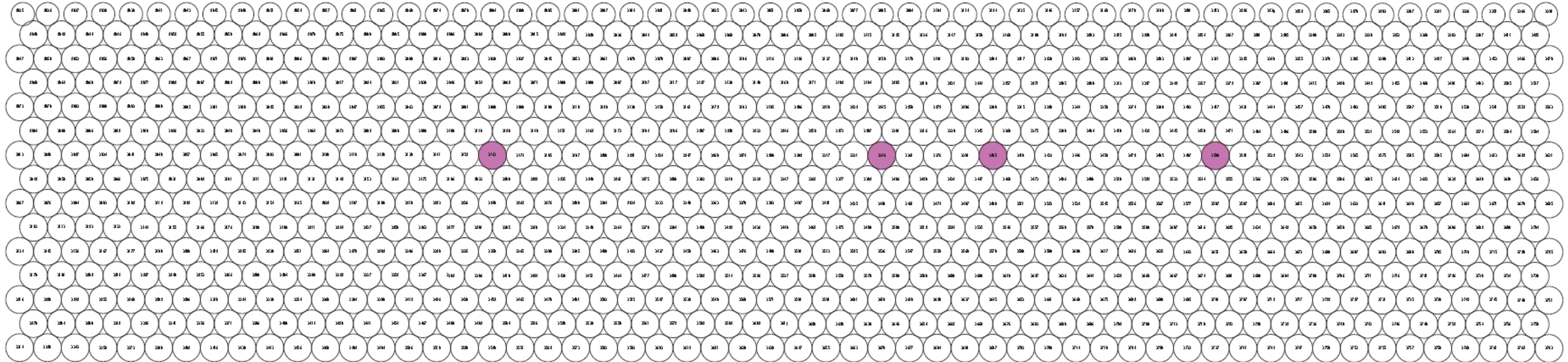
EJEMPLO APOYO TÉCNICO: TAPÓN / ESTAMPIDOR HECHO CON SUPERJET GROUTING:

Sección típica



EJEMPLO APOYO TÉCNICO: TAPÓN / ESTAMPIDOR HECHO CON SUPERJET GROUTING: Sección típica

SONDED



Diámetros objetivo de columna de jet grouting:

- 1,8 m en capa superior arcillosa
- 2,3 m en capa inferior con gravas

Parámetros de referencia del jet grouting:

- Relación agua / cemento de 1.25 a 1 en peso.
- Presión de inyección de 450 bar.
- 2500 kg de cemento por metro de columna.
- 1 tobera de 5mm.

Alternativa propuesta:

- 2 toberas de 4mm.



JET-GROUTING : PARAMETROS DE TRATAMIENTO

GEOCISA

Valores variables en rojo

DENSIDAD CEMENTO (t/m ³):		3.05	Consumo de cemento.....		2500	kg/m
DOSIFICACION	AGUA:	1.25	Velocidad de inyección (*).....		7.4	cm/min
(EN PESO)	CEMENTO:	1	Longitud a tratar.....		3.00	m
DENSIDAD DE LA LECHADA (t/m ³):		1.43	Tiempo tratamiento por metro		13.46	min/m
PRESION EN LA BOMBA (Kg/cm ²):		450	Rendimiento de inyección		4.46	metros/hora
POTENCIA BOMBA (kW):		215.7	Caudal de inyección		293	litros/minuto
POTENCIA JET (kW):		215.7	Volumen de inyección		3945	litros/m
TOBERAS			Energía jet		174	174 MJ/m
	NUMERO:	1	Tiempo de tratamiento.....		40.4	min.
	DIAMETRO (mm):	5	(*) Tiempo de persistencia por escalón de:			
	NUMERO:		4 cm		----->	32.3 segundos
	DIAMETRO (mm):					
RESULTADOS :		Teóricos	...con pérdidas del			
		sin perdidas	0.00 %			
VELOCIDAD DE SALIDA (m/s):		251.23	248.83 m/s			
CAUDAL DE SALIDA (l/min):		295.97	293.14 l/min			
SALIDA DE CEMENTO (Kg/min):		187.58	185.78 kg/min			



JET-GROUTING : PARAMETROS DE TRATAMIENTO

GEOCISA

Valores variables en rojo

DENSIDAD CEMENTO (t/m ³):	3.05
DOSIFICACION (EN PESO)	AGUA: 1.25 CEMENTO: 1
DENSIDAD DE LA LECHADA (t/m ³):	1.43

PRESION EN LA BOMBA (Kg/cm ²):	450
POTENCIA BOMBA (kW):	✓ 276.1
POTENCIA JET (kW):	✓ 276.1

TOBERAS	NUMERO:	1
	DIAMETRO (mm):	4
	NUMERO:	1
	DIAMETRO (mm):	4

Consumo de cemento.....	2500	kg/m
Velocidad de inyección (*).....	9.5	cm/min
Longitud a tratar.....	3.00	m
Tiempo tratamiento por metro	✓ 10.53	min/m
Rendimiento de inyección	✓ 5.70	metros/hora
Caudal de inyección	✓ 375	litros/minuto
Volumen de inyección	✓ 3945	litros/m
Energía jet	174 ✓	174 MJ/m
Tiempo de tratamiento.....	31.6	min.

