

REALIZACIONES PROFESIONALES CON MIDAS GTS

Geotechnical and Tunnel Analysis System

CASOS DE USO

midas GTS

Next Generation Solution for Geotechnical and Tunnel Engineering

. PROGRAMA UTILIZADO EN LOS CÁLCULOS Y MODELIZACIONES:



- Midas GTS

. PROYECTOS Y AUTORES:



- Modelación del hincado de una tubería (Autopista Tang. Ovest Milano).
- Línea de Metro MM5 (Milano, Viale Zara)
- Excavación de pantallas en área urbana.
- Estabilidad de depósitos de arena suelta.



- Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

NEXT FORCE

Creative Structural Engineering

- Estudio de Seguridad y Deformabilidad de Cimentación para Edificación a Media Ladera



INGENIEROS
CONSULTORES
Y ARQUITECTOS

- Excavaciones subterráneas con geometrías complejas: Central Hidroeléctrica Subterránea.
- Puerto en zona de alta sismicidad.
- Tensiones y deformaciones en la cimentación de un edificio en altura en Riyadh, bajo distintas combinaciones de carga.

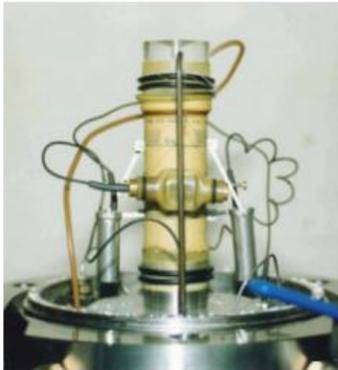


Comportamiento mecánico de los geomateriales

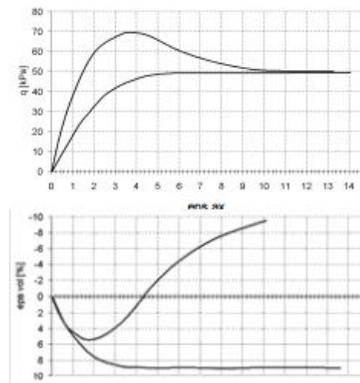
3



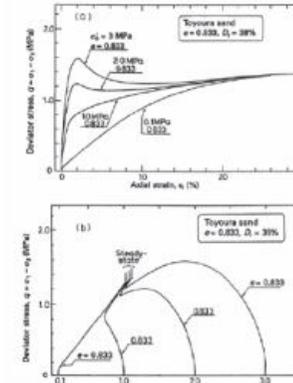
Ensayos de laboratorio



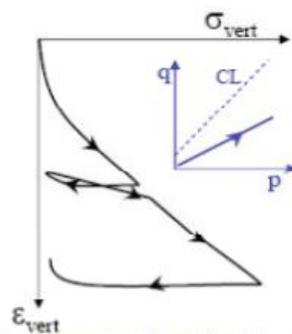
• drenados



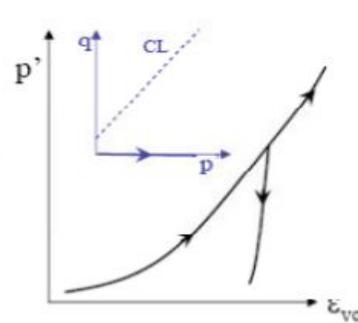
• no drenado



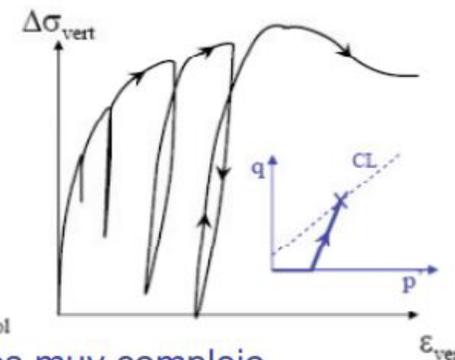
ensayo edometrico



compresion isotropa



ensayo triaxial



El comportamiento mecánico del terreno es muy complejo



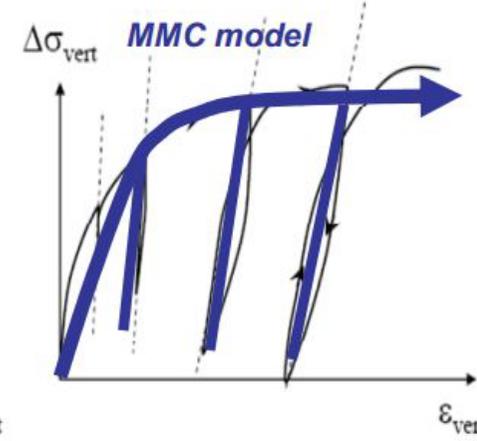
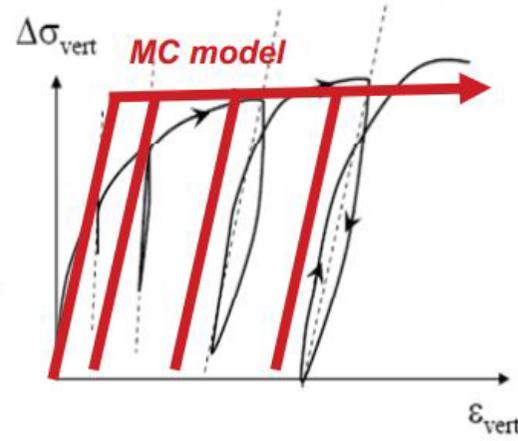
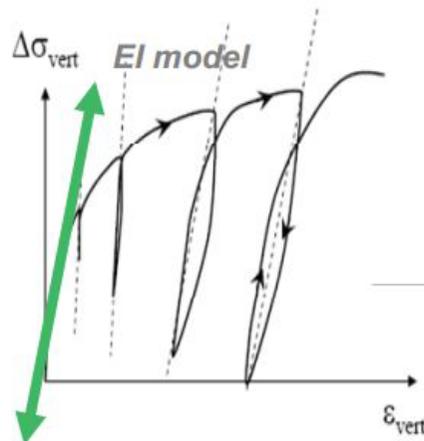
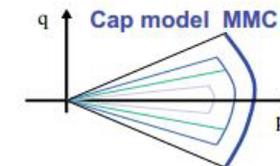
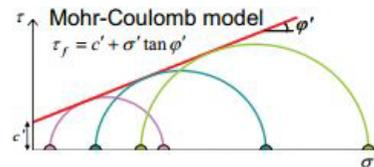
Modelos constitutivos de los geomateriales

7



$$\dot{\varepsilon}_{hk} = C_{hkij} \dot{\sigma}'_{ij}$$

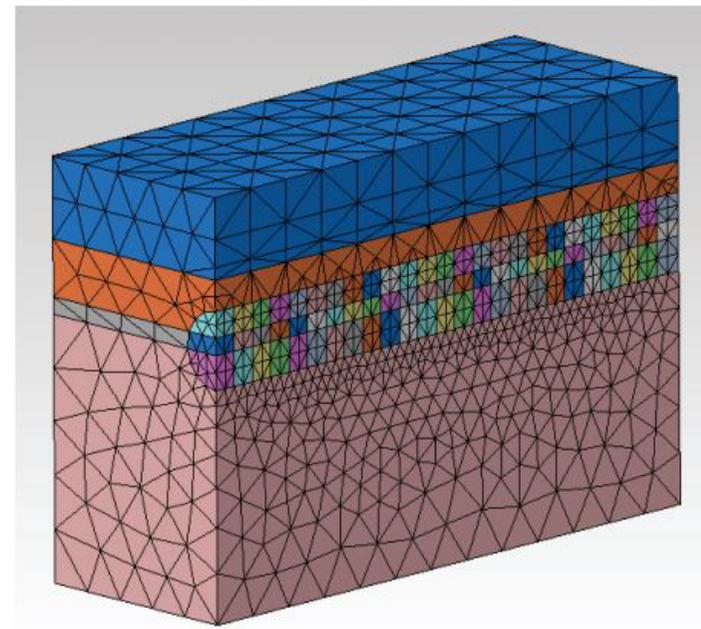
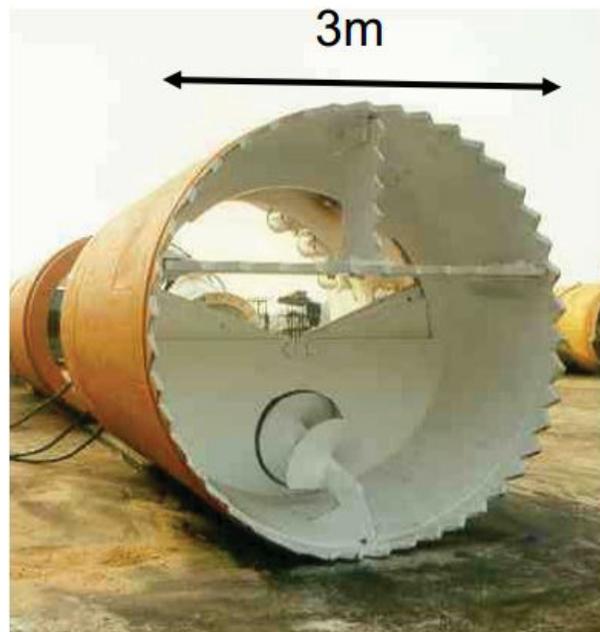
$$\dot{\sigma}'_{hk} = D_{hkij} \left(\sigma'_{ij}, \frac{\delta \sigma'_{ij}}{\|\delta \sigma'\|}, \varepsilon_{hk}^p, \dots \right) \dot{\varepsilon}_{ij}$$





Ejemplo 1.1: Modelación del hincado de una tubería (autopista Tang. Ovest milano)

8

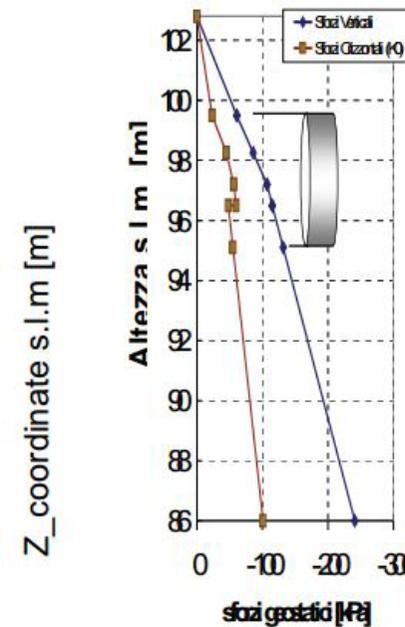
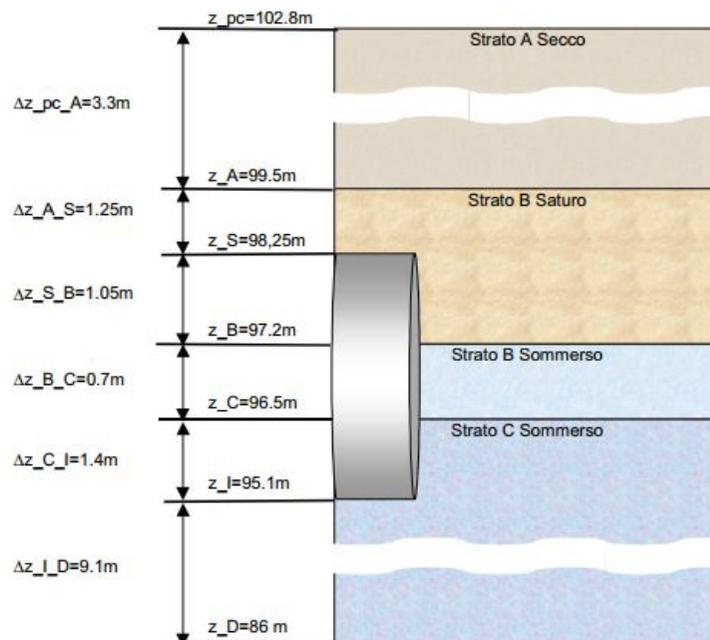


Escudo, presión al frente, etapas de construcción



Ejemplo 1.1: Modelación del hincado de una tubería (autopista Tang. Ovest milano)

9

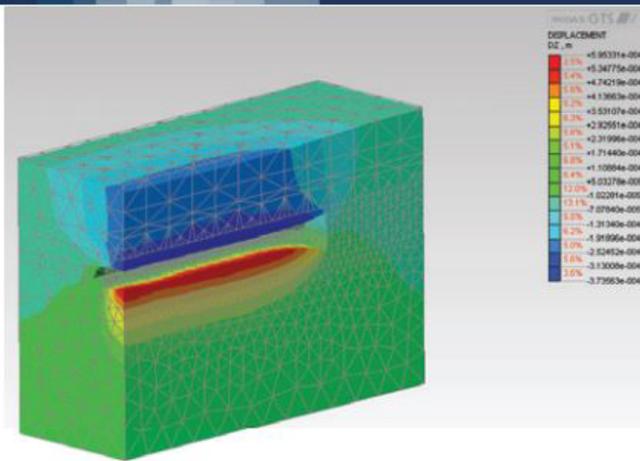


Geostatic stresses [kPa]

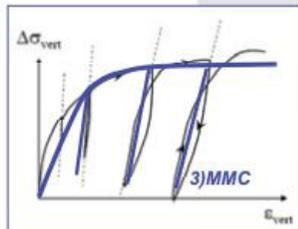
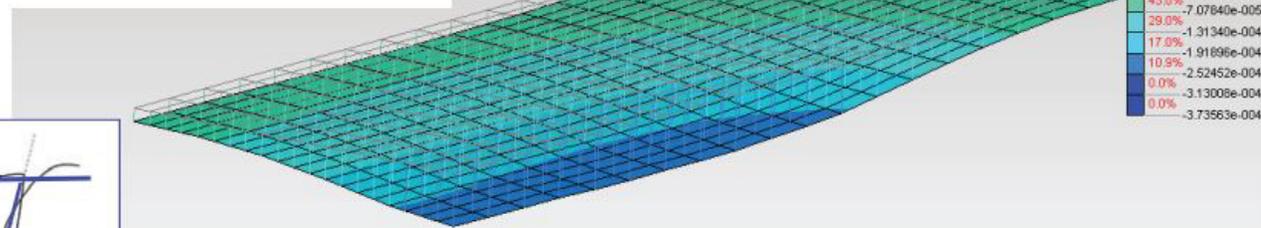


Ejemplo 1.1: Modelo MMC (Modified Mohr-Coulomb)

13



Nota: con el modelo MMC **no** se producen levantamientos



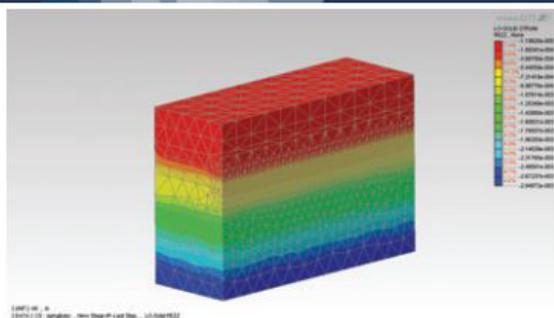
[UNIT] kN , m
[DATA] CS : spingitubo , CS17-Last Step , DZ(V)

caso MMC: asientos superficiales

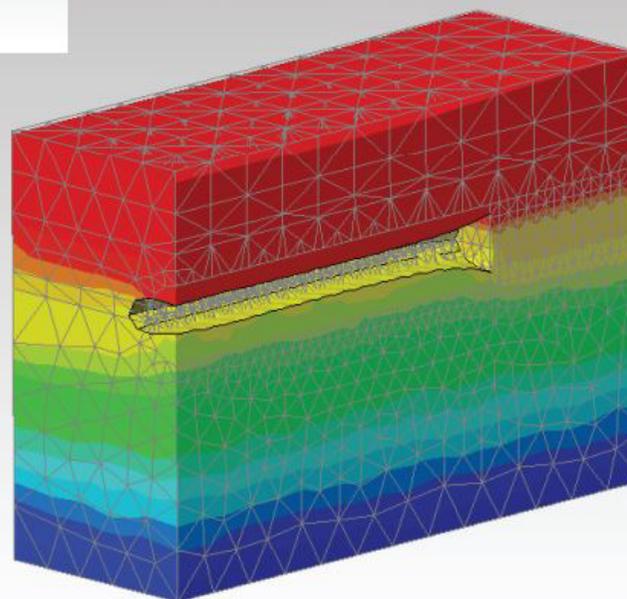
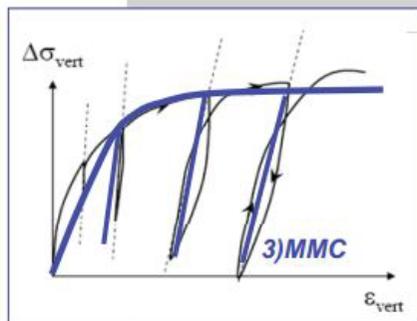


Ejemplo 1.1: Modelo MMC (Modified Mohr-Coulomb)

14



caso MMC: deformaciones plásticas finales



[UNIT] kN , m
[DATA] CS : spingitubo , CS17-Last Step , LO-Solid PEZZ

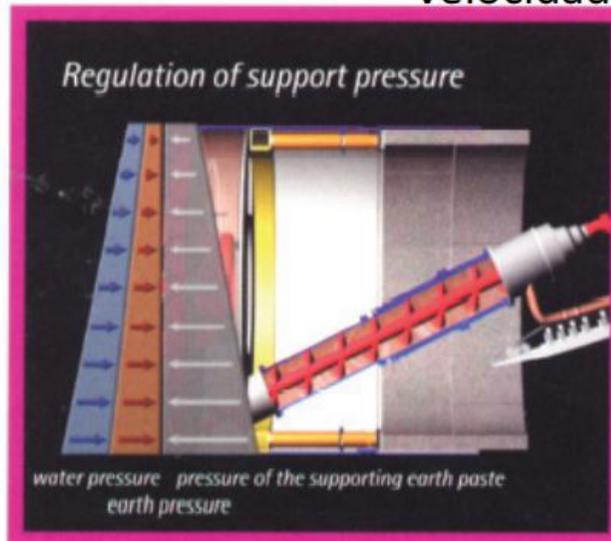


Ejemplo 1.2: Línea metropolitana MM5 (Milano, viale Zara)



TECNOLOGÍA DE EXCAVACIÓN

TBM - EPB (Earth Pressure Balance)
Diameter: 9,4m
Velocidad : 25 m/dia ca.





Ejemplo 1.2: Línea metropolitana MM5
(Milano, viale Zara)

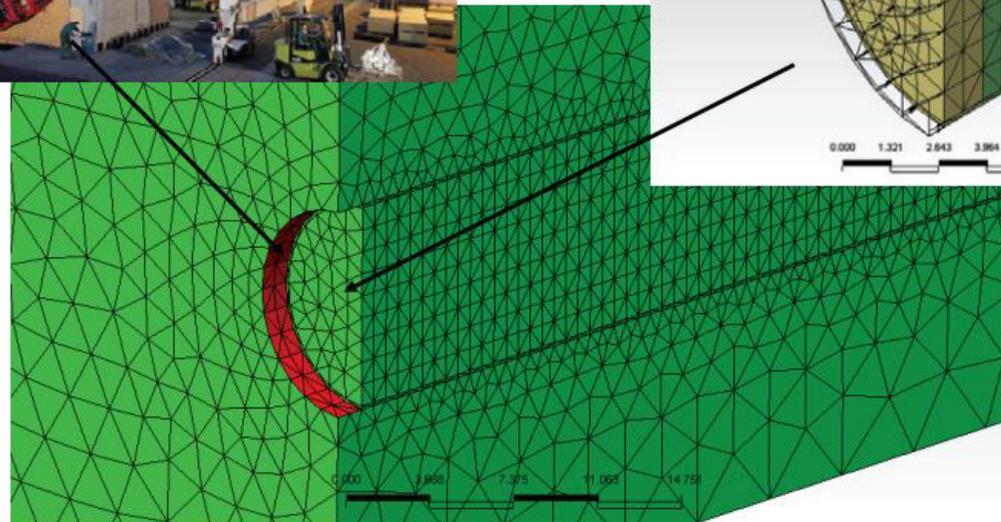
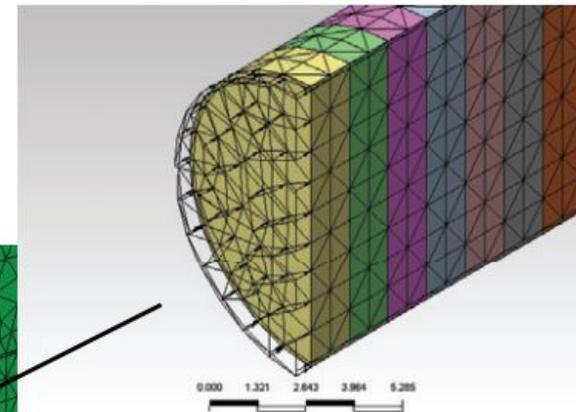


Step 1

EscudoTBM



Presión al frente





Ejemplo 1.2: Línea metropolitana MM5
(Milano, viale Zara)

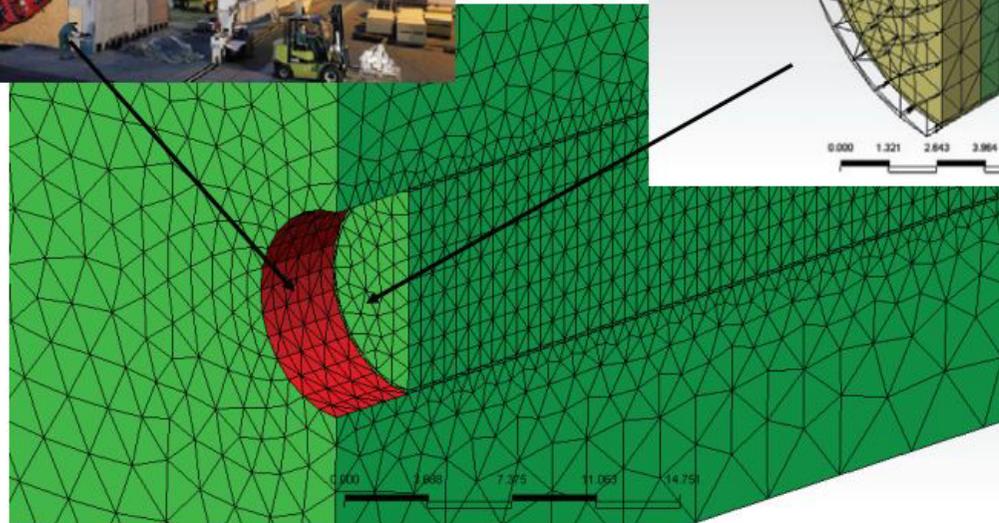
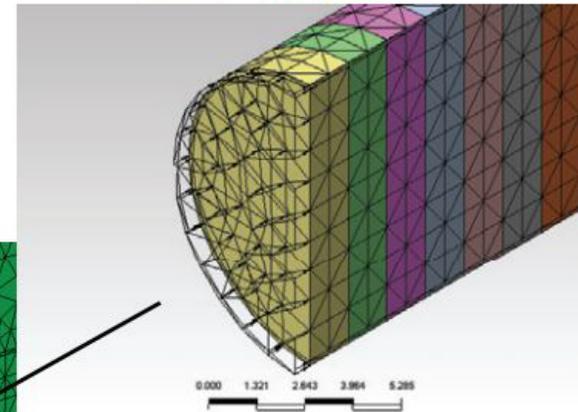


Step 3

EscudoTBM



Presión al frente





Ejemplo 1.2: Línea metropolitana MM5 (Milano, viale Zara)



Step 6

Segmentos Prefabricado



presión al frente

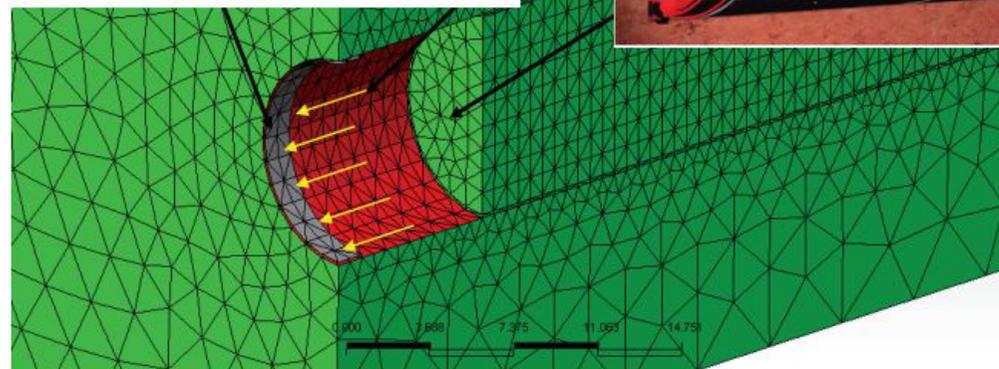
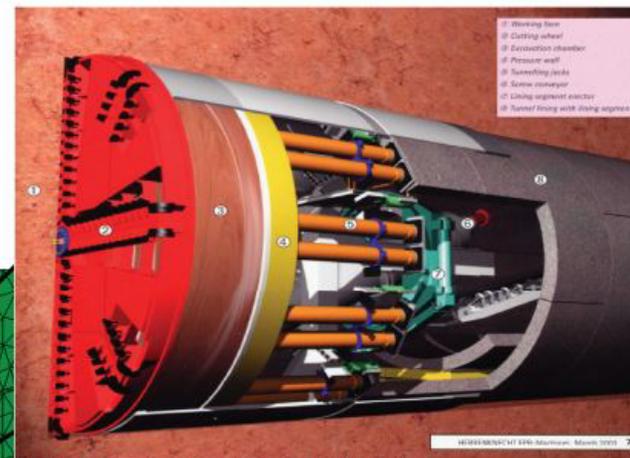
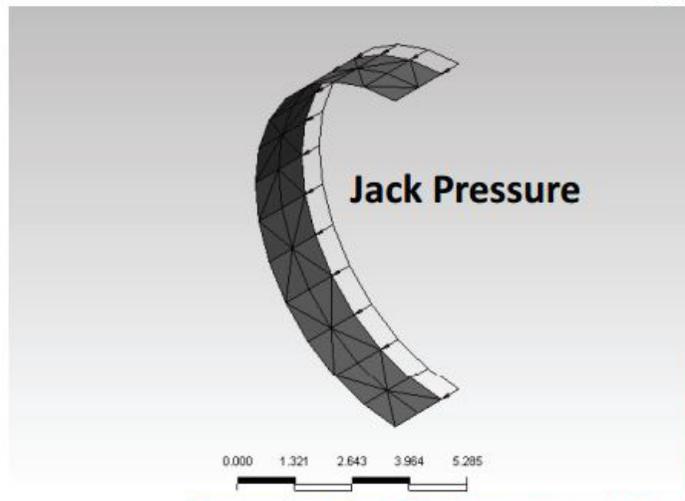


