

# Diseño de Túneles: conceptos básicos e innovaciones tecnológicas

**ESTACIONES SUBTERRÁNEAS URBANAS  
CONSTRUIDAS CON MÉTODO INVERTIDO**

prof. Gianfranco Perri

[www.gianfrancoperri.com](http://www.gianfrancoperri.com)

**MACCAFERRI**

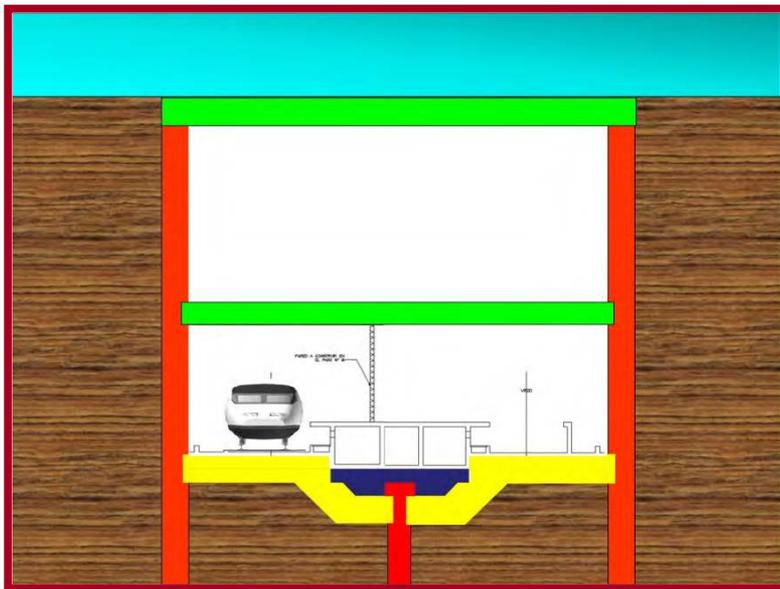
San José de Costa Rica, 29 y 30 septiembre 2015



3 4:24PM

# ESTACIONES SUBTERRÁNEAS URBANAS CONSTRUIDAS CON MÉTODO INVERTIDO

*prof. Gianfranco Perri*



[www.gianfrancoperri.com](http://www.gianfrancoperri.com)

*Bogotá 19 de Junio 2015*



**Sociedad Venezolana de Geotecnia CONFERENCIA 50 ANIVERSARIO**

*Caracas 7 al 9 Noviembre 2008*



**ESTACIONES SUBTERRÁNEAS DEL METRO DE  
VALENCIA Y DE LA LÍNEA TRES DEL METRO DE  
CARACAS CONSTRUIDAS CON MÉTODO INVERTIDO**

*Gianfranco Perri*

Asociación Costarricense de Geotecnia  
**CONGRESO DE INGENIERÍA CIVIL - 2008**

*San José 17 - 19 Septiembre 2008*

**ESTACIONES SUBTERRÁNEAS  
URBANAS CONSTRUIDAS CON  
MÉTODO INVERTIDO**

**Gianfranco Perri**

**Sociedad Colombiana de Geotecnia**  
**SIMPOSIO SURAMERICANO DE EXCAVACIONES EN ROCAS**

*Bogotá 1 - 2 Septiembre 2008*



**ESTACIONES SUBTERRÁNEAS  
URBANAS CONSTRUIDAS CON  
MÉTODO INVERTIDO**

**Gianfranco Perri**

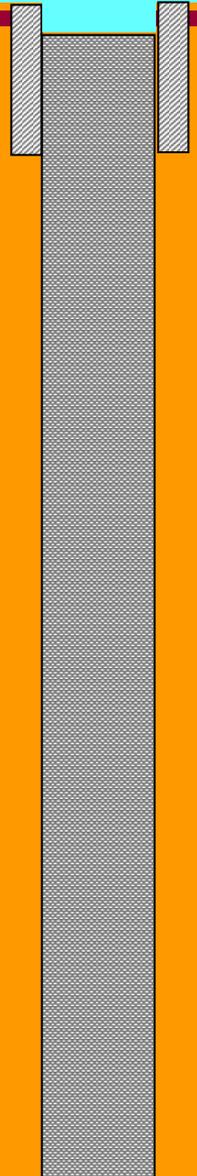
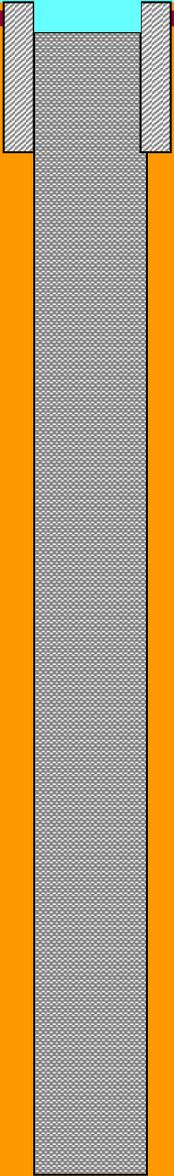
## ***ESTRUCTURAS SUBTERÁNEAS CONSTRUIDAS CON MÉTODO INVERTIDO***

Por “*Construcción con Método Invertido*” para una estación subterránea de transporte masivo, se refiere aquel procedimiento constructivo según el cual los muros perimetrales y demás elementos estructurales portantes principales (columnas) de la estación, se ejecutan todos desde la superficie en la primera etapa de la construcción.

Luego, la segunda etapa constructiva prevé la construcción del techo de la estación y sucesivamente se procede, desde el subterráneo, a excavar y construir todas las demás estructuras internas, esencialmente las losas de mezanine y de andén y/o losa de fondo, junto con todos los otros elementos estructurales accesorios, como escaleras, pasillos de comunicación, etc.

Con tal procedimiento constructivo se libera el área de superficie al tránsito y demás actividades en tiempos muy breves, ya que la mayor parte de las etapas constructivas de la estación se llevan finalmente a cabo desde el subterráneo.

