



SOLETANCHE BACHY

**LAMS TT**  
LATIN AMERICAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY  
ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

50 YEARS  
1975 | 2025  
**BESSAC**

# De la tierra al mar: Infraestructura submarina sin zanja, el nuevo horizonte del acercamiento costero.

1er Congreso Peruano de Tecnologías Sin  
Zanja  
13 y 14 de Noviembre 2025

50  
BESSAC

Raymundo GONZÁLEZ



285.731

COLABORADORES

71,600 M€

VOLUMEN DE NEGOCIOS

CONCESIONES



VINCI AUTOROUTES



VINCI AIRPORTS



OTRAS CONCESIONES

CONSTRUCCIÓN



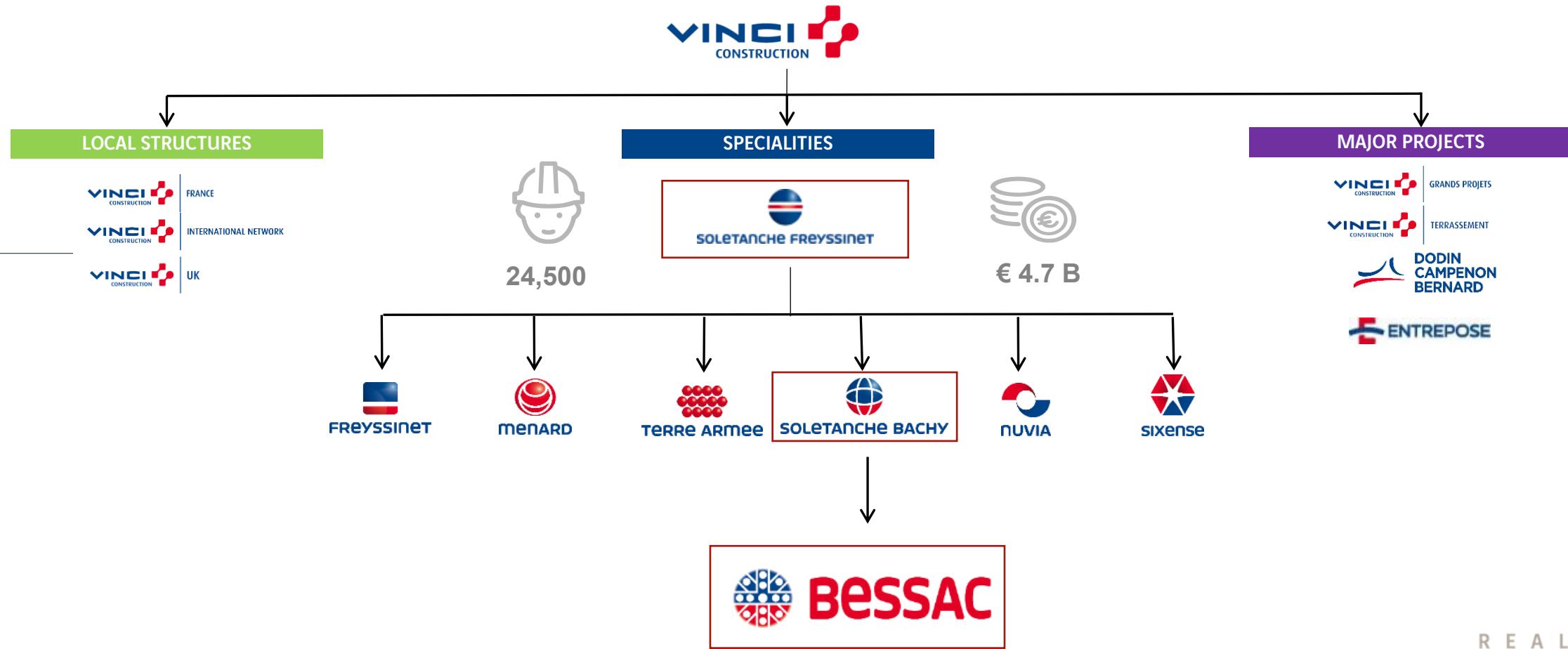
VINCI ENERGIES



VINCI CONSTRUCTION

# VINCI ecosystem

## EL GRUPO





+400  
Colaboradores



32  
Proyectos 2024



\$ 183 MUSD  
Facturación 2024

**+400 km de microtúneles y túneles construidos**

**Referencias en 37 países en los 5 continentes**

**La mayor flota de MTBM del mundo Occidental.**

**Fabricante de tuneladoras**

**Innovación 1er túnel y microtunel con concreto de ultra bajo carbono**



- **Innovación**
- **Experiencia técnica**
- **Oficina de diseño interna integrada**
- **Equipos a medida**
- **Altos estándares de QHSE**



ITA TUNNELLING  
AWARDS 2025

- 🏆 **Technical Innovation of the Year: A World First on Toulouse Metro Line B Connection: Very Low-Carbon Concrete Segments with Metakaolin, France**



# Temario:

0. Introducción
1. Pozo de lanzamiento
2. Trazado del túnel
3. Revestimiento del túnel
4. Flotabilidad del túnel
5. Longitud de emisarios
6. Sistema de seguridad hiperbárica
7. Recuperación bajo agua
8. Desmontaje en túnel ciego
9. Experiencias



# Introducción

## ¿Qué es el acercamiento costero?

1. ¿Qué es?
2. ¿Por qué usar tecnologías sin zanja?
3. Aplicaciones clave
4. Tecnologías aplicables



# ¿Qué es una Aproximación a la costa?



Una **aproximación costera** se refiere al segmento de un proyecto de infraestructura en alta mar donde la estructura pasa del mar a la tierra

Por lo general, incluye las actividades de diseño y construcción necesarias para instalar el elemento en alta mar desde aguas profundas hasta y a través de la costa en tierra firme

# ¿Por qué usar tecnologías sin zanja?

**Desafíos:** Trabajar en áreas ambientalmente sensibles, influencia de las mareas, acción de las olas, movimiento de sedimentos y difícil acceso



# ¿Por qué usar tecnologías sin zanja?



- ❖ **Regulación ambiental para proteger la costa y su ecosistema expuesto**
- ❖ **Riesgo de socavación a largo plazo**

- ❖ **Problema de las mareas cuando se corta a cielo abierto**
- ❖ **Longitud limitada con corte a cielo abierto**