Ejemplo 1.2: Línea metropolitana MM5 (Milano, viale Zara)



Step 6

La presión ejercida sobre el último anillo de segmentos prefabricado





Ejemplo 1.2: modelación de la excavación con TBM



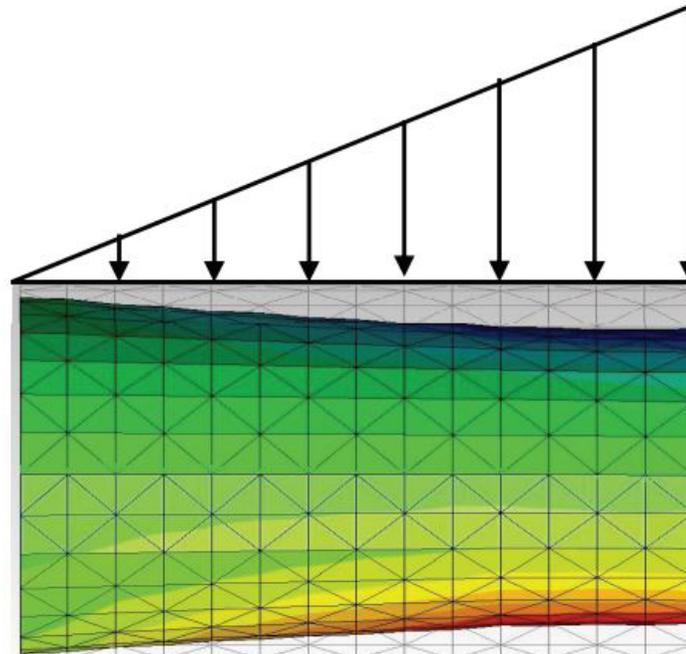
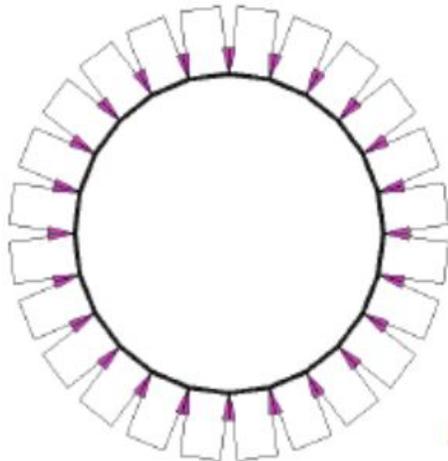
Conicidad

$$\sigma_r = \frac{p \cdot R}{e}$$

$$\epsilon_r = \frac{\sigma_r}{E} = \frac{1}{E} \frac{p \cdot R}{e}$$

$$\epsilon_r = \frac{\Delta R}{R}$$

$$p = \frac{e \cdot E \cdot \Delta R}{R^2}$$



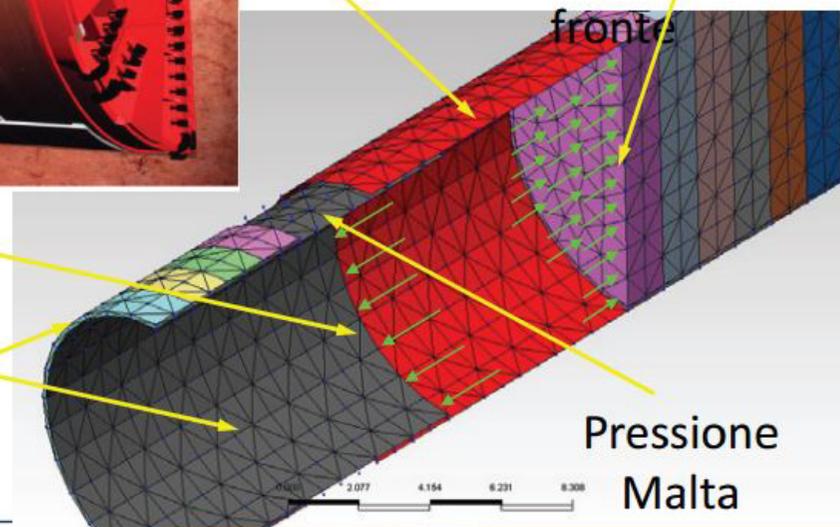
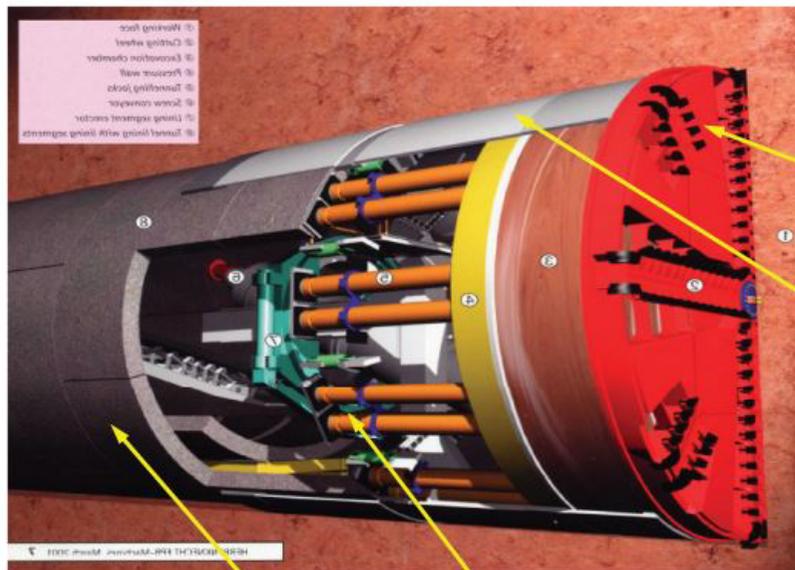
$D_{max} = 9,414 \text{ m}$

$D_{min} = 9,376 \text{ m}$

$L = 10,5 \text{ m}$



Ejemplo 1.2: modelación de la excavación con TBM



Jack

Conci

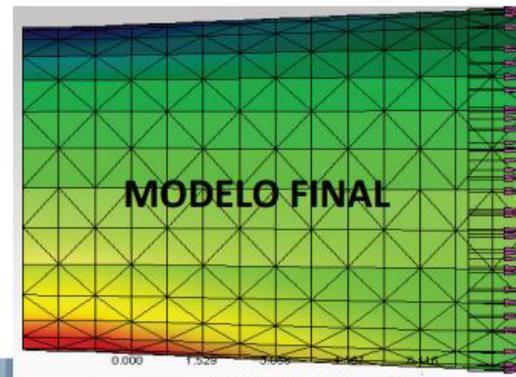
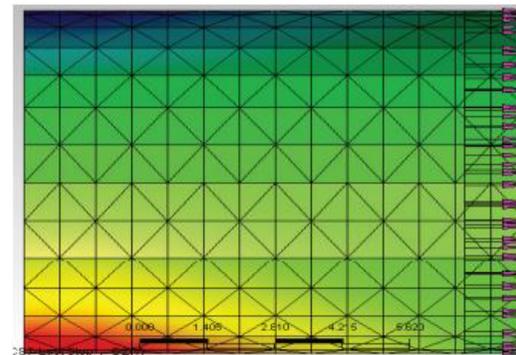
Malta Indurita



Ejemplo 1.2: FREE FIELD: BACK ANALYSIS



estudios paramétrico

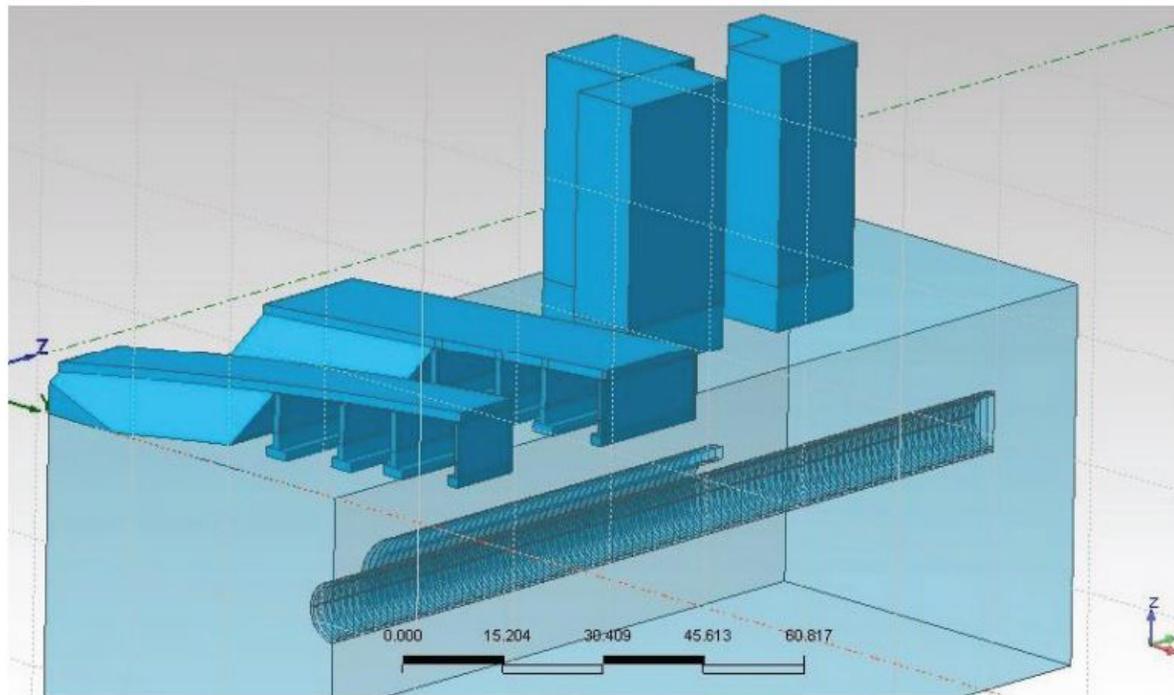




Ejemplo 1.2: predicción de asientos bajo de puentes



Representación geométrica 3D

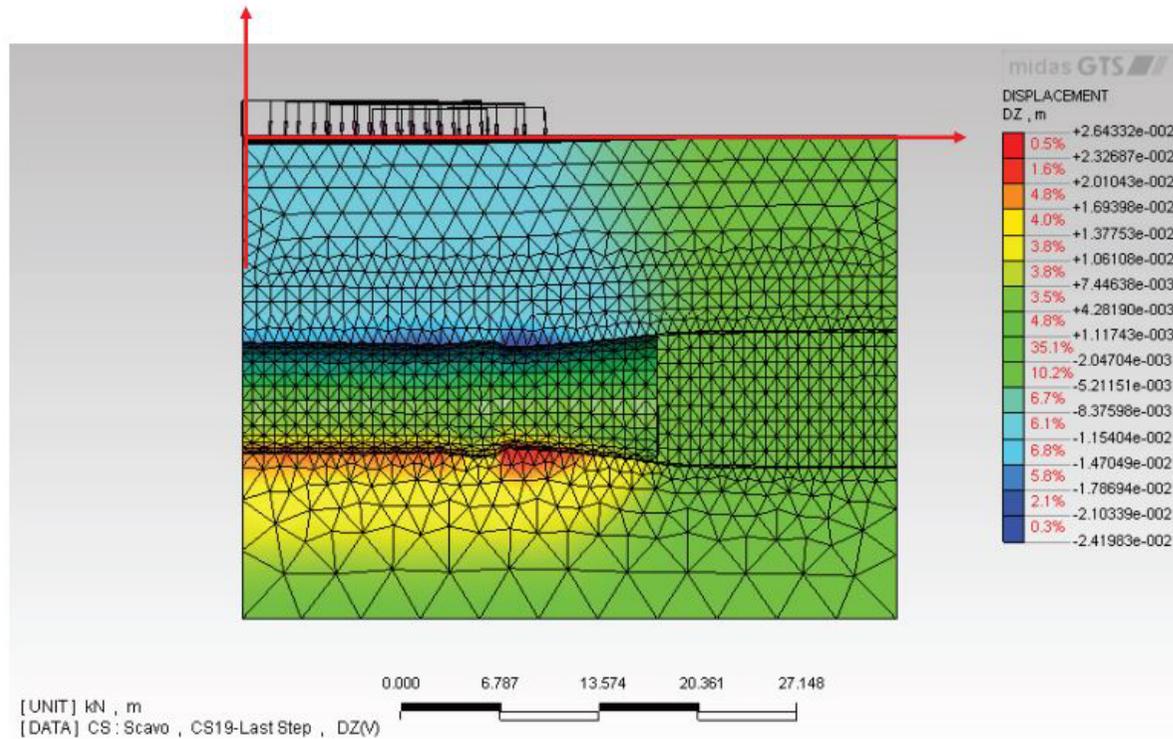




Ejemplo 1.2: predicción de asientos bajo puentes



Asientos superficiales

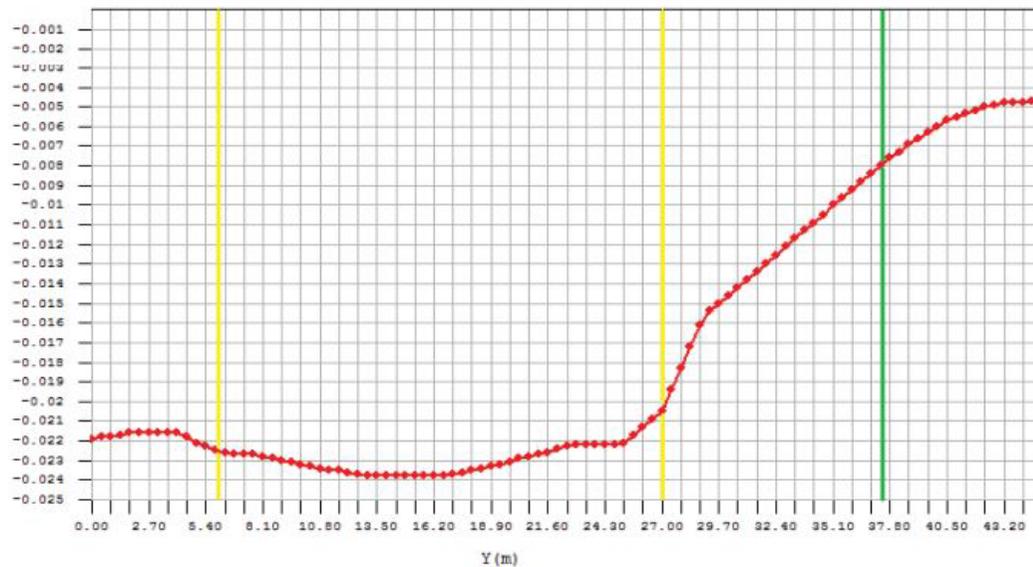
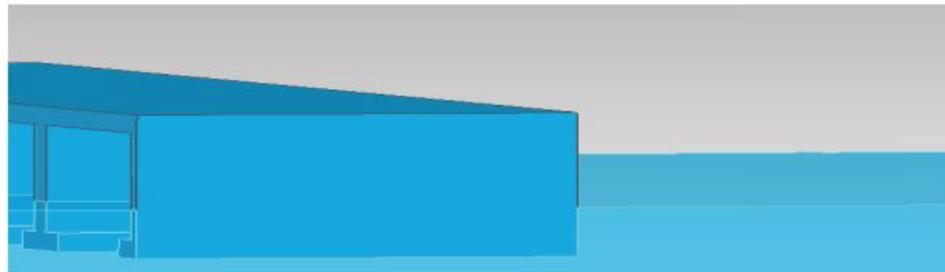




Ejemplo 1.2: predicción de asentos bajo puentes



Asientos superficiales puente 2



Value

settlement max:
23,8 mm

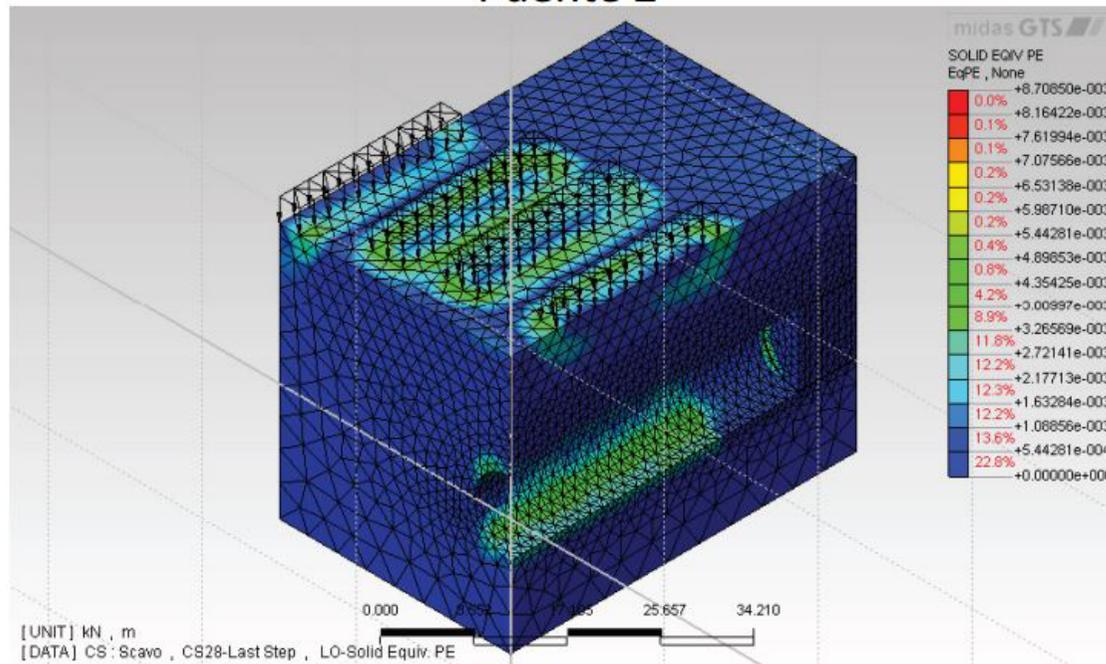


Ejemplo 1.2: predicción de asentos bajo puentes



Plasticidad

Puente 2



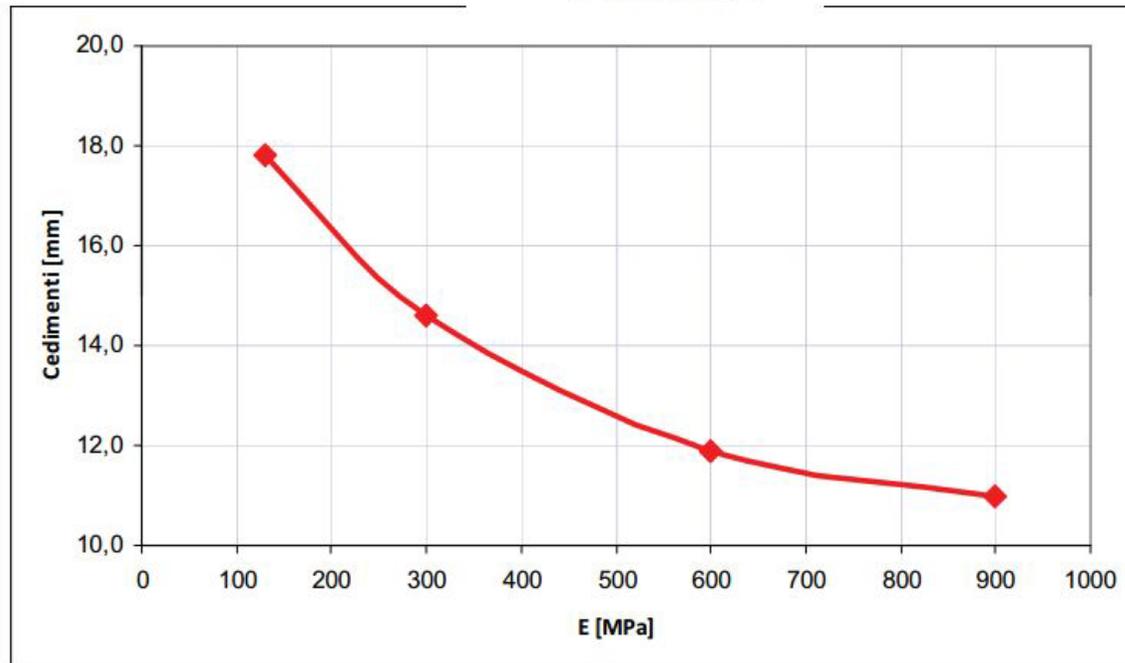


Ejemplo 1.2: efecto de grouting



Determinación del módulo de suelo + grouting

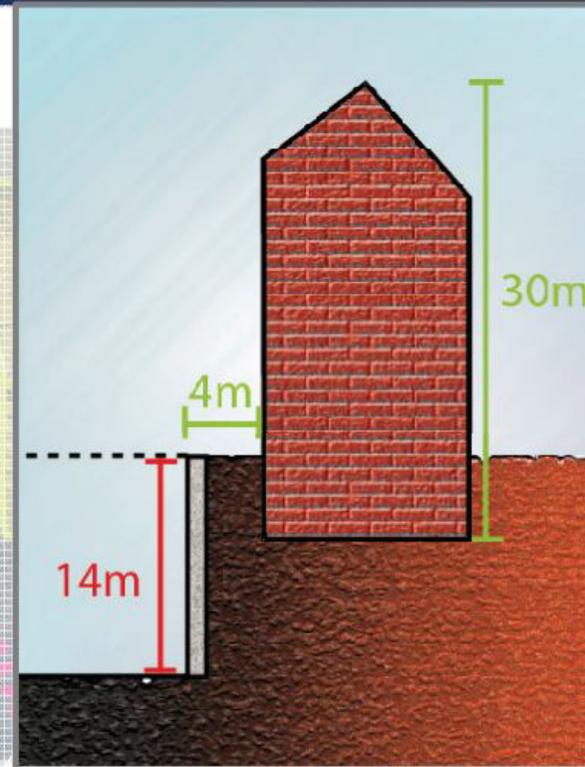
Puente 1



E [MPa]	130	300	600	900
Settlement[mm]	17,8	14,6	11,9	11,0



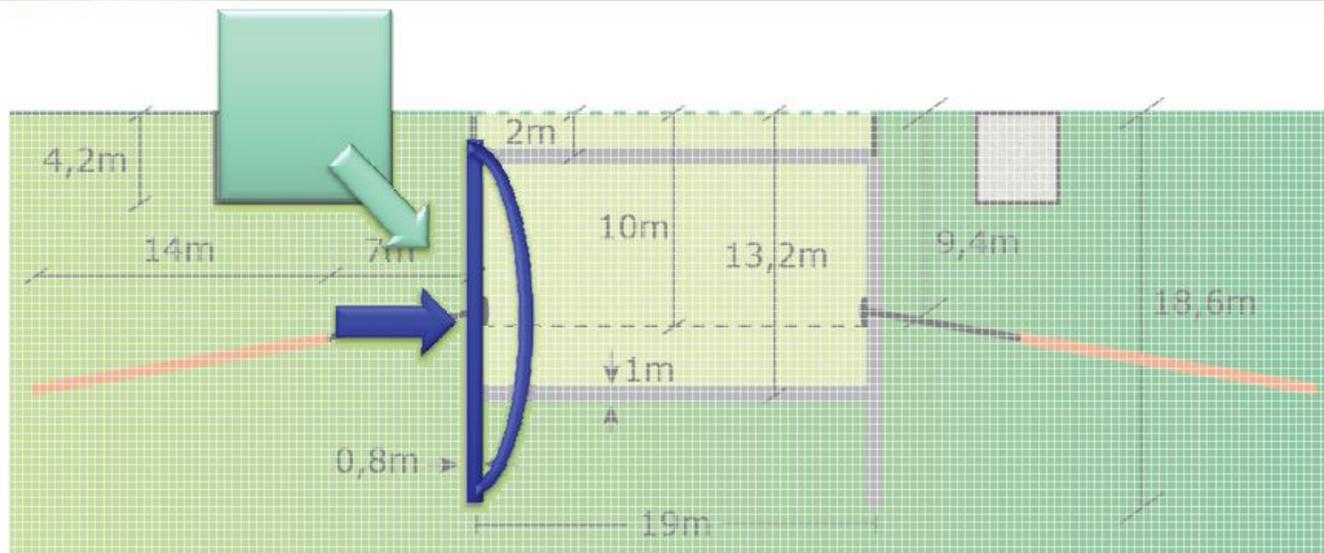
Ejemplo 2.1: Excavación de pantalla en área urbana (piazzale Lagosta Milano)



edificios a 4m de la excavación



Ejemplo 2.1: Excavación de pantalla en área urbana (piazzale Lagosta Milano)



Geometria excavación: Dimensioni: 34,50m x 20,00m x 18,60m

Tirantes: $L_{libera} = 7m$ $L_{bulbo} = 14m$ $T = 864KN$ $t = 345,6KN/m$
 Carico Edifici limitrofi: 150 KN/m²

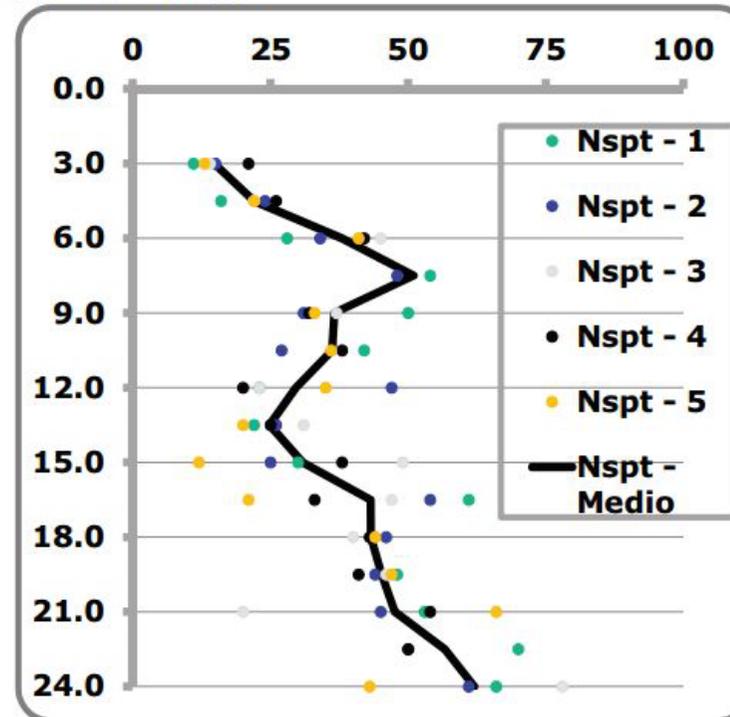


Ejemplo 2.1: Excavación de pantalla en área urbana (piazzale Lagosta Milano)