# FASE 1



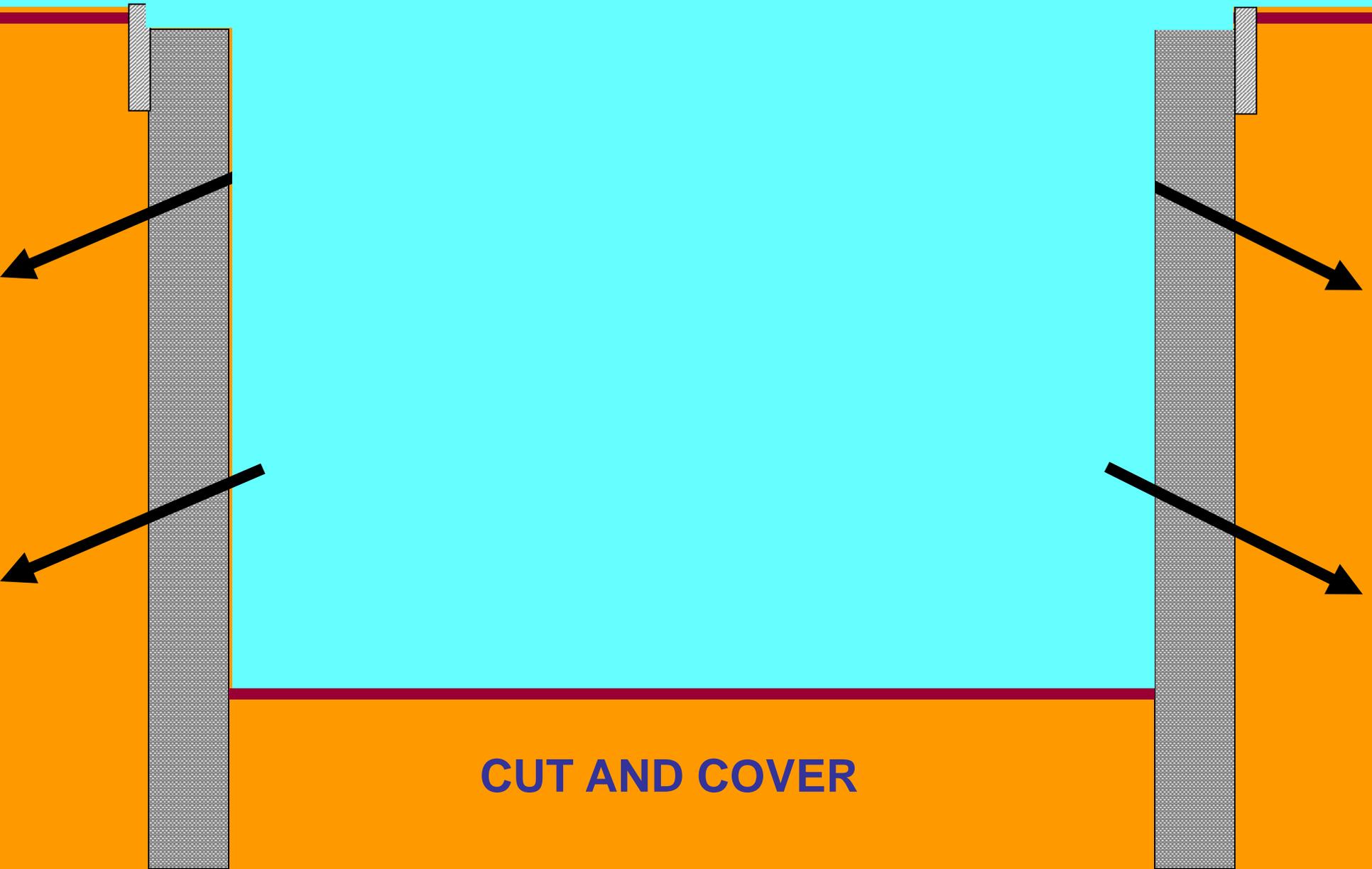
**CUT AND COVER**

**FASE 2**



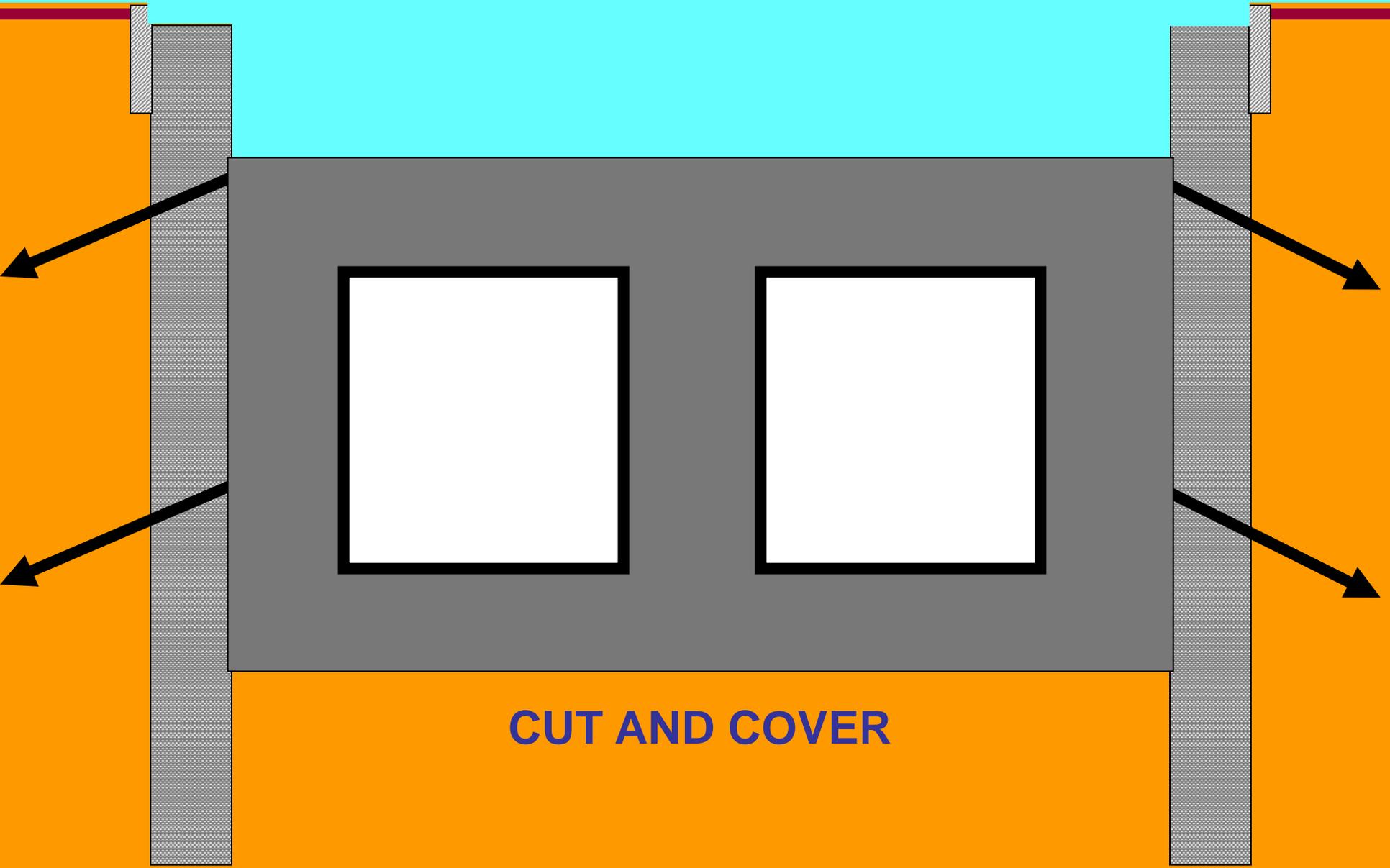
**CUT AND COVER**

**FASE 3**



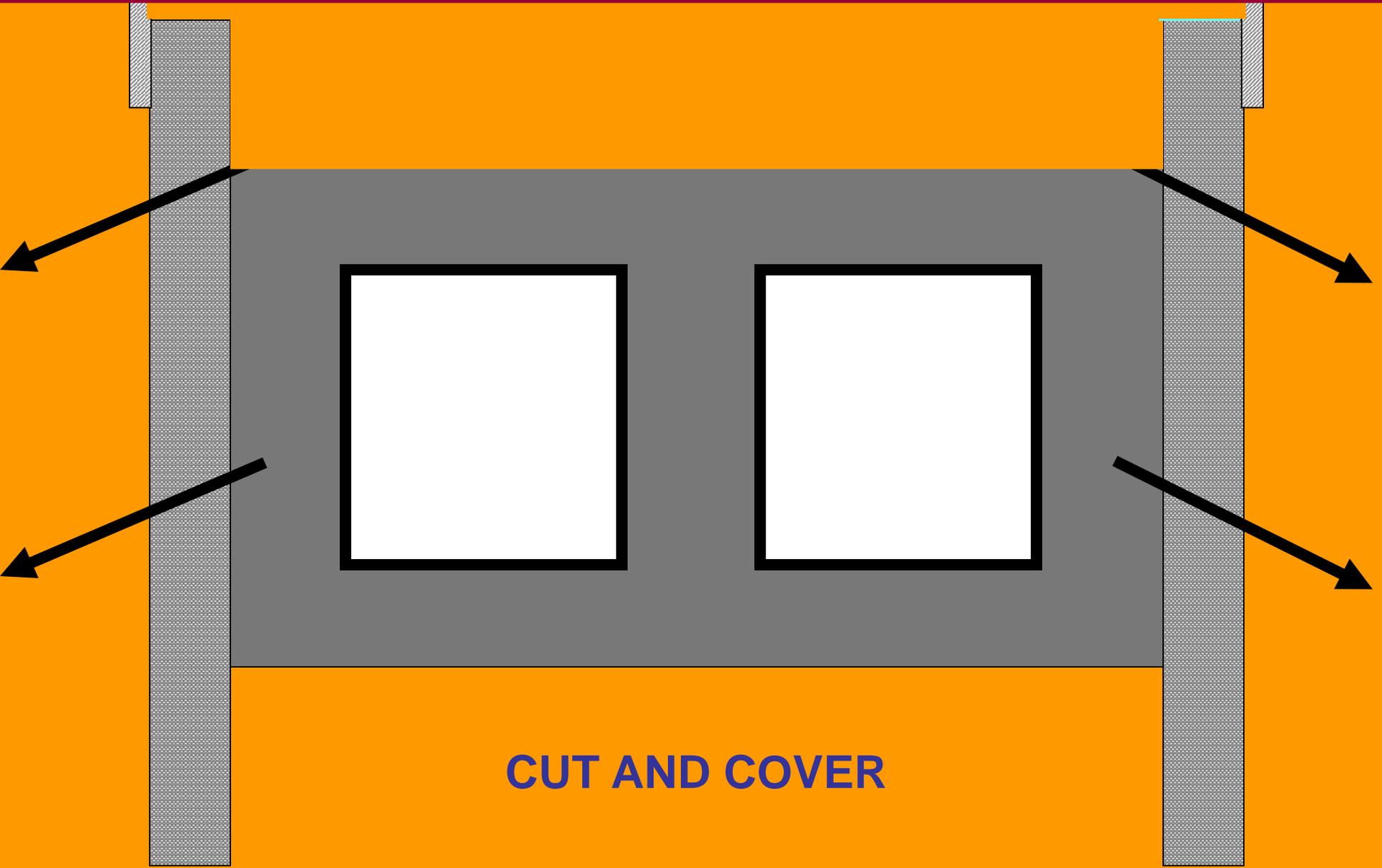
**CUT AND COVER**

**FASE 4**



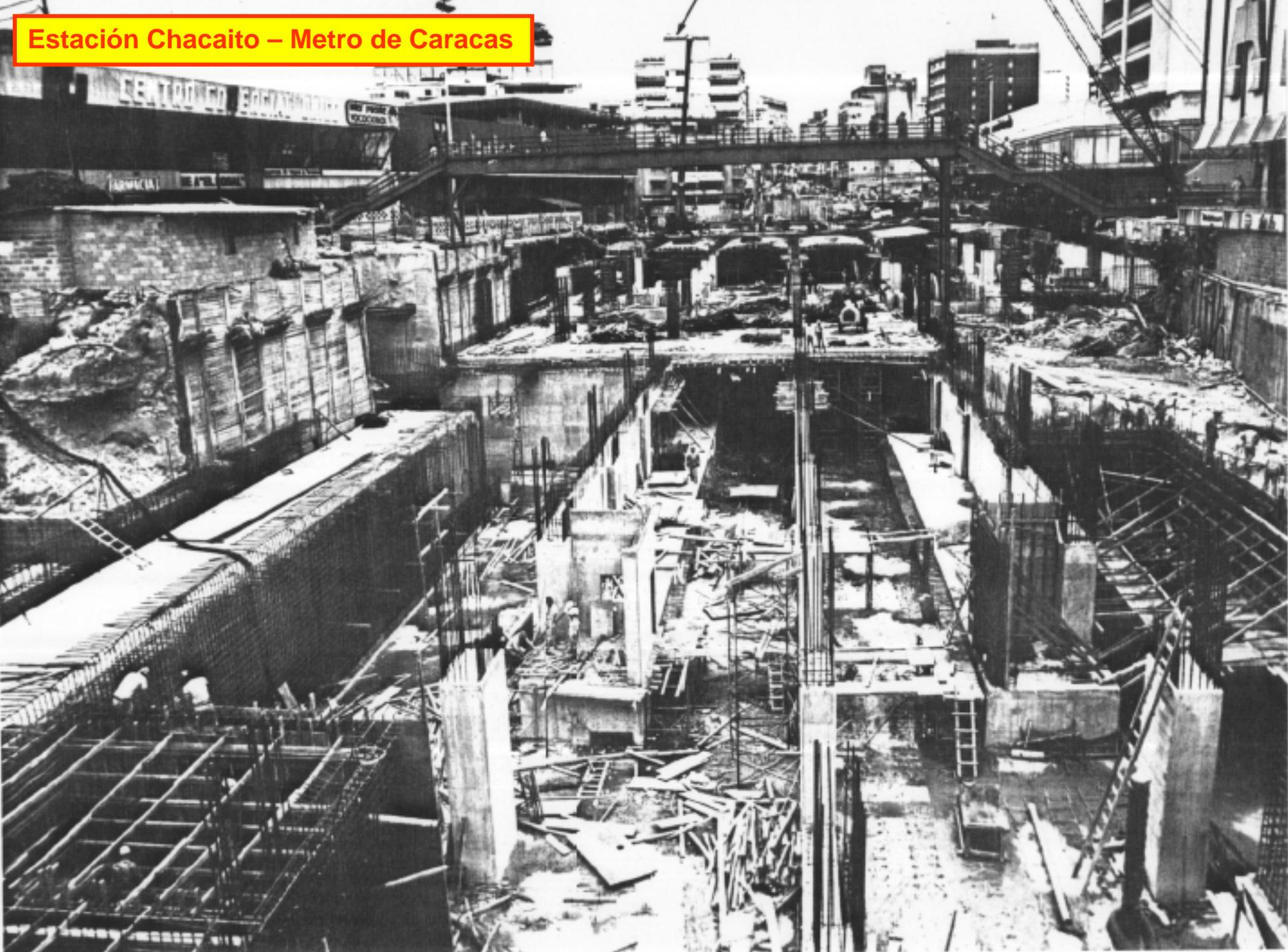
**CUT AND COVER**

**FASE 5**



**CUT AND COVER**

**Estación Chacaito – Metro de Caracas**



**Estación El Silencio – Metro de Caracas**



**Estación Caracas – Ferrocarril Central**









**FASE 2**



***METODO INVERTIDO***

# FASE 3



***METODO INVERTIDO***

# FASE 4



***METODO INVERTIDO***

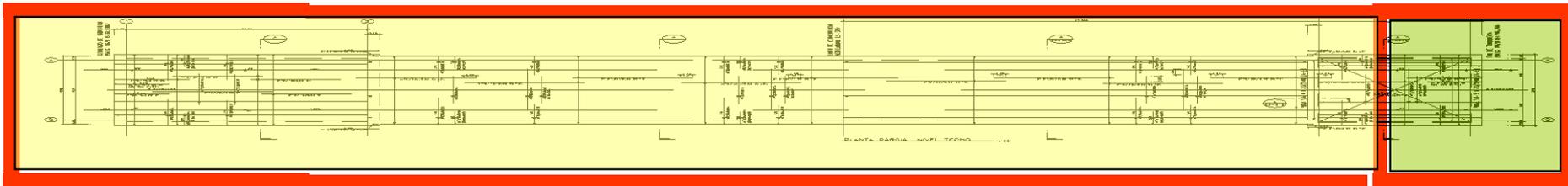


# FASE 6

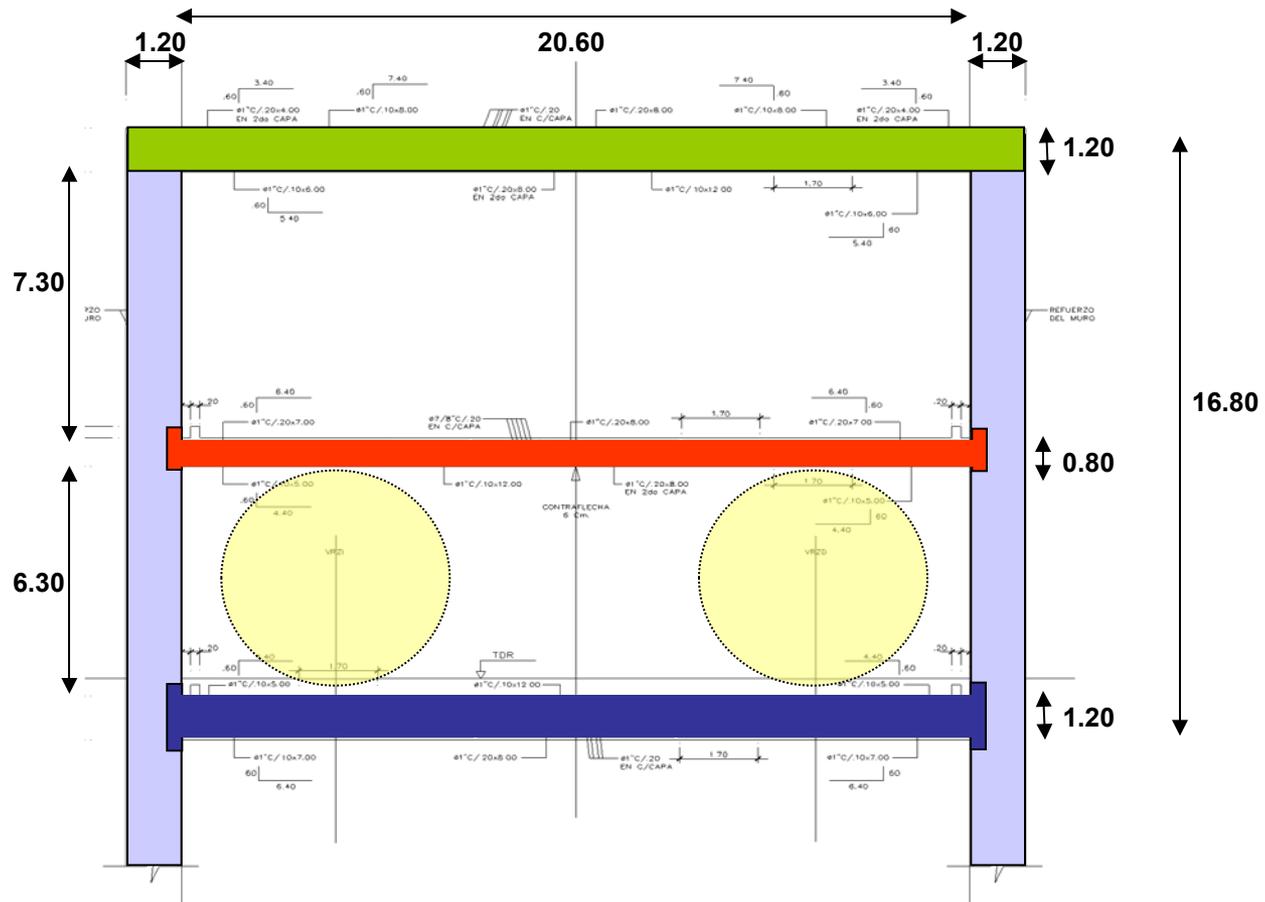


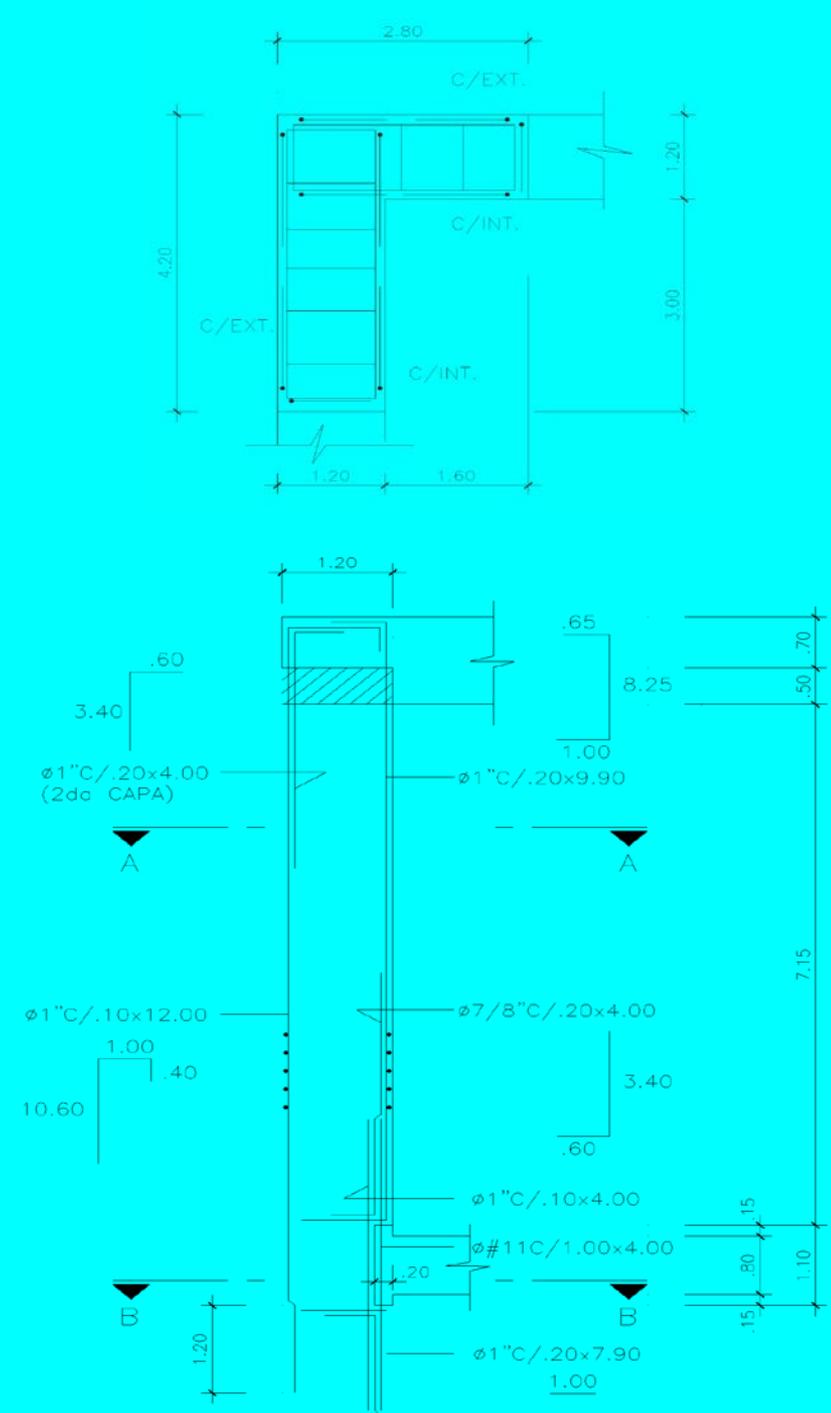
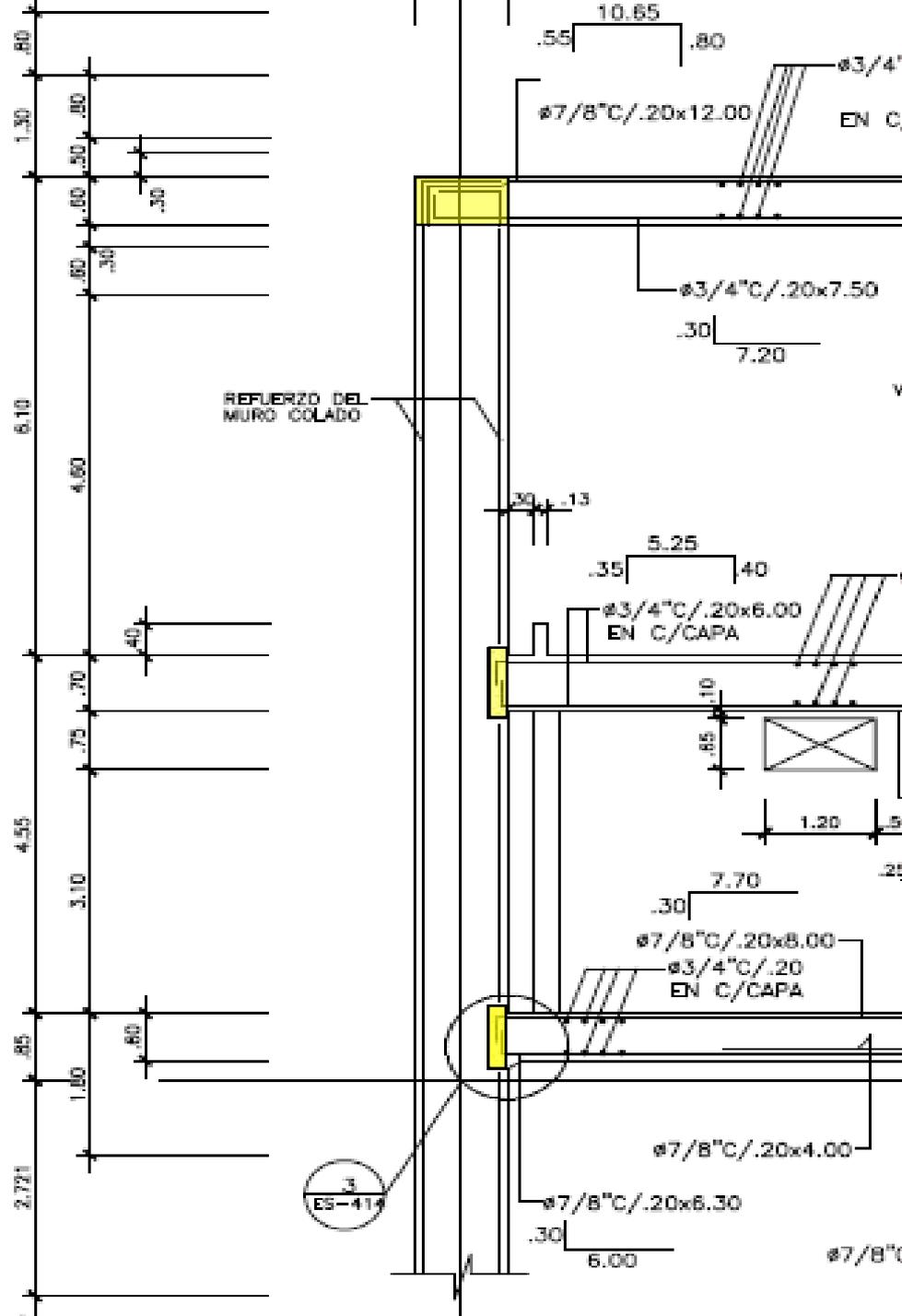
***METODO INVERTIDO***

