

# Introducción a la Ingeniería Geotécnica

(y anticipo de lo que vamos a estudiar en Mecánica de Suelos y Geología)

Alejo O. Sfriso: [asfriso@fi.uba.ar](mailto:asfriso@fi.uba.ar)



# Índice



- **Los suelos y las rocas**
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- Ejemplo: túneles para subterráneos
  - Principio de funcionamiento
  - Procedimientos constructivos
  - Grandes cavernas en Buenos Aires

# Los suelos y las rocas



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20886069>

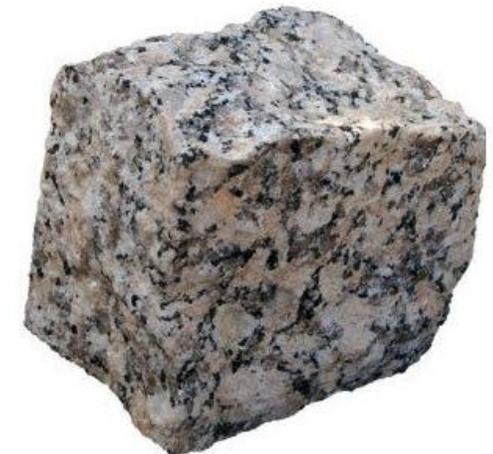
Los suelos son – para los ingenieros – conjuntos de partículas, aire y agua con escasa resistencia mecánica, producidos por desintegración de rocas

**Un terrón (de suelo) ensucia**



Las rocas son – para los ingenieros – materiales geológicos consolidados con importante resistencia mecánica

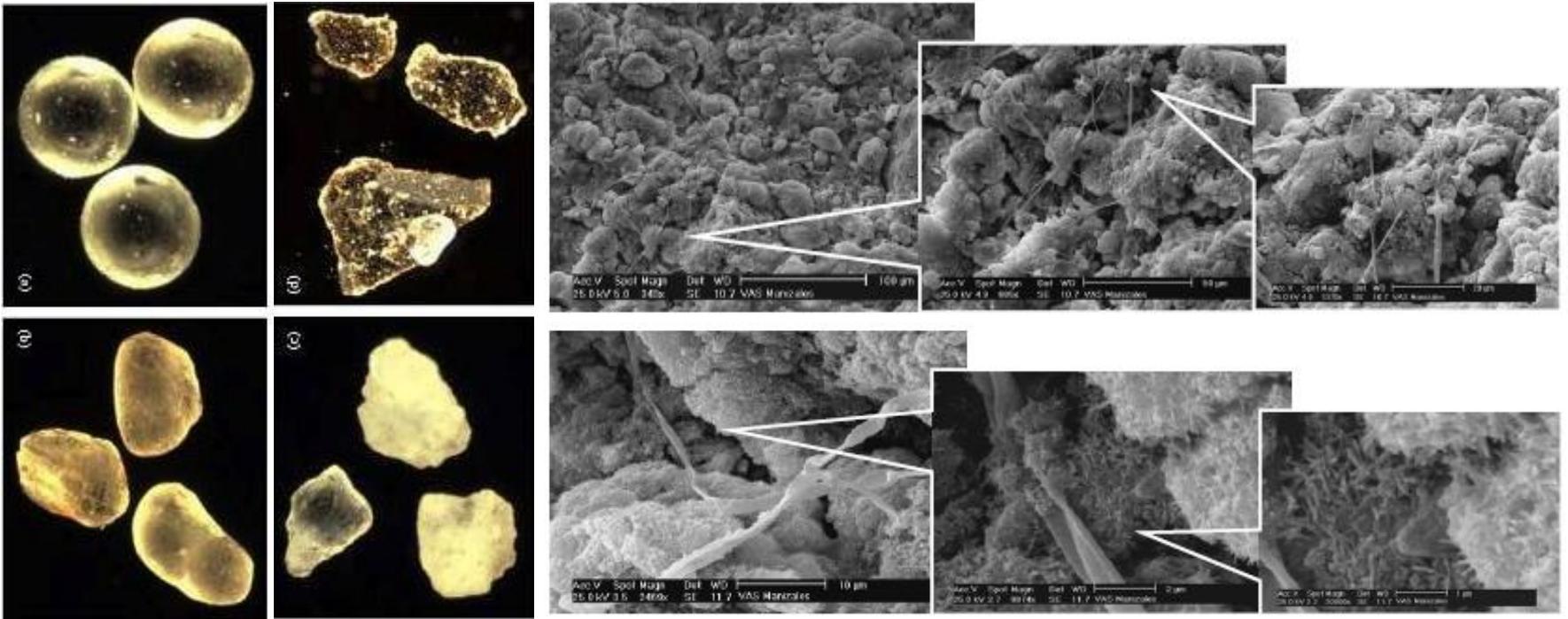
**Una piedra (de roca) lastima**



[http://sierradezarzuela.blogspot.com.ar/p/el-granito\\_7.html](http://sierradezarzuela.blogspot.com.ar/p/el-granito_7.html)



# Suelos: **grava, arena, limo, arcilla**



# Rocas y macizos rocosos





# ¿Qué se estudia?

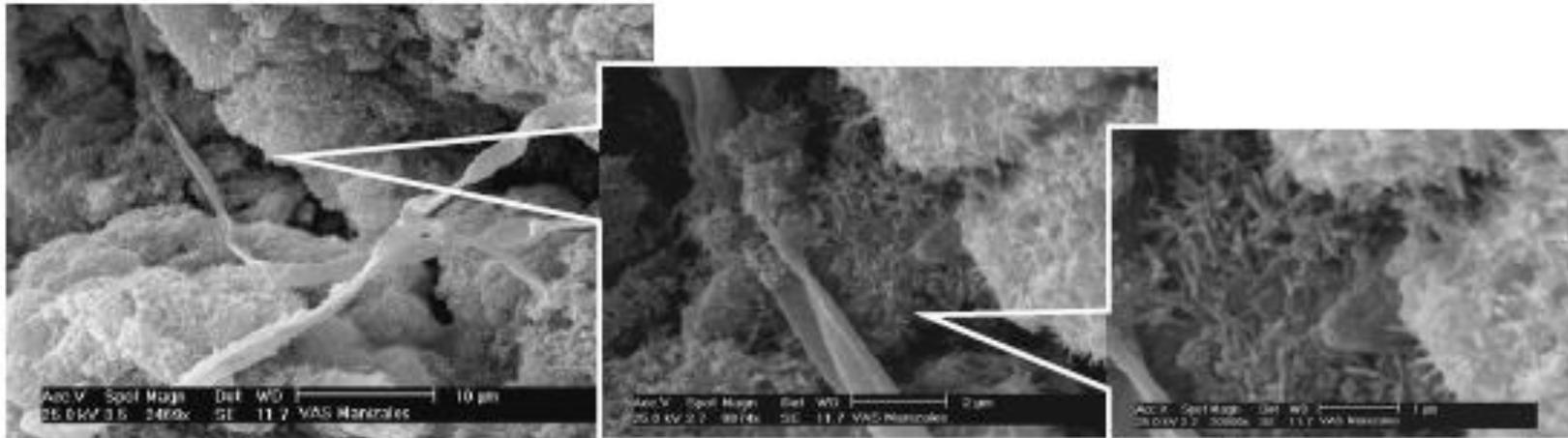
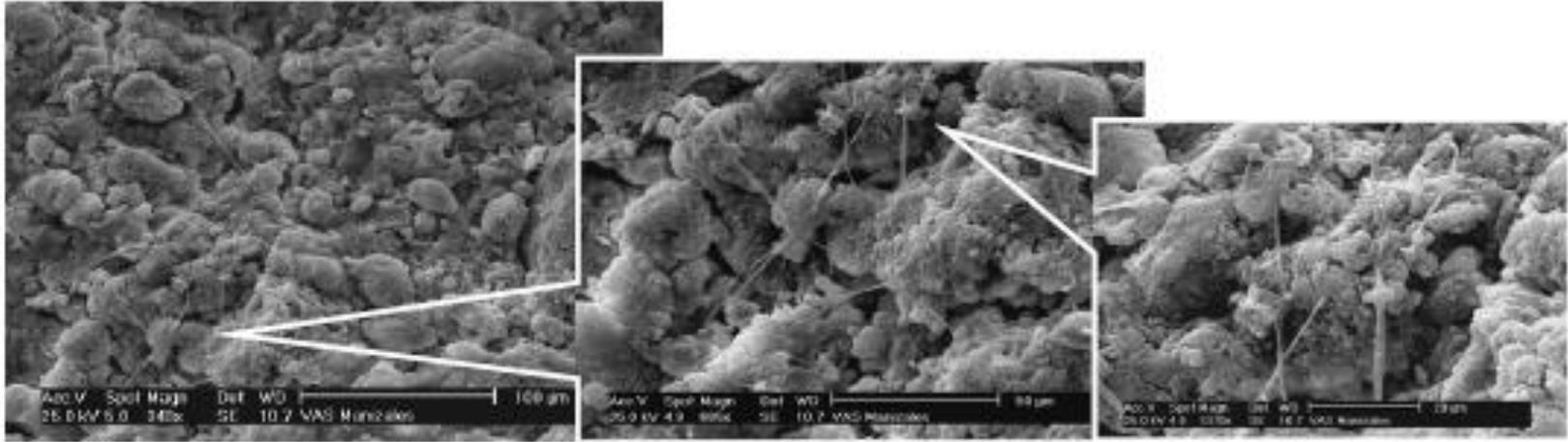
- **Ciencia:** propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas
- **Tecnología:** consecuencias prácticas para el **diseño**

Ejemplo: ensayo de laboratorio de un suelo expansivo  
(un tipo de arcilla muy particular)





# Suelo expansivo: explicación teórica



100 μm, 50 μm, 20 μm, 10 μm, 2 μm, 1 μm

# Suelo expansivo: consecuencias prácticas



Si el suelo es expansivo,  
**cuando se humedece,  
se hincha**  
(regamos las plantas)



La presión de hinchamiento  
es mucho mayor que el  
peso de la vivienda

El **hinchamiento** del suelo  
**produce daños** a la  
construcción



# Índice



- Los suelos y las rocas
- **La ingeniería geotécnica**
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- Ejemplo: túneles para subterráneos
  - Principio de funcionamiento
  - Procedimientos constructivos
  - Grandes cavernas en Buenos Aires

# La ingeniería geotécnica



**Rama de ingeniería civil que estudia las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales provenientes de la Tierra**

Los ingenieros geotécnicos investigan el suelo y las rocas para determinar sus propiedades y diseñar

- Cimentaciones...
- Estabilizar taludes
- Construir túneles y carreteras...



# Problemas de la ingeniería geotécnica

Son los problemas en los cuales el terreno es una:

- **Carga**, como en los muros y sótanos
- **Apoyo**, como en las fundaciones
- **Estructura**, como en los túneles y presas

**Ejercicio:** busquen imágenes de

- Muros de contención
- Zapatas aisladas
- Pilotes

Carga



Apoyo



Estructura

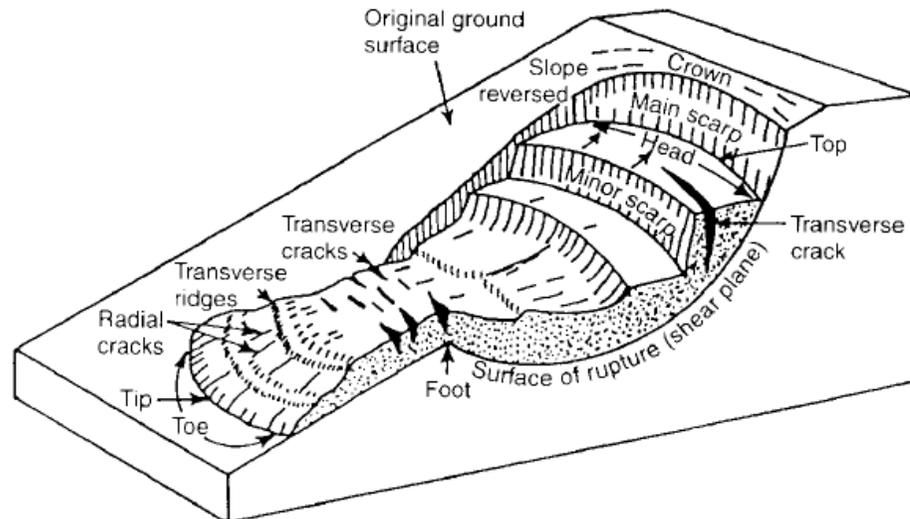




# Estabilidad de taludes naturales

La acción de la gravedad sobre el terreno inclinado produce fuerzas internas (“tensiones”)

- Si las tensiones superan la resistencia del terreno: falla el talud



# Estabilidad de taludes artificiales



En un corte hecho por el hombre

- Las geometrías son más agresivas que las naturales
- El terreno necesita estructuras de refuerzo para sostenerse
- Nosotros diseñamos esos refuerzos
- Si los refuerzos no son los adecuados...

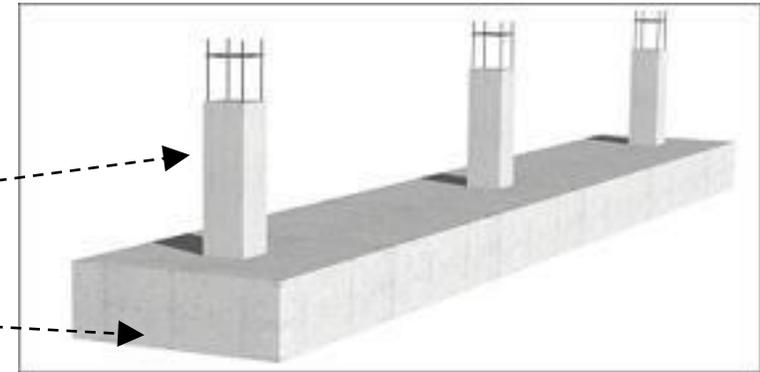


# Fundaciones



Las **fundaciones** son los **apoyos** de las construcciones sobre el terreno

- Estructura: área pequeña
- Terreno: área mayor



# Pilotes



Los pilotes son “columnas” de hormigón que transfieren la carga a suelos profundos más resistentes



# Falla de fundaciones

El edificio (de atrás) y el silo se construyeron **lentamente sin inconvenientes**

El silo **se cargó** con grano **rápidamente y falló**

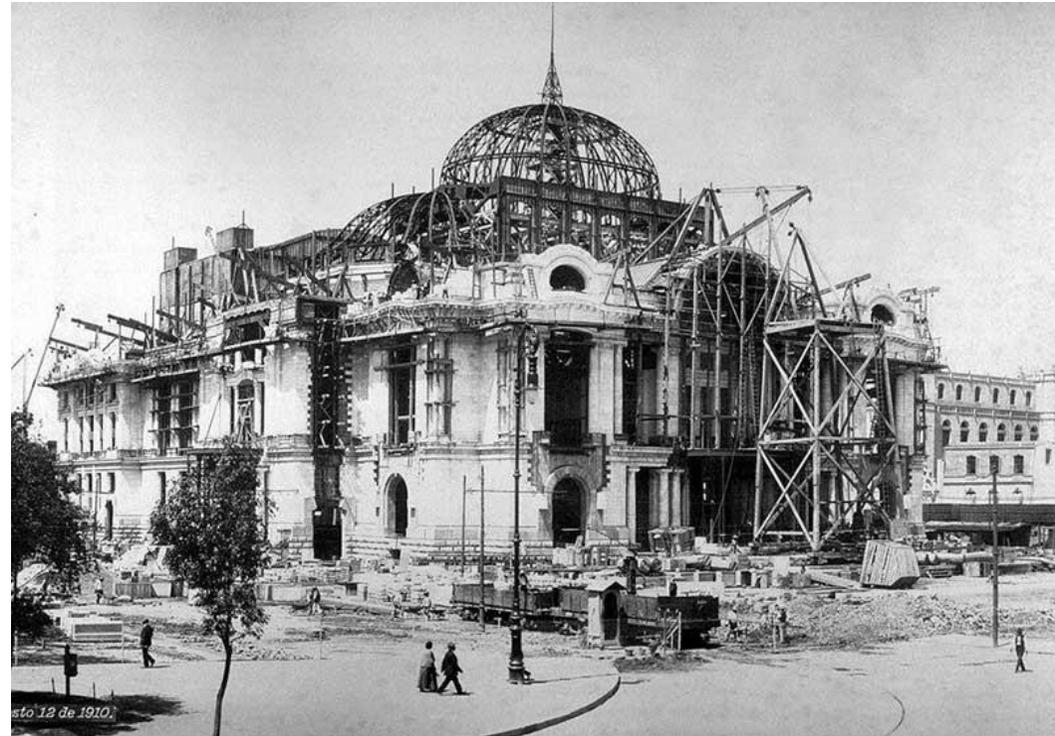
El terreno no resistió la carga porque fue rápida, **no hubo tiempo para que el agua escapara de los poros**



# Asentamiento de edificios

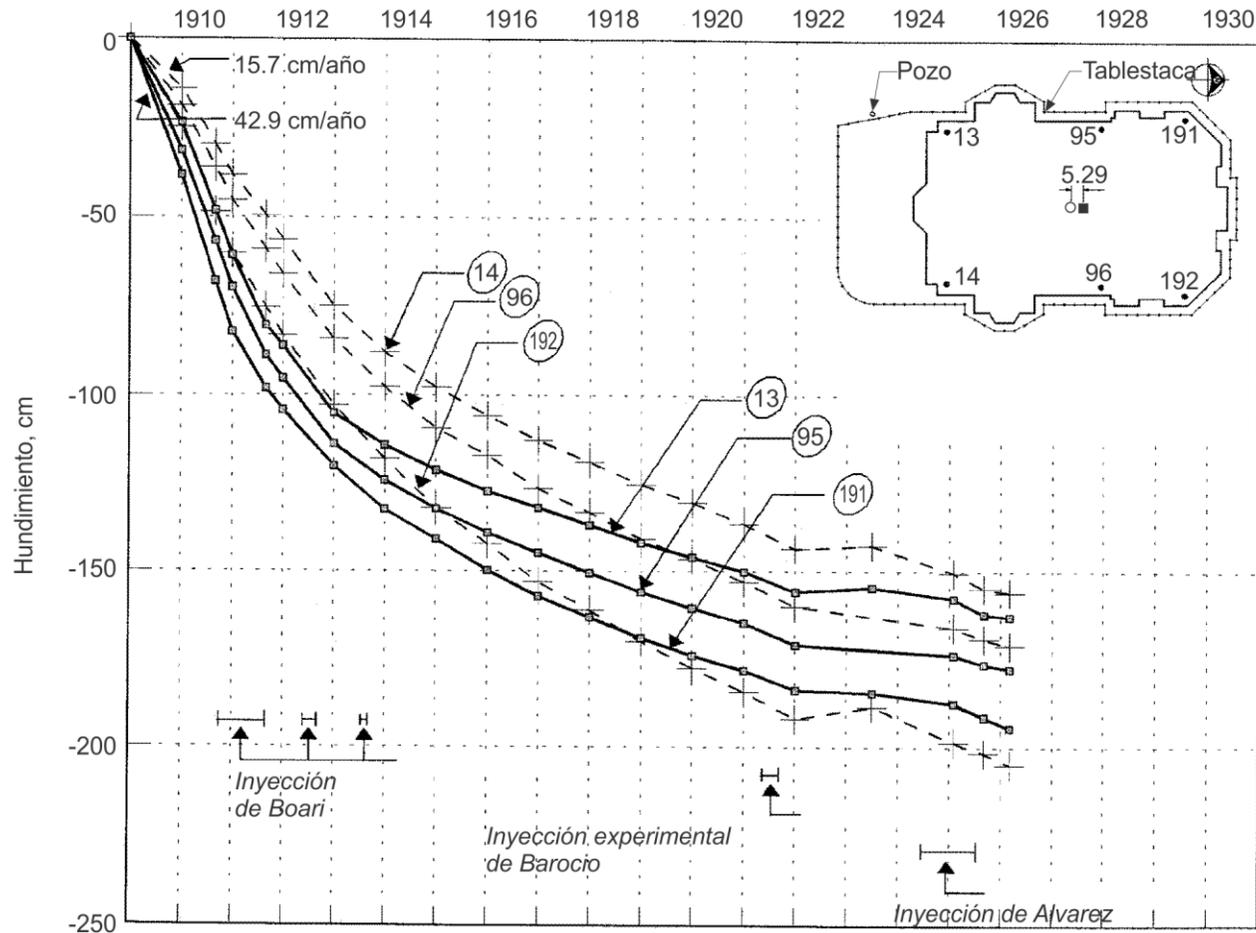
Cuando comenzó la construcción del Palacio de Bellas Artes de México DF, el edificio estaba seis escalones encima de la calle. Solo en 1909: 27cm de asentamiento diferencial entre esquinas.

**Los seis escalones que subían al edificio, ahora bajan**



# Asentamiento de edificios

## El Palacio de las Bellas Artes de DF



SIMBOLOGIA

- Centro de gravedad de la plataforma ?
- Centro de gravedad del edificio ?