(*) Tiempo de persistencia por escalón de:		
4 cm	→	25.3 segundos

RESULTADOS :	Teóricos sin perdidas	...con pérdidas del 0.00 %
VELOCIDAD DE SALIDA (m/s):	251.23	248.83 m/s
CAUDAL DE SALIDA (l/min):	378.84	375.22 l/min
SALIDA DE CEMENTO (Kg/min):	240.10	237.80 kg/min



Energía Específica de Inyección: parámetros jet grouting

$$EEI = \frac{PQ}{V_{EXT}} \left(\frac{MJ}{m} \right)$$

- Presión de inyección P (MPa)
- Caudal de lechada Q (m³/h)
- Velocidad ascensional V_{EXT} (m/h)



Energía Específica de Perforación (correlación con compacidad / consistencia del terreno)

$$EEP = \frac{F}{A} + \frac{2\pi V_{ROT} T}{AV} \left(\frac{kJ}{m^3} \right)$$

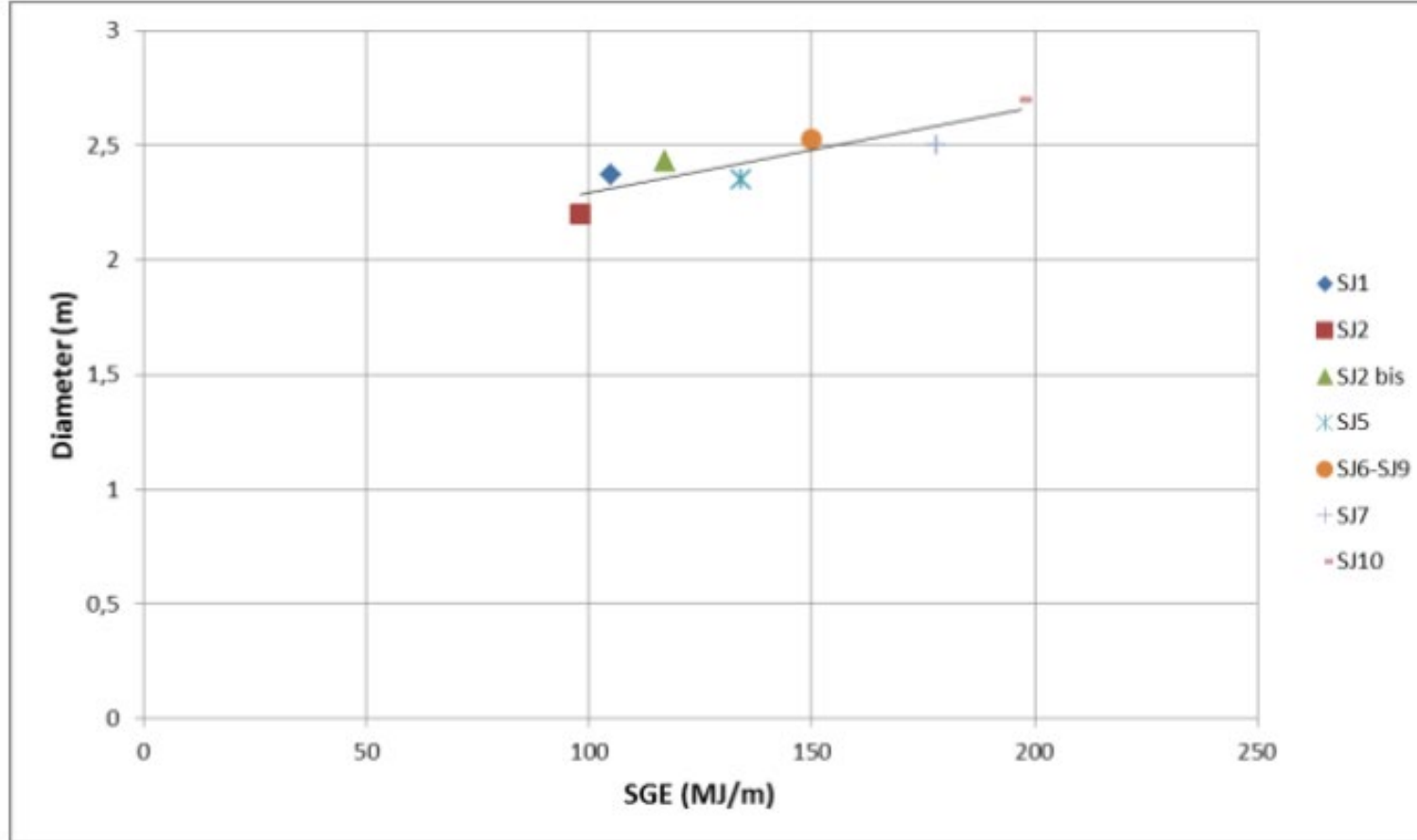
Energía requerida para la perforación de una unidad de volumen de suelo o roca.