# Metro de Caracas Línea III - TRINCHERA CAMBIAVÍAS COCHE



136.30









14 12 2005



11 2 2006



27 2 2006



27 2 2006



11 2 2006



11 2 2006



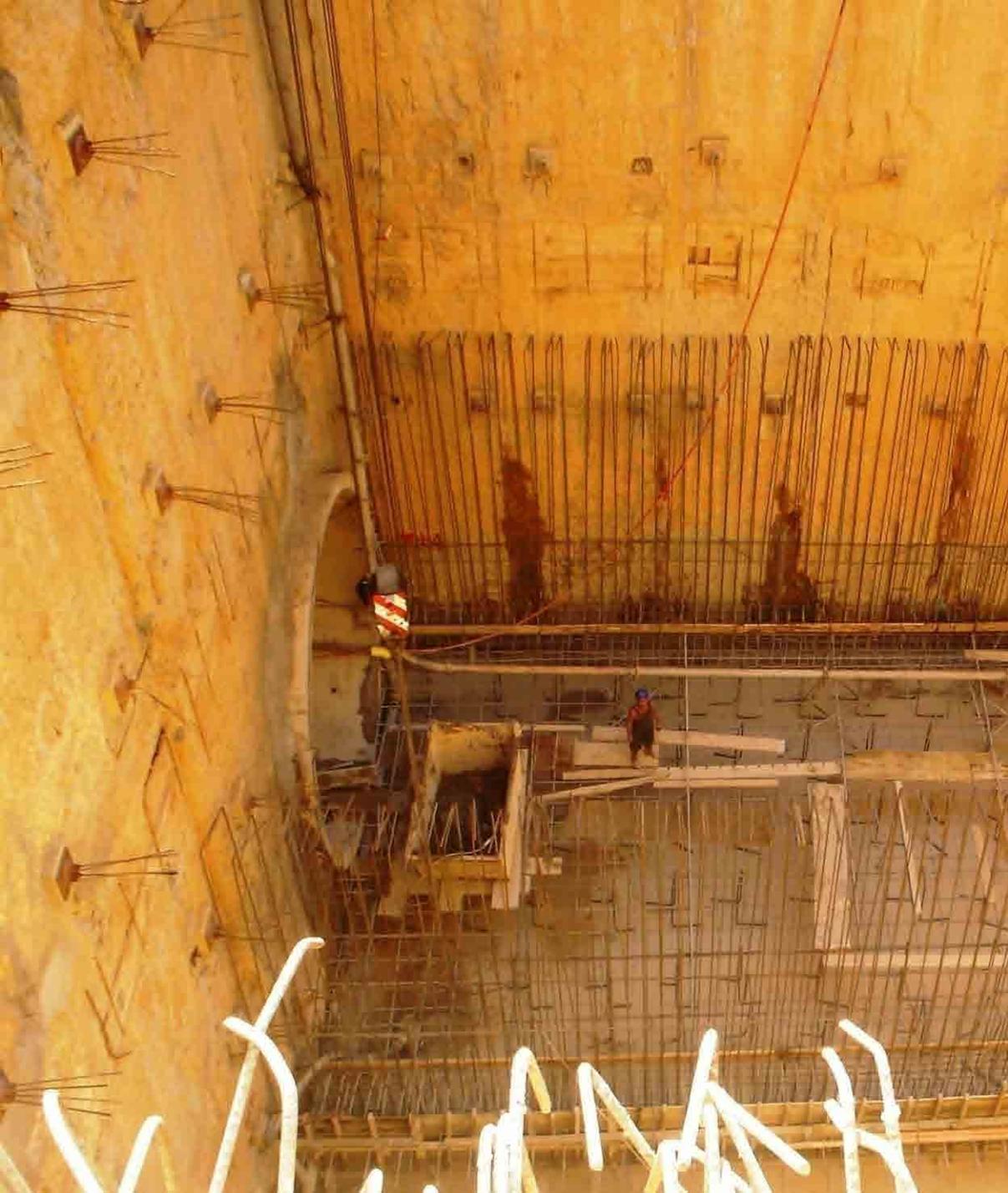
14 12 2005



13 12 2005



26 10 2006







2 2 2006



2  
2  
2006



27 2 2006



7 0:04PM



21 10:09AM





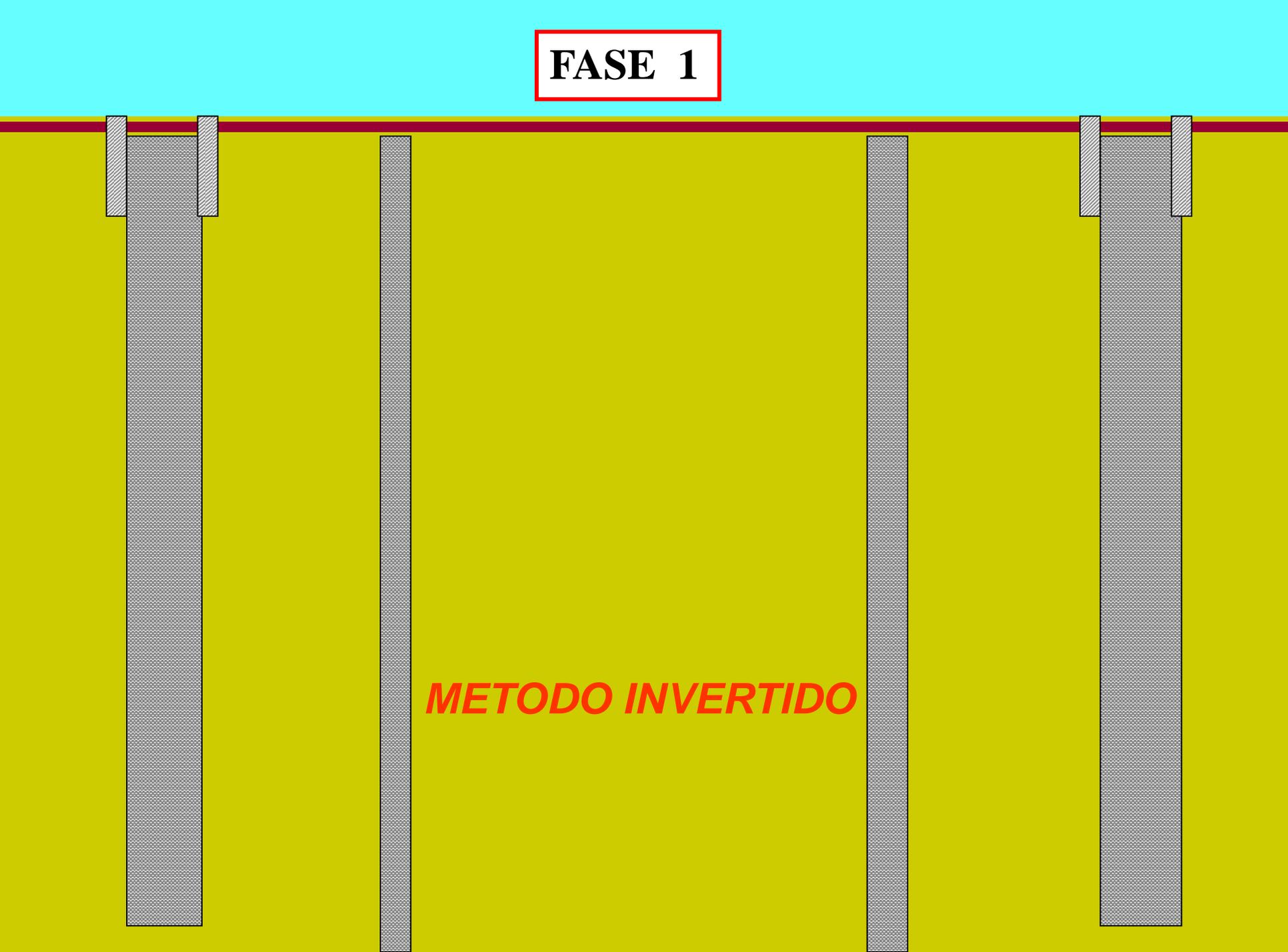


11 2 2006



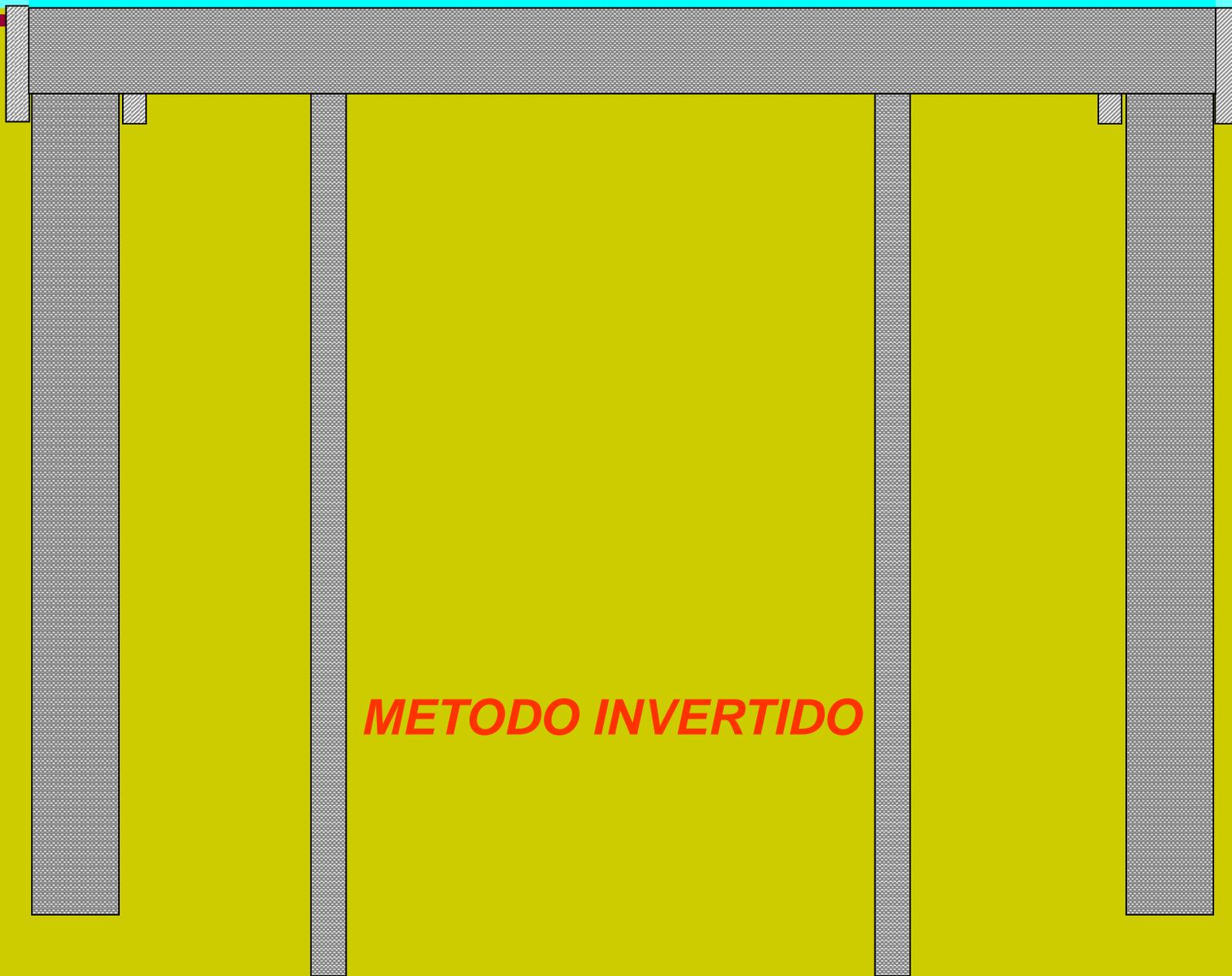
# FASE 1

*METODO INVERTIDO*



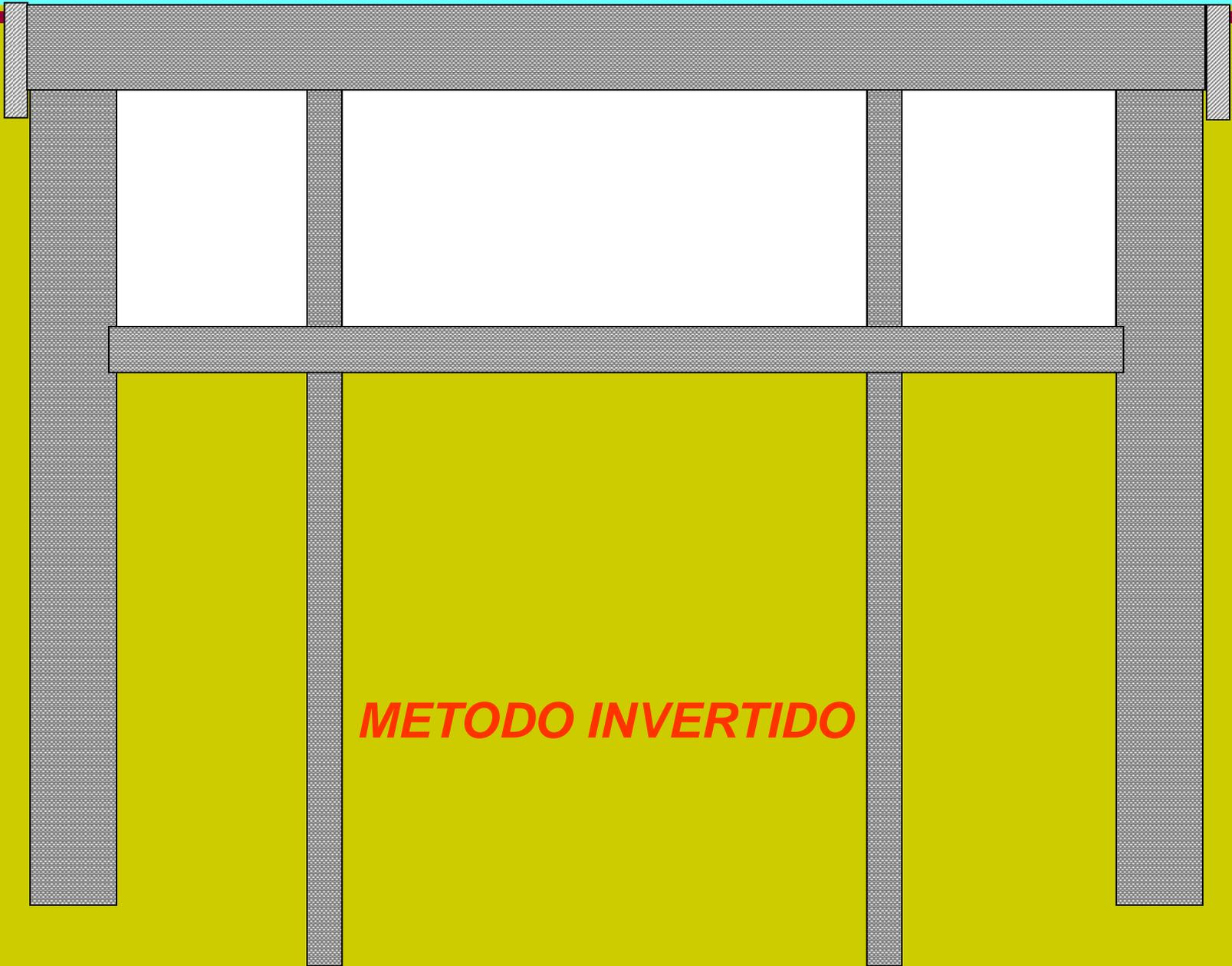
The diagram illustrates the 'Método Invertido' (Inverted Method) in three stages. The background is a solid yellow color, representing the ground. At the top, there is a horizontal red line representing the ground surface. In the first stage on the left, a vertical grey bar is shown being lowered into the ground. Two small, hatched rectangular blocks are positioned at the top of the bar, just below the surface. In the second stage in the middle, the grey bar is shown further lowered, with the hatched blocks now resting on the surface. In the third stage on the right, the grey bar is shown at its final position, fully embedded in the ground, with the hatched blocks still on the surface.

## FASE 2



***METODO INVERTIDO***

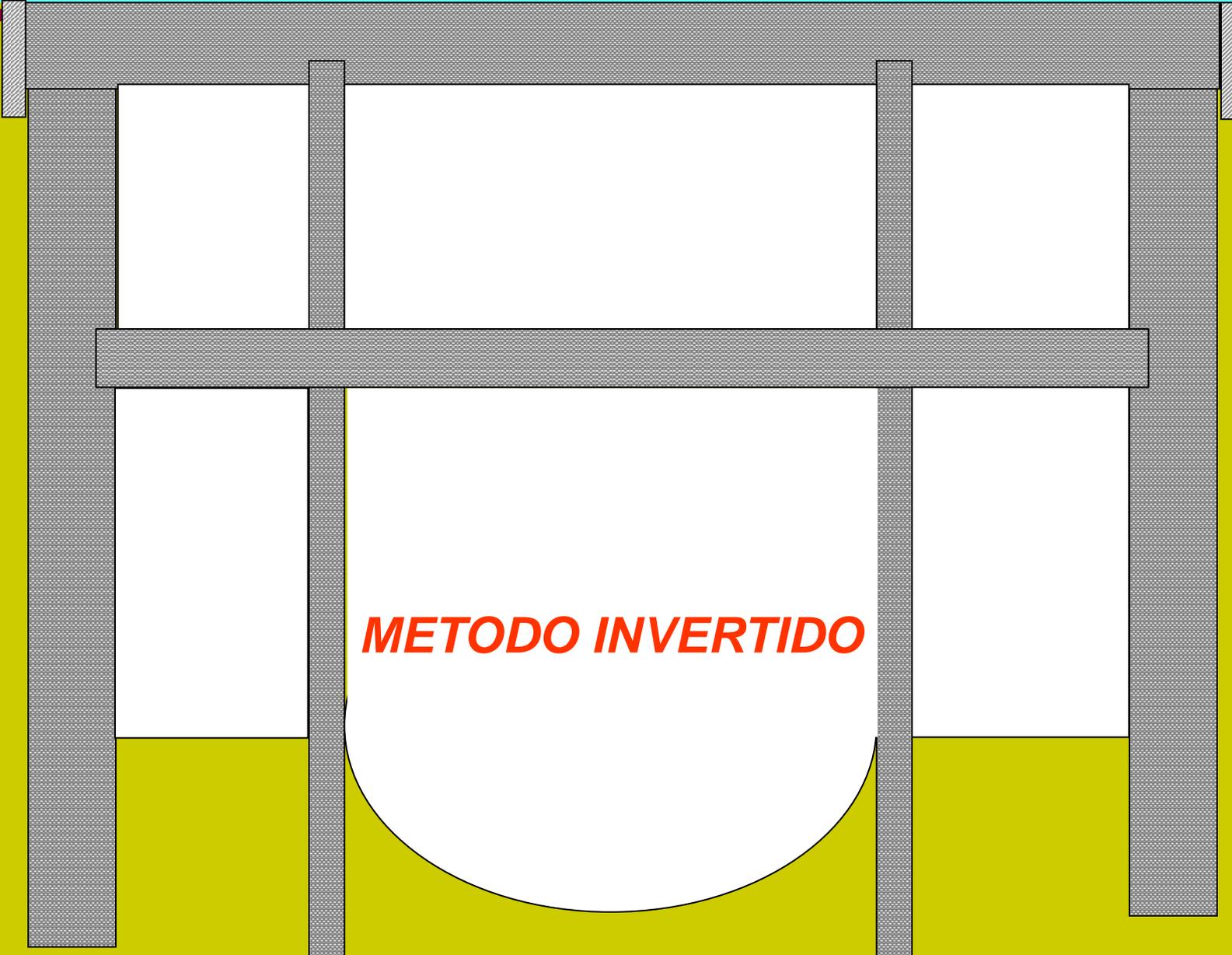
# FASE 3



***METODO INVERTIDO***

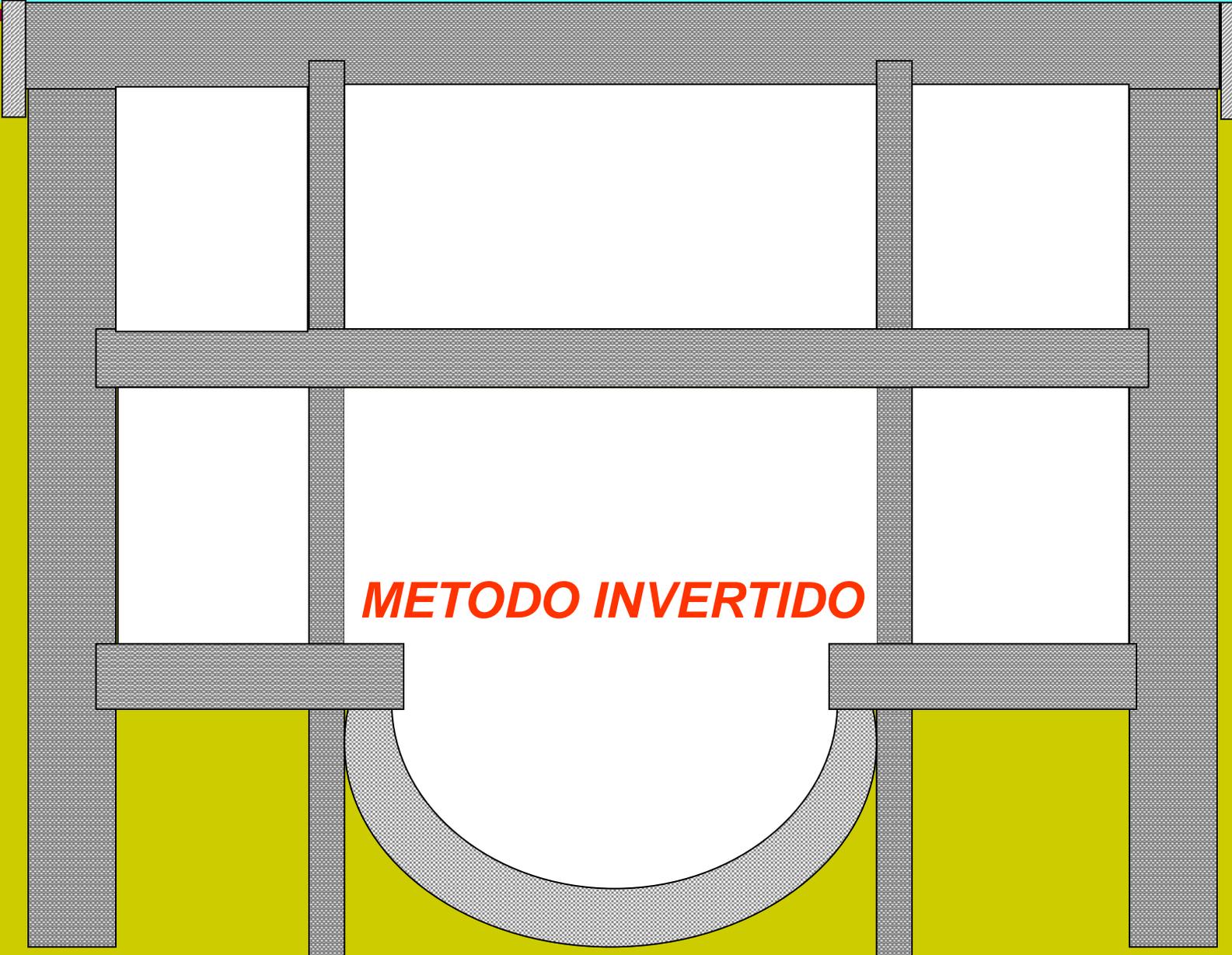
