



# METODOS SEGUROS DE CONSTRUCCIÓN DE TUNELES EN ÁREAS PATRIMONIALES

**Prof. Dr. Ing. José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz**



# **OBJETIVOS CONSTRUCTIVOS**

- **REDUCIR LOS ASENTAMIENTOS Y DESPLAZAMIENTOS DE LOS EDIFICIOS HISTORICOS A VALORES ACEPTABLES**
- **EVITAR AFECCIONES NO ADMISIBLES A INSTALACIONES Y SERVICIOS**
- **MANTENER EL EQUILIBRIO HIDROGEOLOGICO**
- **REDUCIR AL MAXIMO LAS PERTURBACIONES EN SUPERFICIE**
- **CREAR UN IMPACTO AMBIENTAL MINIMO**

# **INFORMACION PREVIA**

- **INFORMACION GEOTECNICA E HIDROGEOLOGICA LO MAS DETALLADA POSIBLE**
- **ANTIGUAS QUEBRADAS, ZONAS RELLENADAS, MODIFICACIONES TOPOGRAFICAS A LO LARGO DEL TIEMPO.**
- **CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LOS EDIFICIOS O SERVICIOS AFECTADOS**
- **ANTECEDENTES HISTORICOS RELEVANTES, EN ESPECIAL LOS RELATIVOS A PATOLOGIAS E INTERVENCIONES CONSTRUCTIVAS**
- **DATOS SOBRE ESTRUCTURAS ENTERRADAS, ANTIGUOS POZOS O COLECTORES, MURALLAS O CIMENTACIONES.**

**EN LOS SITIOS  
HISTORICOS TIENE GRAN  
RELEVANCIA LA  
COMPONENTE  
ARQUEOLOGICA**











LA IGLESIA DEL BUEN SUCESO HACIA 1860





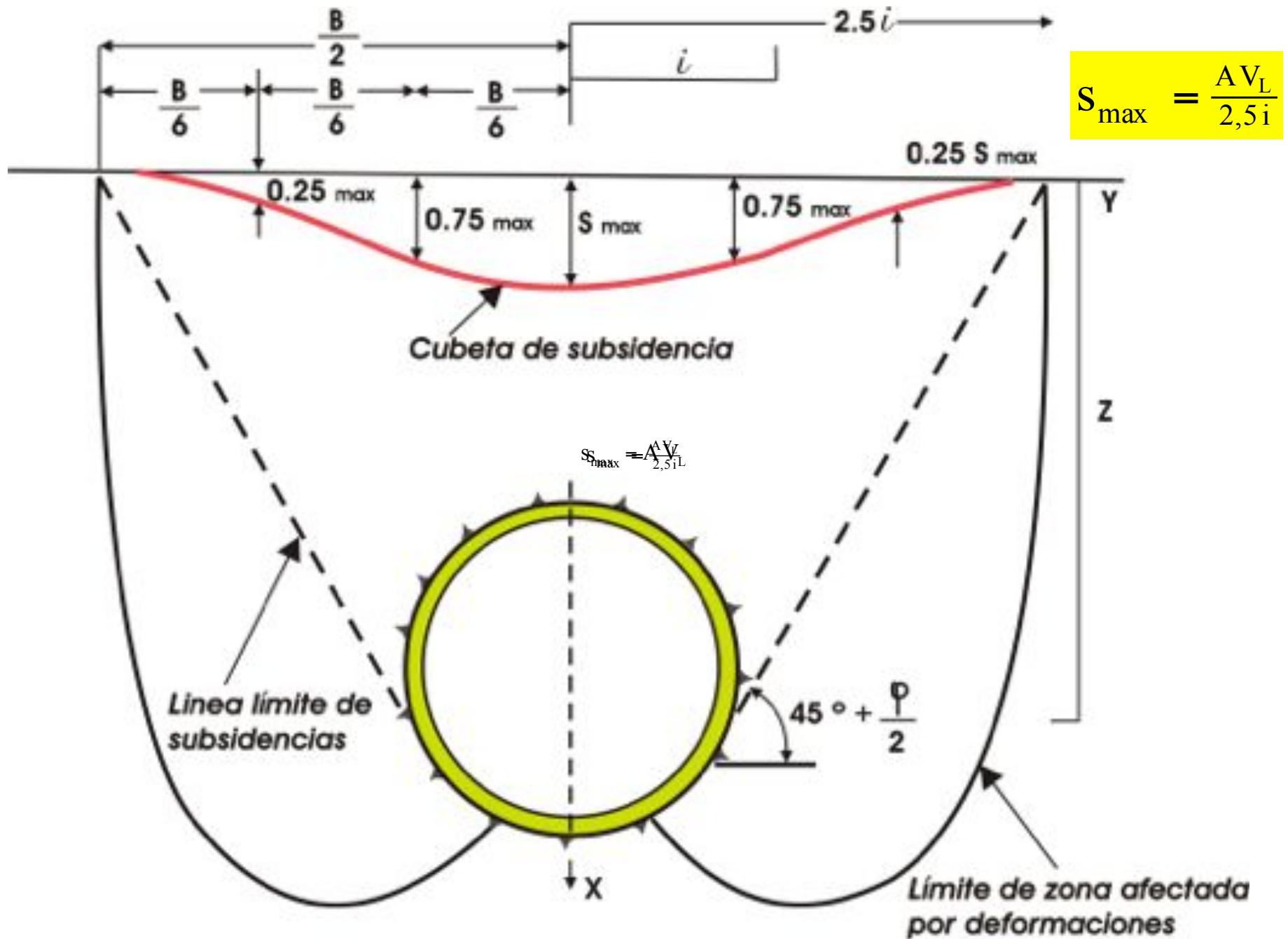




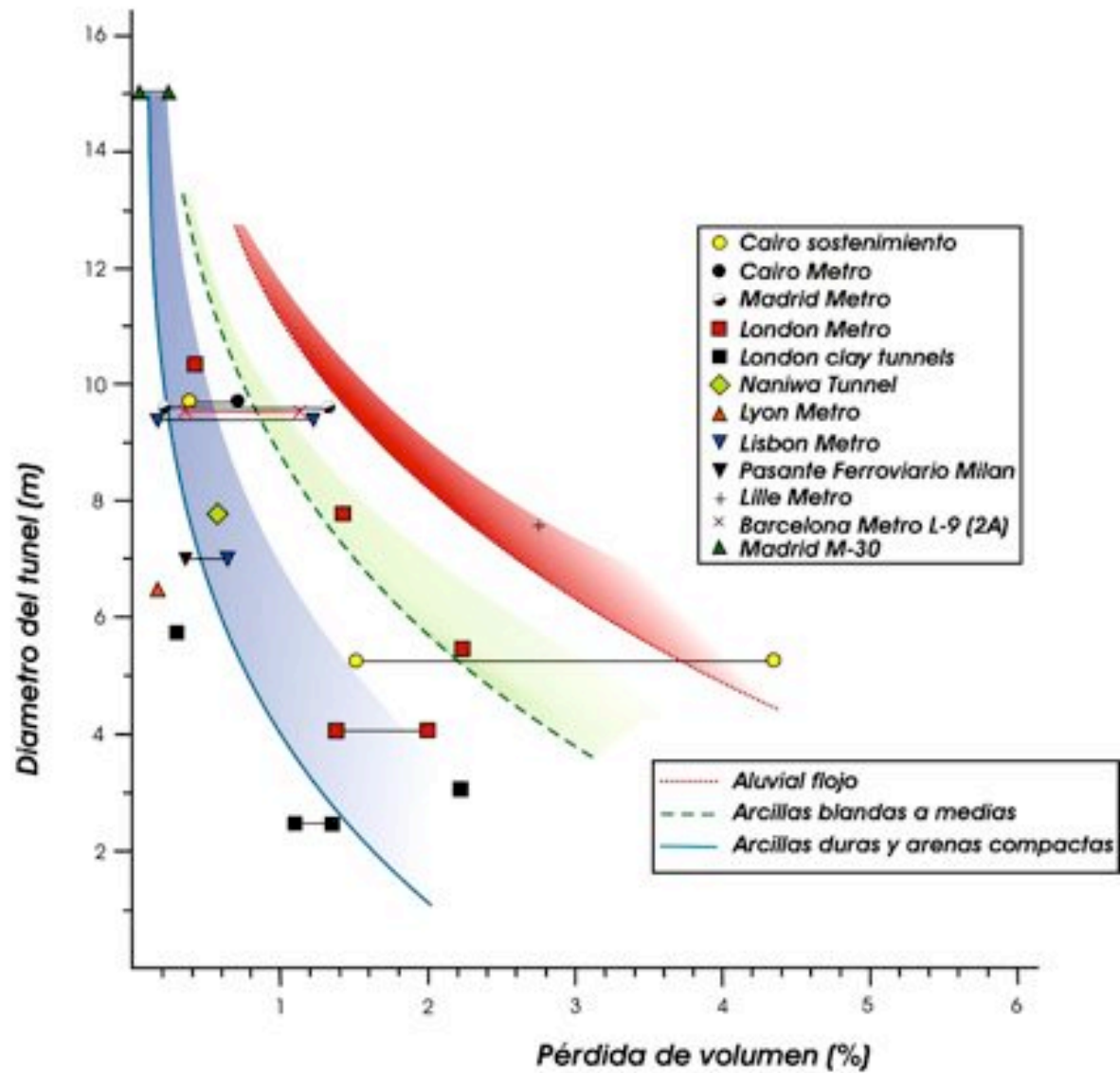




**LOS TUNELES TIENEN UN  
AREA DE INFLUENCIA  
APRECIABLE,  
MITIGANDOSE LOS  
MOVIMIENTOS CON LA  
DISTANCIA Y LA  
PROFUNDIDAD.**



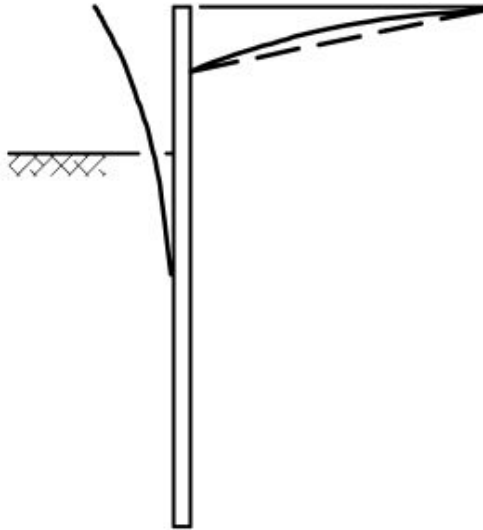
# SUBSIDENCIA Pérdida de volumen



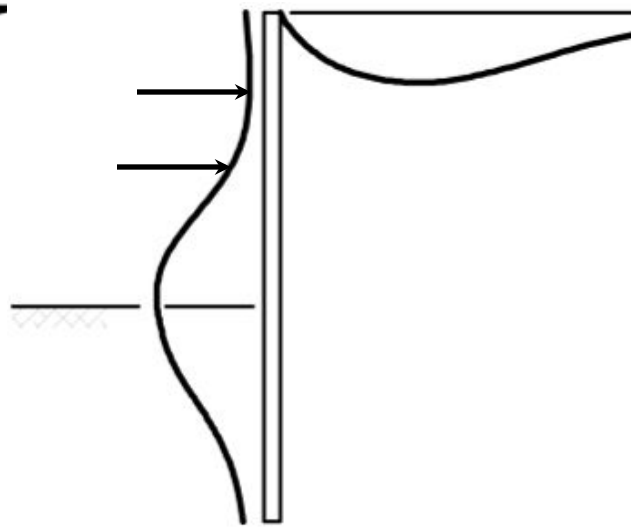


**LOS MOVIMIENTOS GENERADOS  
POR LAS EXCAVACIONES A TAJO  
ABIERTO (CUT&COVER) PARA  
ESTACIONES DEPENDEN DE LA  
PROFUNDIDAD DE LA  
EXCAVACION Y DE LA RIGIDEZ  
DE LAS CONTENCIÓNES**

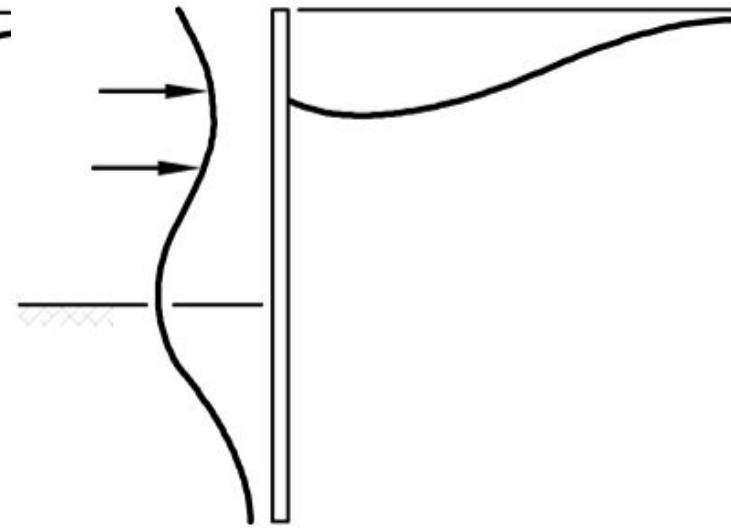
# Mecanismos de deformación de pantallas



Pantalla en voladizo



Pantalla apuntalada



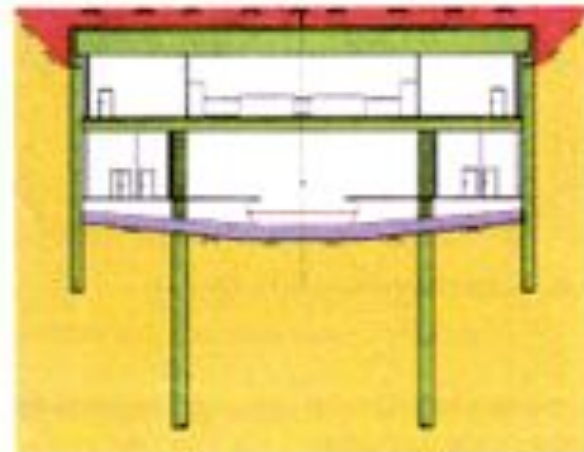
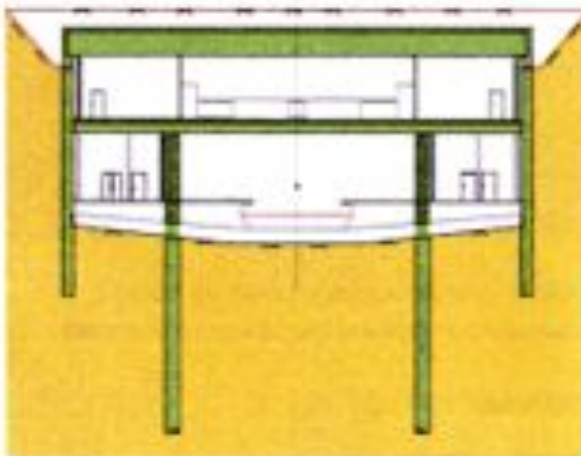
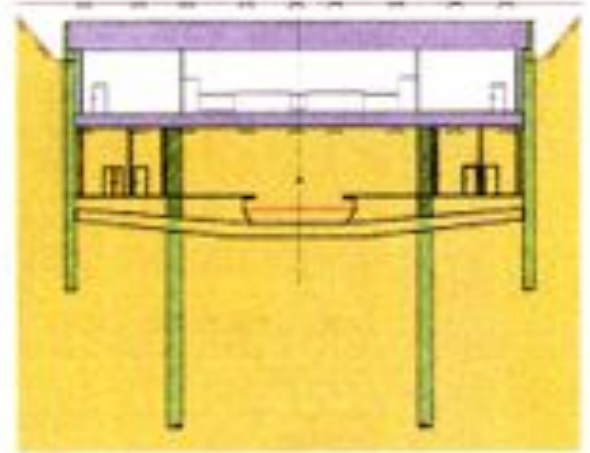
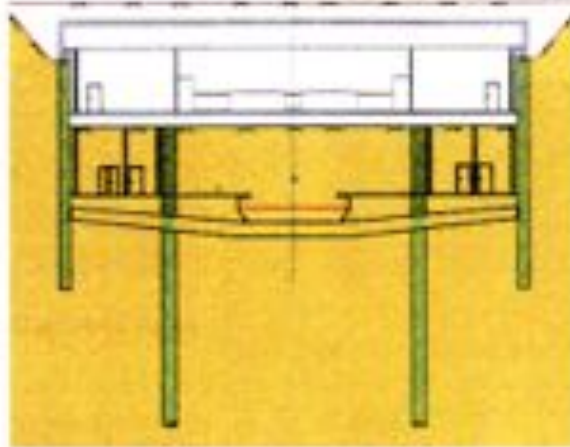
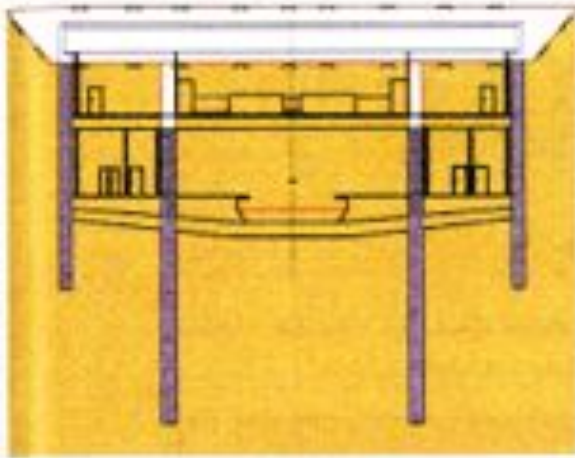
Desplazamientos  
totales





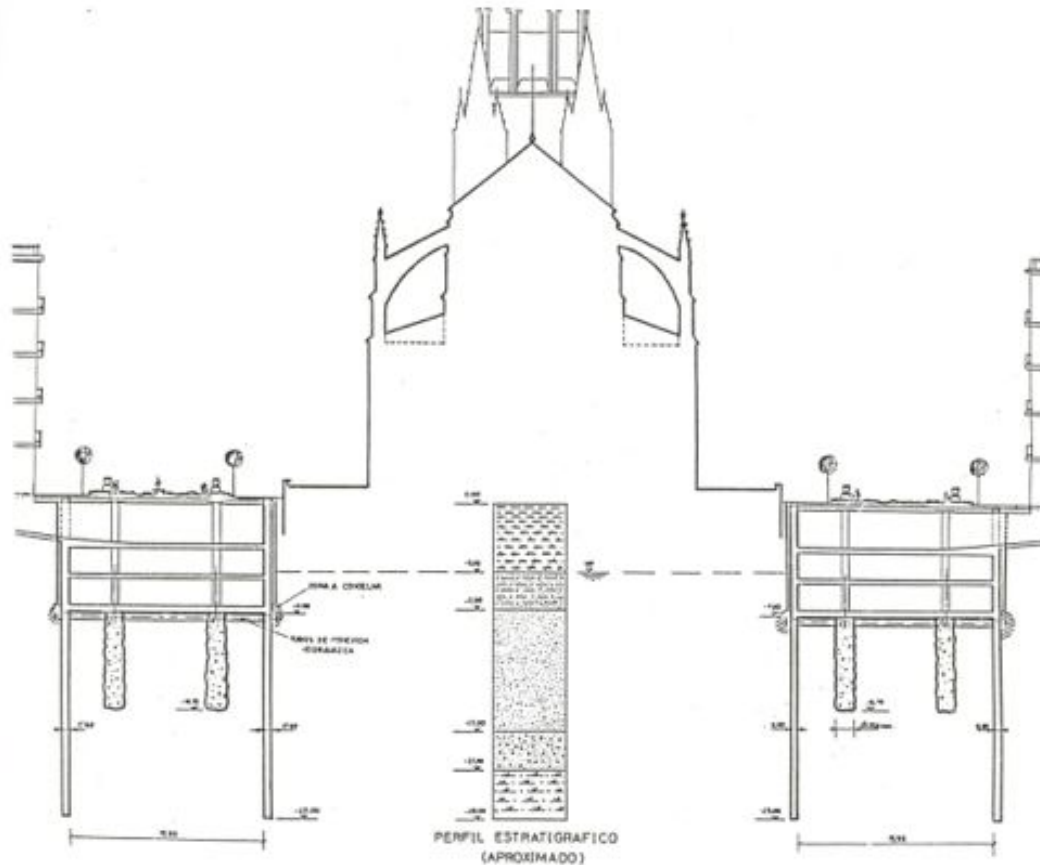
# SOLUCIONES CON PILAS-PILOTE

Diagrama de un sistema de pilas-pilote para un edificio con sótano y planta baja.

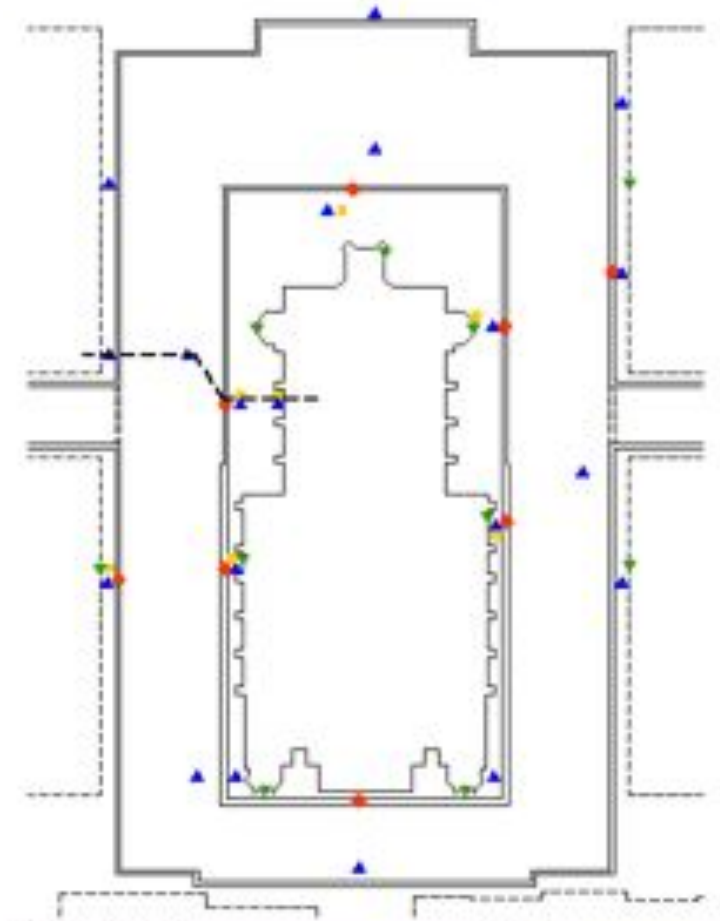


# Métodos de control y reducción de movimientos

- Instalación temprana de la primera fila de arriostramientos
  - Construcción “ascendente - descendente”



Alzado



Planta

Catedral del Buen Pastor, San Sebastián

**EXISTE UN GRAN NUMERO  
DE SOLUCIONES PARA  
MITIGAR LOS EFECTOS DE  
LAS OBRAS SOBRE  
EDIFICIOS, MONUMENTOS  
Y SERVICIOS**



# METODOS PREVENTIVOS

-**RECALCE** DE LOS EDIFICIOS (RARO EN MONUMENTOS)

-**PUENTE** DEL TUNEL CONSTRUYENDO UN PORTICO SOBRE PILOTES BAJO EL EDIFICIO.

-CONSTRUCCION DE UNA **BARRERA** DE PILOTES, MICROPILOTES, JET-GROUTING, ETC. ENTRE EL EDIFICIO Y EL TUNEL PARA CORTAR EL DESARROLLO LATERAL DE LOS ASENTAMIENTOS

-MEJORA DEL TERRENO ENTRE EL TUNEL Y LOS EDIFICIOS MEDIANTE **INYECCIONES, JET-GROUTING O CONGELACION** (EN EL CASO DE CAPAS GRANULARES CON AGUA).

-CONTRARRESTO DE LOS ASENTAMIENTOS MEDIANTE EL LEVANTAMIENTO DE LOS EDIFICIOS A TRAVÉS DE INYECCIONES DE CEMENTO EN PLANOS HORIZONTALES (**INYECCIONES DE COMPENSACION**)

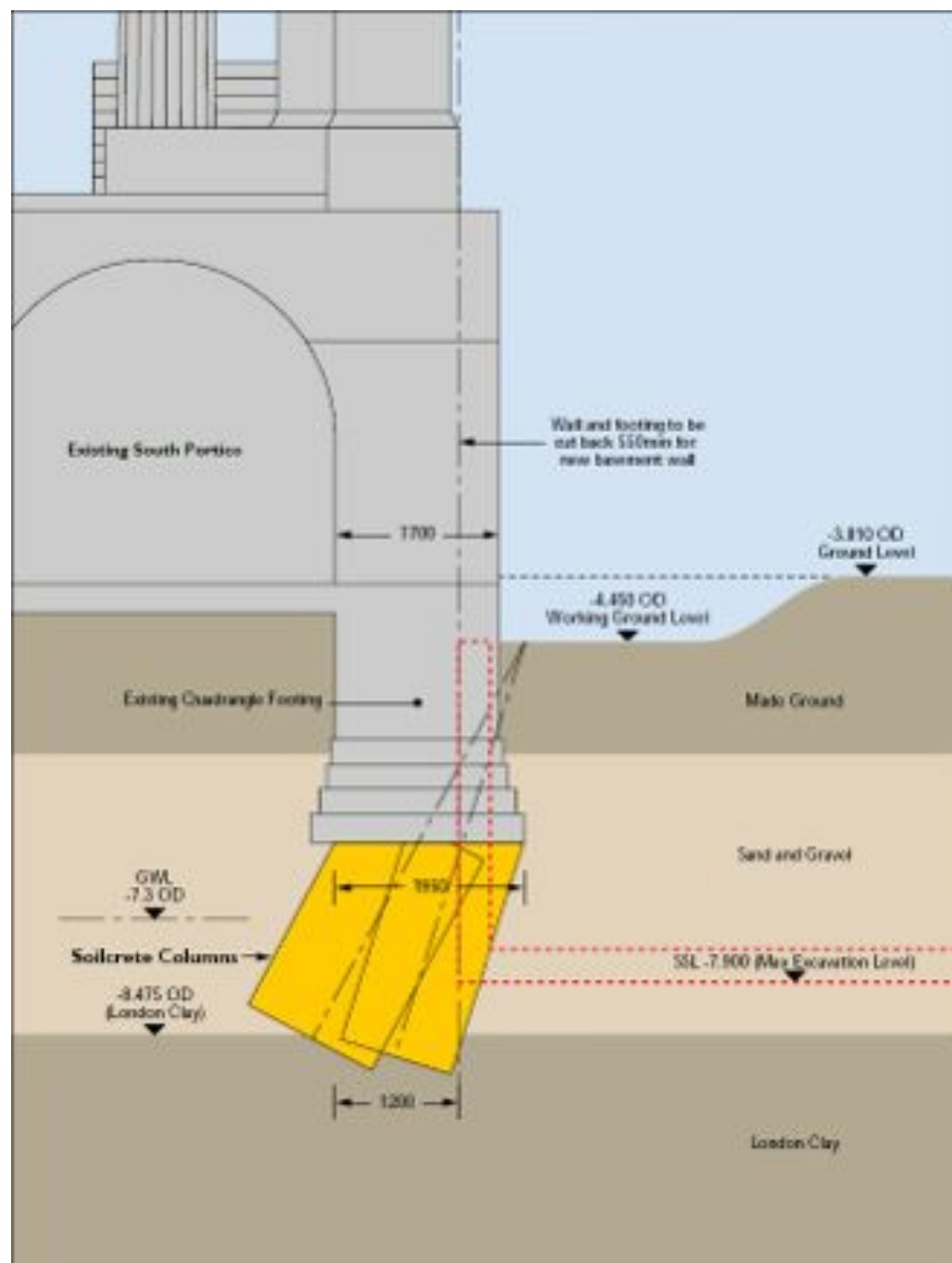
**EN QUITO HABRA QUE ENSAYAR,  
ANTES DE UTILIZARLOS  
DIVERSOS TRATAMIENTOS DEL  
TERRENO COMO:**