Equipo jet grouting: diseño sistema de inyección



Correlación propia diámetro columna – energía de inyección



Diámetro de columna (D) de super jet grouting en función de la energía específica de inyección (SGE = EEI) en suelos granulares, con gravas.

Métodos de predicción del diámetro de columnas de jet grouting

➤ Carnevale et al. (2012)

➤ Shen (2013)

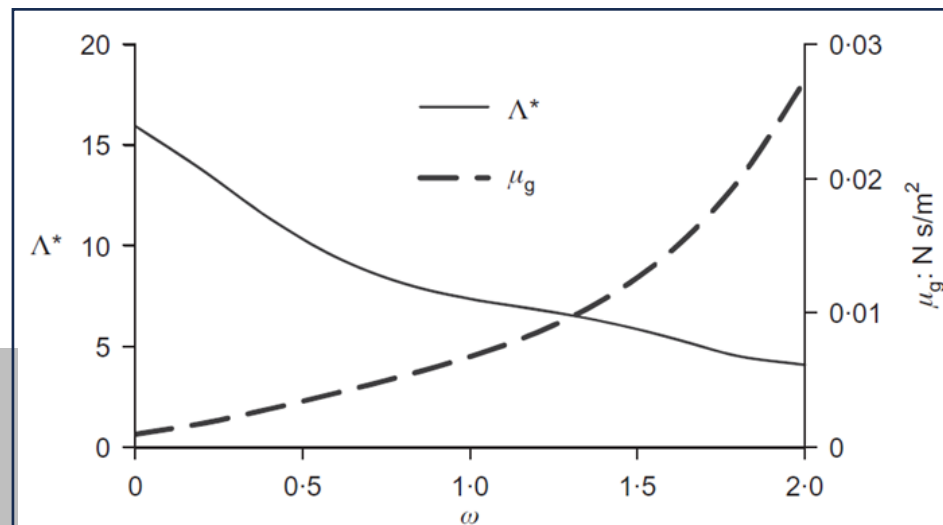
➤ Flora et al. (2013)

$$D_a = D_{ref} \left(\frac{\alpha \cdot \Lambda^* \cdot E'_n}{7.5 \cdot 10} \right)^\beta \left(\frac{N_{SPT}}{10} \right)^\delta$$

$$D_a = D_{ref} \left(\frac{\alpha \cdot \Lambda^* \cdot E'_n}{7.5 \cdot 10} \right)^\beta \left(\frac{q_c}{1.5} \right)^\delta$$

Soil type		ASTM D2487 classification*	D_{ref} : m	β	δ	α , single fluid	α , double and triple fluid
Coarse grained	Without fine	Gravels and sands with less than 5% fines, GW-GP-SW-SP	1.00	0.2	-0.25	1	6
	with fine	Gravels and sands with more than 5% fines, GM-GC-SM-SC	0.80				
Fine grained		Silts, clay and organic soils, CL-ML-OL-CH-MH-OH-Pt	0.50				

*ASTM (2011b).