Nota: Los números pares corresponden a columnas del lado oriente, los noes a las ponientes

# Presas, diques, terraplenes y escolleras



- **Presa:** Intercepta el curso de agua
- **Dique:** Paralelo al flujo de agua
- **Terraplenes|escolleras:** camino sobreelevado en tierra|agua



# Rajos y escombreras



# Índice



- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- **Ejemplo: excavación a cielo abierto**
- Ejemplo: túneles para subterráneos
  - Principio de funcionamiento
  - Procedimientos constructivos
  - Grandes cavernas en Buenos Aires

# Excavaciones a cielo abierto



Excavar: Quitar de una cosa sólida parte de su masa, haciendo hoyo o cavidad en ella (DRAE)

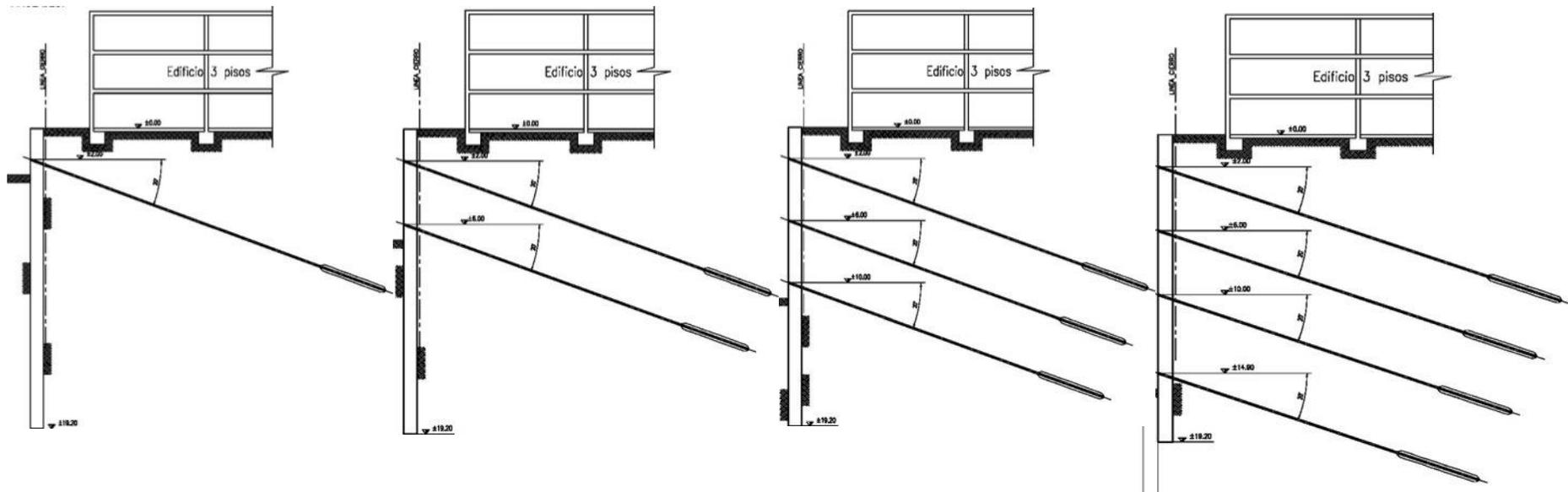
El problema de las excavaciones es garantizar la estabilidad del sólido que no quitamos (el terreno circundante)



# Secuencia de construcción



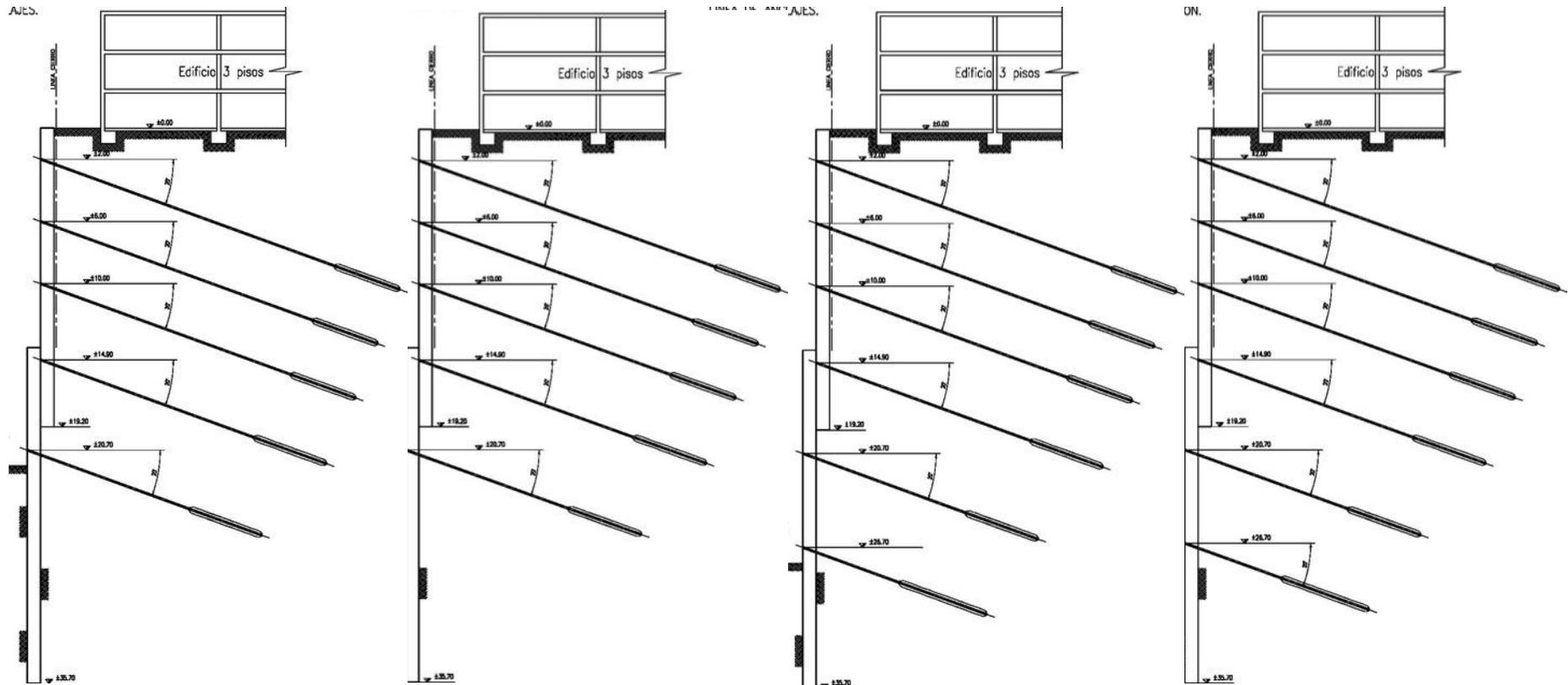
- Desde superficie: pilas de 18m de profundidad
- 4 etapas de excavación y colocación de anclajes



# Secuencia de construcción



- Segunda pila de 18m de profundidad dde 12m
- 3 etapas de excavación y colocación de anclajes





# Índice



- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- **Ejemplo: túneles para subterráneos**
  - Principio de funcionamiento
  - Procedimientos constructivos
  - Grandes cavernas en Buenos Aires



# Elementos de un túnel

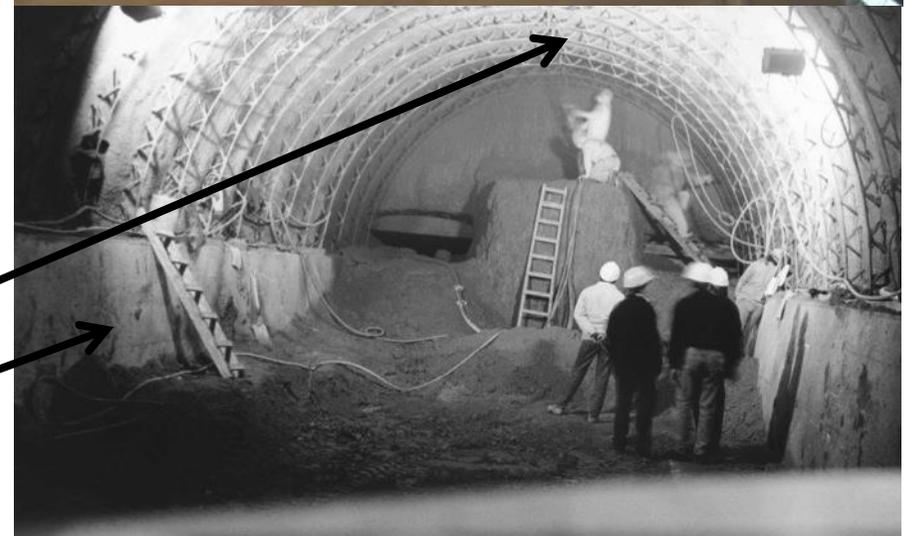
Los elementos de un túnel son

- Bóveda
- Hastiales
- Solera



Puede construirse en una o dos etapas

- Sostenimiento primario
- Revestimiento definitivo



# Principio de funcionamiento de un túnel



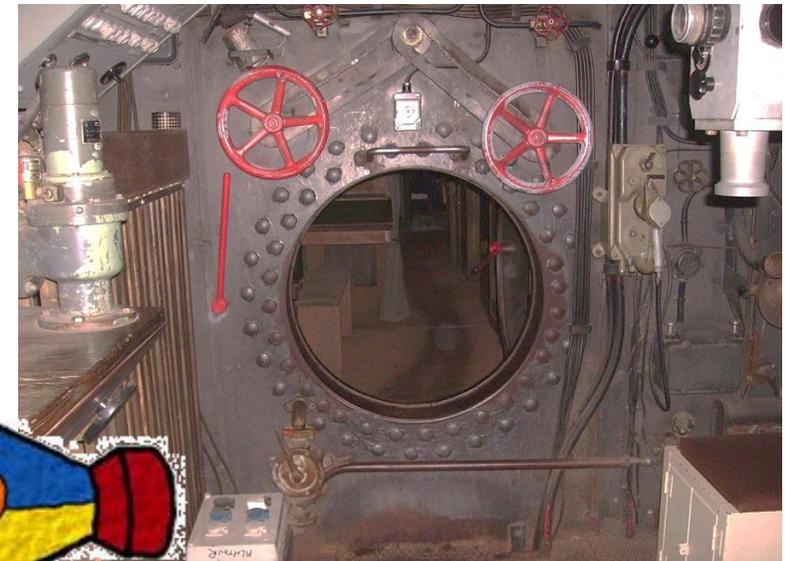
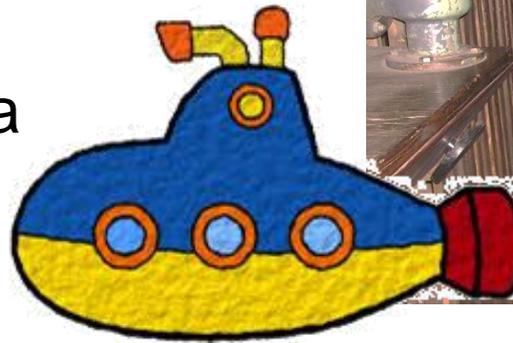
Un túnel es un orificio en un sólido tridimensional: el terreno

**El sostenimiento es sólo un “refuerzo de borde” del orificio**



Principio de funcionamiento (y de diseño)

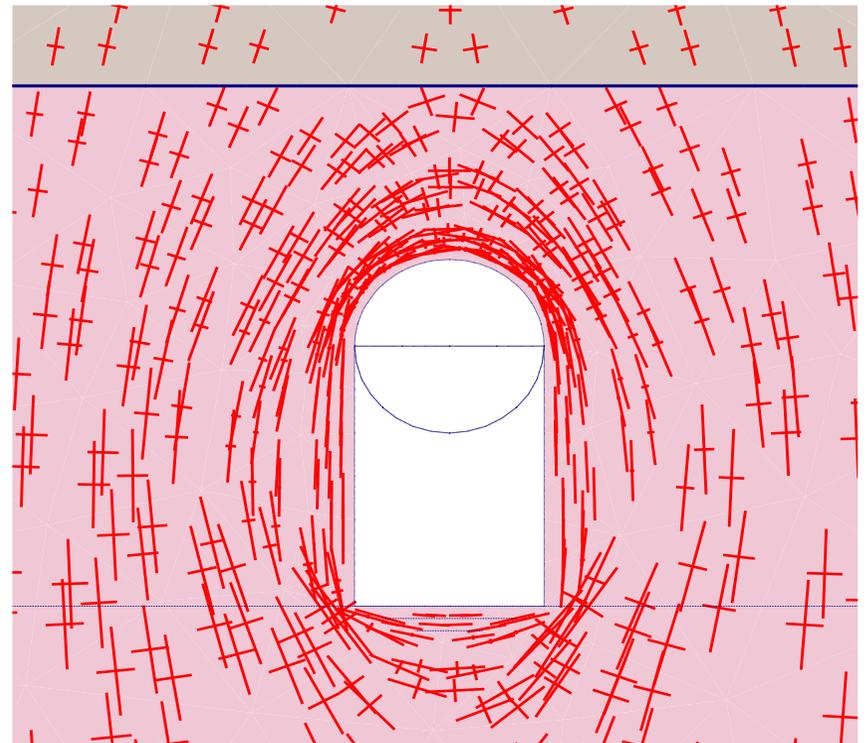
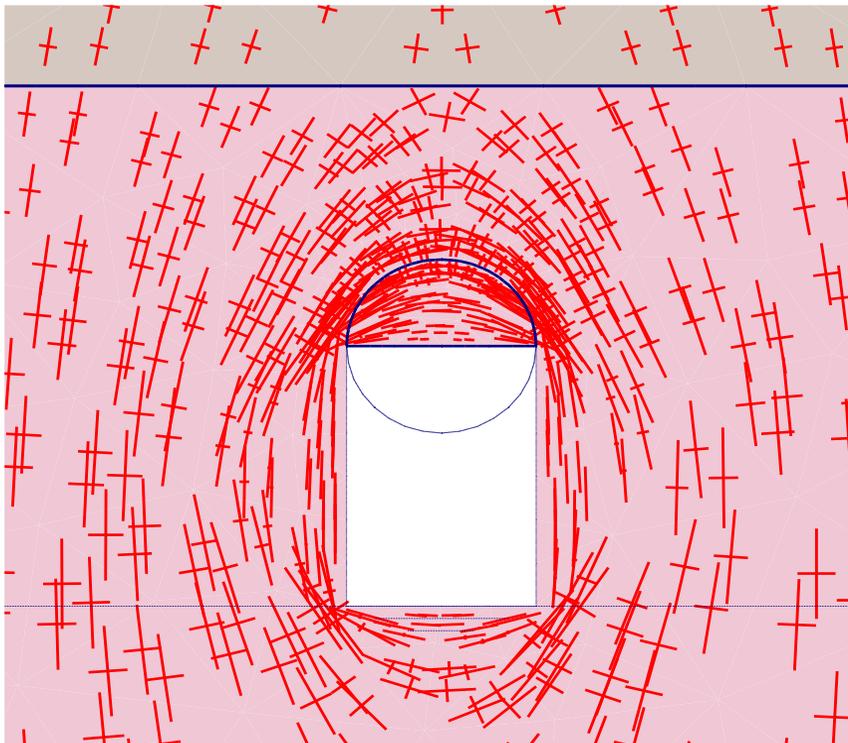
- **El terreno se sostiene a si mismo**
- El sostenimiento refuerza el borde del orificio





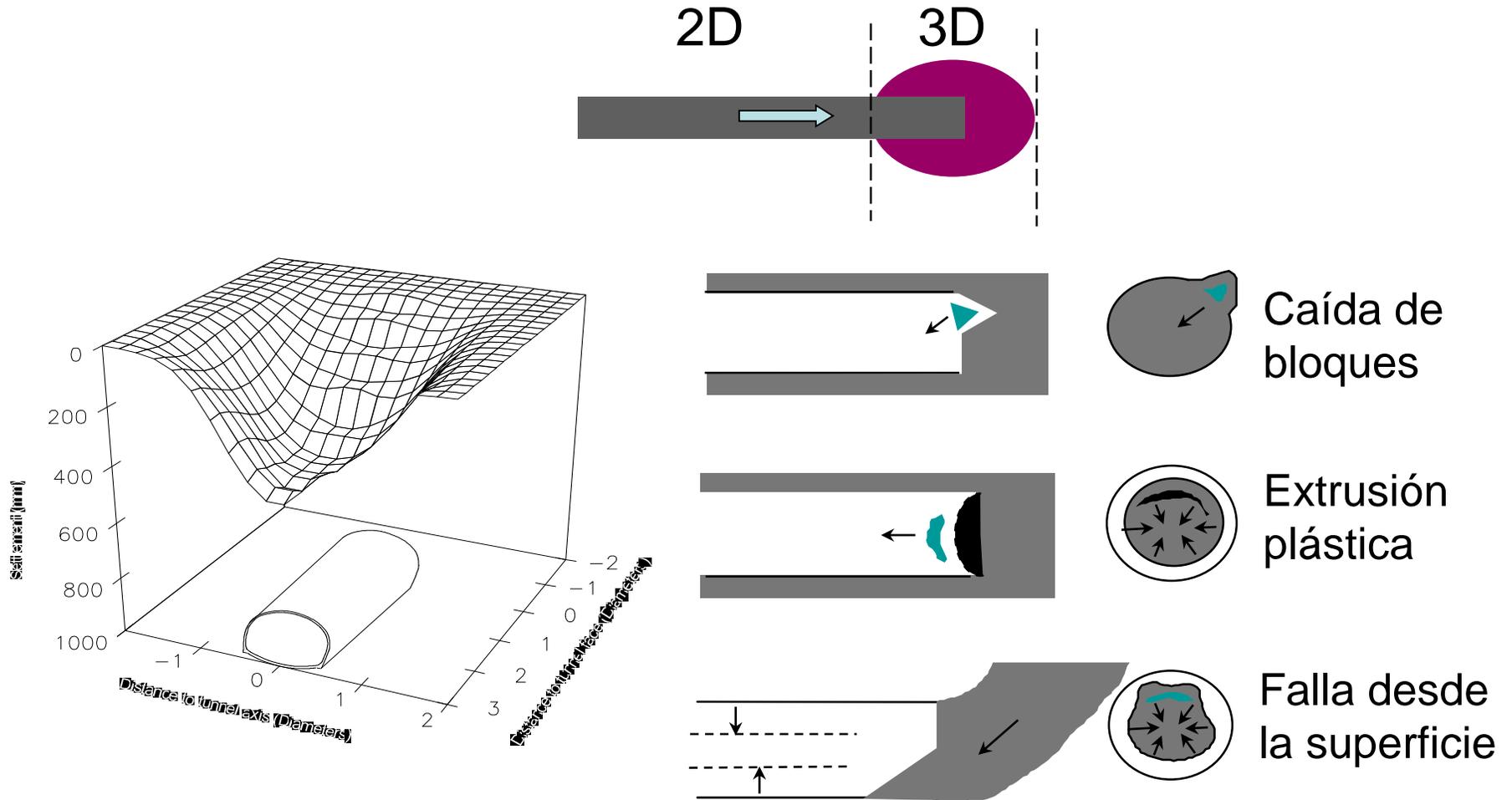
# Principio de funcionamiento de un túnel

Diseñar es elegir una forma estructural que ayude al terreno a sostenerse a sí mismo