# Aplicaciones clave para proyectos de acercamiento costero

■ Petróleo y gas

■ Plantas de Desalinización

■ Tratamiento de aguas residuales

■ Instalación de cables

■ Estaciones de producción de energía / Proyectos de energías renovables

■ Enfriamiento de procesos Industriales

Step 1: Pilot Drill

# Tecnologías sin zanja aplicables

Perforación horizontal dirigida 300 mm a 1200 mm



Step 2: Reaming



Step 3: Pipeline Pullback



Imagen: Herrenknecht



# Tecnologías sin zanja aplicables



Direct Pipe de 600 mm a 1500 mm



# Tecnologías sin zanja aplicables



Microtúneles con MTBM > 1600 mm

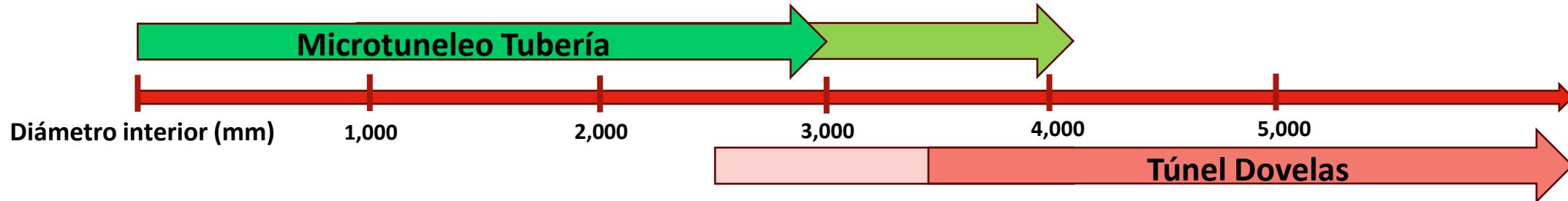


**BESSAC**

# Tecnologías sin zanja aplicables



## ● Tunelización con tuneladora > 2500 mm



# Matriz comparativa Tecnologías — Emisarios Submarinos

✓	Adecuado
~	Condicionado
✗	Inadecuado

Parámetro	SubParametro	PHD (HDD)	Direct Pipe	Microtunel (MTBM)	Túnel con Dovelas (TBM)
Geología Favorable	Suelos blandos / arenas / limos / arcillas	✓	✓	✓	✓
	Gravas	✗	✓	✓	✓
	Boleos	✗	✗	✓	✓
	Mixtos	~	~	✓	✓
	Roca	~	~	✓	✓
Tipo de tubería instalada	HDPE	✓	~	✗	Tuberías dentro del túnel
	PRFV	✗	~	~	Tuberías dentro del túnel
	Acero	✓	✓	~	Tuberías dentro del túnel
	Concreto	✗	~	✓	✓
Diámetro de tubería	≤ 1,000 mm	✓	~	✗	✗
	≤ 1,500 mm	~	✓	~	✗
	≤ 2,500 mm	✗	✗	✓	✓
	≥ 3,000 mm	✗	✗	~	✓
Longitud típica alcanzable en emisarios	≤ 100 m	✓	~	✓	✗
	100 - 500 m	✓	✓	✓	✗
	≤ 1,300 m	~	✓	✓	~
	≥ 1,300 mm	✗	✗	~	✓
Costo relativo		\$\$ (más económico)	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$\$ (más alto)
Ventaja principal		Bajo costo y rápida instalación	Empuje continuo	Gran precisión, Menor requerimiento de área	Permite grandes diámetros y largas distancias
Desventaja principal		Sensible a roca y pérdidas de estabilidad de frente	Mayor complejidad logística, Mayor requerimiento de área y equipo especializado	Limitado a un diámetro mínimo	Costo y obra civil mayor (accesos y logística)



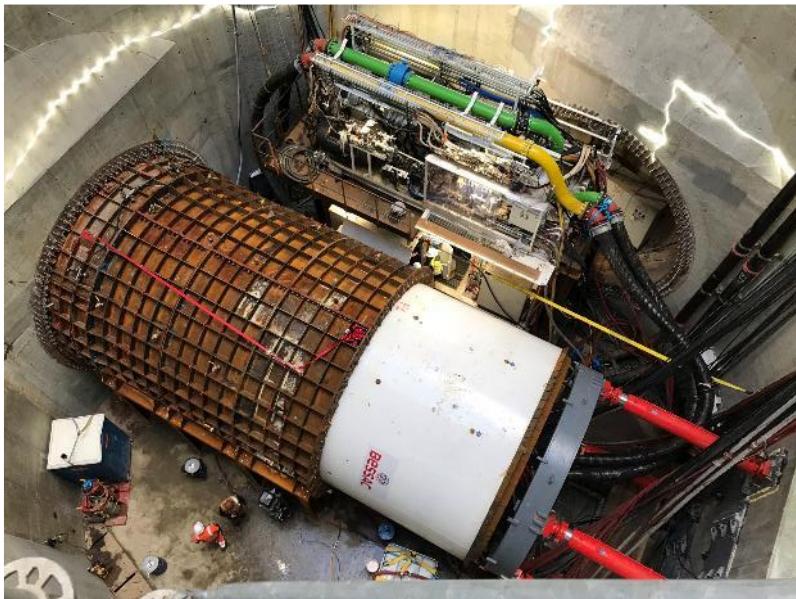
# Pozo de lanzamiento.



# 1. Pozos en tierra

## Parámetros principales de diseño

- Geometría (forma, dimensiones, profundidad) -> optimizada según las especificaciones del proyecto y de la (M)TBM
- Geología – hidrogeología -> impacto significativo en los métodos constructivos
- Fuerza de empuje de la tubería / empuje de la tuneladora -> pared de empuje / marco de empuje / losa y soporte de excavación (pared del pozo)
- Acomodar la junta de arranque (adaptado a las condiciones locales)
- Acomode el freno de la tubería (para evitar que el túnel se mueva hacia atrás debido a la presión del agua subterránea)
- Cargas superficiales (grúa de carga pesada, grúa pórtico, almacenamiento de tuberías...)