**Inyecciones**

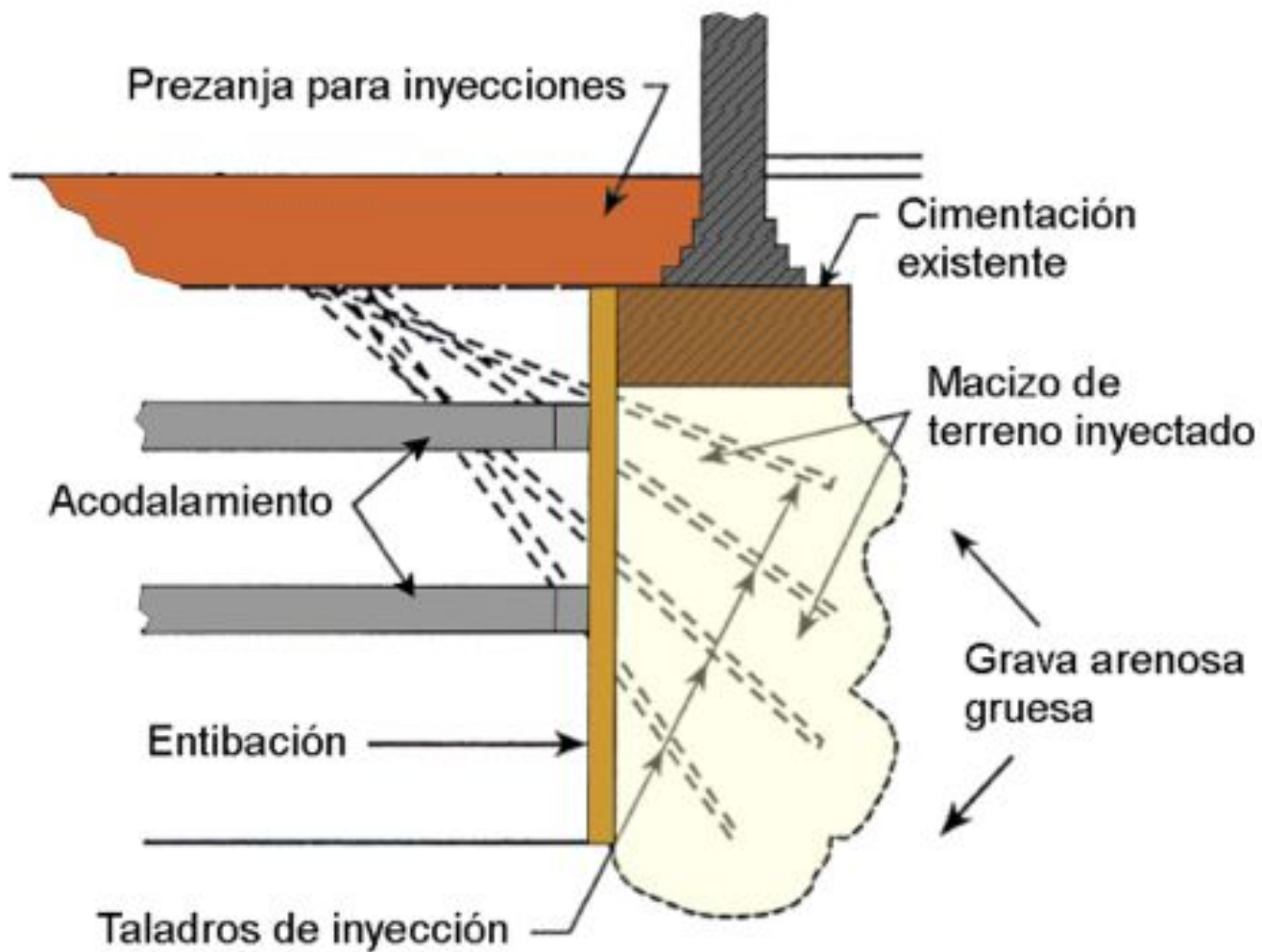
**Jet-grouting**

**Congelación (event.), etc.**

**RECALCES**





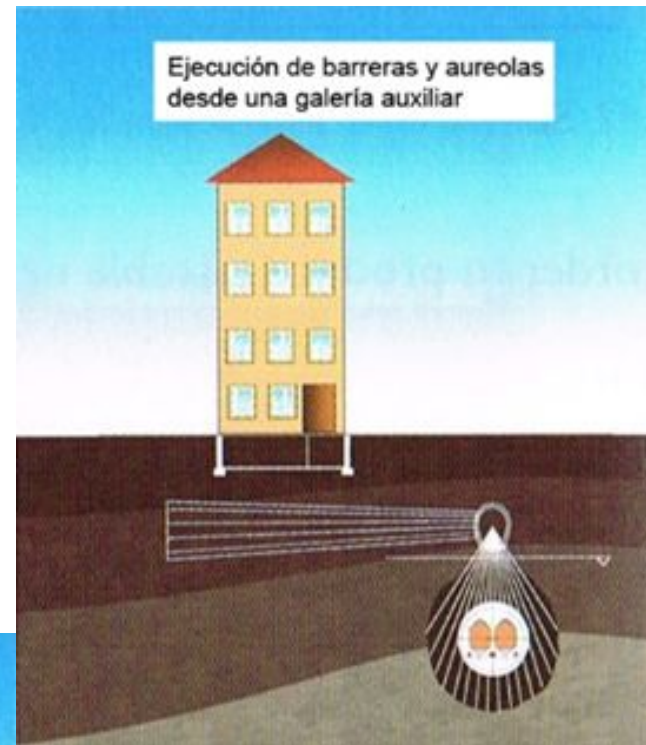


**BARRERAS**

Barrera subvertical

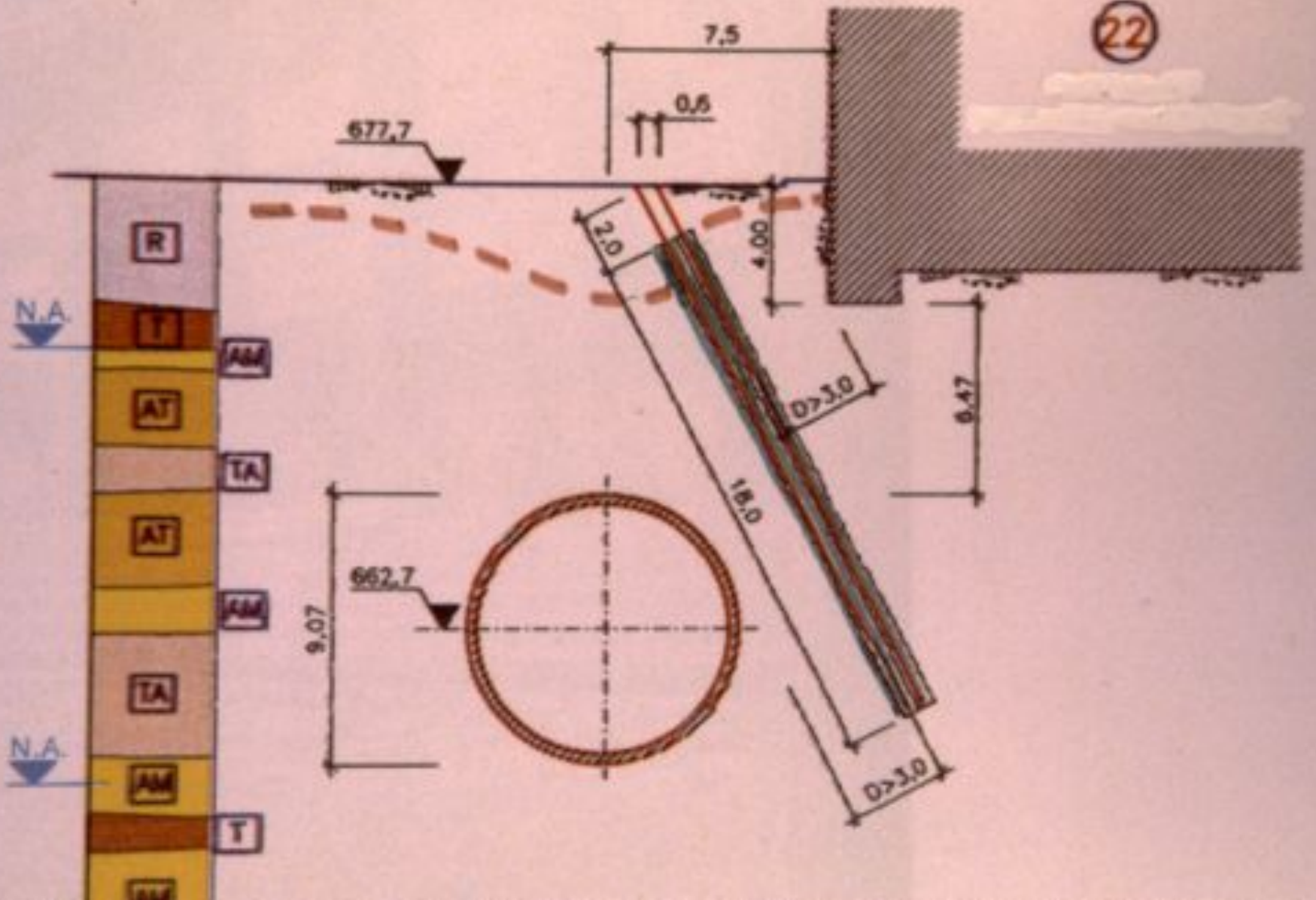


Ejecución de barreras y aureolas desde una galería auxiliar



Barreras horizontales ejecutadas desde un pozo auxiliar



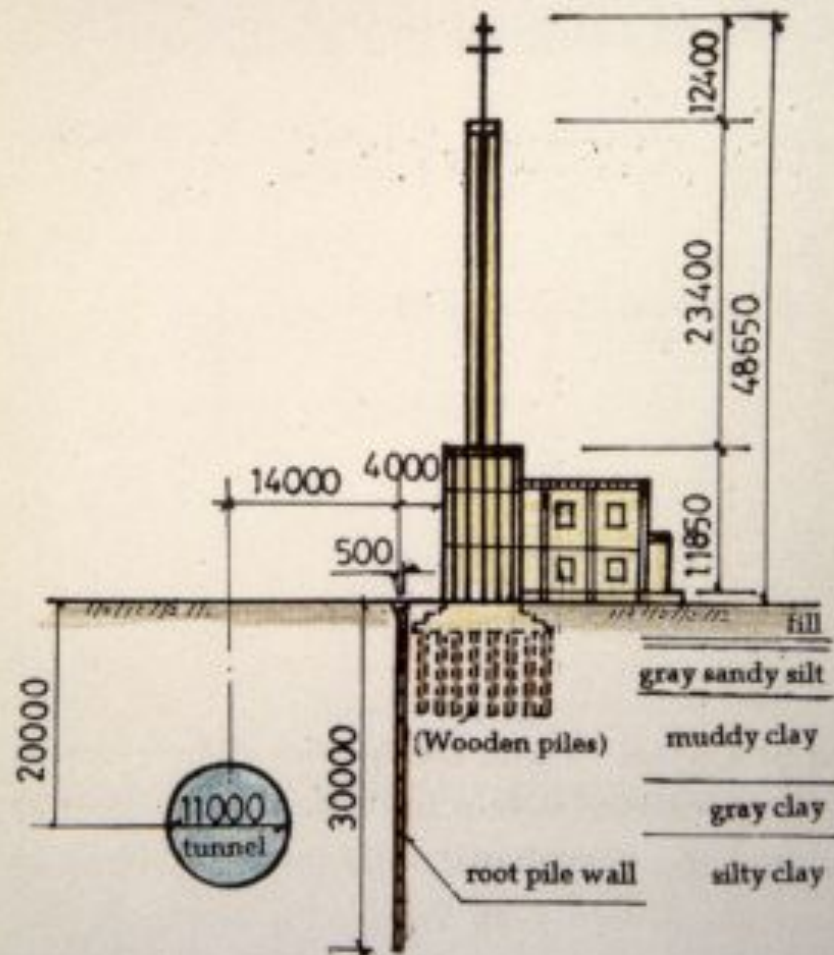




CAMPANA DE SUBSIDENCIA SIN COLUMNA DE JET-GROUTING

CAMPANA DE SUBSIDENCIA CON COLUMNA DE JET-GROUTING





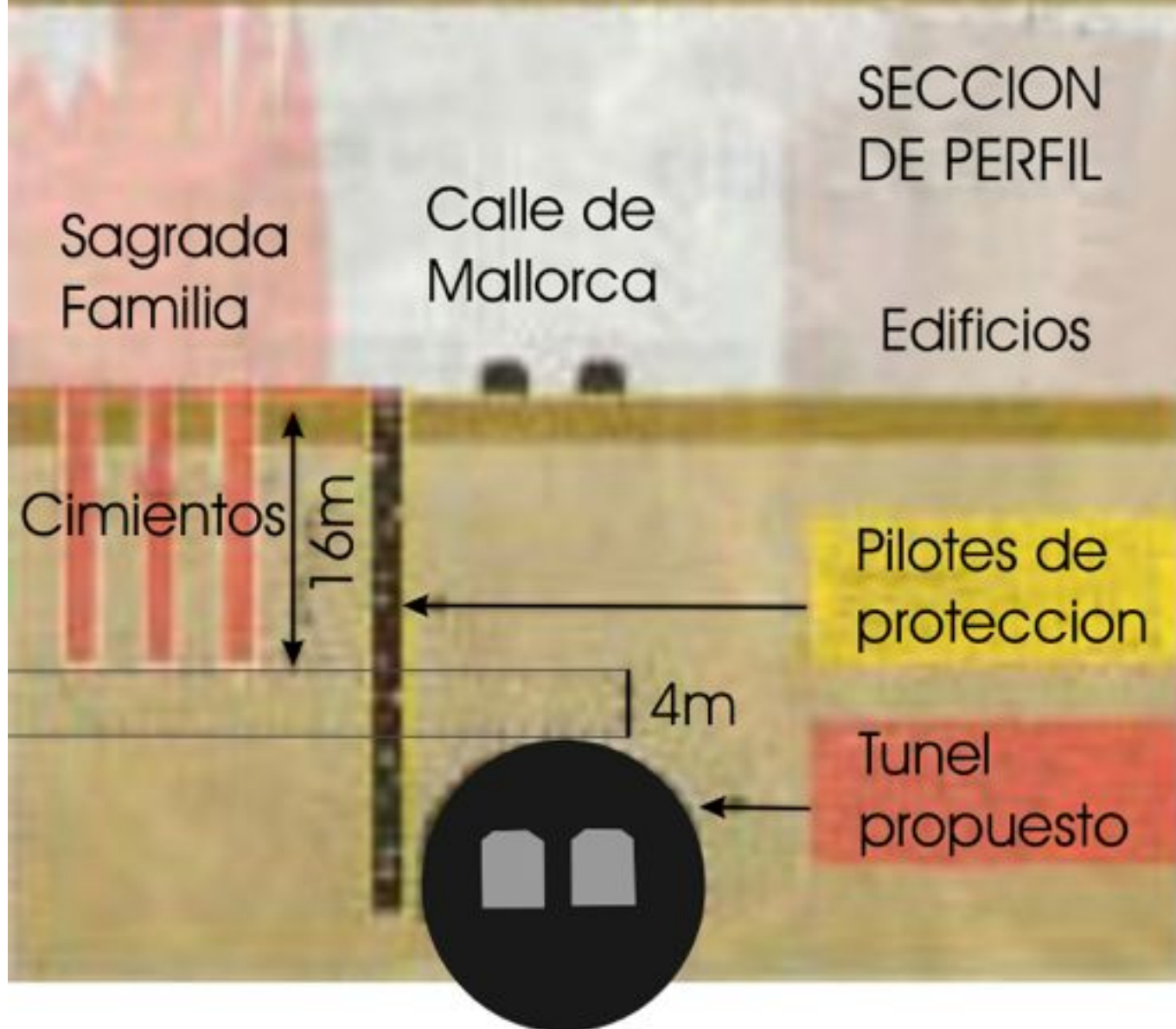
Location of the observatory.



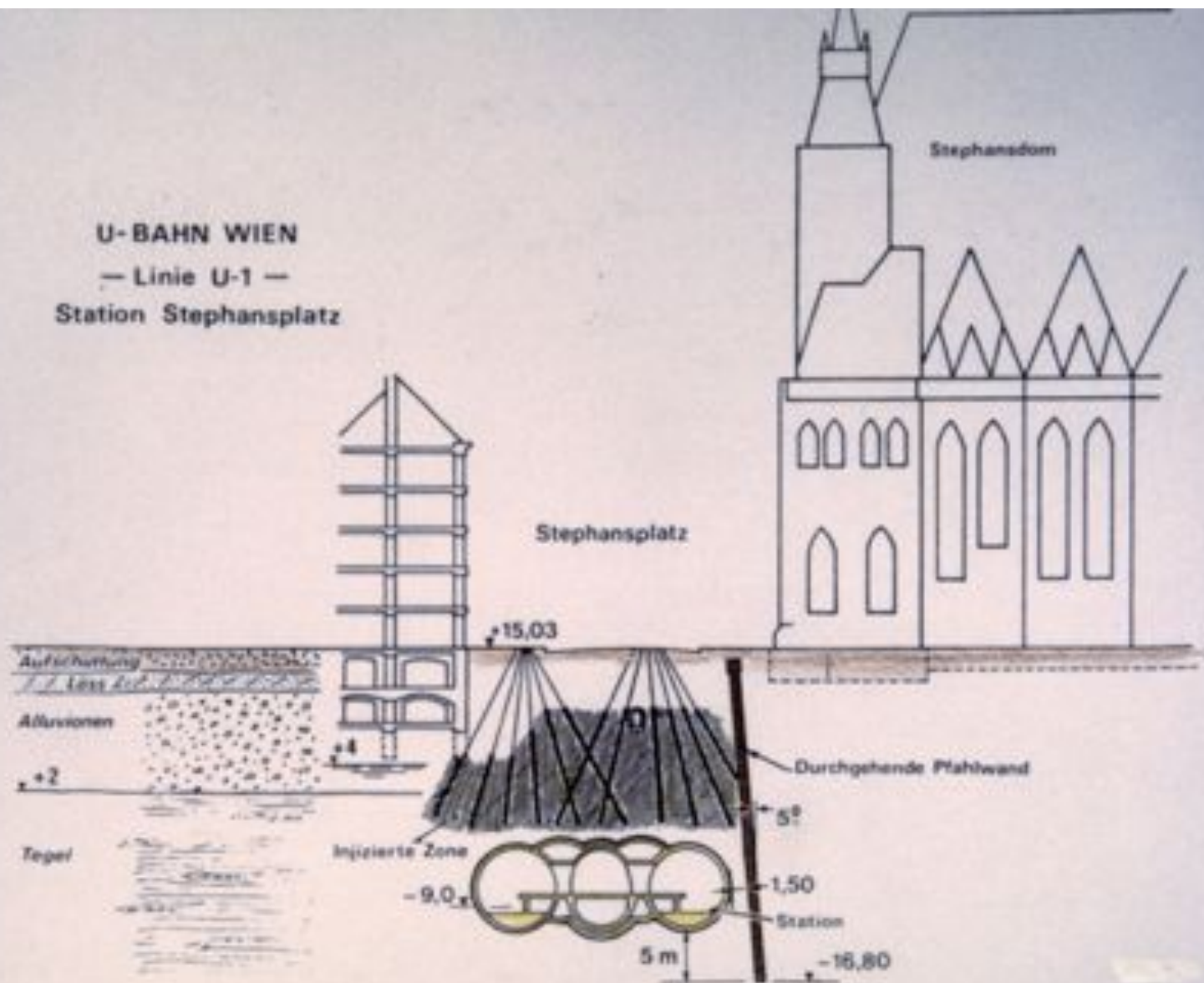
# TEMPLO DE LA SAGRADA FAMILIA BARCELONA



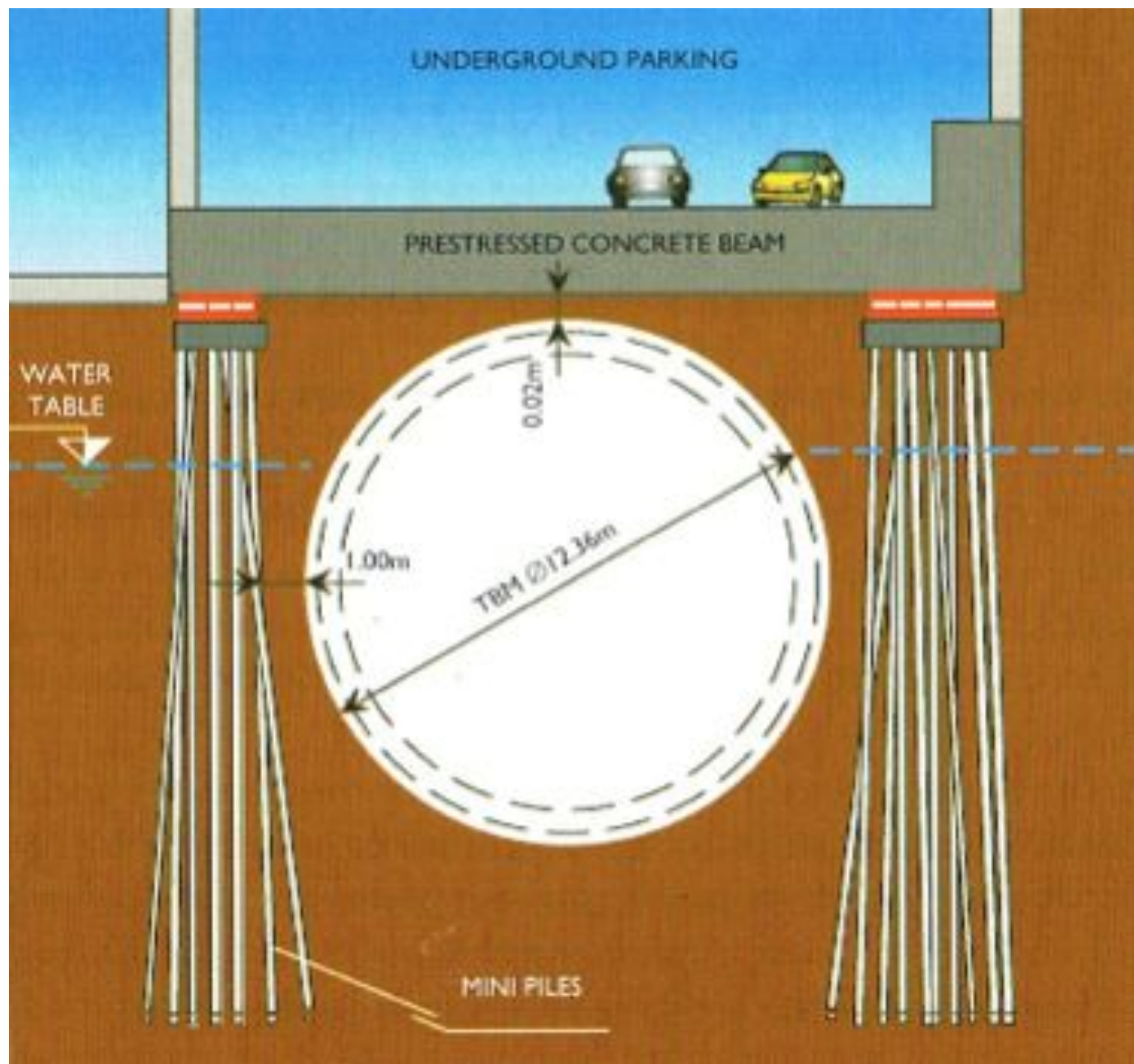
# La pantalla de pilotes



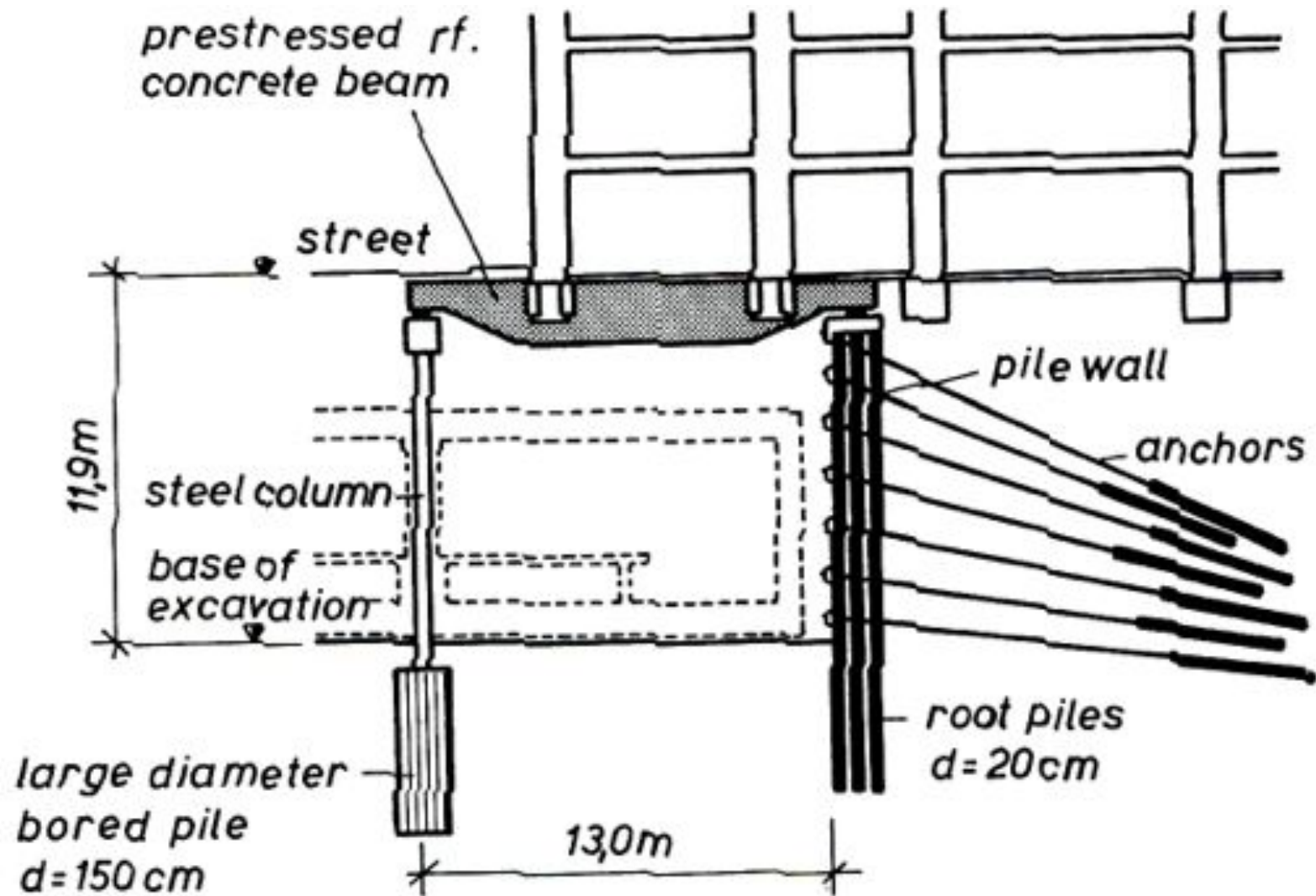
**U-BAHN WIEN**  
— Linie U-1 —  
**Station Stephansplatz**