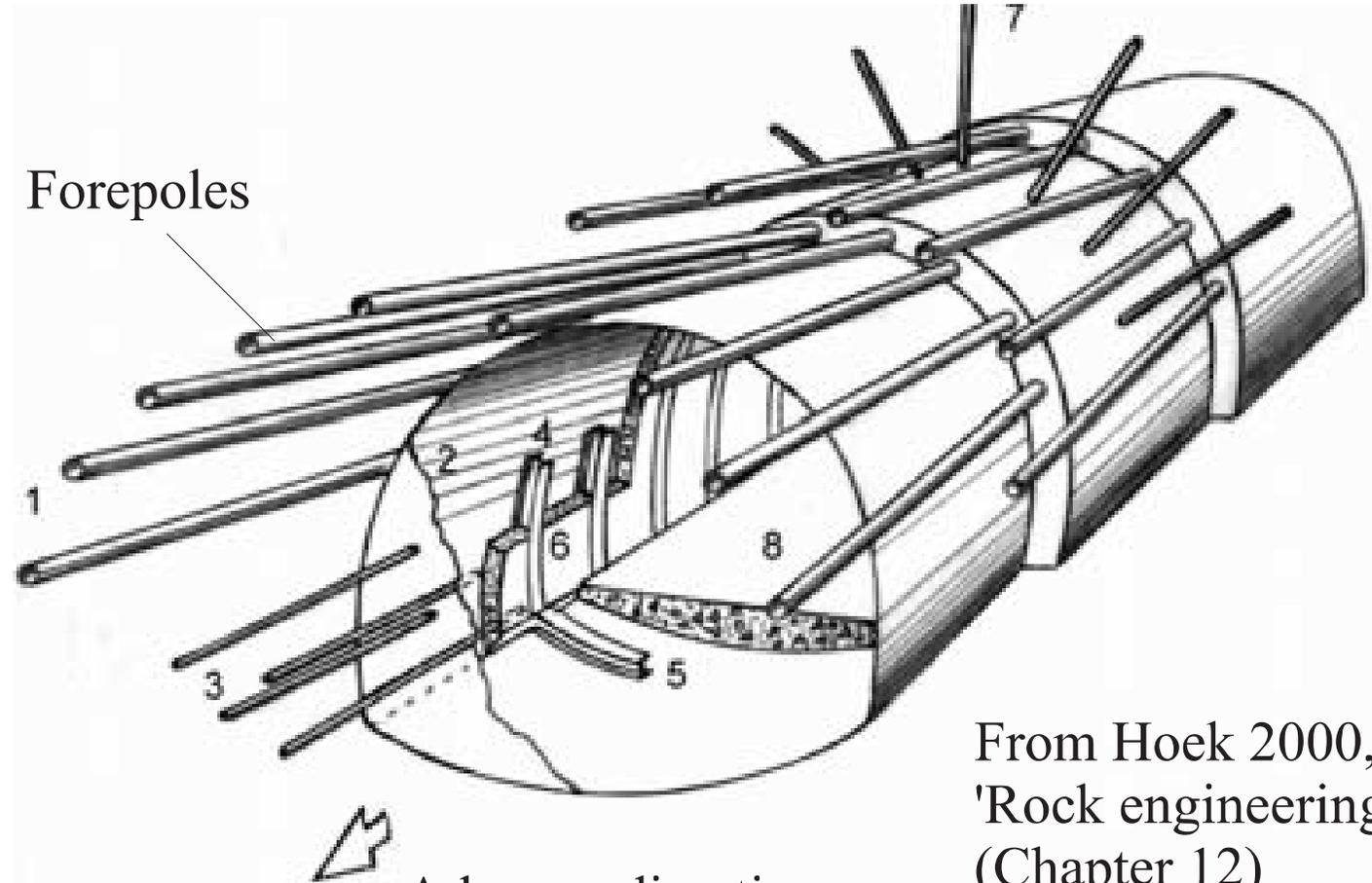


# El efecto frente





# Elementos que se instalan en el frente (si es necesario)



From Hoek 2000,  
'Rock engineering'  
(Chapter 12)  
[www.rocscience.com](http://www.rocscience.com)

# Índice



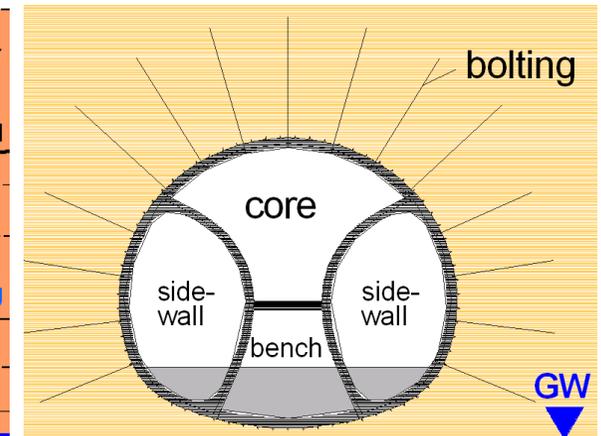
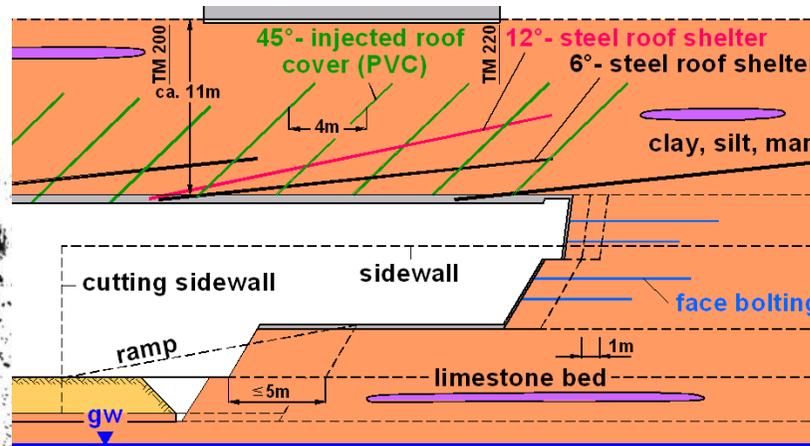
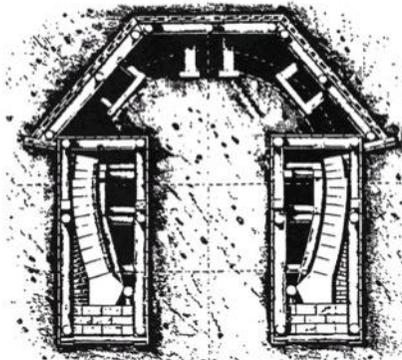
- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- **Ejemplo: túneles para subterráneos**
  - Principio de funcionamiento
  - **Procedimientos constructivos**
  - Grandes cavernas en Buenos Aires



# Procedimientos constructivos: ¿Tenemos muchas opciones?

Nuevo túnel paralelo al Old Mainz tunnel (1884)

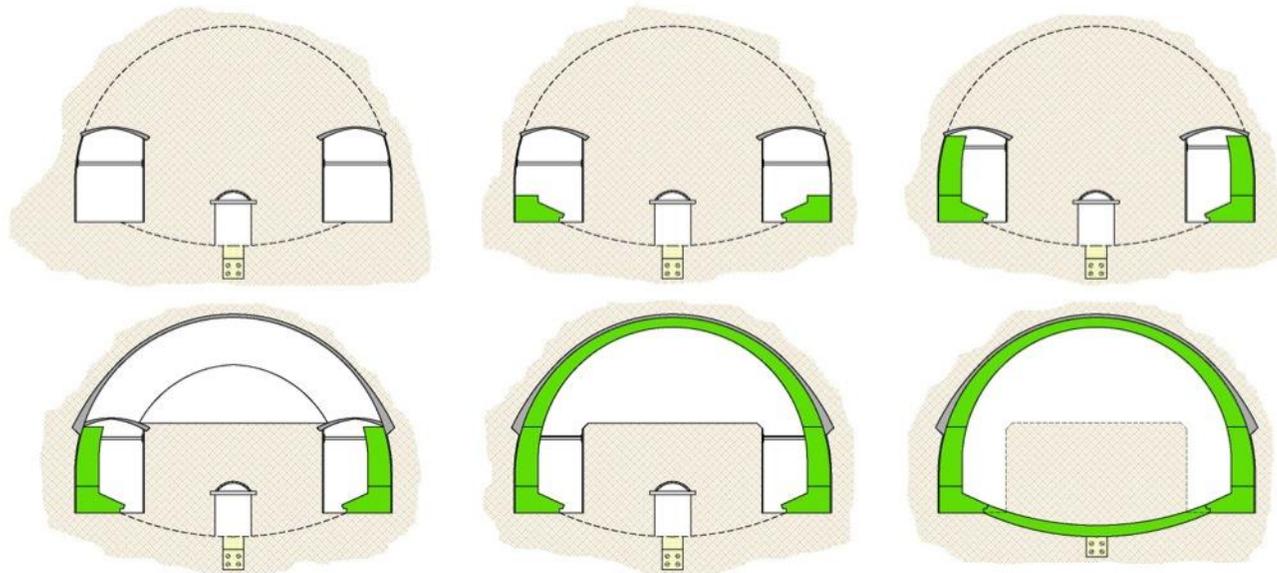
- Viejo túnel: Método Alemán: asentamientos > 10cm
- Nuevo túnel: NATM: Shotcrete, pernos, inyecciones, paraguas, *side drift*: Asentamientos < 1.5 cm



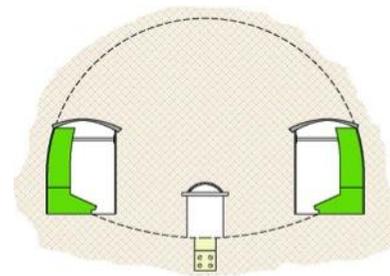


# Método alemán

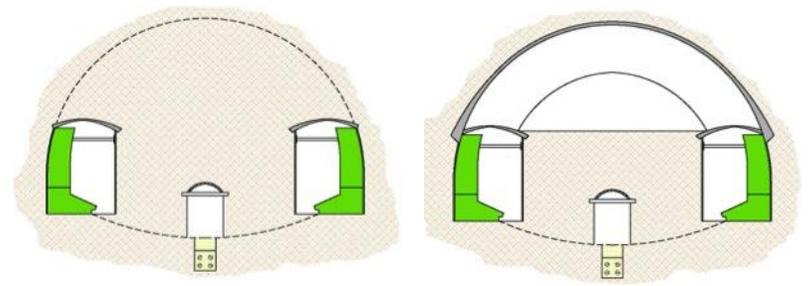
1. Hastiales con hormigón moldeado
2. Bóveda primaria con hormigón proyectado
3. Bóveda secundaria con hormigón moldeado
4. Solera con hormigón moldeado



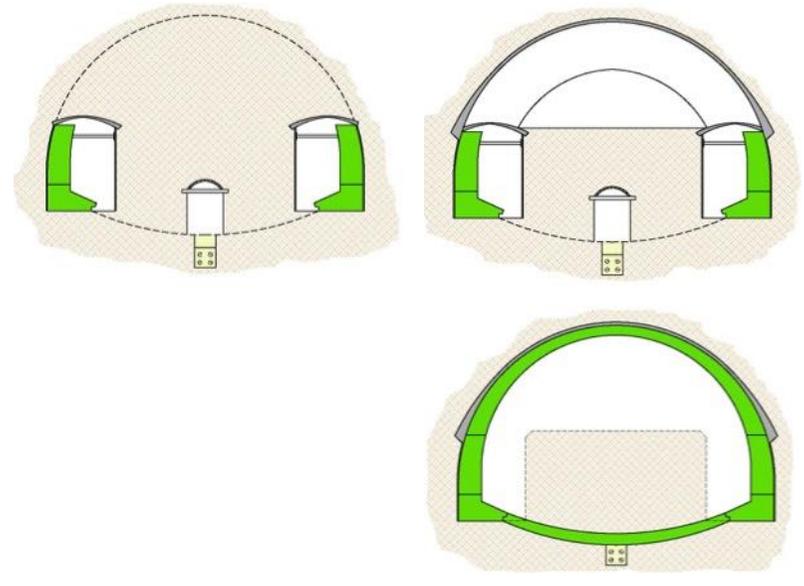
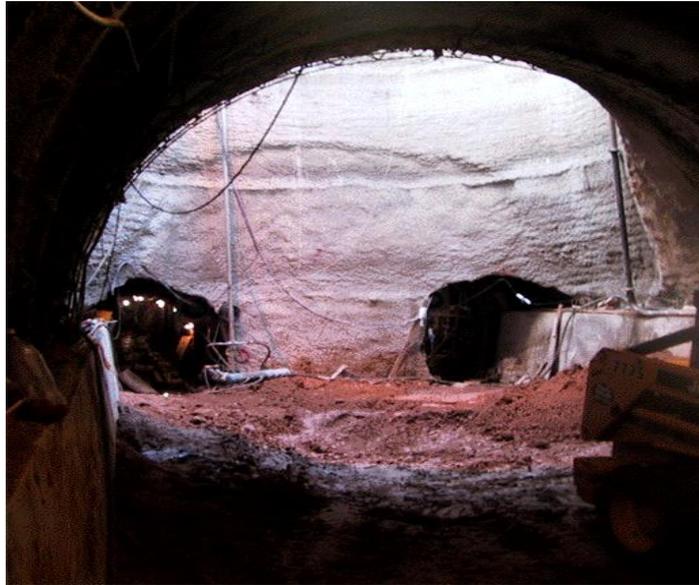
# Método alemán



# Método alemán



# Método alemán





# Método belga

1. Bóveda primaria con hormigón proyectado
2. Bóveda secundaria moldeada
3. Hastiales moldeados por troneras
4. Solera moldeada



# Método belga



# Método belga



# Método belga



# Método belga



# Método belga



# Método belga



# Método belga



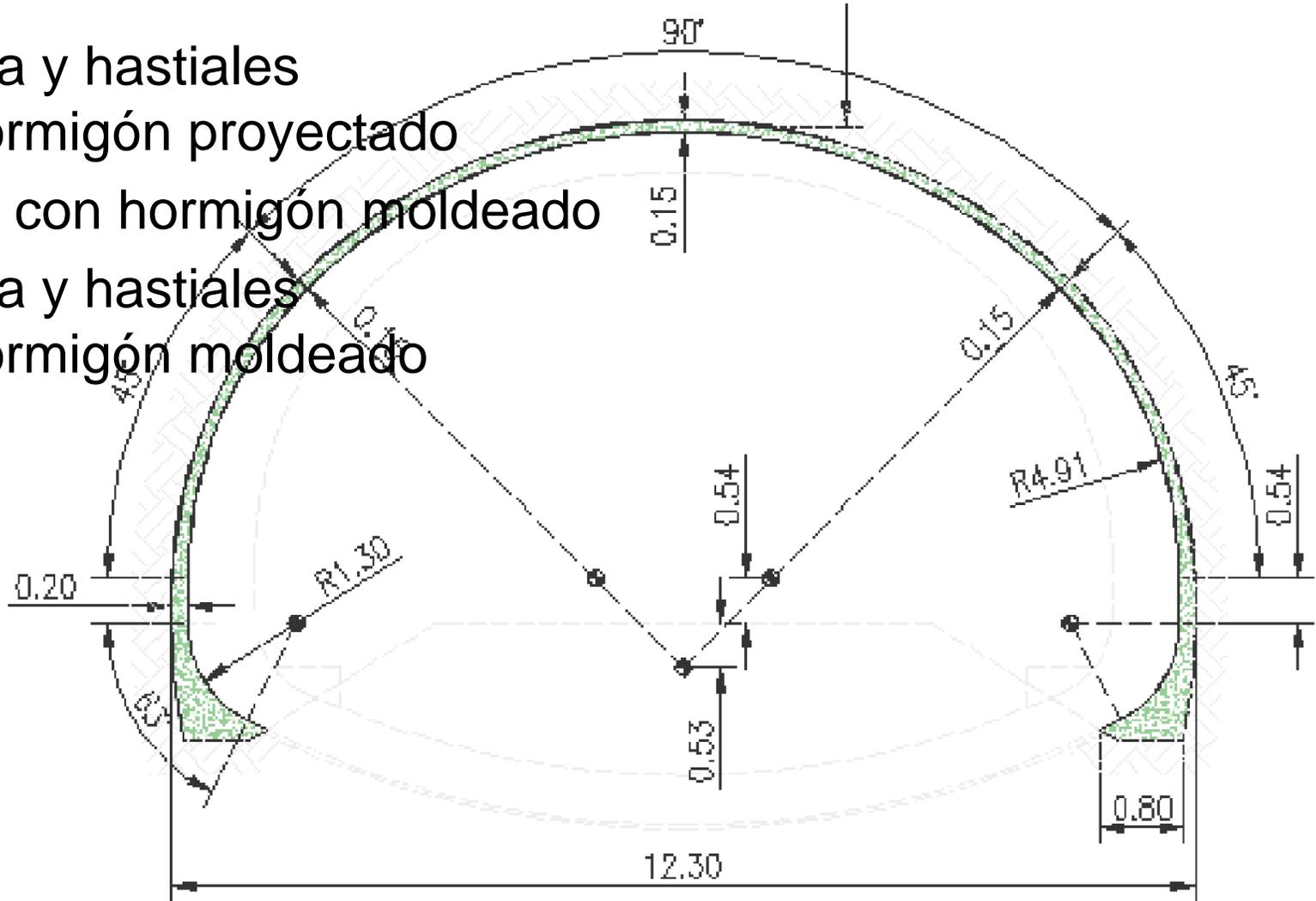
# Método belga





# Método de frente completo

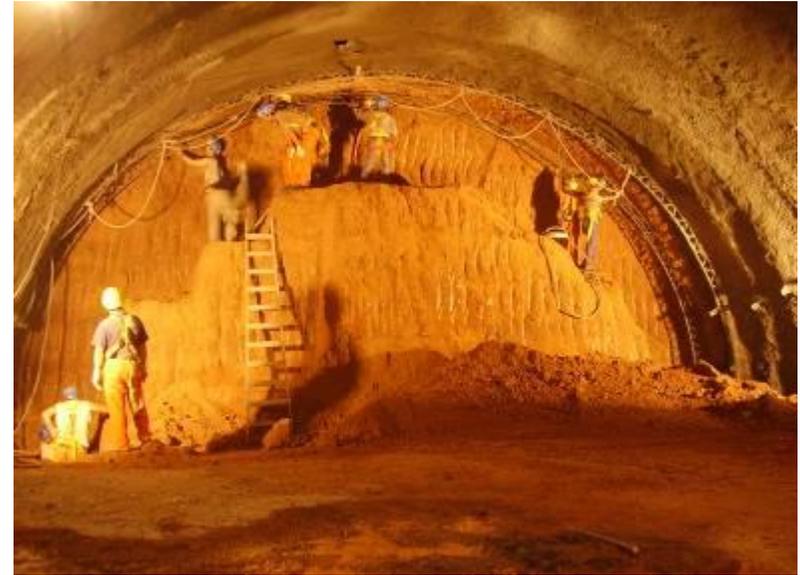
1. Bóveda y hastiales con hormigón proyectado
2. Solera con hormigón moldeado
3. Bóveda y hastiales con hormigón moldeado