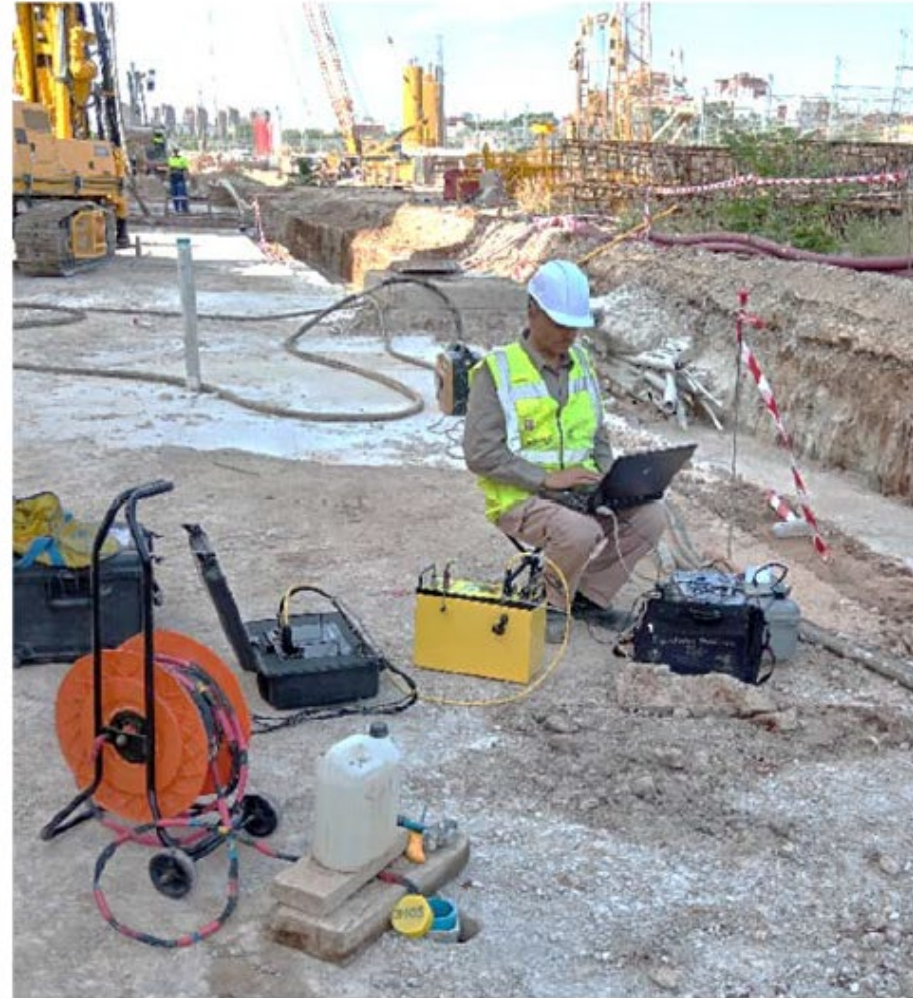


Definición del campo de pruebas

Columna	Fecha Ejecución	Toberas	Presión en Pto. Inyecc.	Caudal teórico	Tiempo por escalón 4 cm	Profundidad (m)	Terreno	Velocidad rotación	Volumen Inyección	Fecha ensayo geofísica
3346 A	28/05/2025	1/5 mm	450 bar	296 l/m	32,3	24,14 - 21,14	Gravas	10 rpm	11.957	29/05/2025
3346 B	28/05/2025	1/5 mm	450 bar	296 l/m	32,3	16,80 - 13,80	Arcillas	20 rpm	11.957	29/05/2025
3405 A	29/05/2025	1/5 mm	450 bar	296 l/m	32,3	24,14 - 21,14	Gravas	10 rpm	11.957	30/05/2025
3405 B	29/05/2025	1/5 mm	450 bar	296 l/m	32,3	16,82 - 13,82	Arcillas	20 rpm	11.957	30/05/2025
3509 A	02/06/2025	2/4 mm	450 bar	389 l/m	24,6	25,52 - 22,52	Gravas	10 rpm	11.957	04/06/2025
3509 B	02/06/2025	2/4 mm	450 bar	389 l/m	24,6	16,99 - 13,99	Arcillas	20 rpm	11.957	04/06/2025
3163 A	03/06/2025	2/4 mm	450 bar	389 l/m	24,6	24,17 - 21,17	Gravas	10 rpm	11.957	05/06/2025
3163 B	03/06/2025	2/4 mm	450 bar	389 l/m	24,6	16,46 - 13,46	Arcillas	20 rpm	11.957	05/06/2025