# 1. Pozos en tierra

## Parámetros principales de diseño

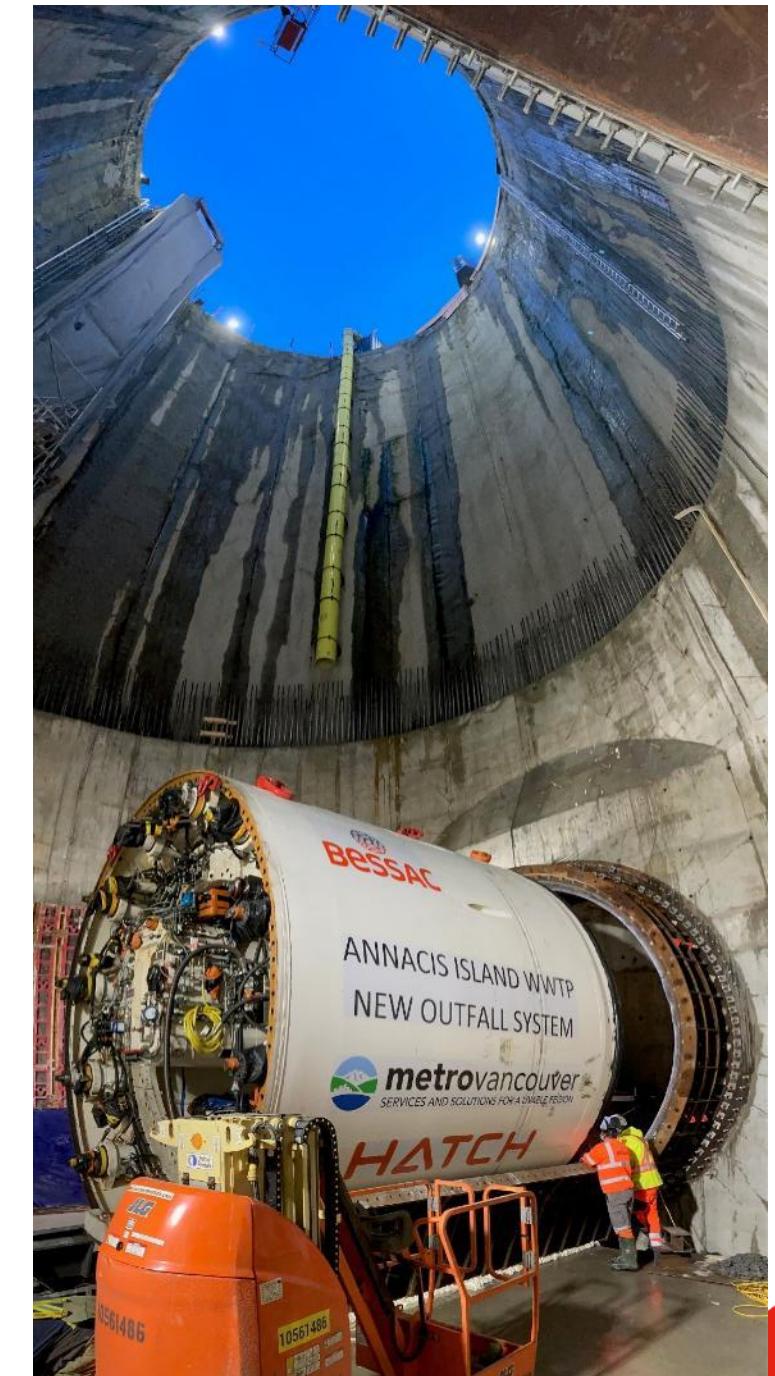
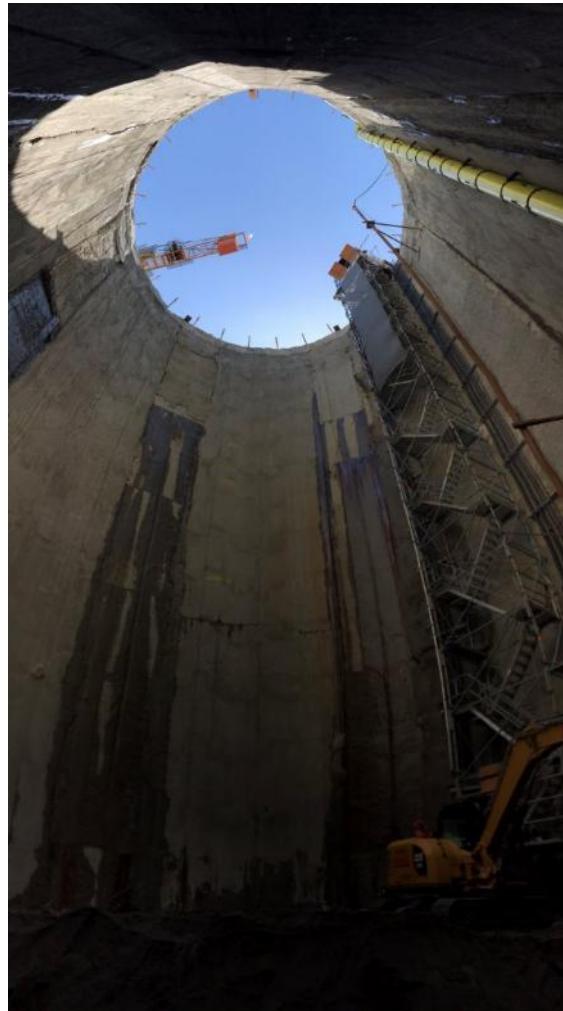
- Geometría:
  - Idealmente de forma redonda (la forma más efectiva), pero no se limita a ella
- Profundidad:
  - En función del proyecto
  - Lo menos profundo posible por costo
  - A veces puede ser interesante profundizar el pozo para beneficiarse de las condiciones del terreno más favorables
- Diámetro:
  - Entre 6 a 15 m según el diámetro y longitud del túnel.
  - Para el empuje de tuberías, el diámetro se puede ampliar para empujar simultáneamente (2 a 3) tuberías (ahorro de tiempo)



# 1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción(definida en un análisis caso por caso)

- Muro colado en sitio (Hydrofresa / almeja /...)



# 1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción(definida en un análisis caso por caso)

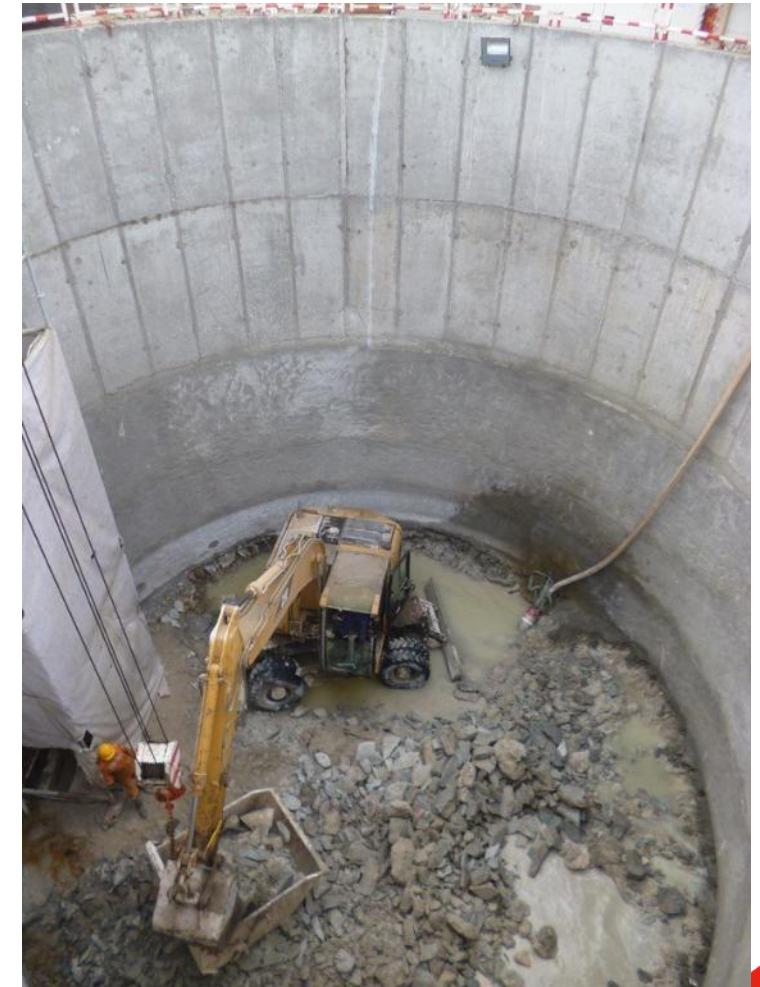
- Pilas secantes



# 1. Pozos en tierra

Principales métodos de construcción(definida en un análisis caso por caso)