# FASE 4

***METODO INVERTIDO***

The diagram illustrates the inverted method for foundation construction. It shows a cross-section of a structure being built in a trench. At the top, a horizontal concrete beam is cast. Two vertical concrete columns are cast from the top down. A horizontal concrete beam is cast across the top of these columns. A second horizontal concrete beam is cast below the first one, supported by the columns. The space between the two horizontal beams is filled with soil. The bottom of the trench is a curved, inverted U-shape, representing the foundation. The text 'METODO INVERTIDO' is written in red, italicized letters in the center of the diagram.

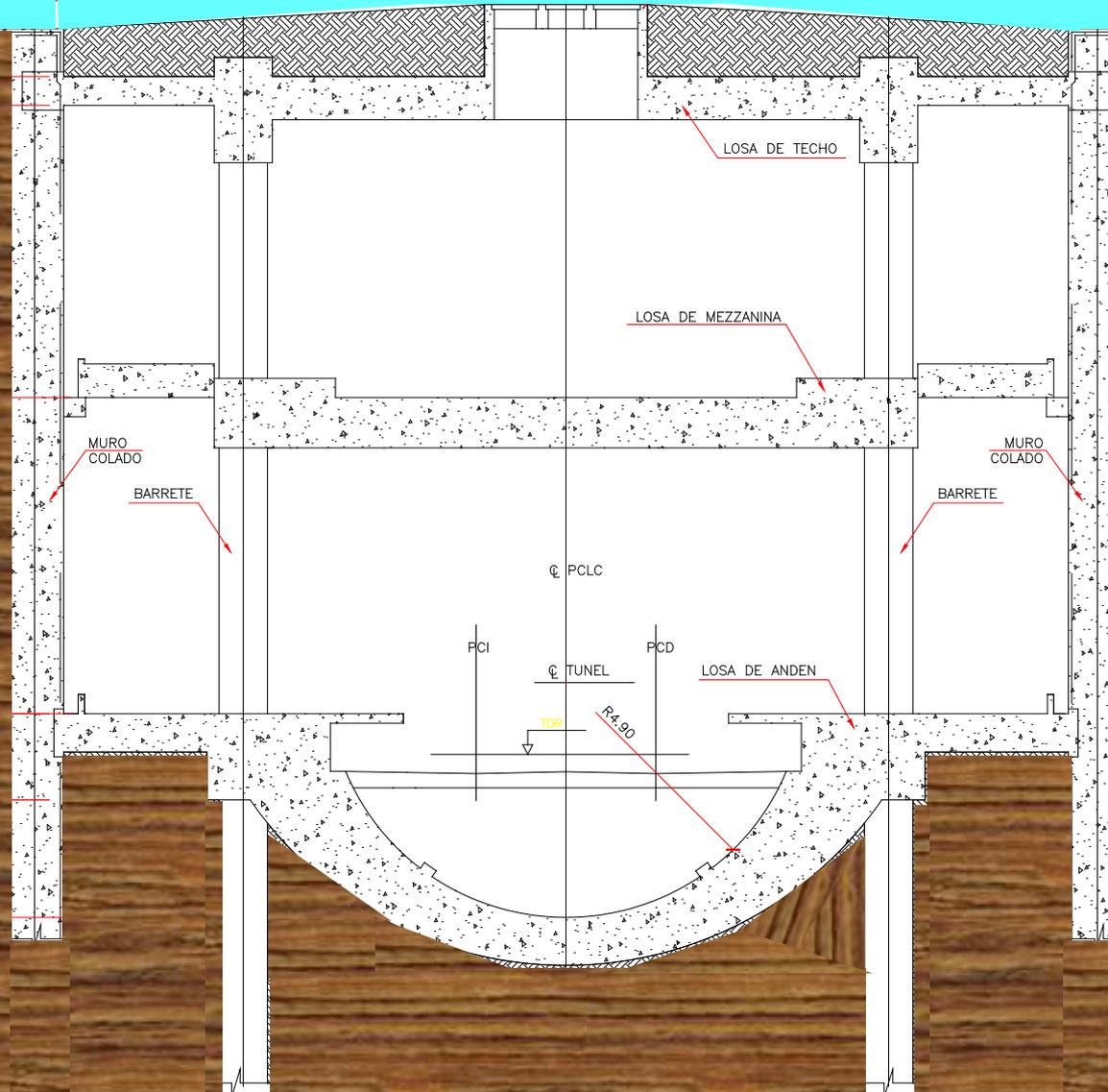
# FASE 5

***METODO INVERTIDO***



The diagram illustrates the 'Método Invertido' (Inverted Method) for foundation construction in five stages. It shows a cross-section of a structure being built from the ground up. The ground is represented by a yellow area, and the structure is shown in grey. The stages are: 1. A concrete slab is cast at the top of the ground level. 2. Two vertical columns are cast down from the slab. 3. A horizontal beam is cast across the top of the columns. 4. A second horizontal beam is cast below the first one. 5. A semi-circular foundation is cast at the bottom of the structure, connecting the two columns. The text 'METODO INVERTIDO' is written in red, bold, italicized letters in the center of the diagram.

# Estación Santa Rosa del Metro de Valencia







AUTOMOTRIZ  
BASES PARA MOTORES Y CAJAS · GOMAS EN

REPUUESTOS

GOMAS

REPUUESTOS

























PACHECO C.A.