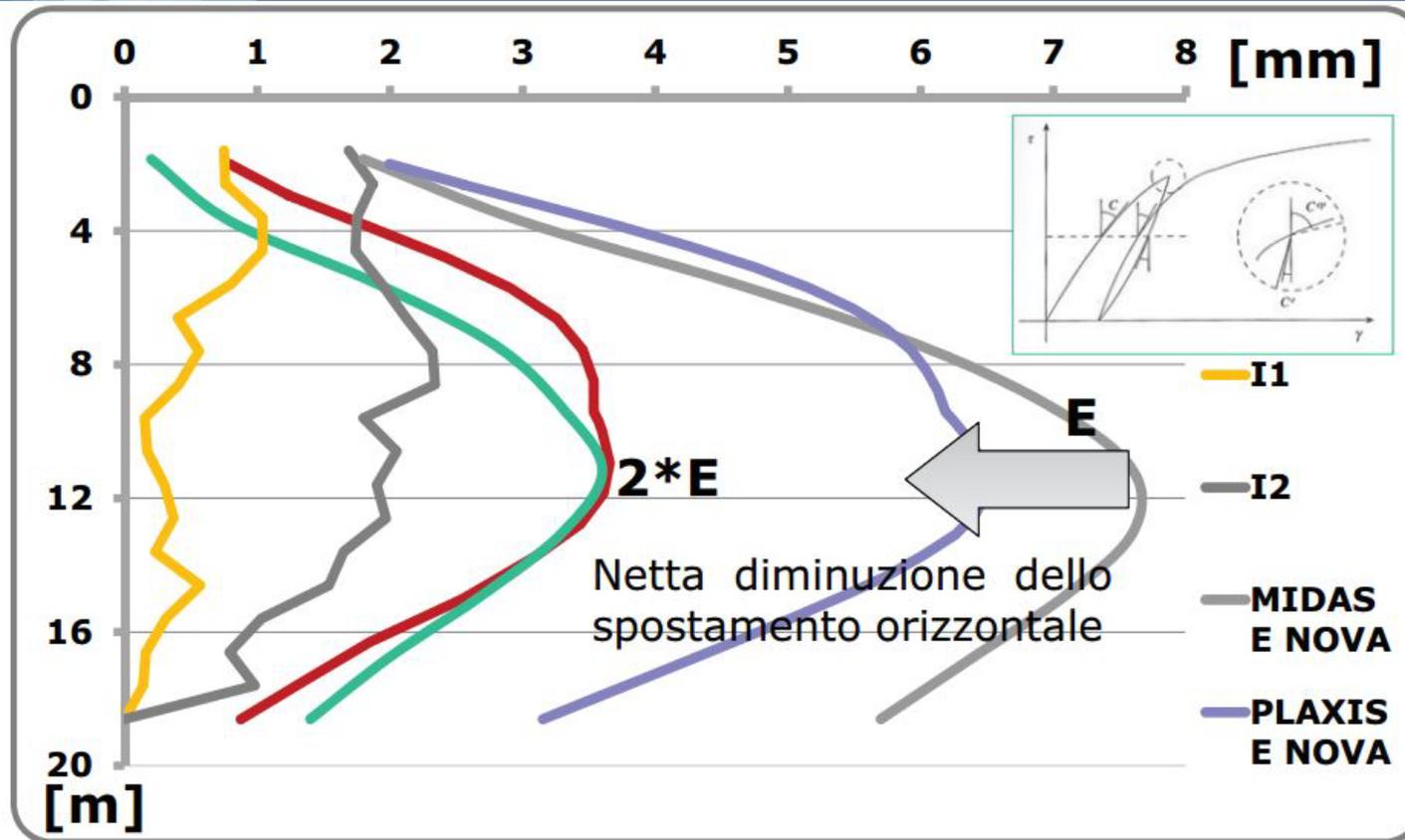
Prove SPT su 5 carotaggi tra Bignami e Bicocca.
Falda a 20-21m circa.

Profondità [m]	N _{spt} - medio
3,00	14,80
4,50	22,00
6,00	38,00
7,50	51,00
9,00	36,60
10,50	36,20
12,00	29,60
13,50	24,80
15,00	30,80
16,50	43,20
18,00	43,25
19,50	45,20
21,00	47,60
22,50	56,67
24,00	62,00
Falda	21,30





Ejemplo 2.1: Excavación de pantalla en área urbana (piazzale Lagosta Milano)

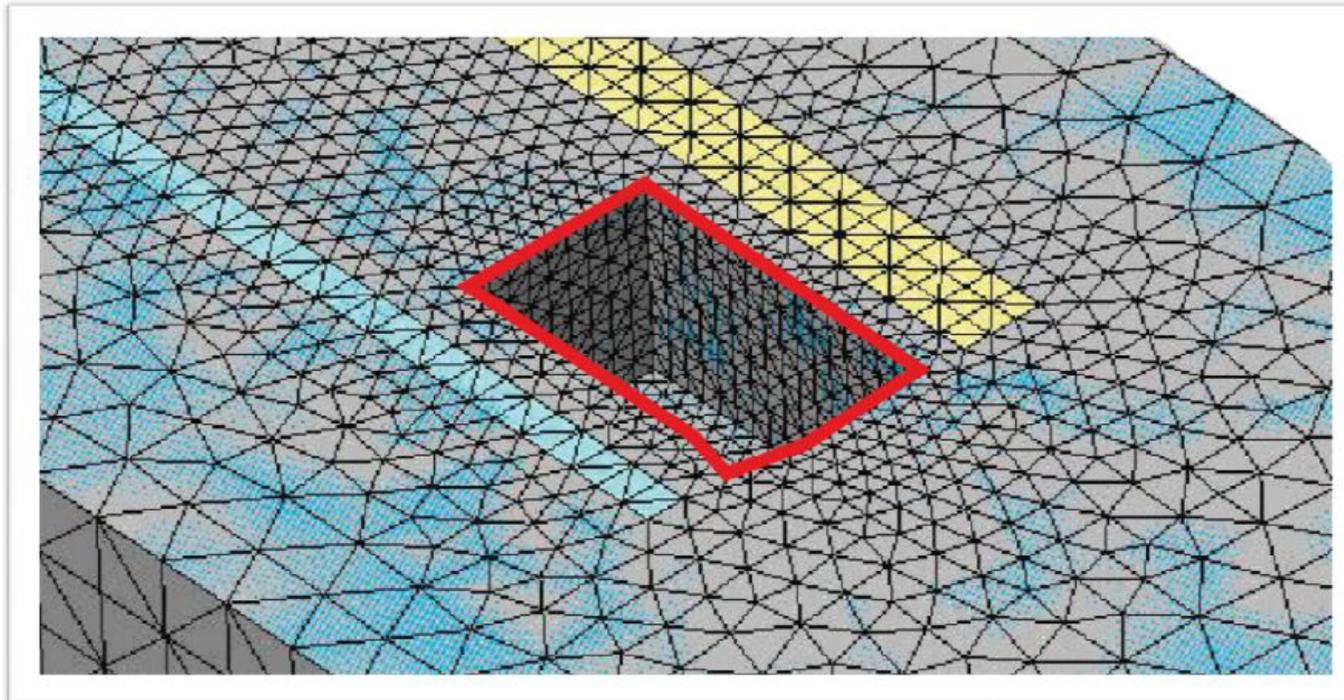




Ejemplo 2.1: Escavacion de pantalla en area urbana (piazzale Lagosta Milano)

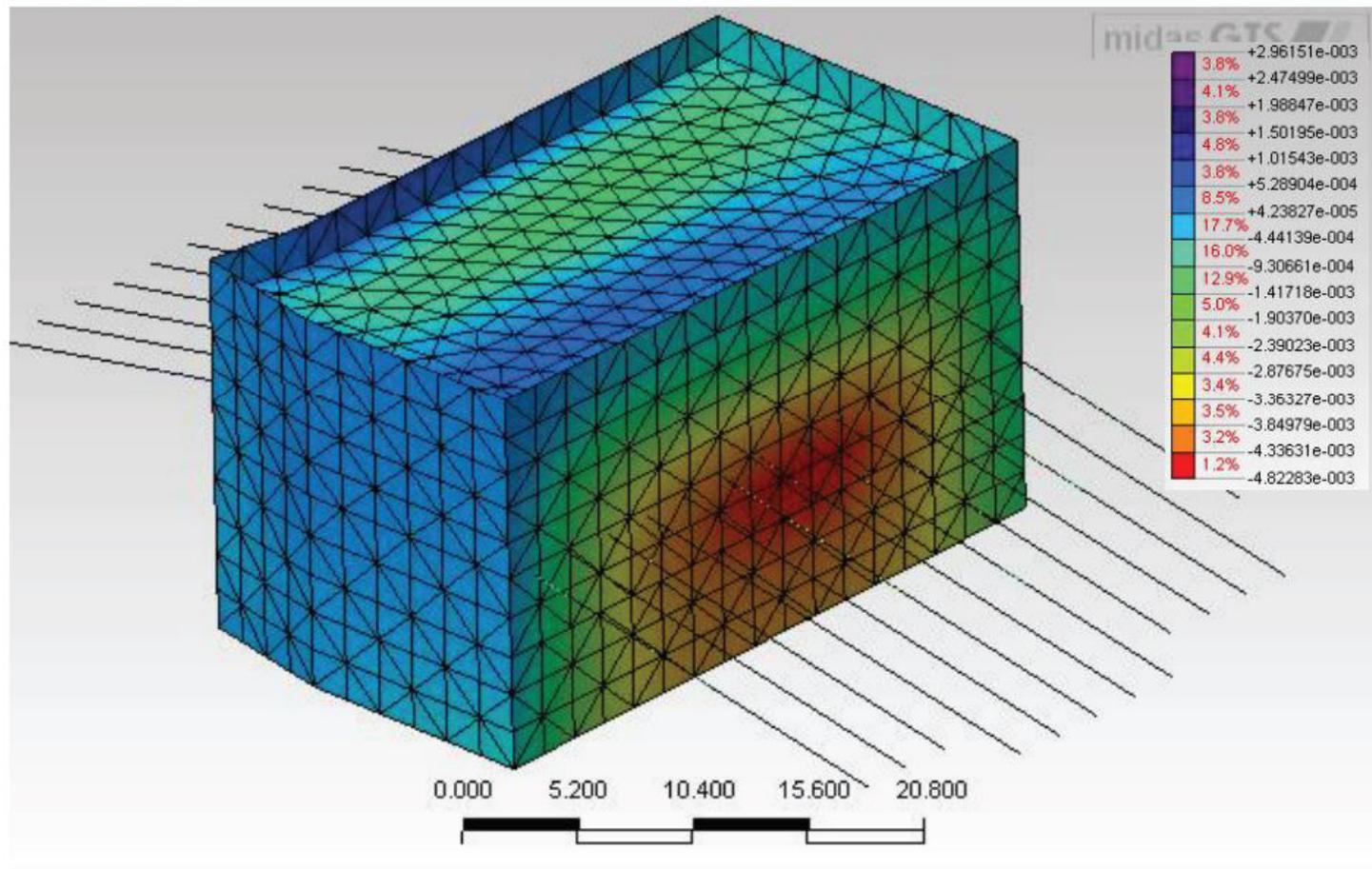


EFECTO 3D





Ejemplo 2.1: Excavación de pantalla en área urbana (piazzale Lagosta Milano)

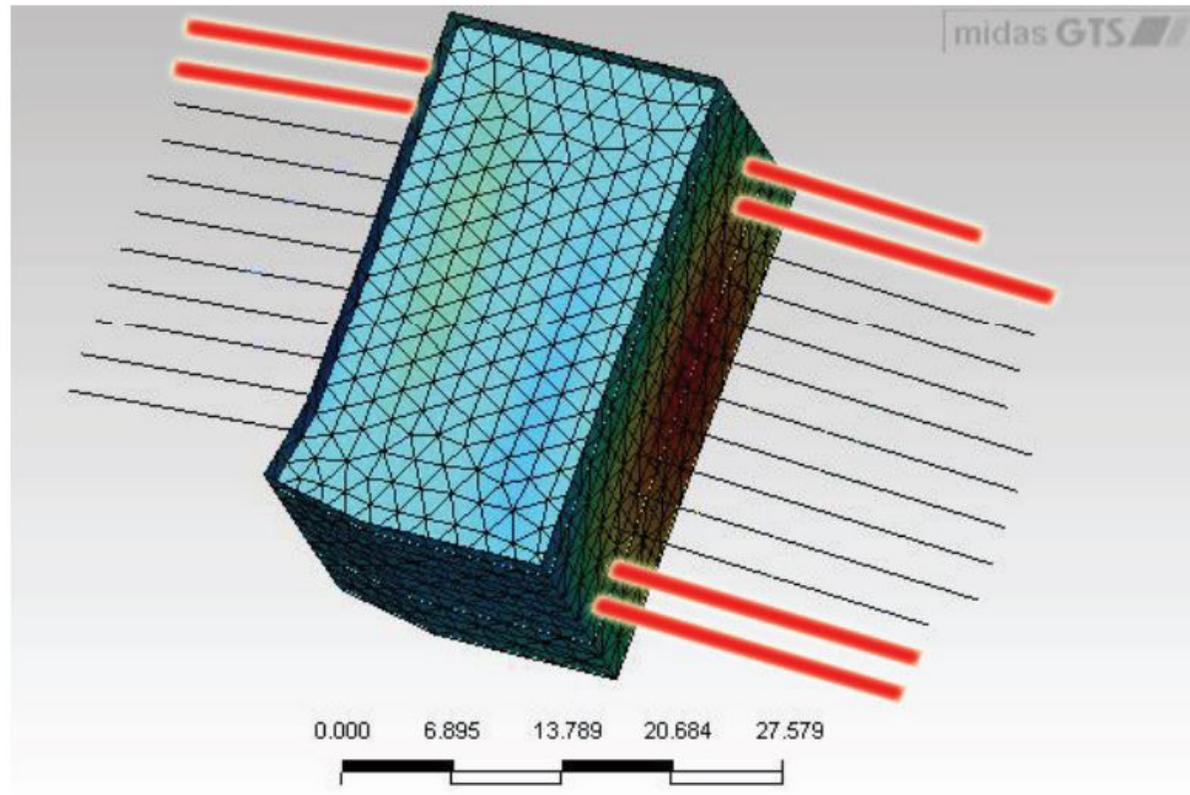




Ejemplo 2.1: Escavacion de pantalla en area urbana (piazzale Lagosta Milano)



Los tirantes cerca de las esquinas son tan necesarias?
 Repetir el análisis en 3D mediante la eliminación de los tirantes en las esquinas

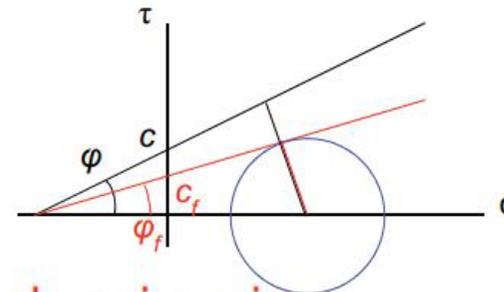
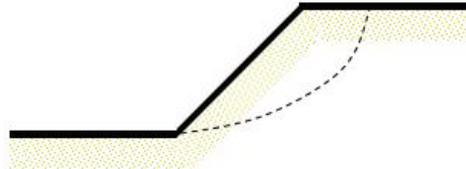




c-φ reduction method



Factor of Safety



- Factor of safety, FS, in geotechnical engineering:

$$FS = \frac{\int_{\Gamma} |\tau| d\Gamma}{\int_{\Gamma} |\tau_f| d\Gamma}$$

Nominal shear capacity
Reduced shear capacity causing failure

$FS > 1$

τ is the shear stress along the failure surface Γ

- Strength Reduction Factor, SRF, in c-φ reduction method:

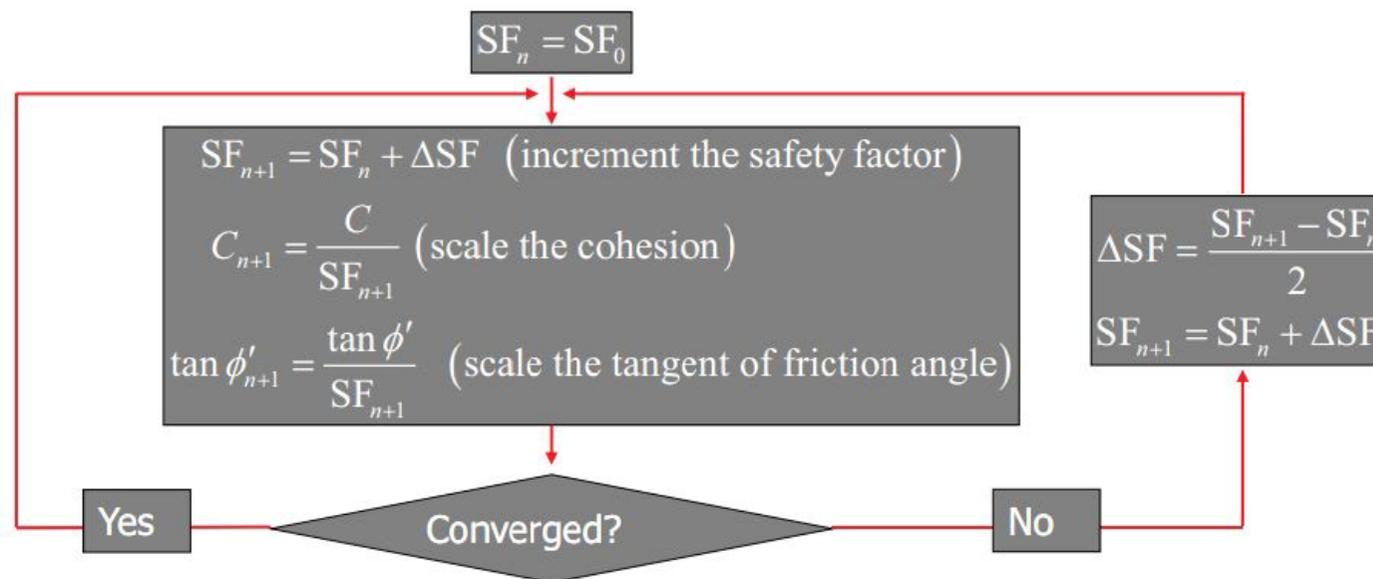
$$c_f = \frac{c}{SRF}, \quad \phi_f = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{SRF} \right) \quad \Rightarrow \quad FS = \frac{\tau}{\tau_f} = \frac{c + \sigma_n \tan \phi}{c_f + \sigma_n \tan \phi_f} = SRF$$



Strength reduction procedure



- The strength reduction factor, SRF, is bracketed by bi-section method:

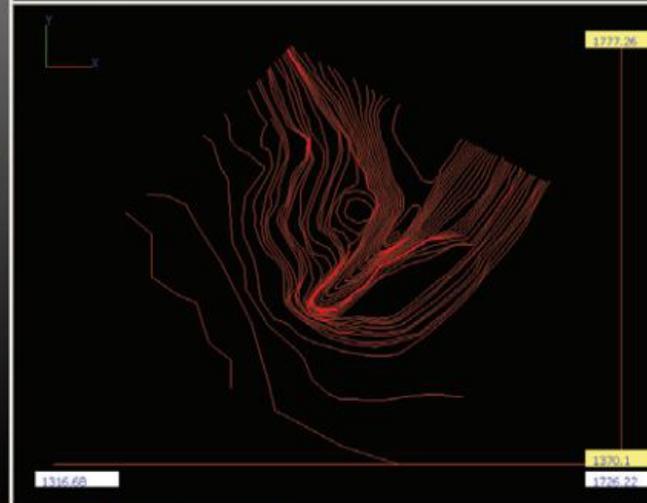
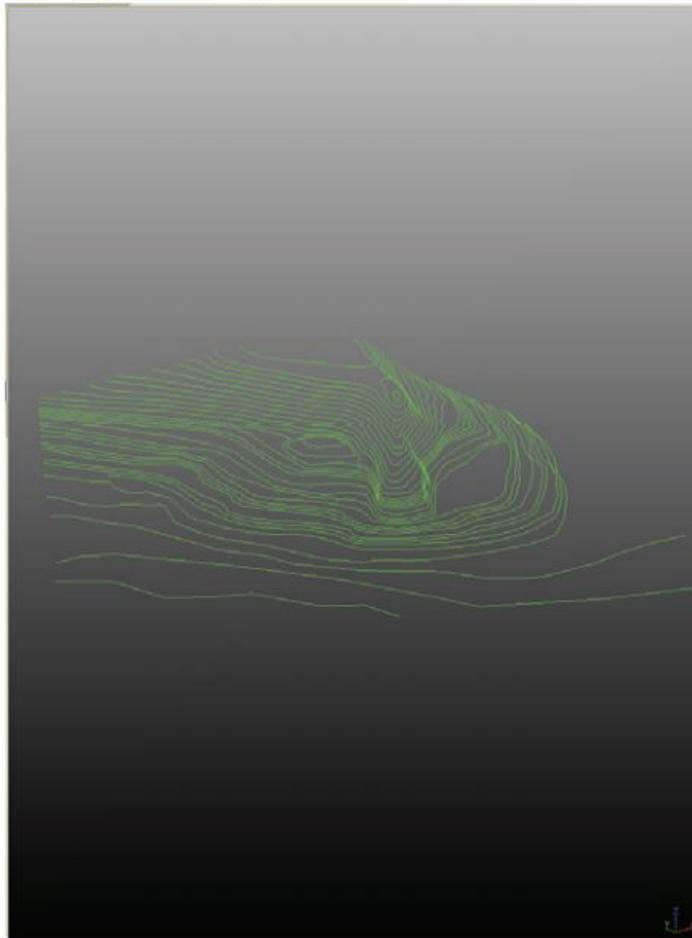


The incremental procedure stops when the bracket reaches the required accuracy

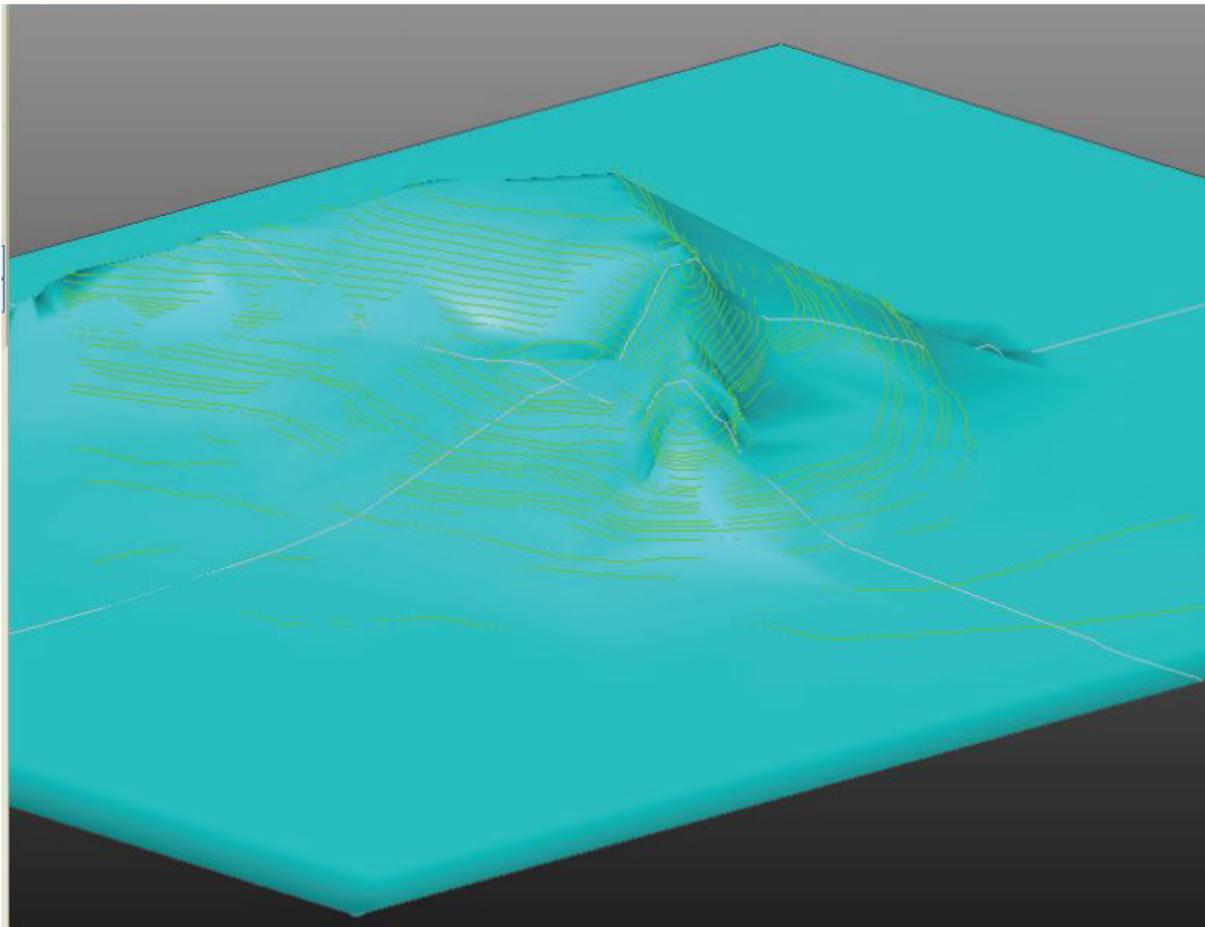


Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de arena suelta

83



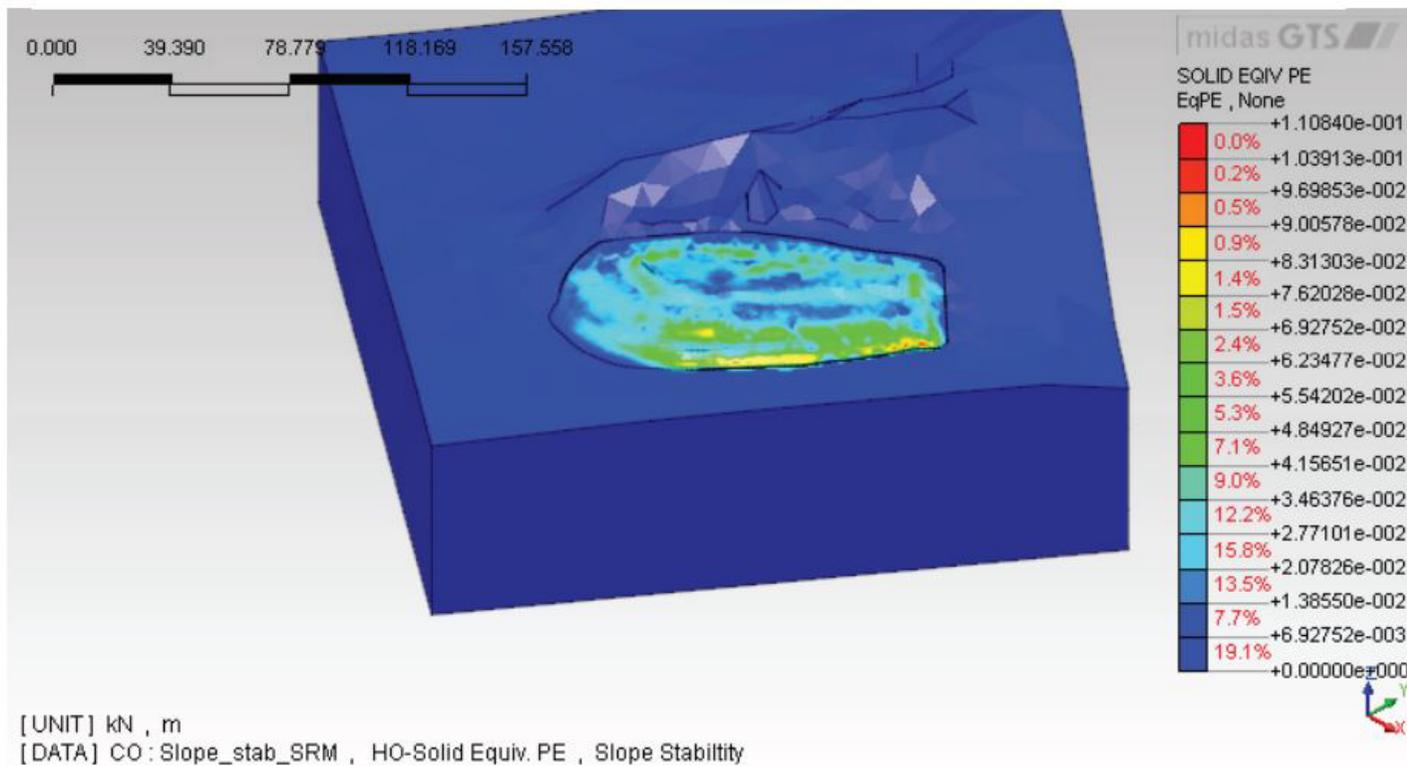
↘ **Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de arena suelta**