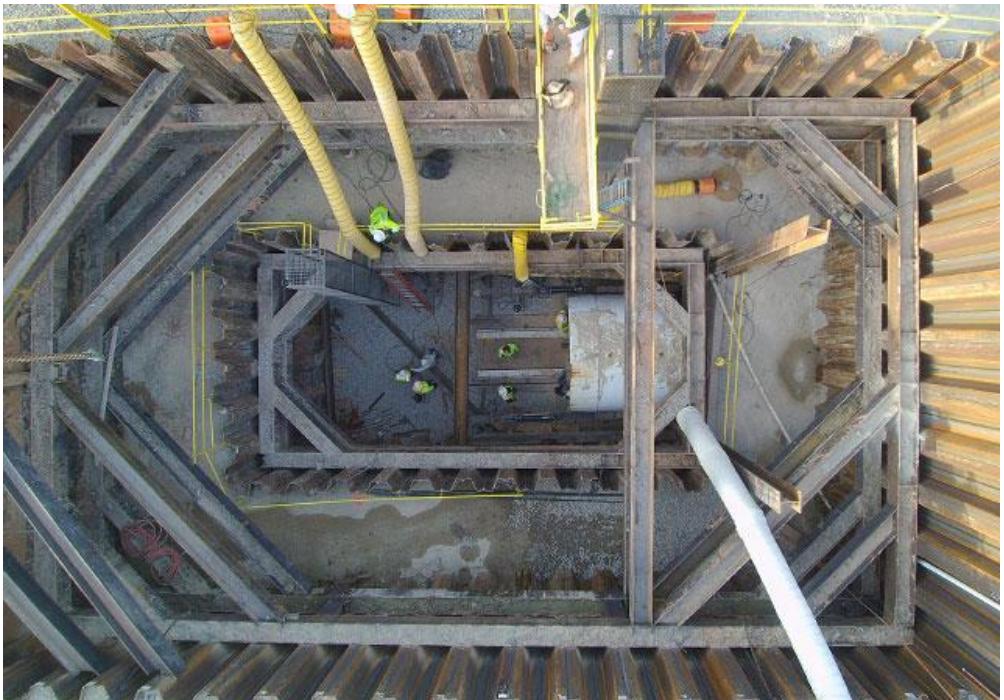
- Tradicional (revestimiento de concreto lanzado)



# 1. Pozos en tierra

**Principales métodos de construcción**(definida en un análisis caso por caso)

- Tablestacas
- Muro Berlín (perfiles metálicos y madera)
- Pozos Caisson deslizantes
- Pozo Caisson (con dovelas)



# 1. Pozos en tierra

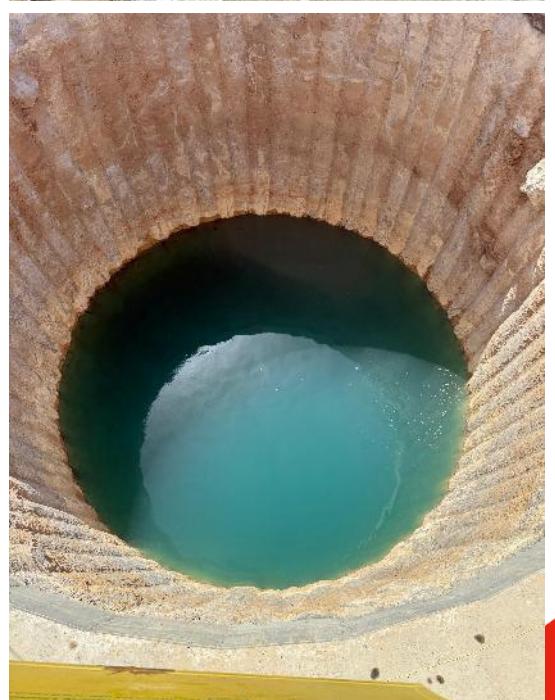
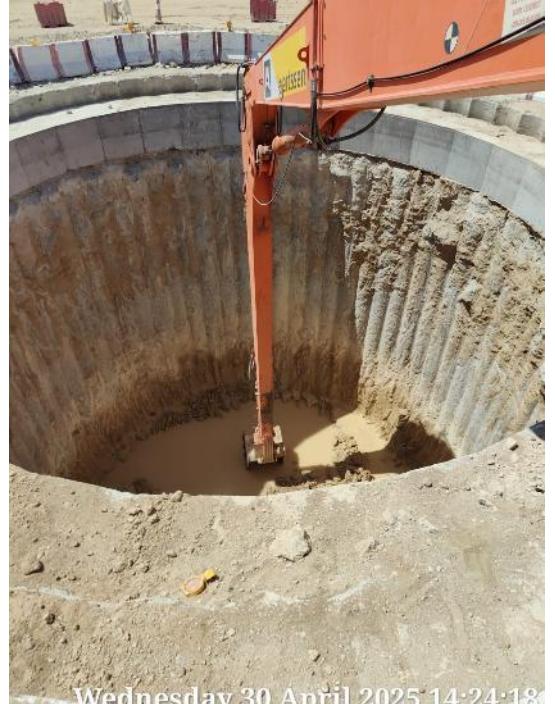
Principales métodos de construcción(definida en un análisis caso por caso)

❖ Técnicas SOE:

- Muro colado
- Pilas Secantes
- Soil Mixing
- Traditional (concreto lanzado)
- Tablaestacas
- Caisson

❖ Excavación submarina

- ❖ Pozos de bombeo (alrededor del pozo)
- ❖ Tapón de fondo (Jet Grouting / Inyecciones)
- ❖ (Break in/out) Sustitución / Mejoramiento de suelos....

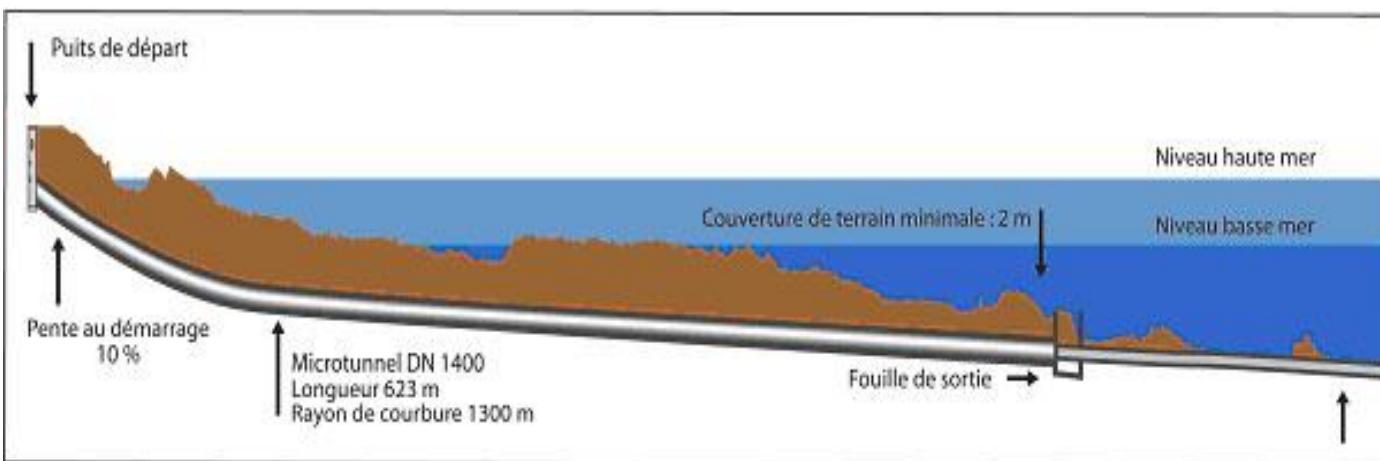
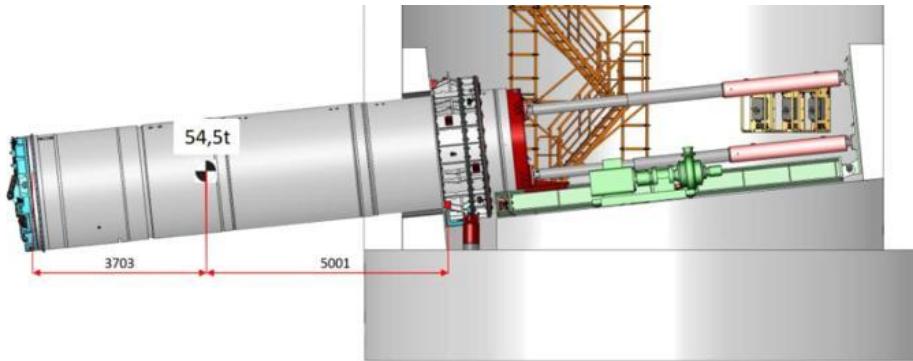