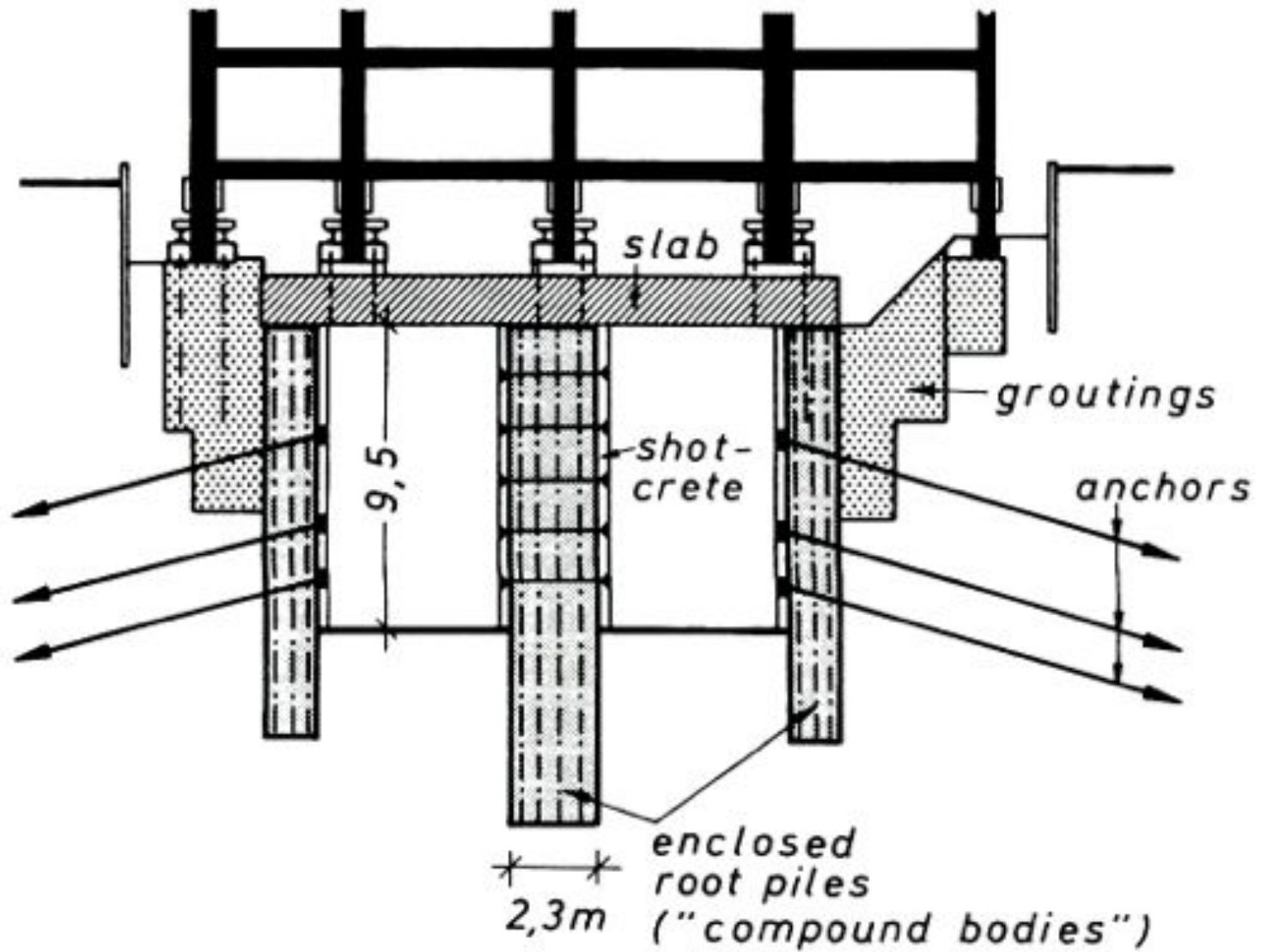
**PUENTES**



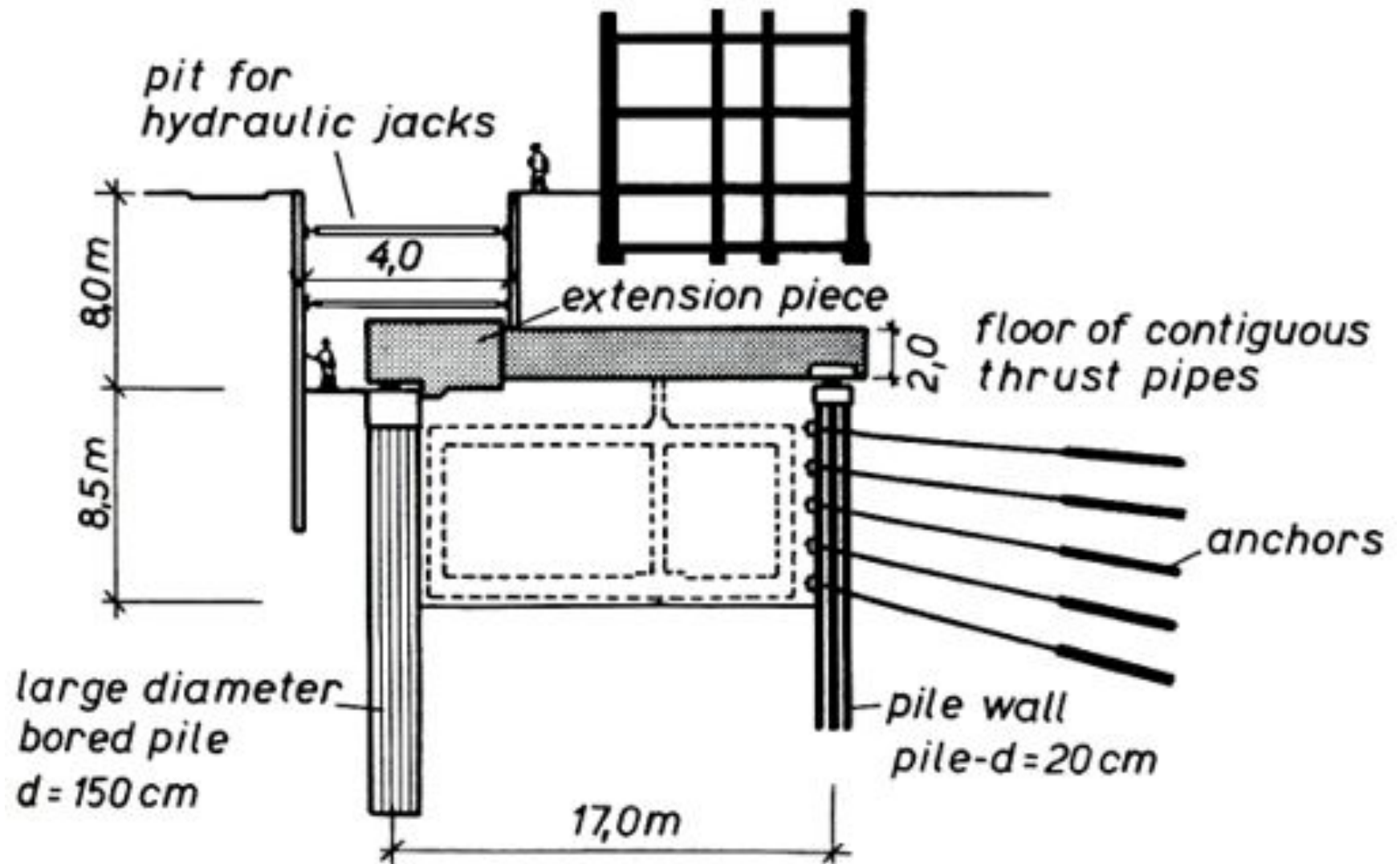




VIGA PRETENSADA DE PUENTE ABROCHANDO LOS  
ARRANQUES DE PILARES



LOSA DE PUENTE SOBRE MACIZOS DE MICROPILOTES



## DOSEL DE TUBOS HINCADOS

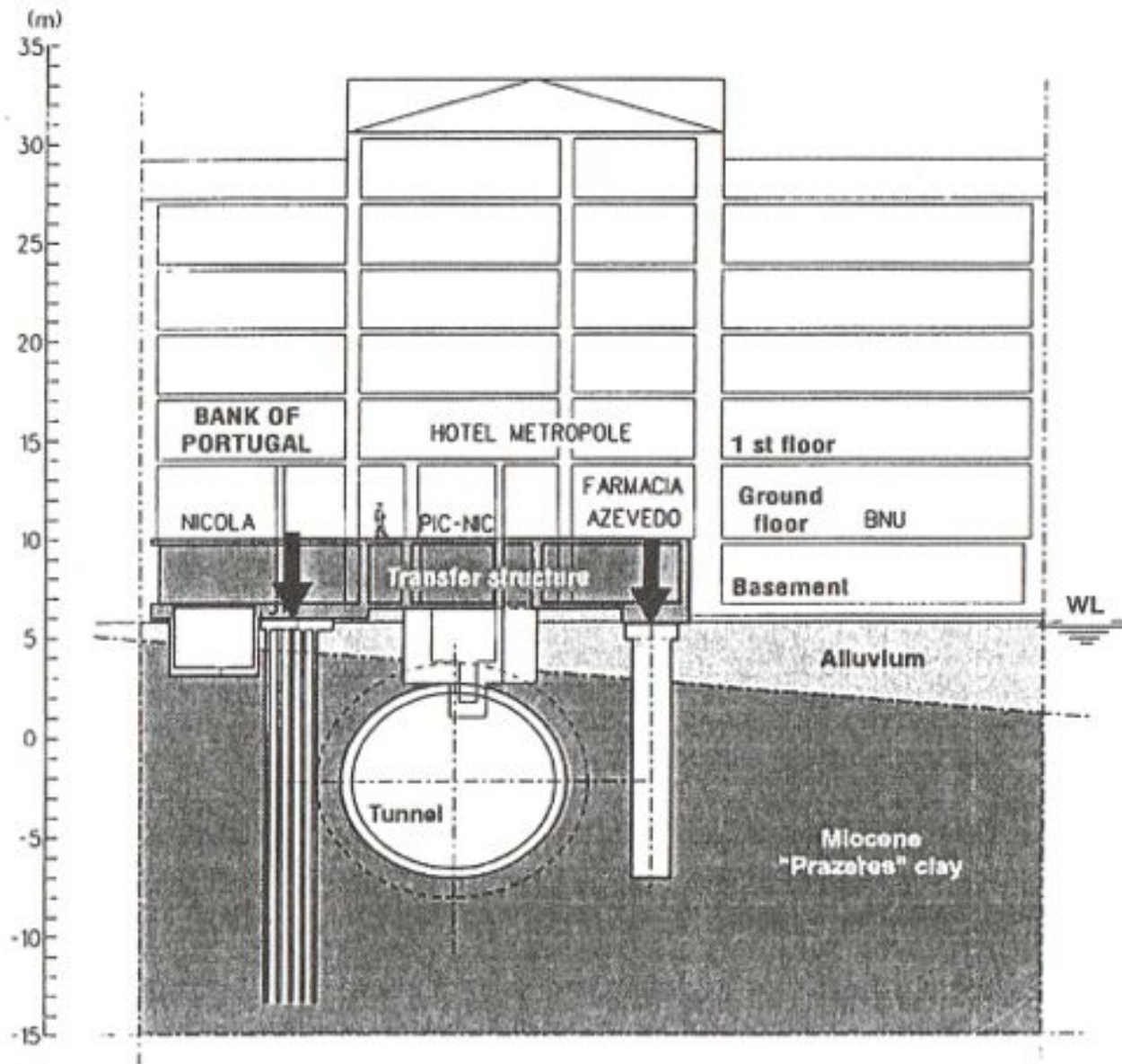
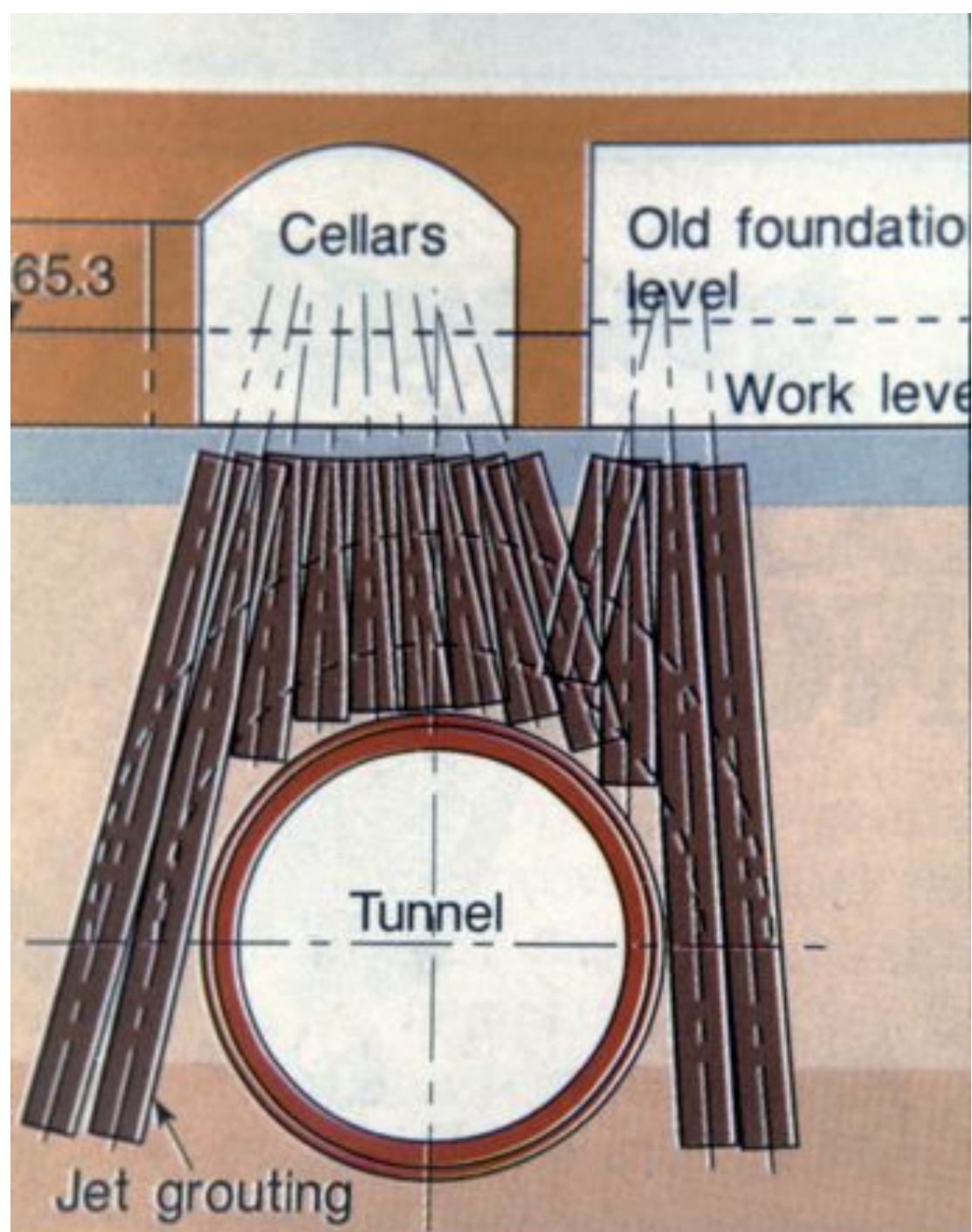


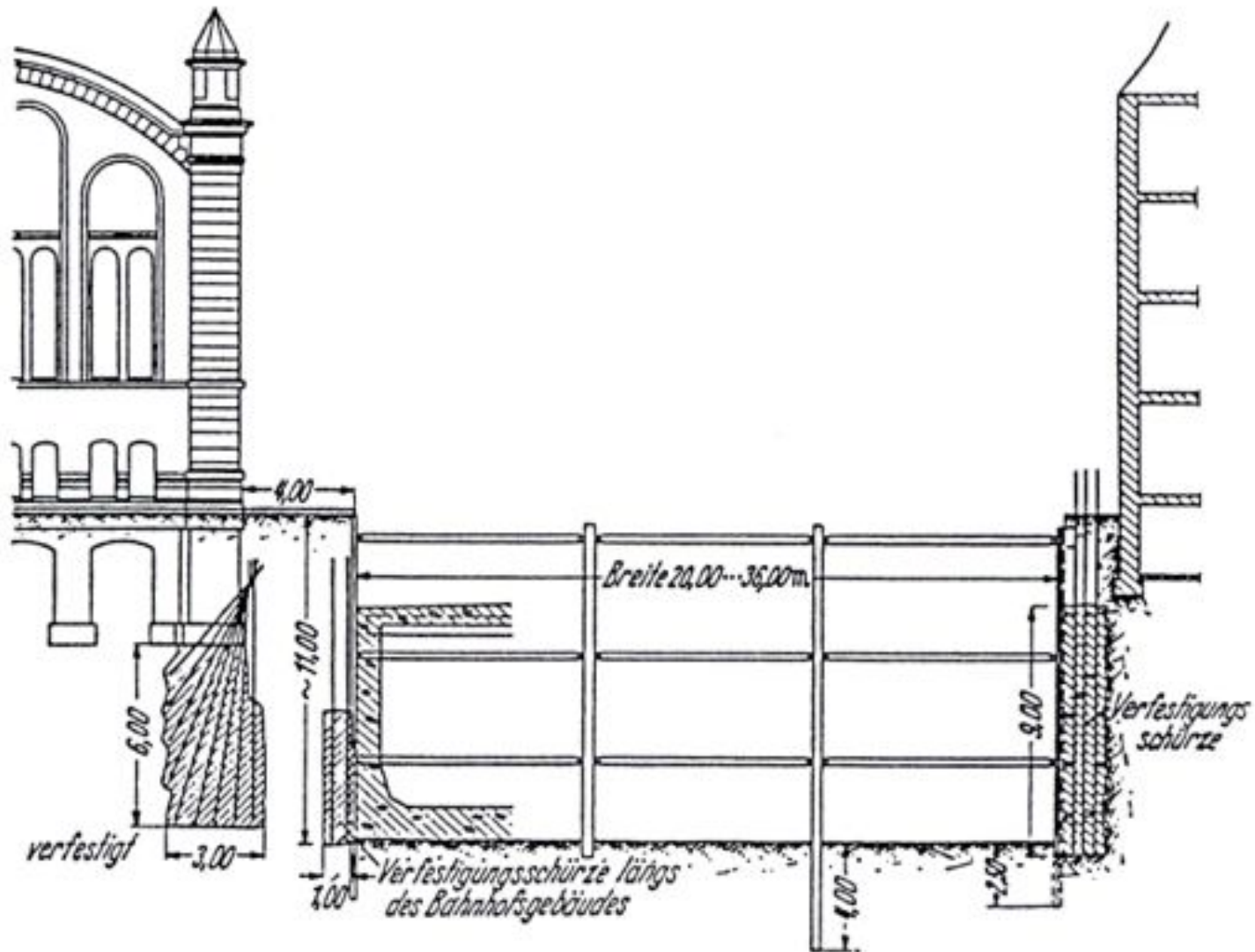
Figure 7. Transfer structure and foundations section.

**Sao Paulo**





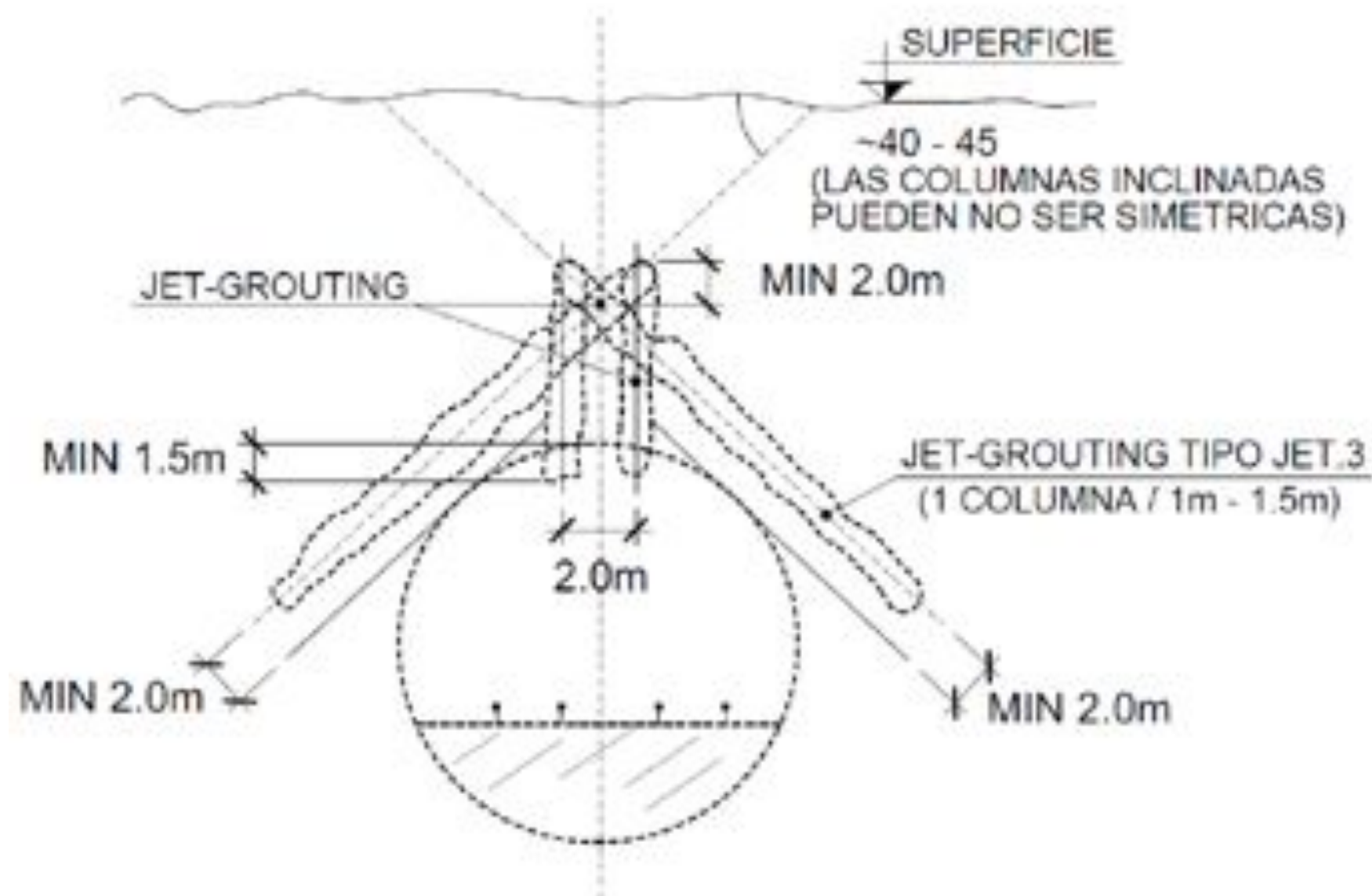
# **MEJORA DEL TERRENO**

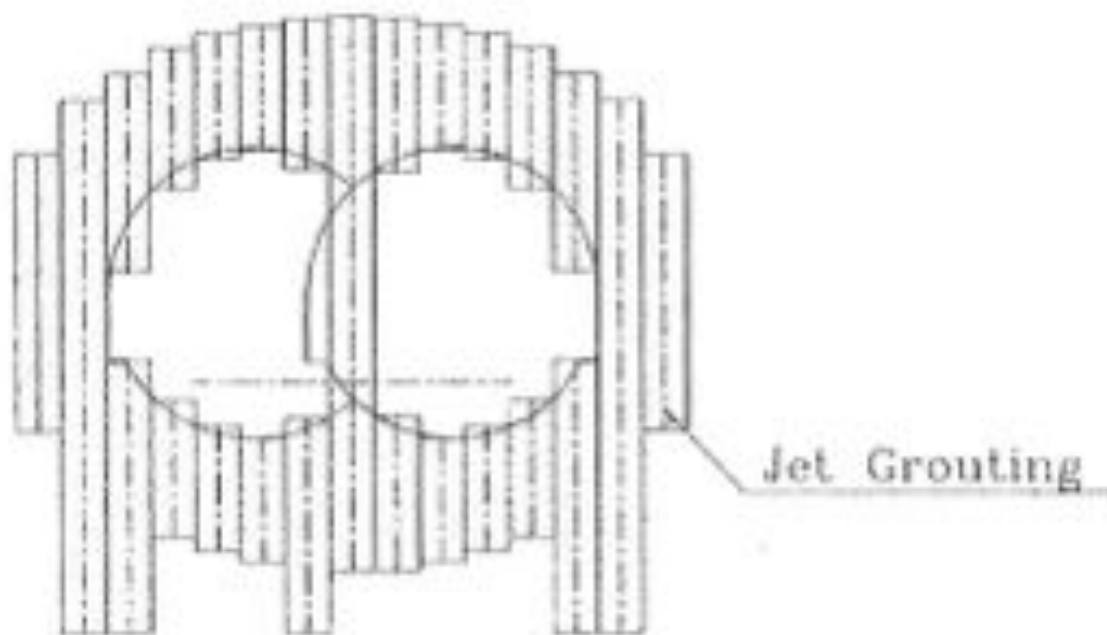


**Recalce de edificios y pantalla de terreno tratado mediante inyecciones de silicato en la construcción de la Estación de Stettin del Metro de Berlin**









## COUPE A-A

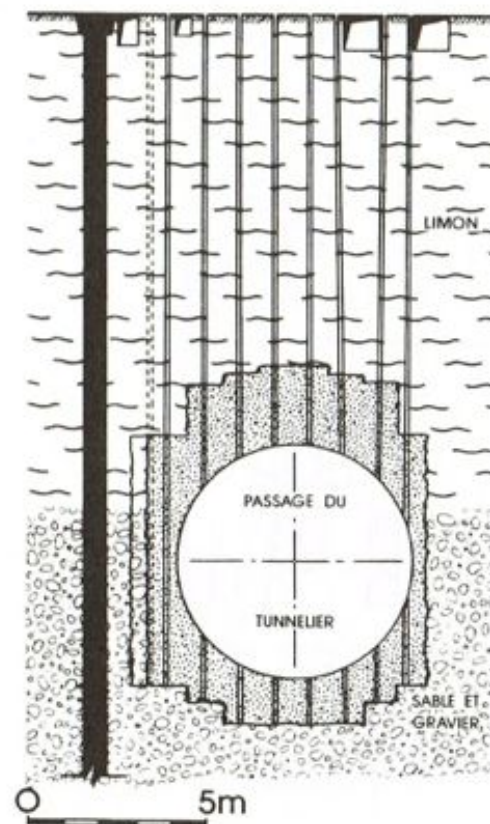
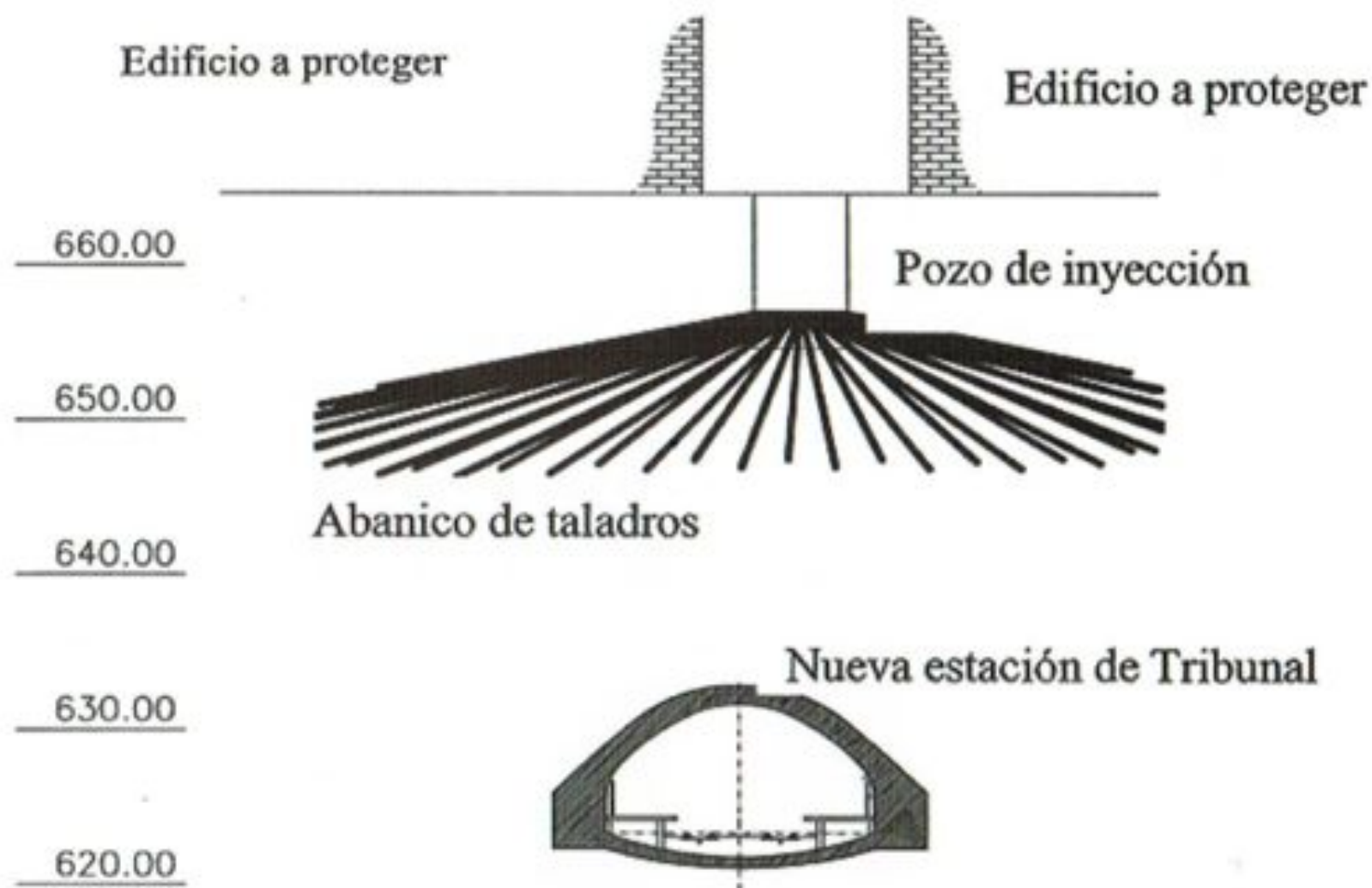
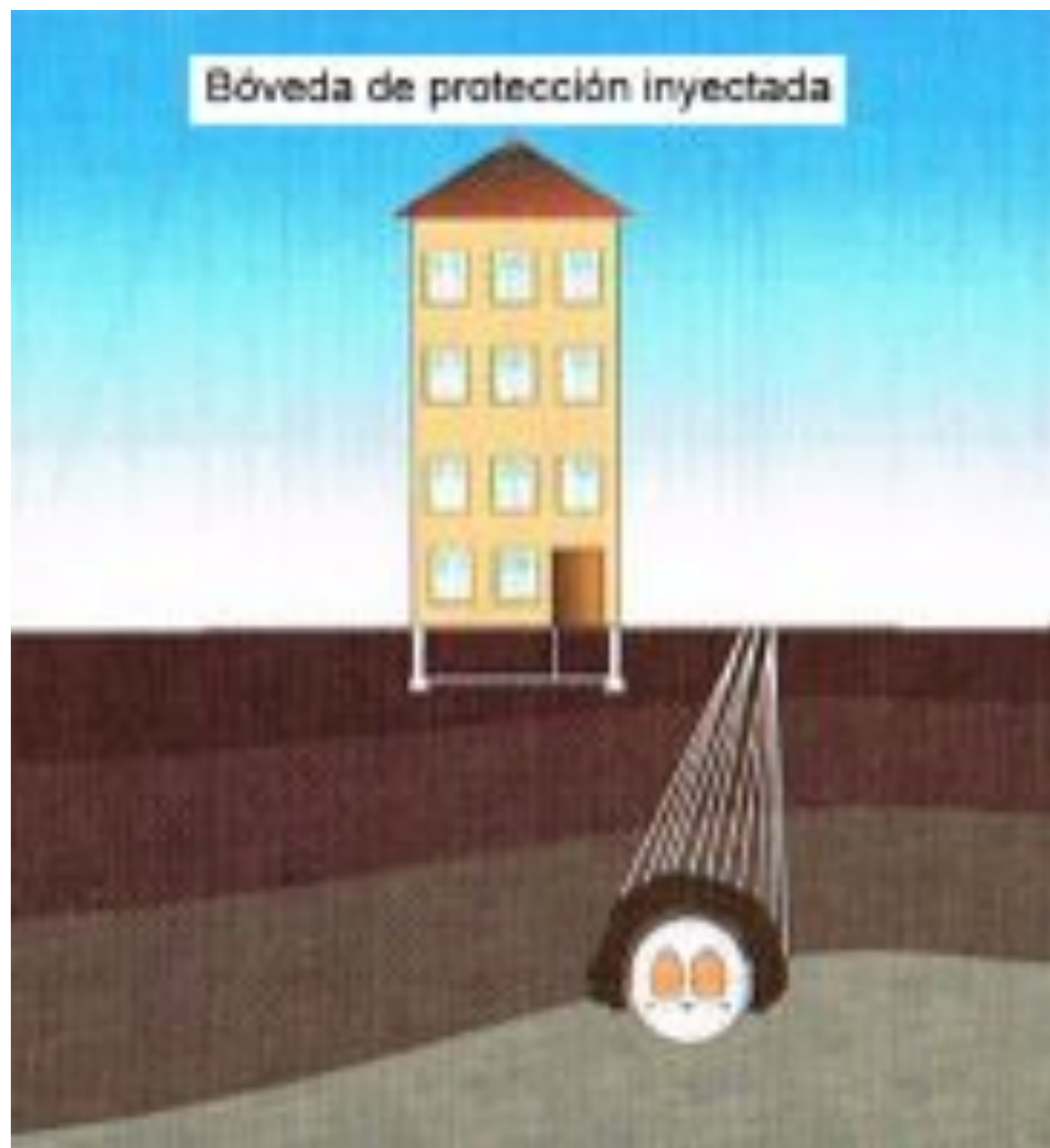


Figure 6 - Métro de Lyon - Ligne D - Puits Cavenne  
Consolidation et étanchement des alluvions par Jet  
mix pour le démarrage du tunnelier

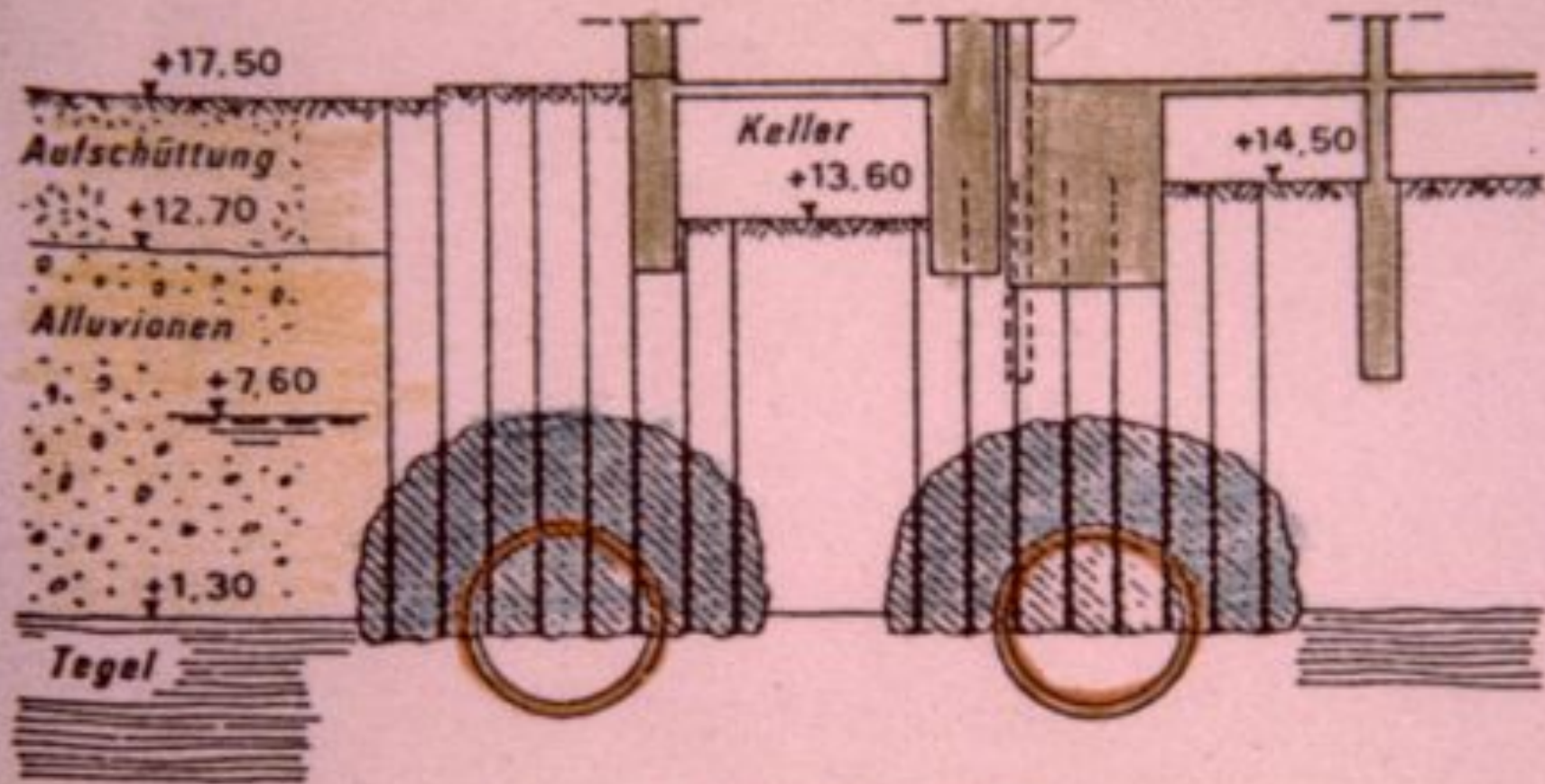


TRATAMIENTO EN LA ESTACIÓN DE TRIBUNAL EN LA LÍNEA 10  
DEL METRO DE MADRID (Melis y otros, 2003).