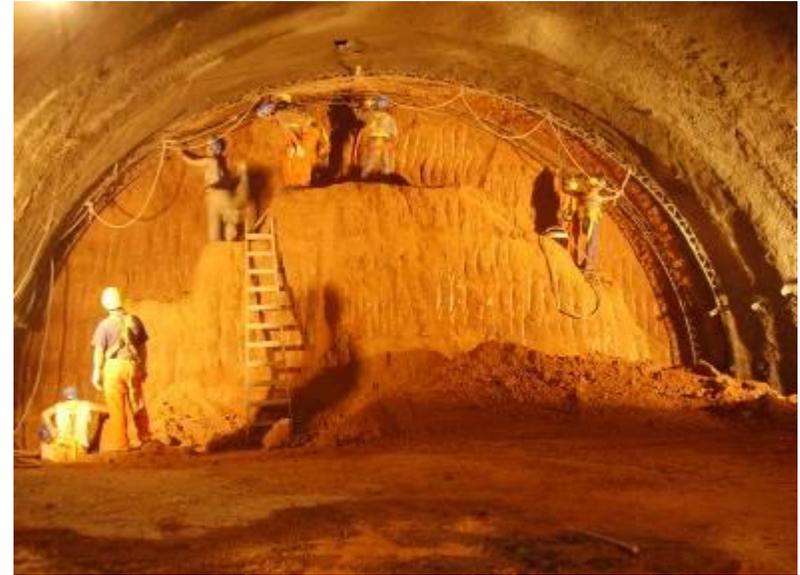
# Método de frente completo



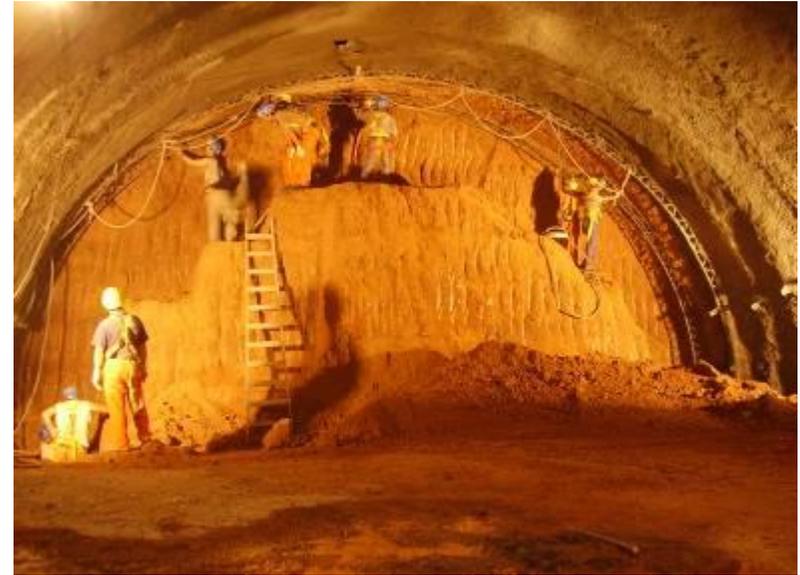
# Método de frente completo



# Método de frente completo



# Método de frente completo



# Método de frente completo



# Método de frente completo



# Método de frente completo



# Método de frente completo



# Índice

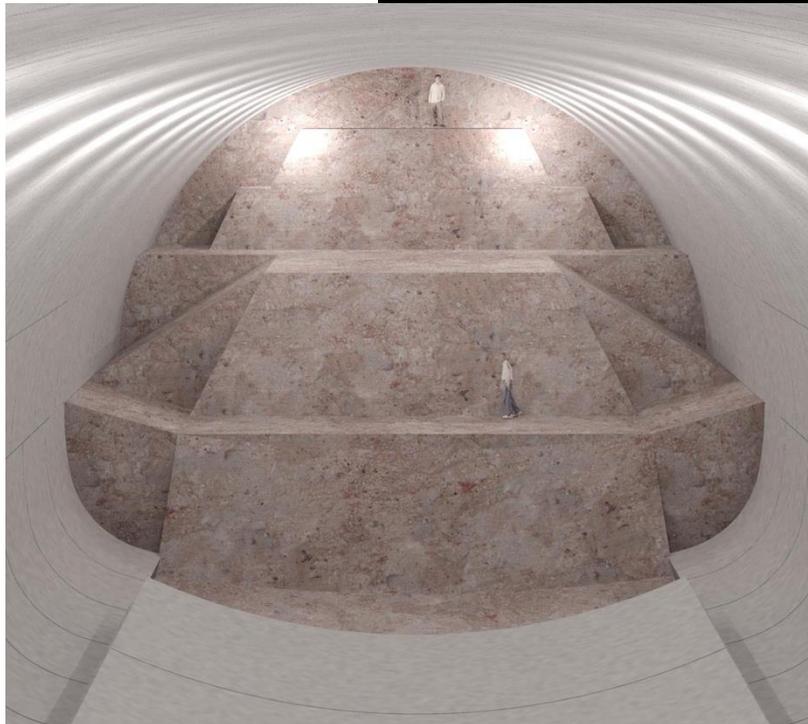
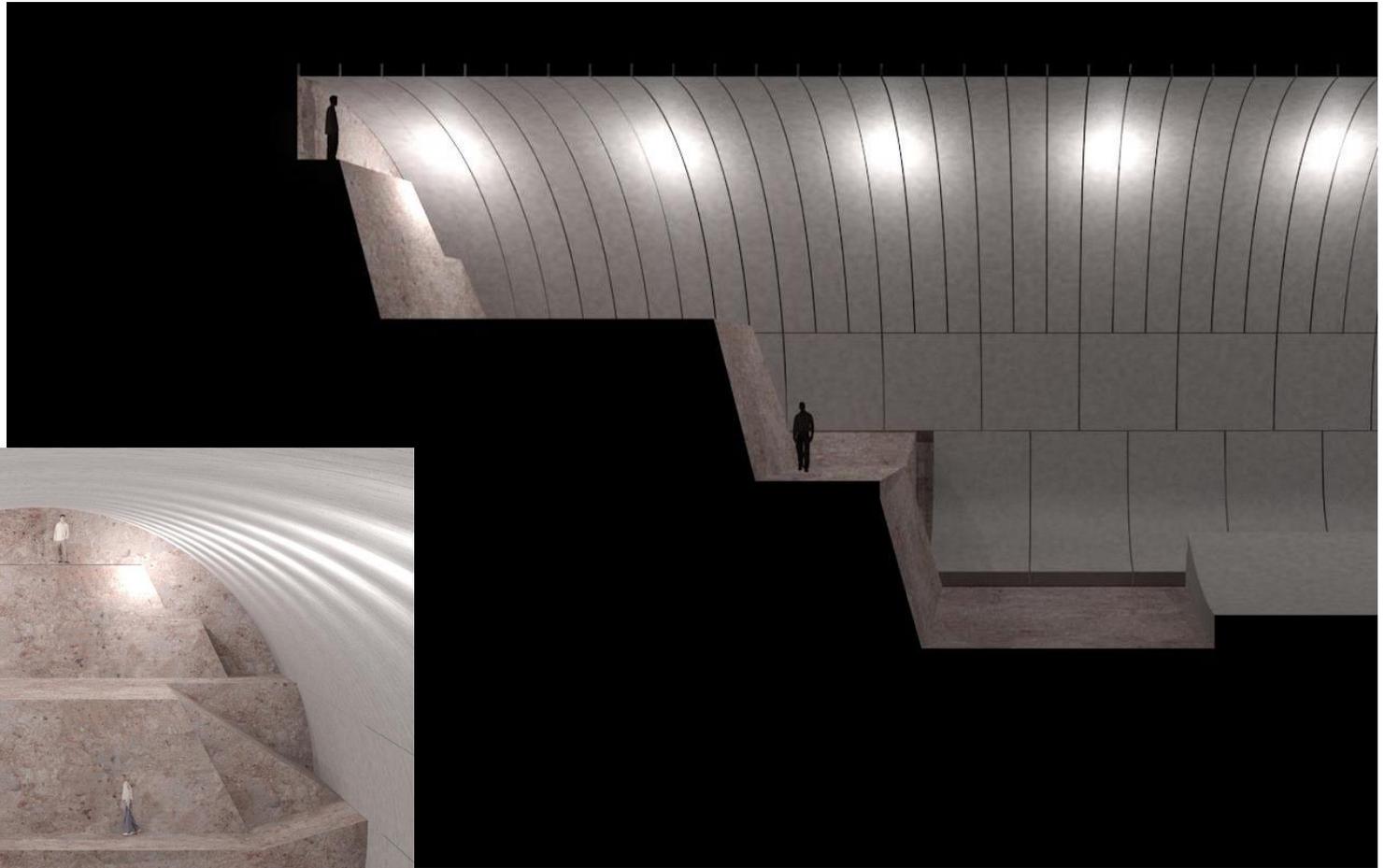


- Los suelos y las rocas
- La ingeniería geotécnica
- Ejemplo: excavación a cielo abierto
- **Ejemplo: túneles para subterráneos**
  - Principio de funcionamiento
  - Procedimientos constructivos
  - **Grandes cavernas en Buenos Aires**

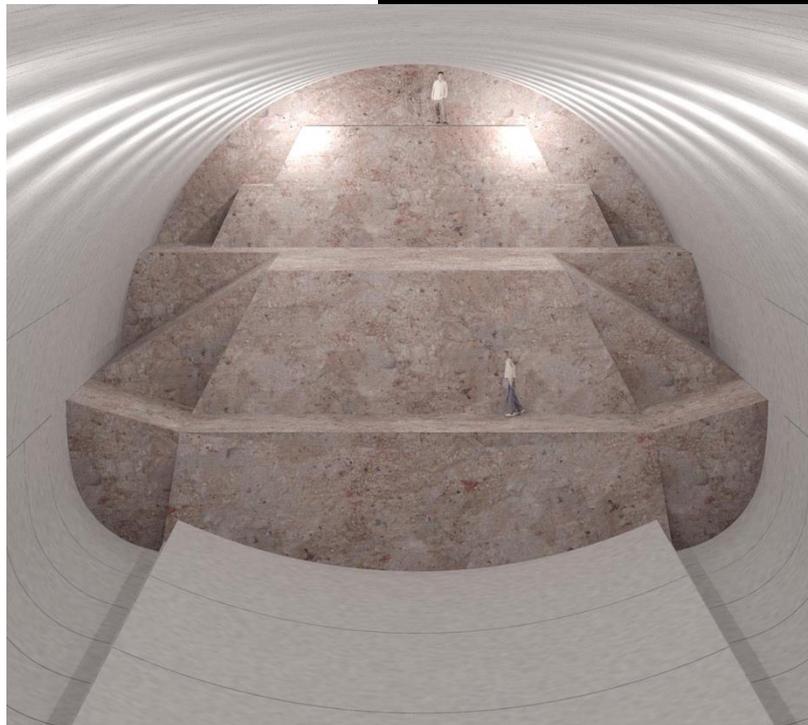
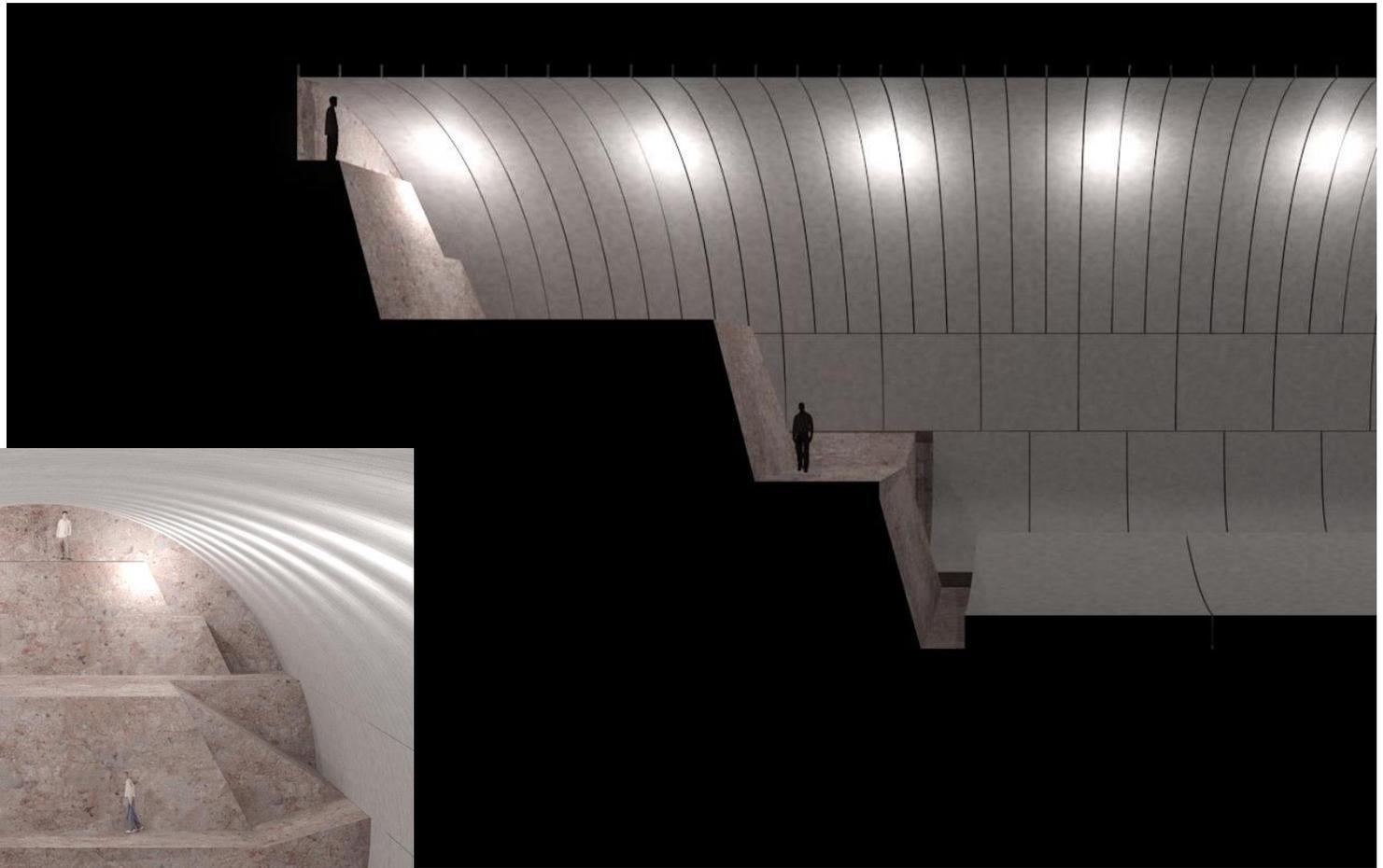
# La Estación Corrientes



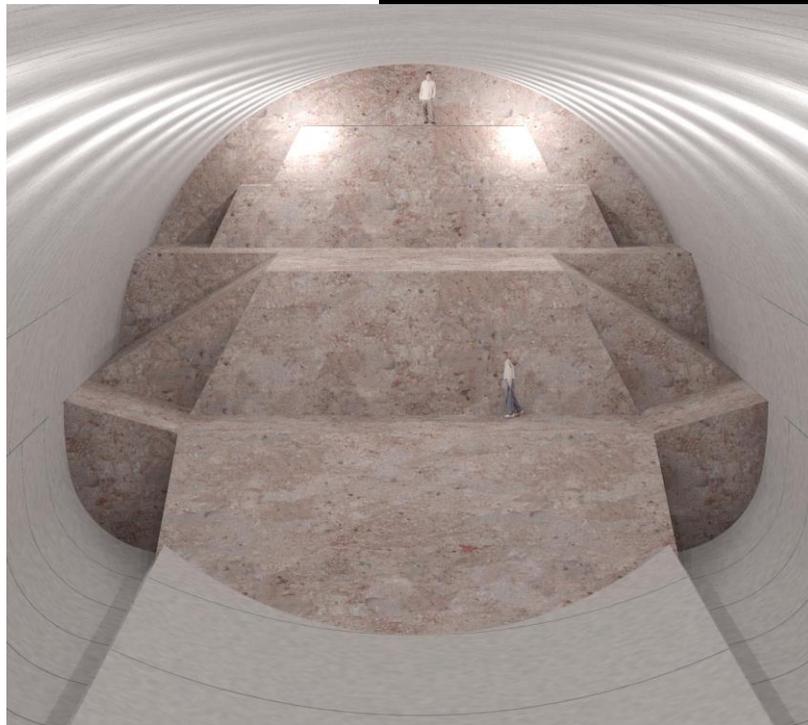
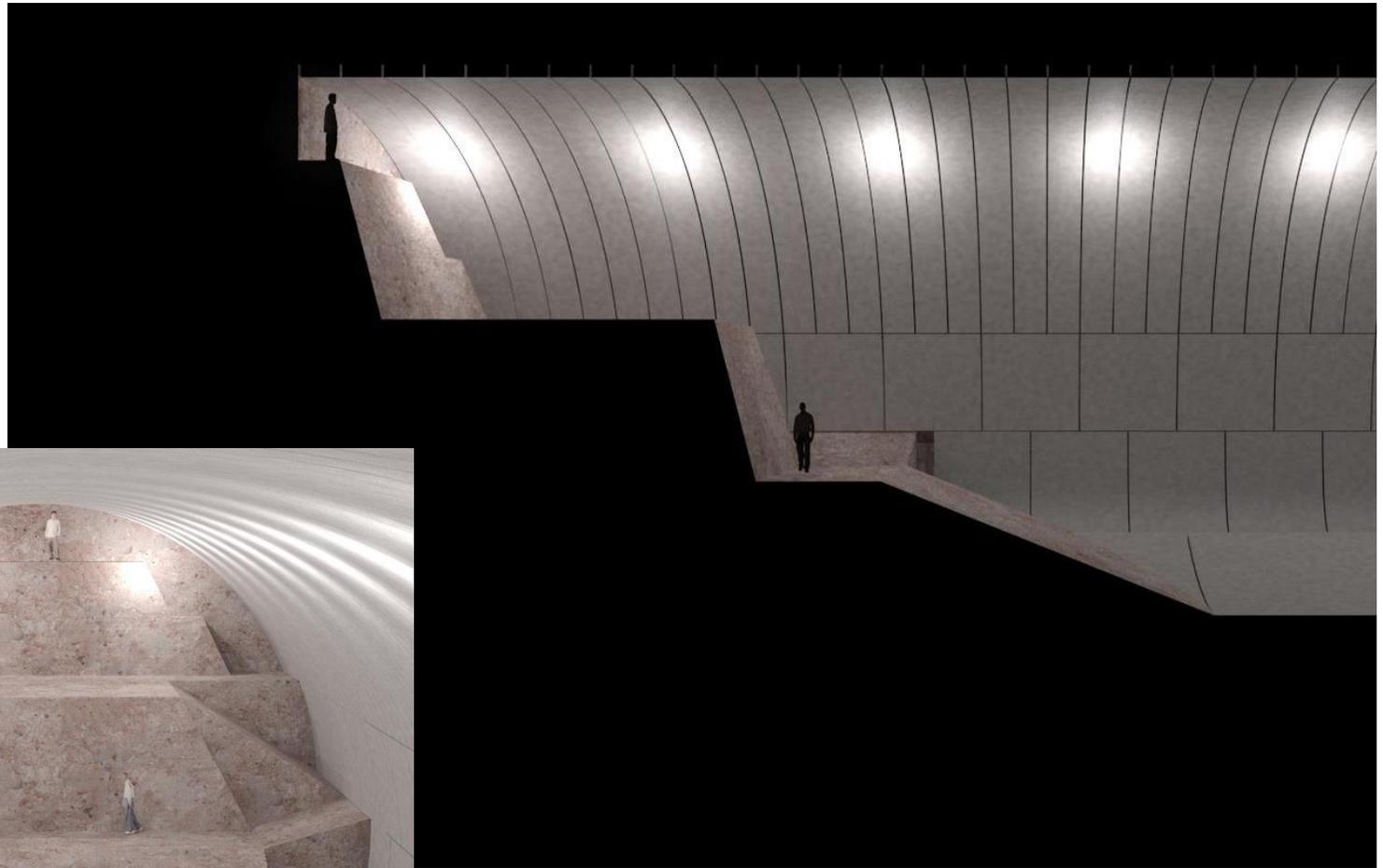
# Un procedimiento constructivo



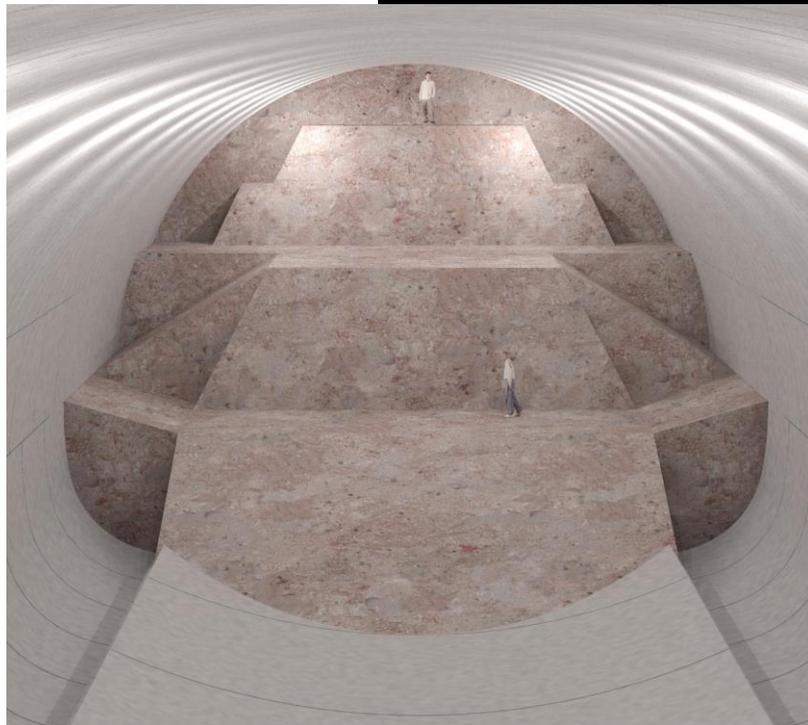
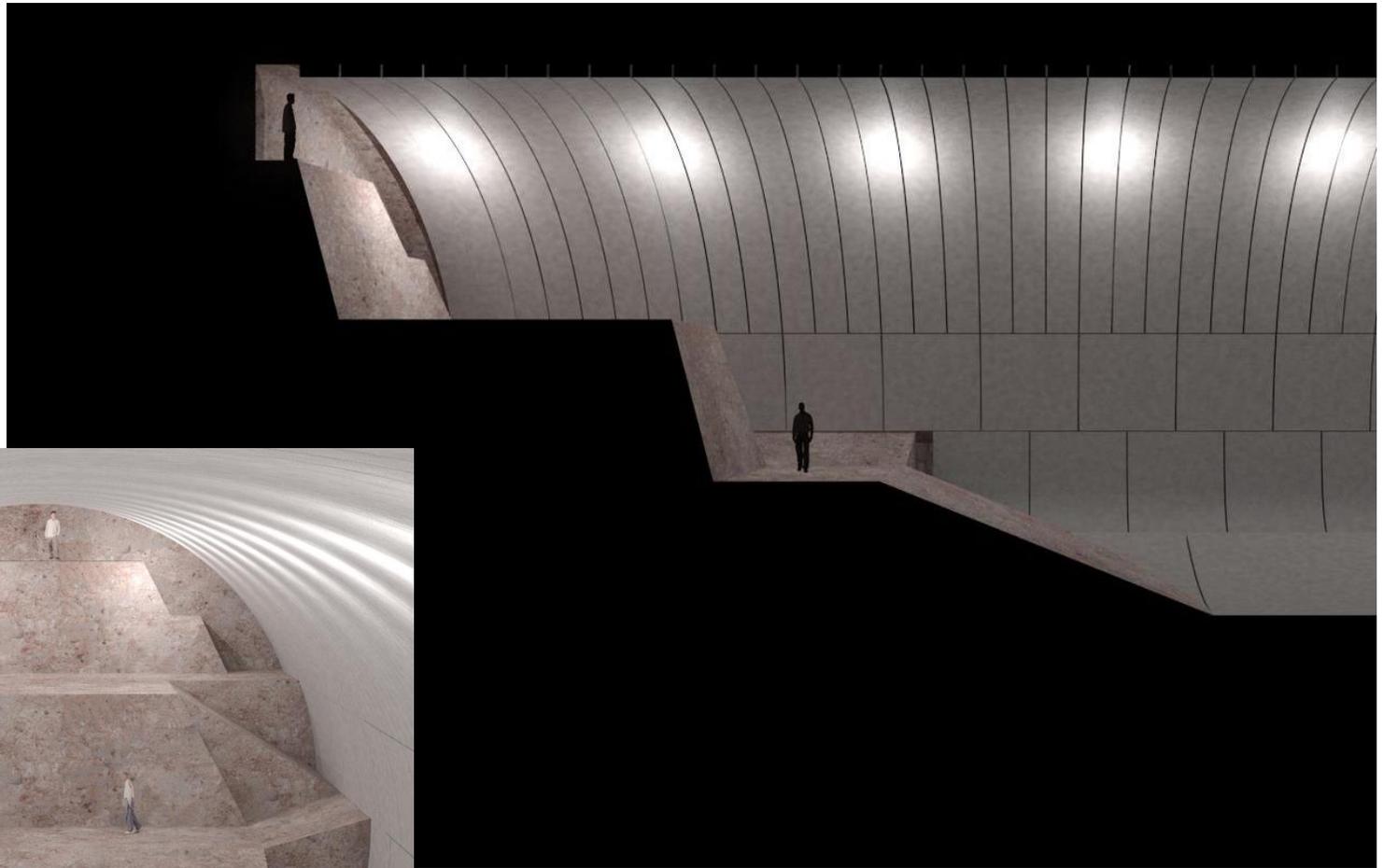
# Un procedimiento constructivo