# Trazado del túnel.



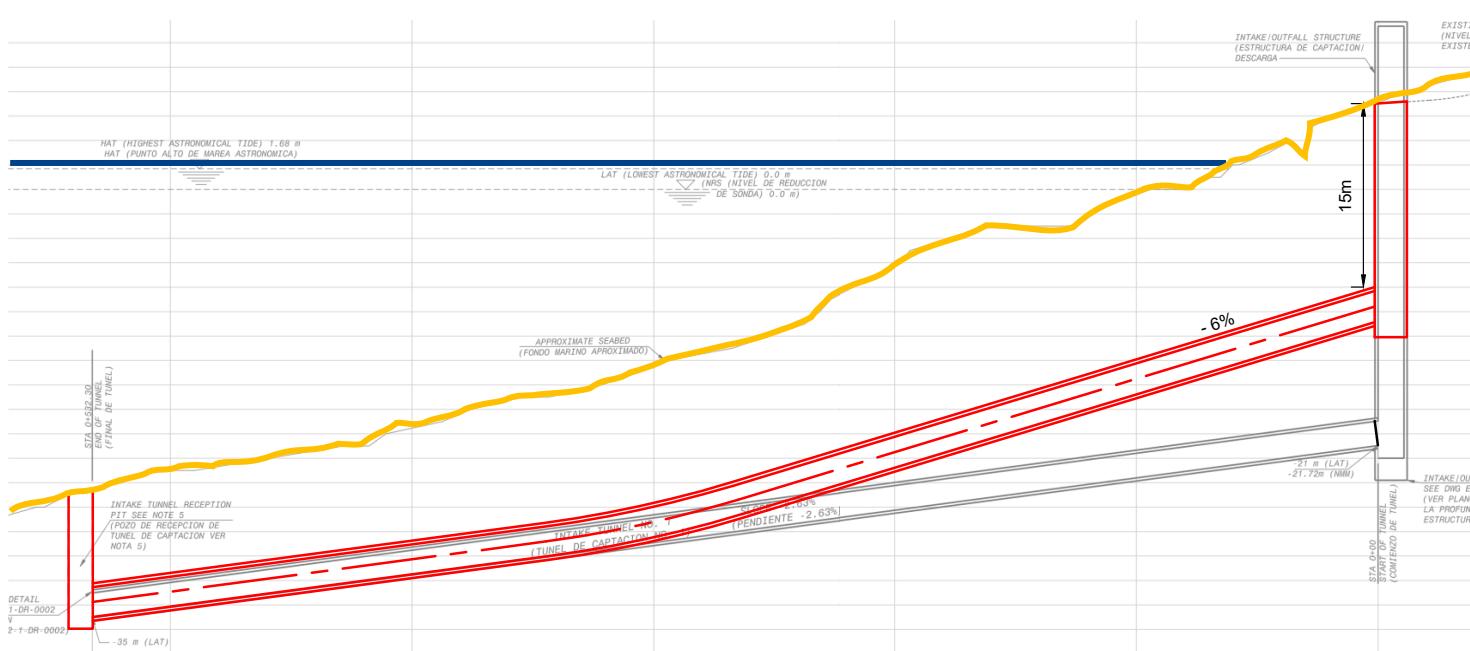
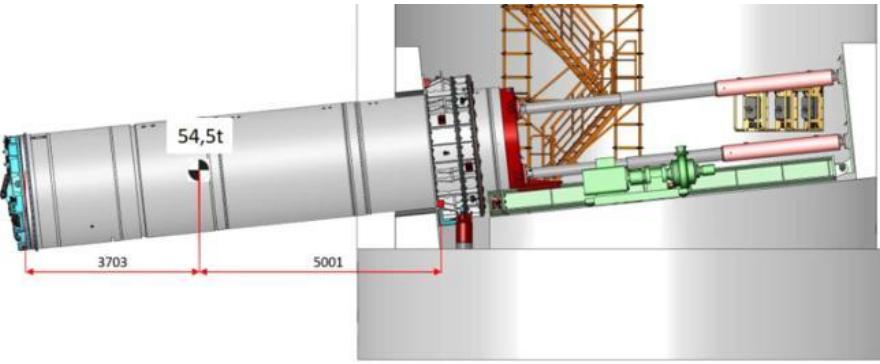
# Trazado en planta



# Pendiente del túnel

## Consideraciones principales

- Pendiente máxima típica : 10%
- Profundidad límite del pozo
- Asegure una cobertura suficiente por encima del túnel (normalmente 2 Ø excavaciones)
- Alcanzar condiciones favorables del terreno (basado en datos geofísicos y análisis detallados de investigaciones terrestres)
- Evalúe el riesgo de sobrecarga del cabezal de corte





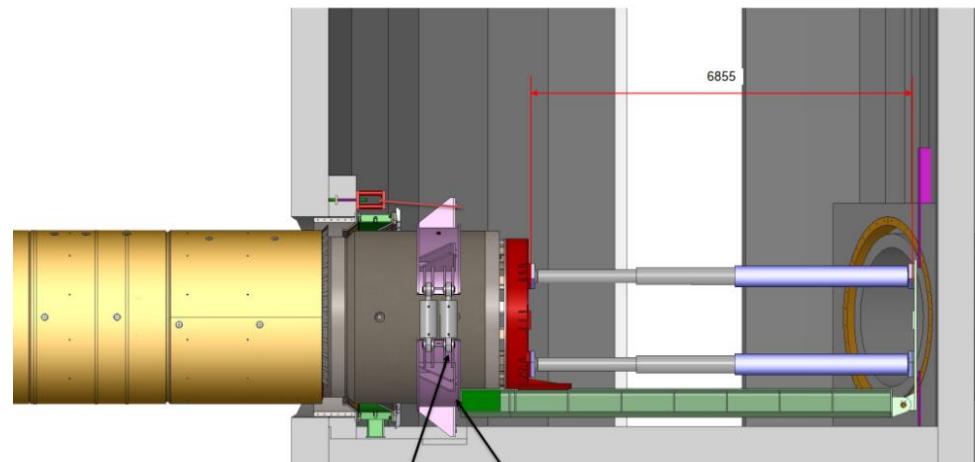
# Revestimiento del túnel



### 3. Revestimiento de túneles

#### Pipe jacking

- Tubos de concreto reforzado de 1,5 m a 3,5 m de diámetro interior, instalados desde el pozo
- Longitud de la tubería: típicamente de 2 a 4 m
- Se pueden empujar de 1 a 3 tubos al mismo tiempo
- Límite de distancia:
  - Más de 100 proyectos con una longitud > 1.000 m
  - Pocos Proyectos > 2,000m
- Técnica de alta productividad/ Rentable/ Rápida mob / demob
- Requisito de freno de tubería? (influencia en la tubería y el pozo a evaluar)