## Bóveda de protección inyectada



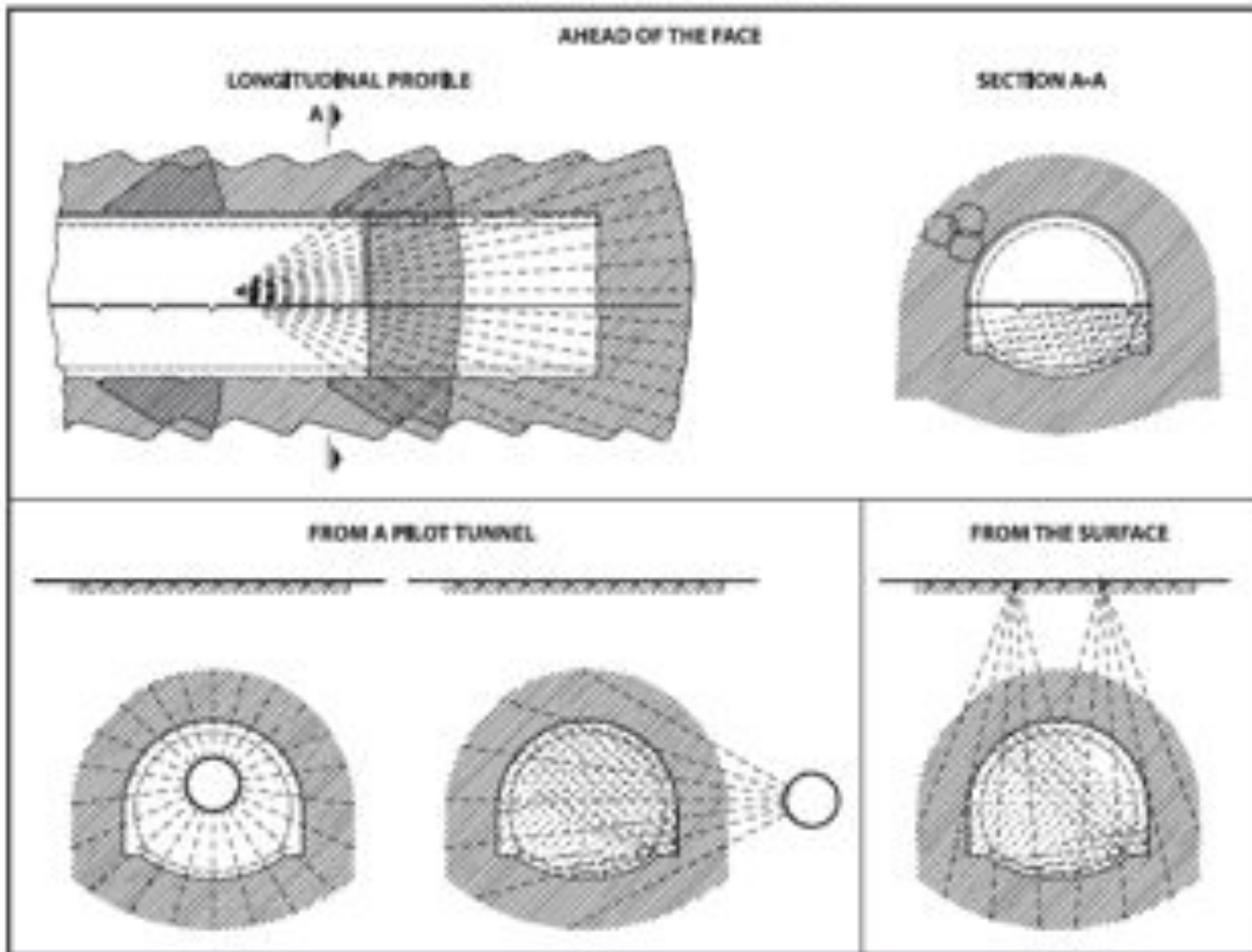




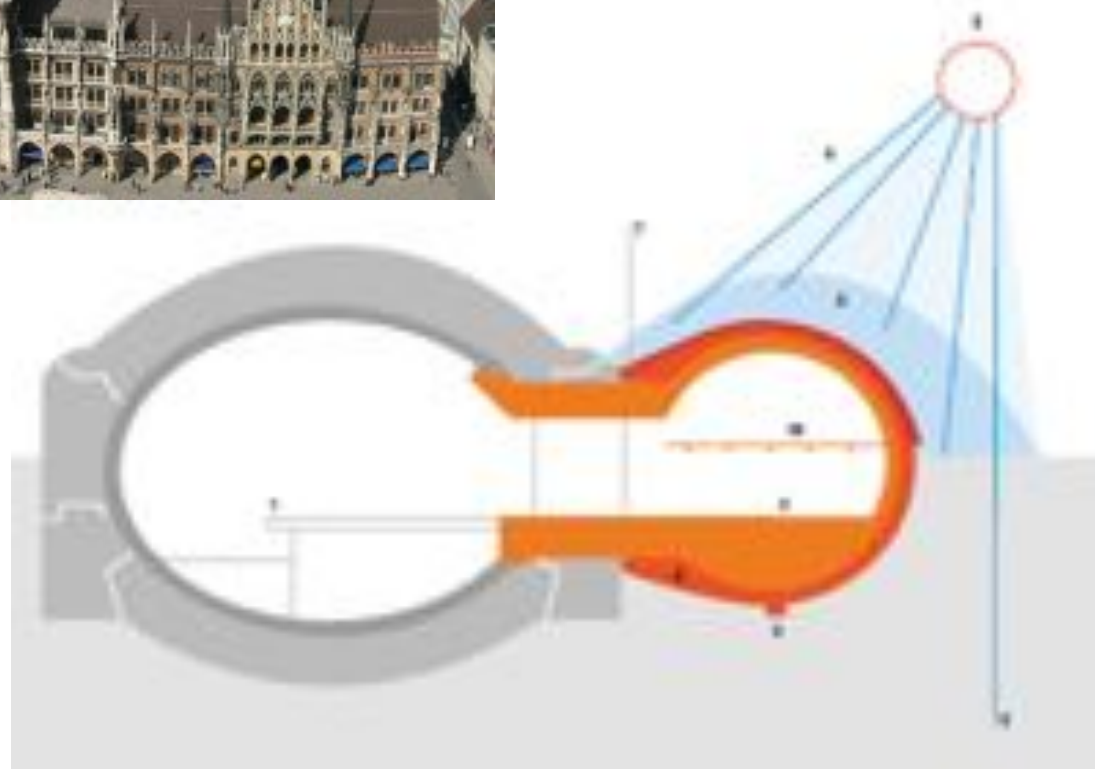
U-BAHN WIEN  
— Linie U-1 —

# SOLUCIONES DE MEJORA MEDIANTE INYECCIONES

## CONVENTIONAL INJECTIONS

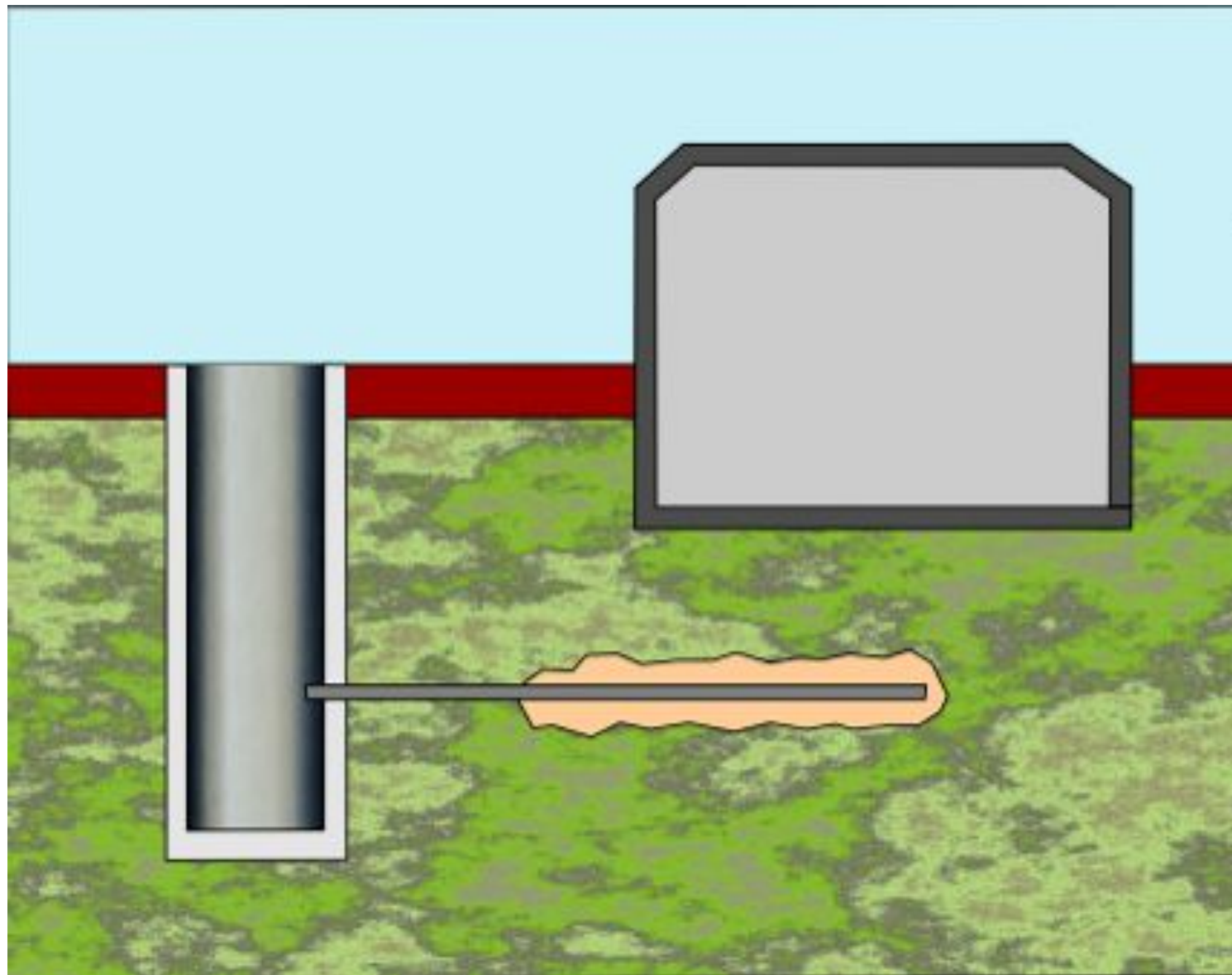


# Congelación Marienplatz, A° Munich.

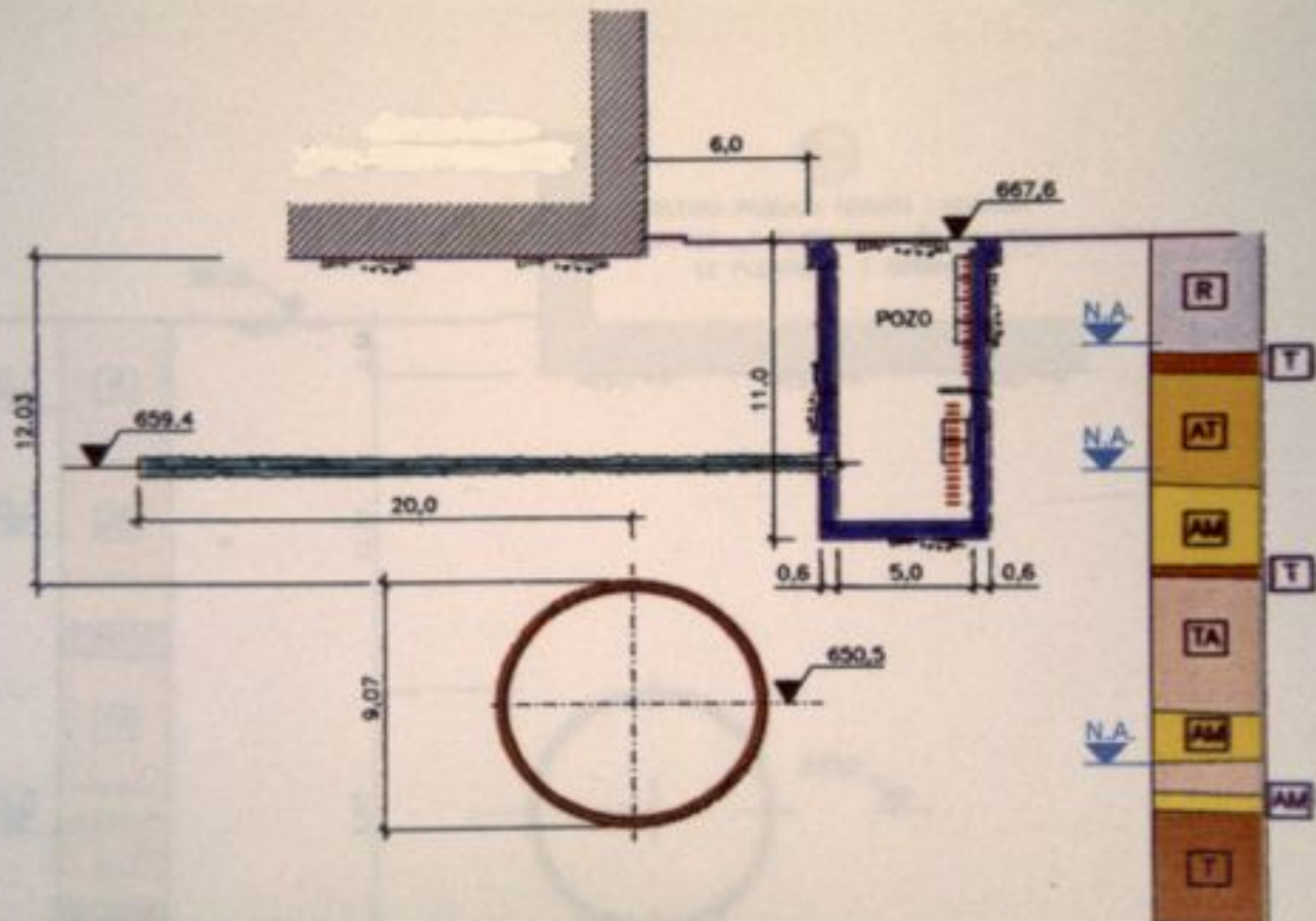


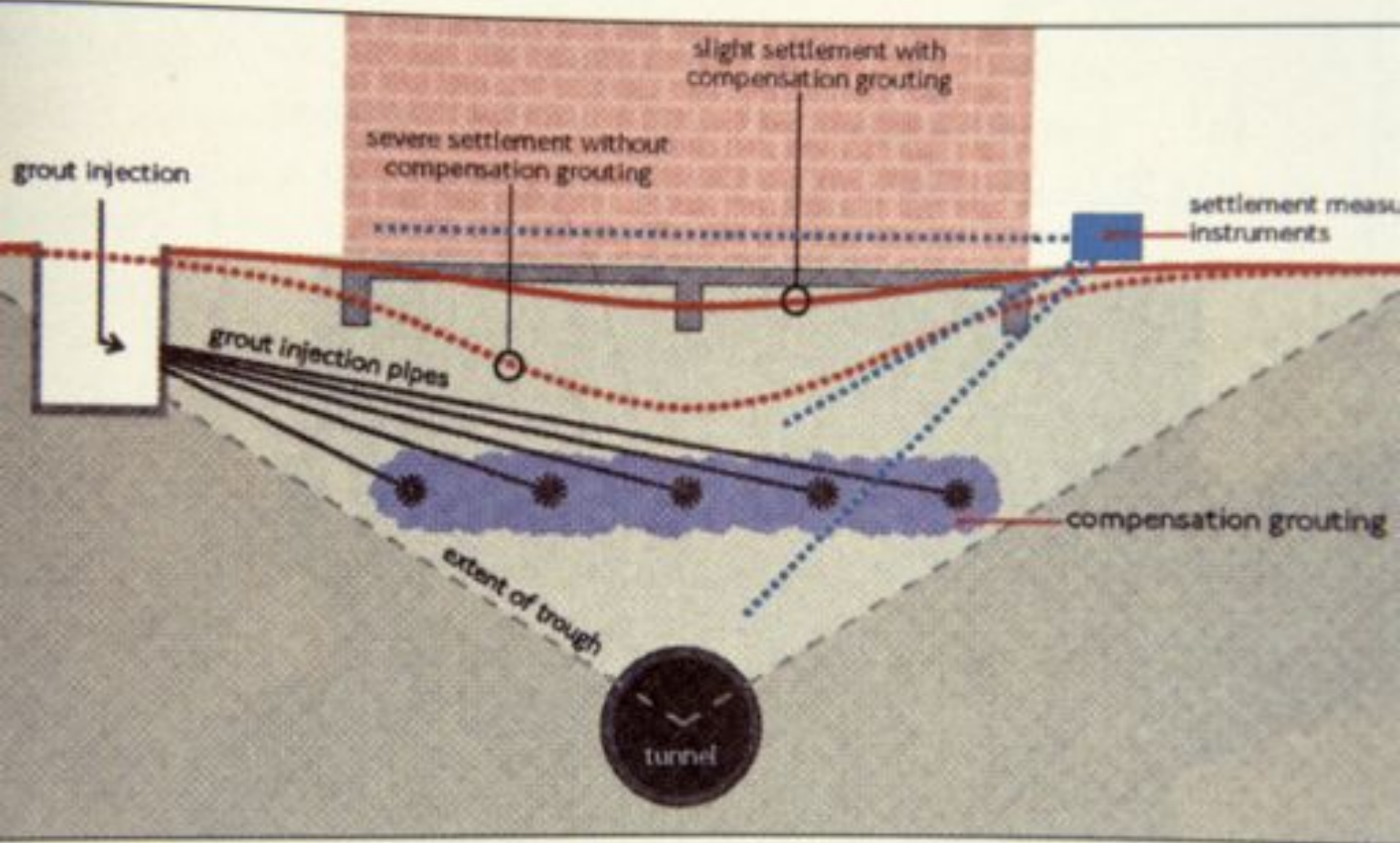
# **INYECCIONES DE COMPENSACION**



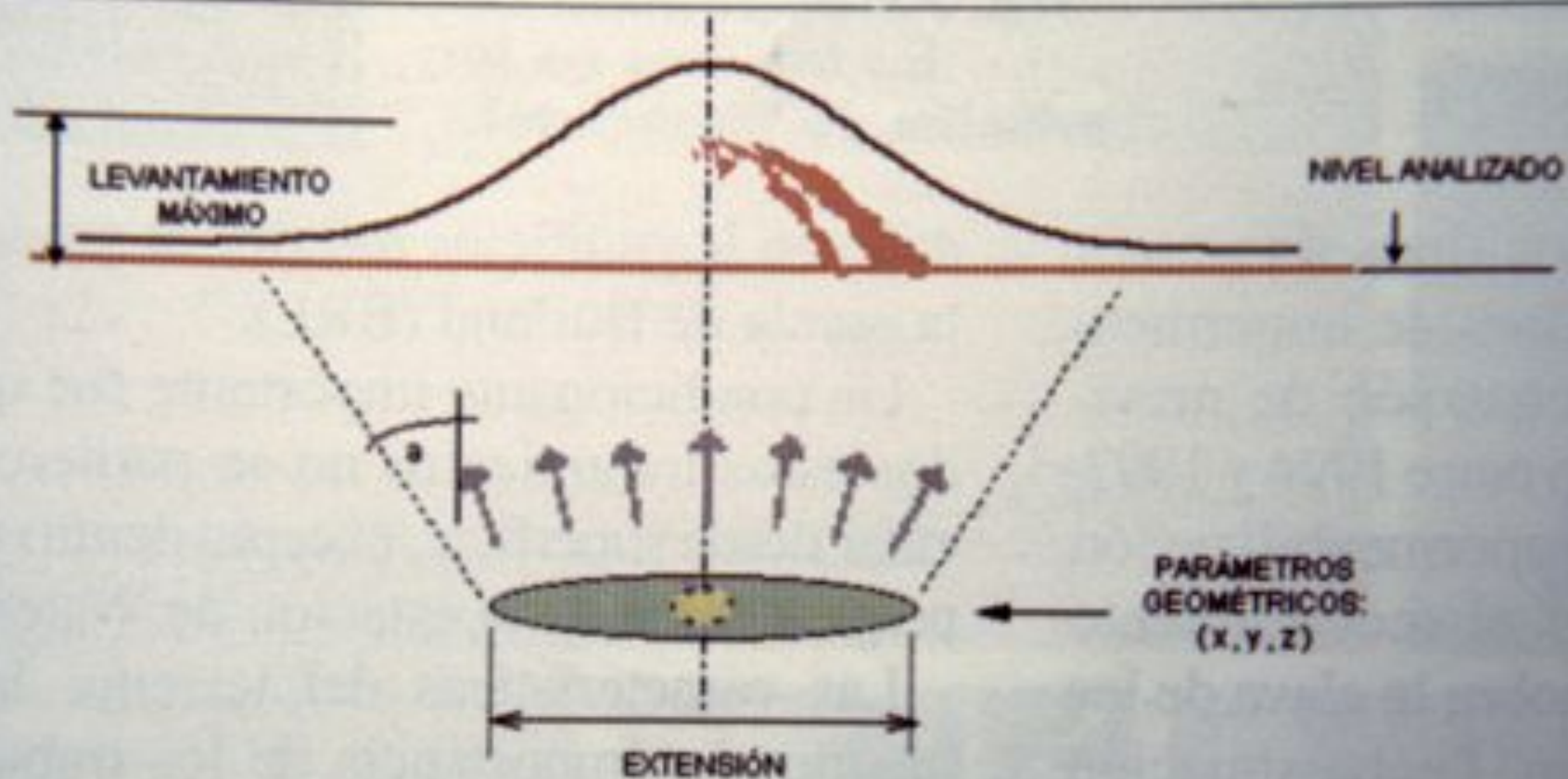


INYECCIONES DE COMPENSACION

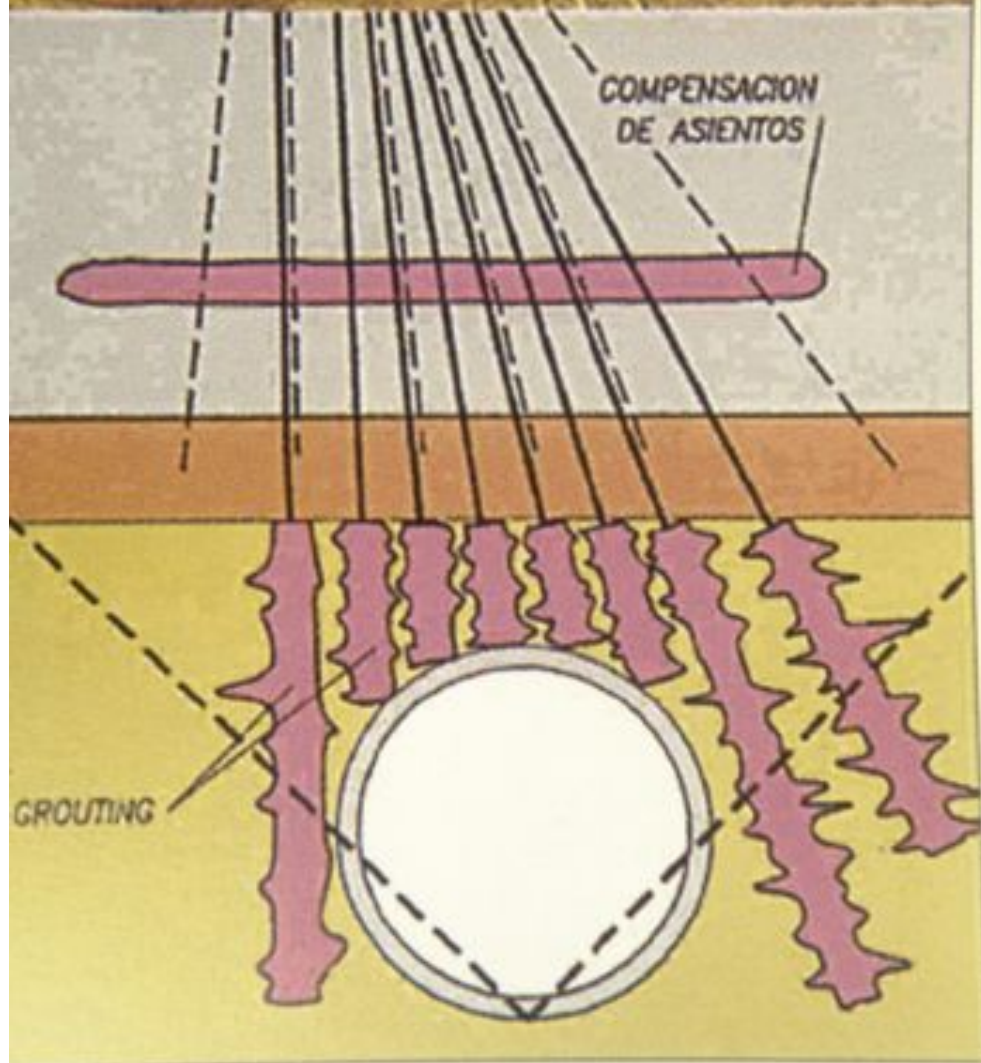




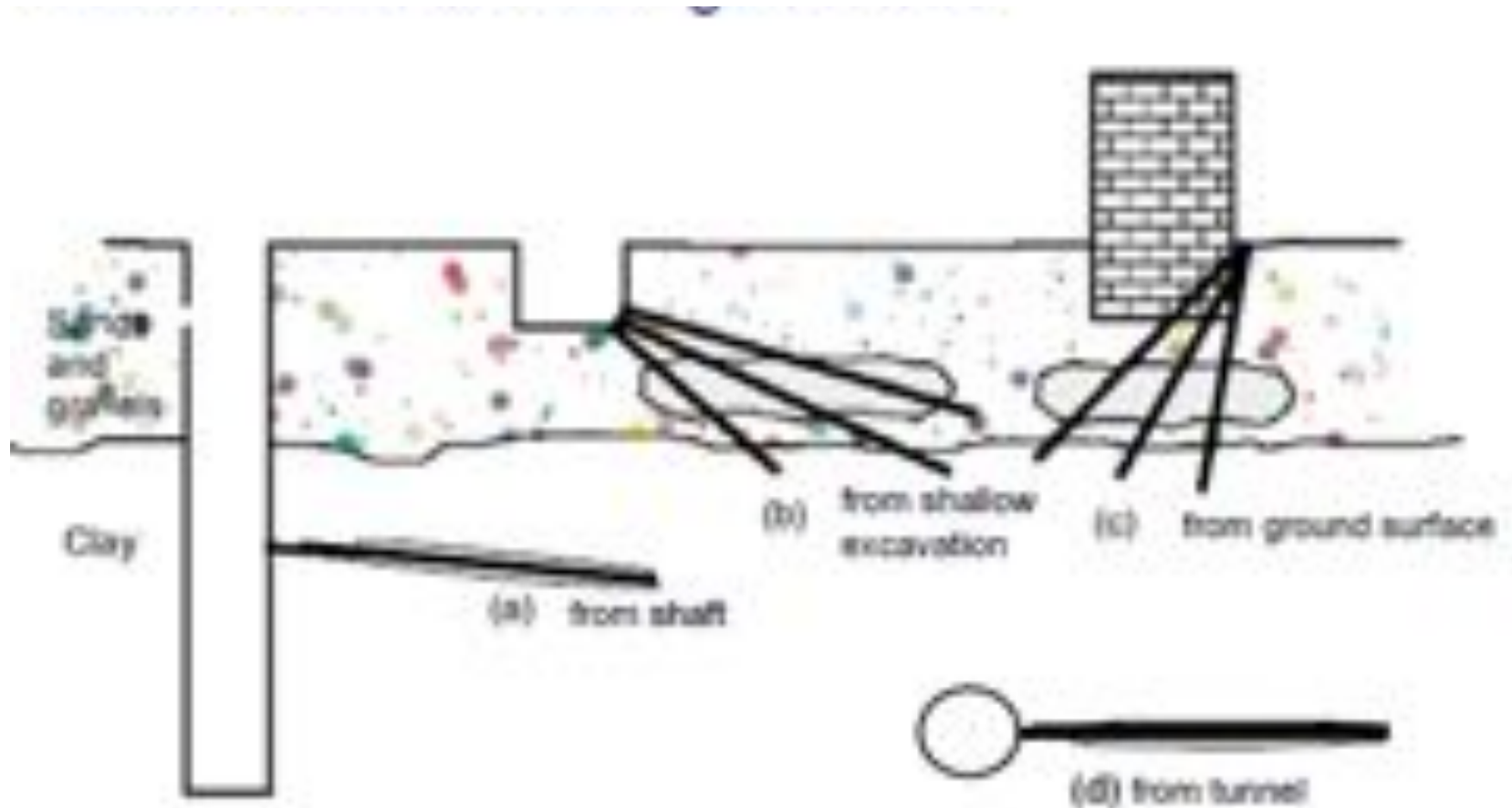




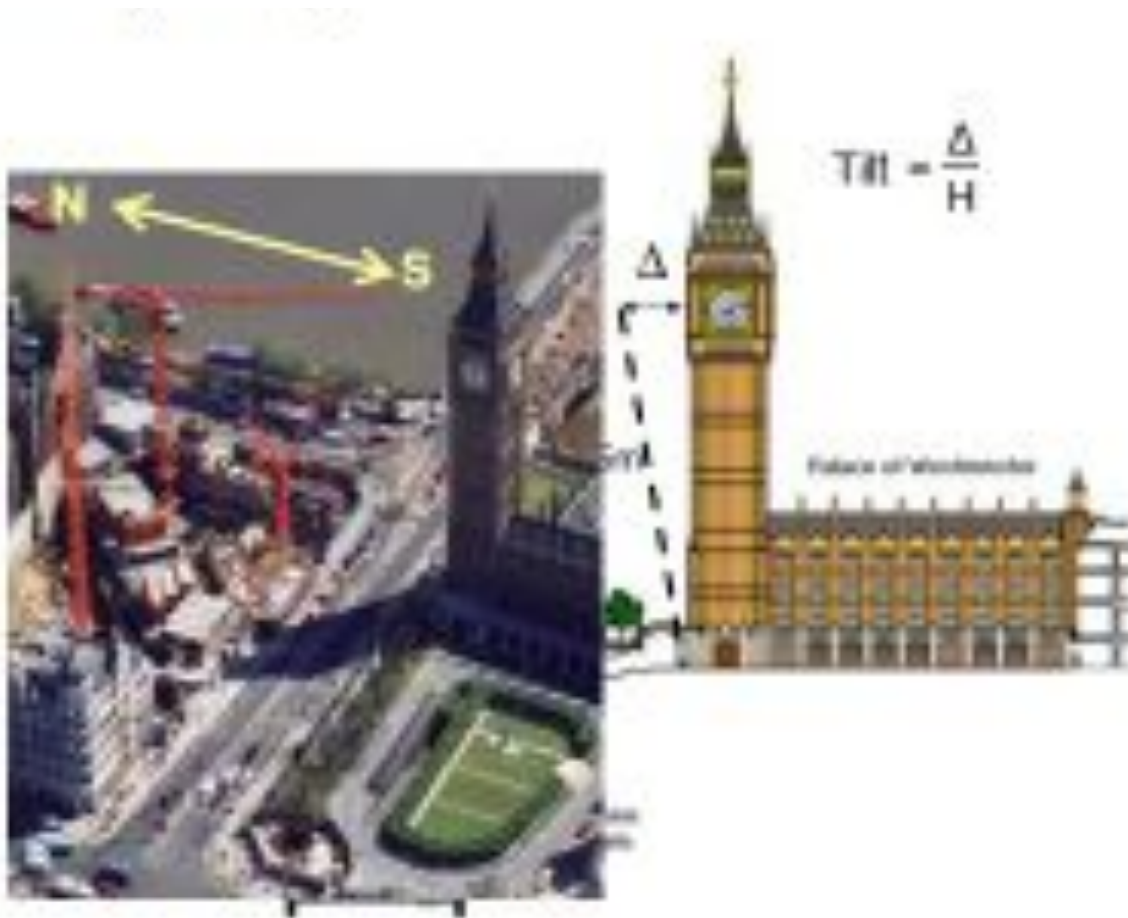