Y CLAVS - GIMAS EN GENERAL

SISTEMAS DE ESCAPES  
PARA GANDOLAS  
CAMIONES

AVILA  
MA  
1470-40-0017



Flamato Flamato

FRENOS Y REPUESTOS

TIRADO

CONSTRUCCION DE...  
SOLUCIONES EN...  
CONCRETO Y...  
ACEROS...  
TEL: 011 234 5678 90

FABRICA

































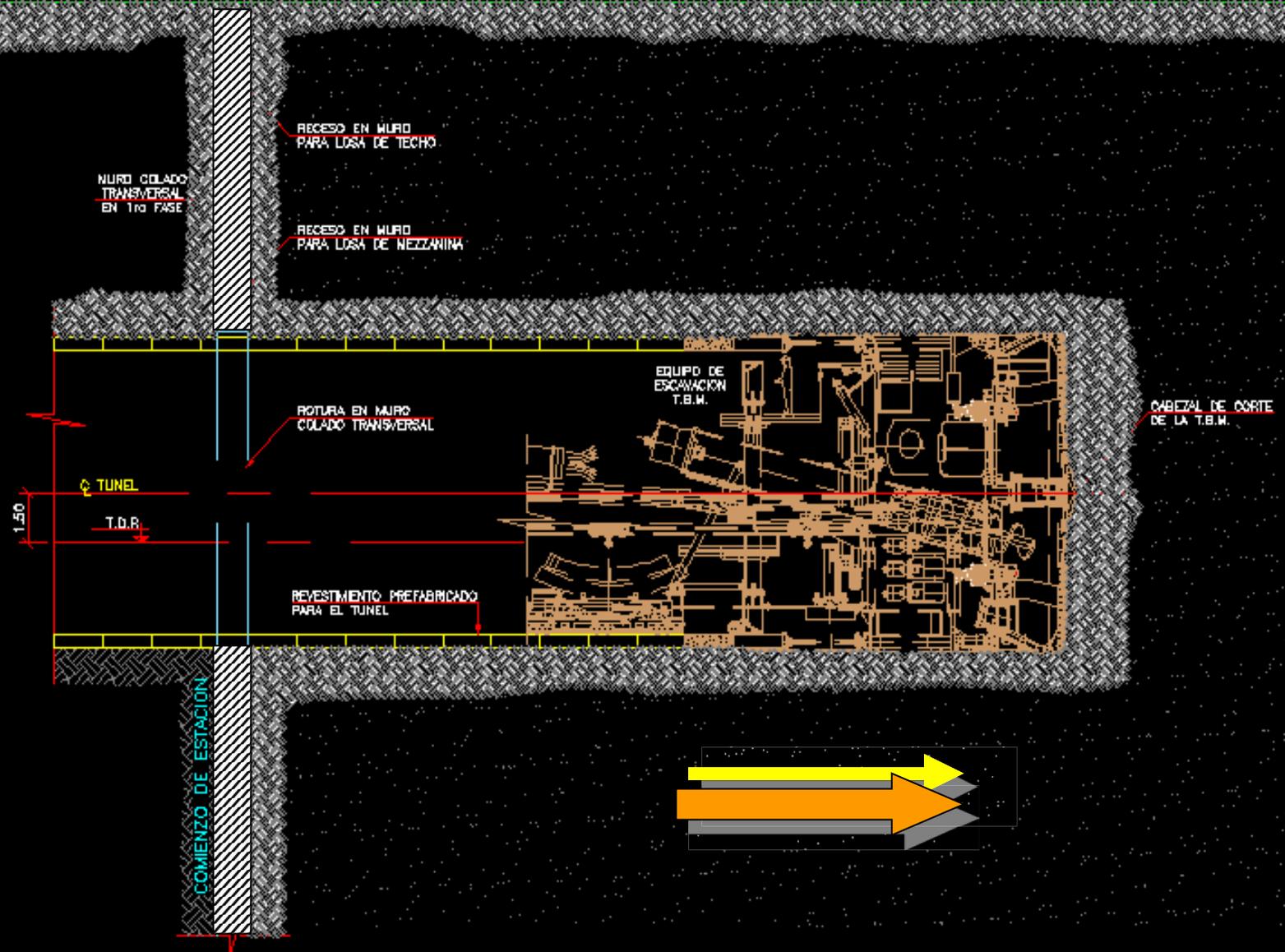




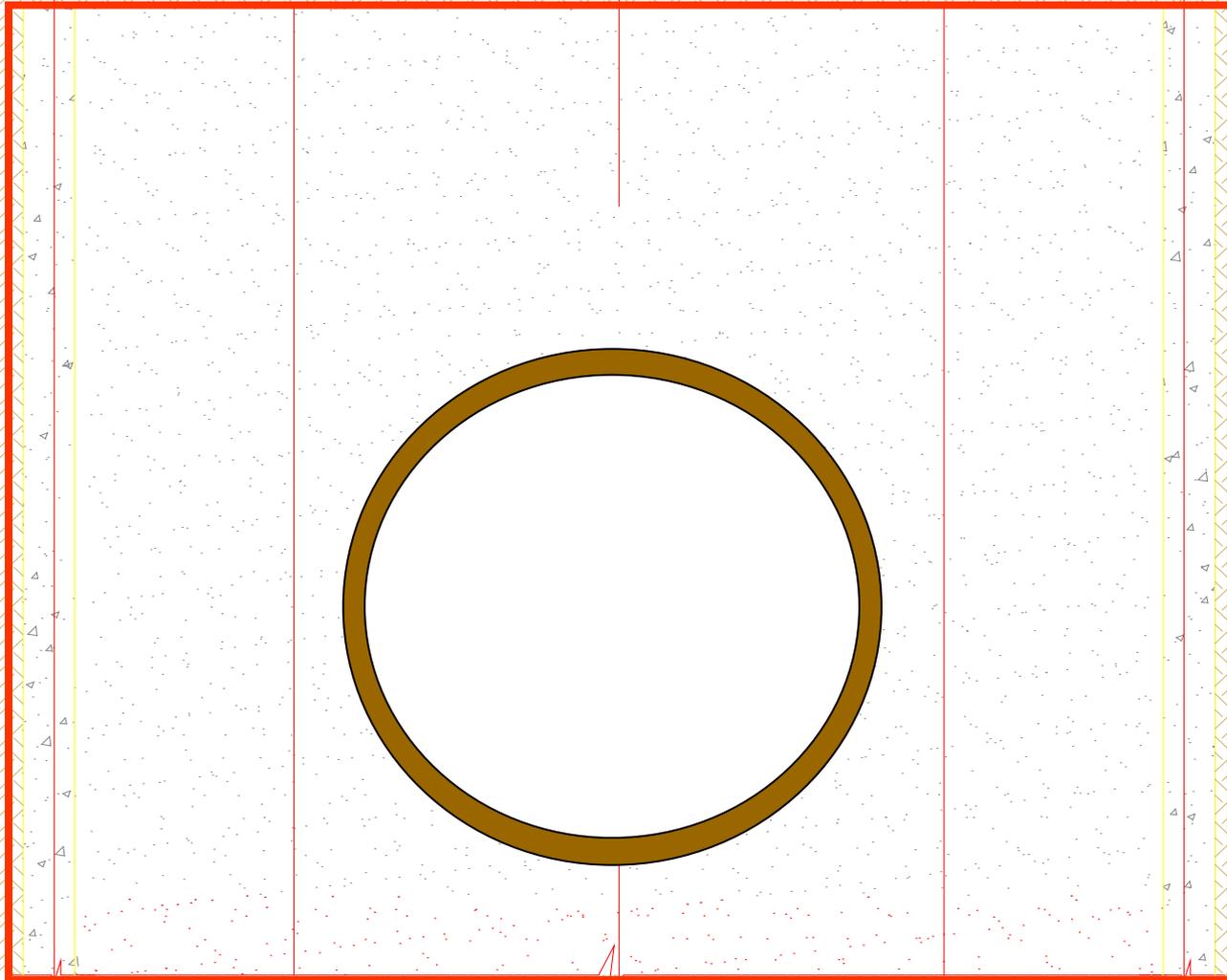




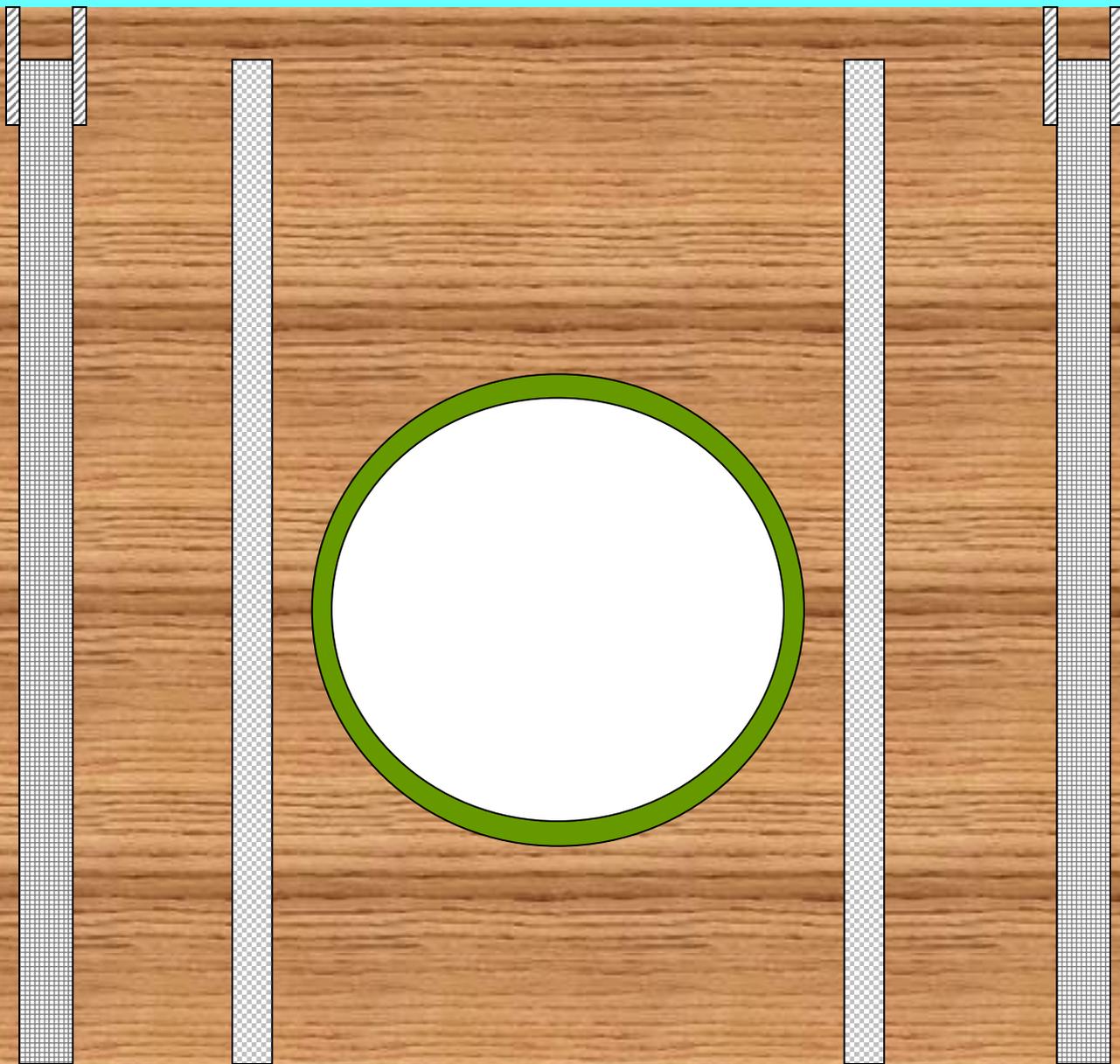
# Metro de Valencia - Línea I - Segunda Etapa