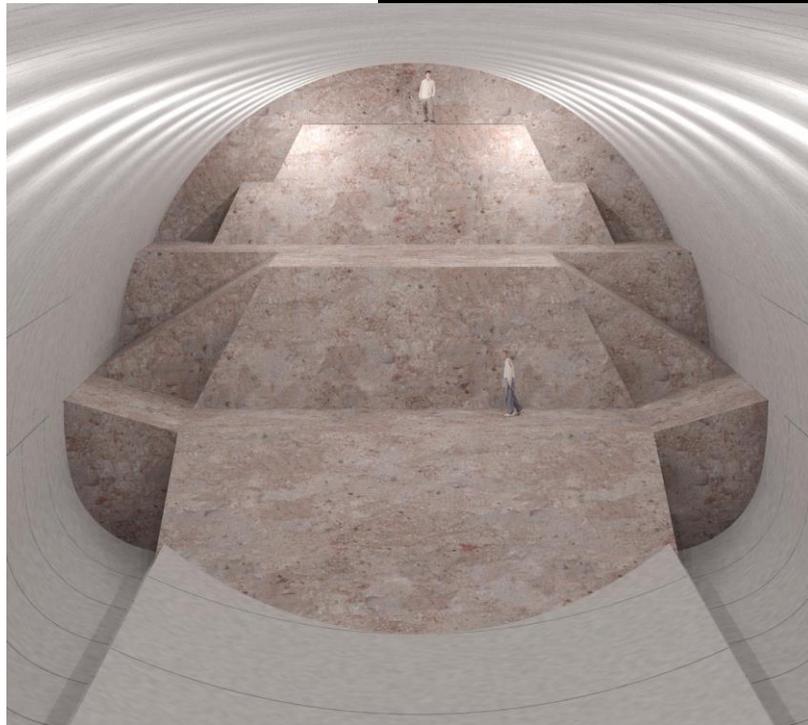
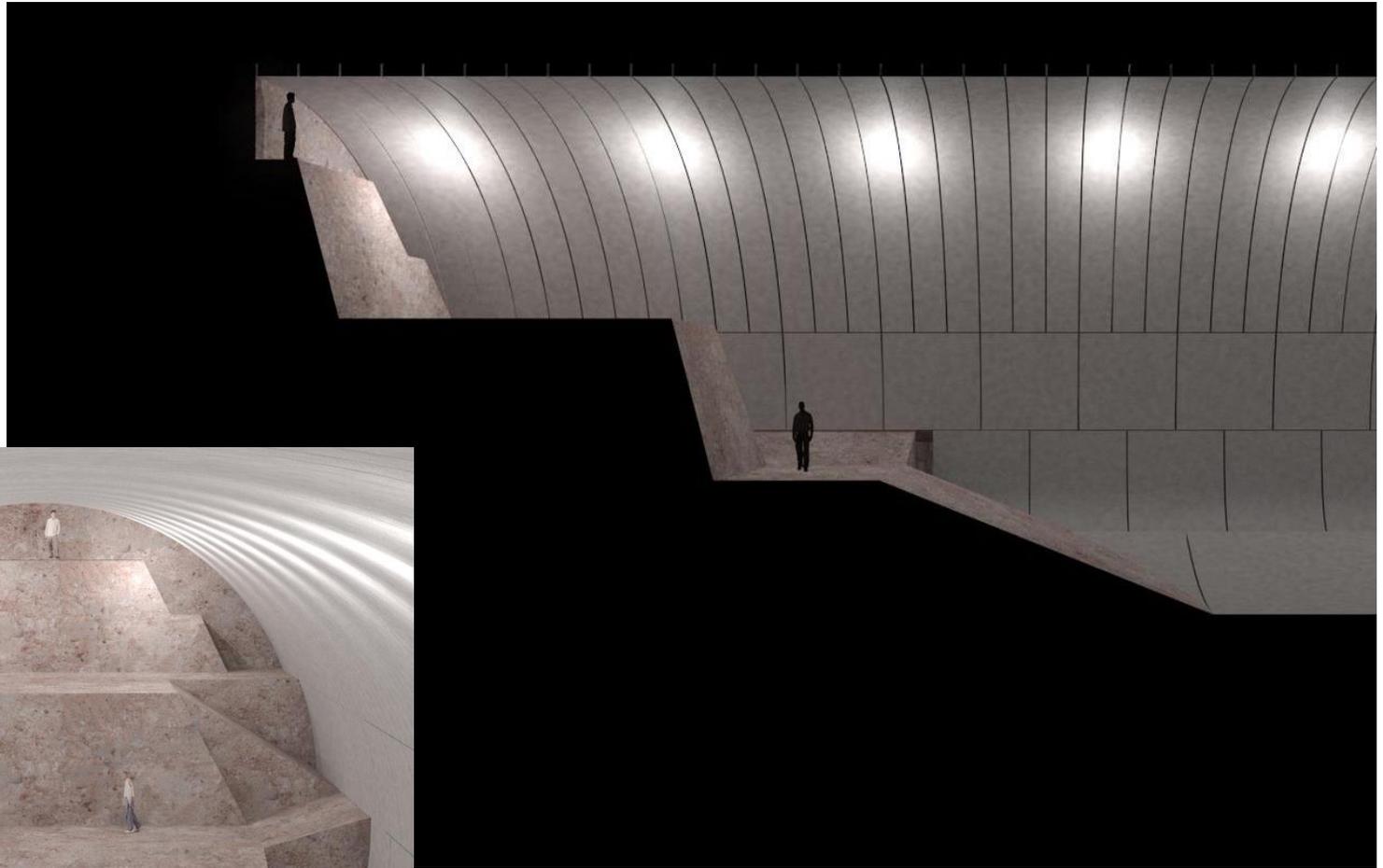
# Un procedimiento constructivo



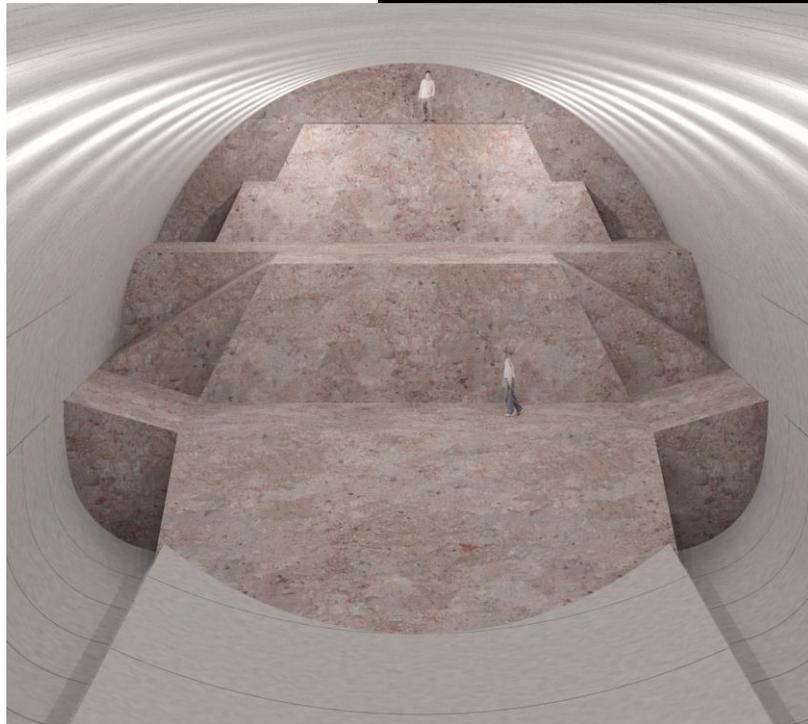
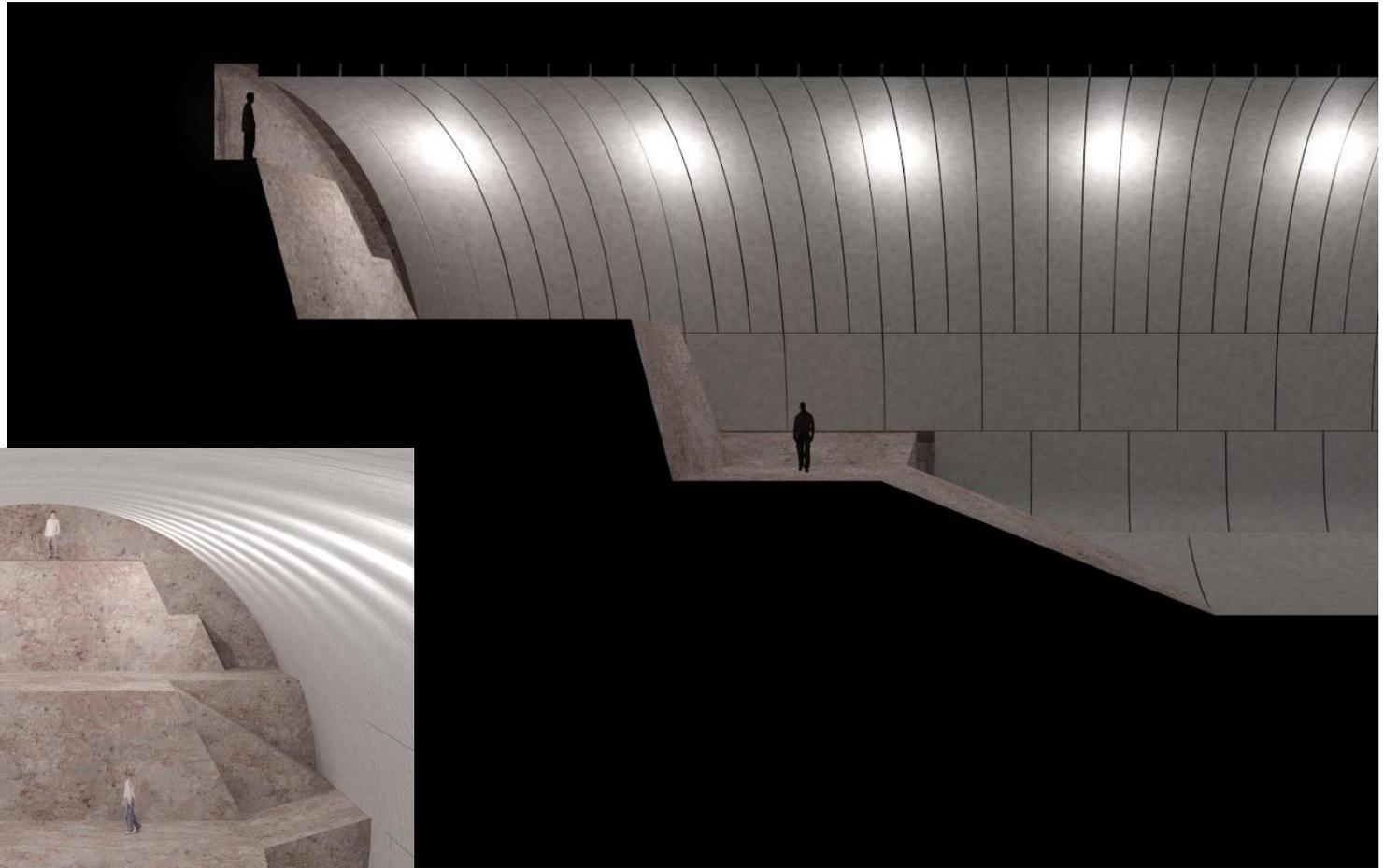
# Un procedimiento constructivo



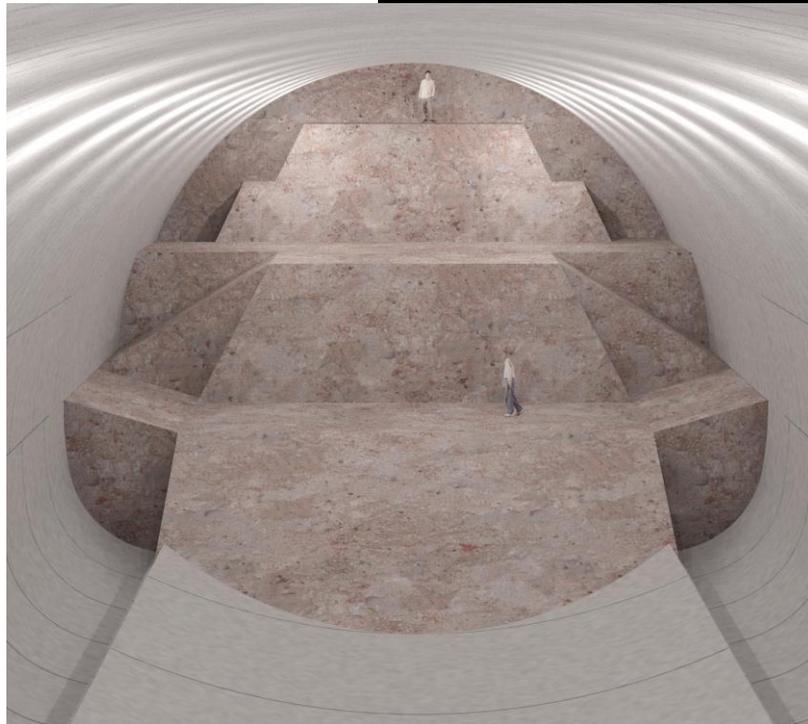
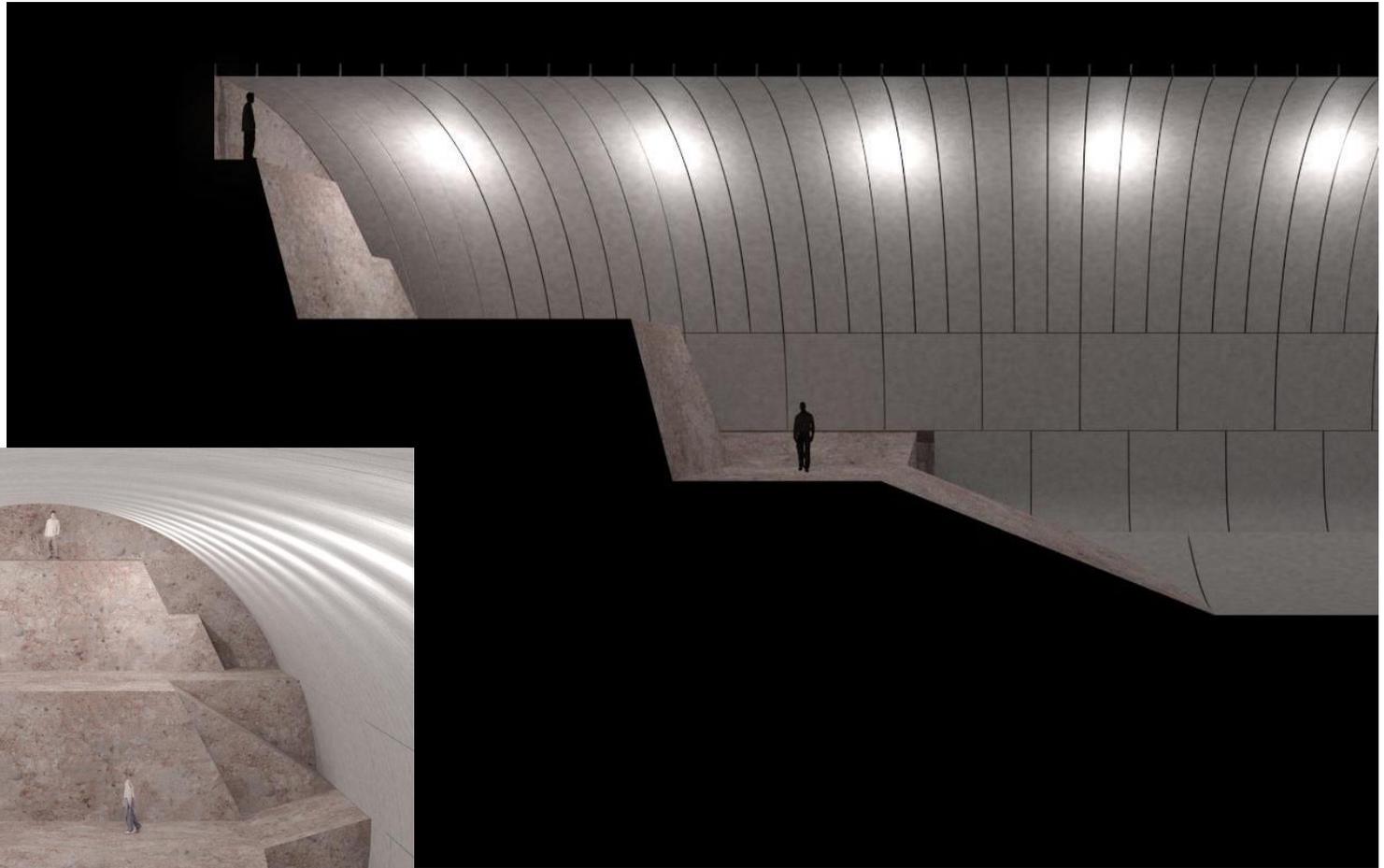
# Un procedimiento constructivo



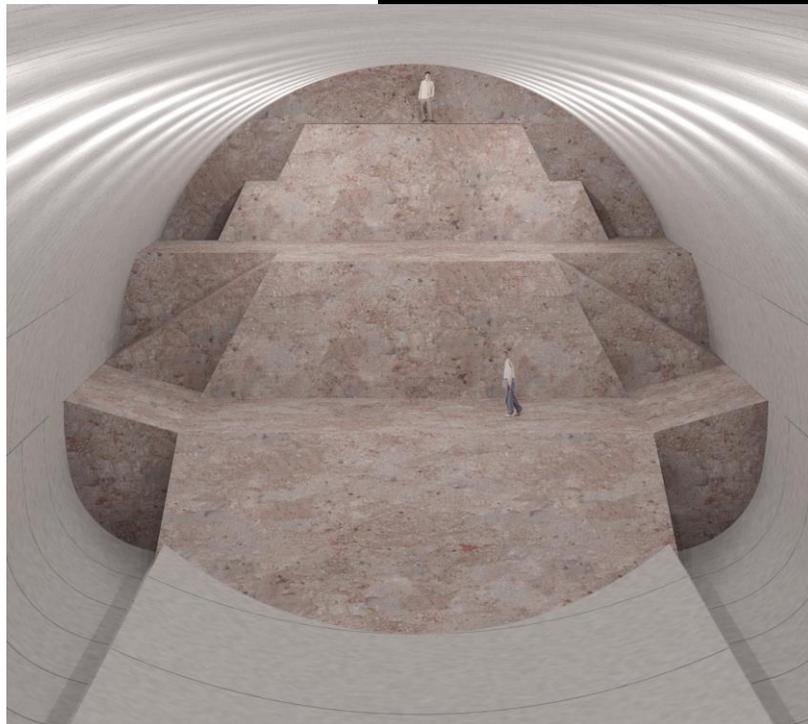
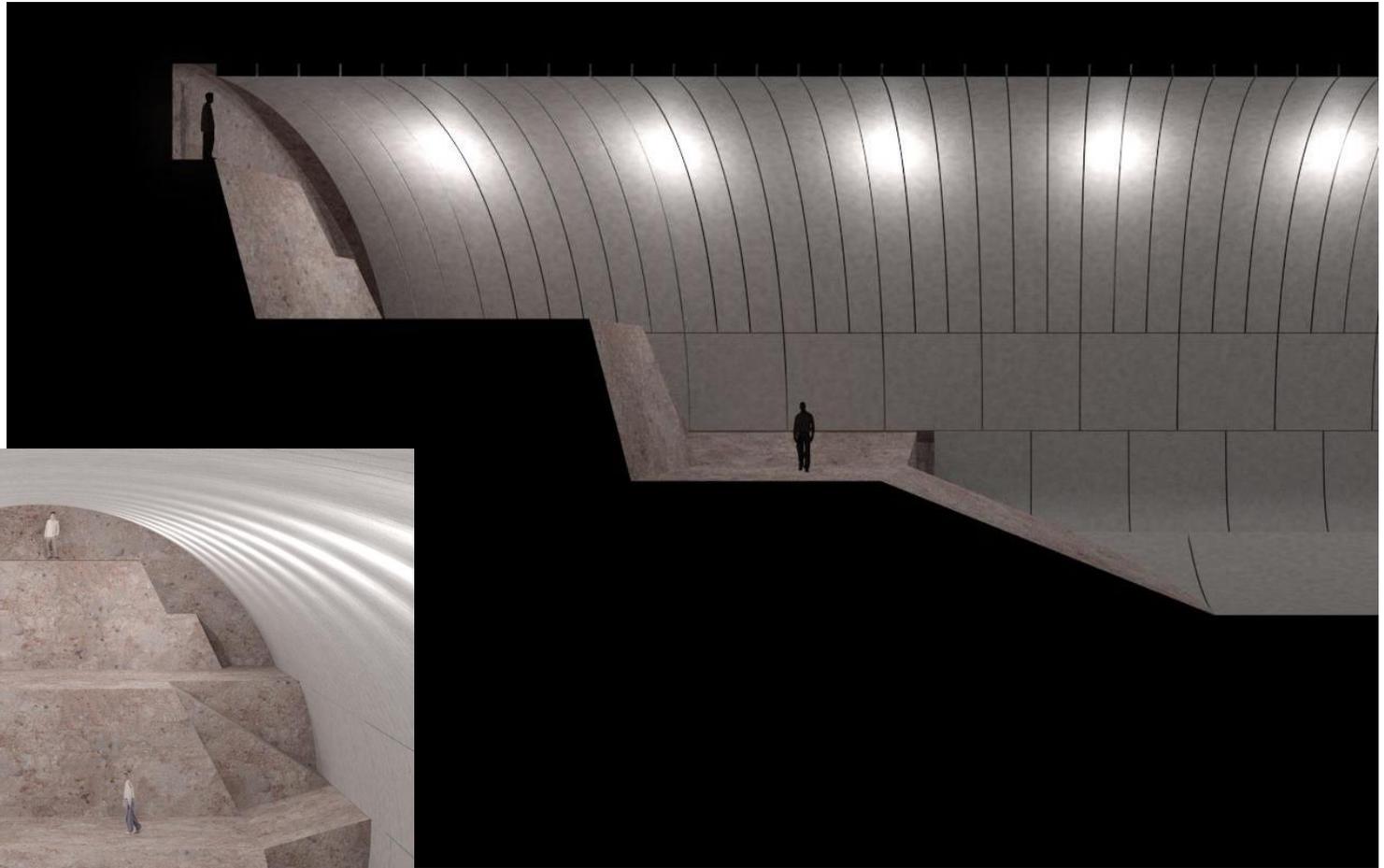
# Un procedimiento constructivo