Verificación del diámetro de las columnas con tomografía eléctrica

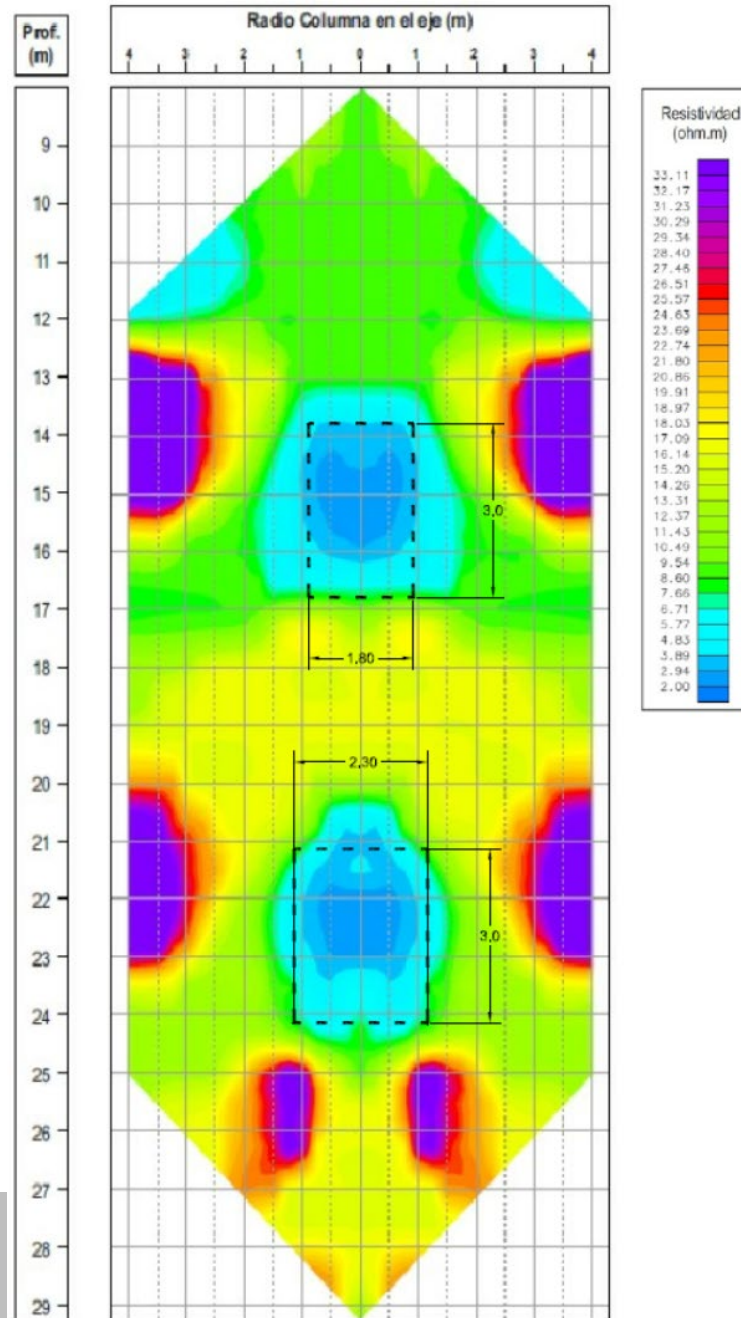


COLUMNA 3346 (PK 0+876)

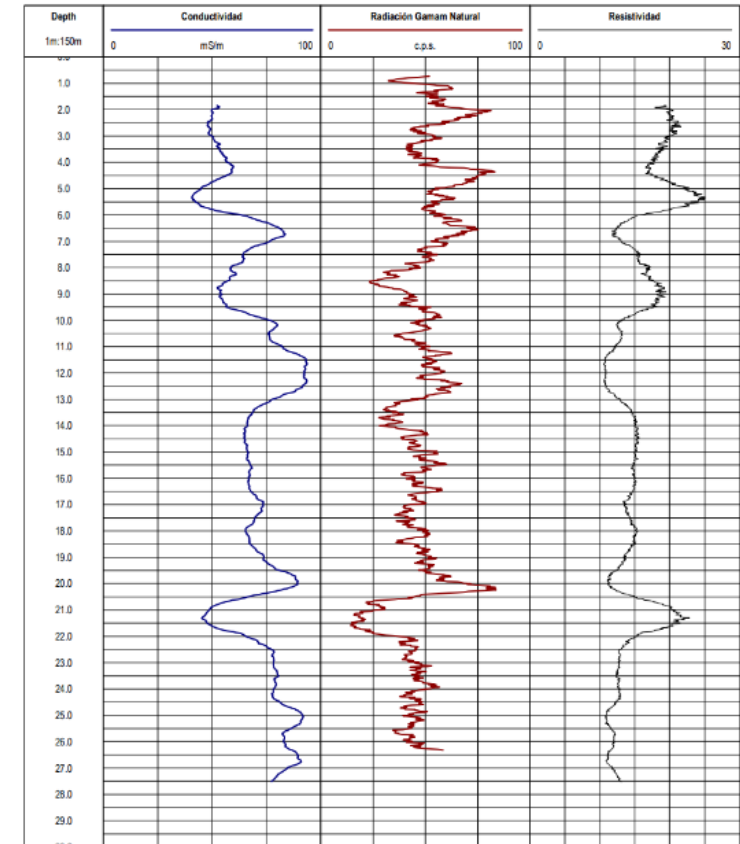
FECHA EJECUCIÓN JET: 28 - 05 - 25

TOBERAS: 1/5 mm

COTA SUPERFICIE		12,55	
JET ARCILLAS			
PROFUNDIDAD		COTA ABSOLUTA	
SUP	13,80	SUP	-1,25
INF	16,80	INF	-4,25
JET GRAVAS			
PROFUNDIDAD		COTA ABSOLUTA	
SUP	21,14	SUP	-8,59
INF	24,14	INF	-11,59