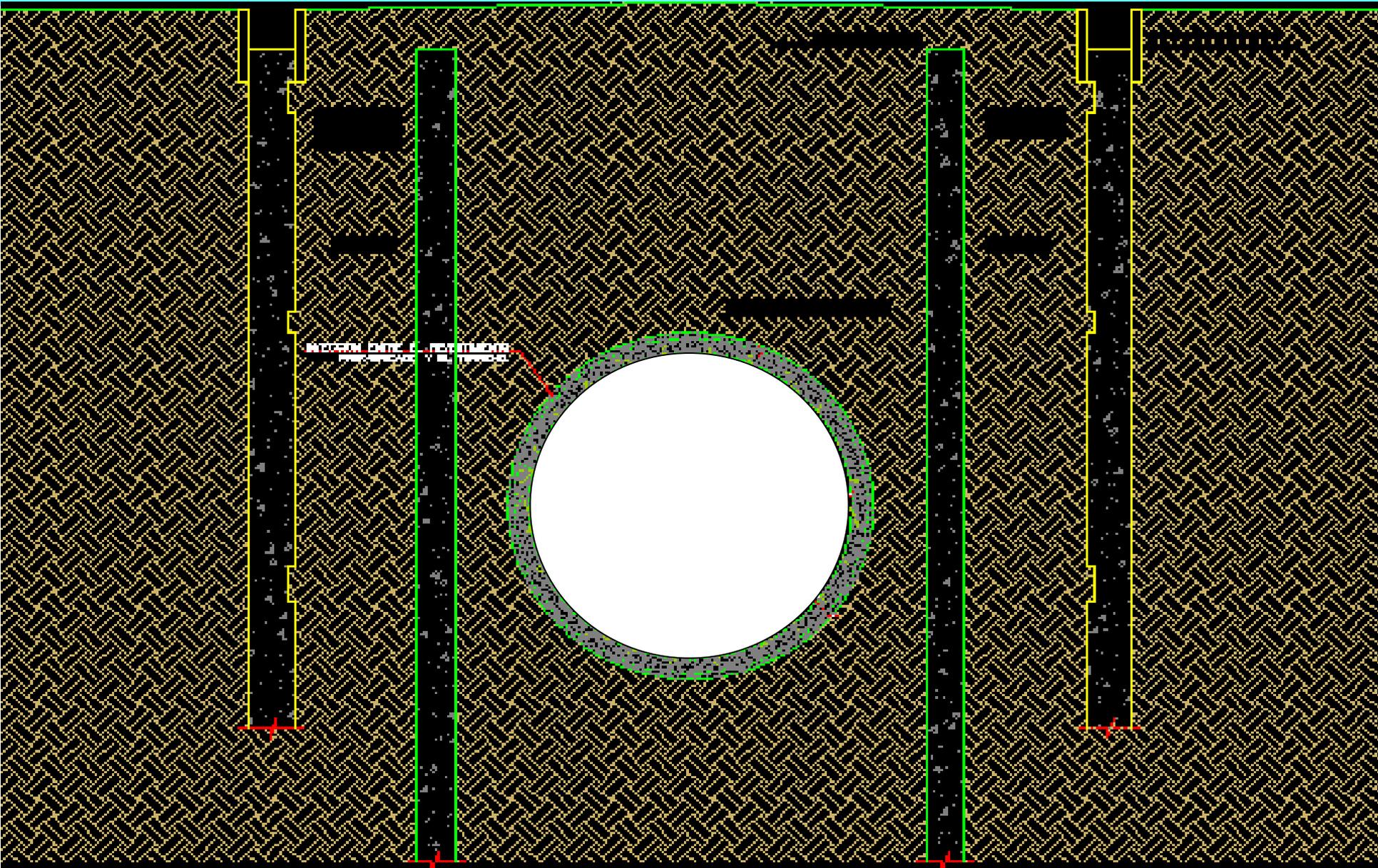
# FASE 1



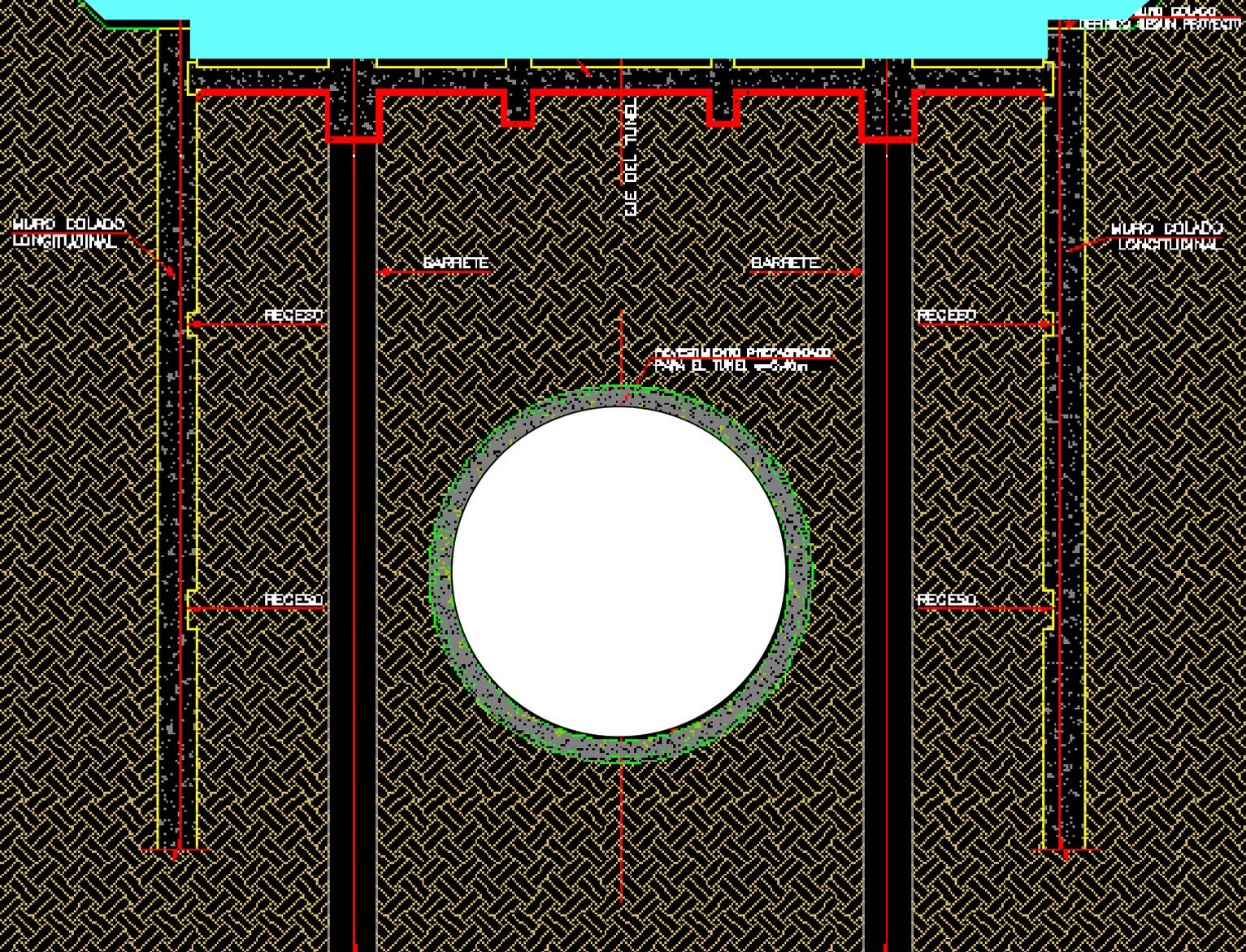
# FASE 2



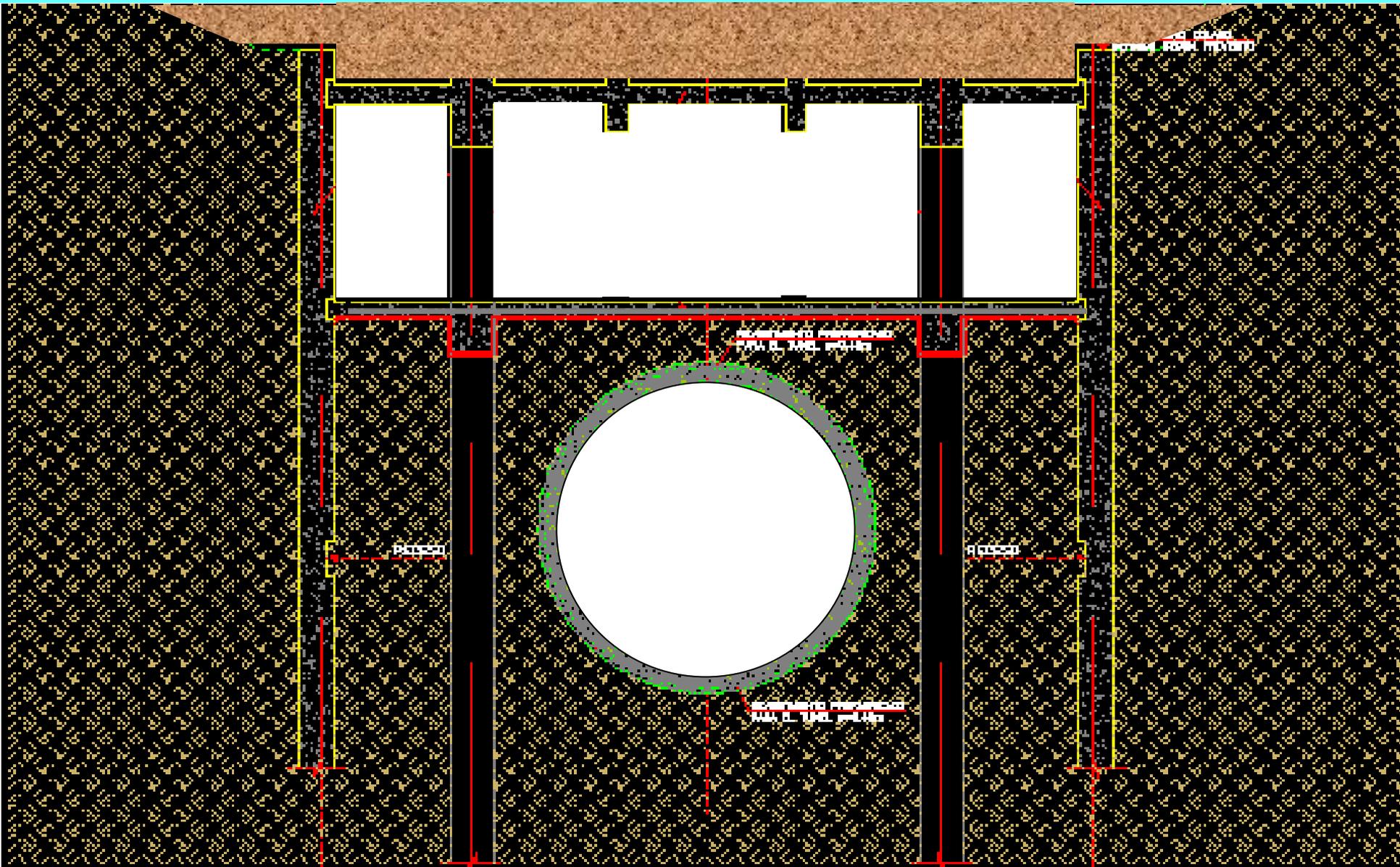
# FASE 2



# FASE 3

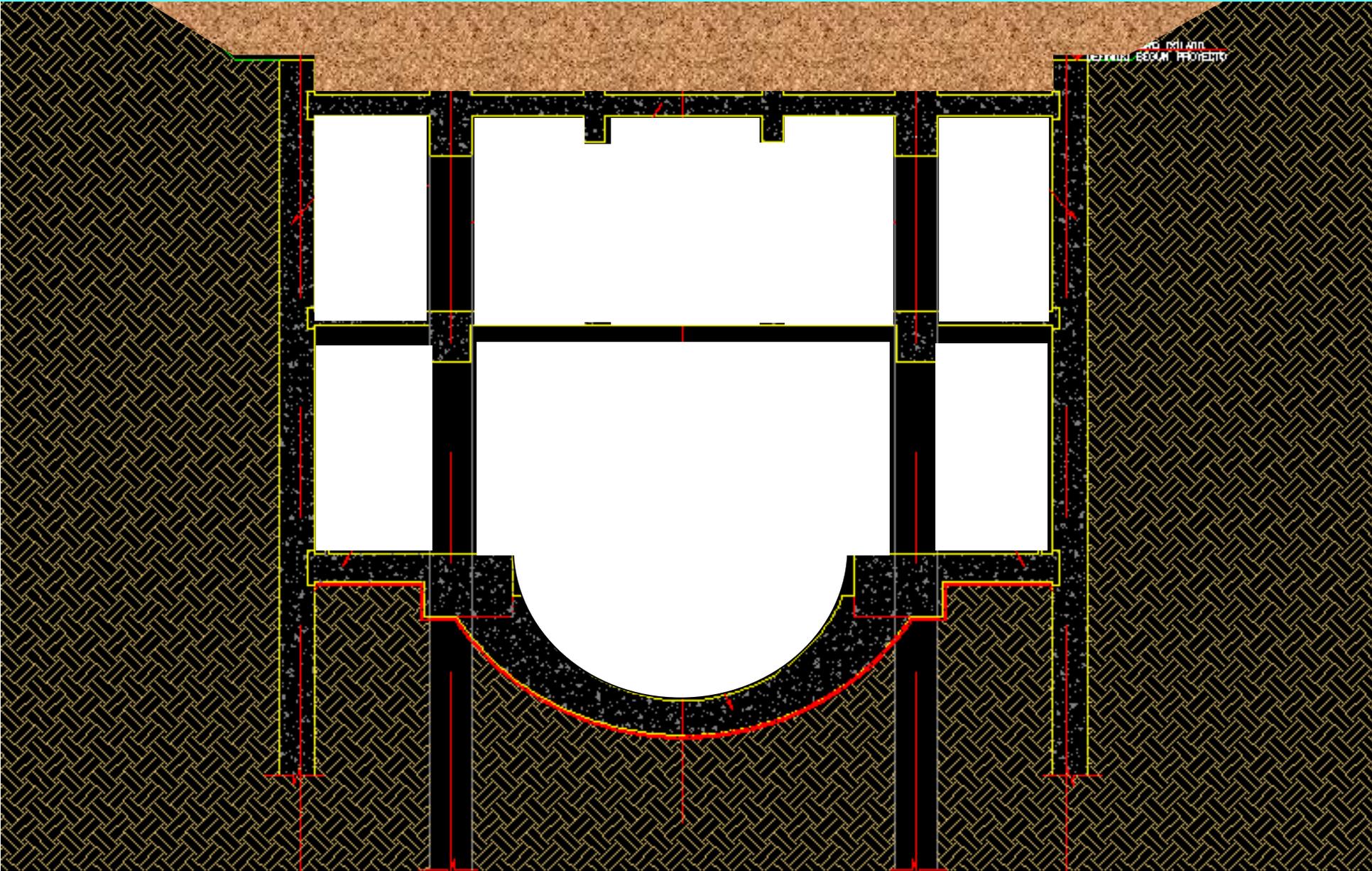


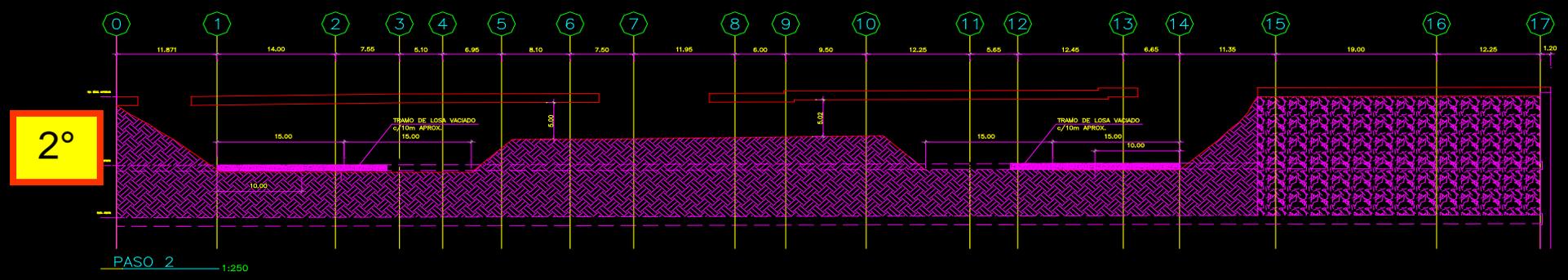
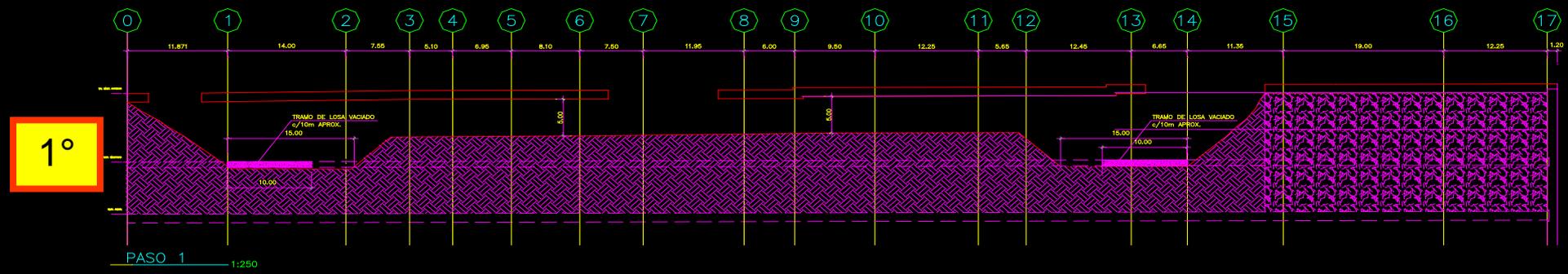
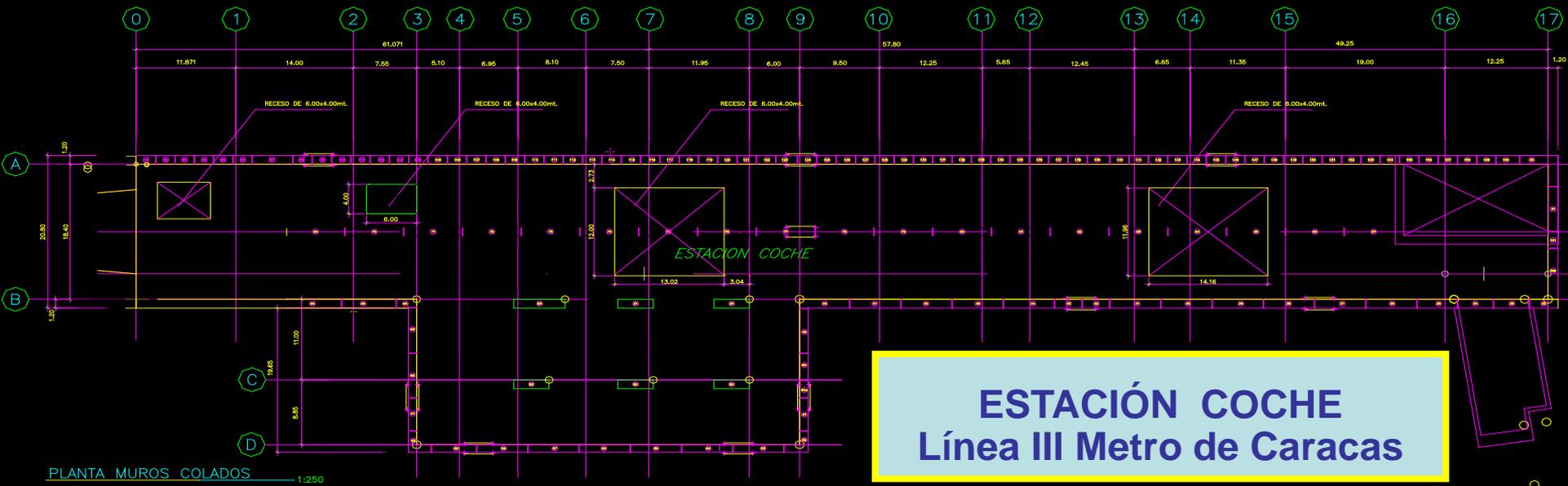
# FASE 4