# POSIBLES CONFIGURACIONES



# TORRE DEL BIG BEN Y ESTACION DE WESTMINSTER (Jubilee Line, Londres)

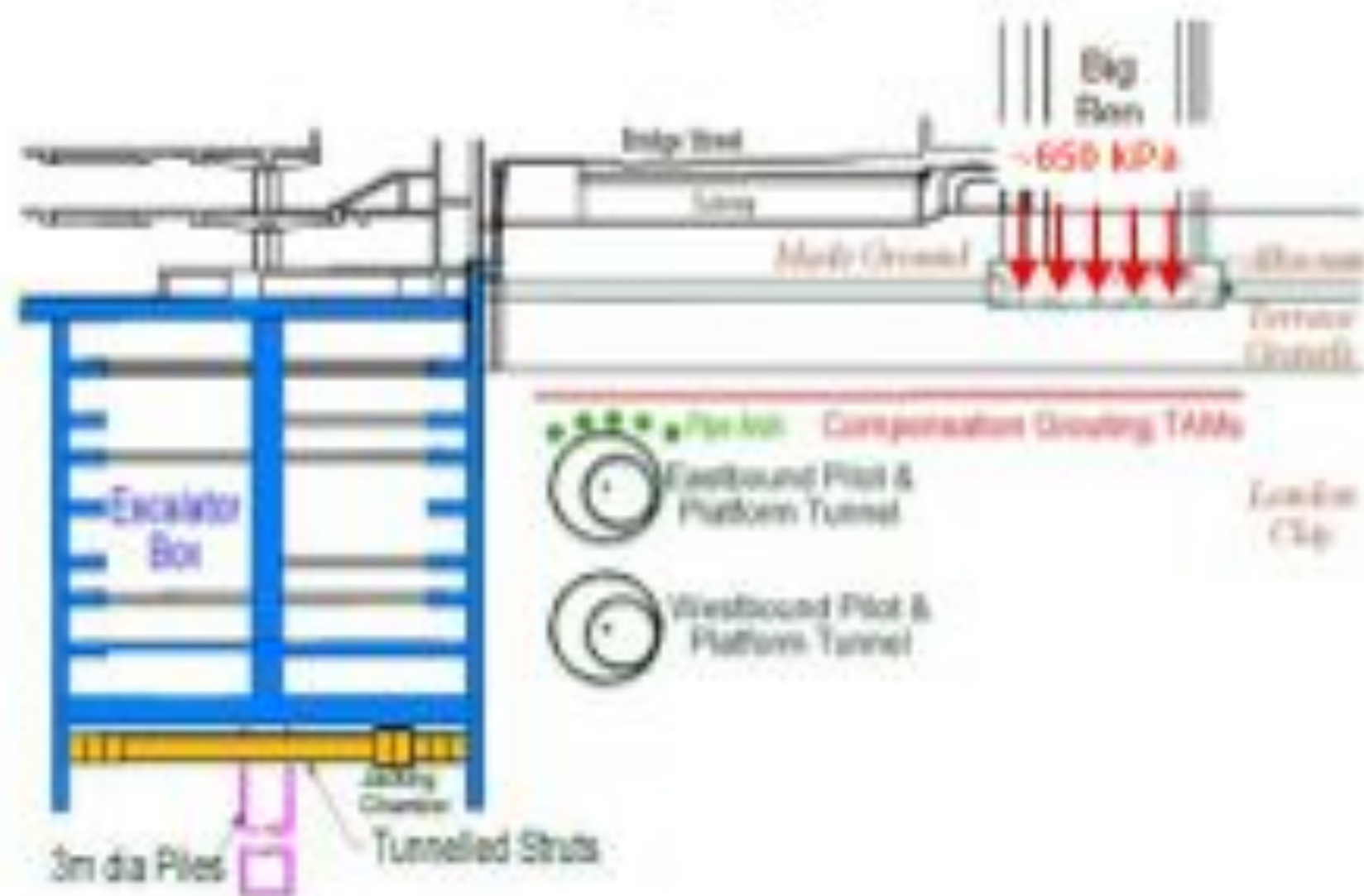






Palacio de Wesminster, Londres

## Cross section through Big Ben Clock Tower

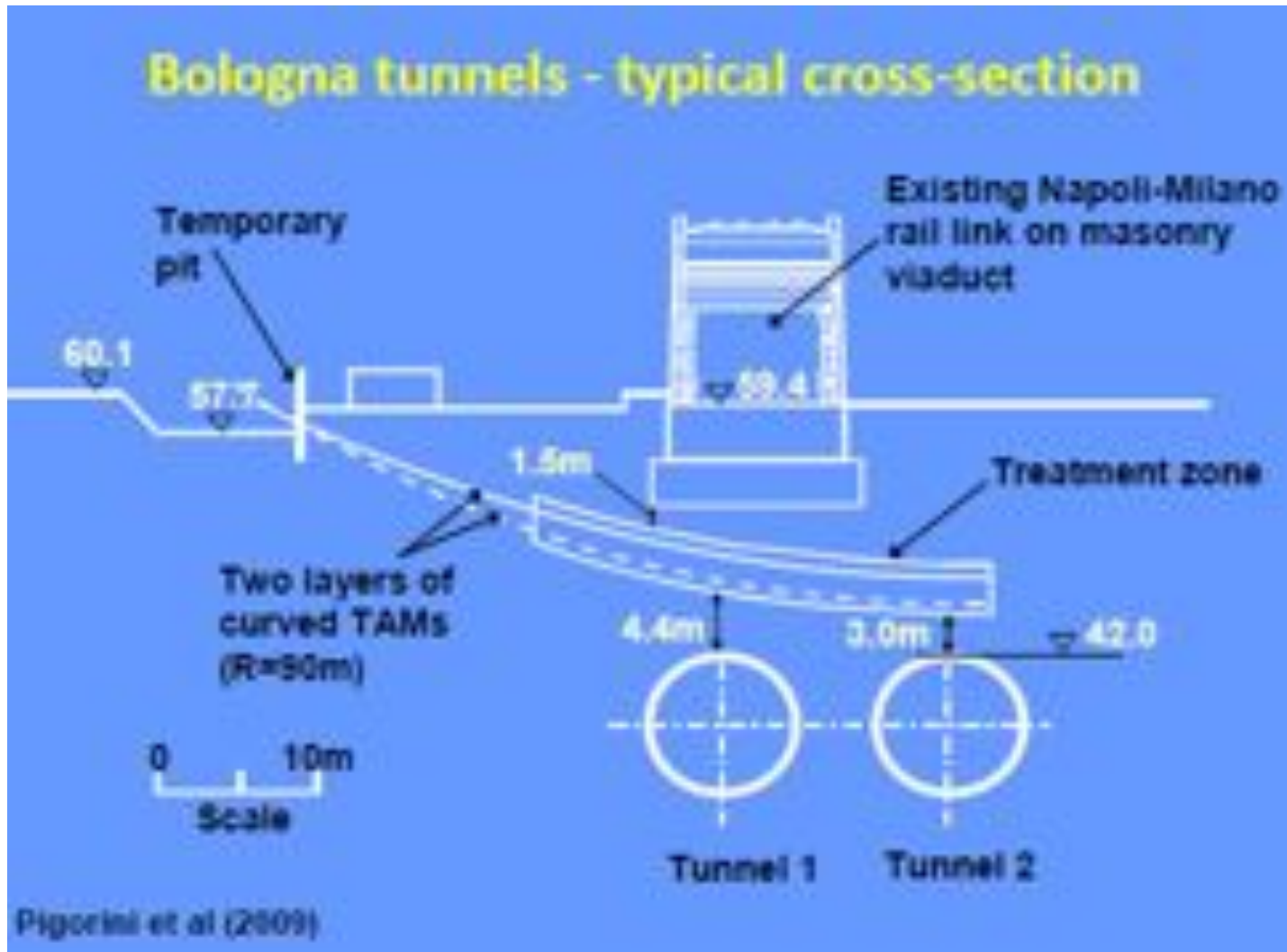


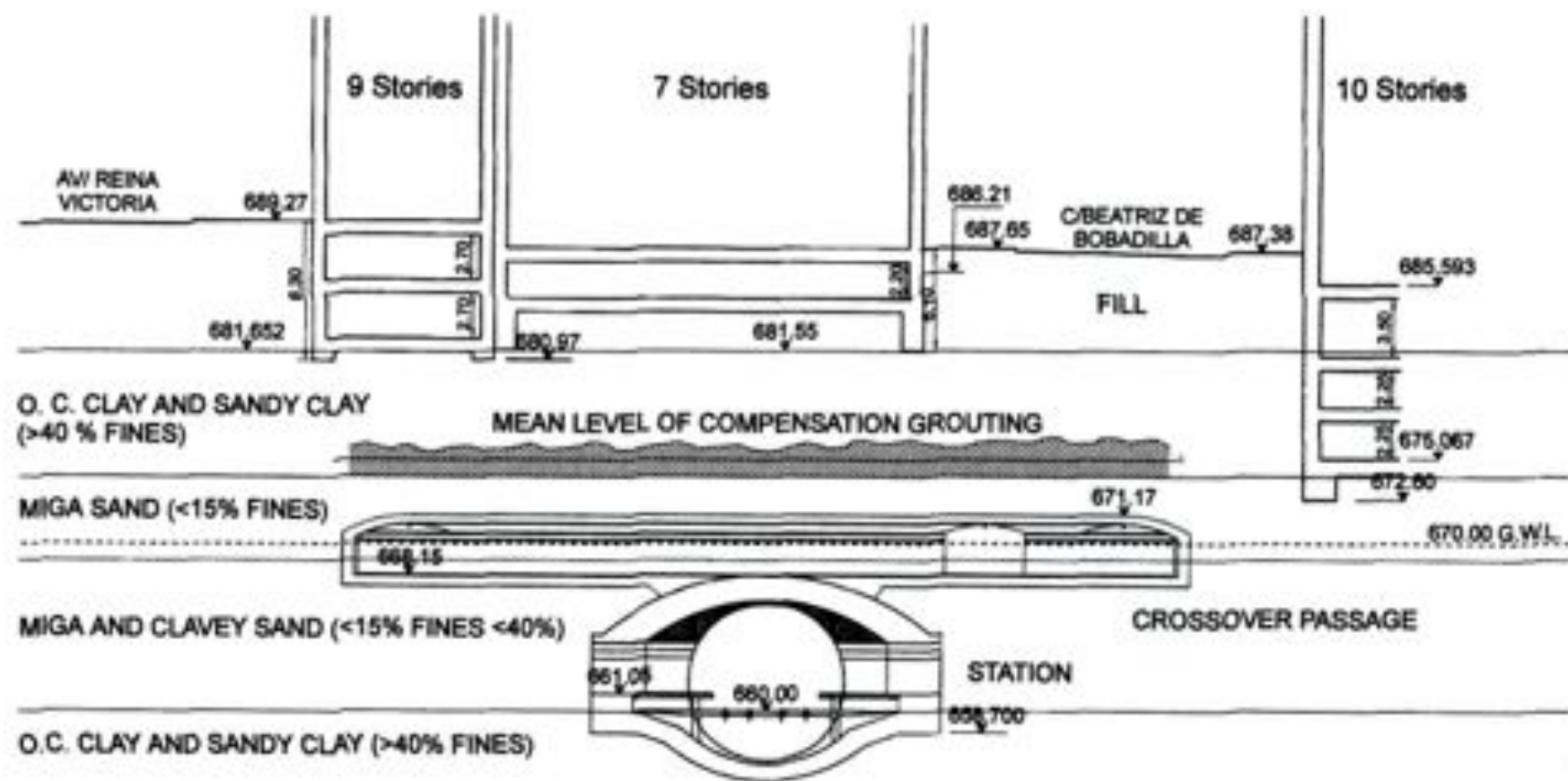


## Planta de taladros



# TALADROS CURVOS (BOLONIA)



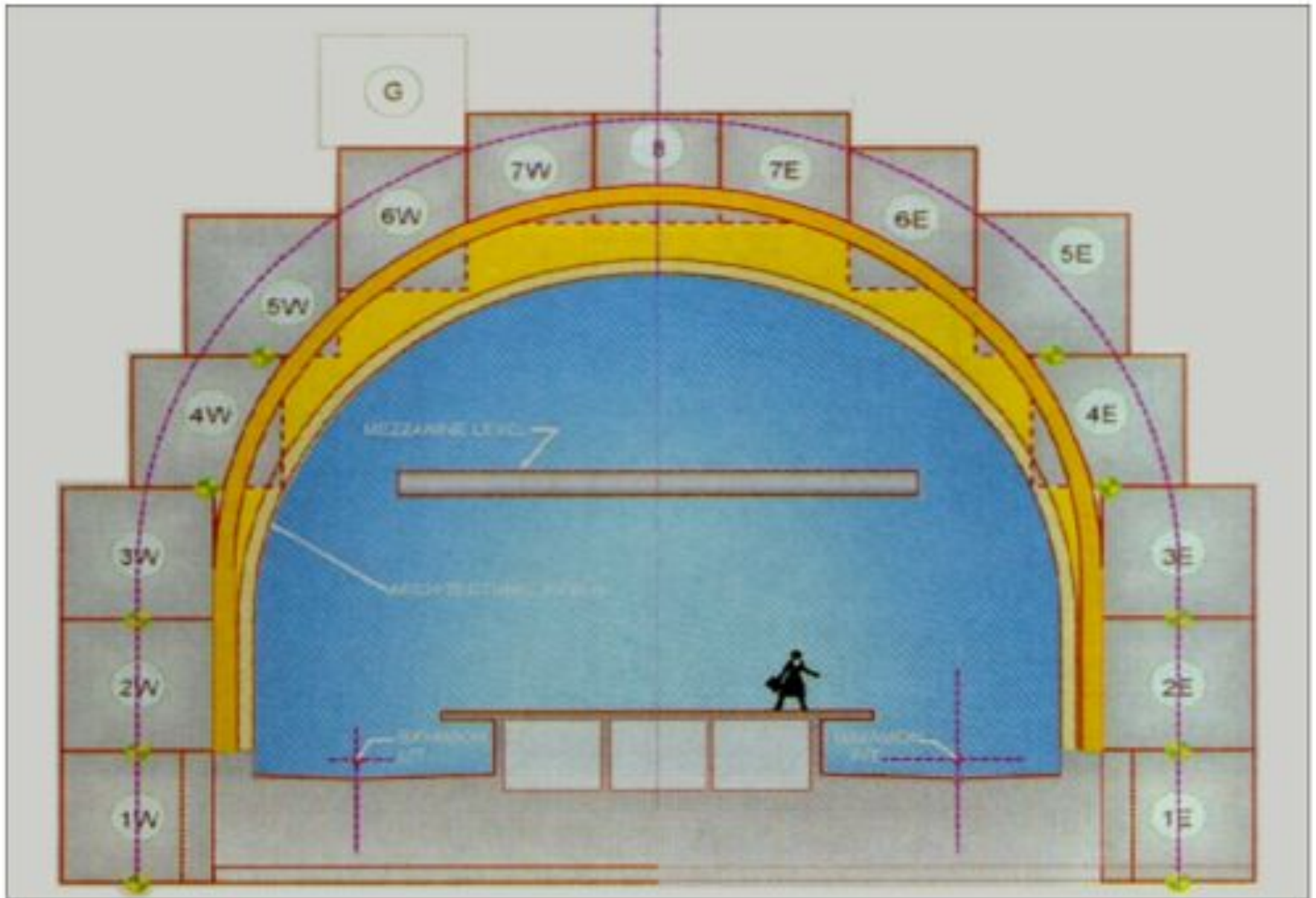






**En zonas complicadas o  
de mal terreno la  
excavación subterránea  
debe dividirse en otras  
más pequeñas**





E. RIO PIEDRAS (S.J. PUERTO RICO) (17x17x150 m)

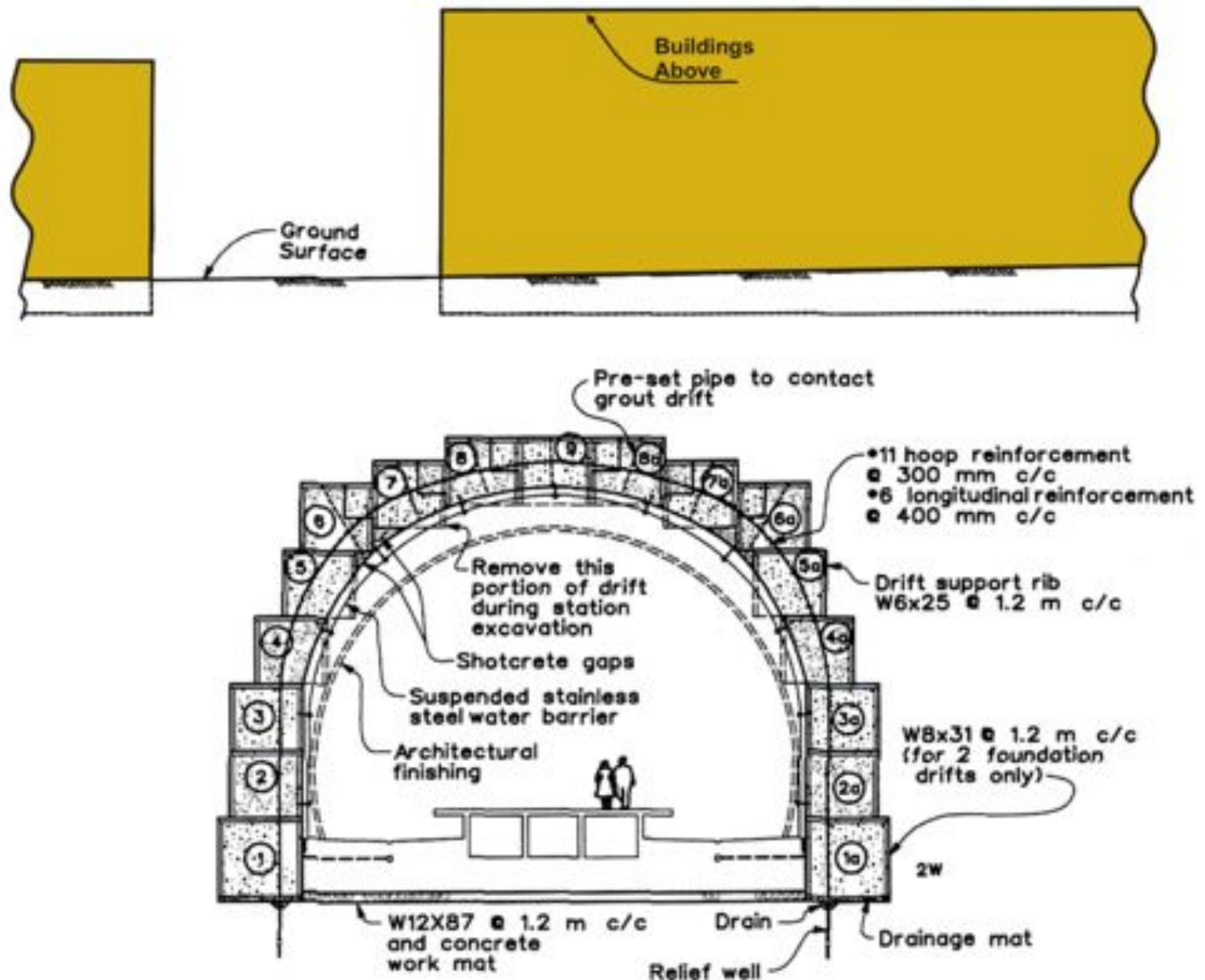
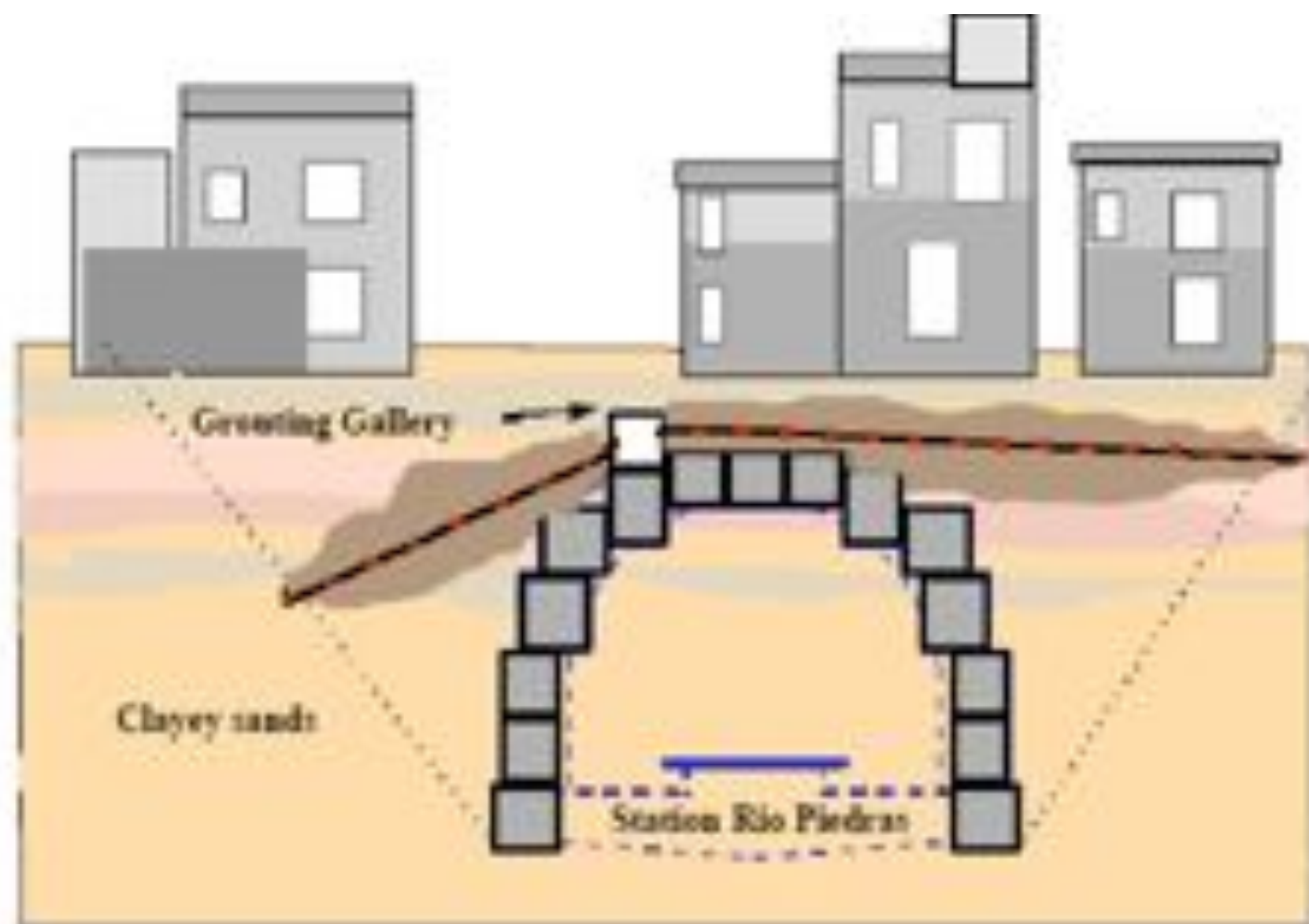