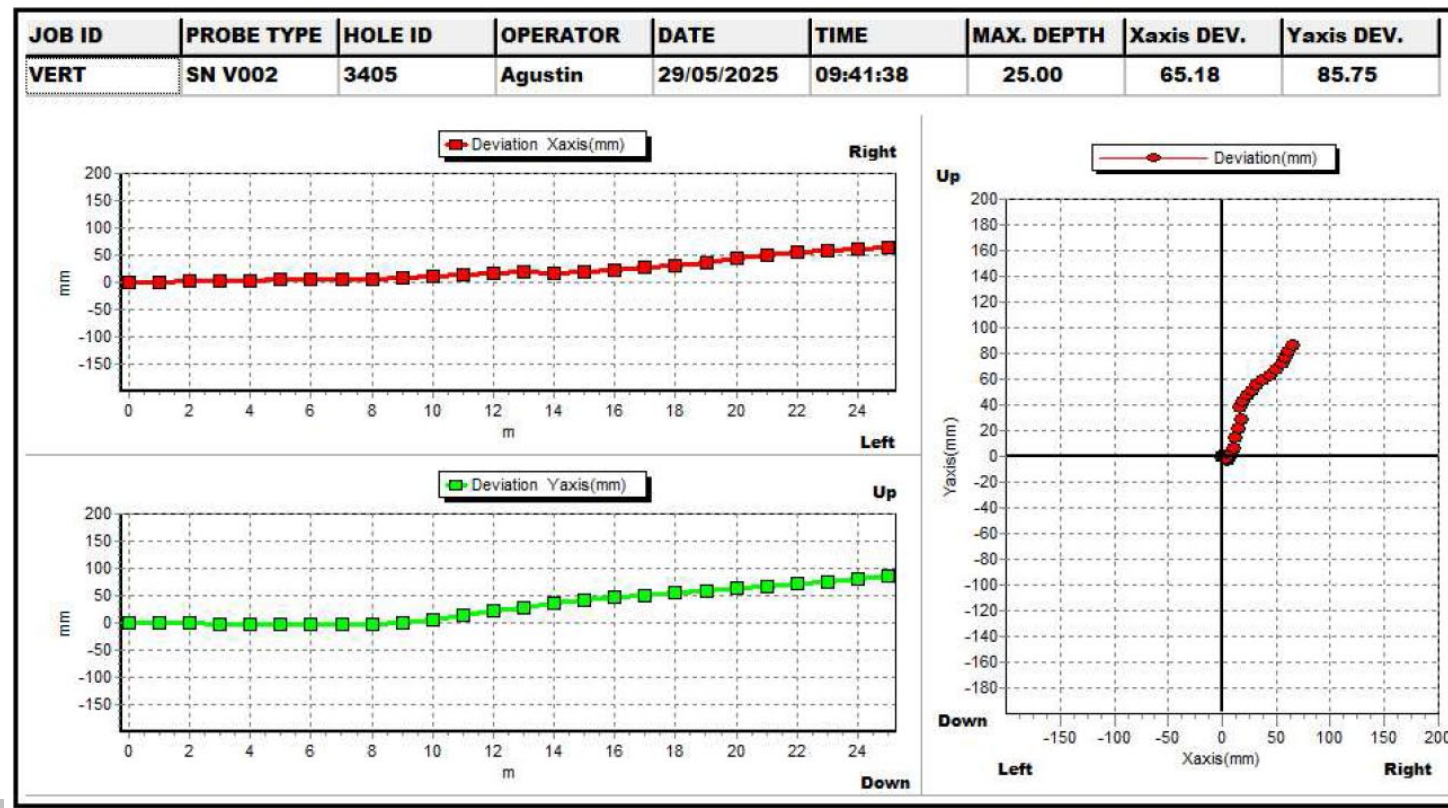
Registro de tomografía eléctrica



CONTROL DE EJECUCIÓN

Control de verticalidad:

COLUMNA	LONGITUD (m)	DESVIACIÓN X (mm)	DESVIACIÓN Y (mm)	VECTOR DESVIACIÓN (mm)	DESVIACIÓN (%)
3346	25	12,33	56,79	58,11	0,23
3405	25	65,18	85,75	107,71	0,43
3509	25	-41,55	-22,26	47,14	0,19
3163	25	-131,92	38,31	137,37	0,55