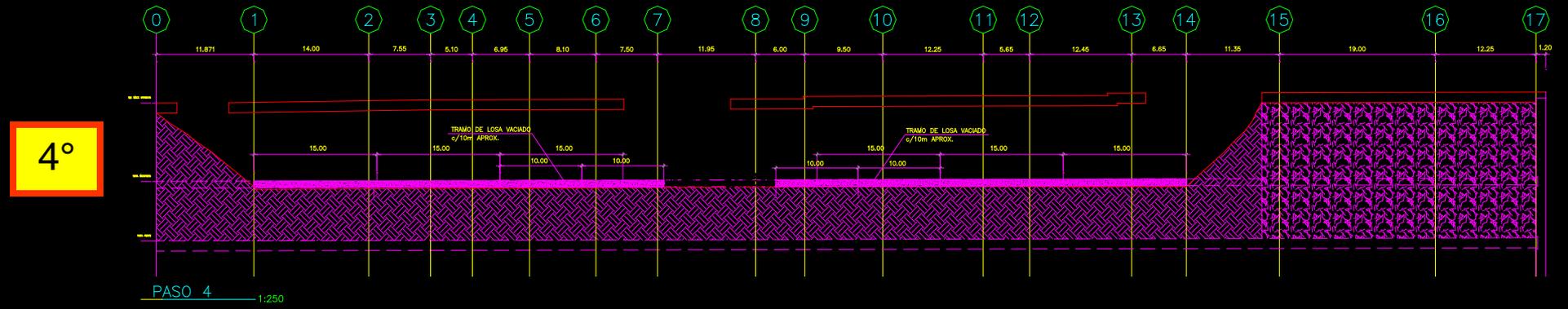
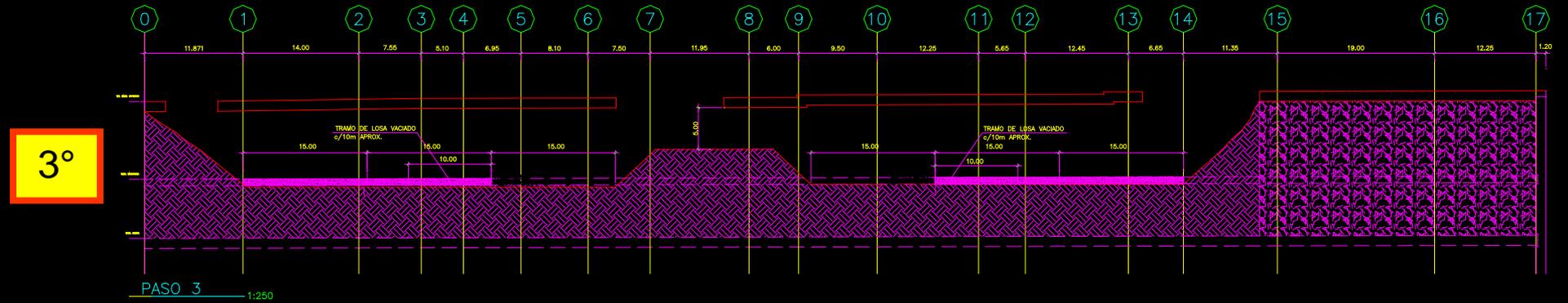
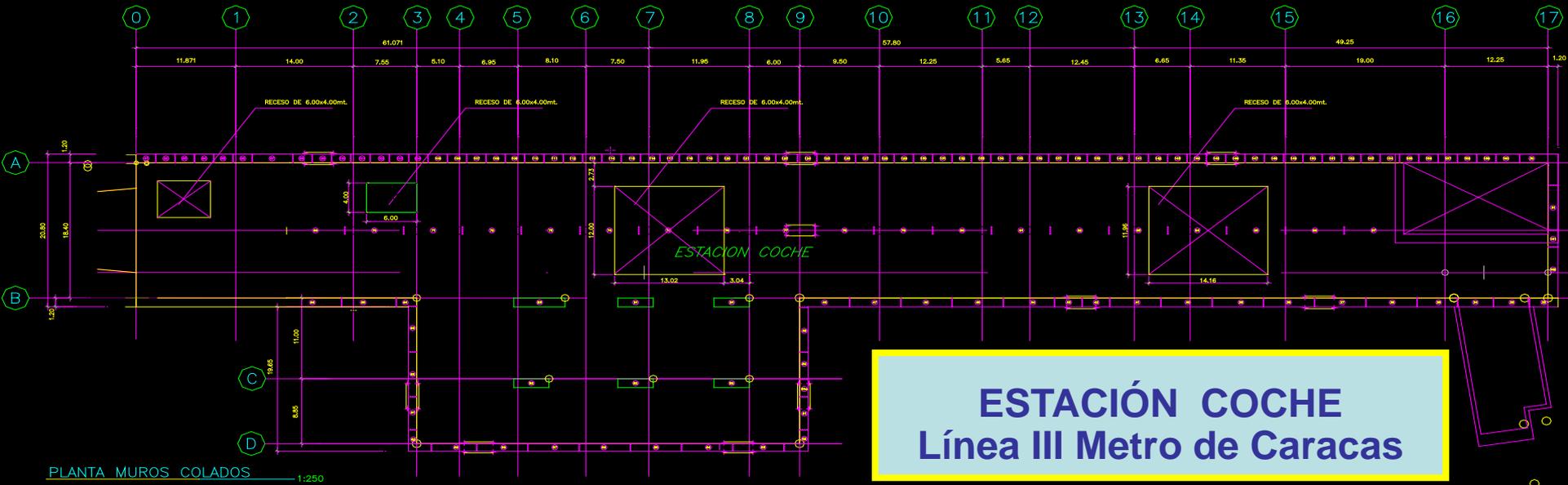