Figure 5. Proposal design for stacked drift tunnel

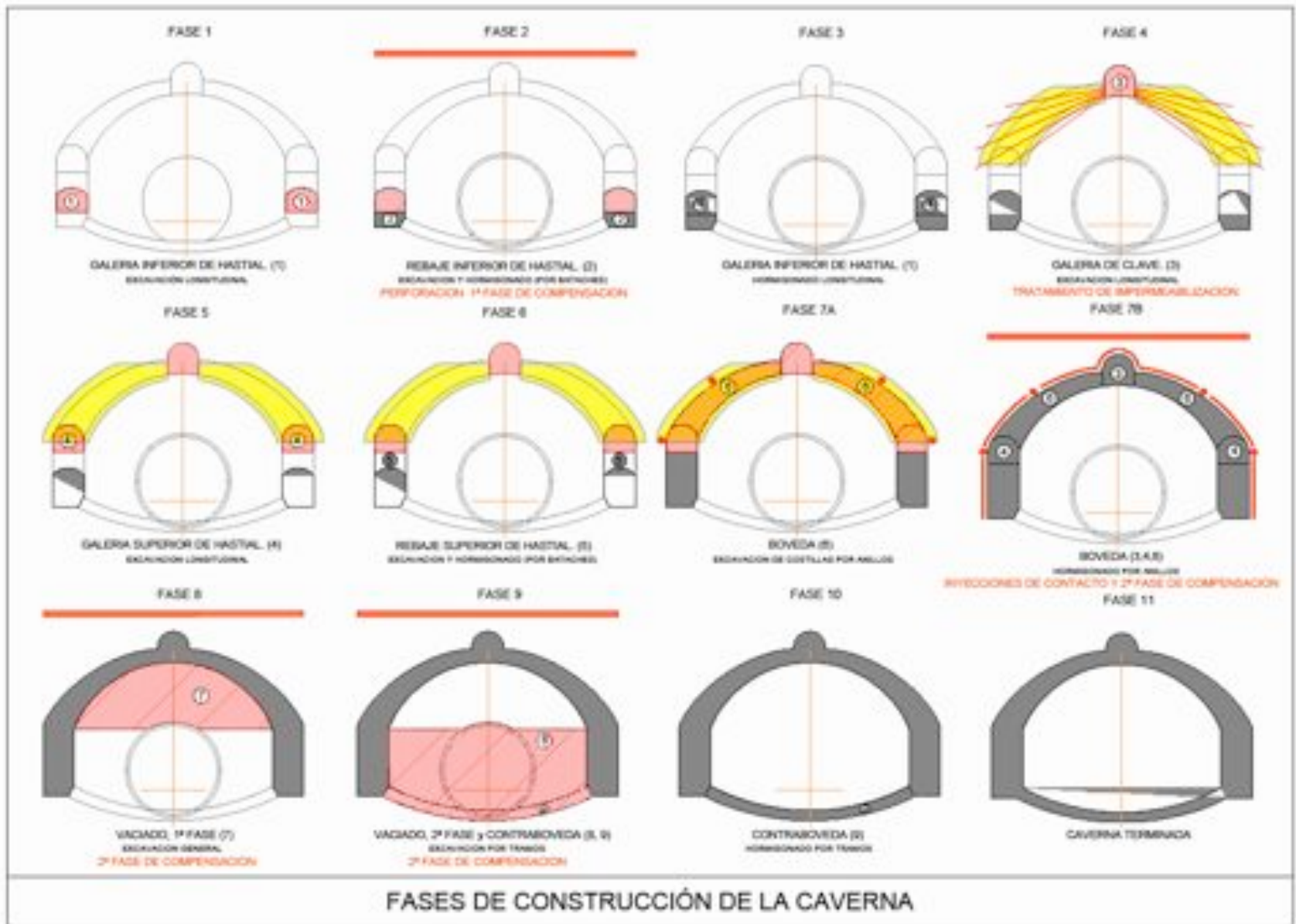


# **La estación “Puerta del Sol” de Madrid**

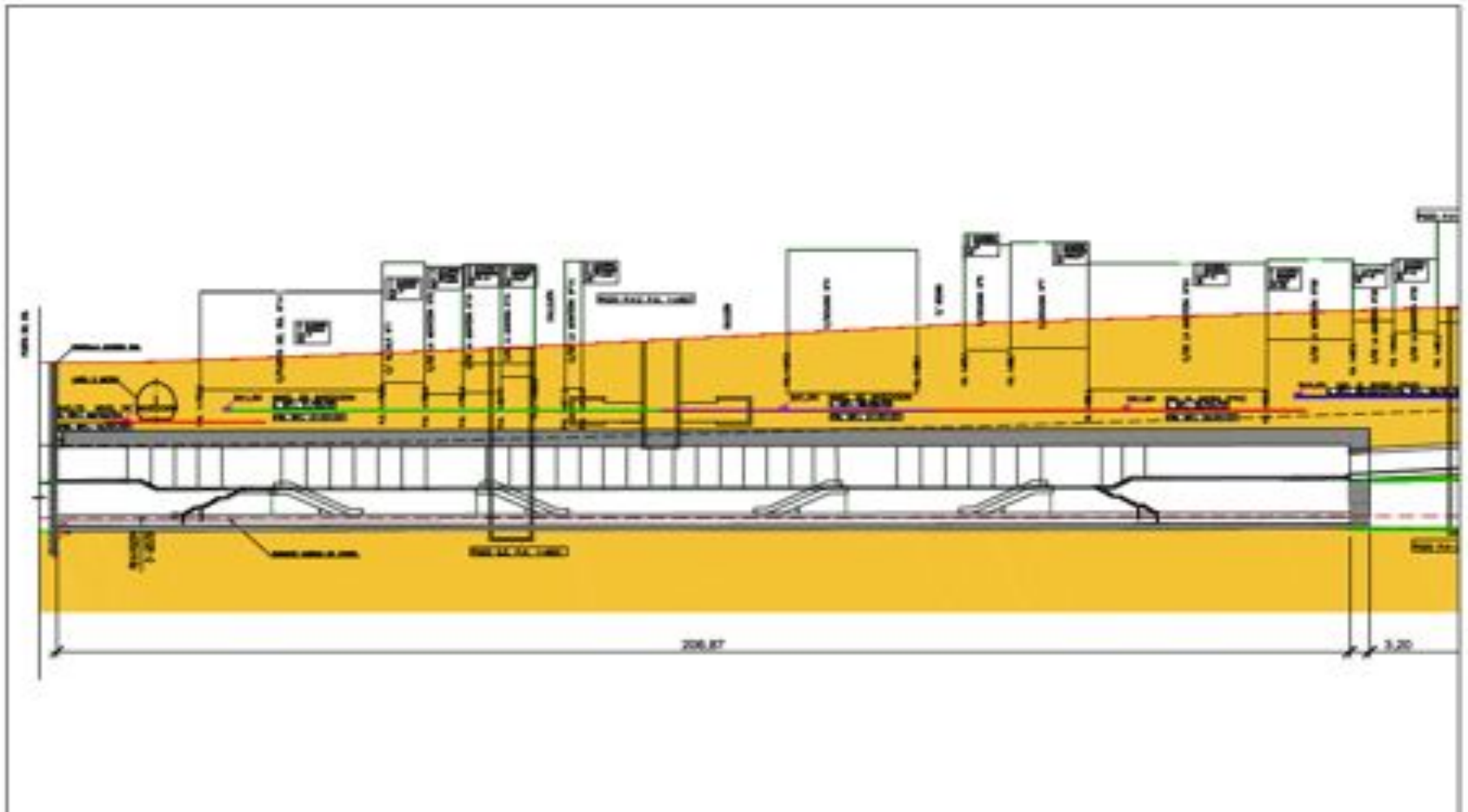








## PROCESO CONSTRUCTIVO



PERFIL LONGITUDINAL









**VESTIBULO  
SOL**





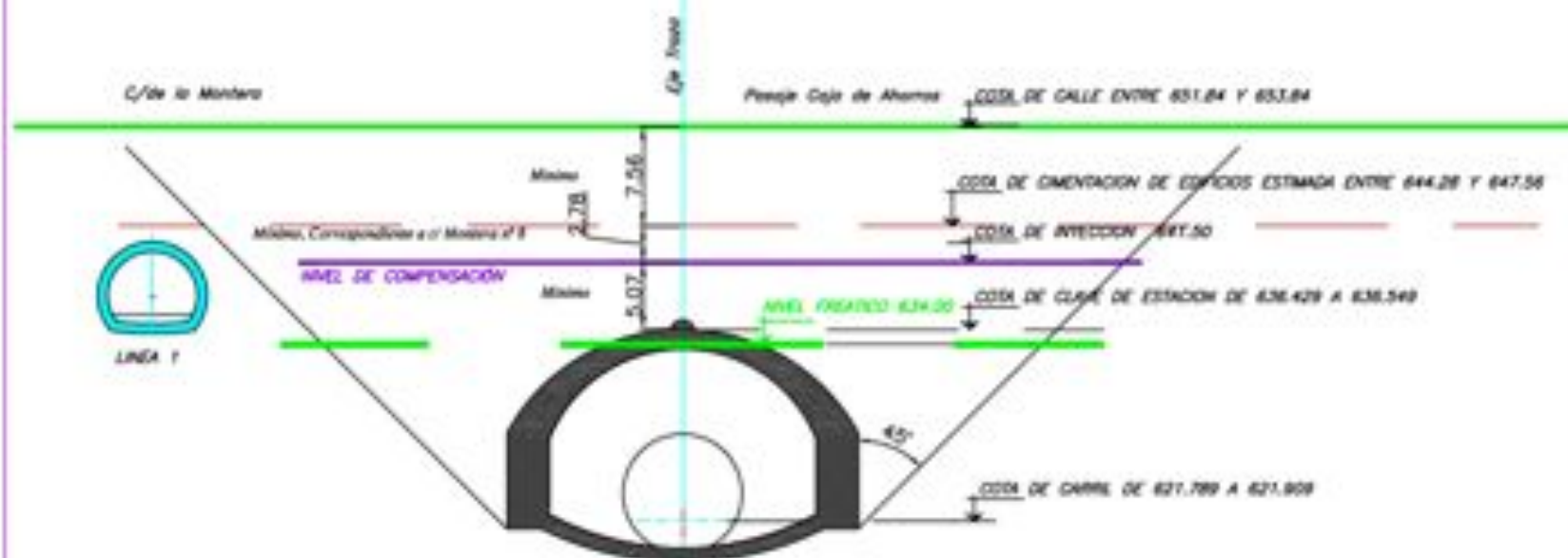






SECCION P-2  
TRATAMIENTOS DESDE EL PV-2.  
GALERIA1

P.K. 1+770 A 1+830





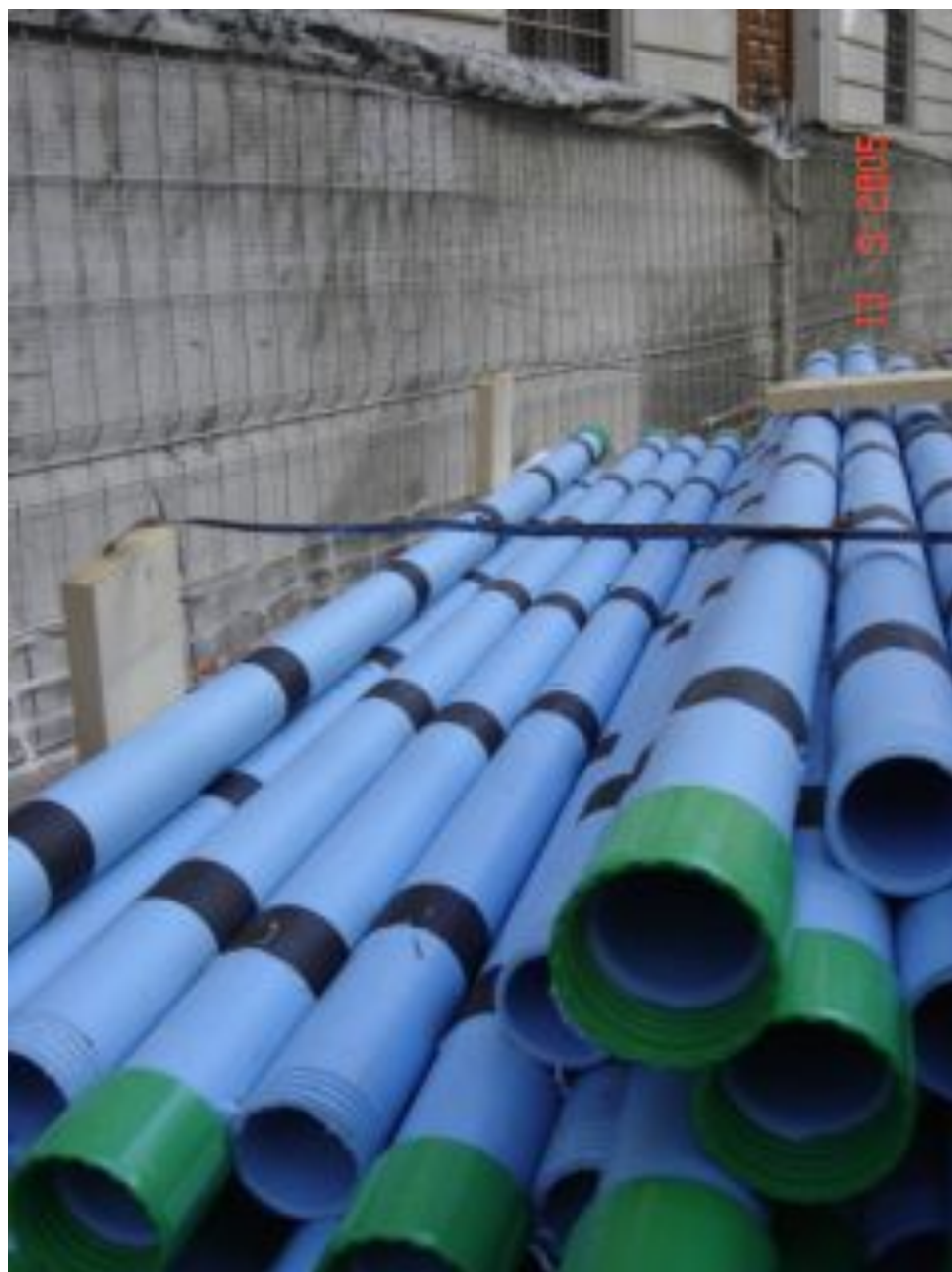
## PLANTA DE TRATAMIENTOS DE COMPENSACION





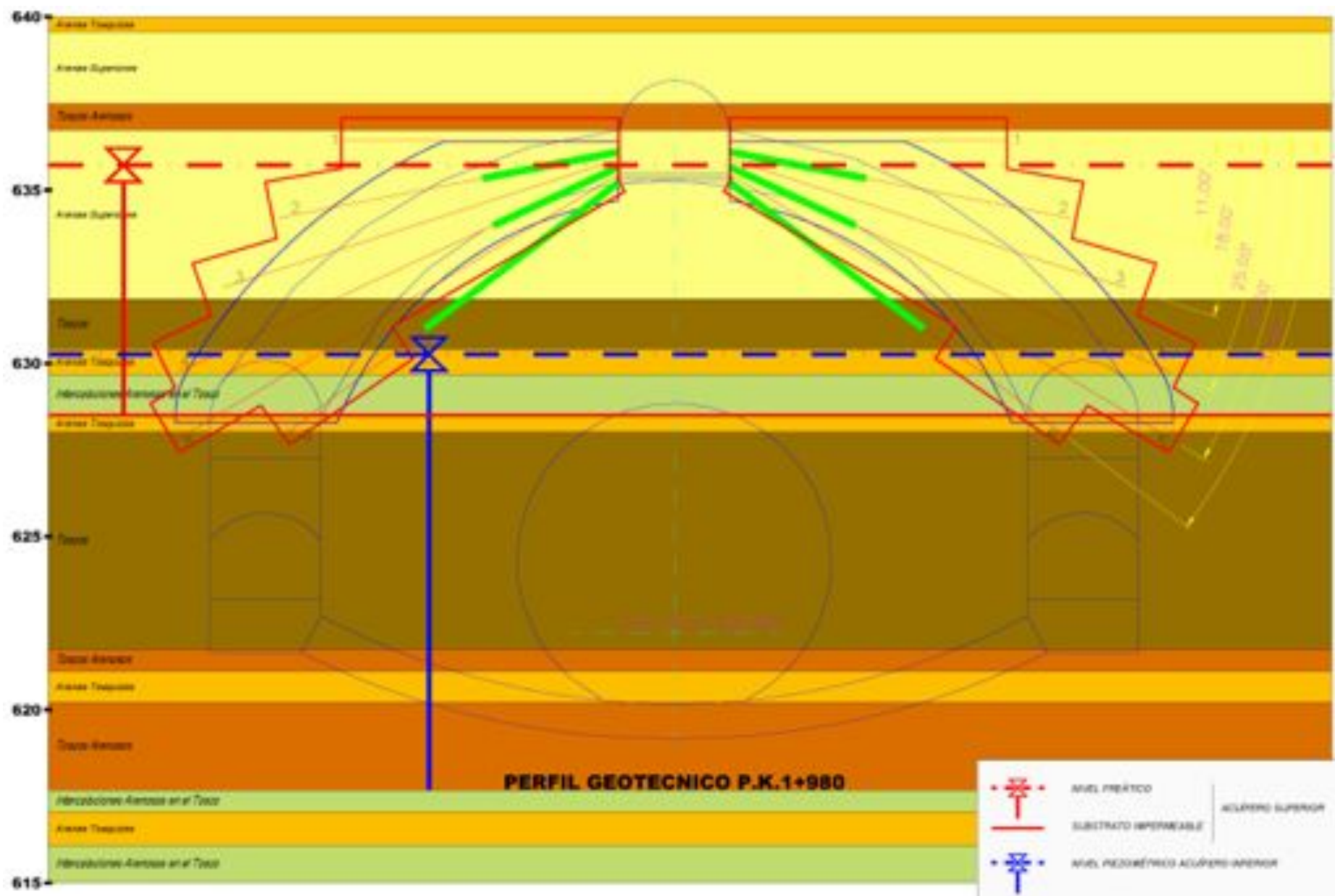


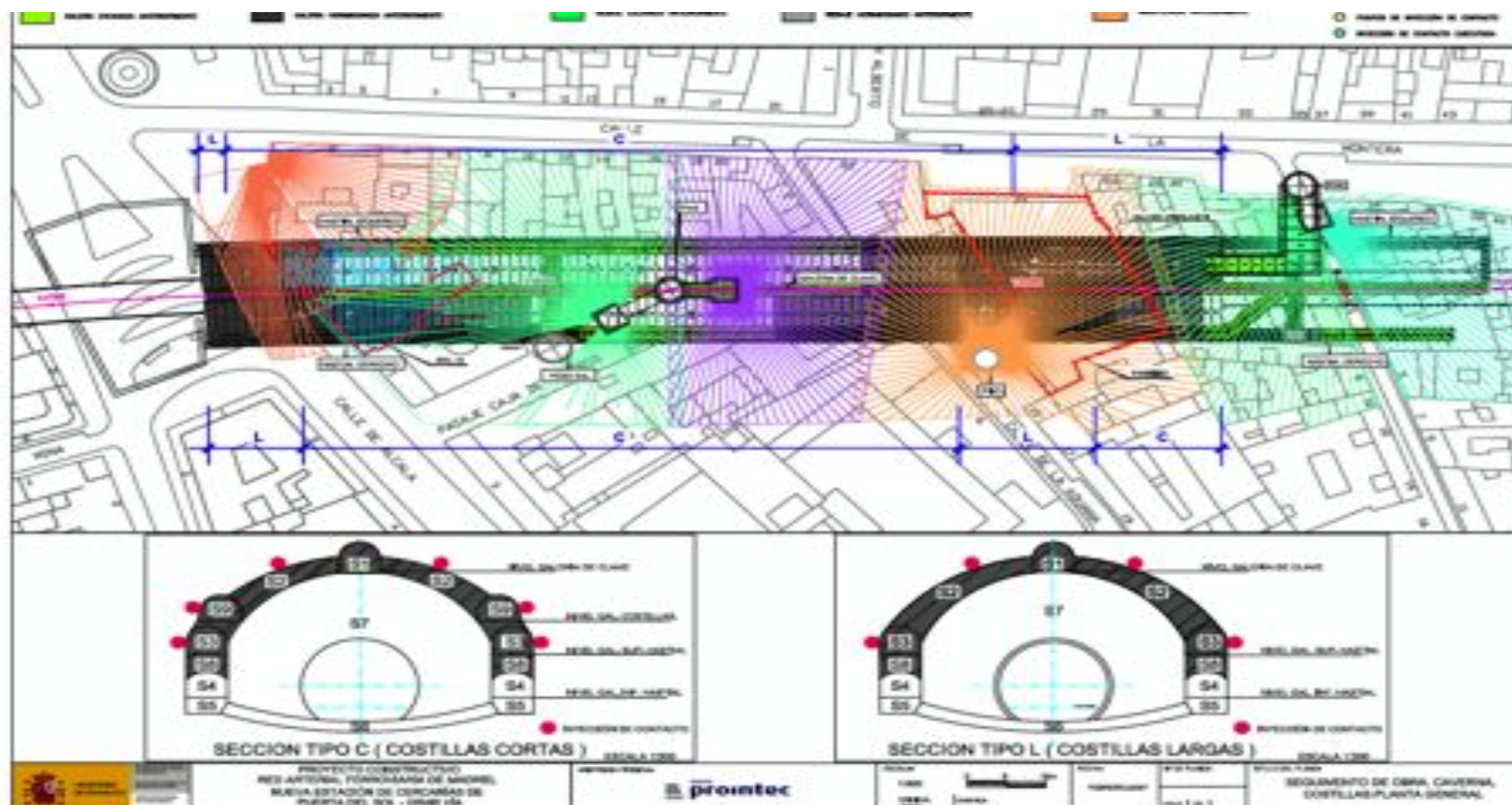






## TRATAMIENTOS ESPECIALES EN ARRANQUES















5 11 2007



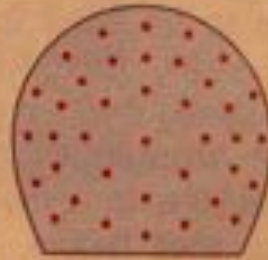




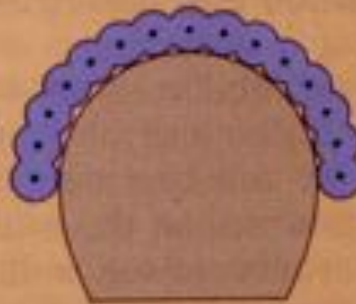
**LOS EFECTOS EN SUPERFICIE  
PUEDEN REDUCIRSE  
MEDIANTE ELEMENTOS  
RIGIDOS COLOCADOS POR  
DELANTE DEL TUNEL, AL  
AVANCE**

**(Barras, micropilotes, tubos, etc.)**

(a) Face reinforcement



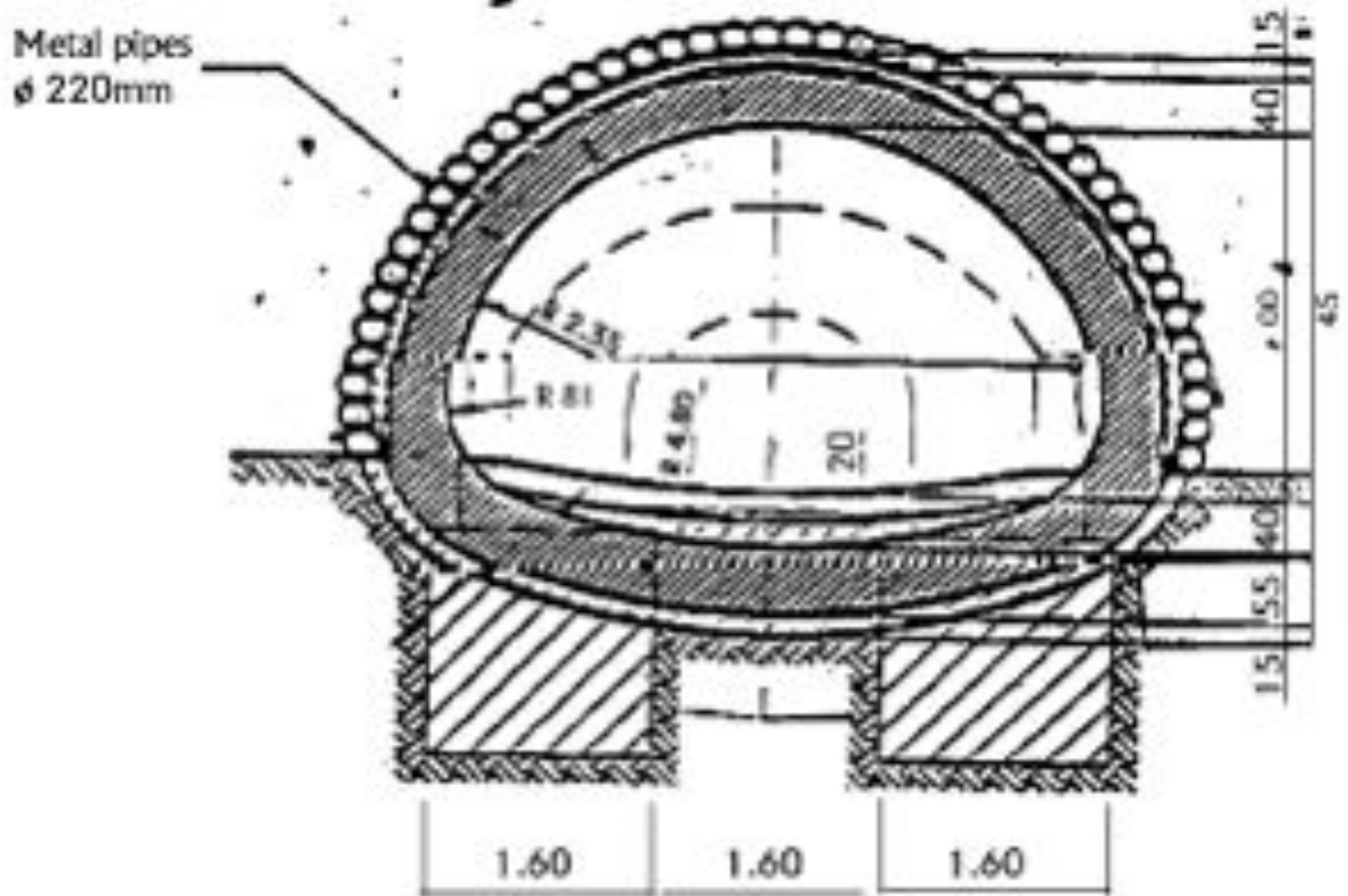
(b) Jet grouting "umbrella arches"



(c) Pre-vault (pre-cutting)

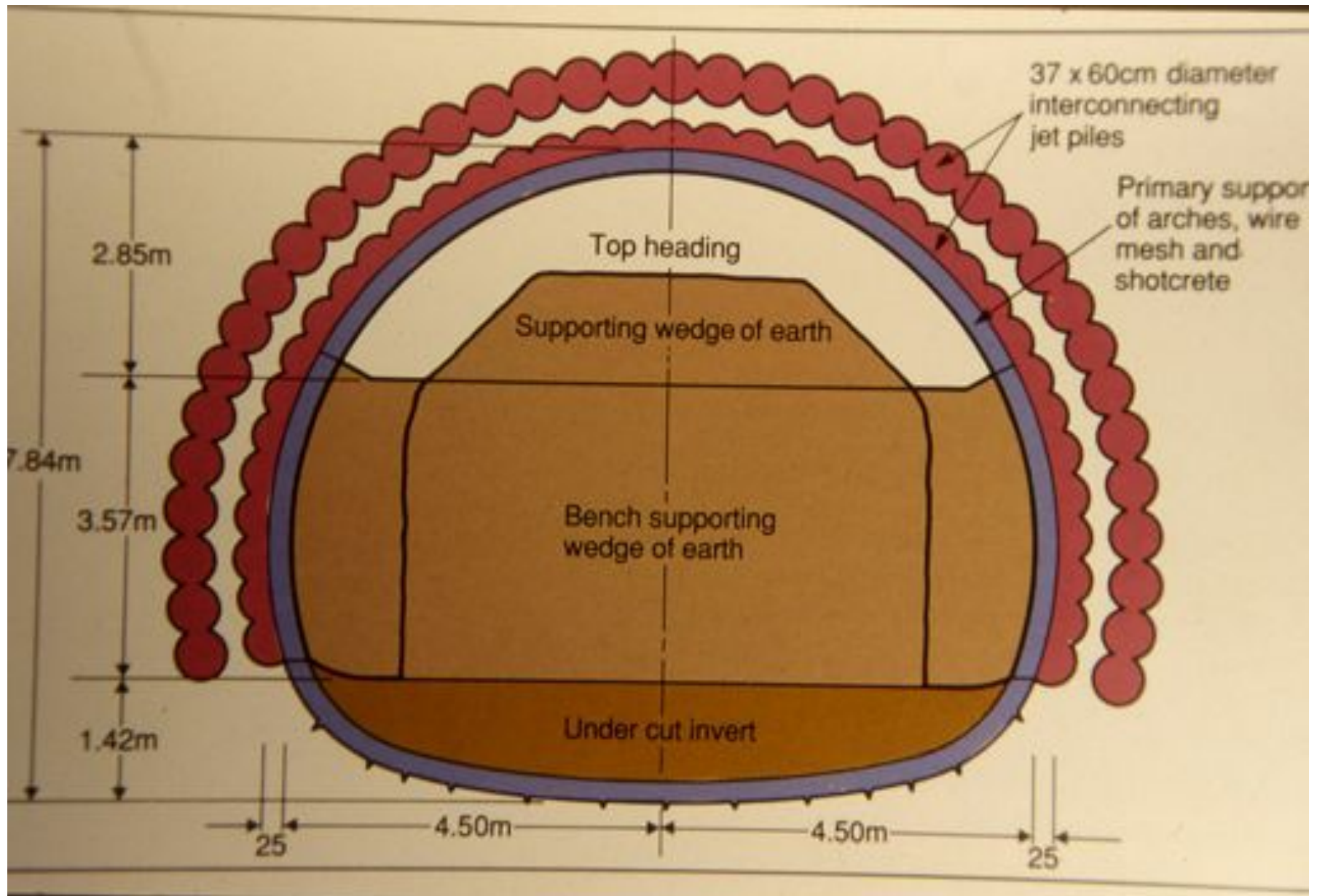


**REFUERZOS  
AL AVANCE**



**Paraguas de tubos metálicos**





Paraguas de jet-grouting

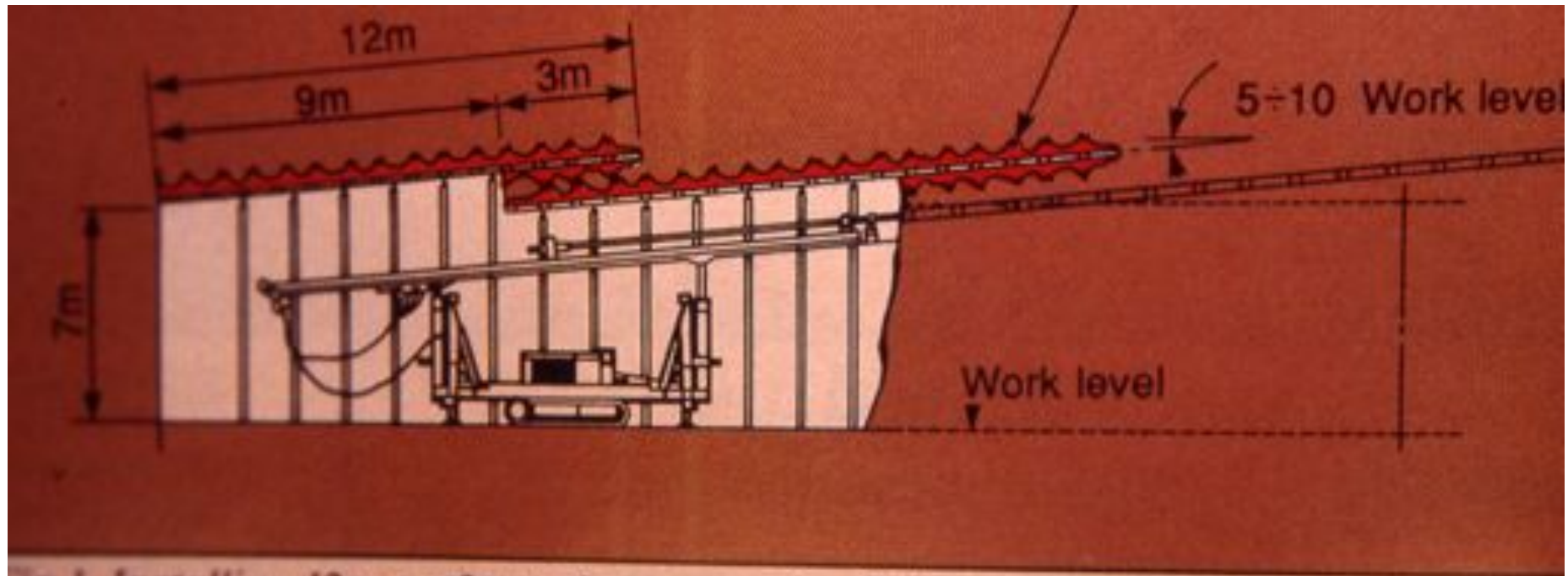
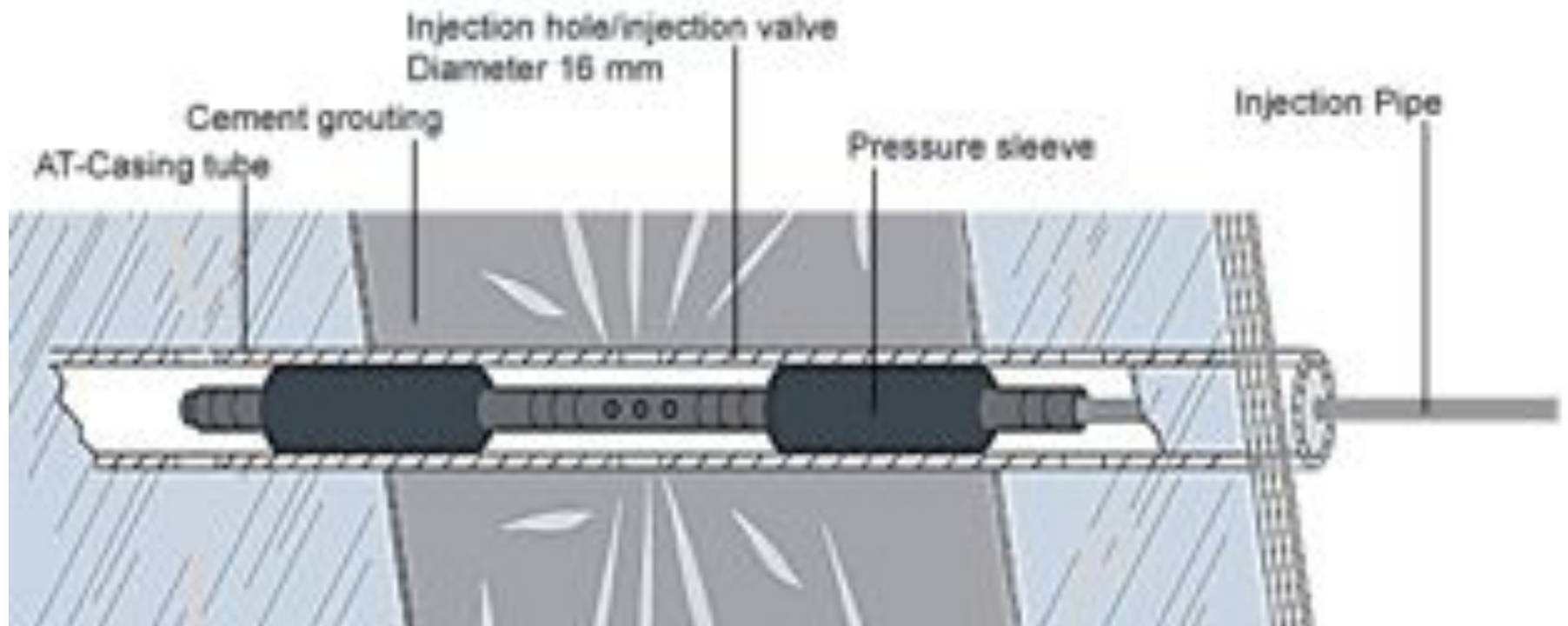
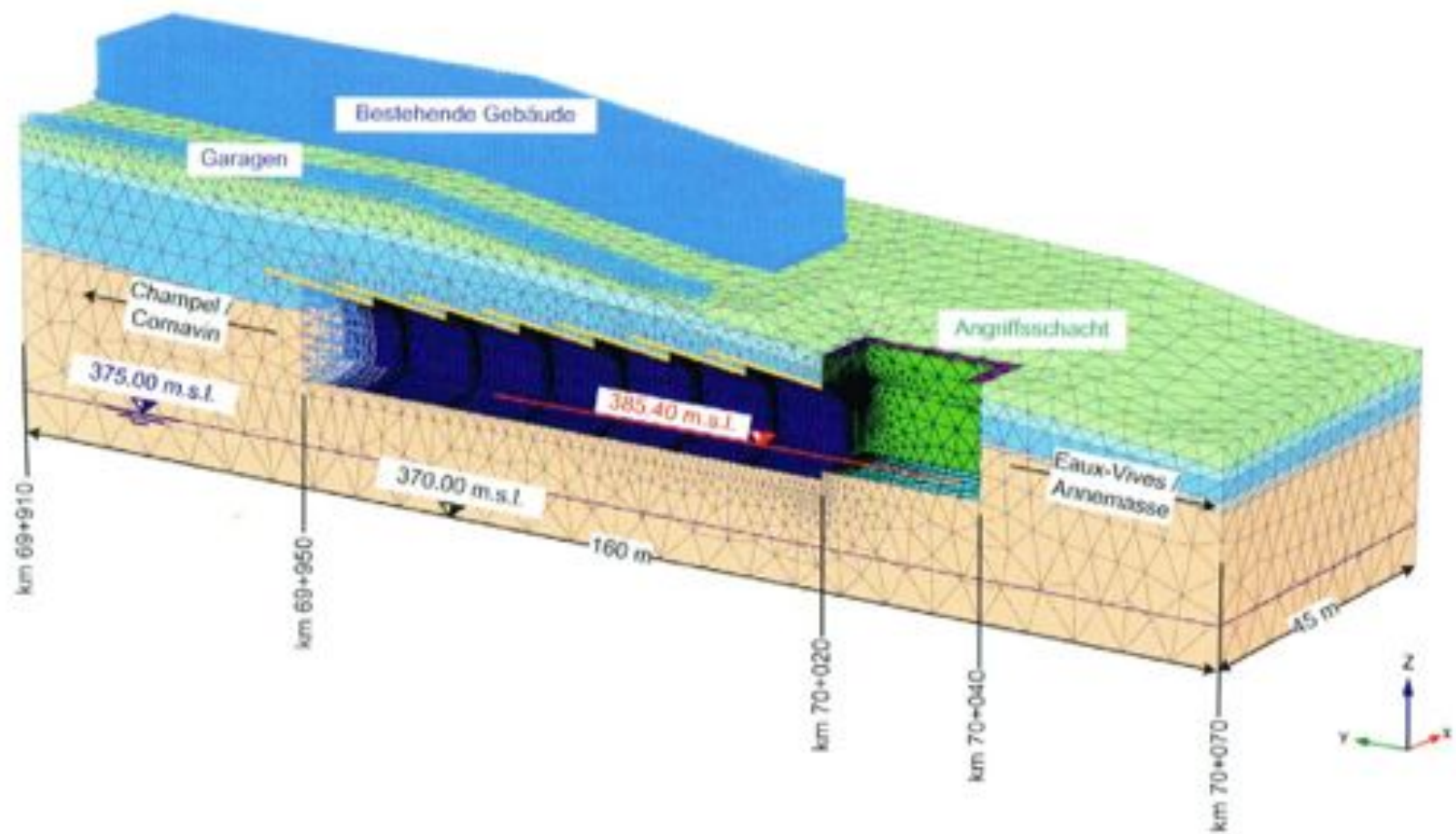