CONTROL DE EJECUCIÓN

Control de densidad de la lechada

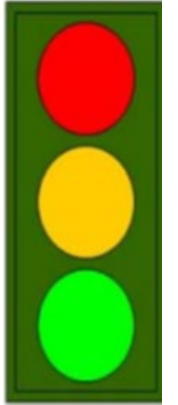


Control de las manifestaciones del tratamiento: semáforo virtual

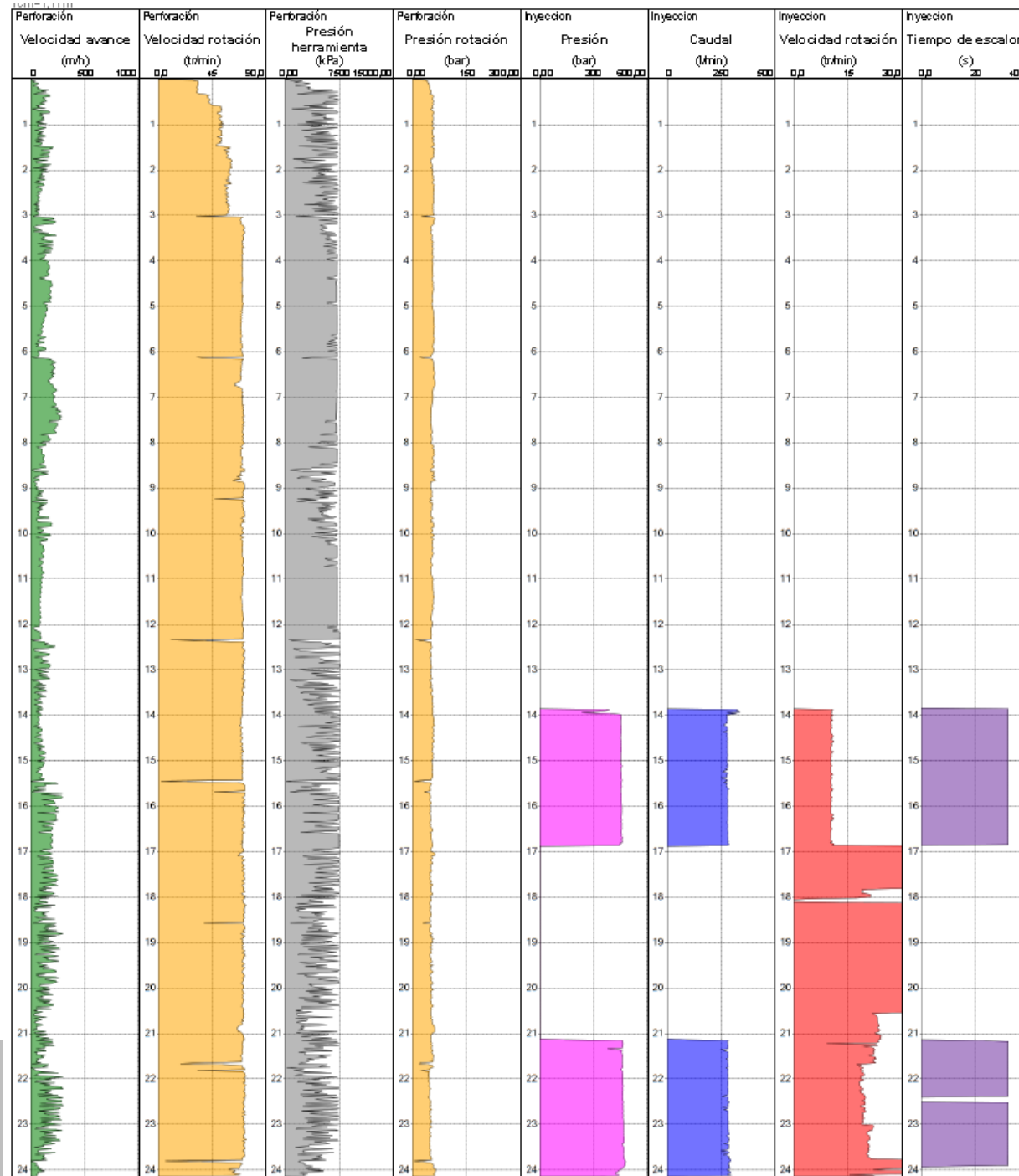
CON MOVIMIENTO EN CUALQUIER CASO

SIN RECHAZO Y SIN MOVIMIENTO

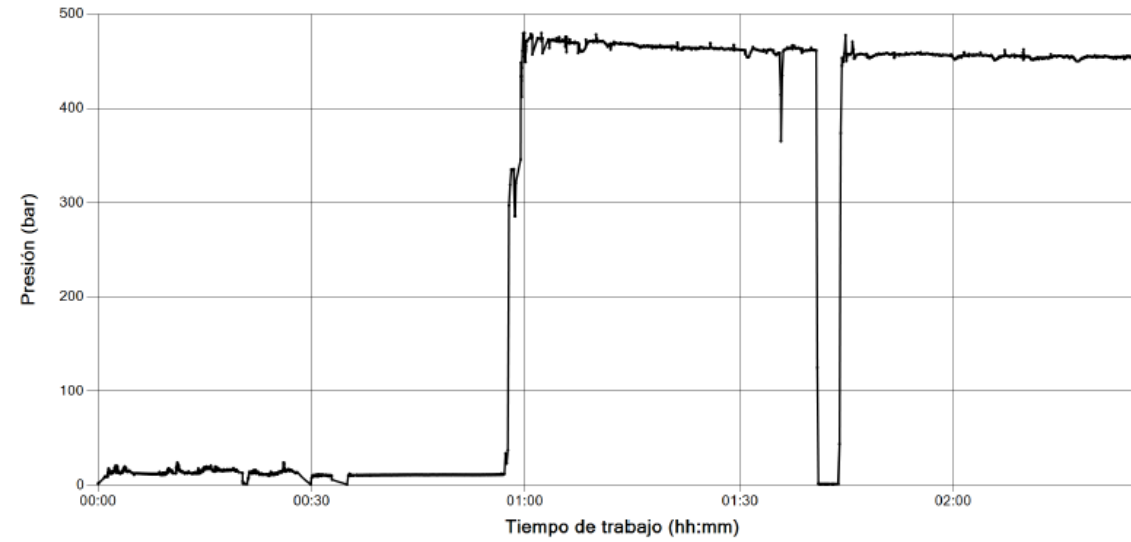
CON RECHAZO Y SIN MOVIMIENTO