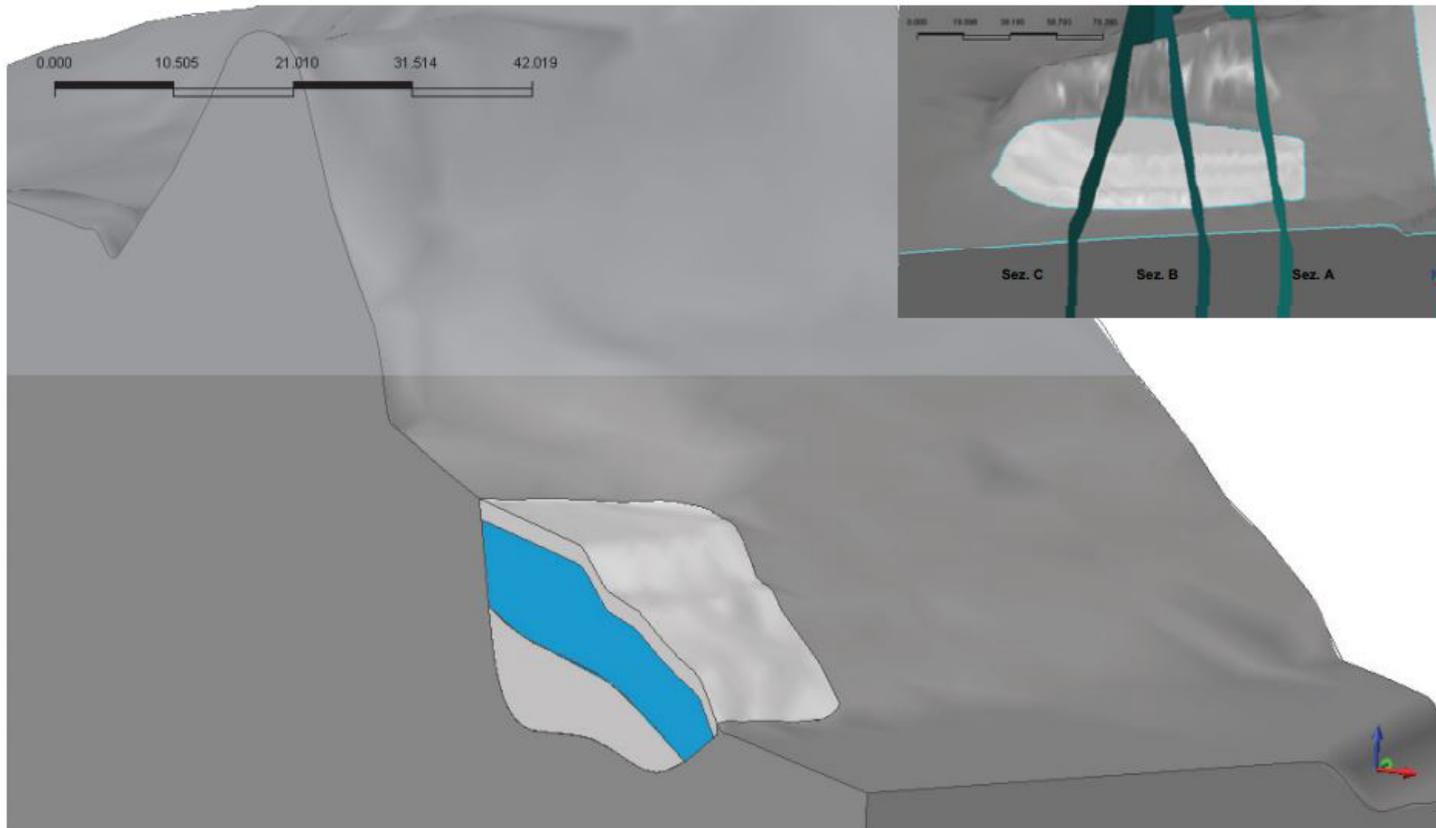
Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de tierra suelta



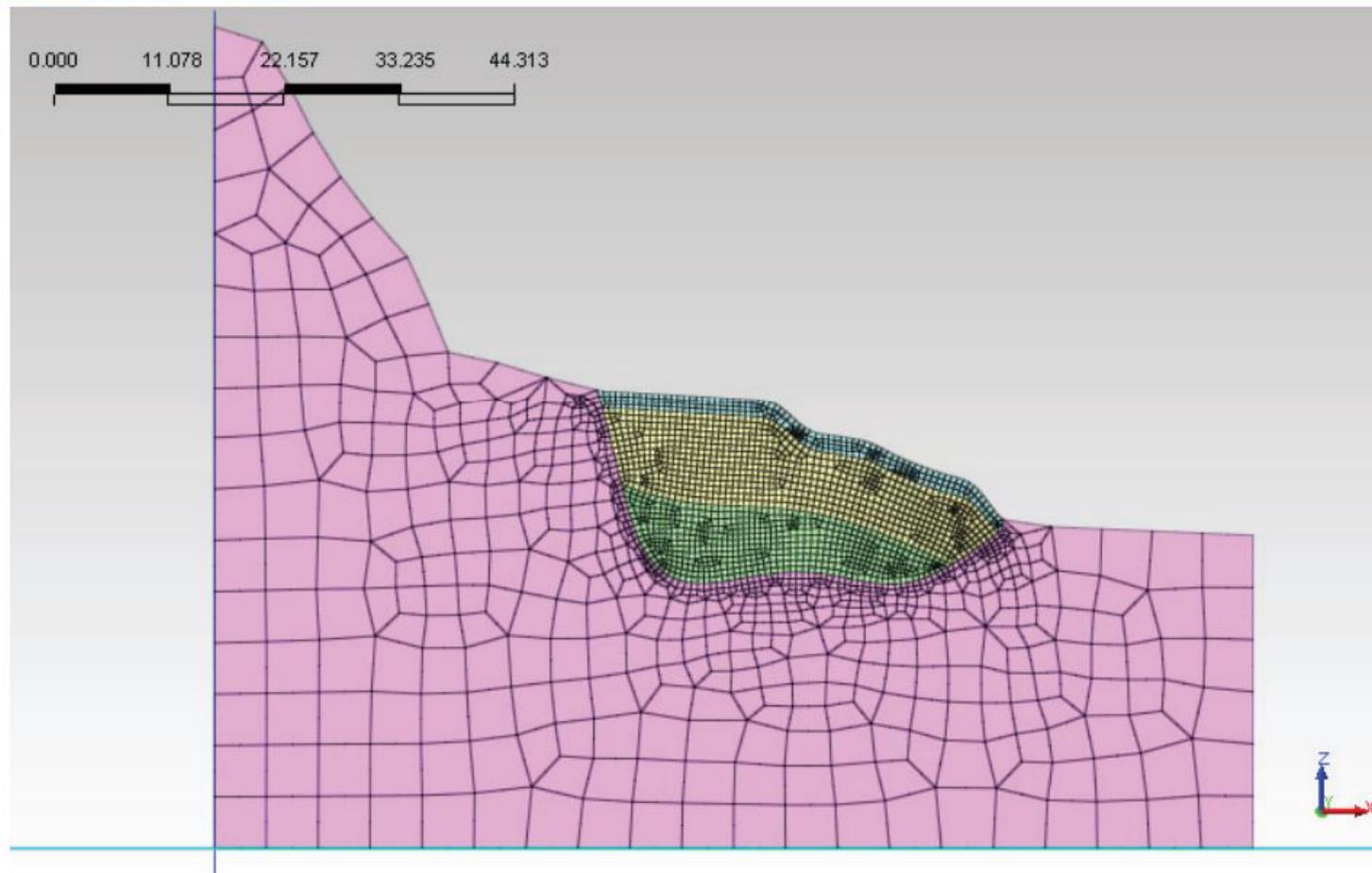
Deposito A: analisi 3D c-φ reduction - $F_s > 4$



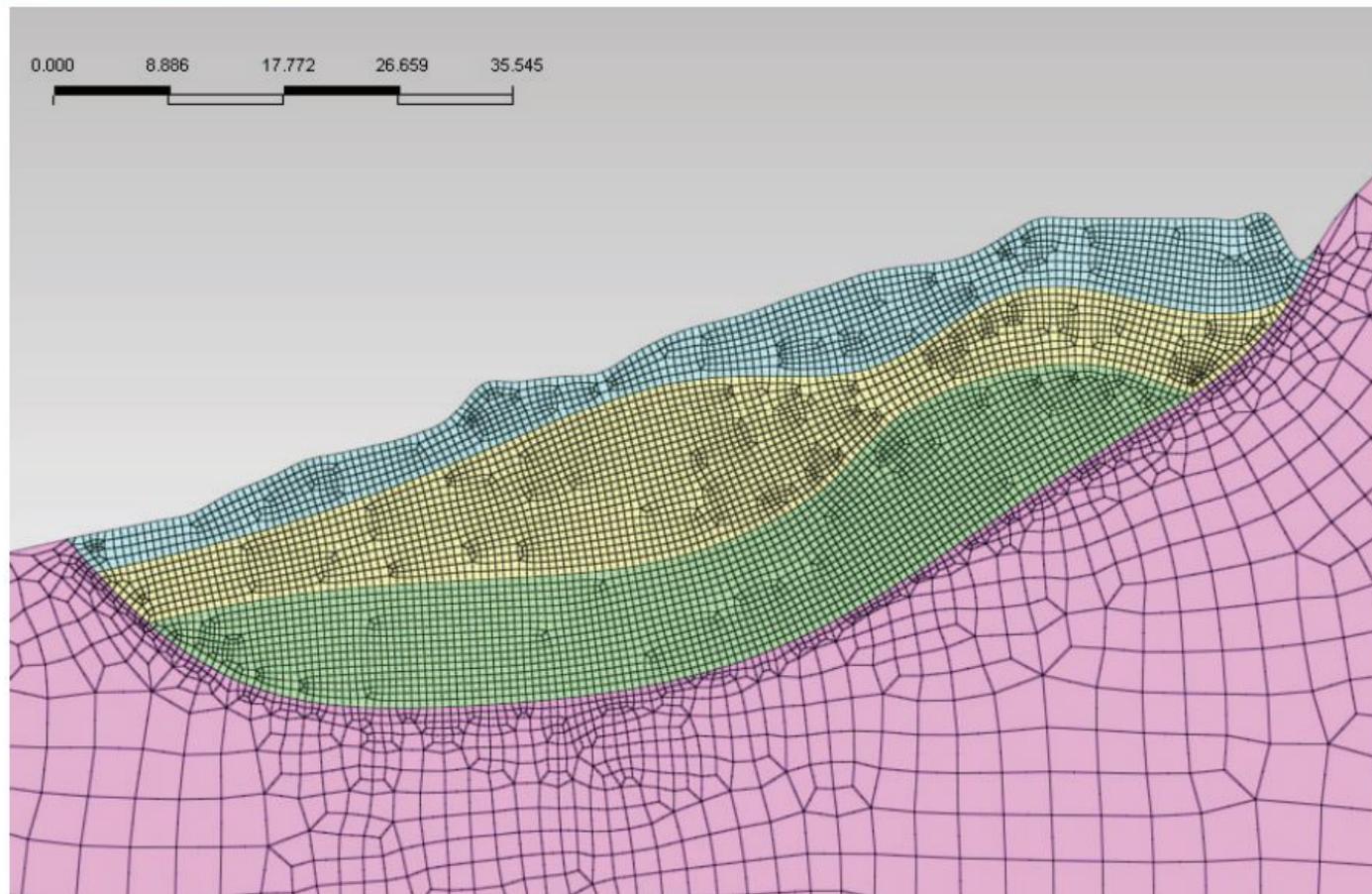
➔ **Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de tierra suelta**



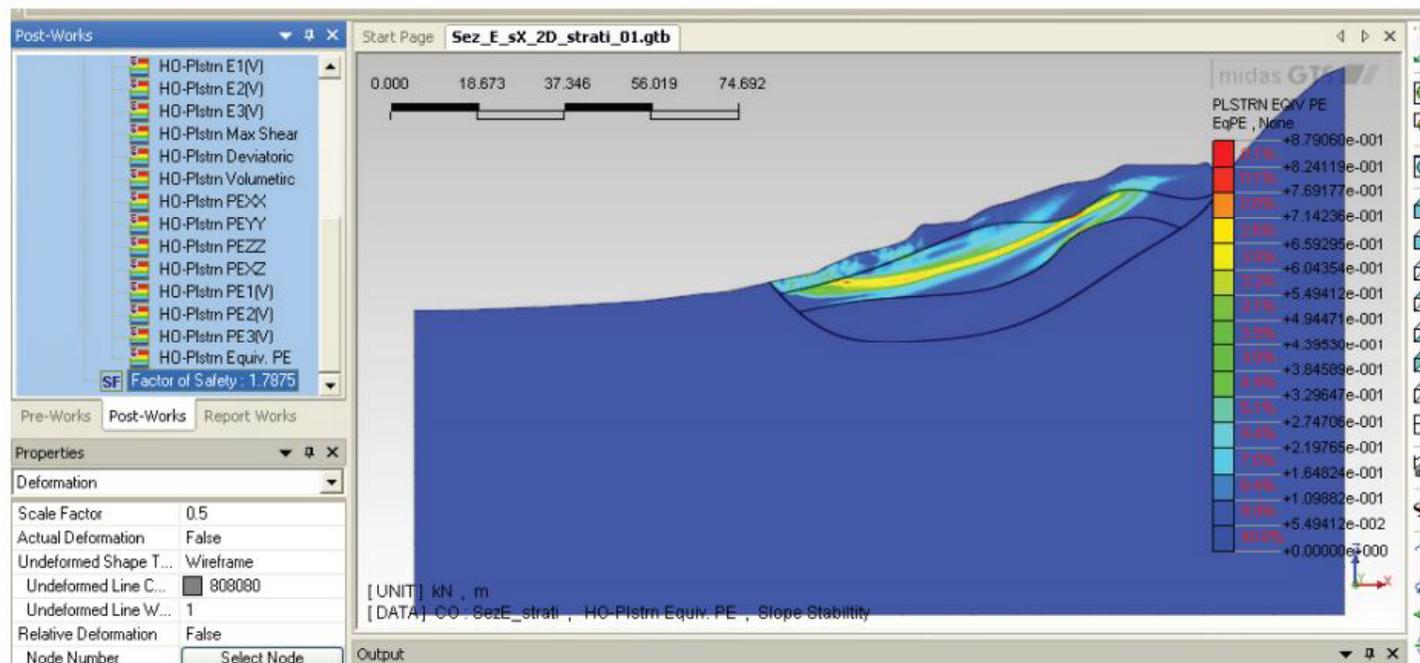
Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de tierra suelta



 **Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de tierra suelta**



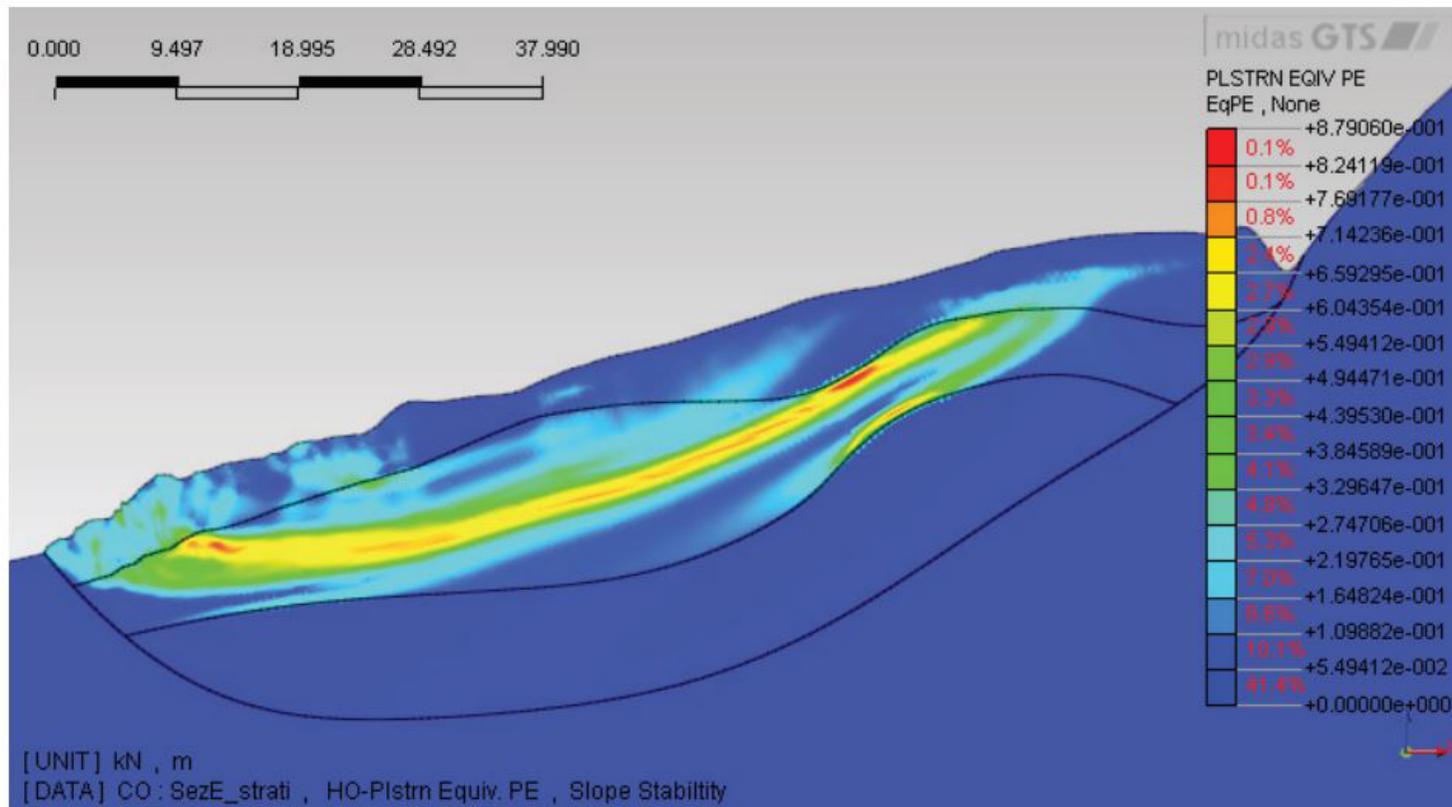
Ejemplo 3.1: : modello 3D, analisi 2D e 3D
Fase 7d – analisi SRM e risultati_ sez . E - $F_s = 1.78$



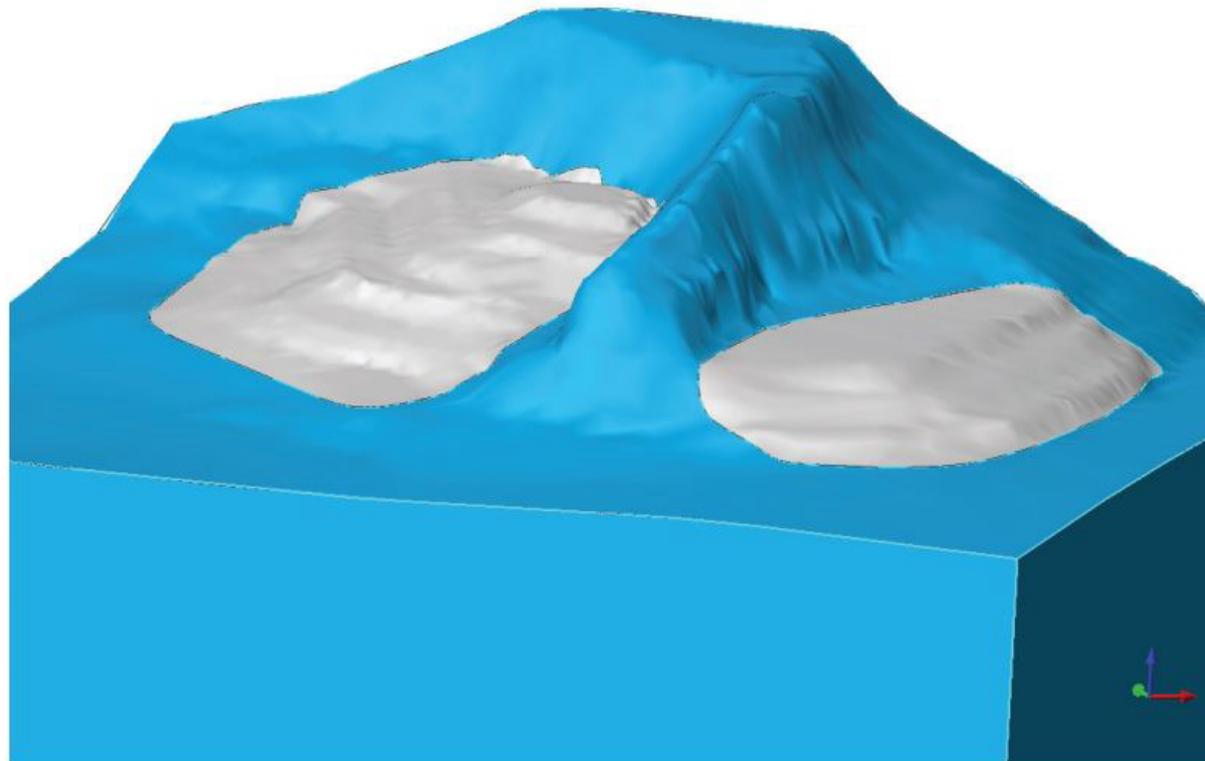
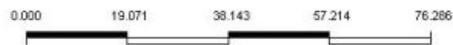
Ejemplo 3.1: : modello 3D, analisi 2D e 3D
Fase 7d – analisi SRM e risultati_ sez . E - $F_s = 1.78$