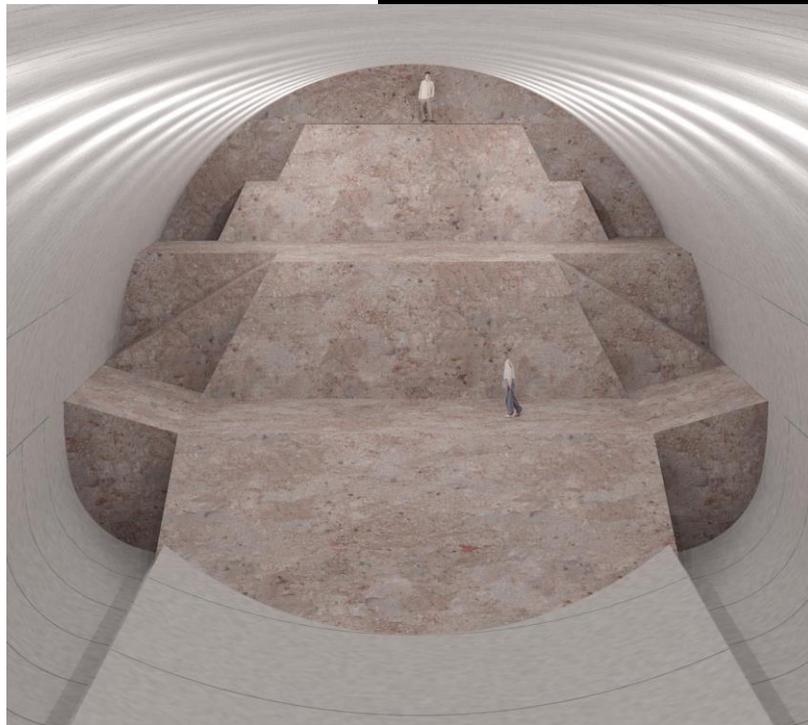
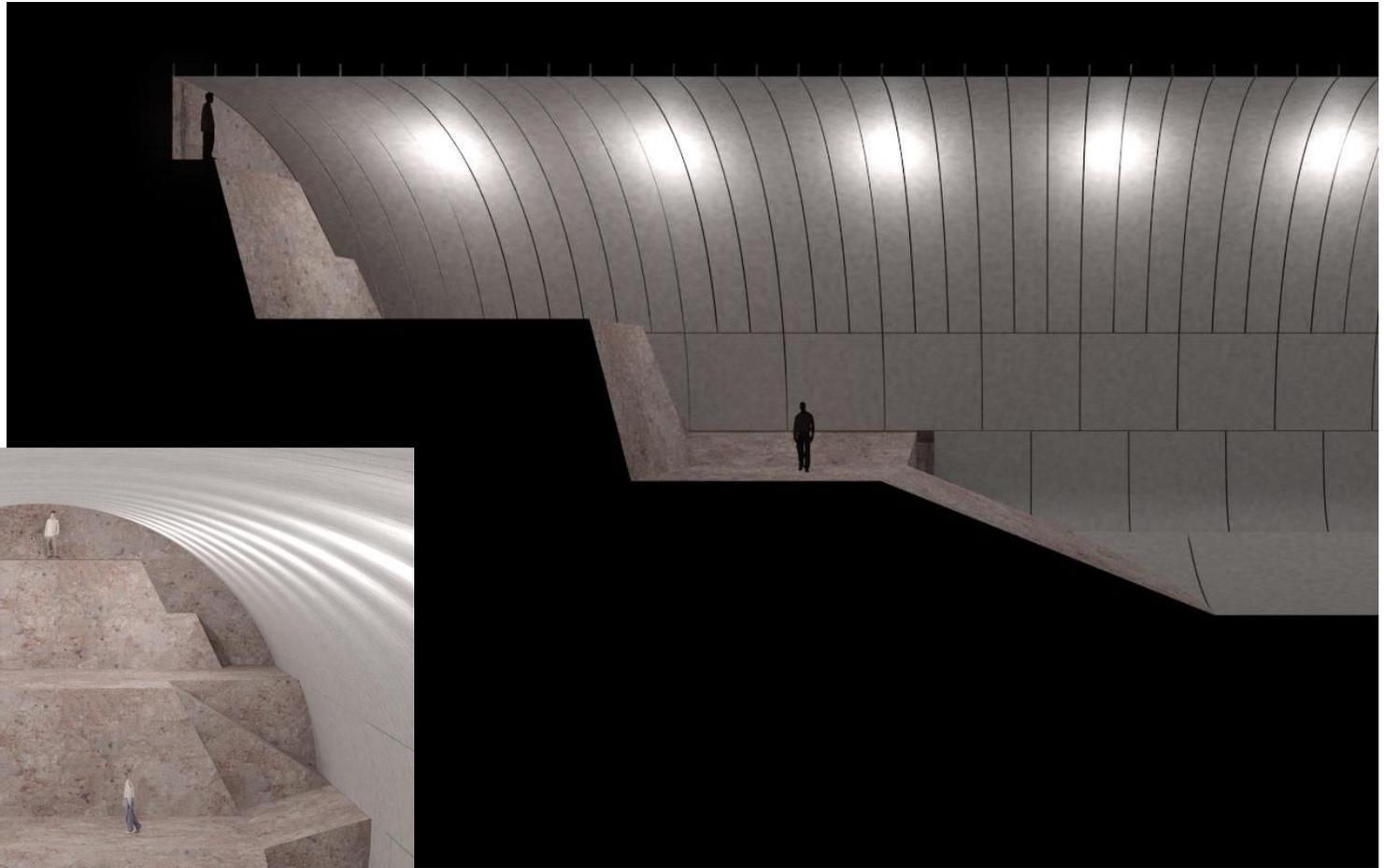
# Un procedimiento constructivo



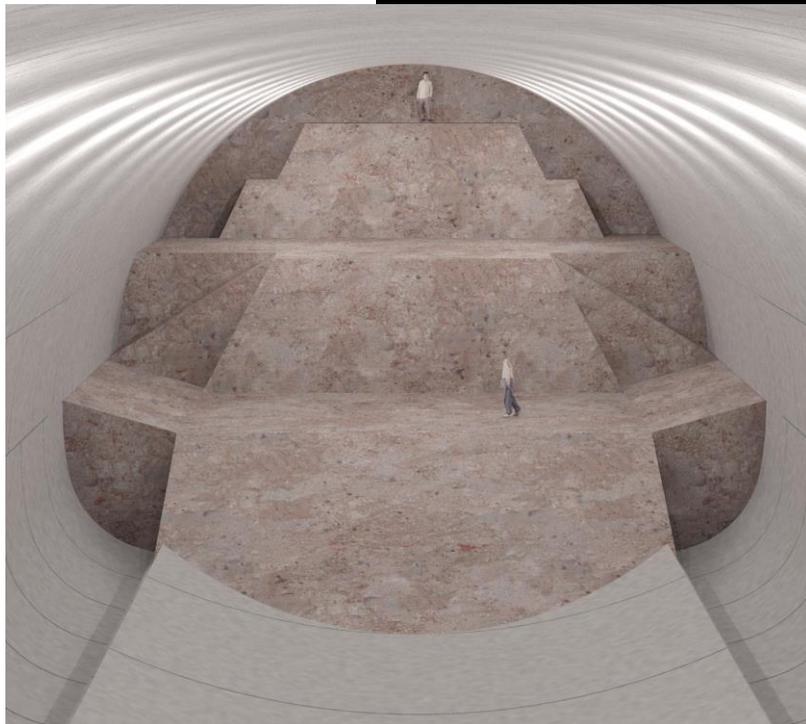
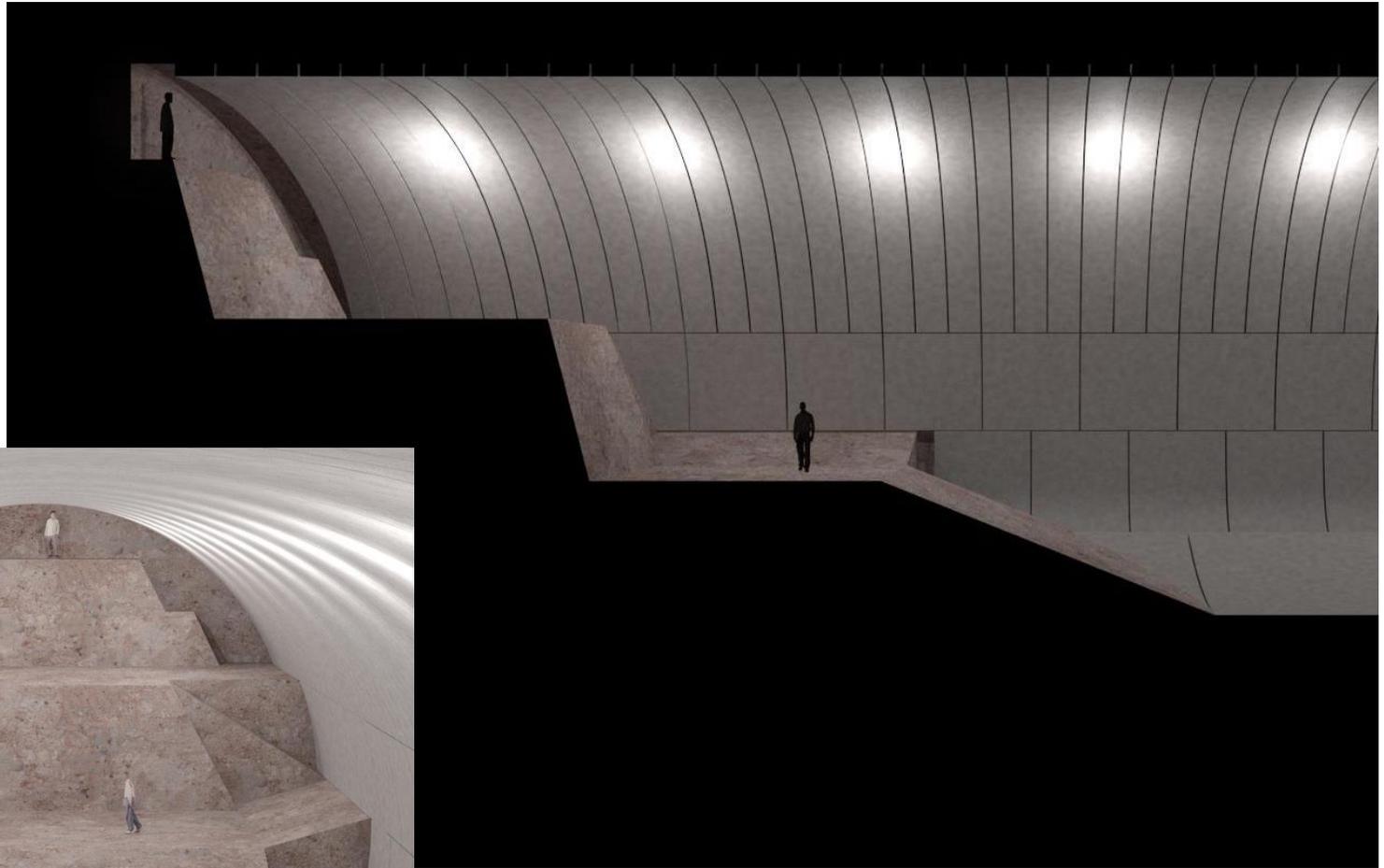
# Un procedimiento constructivo



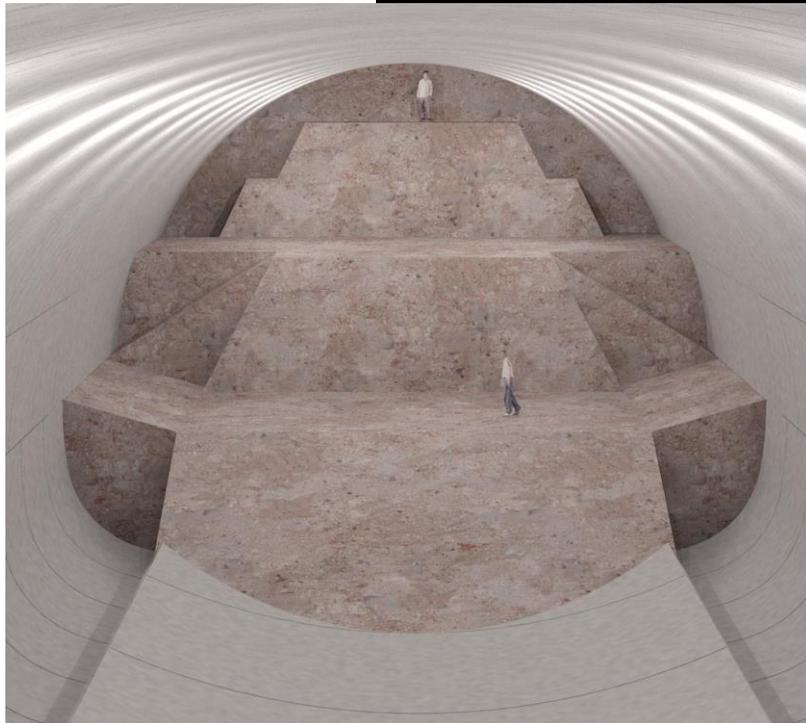
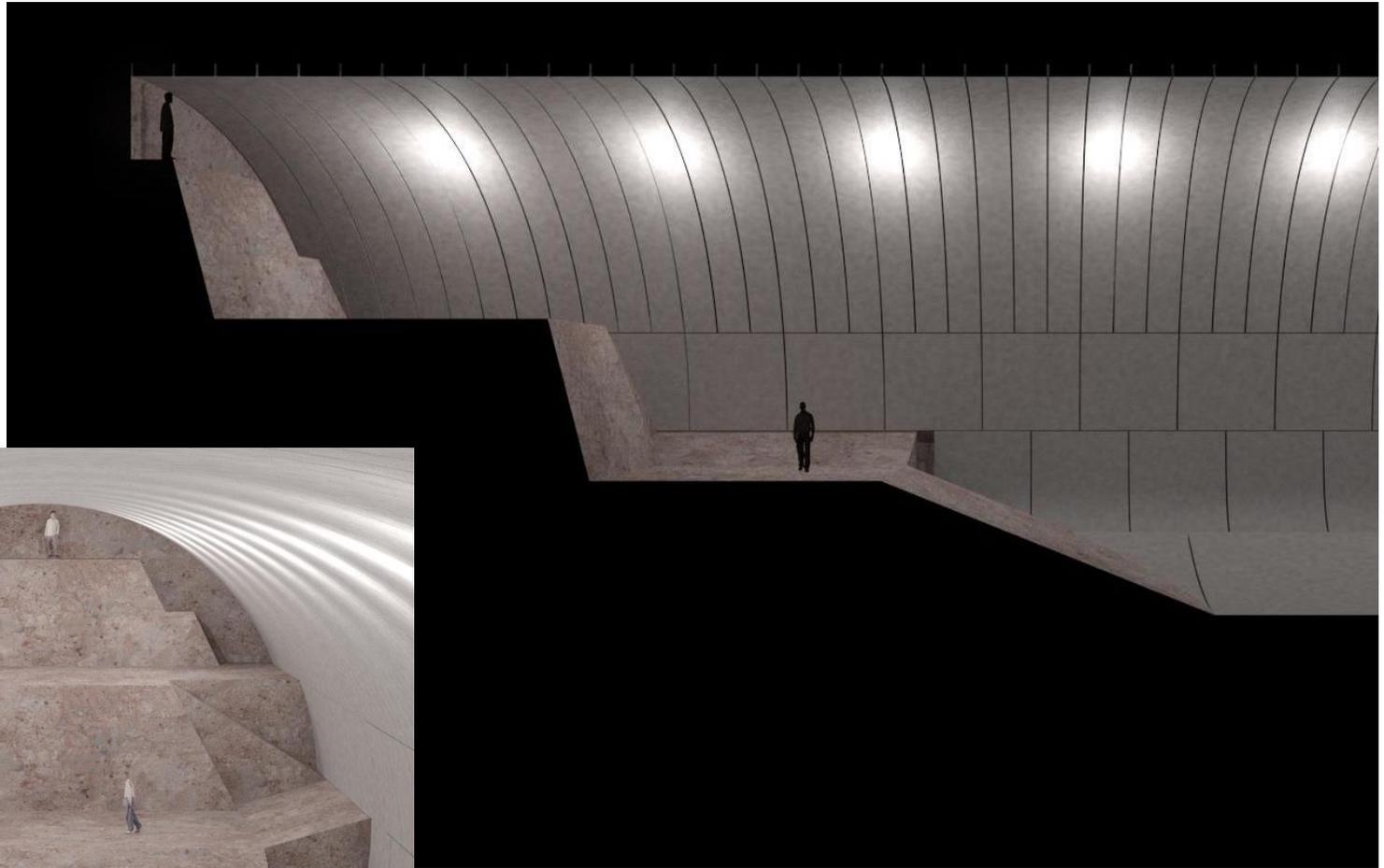
# Un procedimiento constructivo