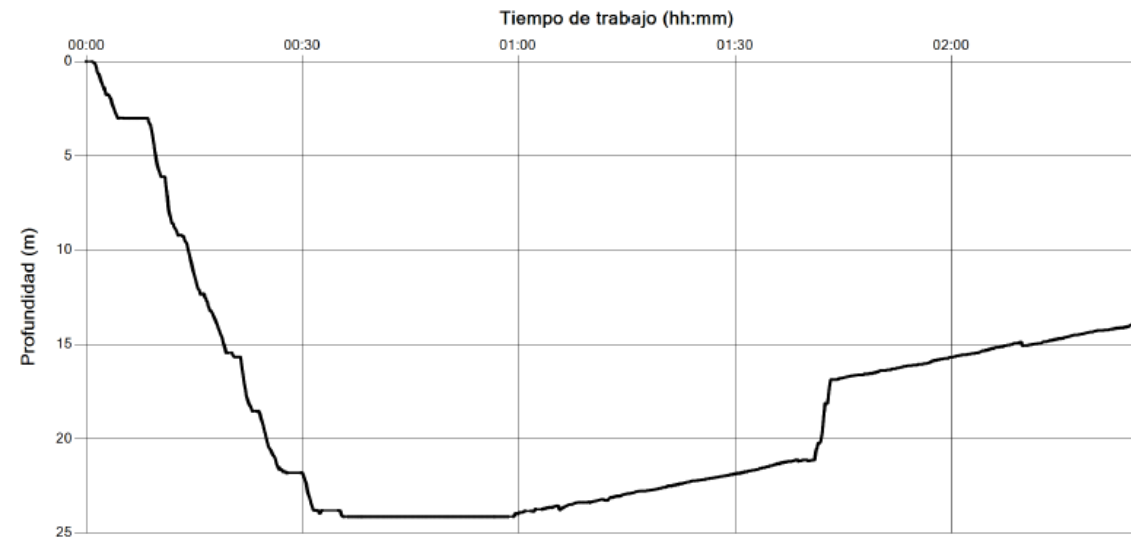
Registro de parámetros de perforación e inyección en función de la profundidad



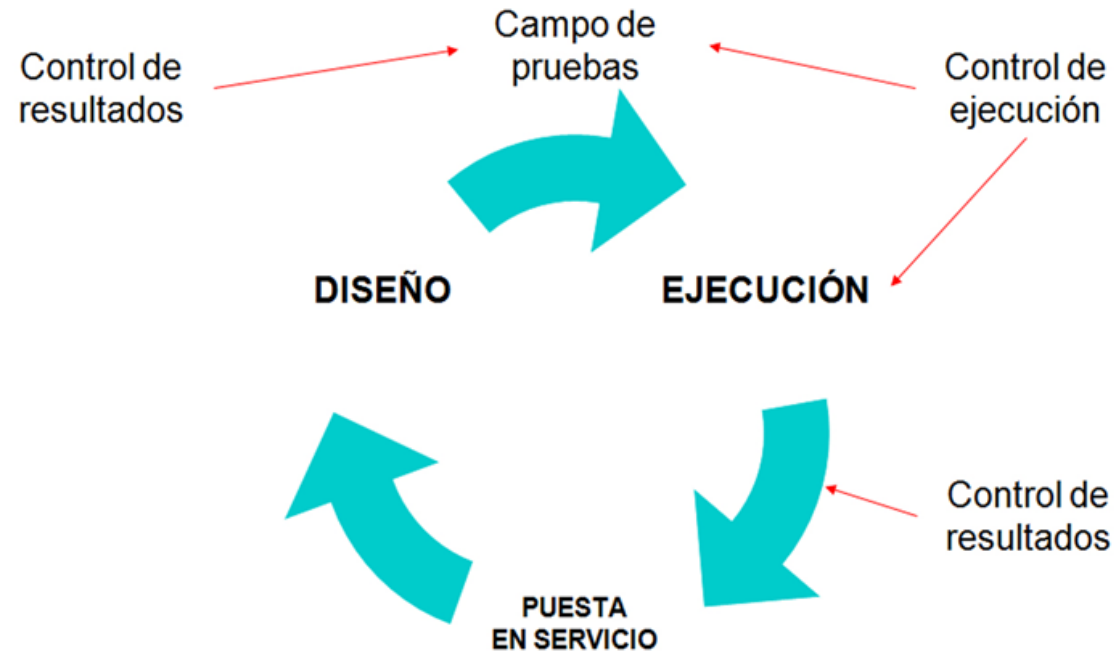
Registro de la presión en función del tiempo



Registro de la profundidad función del tiempo



ETAPAS DE UNA OBRA DE JET GROUTING



GRACIAS!!

Tel. 650975818 / 626596010
garmijop@Drace.com
gustavoarmijo@hotmail.com