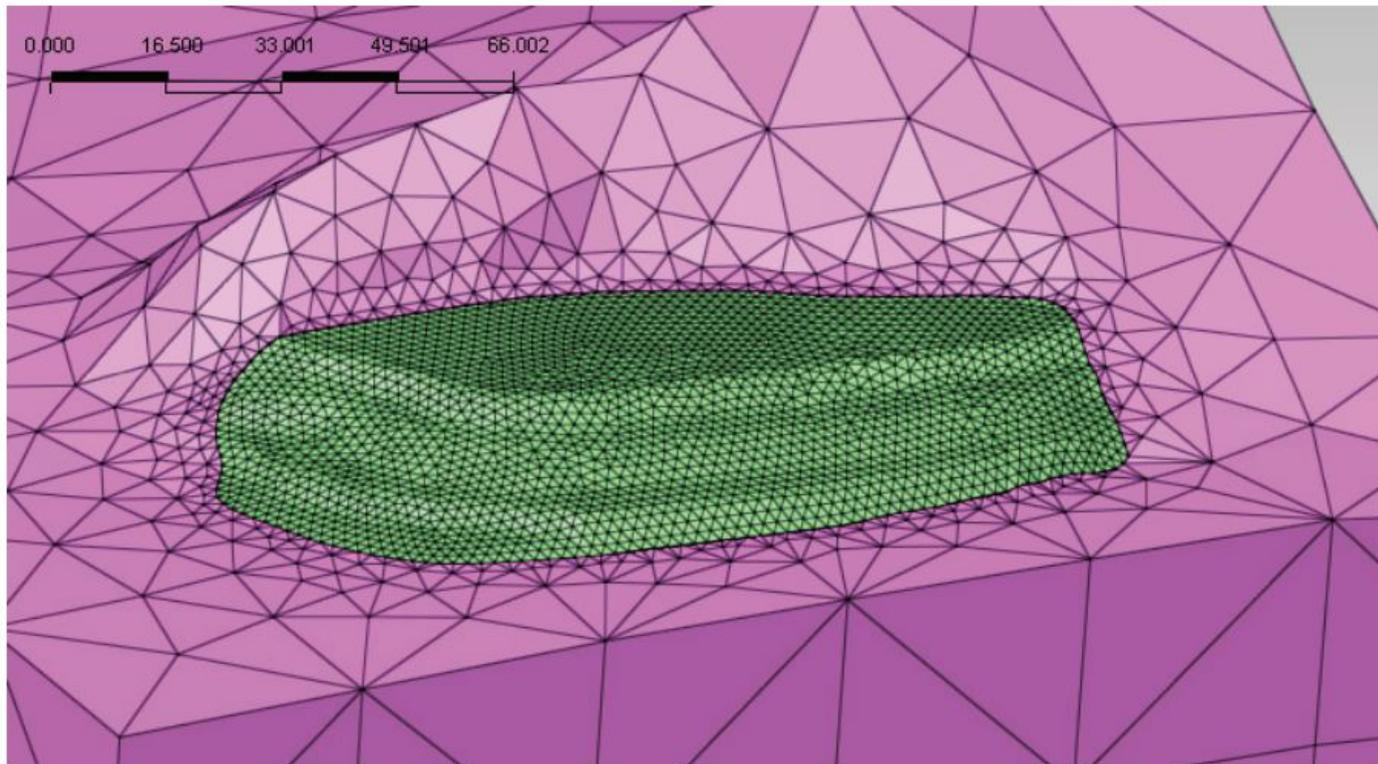
Deformazioni plastiche



 **Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de tierra suelta**



➔ **Ejemplo 3.1: Estabilidad de depósitos de tierra suelta**



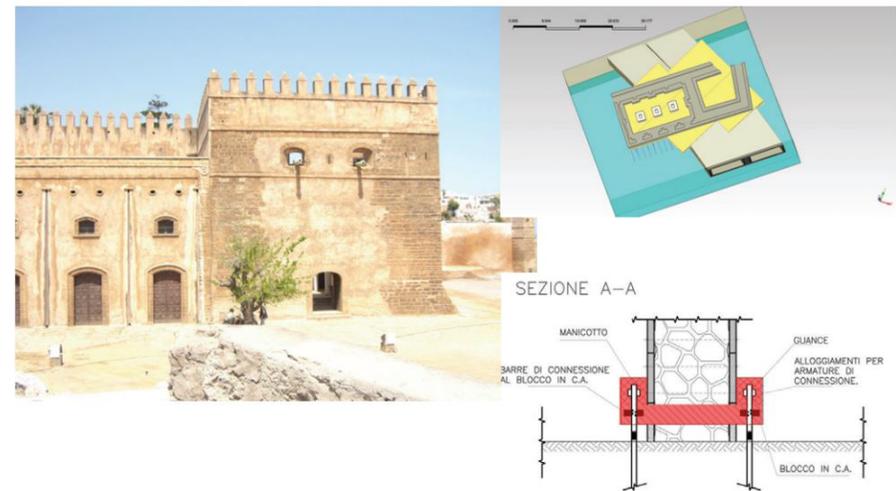
Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Edificio histórico



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

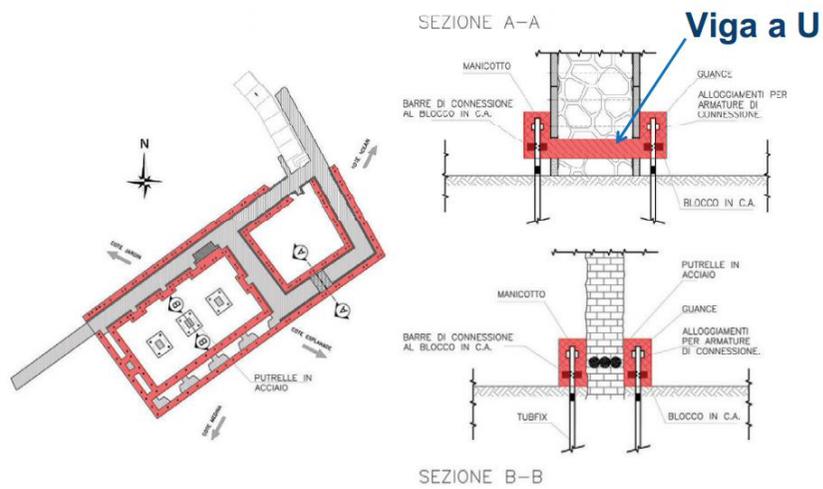
El proyecto



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

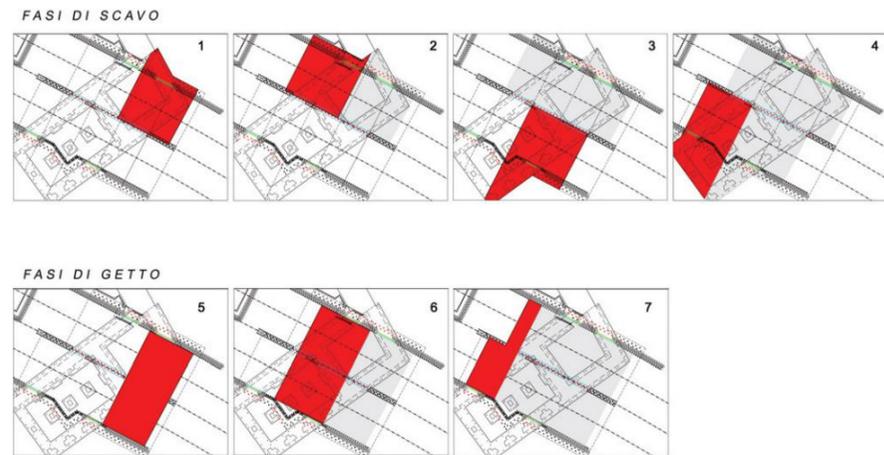
Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

El proyecto



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

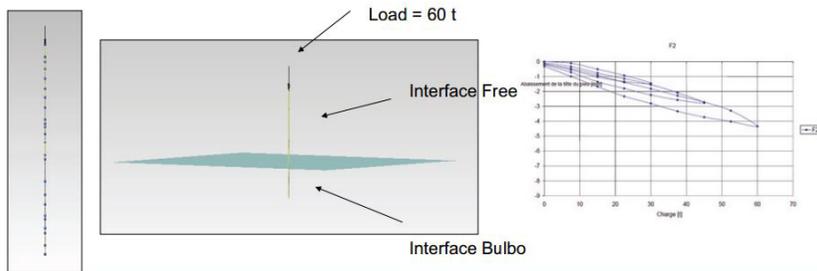
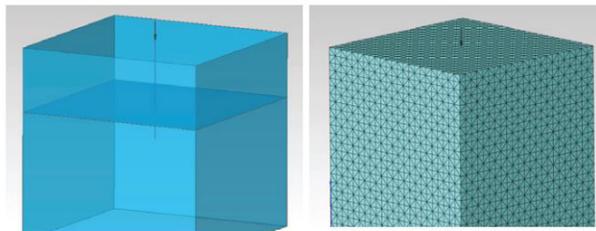
El proyecto



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

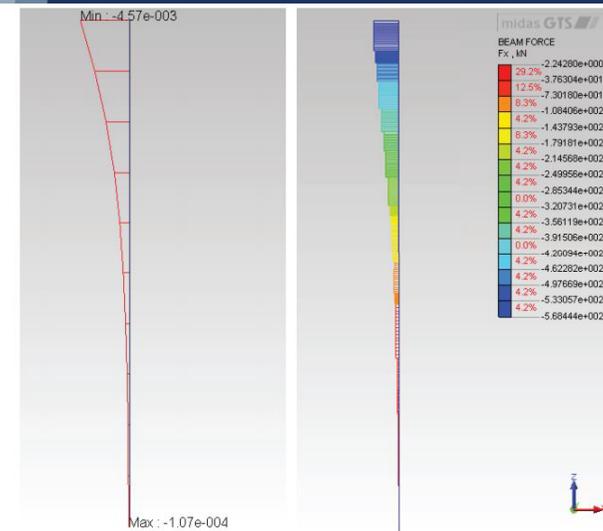
Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Paso 1 (Mod A) calibración embedded pile



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Paso 1 (Mod A) calibración embedded pile



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

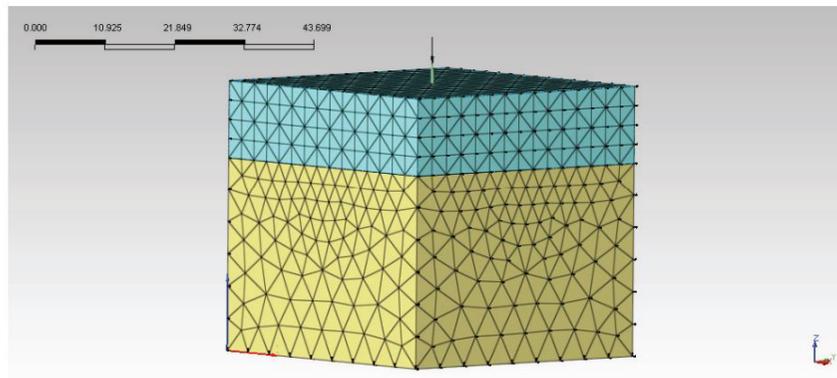
Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Alpina S.p.A



Paso 2 (Mod_B1): transferir la carga de un micropilote individual con carga puntual

Alpina S.p.A

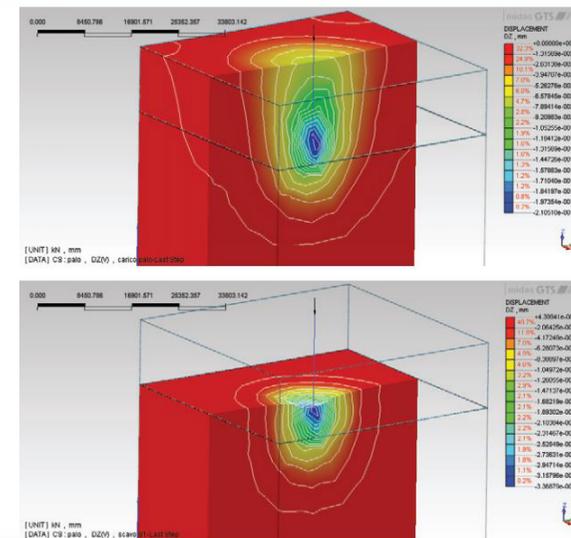


Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani



Paso 2 (Mod_B1): transferir la carga de un micropilote individual con carga puntual

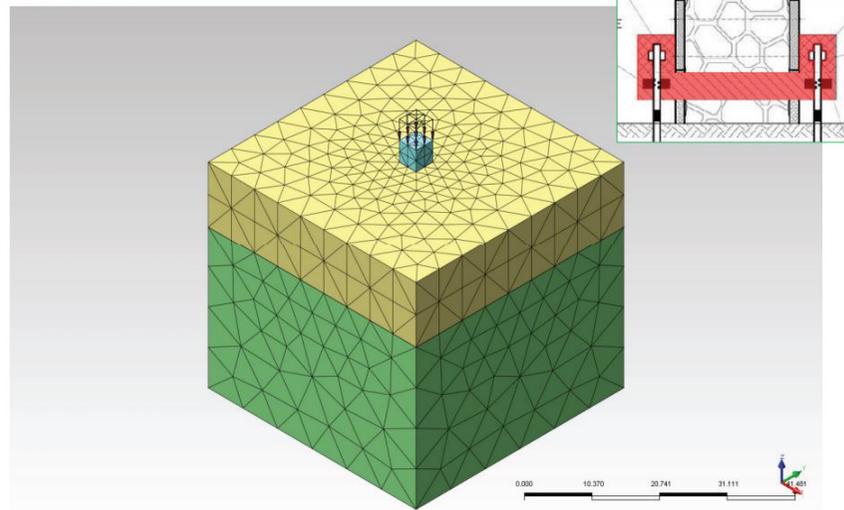
Alpina S.p.A



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

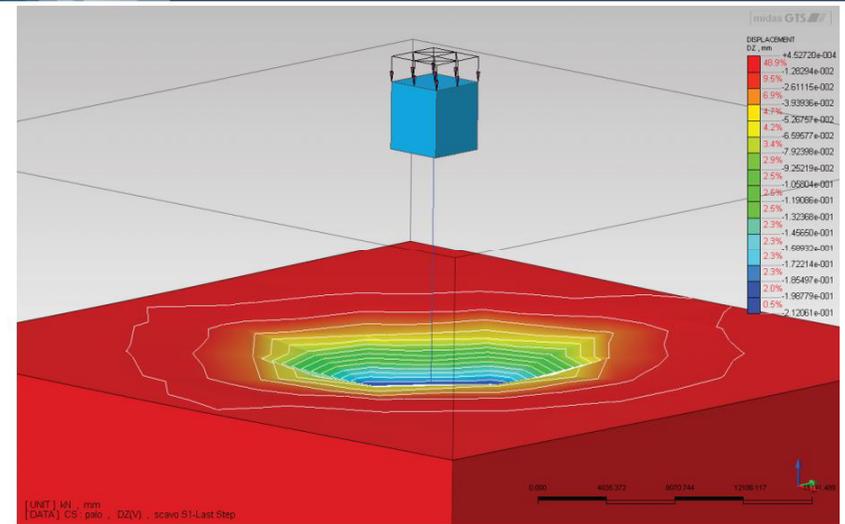
Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

➔ Paso 3 (Mod_B2): transferir la carga de un micropilote individual con viga a U



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

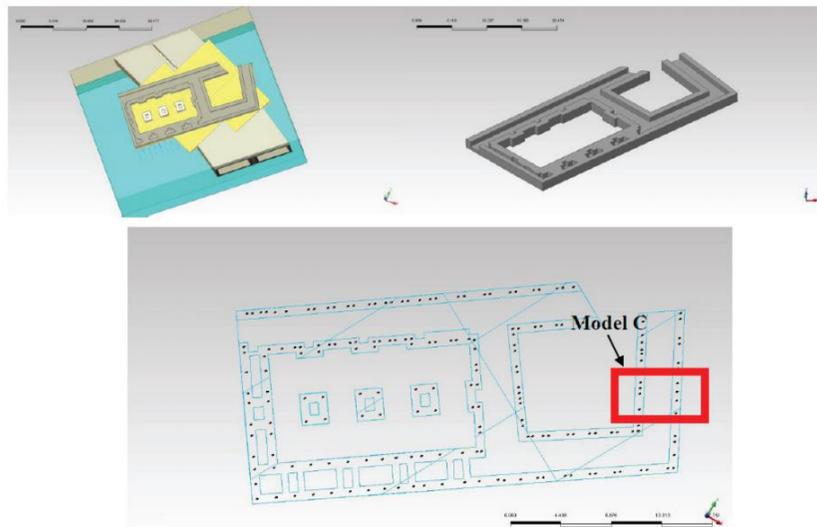
➔ Paso 3 (Mod_B2): transferir la carga de un micropilote individual con viga U



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

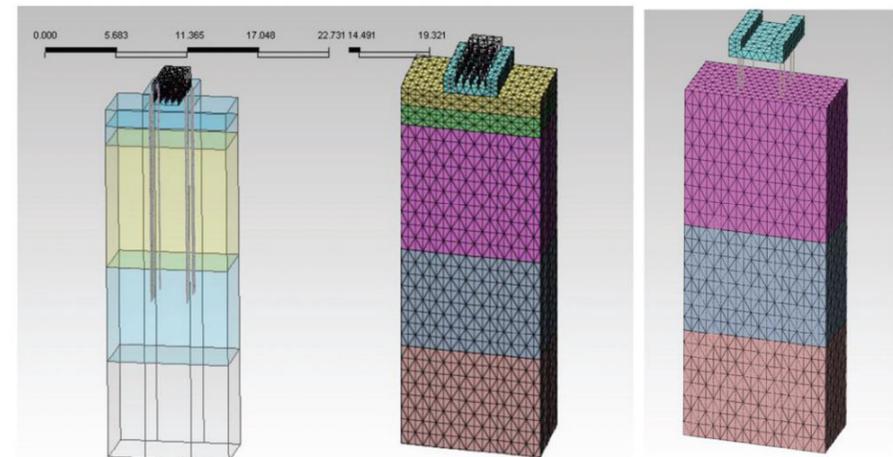
Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Paso 4 (Mod_C): transferir la carga de una porción de la viga U



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Paso 4 (Mod_C): transferir la carga de una porción de la viga U



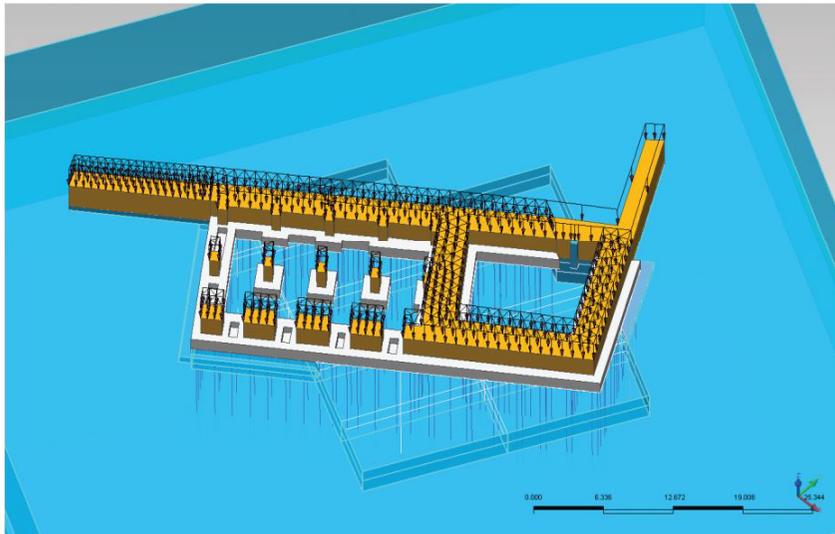
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Alpina S.p.A

➔ Paso 5 (Mod_D): interacción suelo-estructura - la edificio parciales - fases de excavación - losa

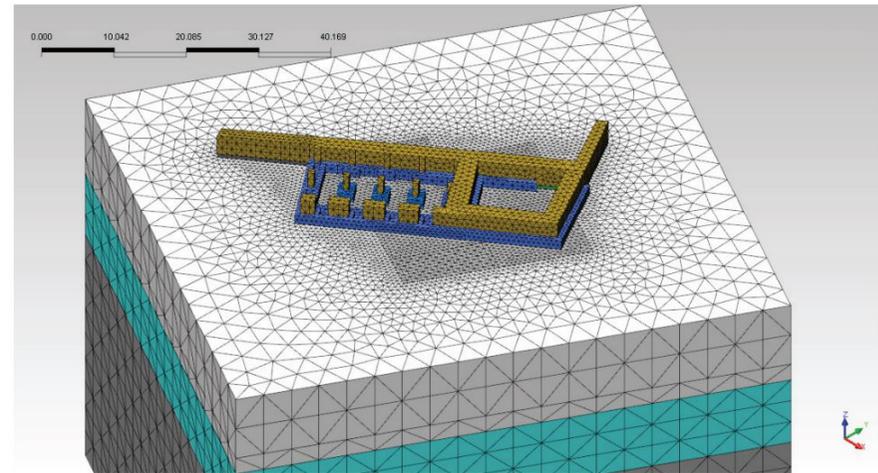
Alpina S.p.A



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

➔ Paso 5 (Mod_D): interacción suelo-estructura - la edificio parciales - fases de excavación - losa

Alpina S.p.A

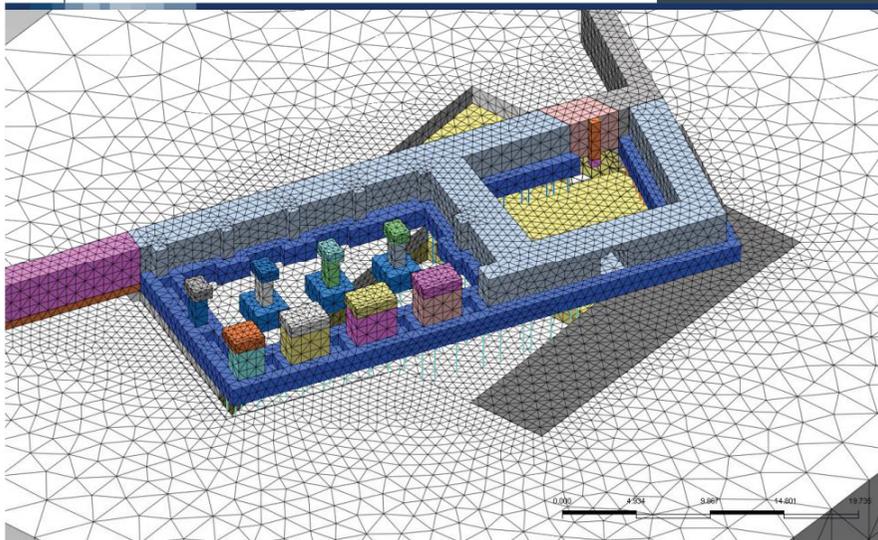


Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Alpina S.p.A

Paso 5 (Mod_D): interacción suelo-estructura - la edificio parciales - fases de excavación - losa



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

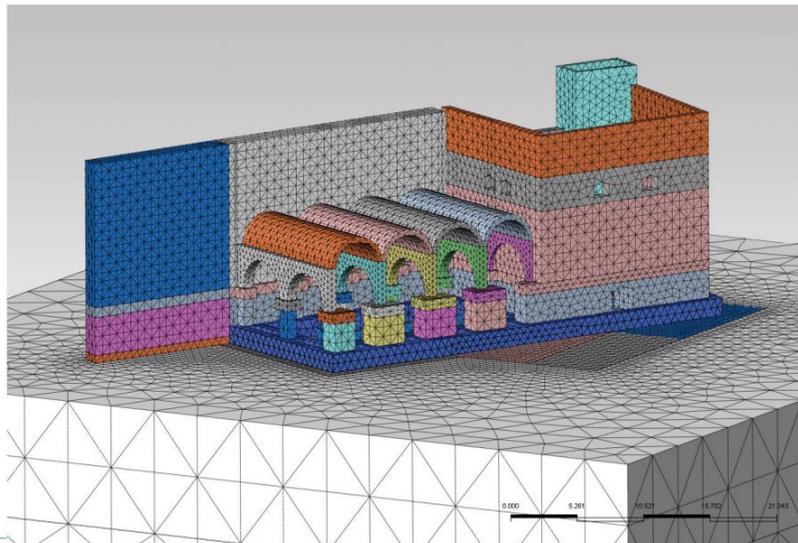
Paso 5 (Mod_D): interacción suelo-estructura - la edificio parciales - fases de excavación - losa



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Paso 6 (Mod_E): interacción suelo-estructura - la edificio completo - fases de excavación - losa



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

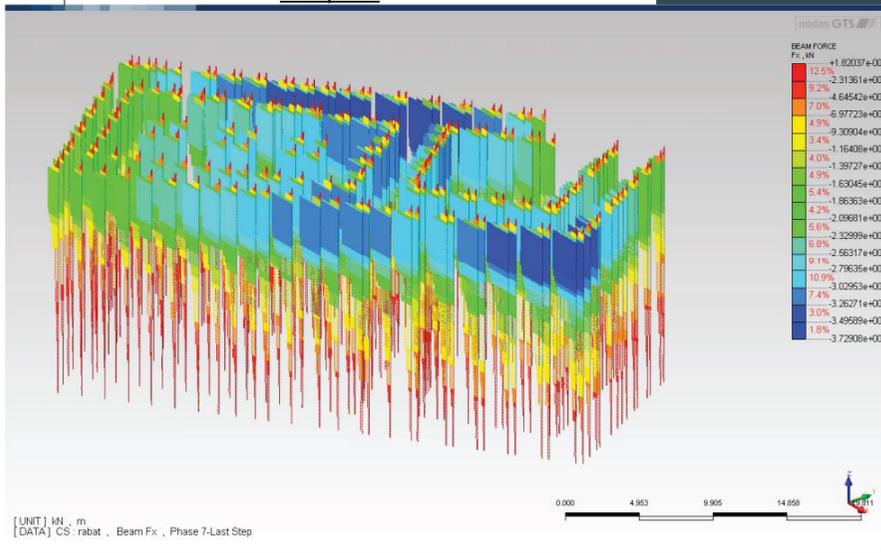
Paso 6 (Mod_E): interacción suelo-estructura - la edificio completo - fases de excavación - losa



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

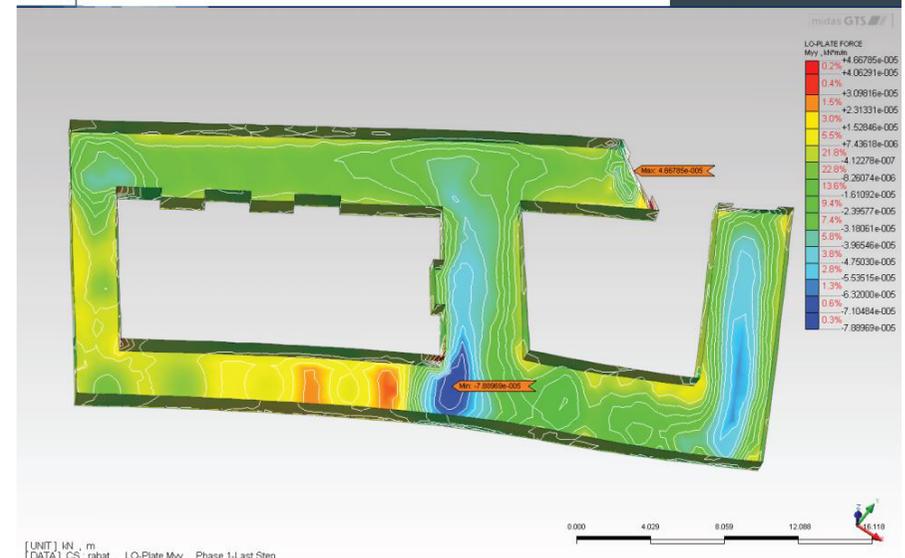
Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Paso 6 (Mod_E): interacción suelo-estructura - edificio completo - fases de excavación - losa