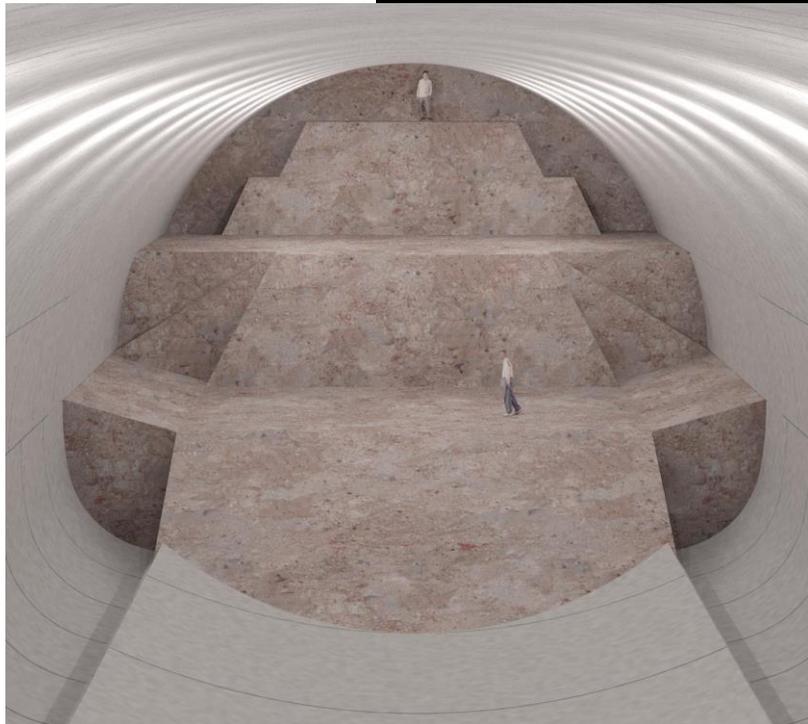
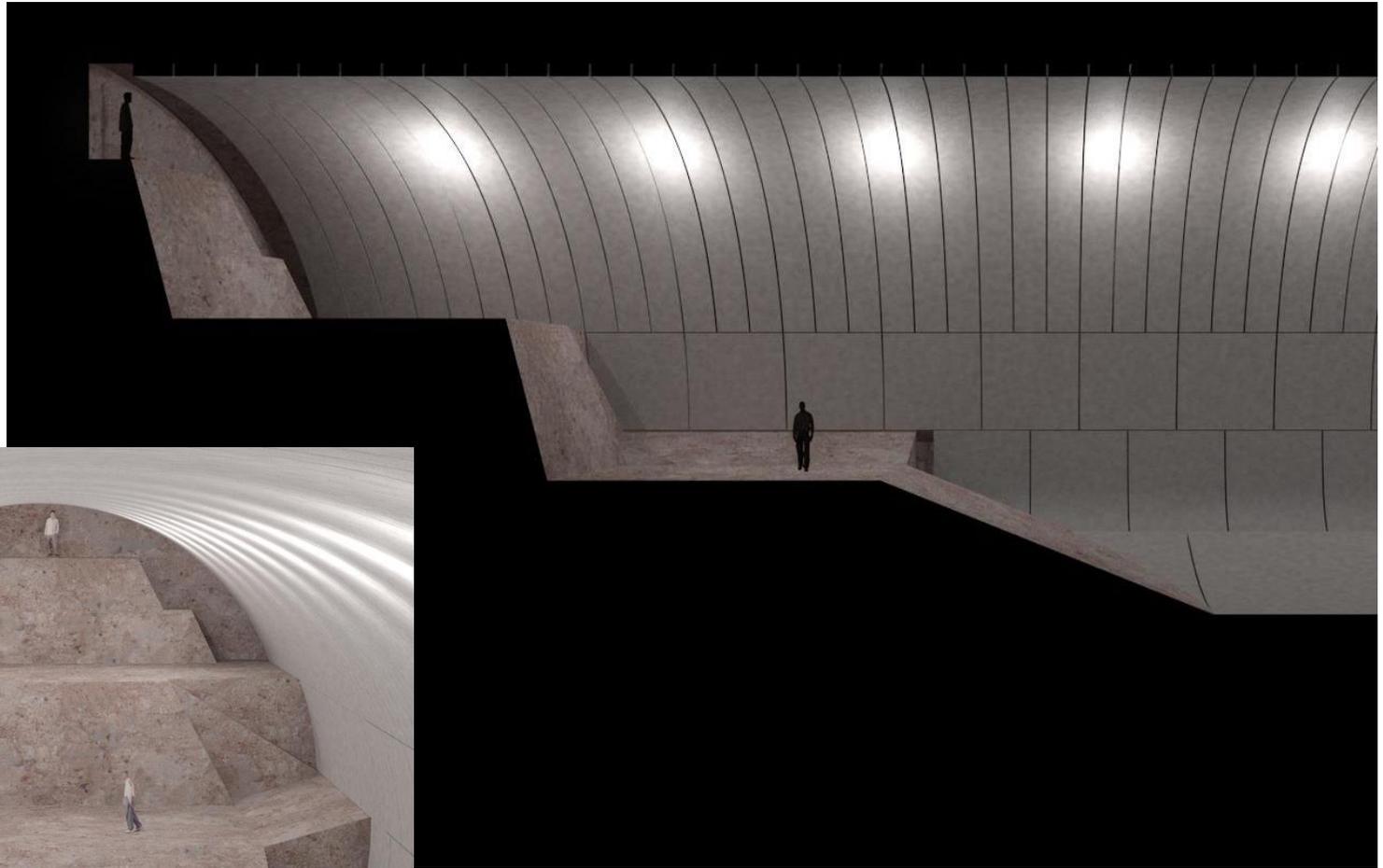
# Un procedimiento constructivo



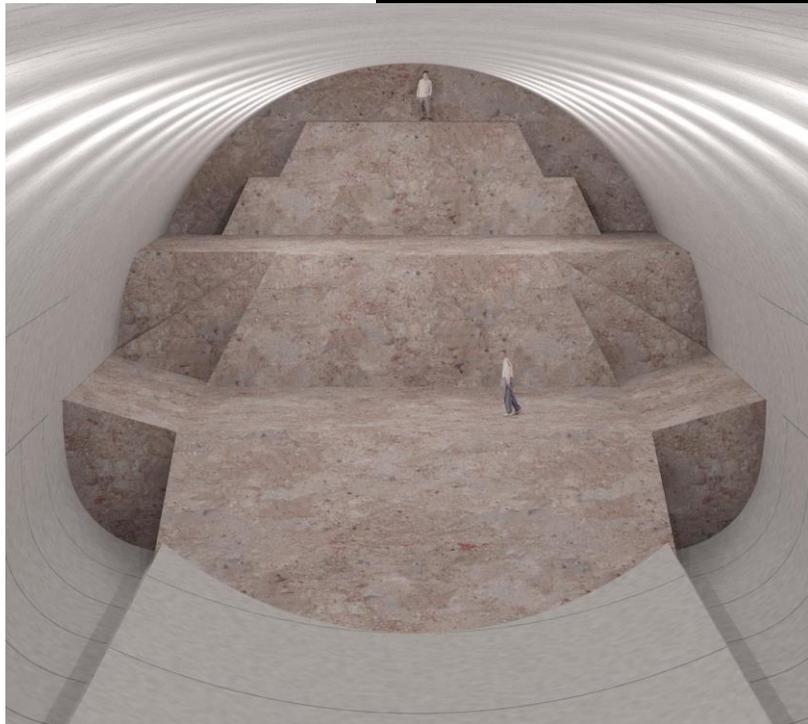
# Un procedimiento constructivo



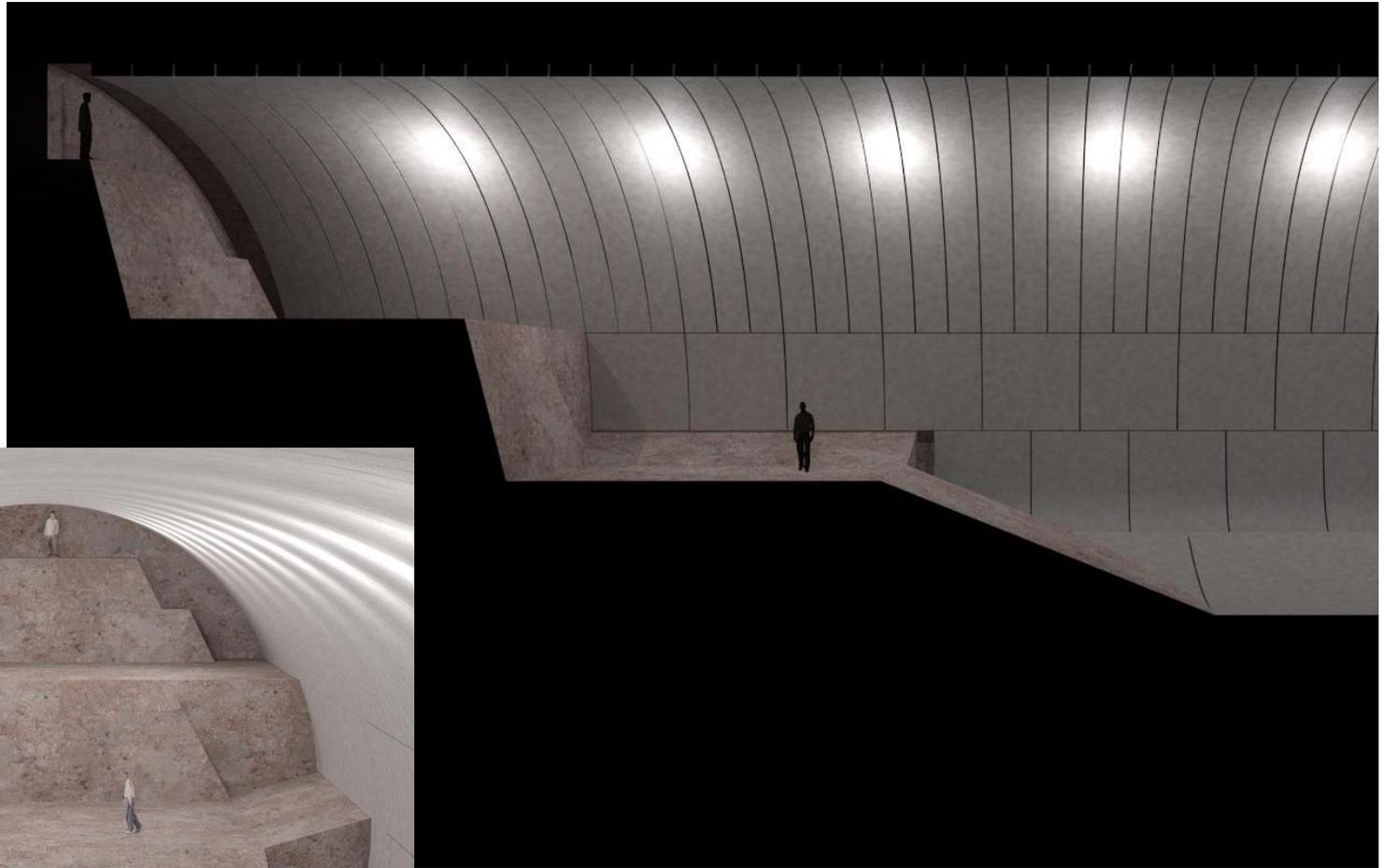
# Un procedimiento constructivo



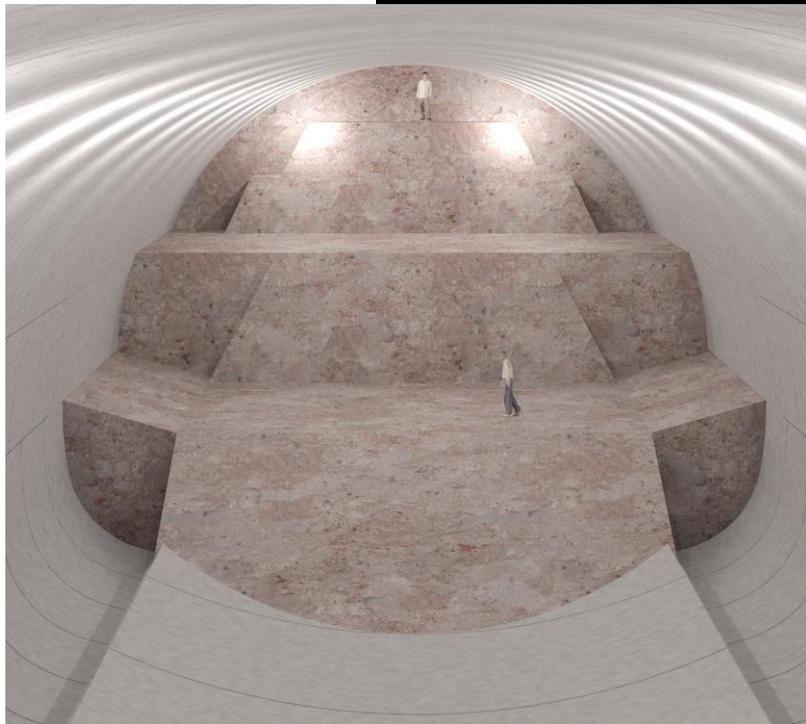
# Un procedimiento constructivo



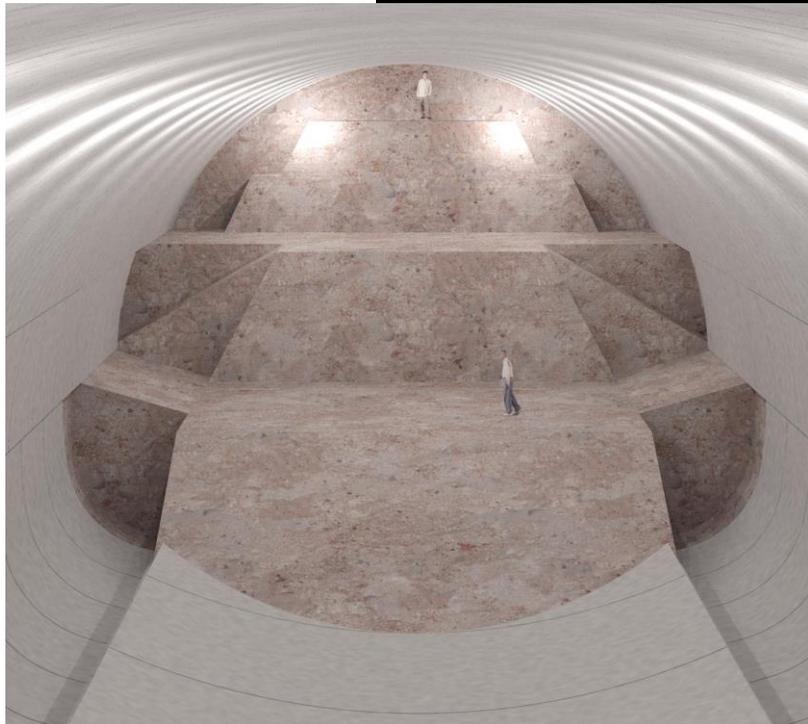
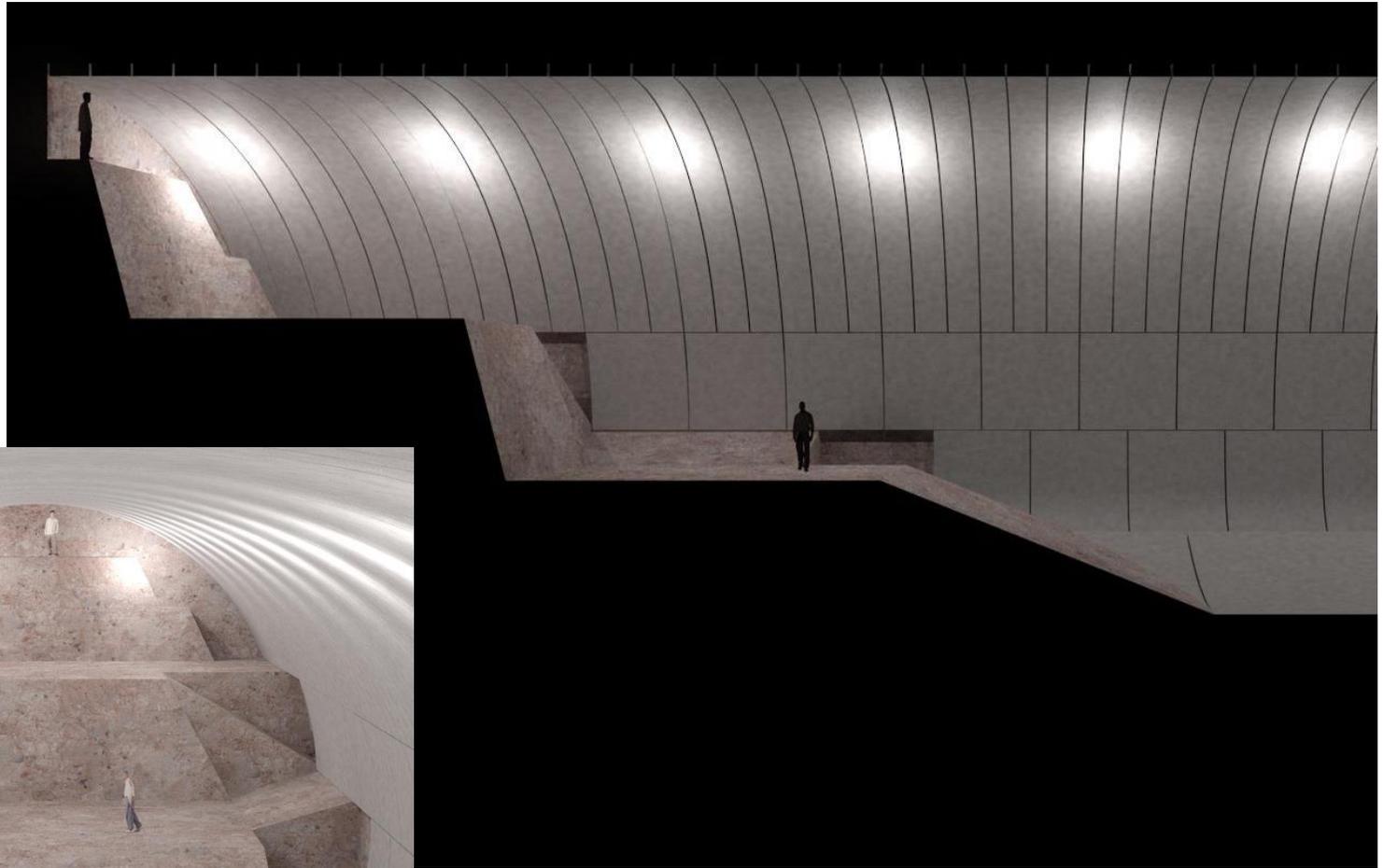
# Un procedimiento constructivo



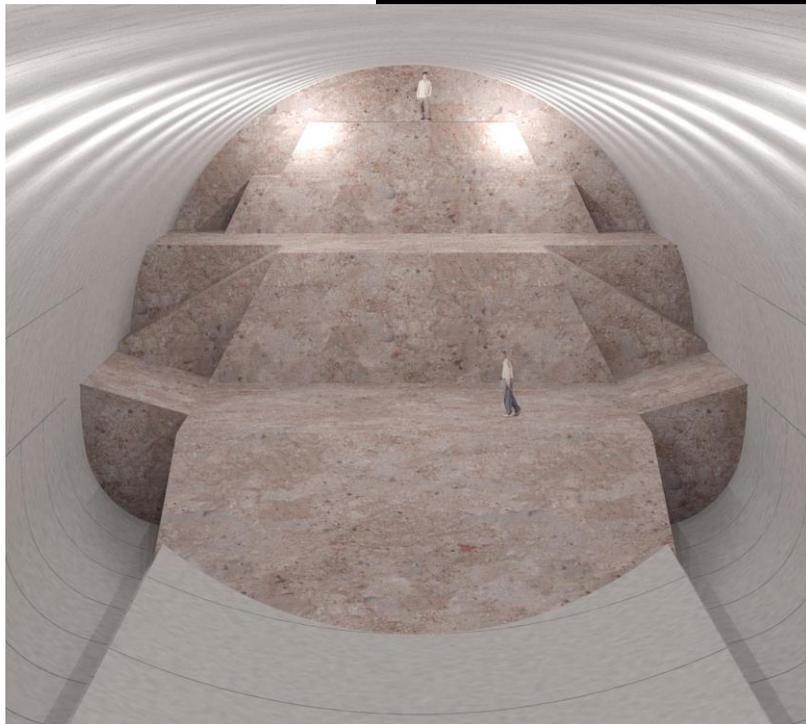
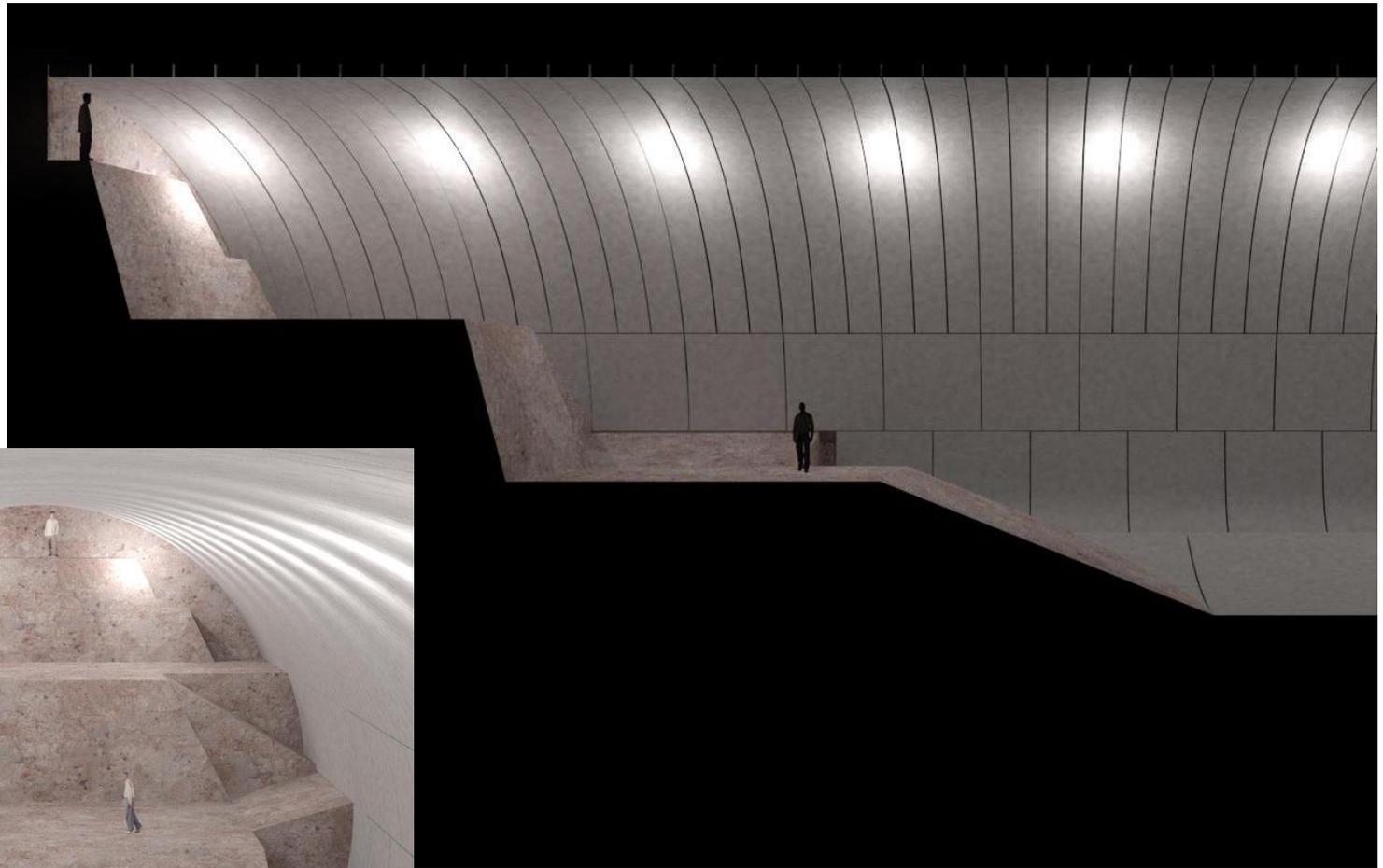
# Un procedimiento constructivo