### 3. Revestimiento de túneles

#### Dovelas

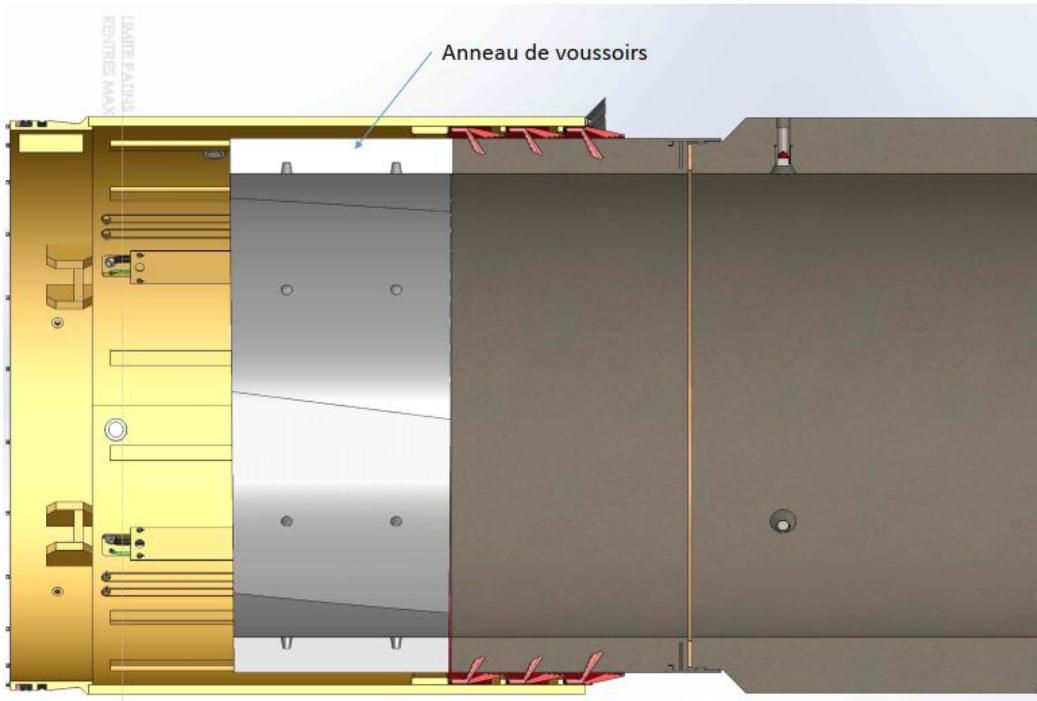
- Concreto reforzado (acero/fibras) mayor a 2.5m ID
- Instalado en TBM-> Requiere equipo adicional en comparación con el empuje de tuberías
- Sin límite de distancia/ Solución robusta
- El tiempo de montaje y desmontaje de la tuneladora (TBM) es significativamente mayor que el de una MTBM
- Más caro que el empuje de tuberías



### 3. Revestimiento de túneles

#### Revestimiento mixto / Hybrid

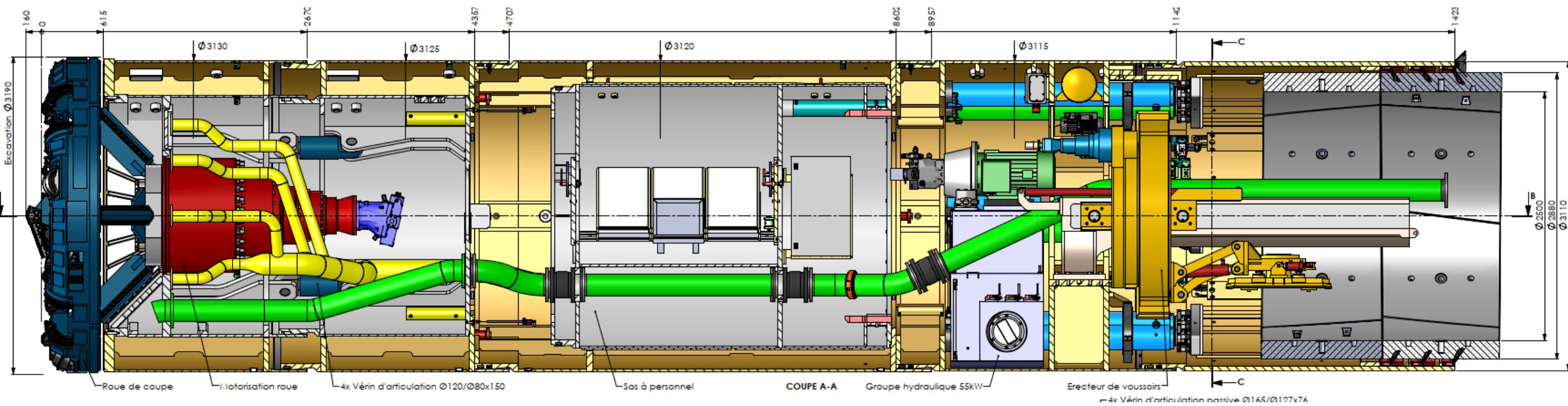
- Combinación de técnicas precedentes (pipe jacking & dovelas)
- En caso de obstrucción del túnel durante el empuje de tuberías, Permite cambiar a revestimiento con dovelas para continuar la excavación
- Permite beneficiarse de la alta productividad del empuje de tuberías (Instalación + excavación)...., Reducción del pozo de lanzamiento
- Requiere equipo específico(MTBM Convertible en modo de revestimiento segmentado - dovelas)
- Tubo de empuje inicial, hecho a medida para cambiar al modo de dovelas



### 3. Revestimiento de túneles

#### Revestimiento mixto

MTBM específico equipado con erector de dovelas, lanzada con tubería inicialmente hecho a medida para cambiar al modo de dovelas cuando sea necesario





# Flotabilidad del túnel



## 4. Flotabilidad

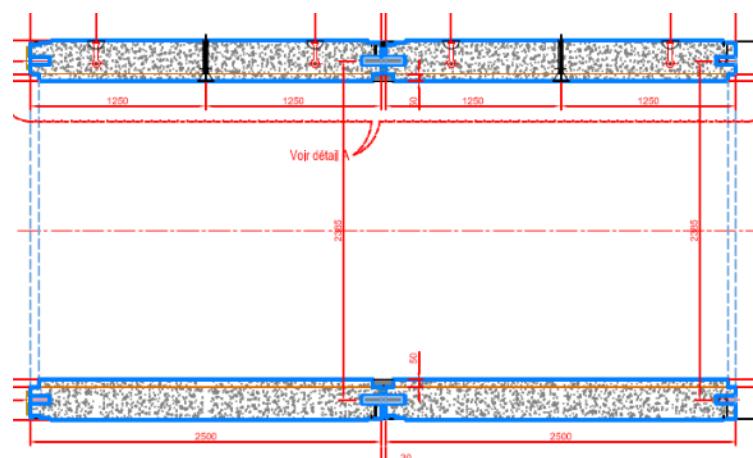
- El extremo del túnel suele tener una cubierta muy poco profunda (o no hay cobertura en absoluto)
- El revestimiento del túnel no se inunda a lo largo del proceso o antes de la expulsión de la tuneladora
- El empuje vertical del túnel debido a la flotabilidad se considerará en la etapa de diseño
- Mitigar el riesgo de desconexión longitudinal