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

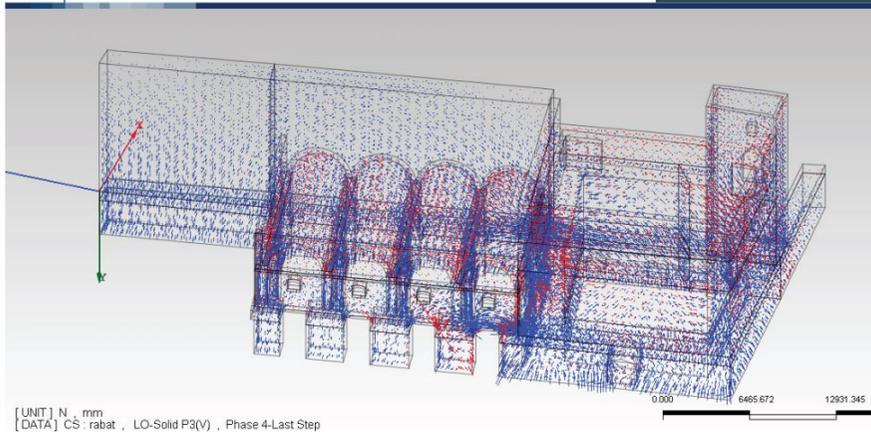
Paso 6 (Mod_E): Momentos en el viga U



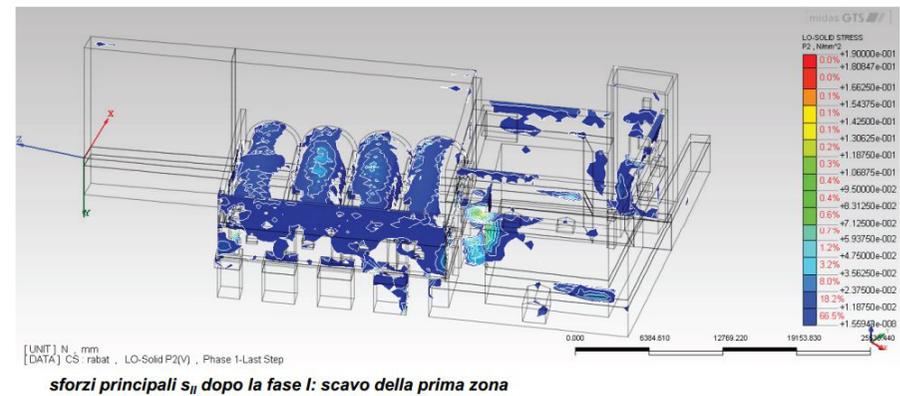
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Paso 6 (Mod_E): tensiones en el edificio



Paso 6 (Mod_E): tensiones en el edificio

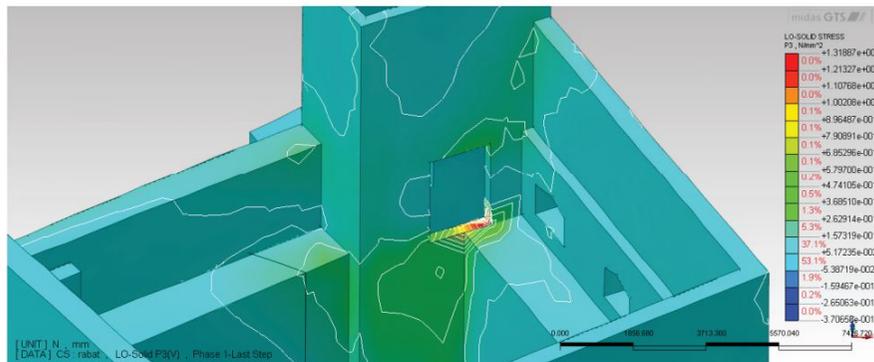


Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

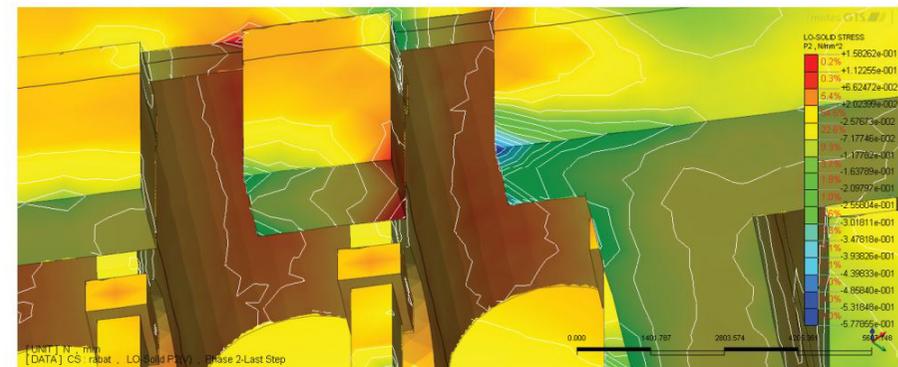
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Paso 6 (Mod_E): tensiones en el edificio



Paso 6 (Mod_E): tensiones en el edificio



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

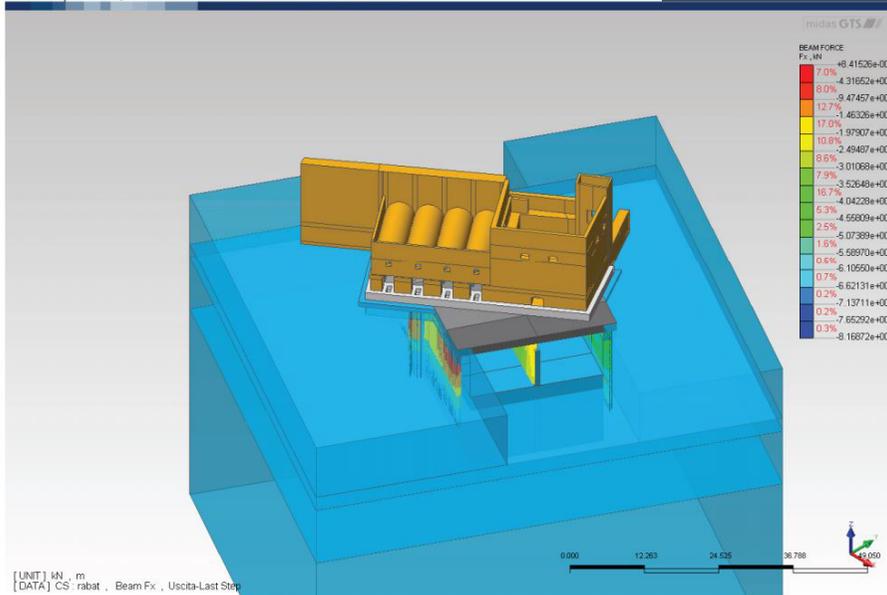
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Alpina S.p.A

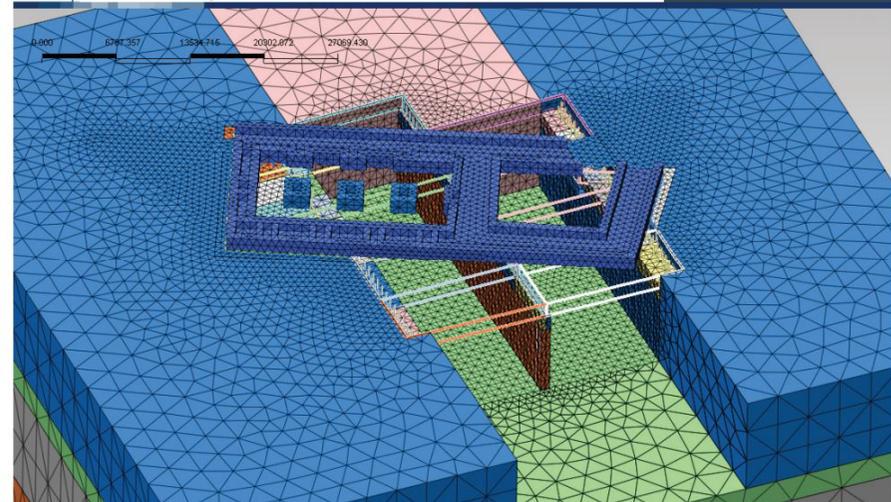
➤ Paso 7 (Mod_F): interacción suelo-estructura - la ed completo - excavación túneles

Alpina S.p.A



➤ Paso 7 (Mod_F): interacción suelo-estructura - edificio completo - excavación túneles

Alpina S.p.A



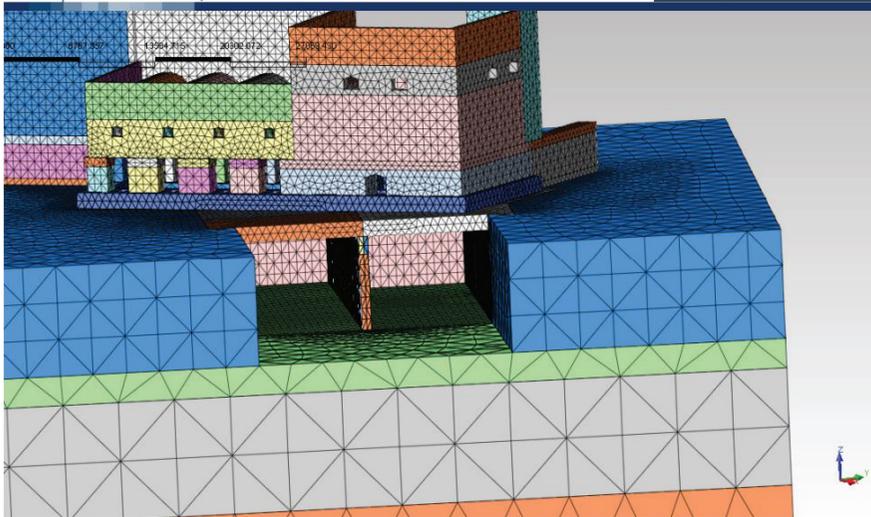
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Alpina S.p.A

Paso 7 (Mod_F): interacción suelo-estructura - edificio completo - excavación túneles

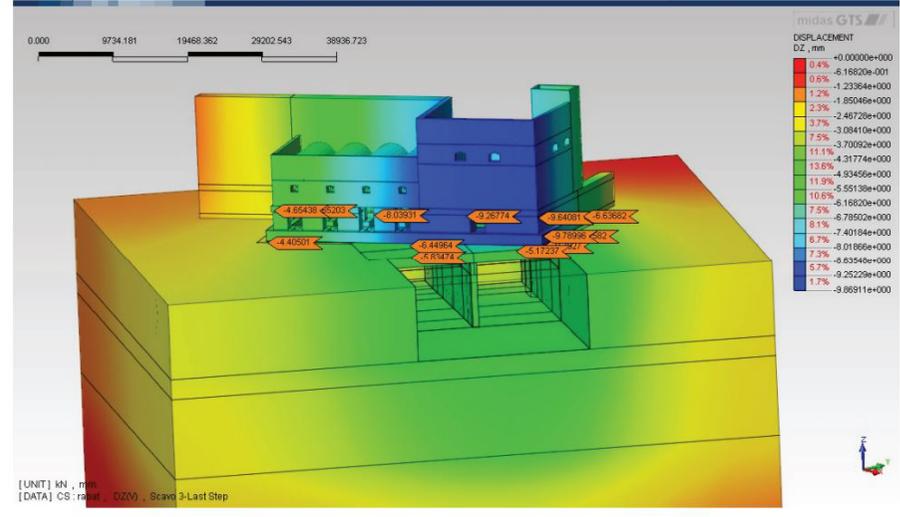
Alpina S.p.A



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Paso 7 (Mod_F): interacción suelo-estructura - edificio completo - excavación túneles

Alpina S.p.A



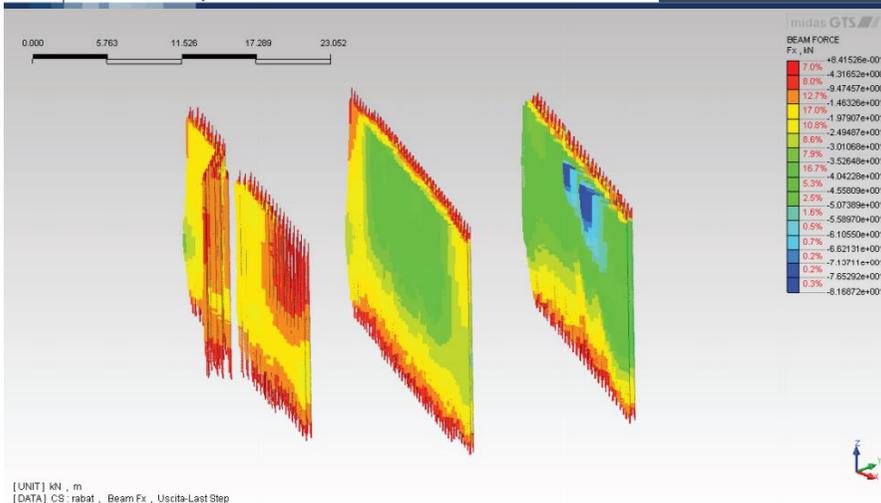
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Alpina S.p.A

Paso 7 (Mod_F): interacción suelo-estructura - edificio completo - excavación túneles

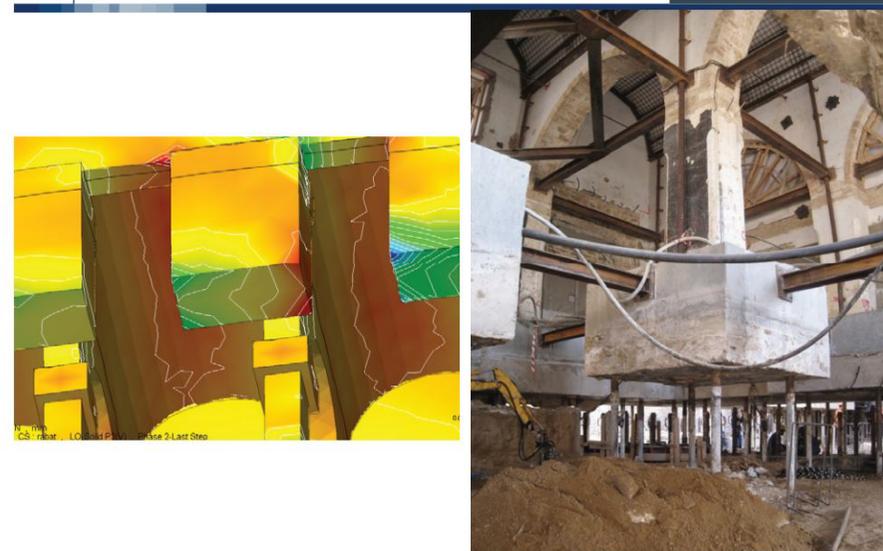
Alpina S.p.A



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Paso 10: Comparación del modelo 3D y el trabajo real

Alpina S.p.A



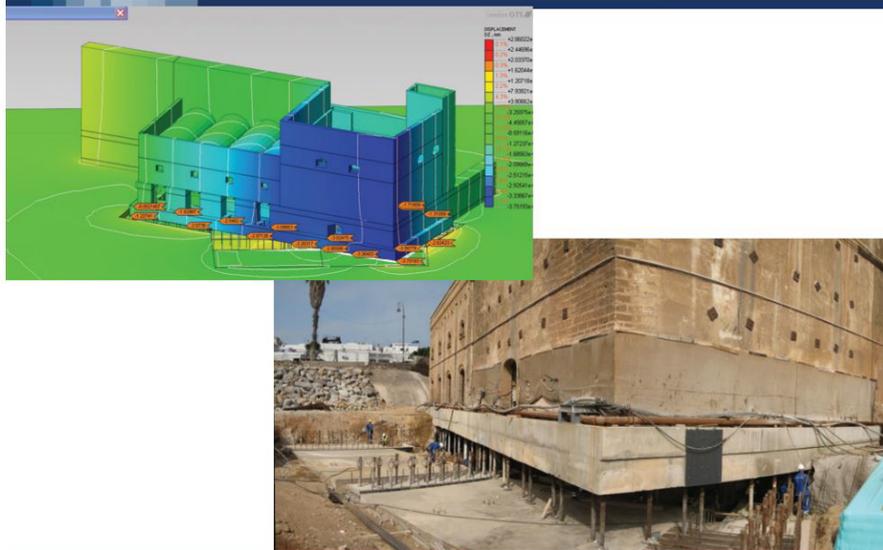
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa, Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Sub-excavación de edificio histórico (Rabat, Marruecos).

Alpina S.p.A

Paso 10: Comparación del modelo 3D y el trabajo real

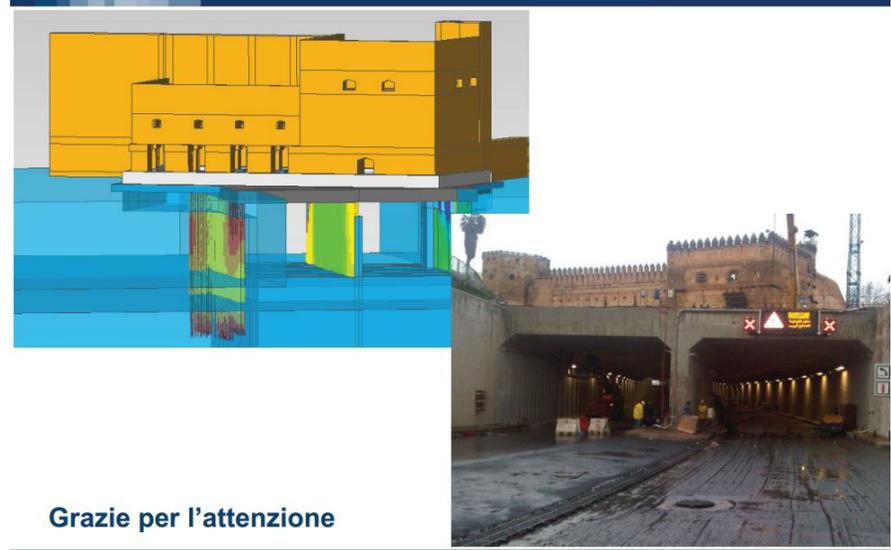
Alpina S.p.A



Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Paso 10: Comparación del modelo 3D y el trabajo real

Alpina S.p.A



Grazie per l'attenzione

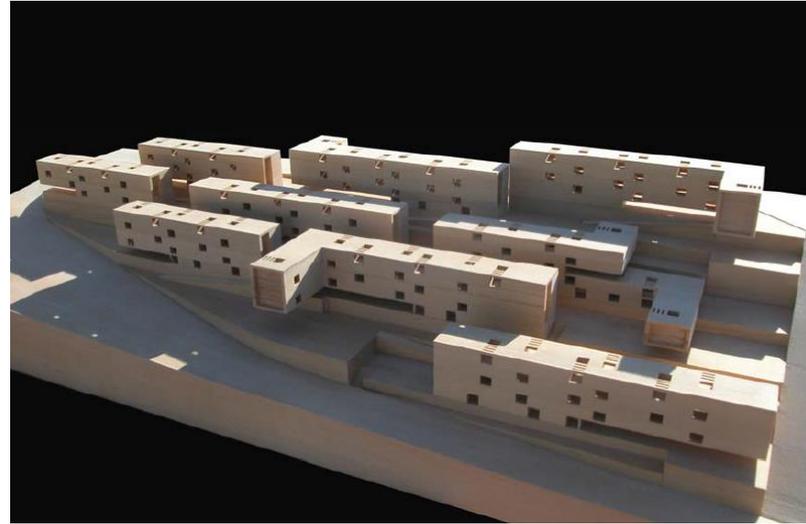
Progetto esecutivo: Ing. Adriano Fava, Ing. Marco Ghidoli, Ing. Francesco Gamba Alpina Spa , Milano
 Consulenza per la modellazione 3D: Prof. Riccardo Castellanza, Ing. David Betti, Ing. Francesca Giussani

Estudio de Seguridad y Deformabilidad de Cimentación para Edificación a Media Ladera.

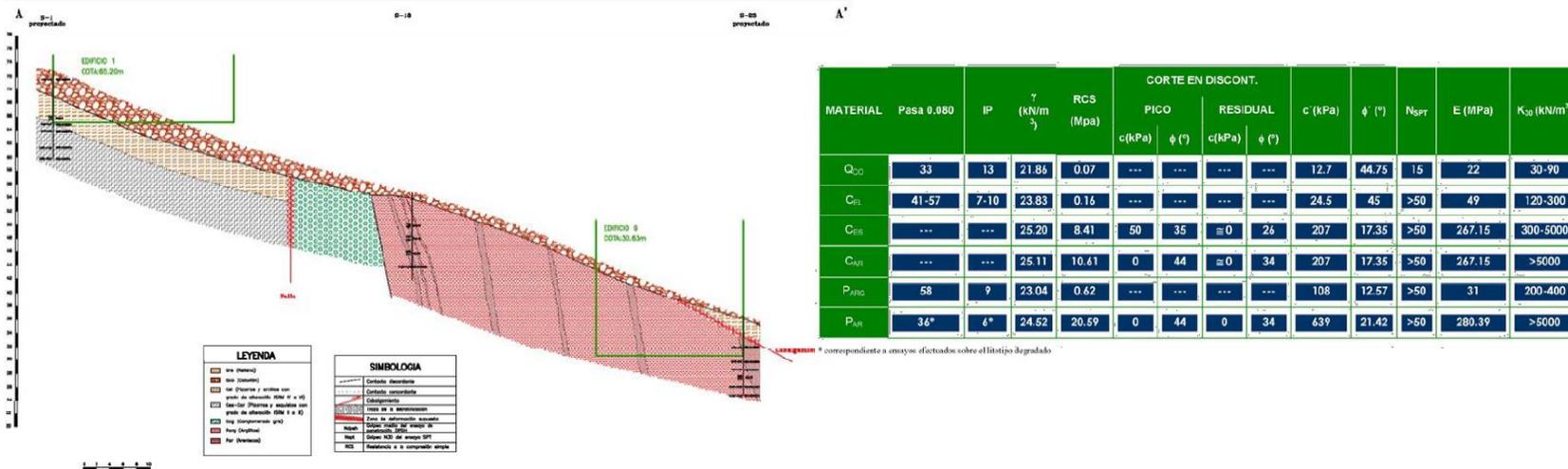
- Situación



- Edificación



- Estratigrafía y geotecnia

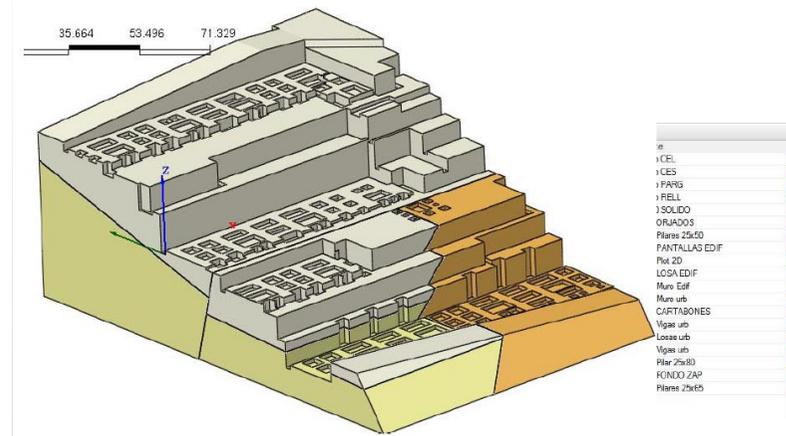


MODELIZACIÓN

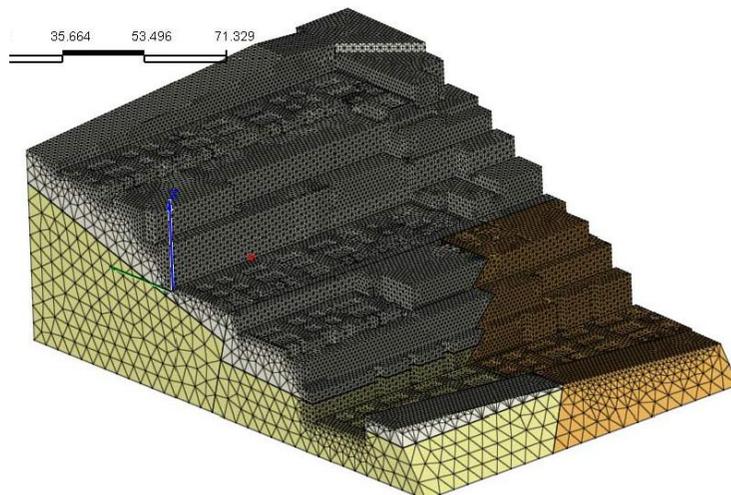
- Edificios y sistema de contención



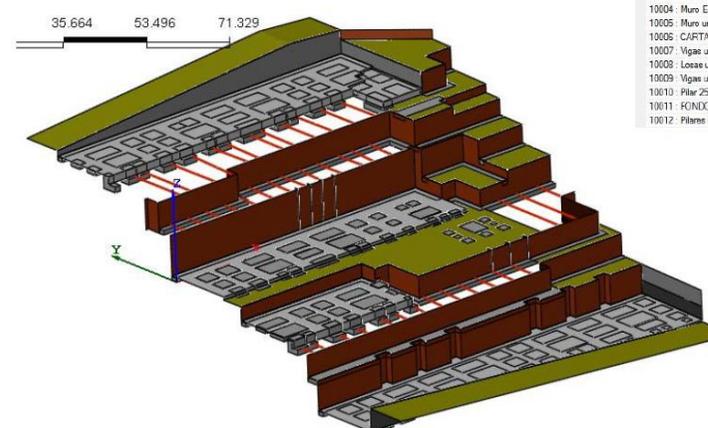
- Terreno y excavación



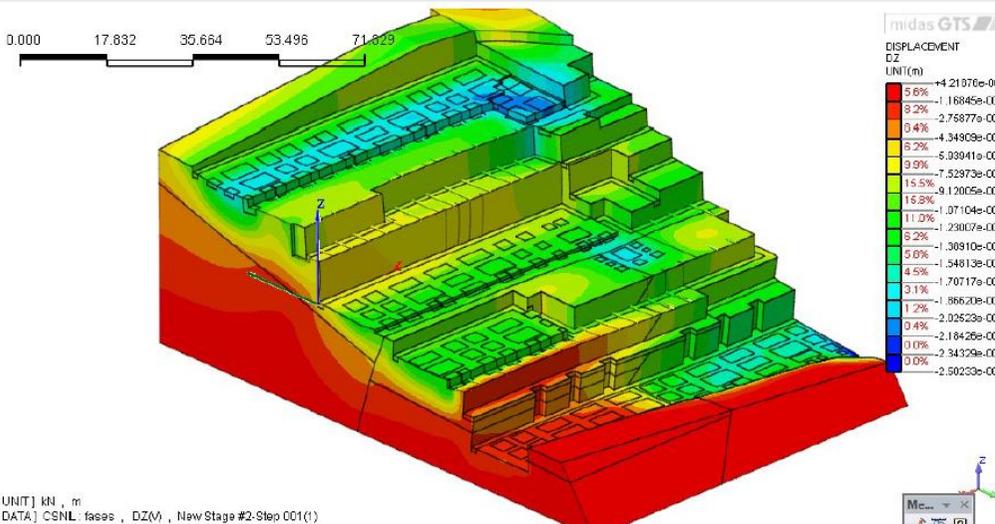
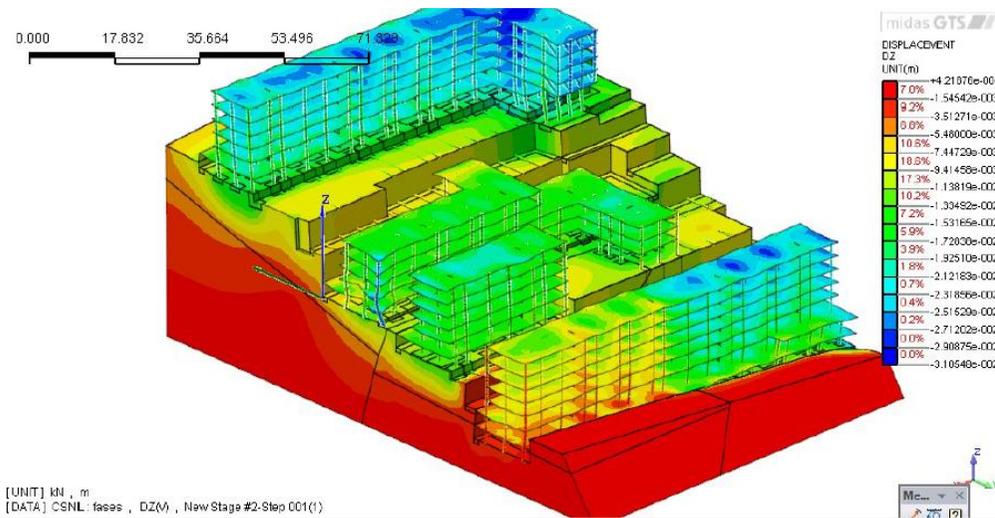
- Terreno y edificios. Modelo MEF.