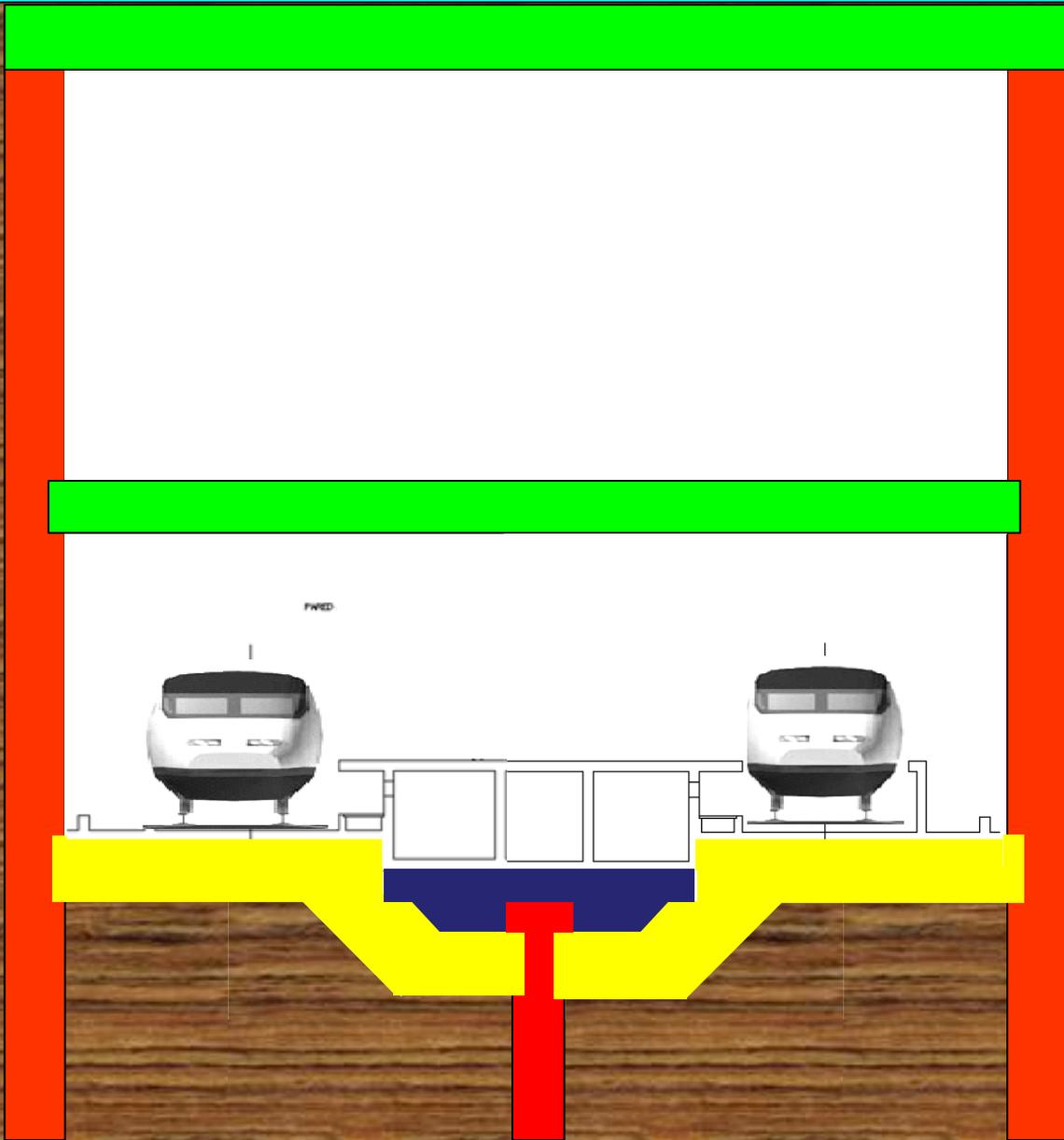
# FASE 6













17 3:40PM



24 4:11PM



▽-3

3 ▽-3

31 9:34AM



20 4:00PM



23 3:59PM



30/10/2006 1:02 pm



22 11 2006



23 8:59AM



24 11 2006



III-B  
312B

10 2:38PM



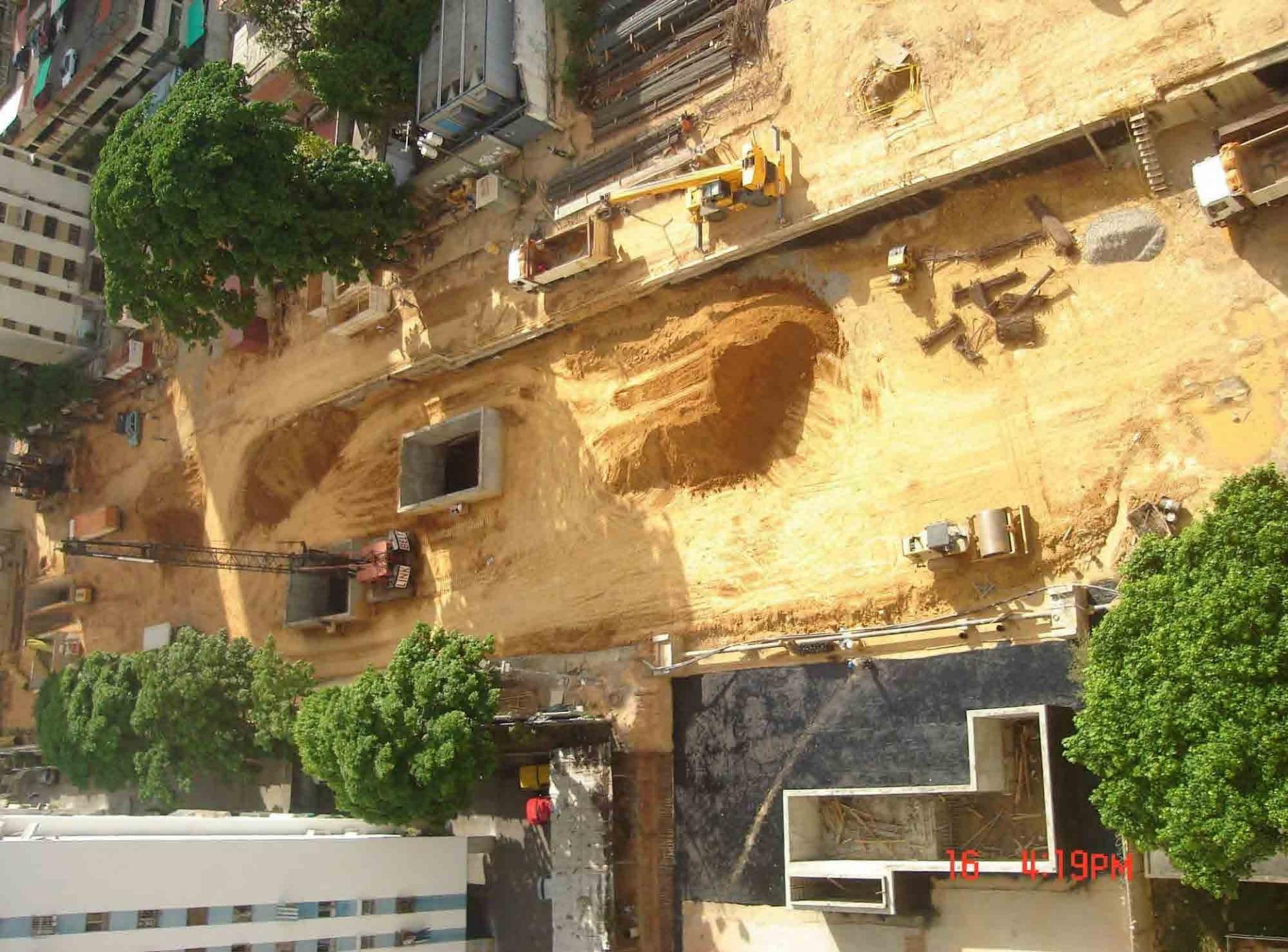
7 3:29PM



24 4:10PM



24 4:19PM



16 4:19PM







15 4:18PM





28 10:18AM



3 4:24PM





CAT

CATERPILLAR

118-8

312B

22 4:58PM



SONIC  
DEMAND

-2  
▼









22 4:54PM



10 3:51PM



10 3:55PM



5 11:48AM





20 4:25PM



20 4:34PM



20 3:20PM



6 11:32AM



21 10:10AM



21 1:33PM



23 2:21PM



5/15/23

23 2:23PM



15 4:24PM



18 10:22AM



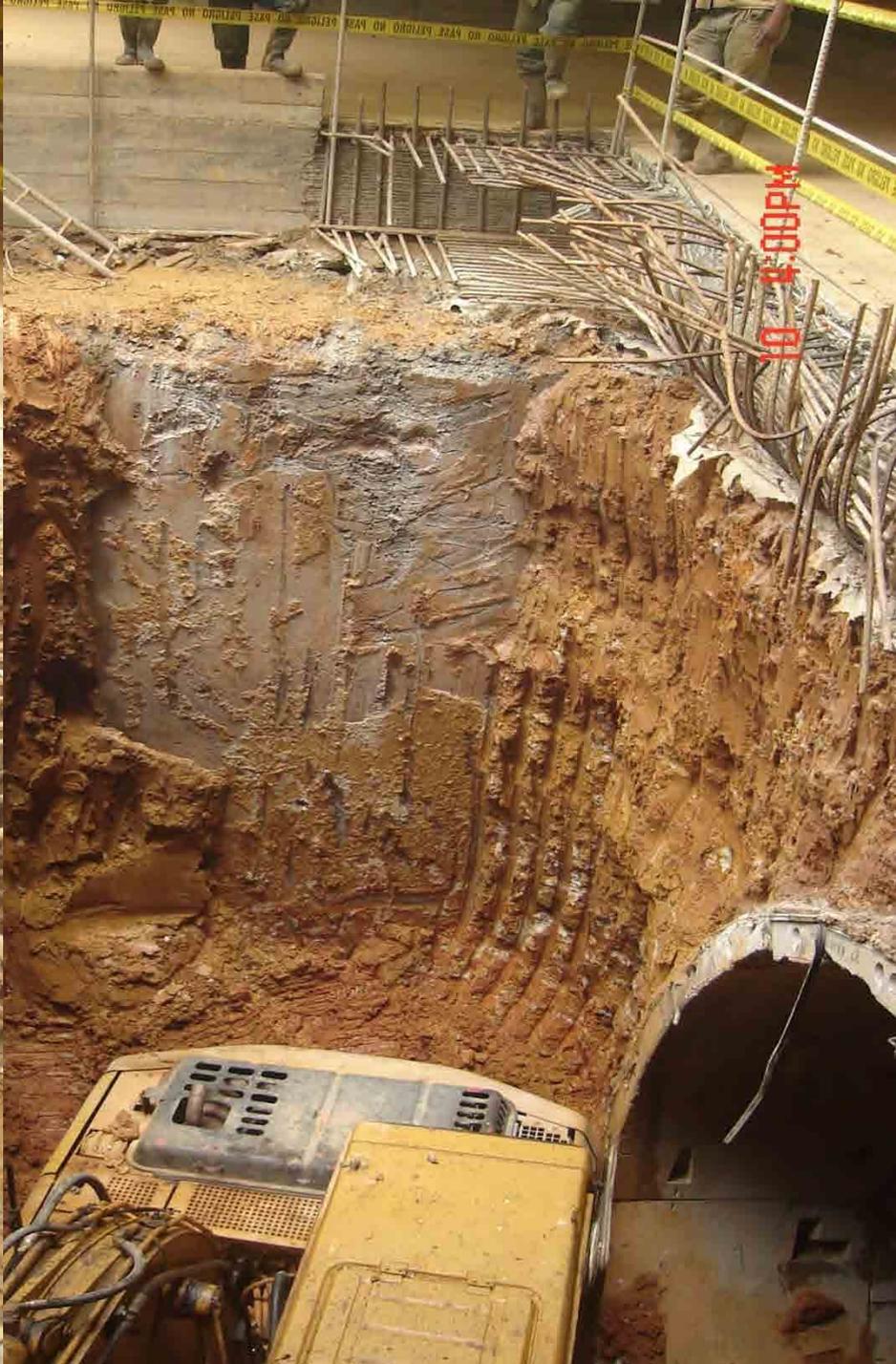
6:11:37AM



6 9:13AM



10 4:00 PM



10 4:00 PM



12 9:38



16 3:11PM



17 9 2007



11 9 2007



17 9 2007











22 9:18AM



-350

4 9 2007



17 9 2007



17 9 2007





16/10/2007

























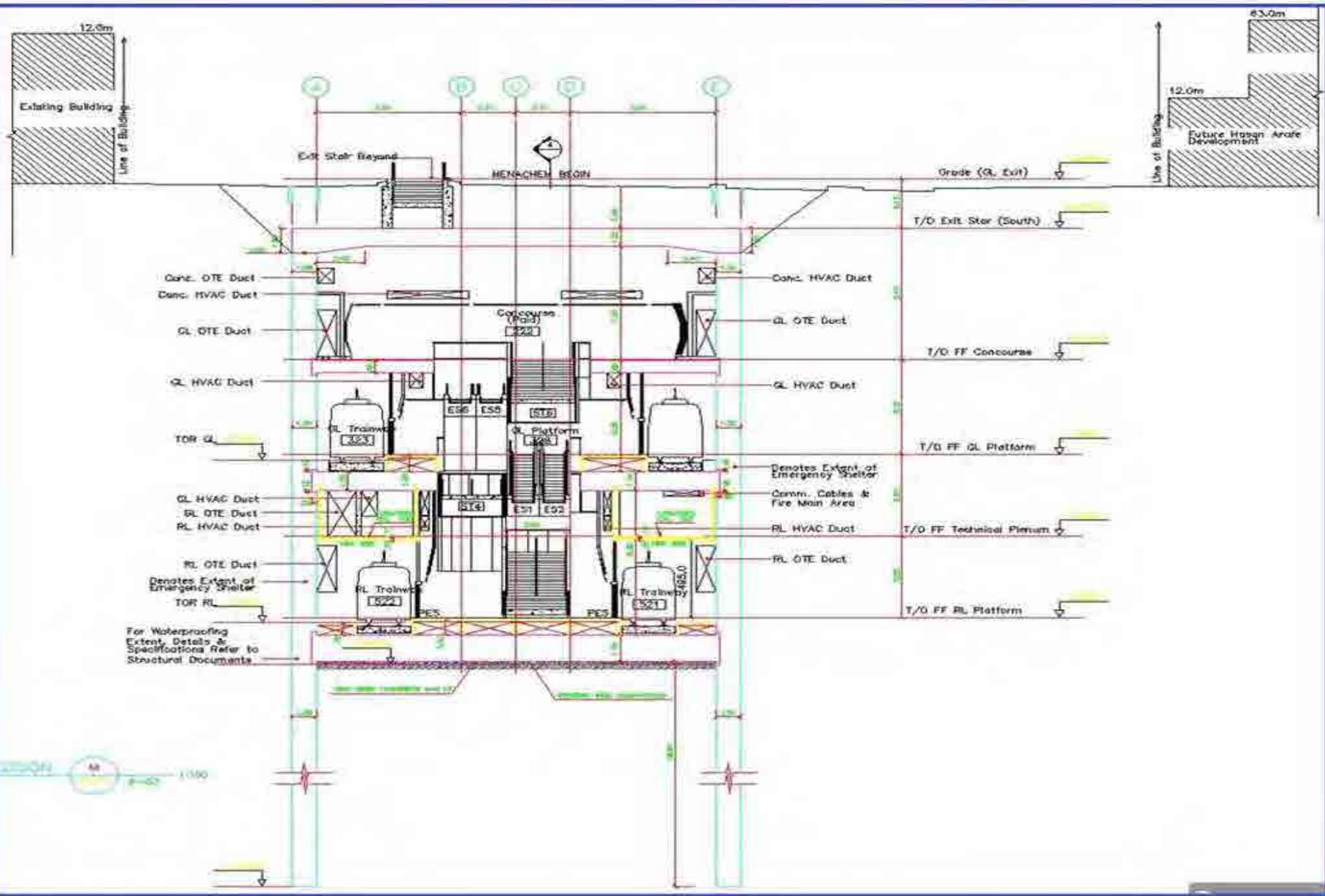




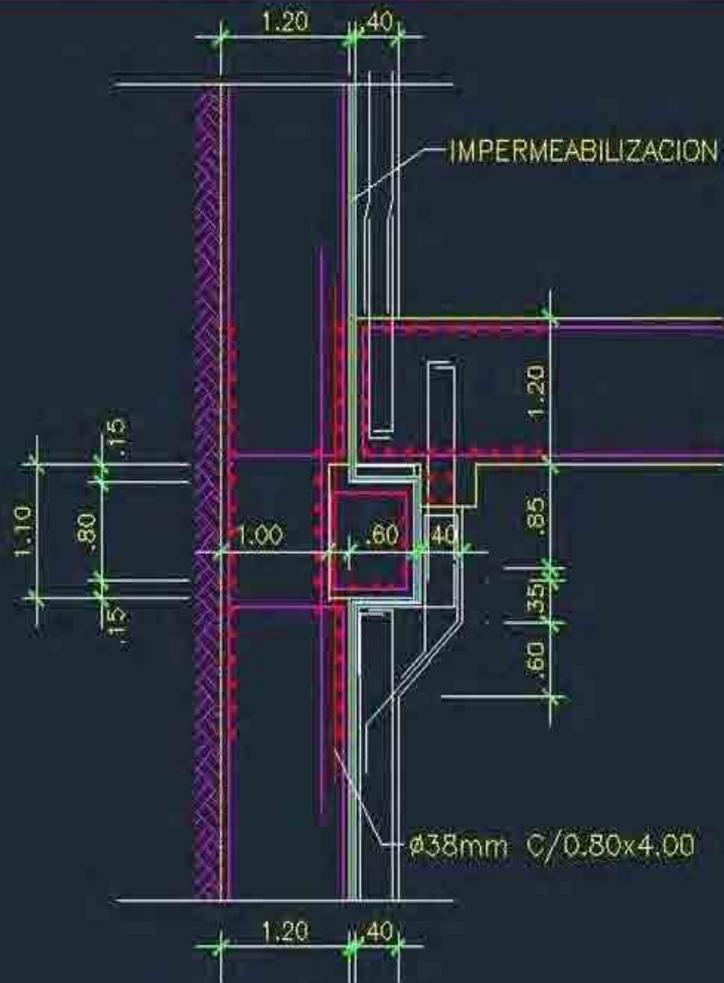




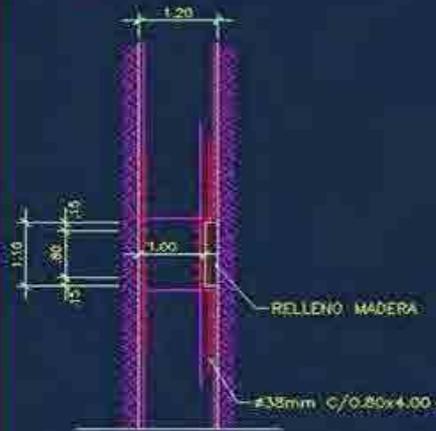
# METRO DE TEL AVIV: Estación CARLEBACH



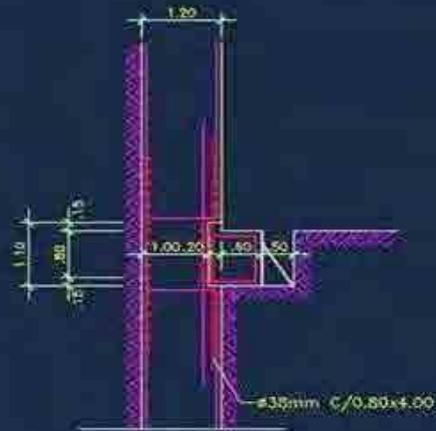
**METRO de TEL AVIV**  
**Estación CARLEBACH**



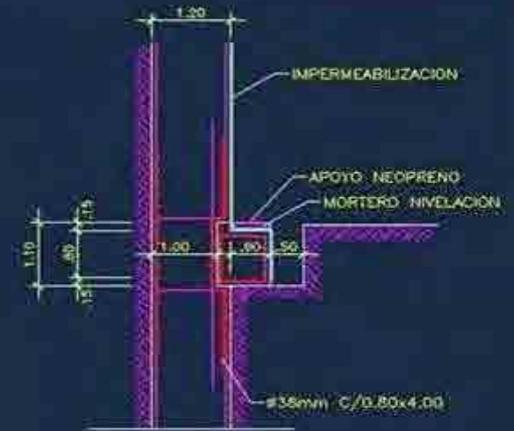
# METRO DE TEL AVIV: Estación CARLEBACH



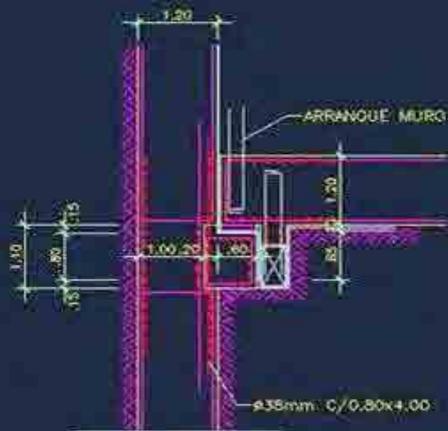
FASE 1 - VACIADO DE MURO CON RECESOS



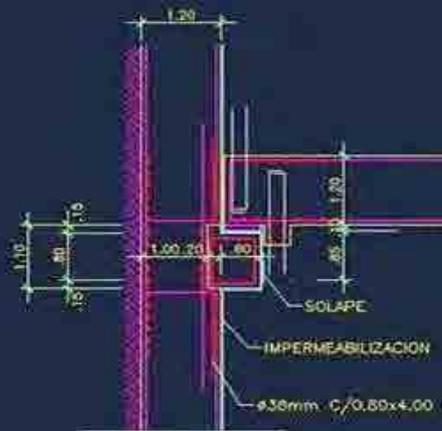
FASE 2 - EXCAVACION HASTA FONDO LOSA  
- VACIADO DE MENSULA CON ENCOFRADO



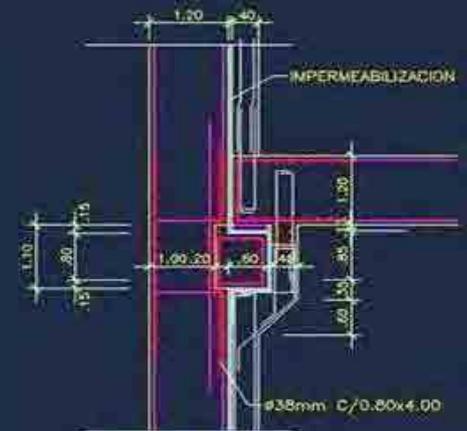
FASE 3 - IMPERMEABILIZACION SUPERIOR  
- MORTERO NIVELACION/PROTECCION  
- APOYO NEOPRENO



FASE 4 - VACIADO DE LOSA  
- DEJAR ARRANQUES MURO INTERNO



FASE 4 - EXCAVACION POR DEBAJO DE LOSA  
- IMPERMEABILIZACION INFERIOR



FASE 5 - VACIADO MUROS INTERNOS

## CONSIDERACIONES CONCLUSIVAS

El método invertido empleado para construir estaciones subterráneas de sistemas urbanos de transporte masivo representa ciertamente una formidable y desafiante solución técnica, permitiendo resolver exitosamente problemáticas complejas y casi imposibles de ser eficientemente enfrentadas de otra manera.

Sin embargo, un empleo rutinario de la metodología no pareciera poder siempre competir con el más tradicional procedimiento del clásico *cut and cover* debido, por un lado a los aspectos económicos comparativos para los cuales en cada caso específico pueden obtenerse resultados diferentes y no siempre relativamente similares, y por otro lado, debido a las indudables y objetivas dificultades técnicas, de diseño y construcción, que para ser superadas requieren siempre de un especial esmero y de una indispensable amplia experiencia.

Puede por lo tanto afirmarse que solamente cuando, o las circunstancias operativas y programáticas sean tales que puedan efectivamente permitir de aprovechar las peculiaridades del método invertido en relación con las efectivas necesidad y posibilidad de poder liberar rápidamente la superficie, o el desarrollo del entero sistema de transporte justifique o requiera que las estaciones inicien a operar mucho tiempo después que las vías en túnel, entonces se justificará plenamente la adopción del método invertido.

En todos los otros casos deberá en cambio evaluarse muy cuidadosamente la eventual conveniencia de recurrir a tal procedimiento constructivo, en alternativa al método clásico y más ampliamente comprobado de construir de manera convencional las estructuras de la estación a cielo abierto, aunque dentro de una excavación profunda oportunamente y temporalmente estabilizada.