## 4. Flotabilidad

### ● Enfoques de diseño de dovelas y tubería de jacking:

- Conexión mecánica entre tuberías(pasadores, placas soldadas, varillas roscadas...)
- Instalación de revestimiento interior para crear una estructura monolítica





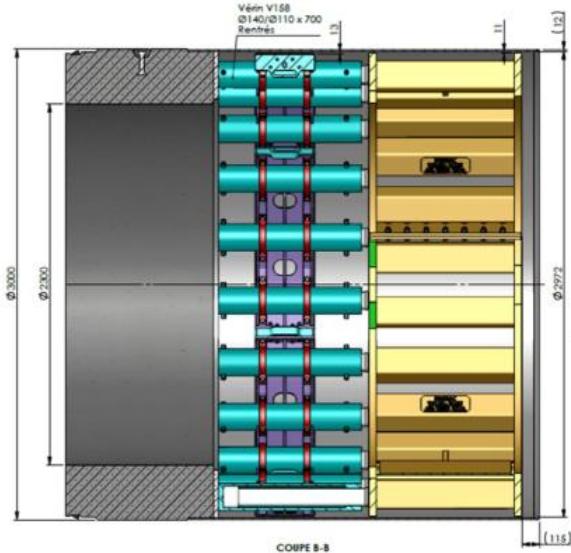
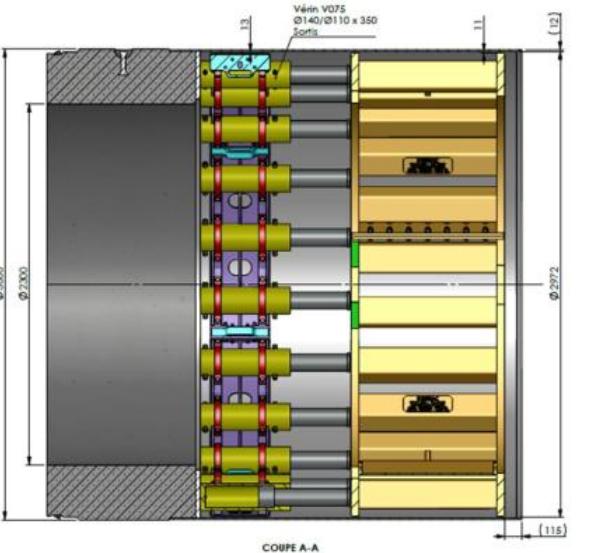
# Longitud de emisarios



# 5. Longitud del túnel MTBM

## IJS (intermediate jacking station)

- Espaciamiento basado en la evaluación de la fricción del suelo/tubería
- Distancia típica: 100 m a 150 m
- Permite longitud de túnel mayores



## Lubricación

- Espaciamiento basado en la geología y el diámetro del túnel
- Volumen de inyección en función de la geometría, la geología y la velocidad de avance
- Tipo de lubricante en función de la geología (/!\ agua salada) y de la longitud del túnel



## MTBM potencia electrica

- Baja tensión hasta 1,200m (400-1000 Volts)
- Alta tensión > 1,200m (10,000 a 20,000 Volts)

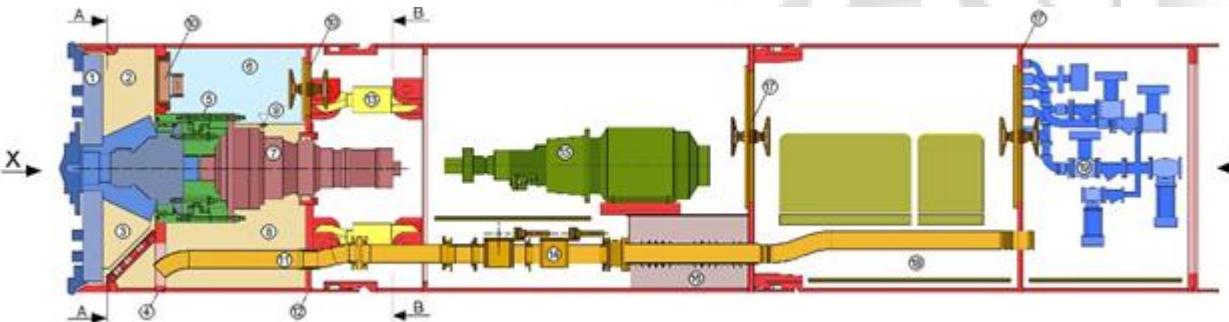


# Sistema de seguridad hiperbárica



# Acceso al frente de excavación

## Módulos exclusa y/o Hiperbáricos



Su principal objetivo es inspeccionar, dar mantenimiento de herramientas del cabezal de la rueda de corte, cuando encuentren terrenos estables o inestables bajo presión hidrostática.

# ACCESO A LA CÁMARA DE EXCAVACIÓN

- Desgaste en el cabezal de corte y herramientas de corte
- Requiere mantenimiento y reemplazo
- Acceso del personal requerido



Acceso complicado en la  
cámara ( $\varnothing$  650 Paso)  
MTBM  
AVN 1600



### Objetivo:

Inspeccionar, mantenimiento de herramientas del cabezal de la corte, cuando encuentre varios terrenos estables o inestables bajo presión hidrostática

### Ejemplos:

- ❖ Herramientas desgastadas
- ❖ Herramientas rotas
- ❖ Obstrucciones
- ❖ Sello de rodamiento principal

## TRABAJOS HIPERBÁRICOS



# TRABAJOS HIPERBÁRICOS



## Preparación hiperbárica:

formación, chequeo médico, procedimientos, listas de verificación, certificación de equipos



## Intervenciones hiperbáricas:

Trabajando en presión intensa, varios tipos de descompresión, técnicas

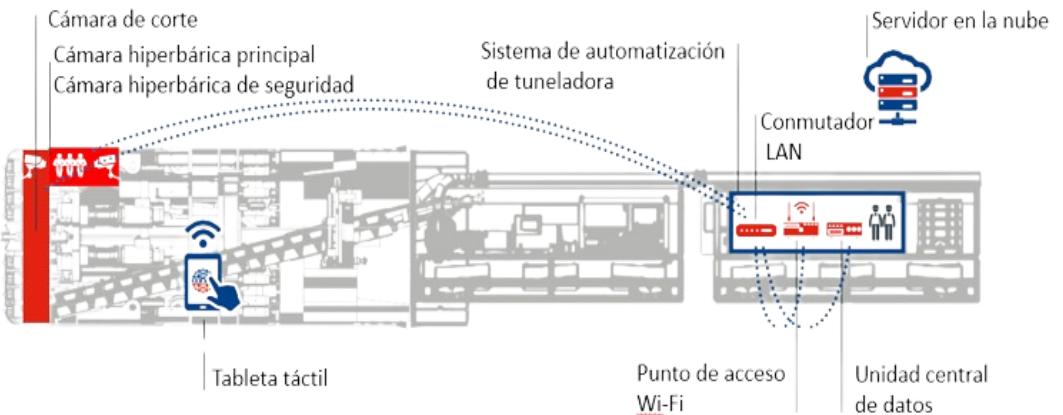
## Revisión y reemplazo de herramientas de corte antes de zona de falla geológica

1. Acceso seguro a la máquina tuneladora.
2. Inspección y cambio de herramientas de corte (si es necesario).
3. **Condición ideal:** Acceso a cámara de excavación en condiciones atmosféricas normales.
  - Requiere extracción previa del agua.
4. **Alternativas si la condición ideal no es posible:**
  - a) **Intervención hiperbárica:** Buzos trabajan en ambiente presurizado.
  - b) **Sistema "Probe Drill":** Inyección de resina para sellar filtraciones de agua y permitir acceso.
5. **Último recurso:** Inundación controlada de la máquina.
  - Buzos ingresan y cambian herramientas sumergidos



HYPERB'ASSIST

Es un sistema integral para incrementar la seguridad y control de las intervenciones de mantenimiento hiperbárico en tuneladoras.