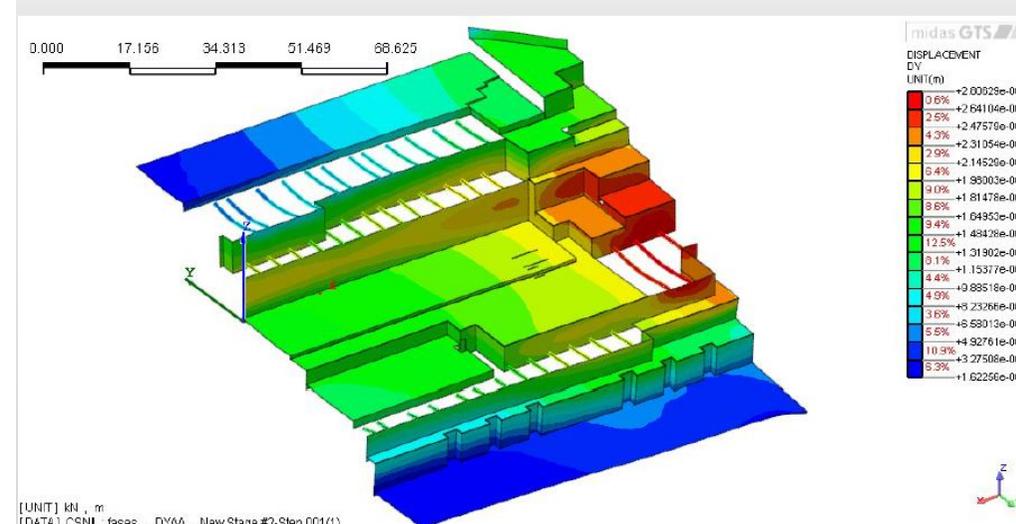
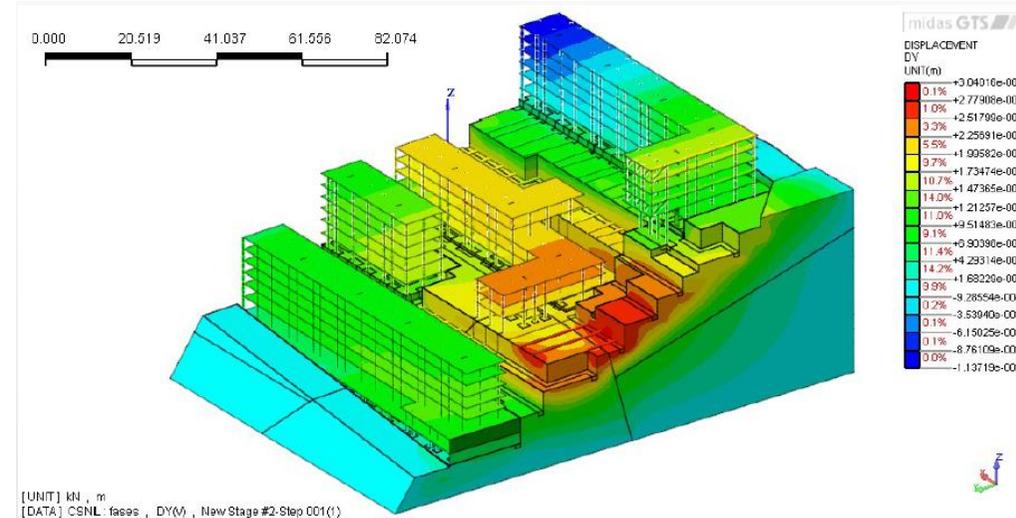
- Cimentaciones y muros



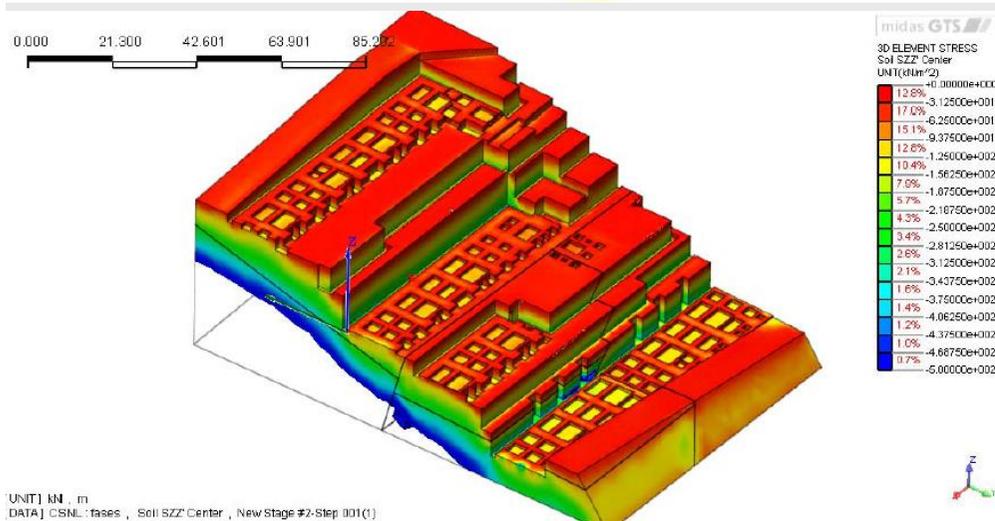
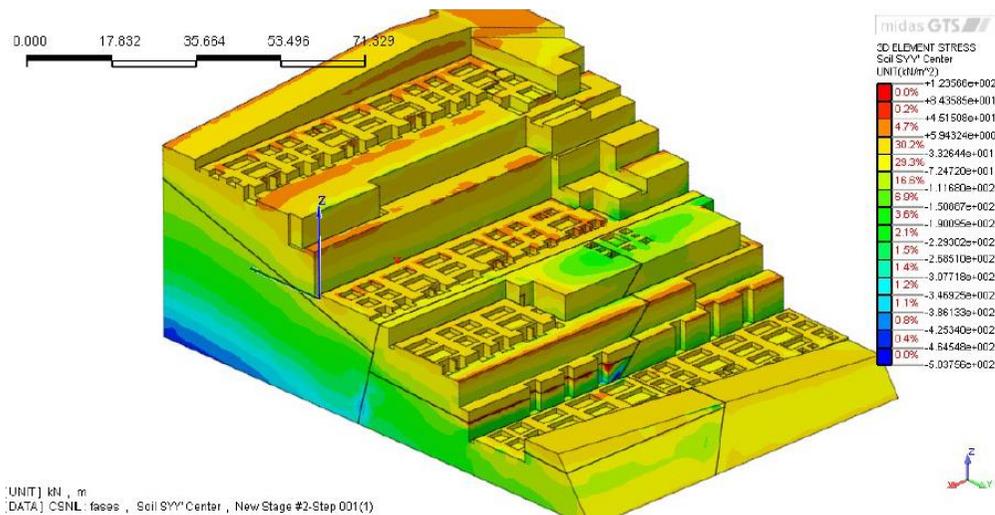
- Desplazamientos verticales.



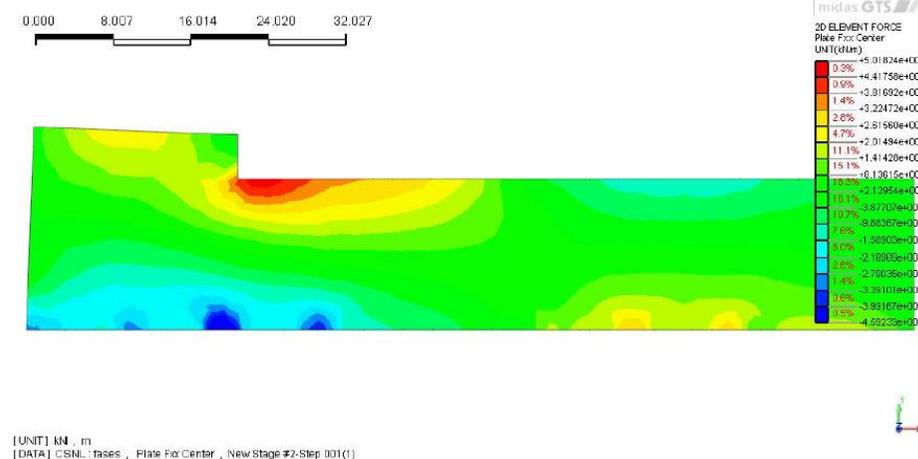
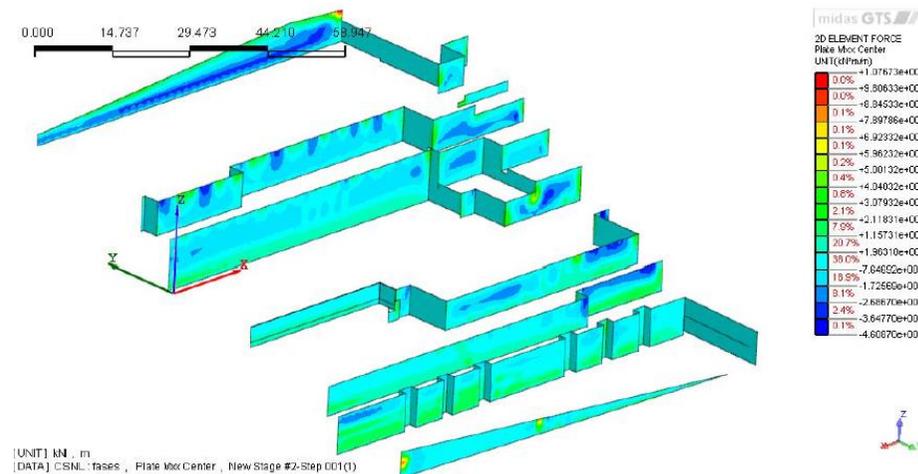
- Desplazamientos laterales.



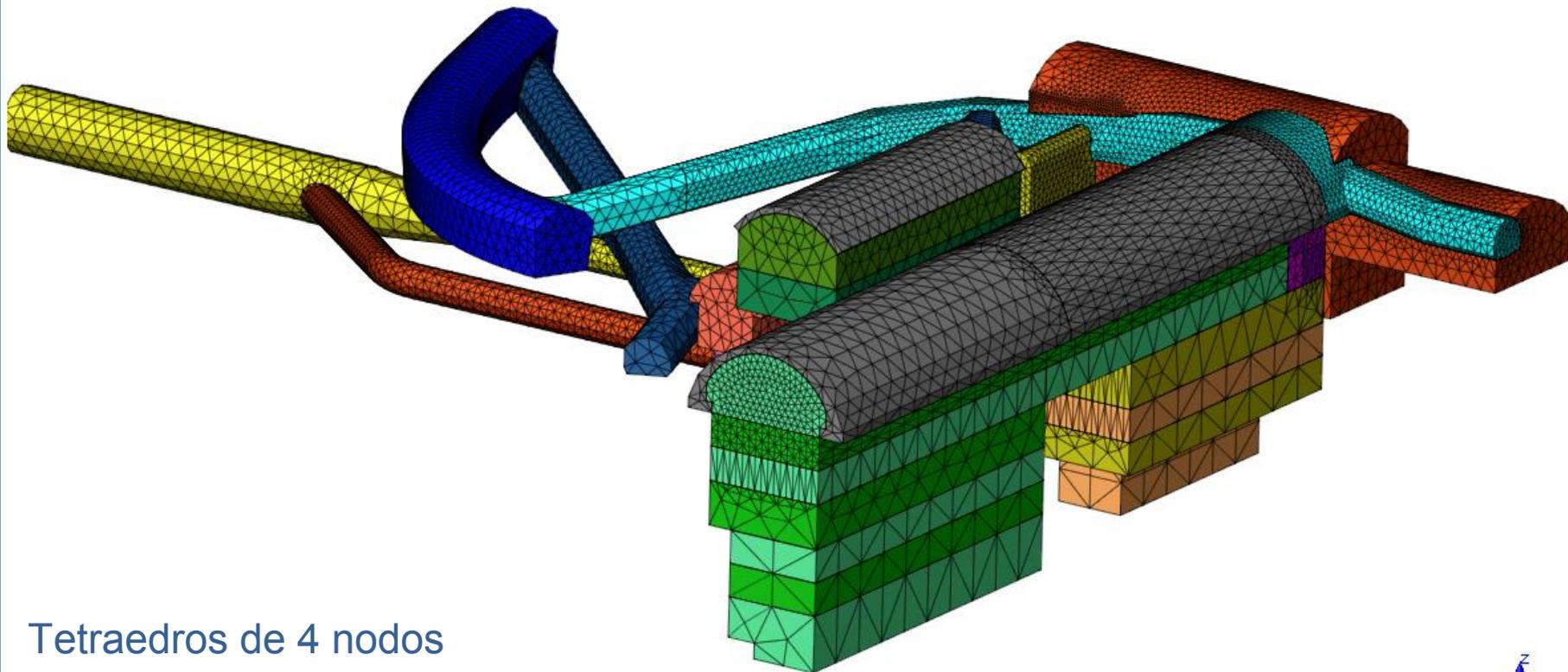
- Presiones verticales y empuje del terreno.



- Esfuerzos en muros de urbanización y empujes sobre forjados.



1.4 – MALLADO

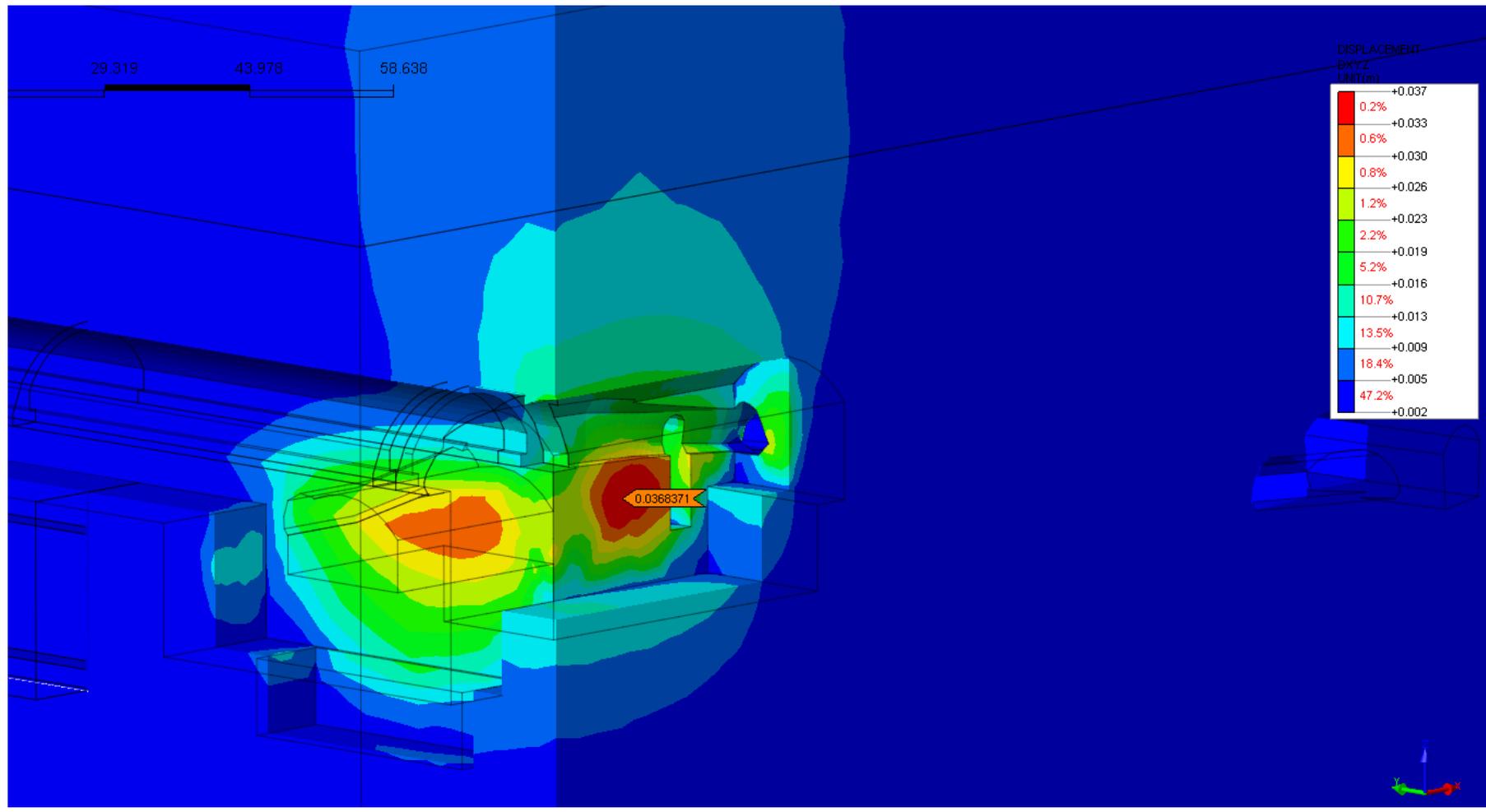


Tetraedros de 4 nodos

- 51.484 nodos
- 303.846 elementos

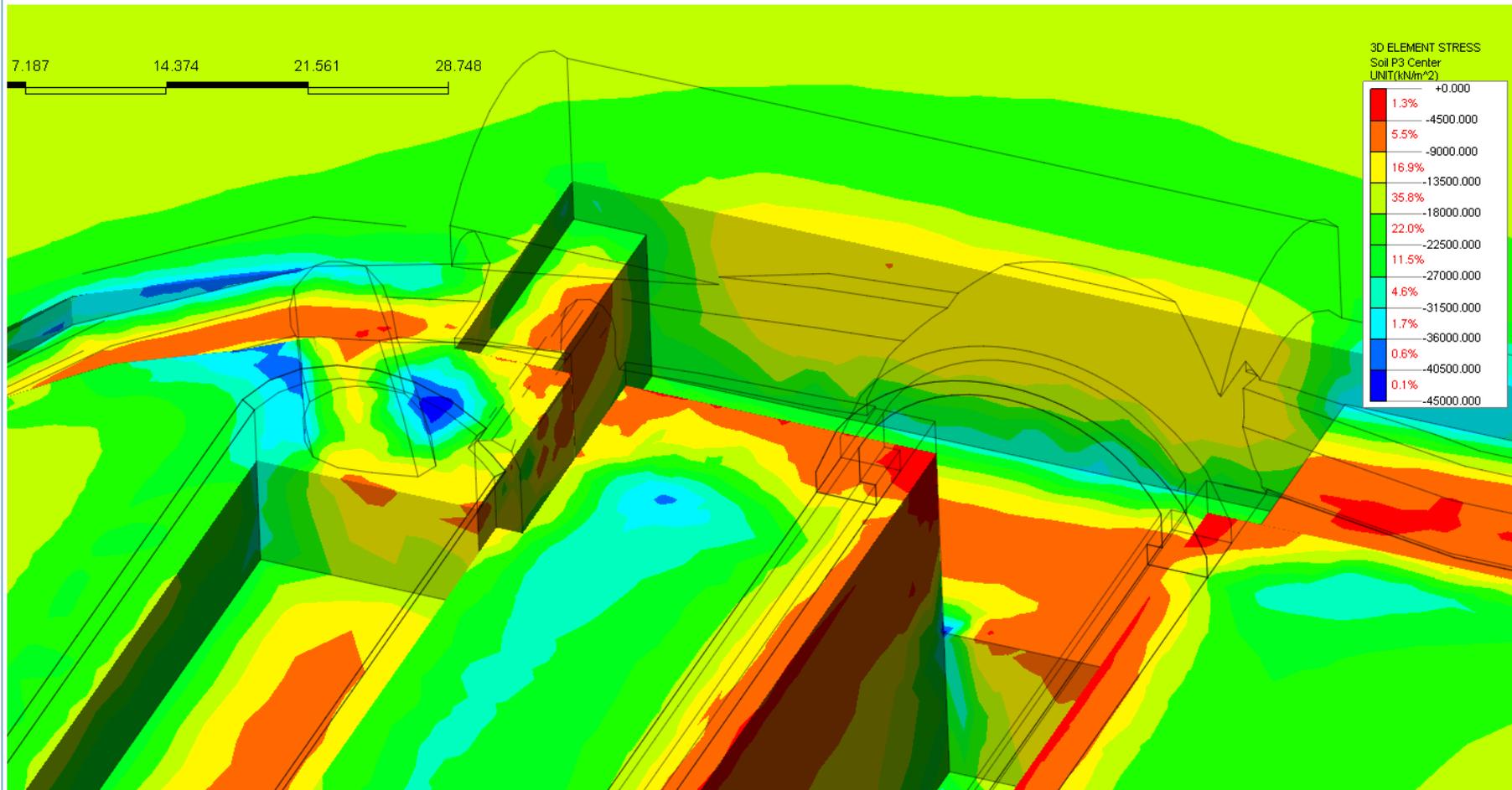
1.7 – RESULTADOS

Ampliación - Desplazamientos:



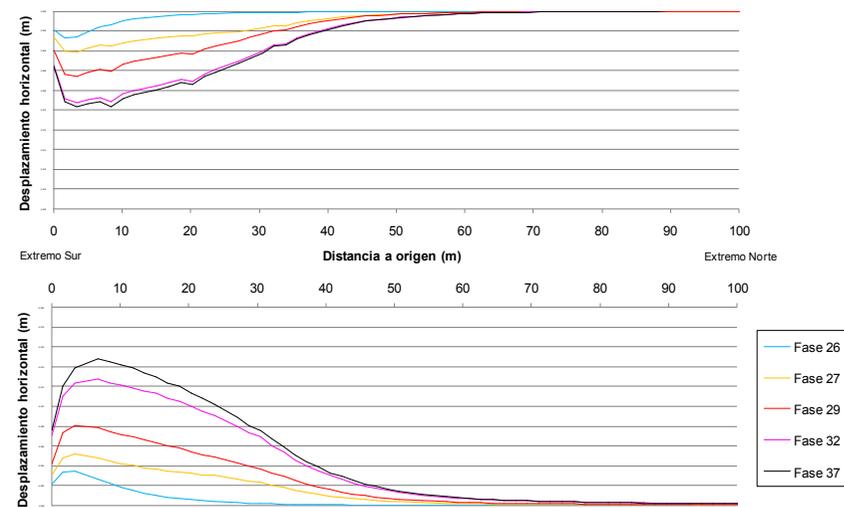
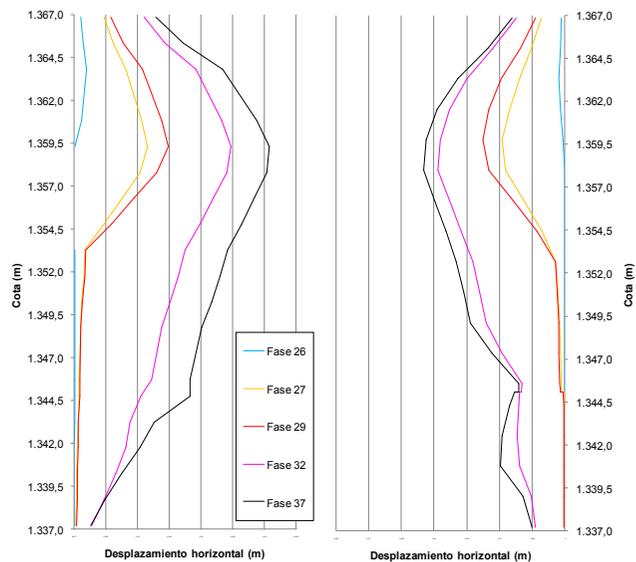
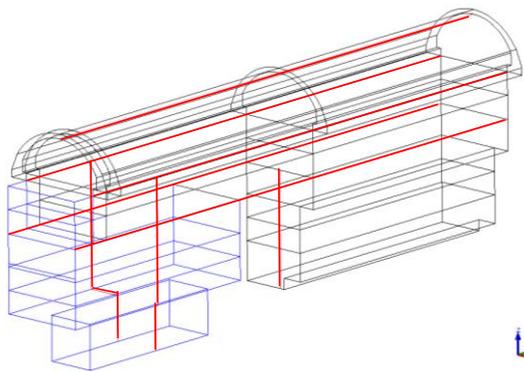
1.7 – RESULTADOS