Fig 1. Installing 12m perforated casings using Tubex.

**Paraguas de micropilotes con manguitos  
para inyecciones**



Micropilote equipado con manguitos de inyección



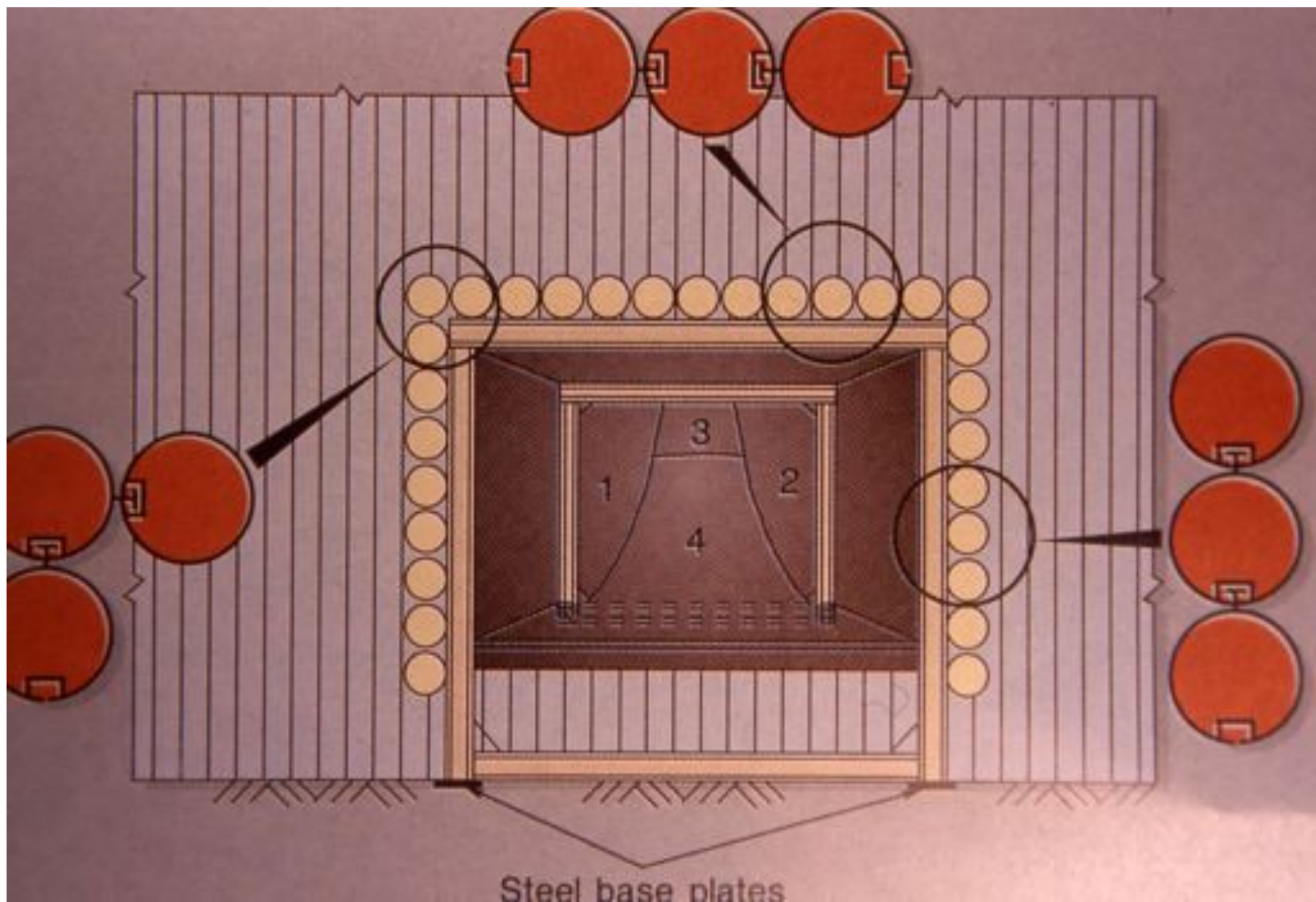




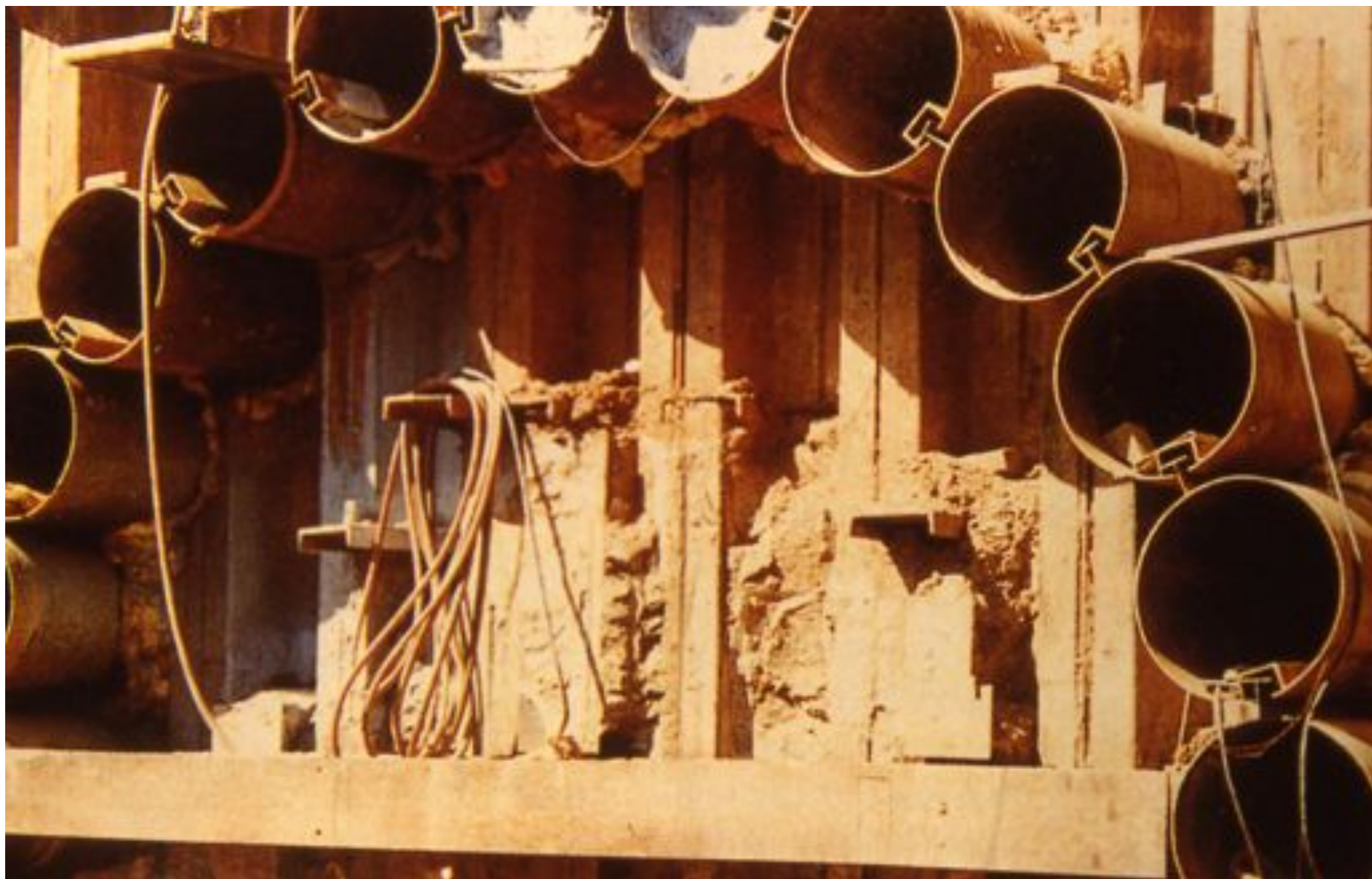
Alwag\_p3\_f1



**DOSEL DE TUBOS**







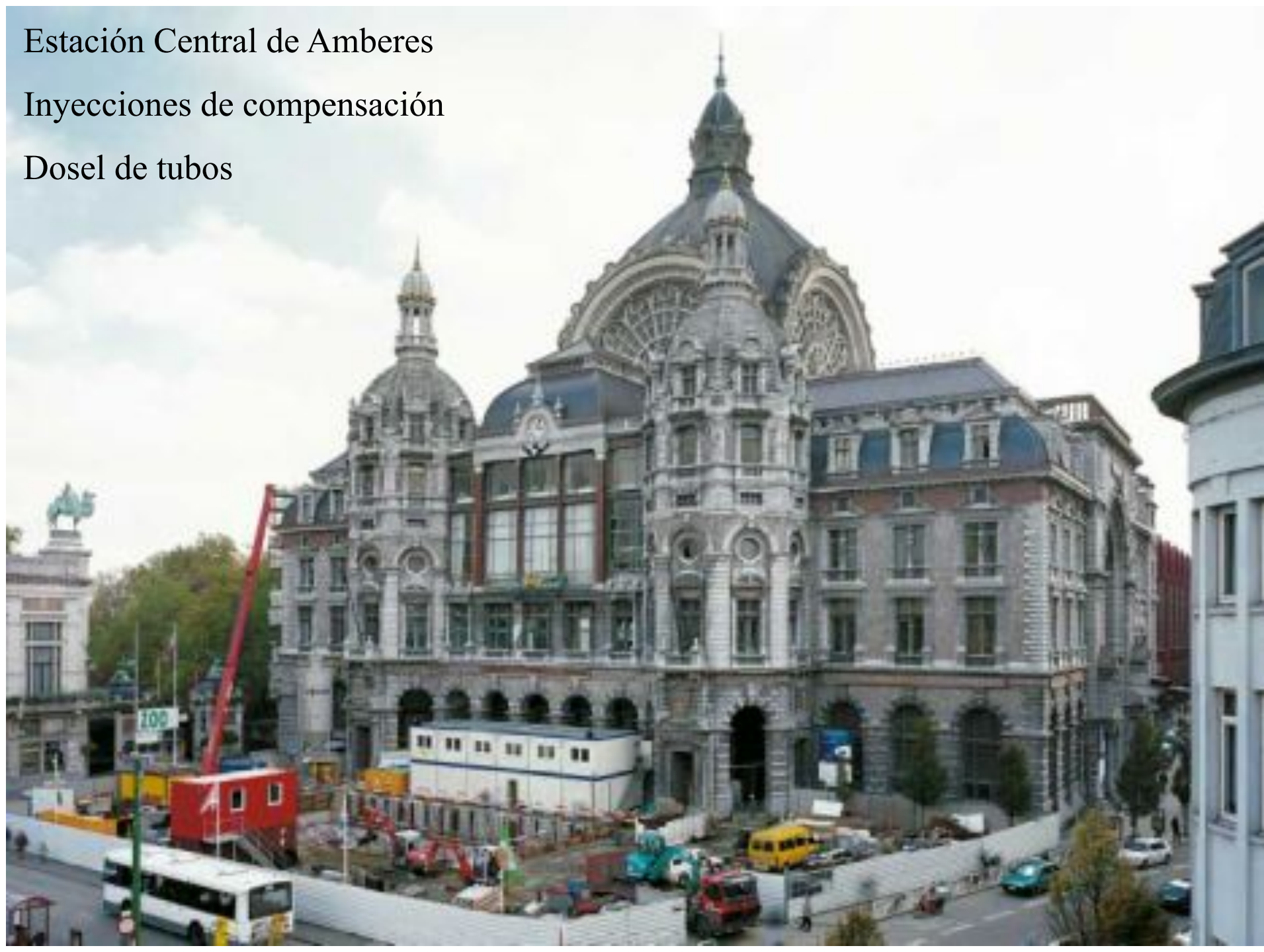




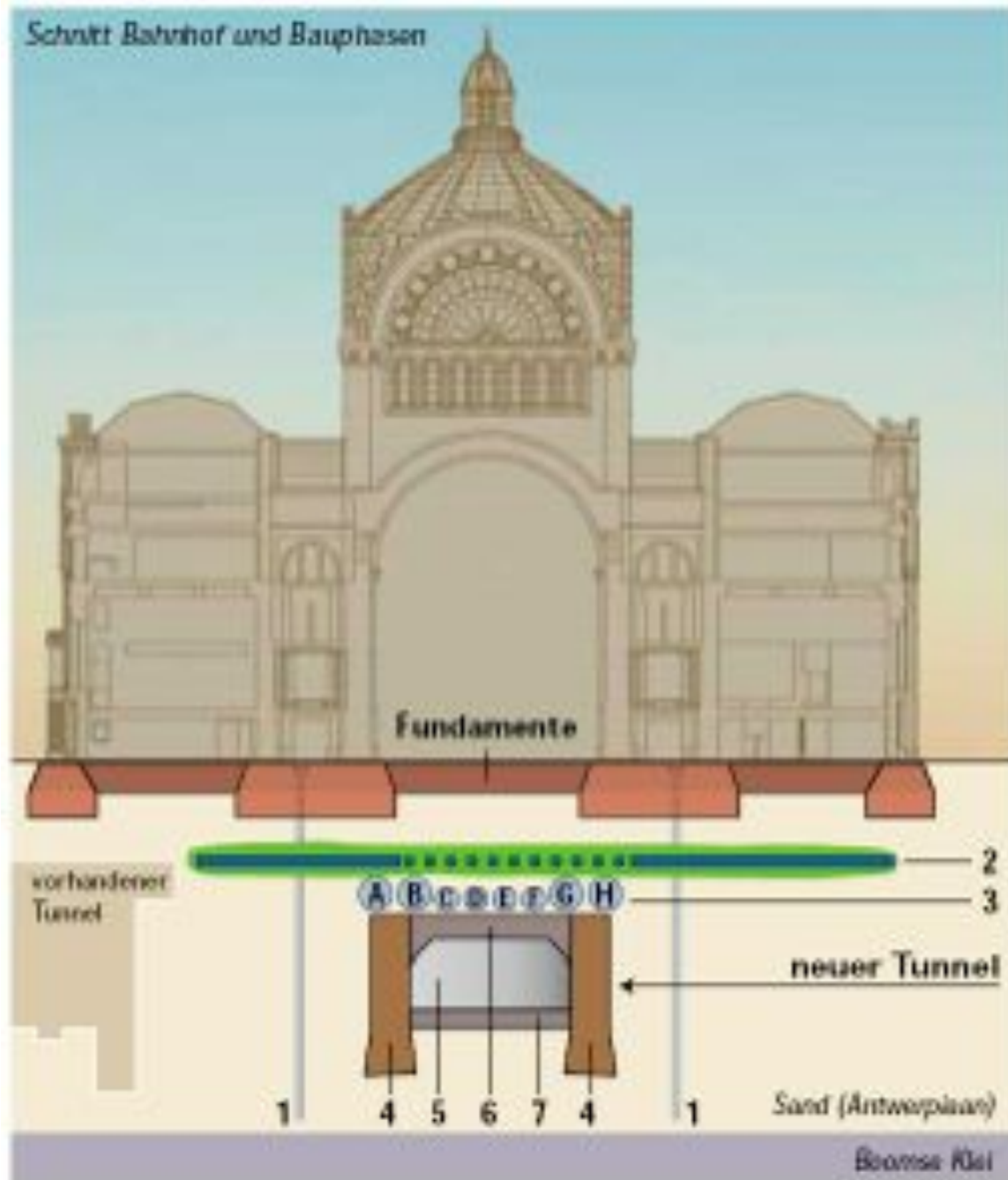
Estación Central de Amberes

Inyecciones de compensación

Dosel de tubos



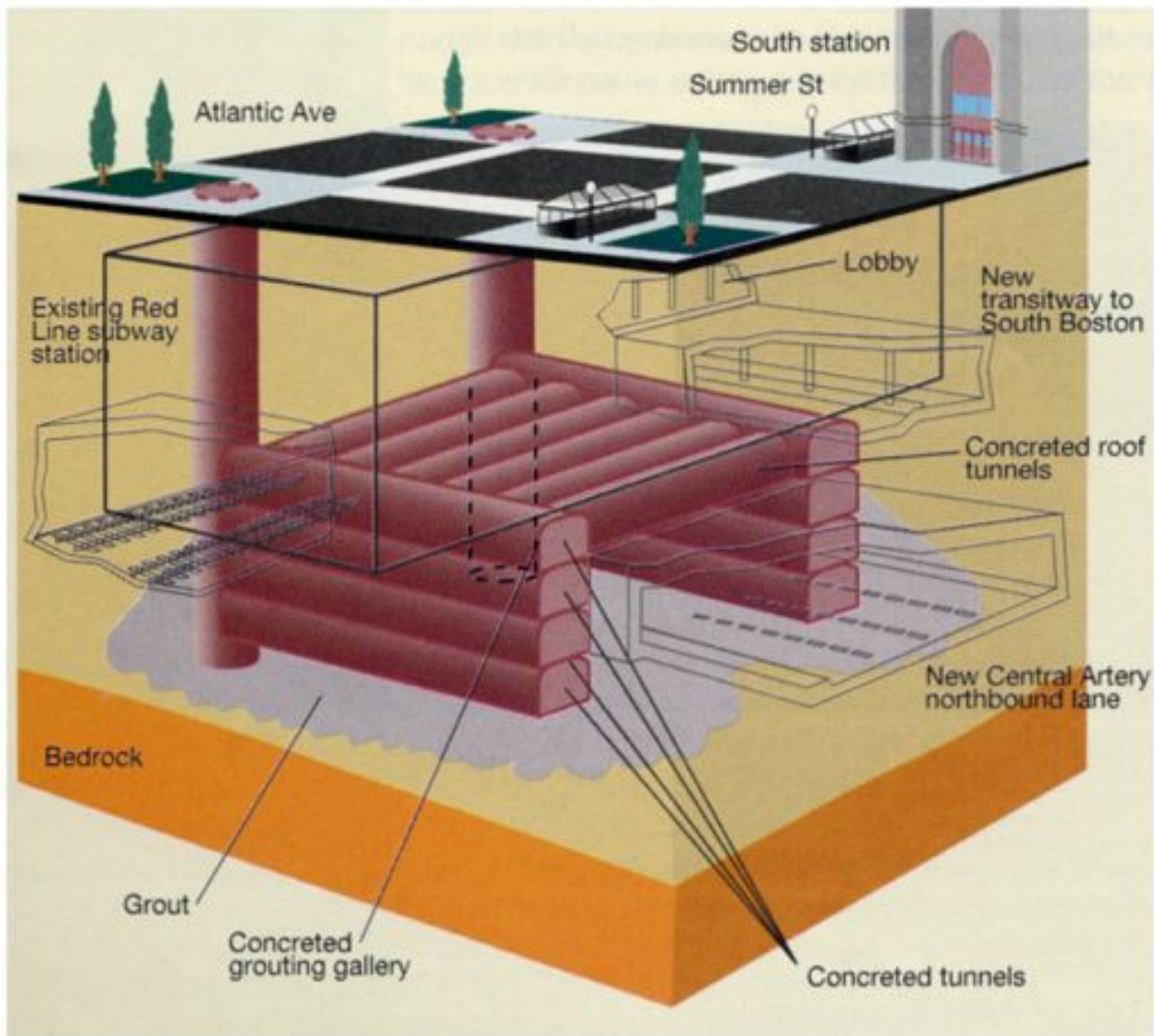




## ESTACIÓN DE AMBERES

Dosel de tubos e inyecciones de compensación

1. Pozos de rebajamiento
2. Inyecciones de compensación
3. Dosel de tubos
4. Hastiales en pozo
5. Excavación interior
6. Cubierta del túnel
7. Solera del túnel

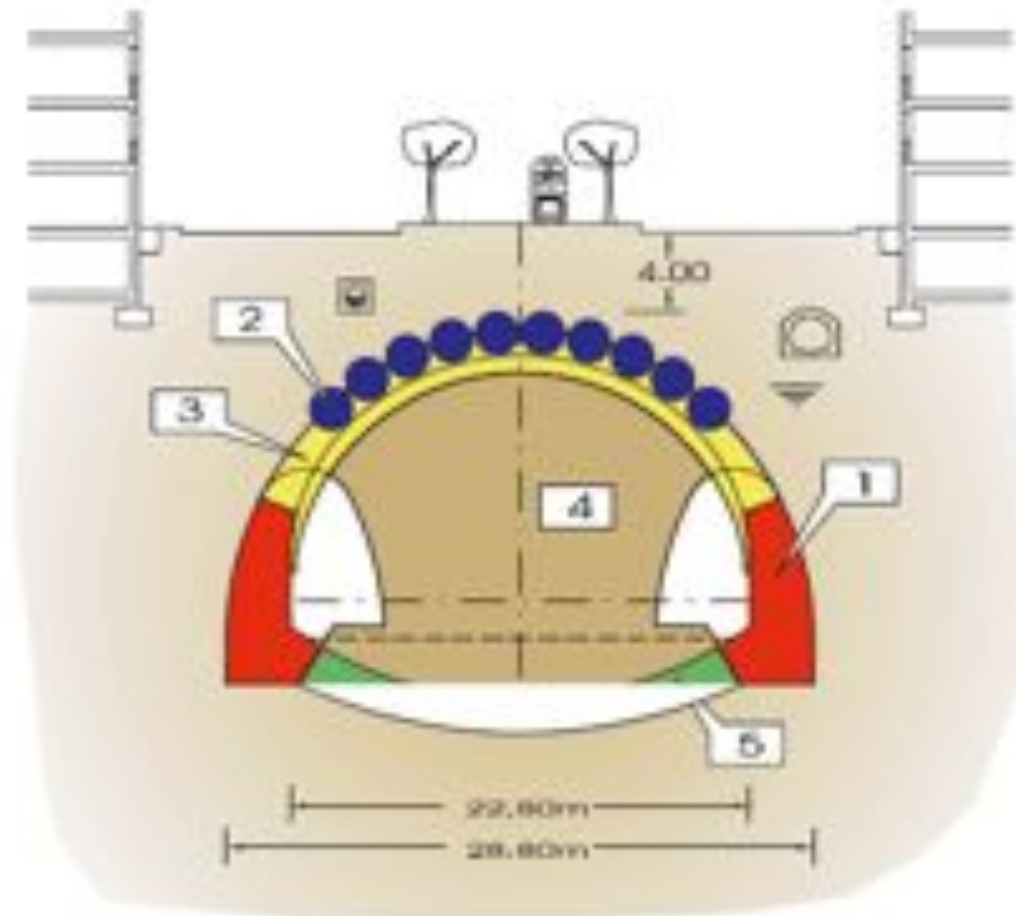


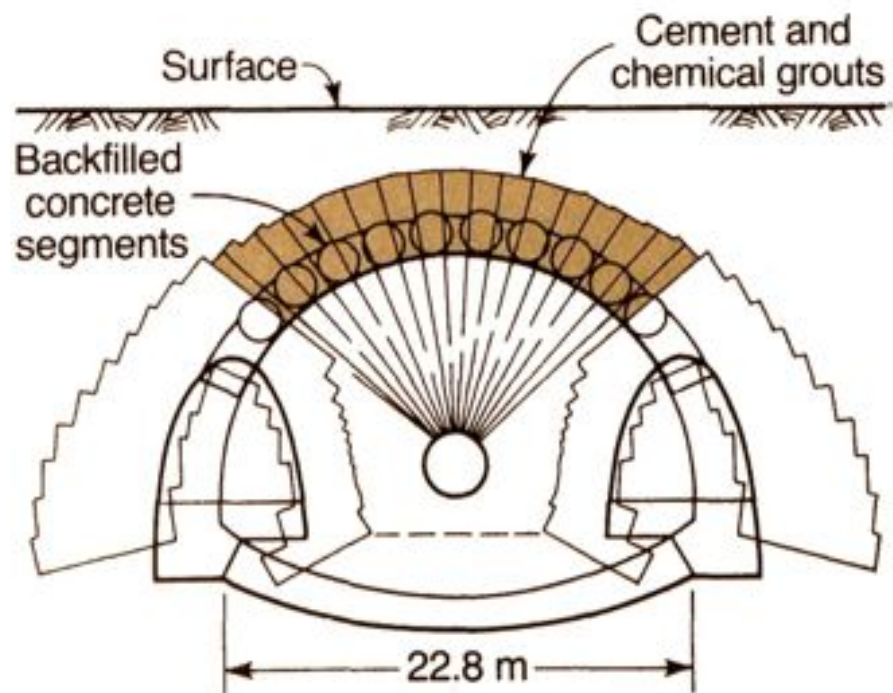
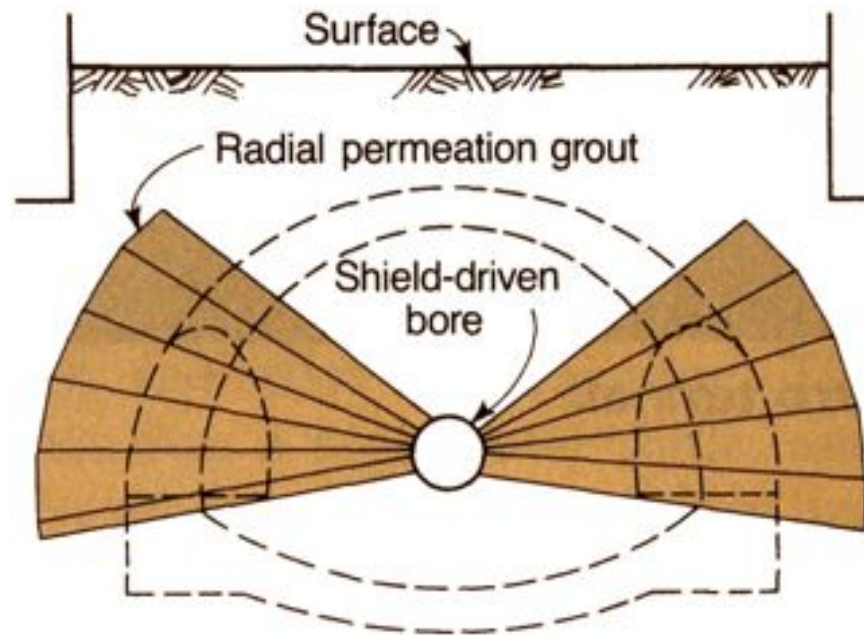
Arteria Central de Boston. Túnel realizado con galerías superpuestas en hastiales y un dosel de galerías como cubierta (T&T, Oct. 97)