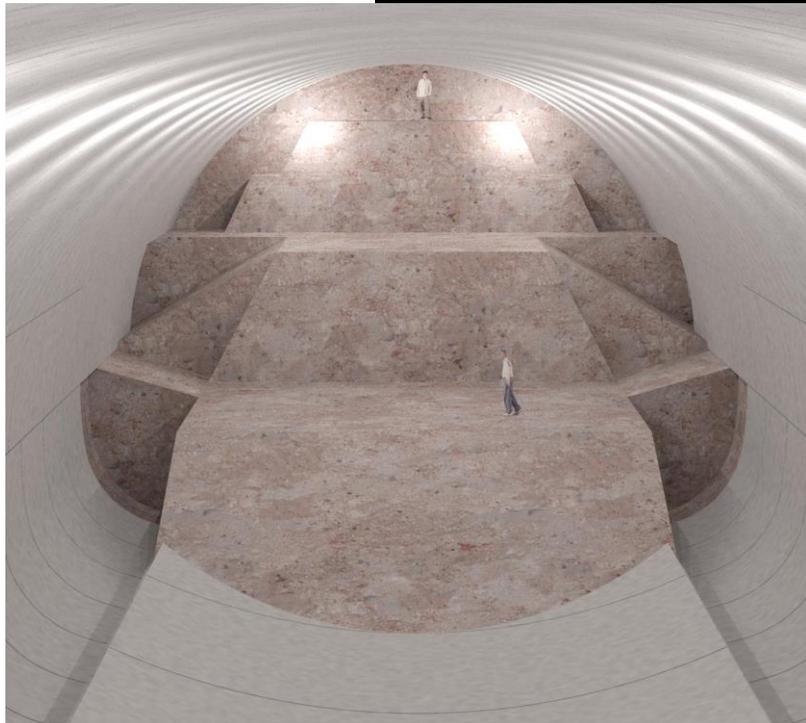
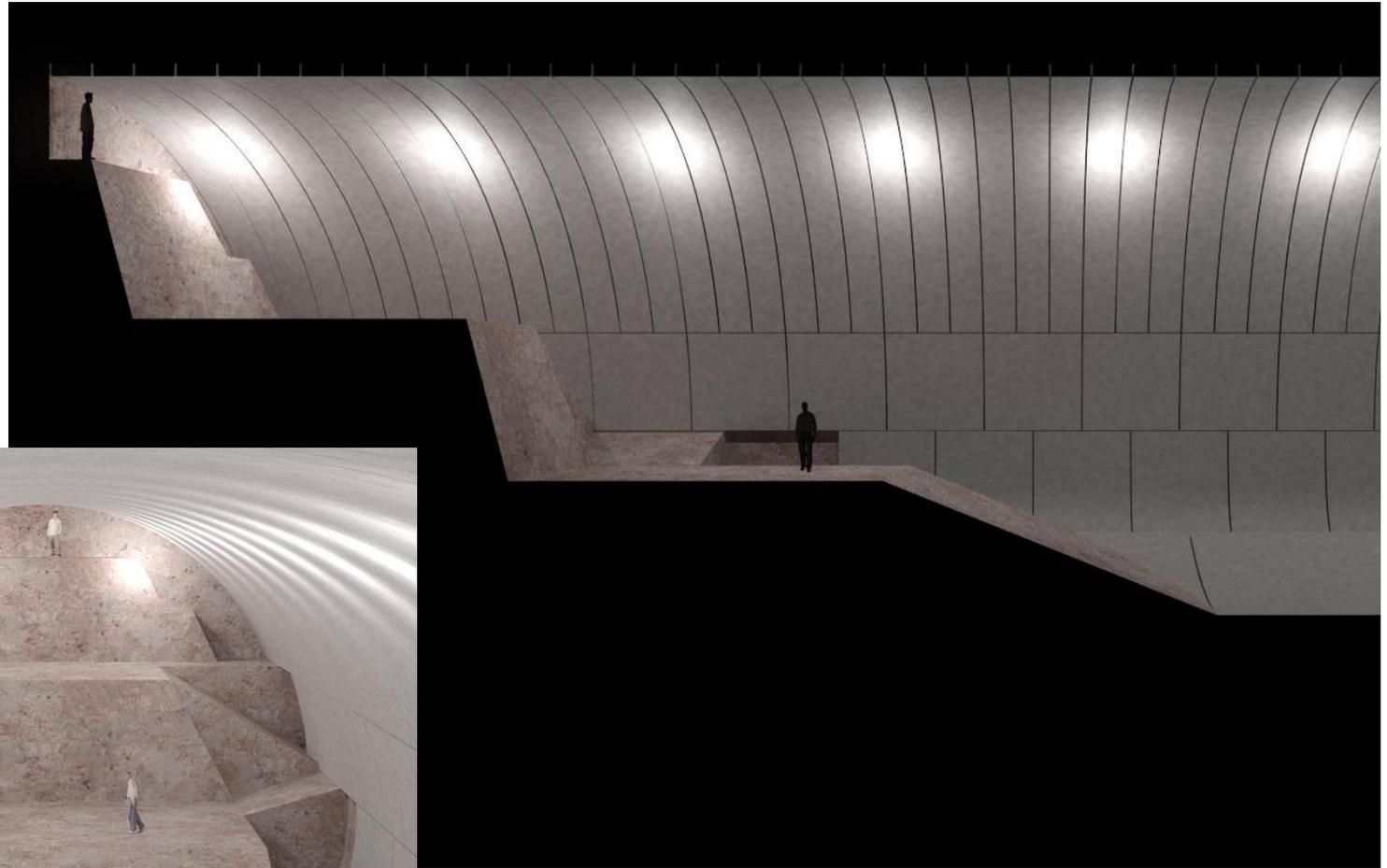
# Un procedimiento constructivo



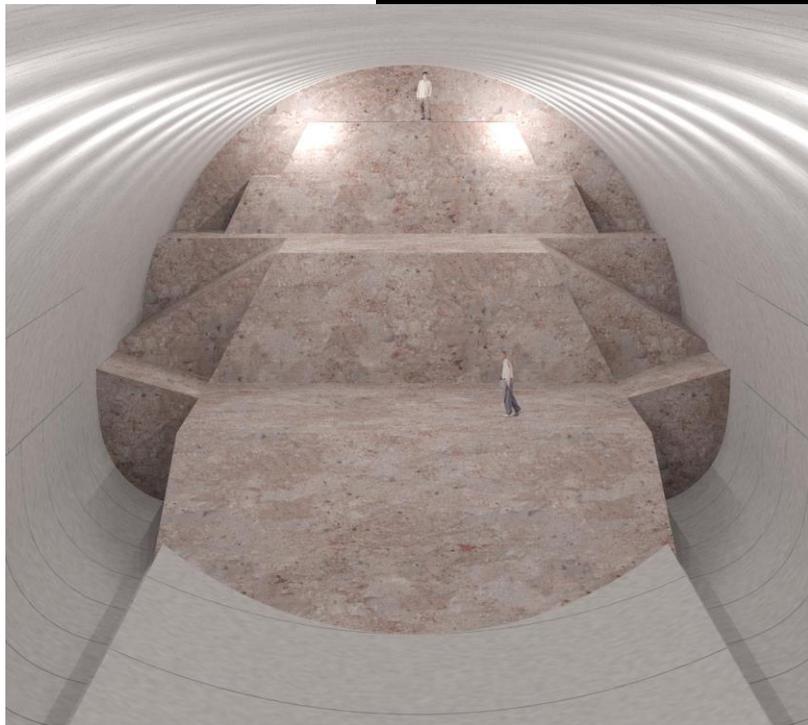
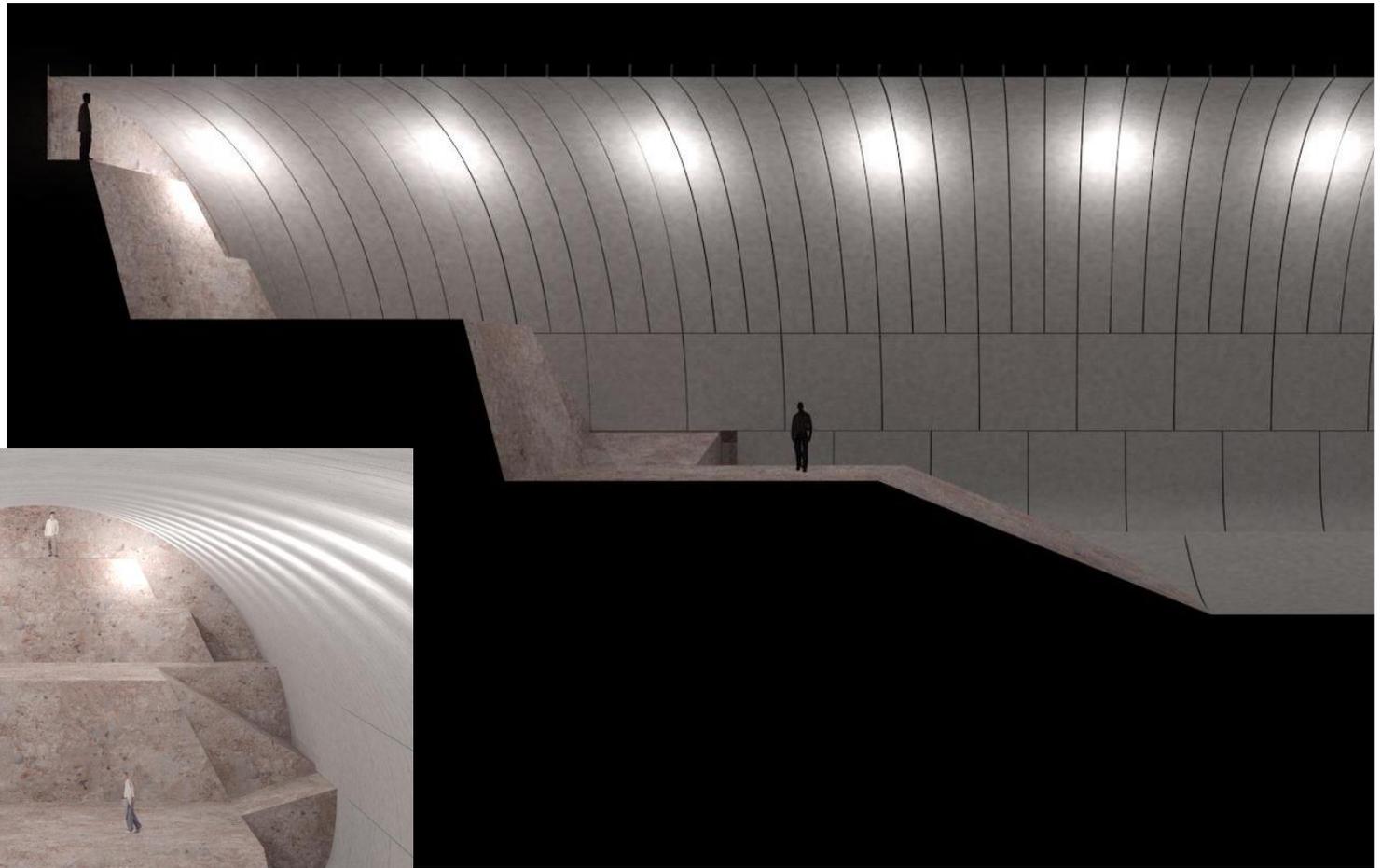
# Un procedimiento constructivo



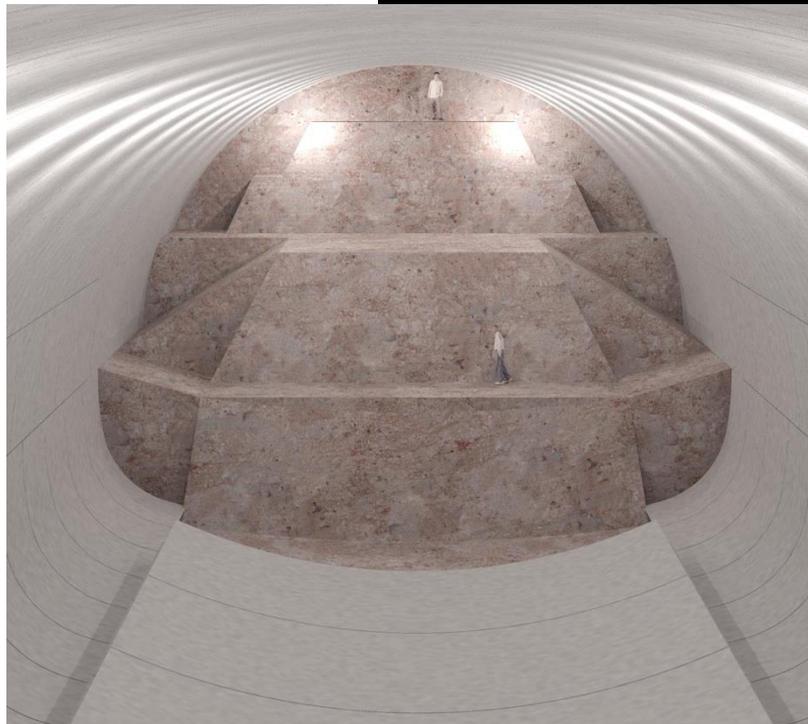
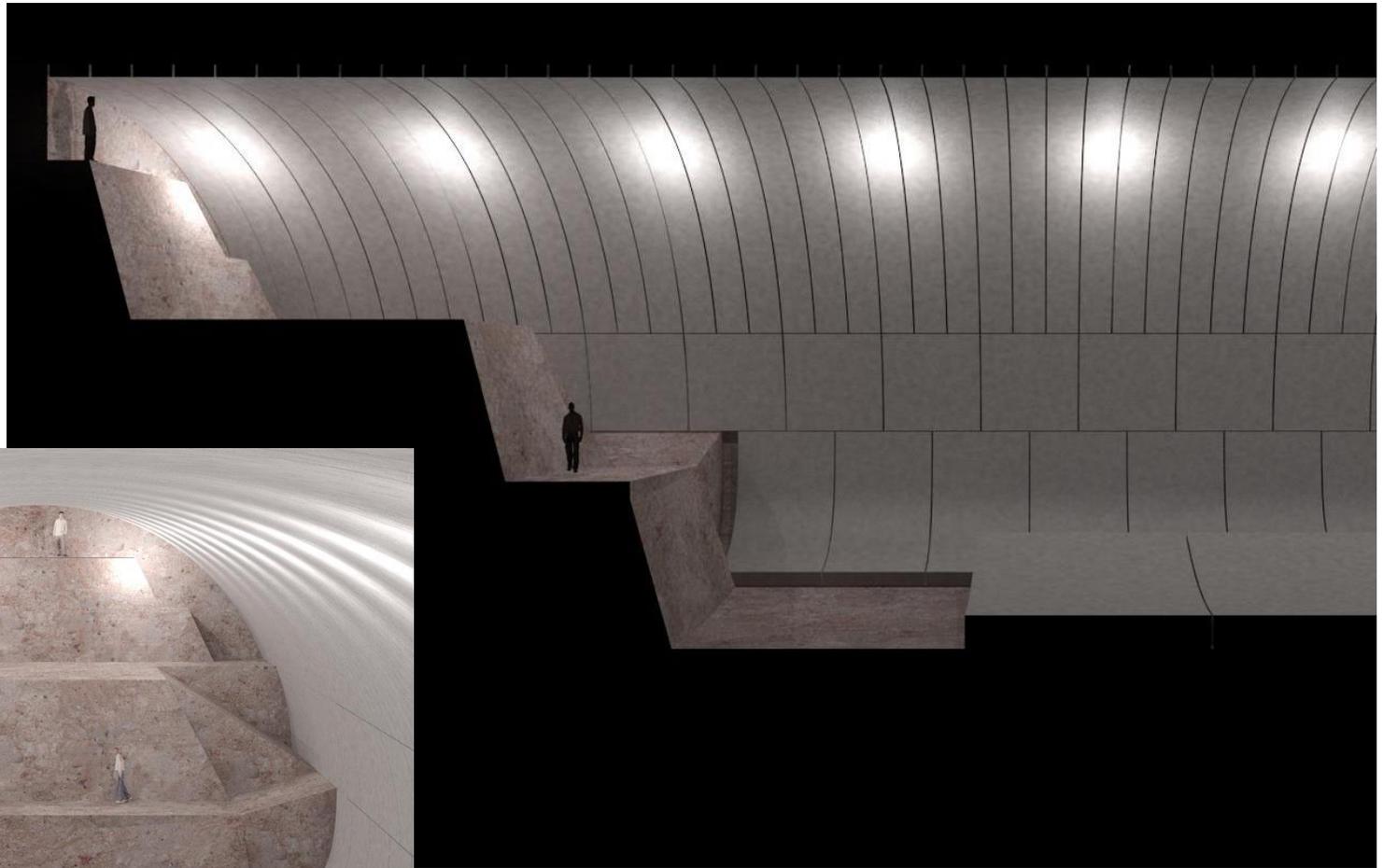
# Un procedimiento constructivo



# Un procedimiento constructivo



# Un procedimiento constructivo



# La Estación Corrientes



# La Estación Corrientes



# La Estación Corrientes



# La Estación Corrientes



# La Estación Corrientes



Todas las etapas de construcción a la vez

# La Estación Corrientes



Vista desde el banco  
intermedio



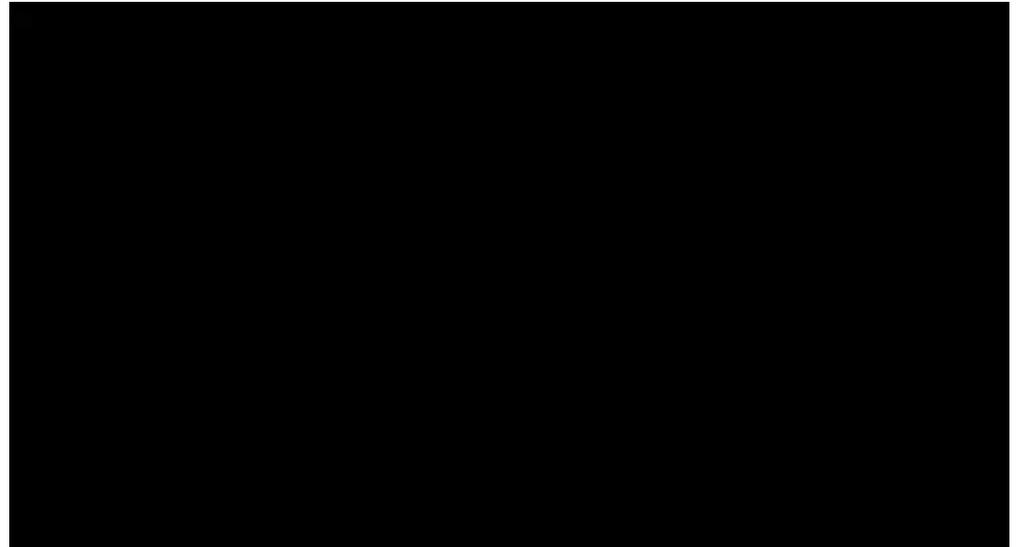


# Para terminar



La ingeniería civil se divide en

- Construcciones
- Estructuras
- Vías de Comunicación
- Hidráulica e Ingeniería Sanitaria
- **Geotecnia**



**Las grandes obras tienen un poco de todas esas cosas**

**Los buenos ingenieros civiles deben  
saber un poco de todas esas cosas**

Nos vemos en tres años, ¡prepárense!