Ampliación - Tensiones:



1.7 – RESULTADOS

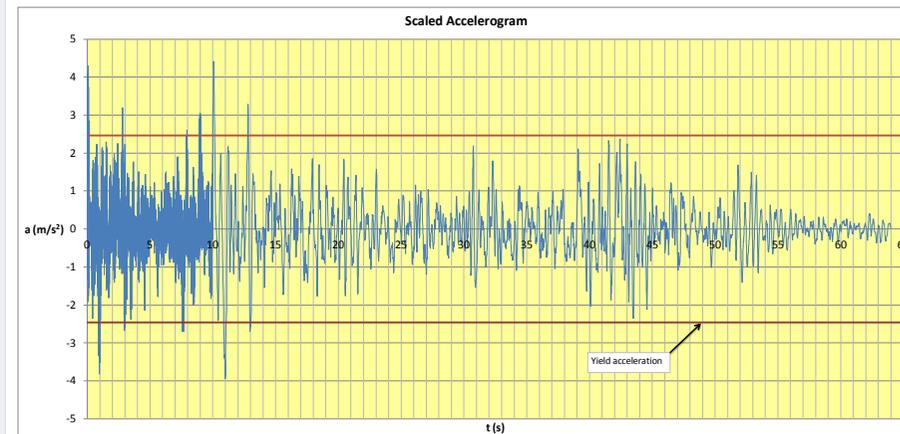
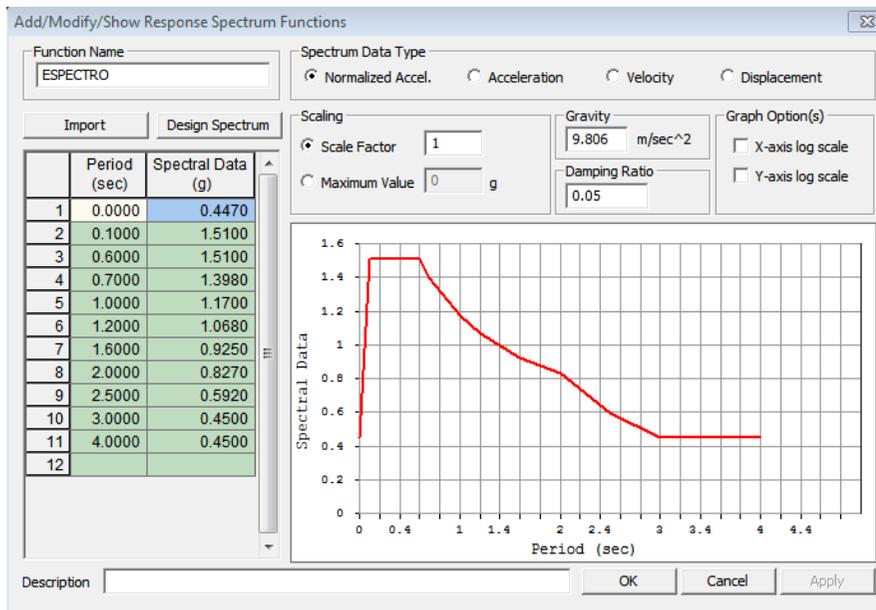
Ampliación – Interacción entre elementos:



NIVEL	MOVIMIENTO MÁXIMO (mm)	ACCIÓN
VERDE	<i>Definido en Proyecto</i>	<i>Definida en Proyecto</i>
ÁMBAR	<i>Definido en Proyecto</i>	<i>Definida en Proyecto</i>
ROJO	<i>Definido en Proyecto</i>	<i>Definida en Proyecto</i>

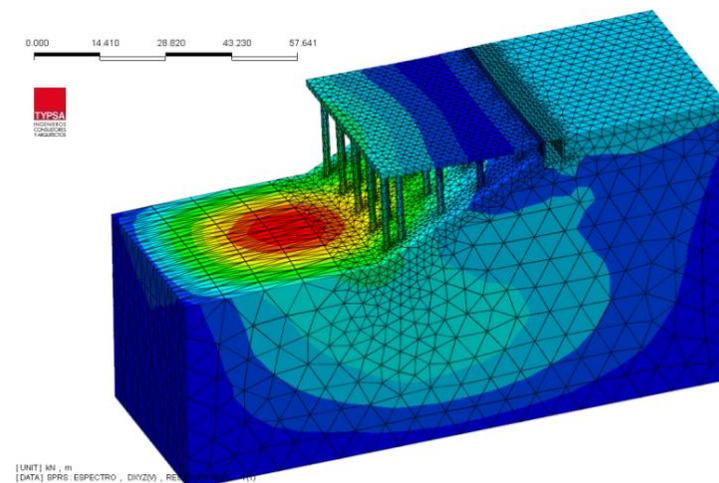
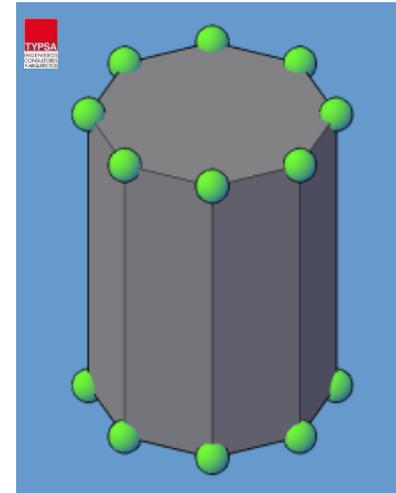
2.4 – ACCIONES SÍSMICAS

- Obtenidas de los ensayos de campo y de los registros acelerográficos. Escalamiento en PGA, energía, y duración. Modulación de la señal.
- Cumplimiento de normativa

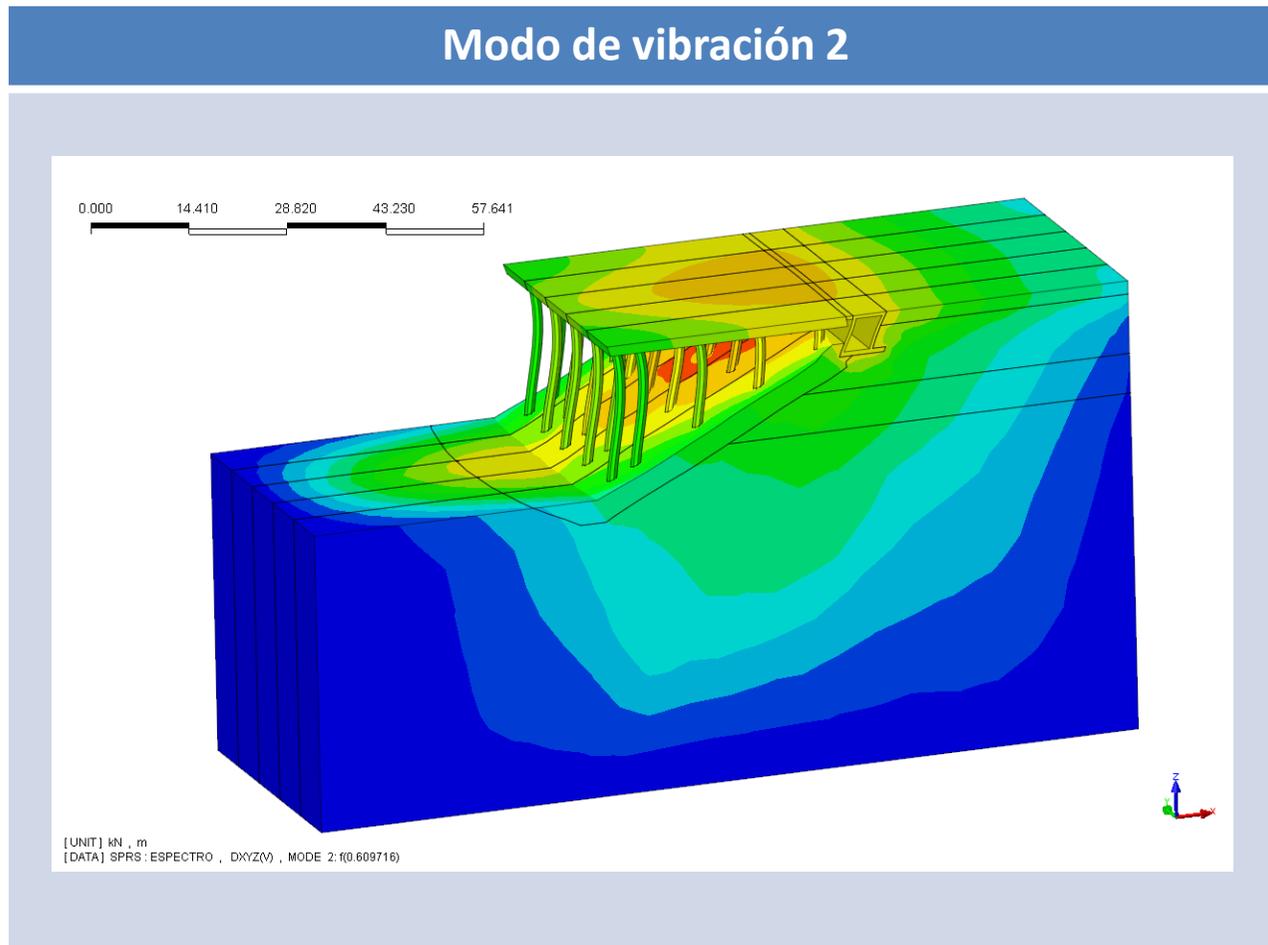


2.6 – CÁLCULOS NUMÉRICOS

- Viscosidad en talud sumergido. Equivalencia de energía de presión hidrodinámica, con energía cinética.
- Masas nodales añadidas a los pilotes sumergidos
- Rigidez visco-elástica en contornos exteriores del modelo por consideraciones elásticas y mecánicas
- Ratio de amortiguación 5% del crítico

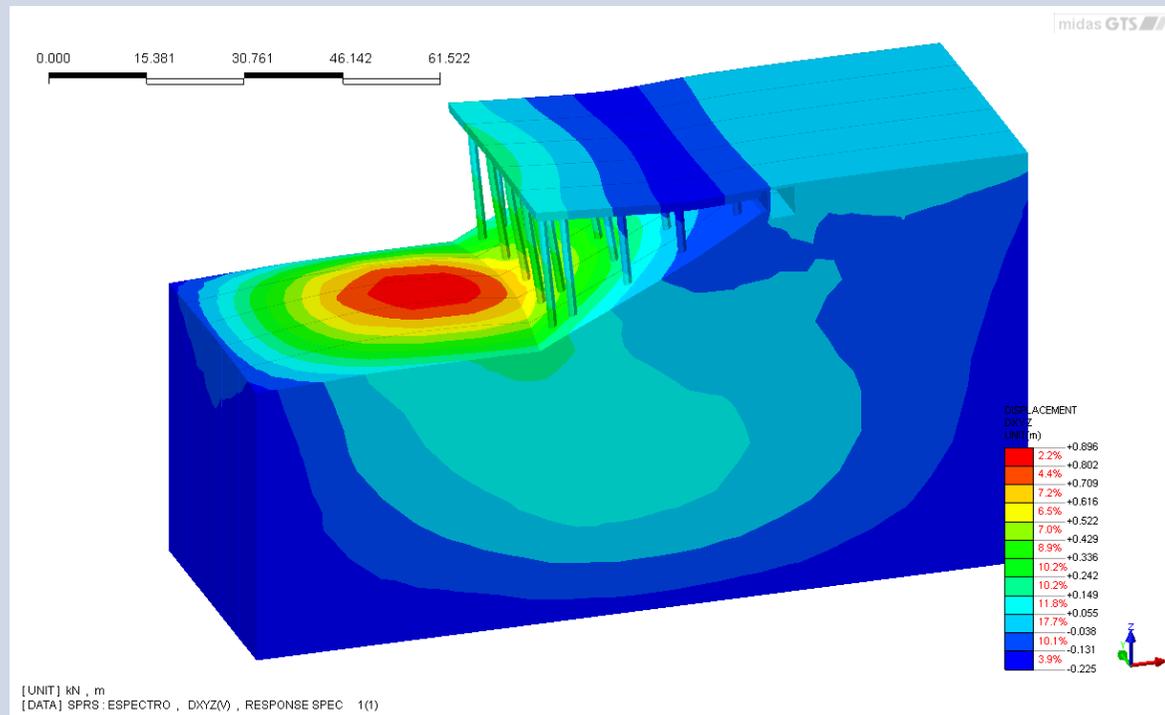


2.6 – CÁLCULOS NUMÉRICOS



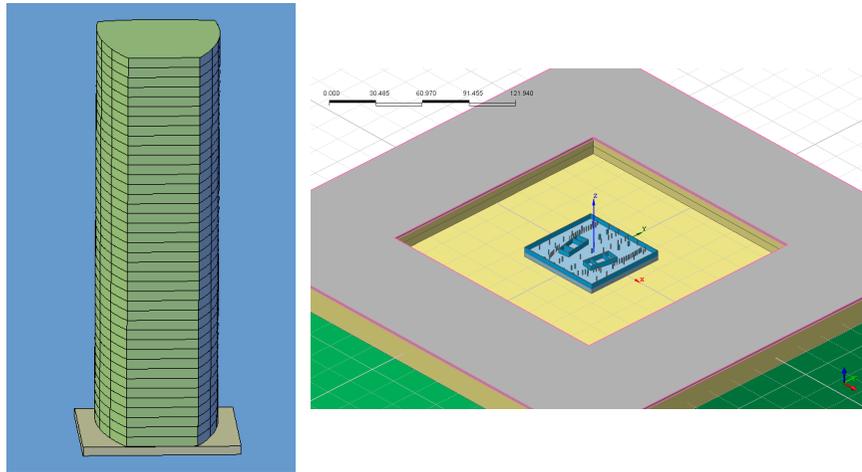
2.6 – CÁLCULOS NUMÉRICOS

Desplazamientos relativos con espectro de aceleraciones



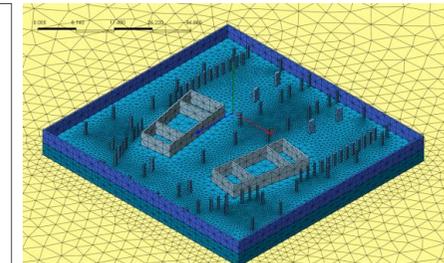
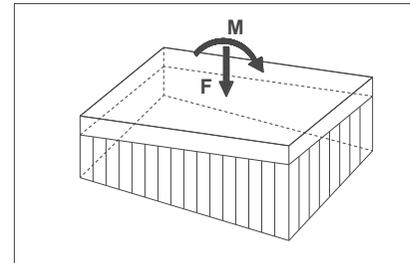
Tensiones y deformaciones en la cimentación de un edificio en altura en Riyadh.

3.2 – GEOMETRÍA Y MOVIMIENTOS ADMISIBLES



3.1 – INTRODUCCIÓN

- Entorno urbano
- 160 metros de altura
- Aparcamiento subterráneo colindante
- Presencia de agua en el terreno
- Optimización de la tipología de cimentación
- Minimizar efectos de segundo orden

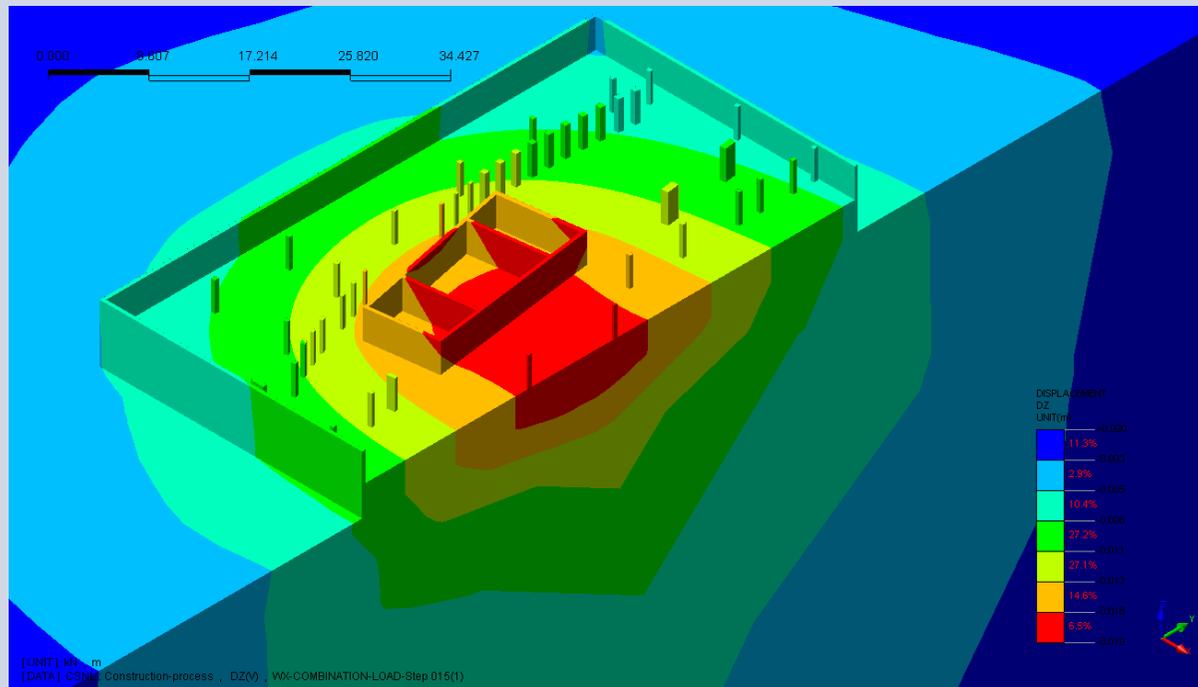


3.2 – GEOMETRÍA Y MOVIMIENTOS ADMISIBLES

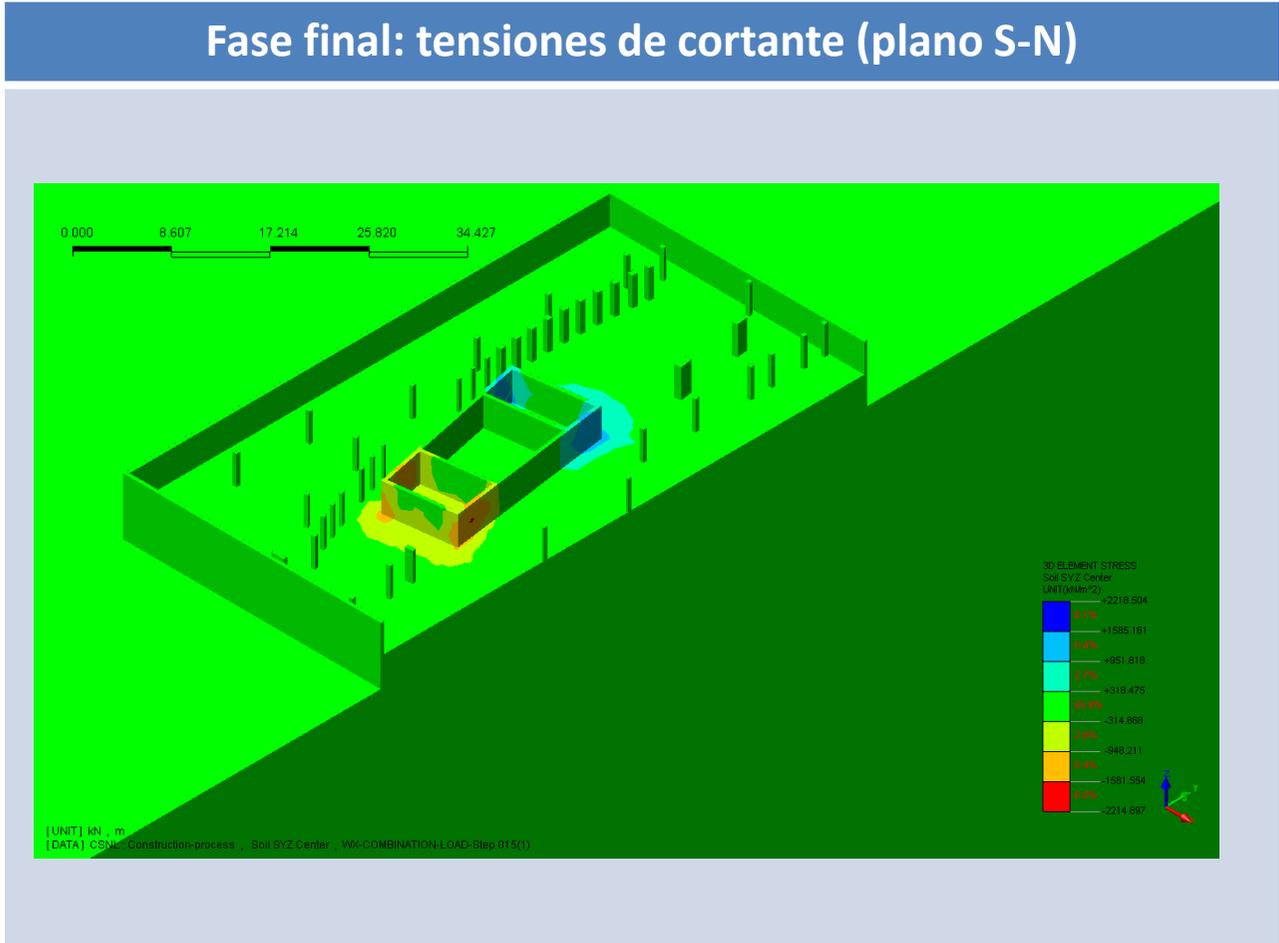
- Edificio con 145m de altura sobre rasante
- Losa de cimentación de 63x60mx3m
- Deflexión máxima en la cimentación = $1 / 670$ (Código de Construcción Saudí)
- Asiento máximo 50mm (Código de Construcción Saudí)

3.6 – RESULTADOS COMBINACIÓN WX

Fase final: desplazamientos verticales (plano S-N)

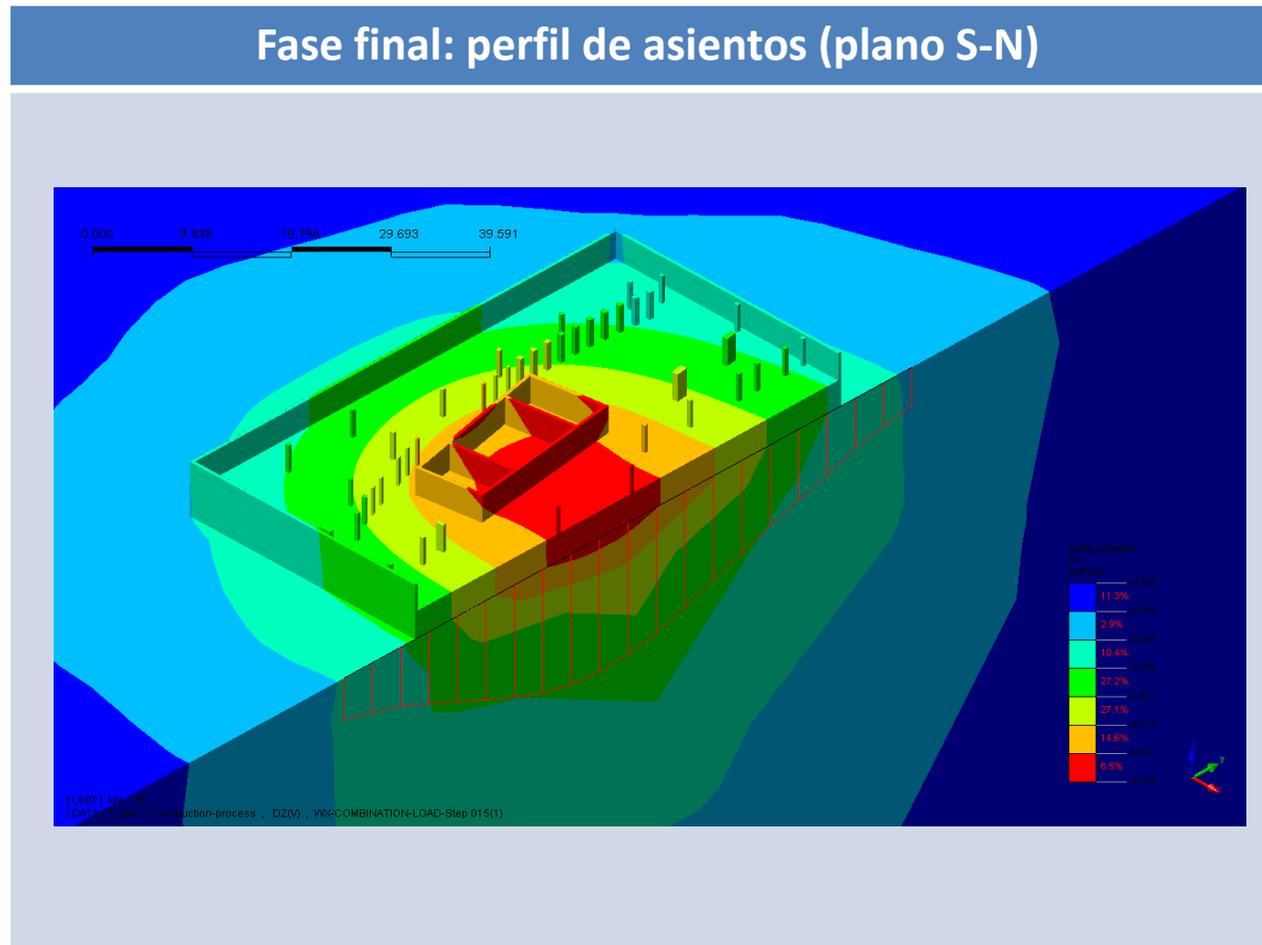


3.6 – RESULTADOS COMBINACIÓN WX



3.6 – RESULTADOS COMBINACIÓN WX

Fase final: perfil de asientos (plano S-N)



3.6 – RESULTADOS COMBINACIÓN WX

Fase final: zonas de plastificación