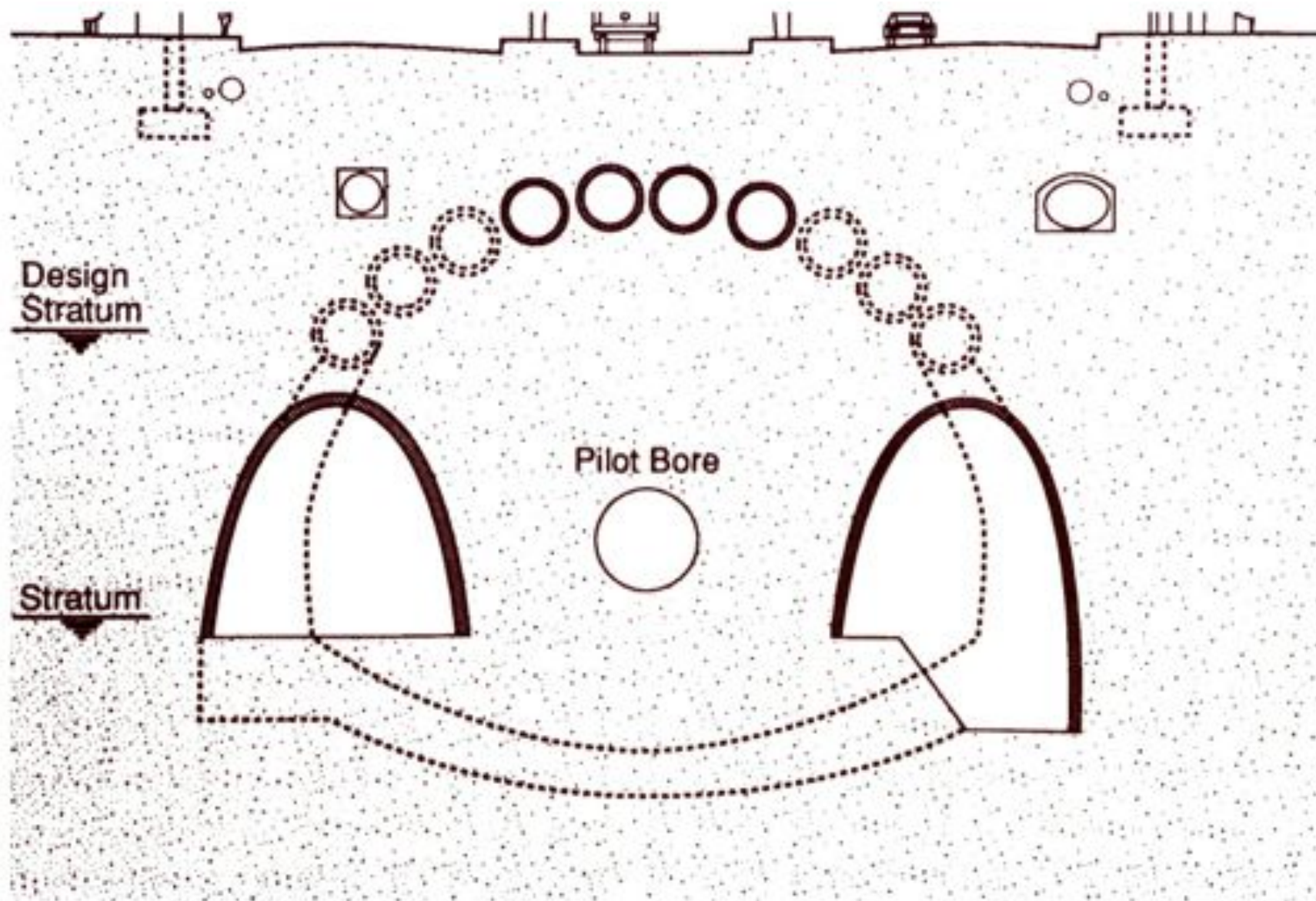


# **La estación “Venezia” del Metro de Milán**

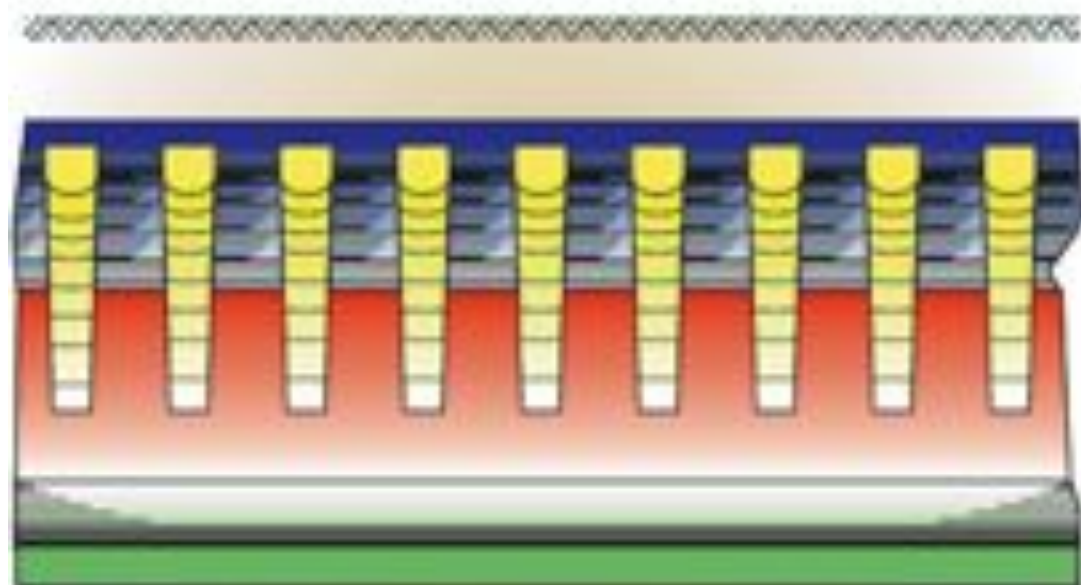
# LA ESTACION “VENEZIA” DEL METRO DE MILAN (Lunardi)

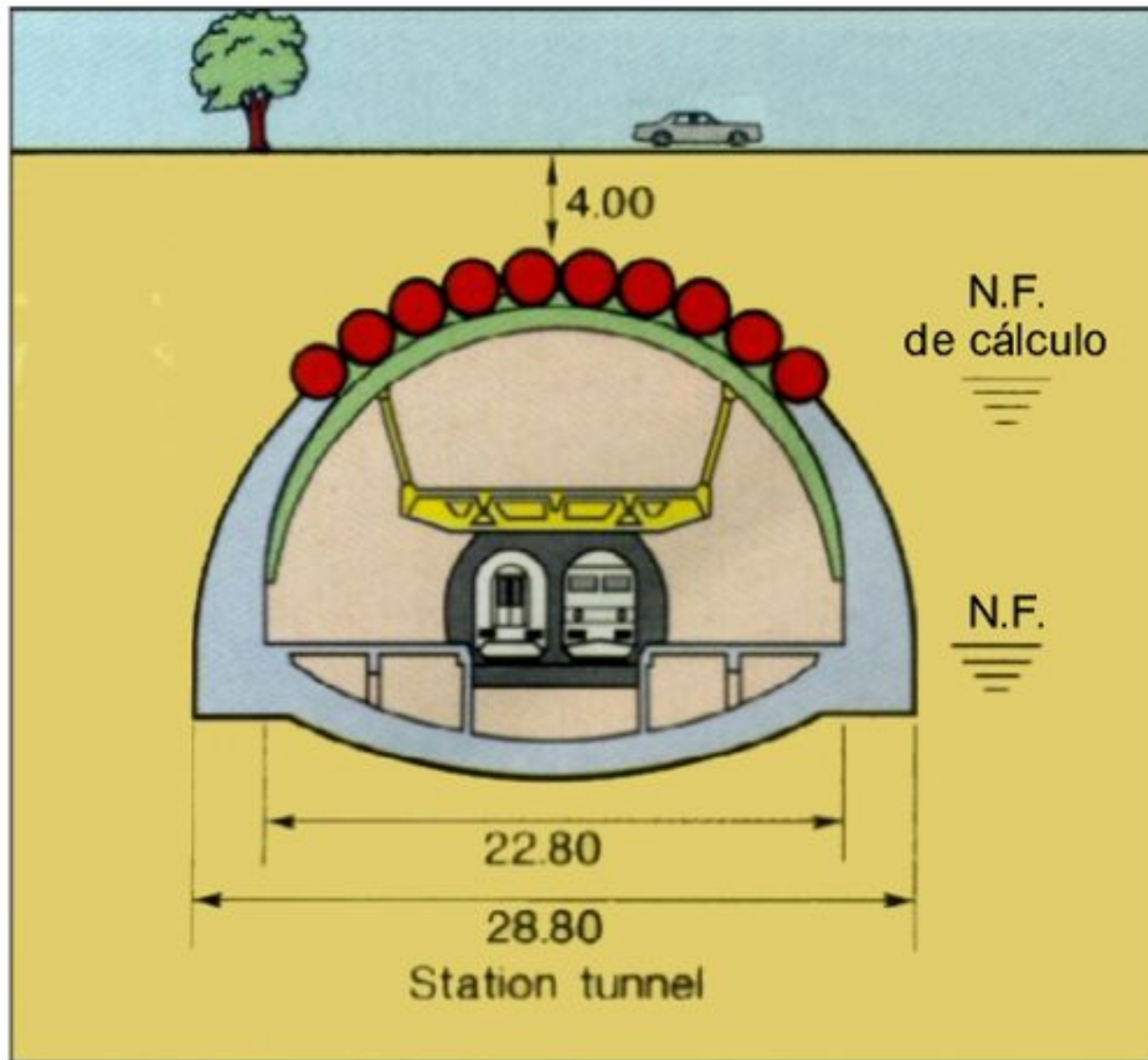




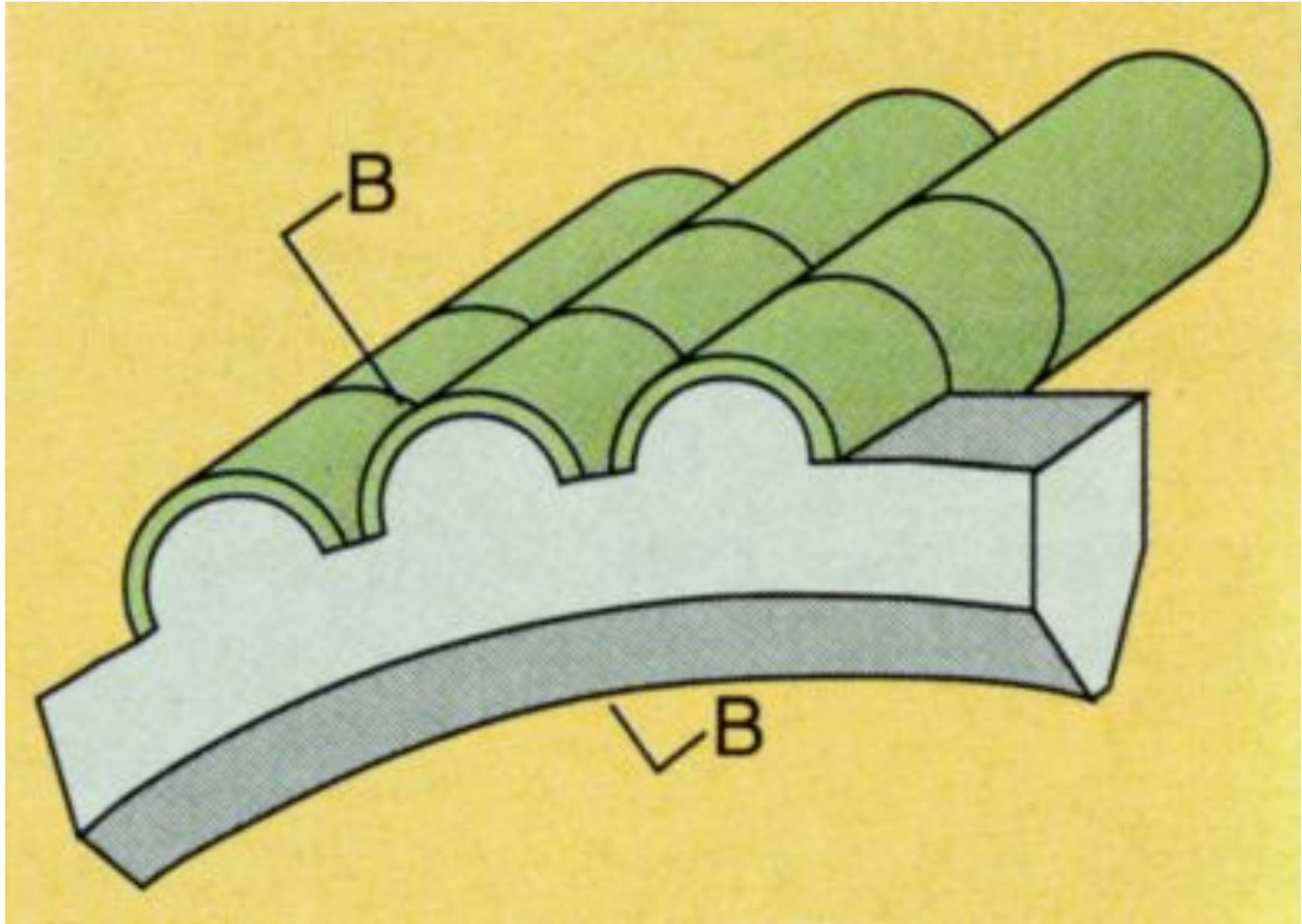








**LA ESTACIÓN “VENEZIA” DEL METRO DE MILÁN**



T&T\_Nov91\_p25



T&T\_Nov91



# **Ampliacion de una estación bajo edificios en el centro de Madrid**

# Estado Inicial



# FASE 1





## FASE 2

Detalle Ejecución de Micropilotes





# FASE 5



Detalle Hormigonado

# FASE 6

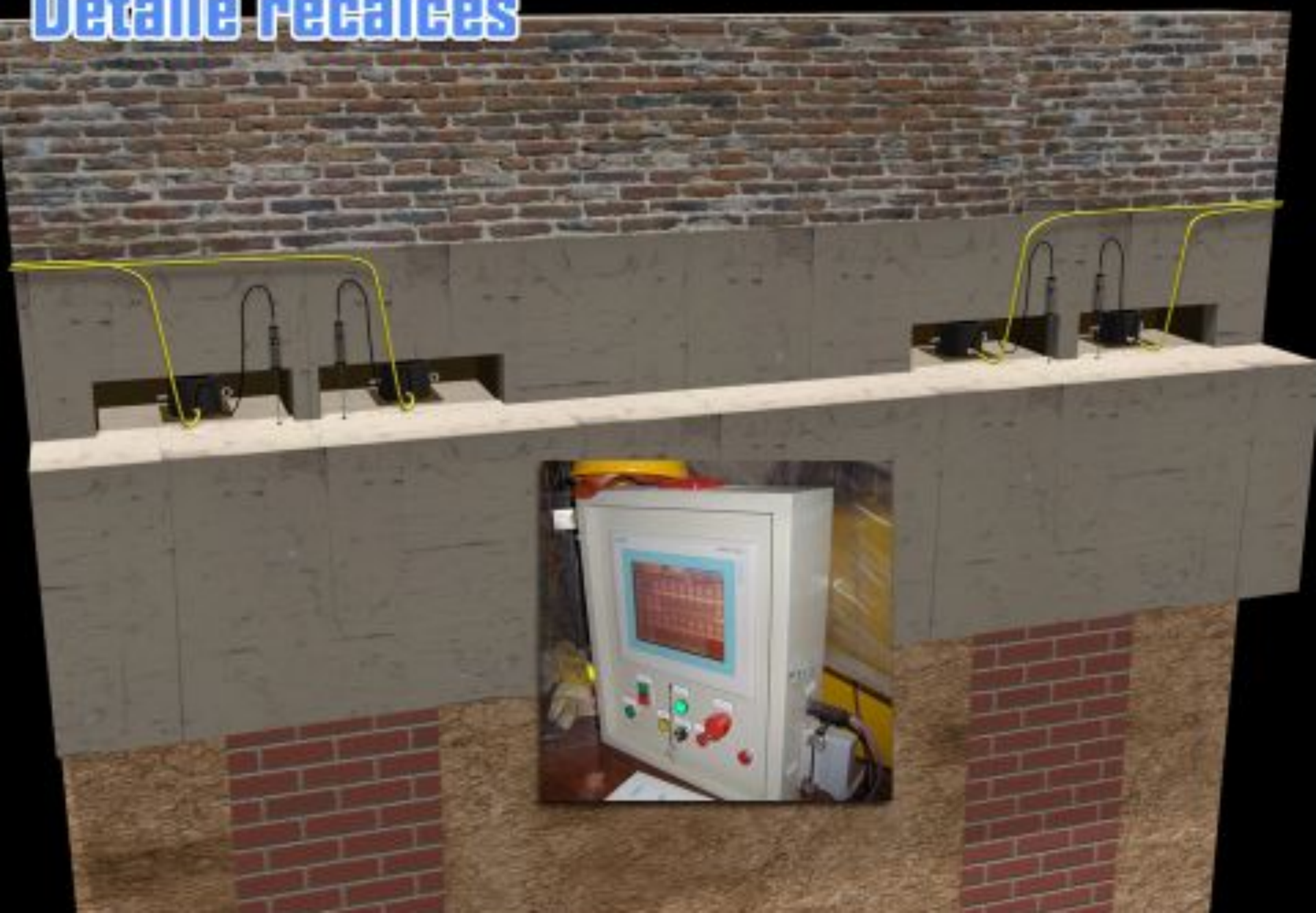




# FASE 12

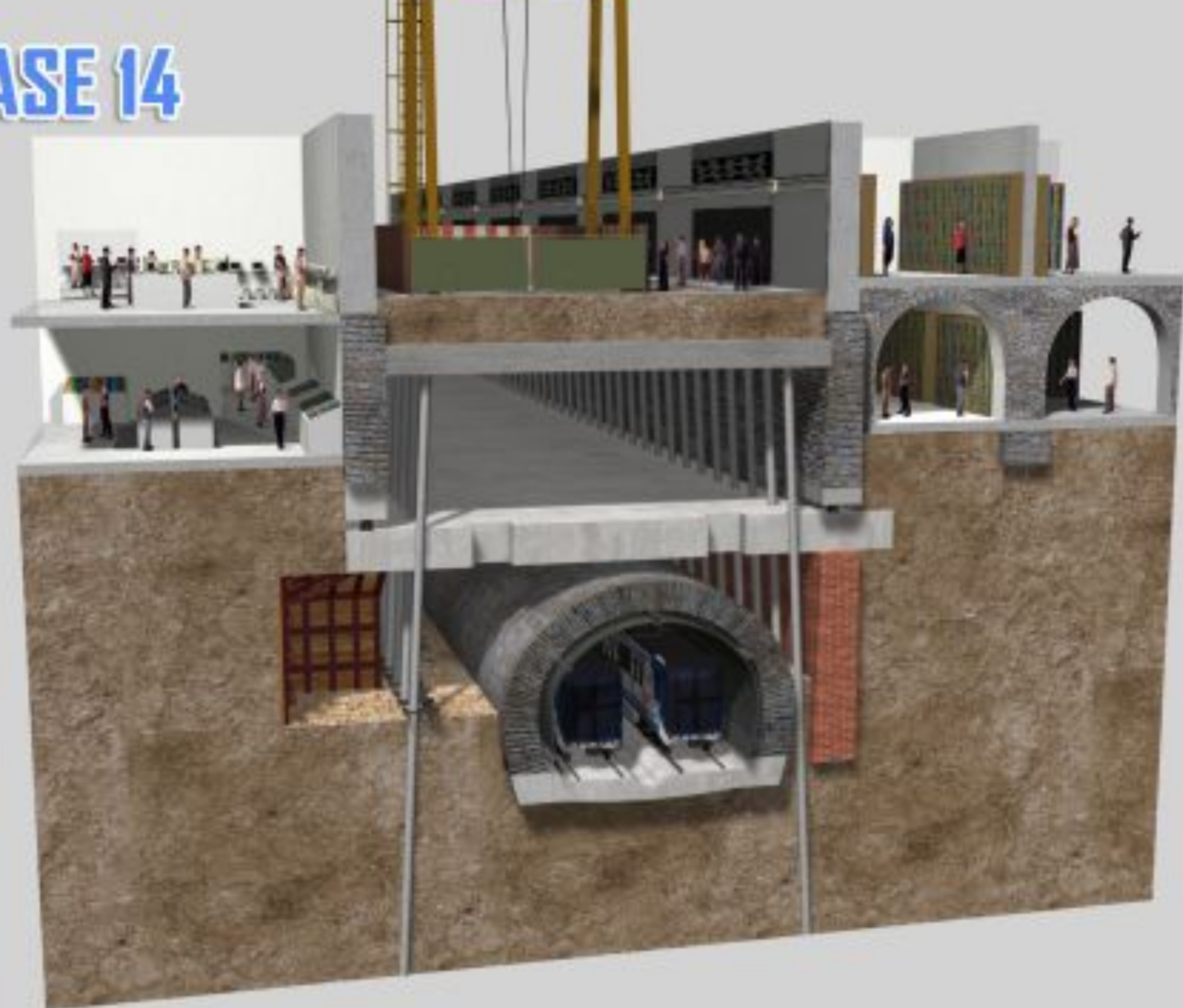


# Detalle recalces





# FASE 14



# Estado intermedio

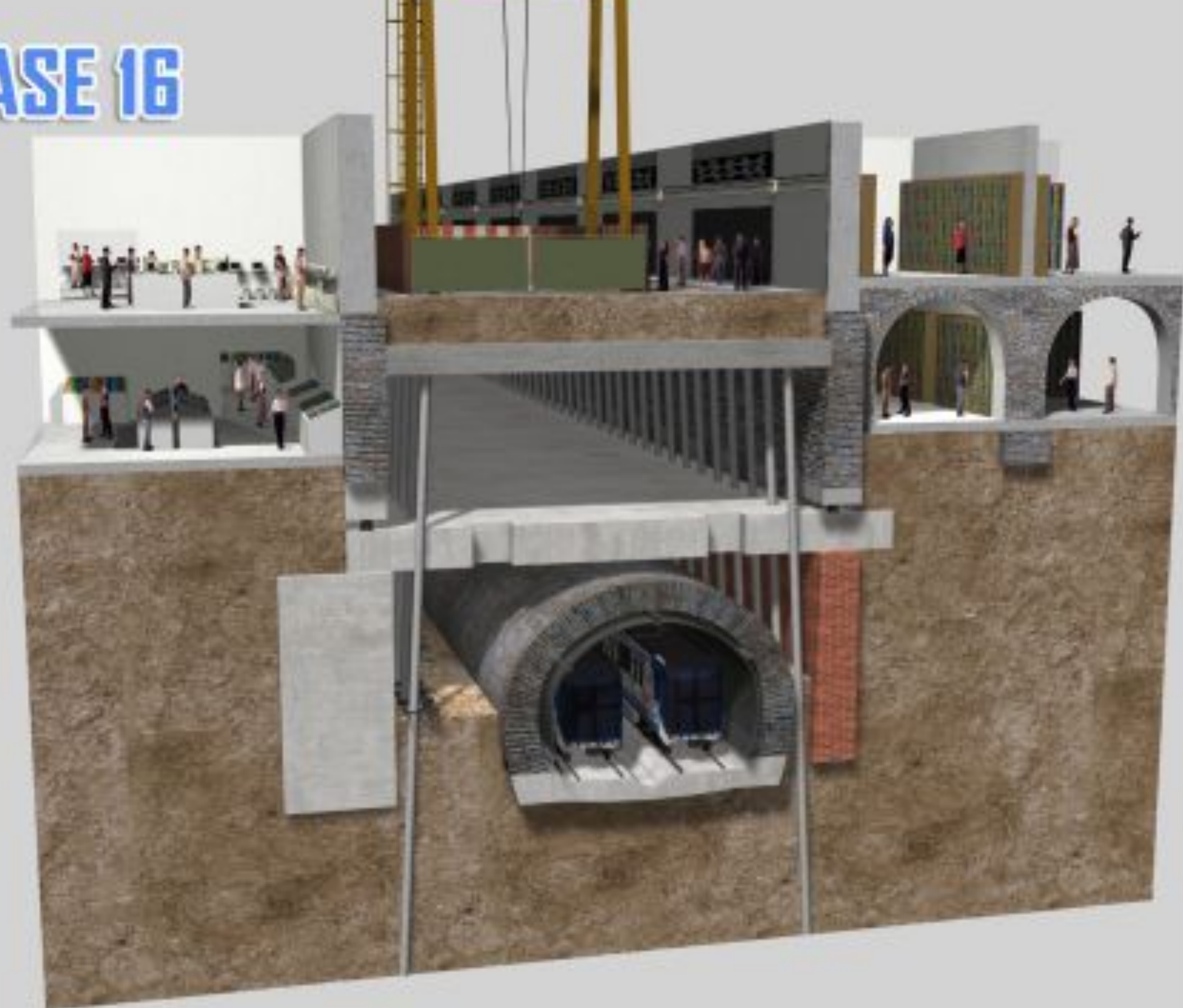




# FASE 15



# FASE 16





# FASE 17



# FASE 19

## Detalle Hormigonado





# FASE 20

## Detalle Demolición Túnel



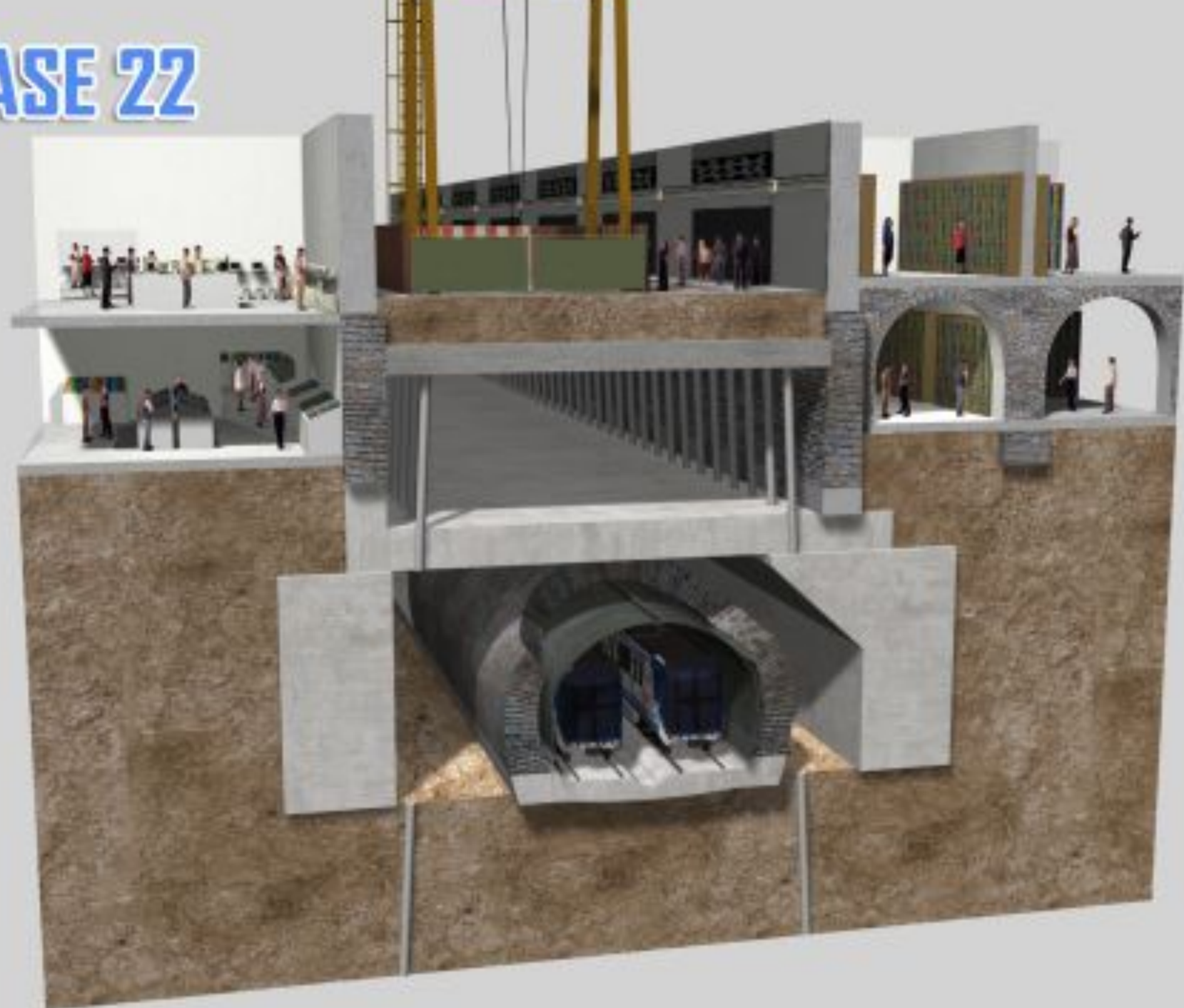
# FASE 21

## Detalle Corte Micropilotes





# FASE 22



# FASE 24



# FASE 25

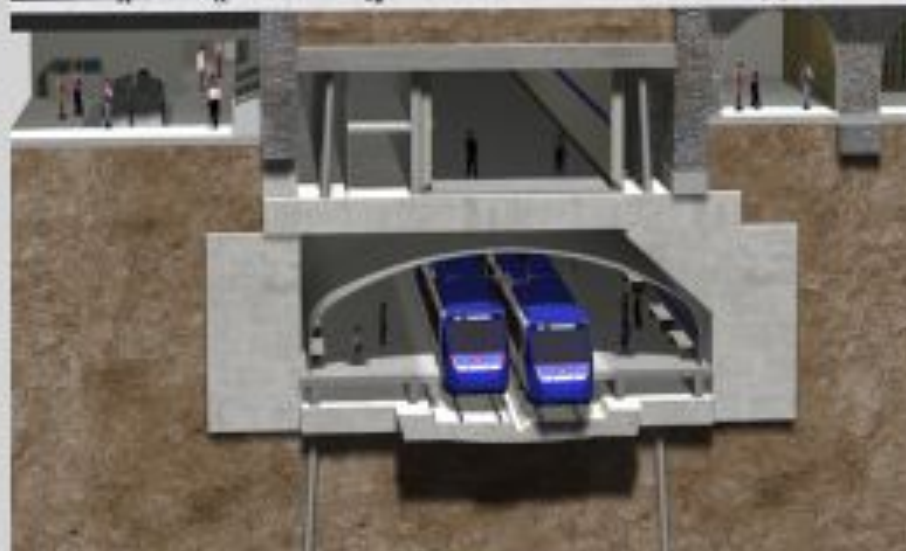




Inicial



Final





**MUCHAS  
GRACIAS POR  
SU ATENCIÓN**