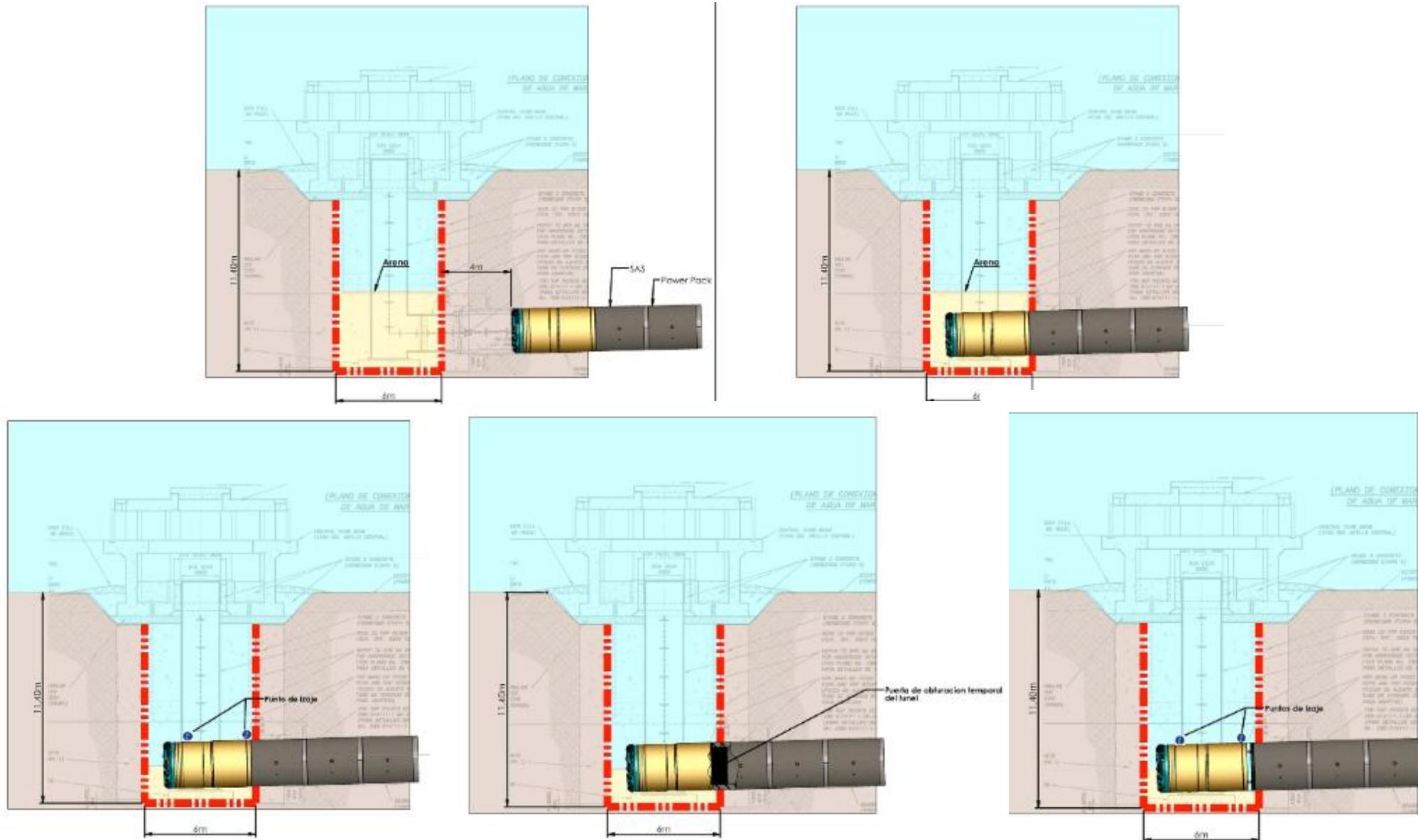




# Recuperación bajo agua



## 6. Recuperación bajo agua – Pozo en roca

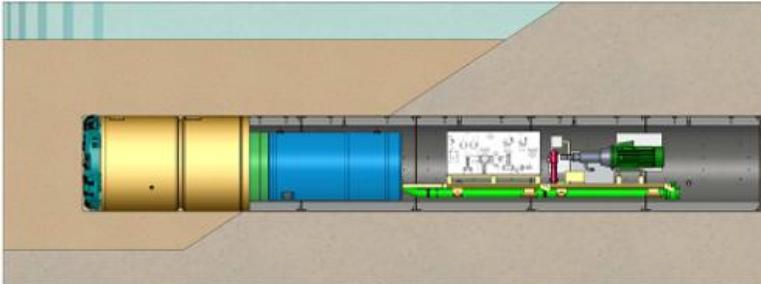


# 6. Recuperación bajo agua – Pozo en suelos

## Sea recovery principle

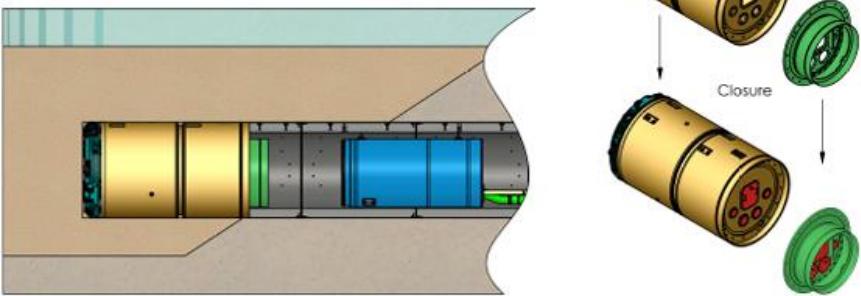
### Phase #1

Arrival of the MTBM in the retrieval shaft



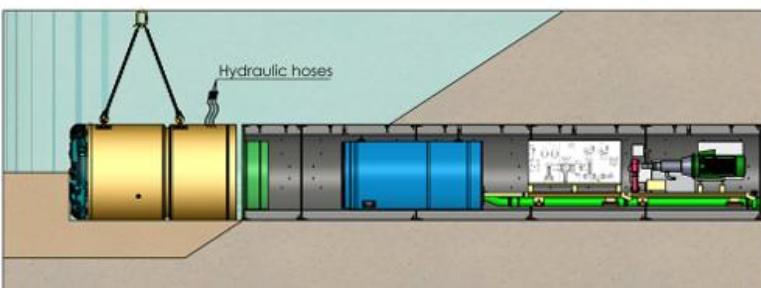
### Phase #3

Closure of the bulkhead on the MTBM and the bulkhead at the end of the tunnel



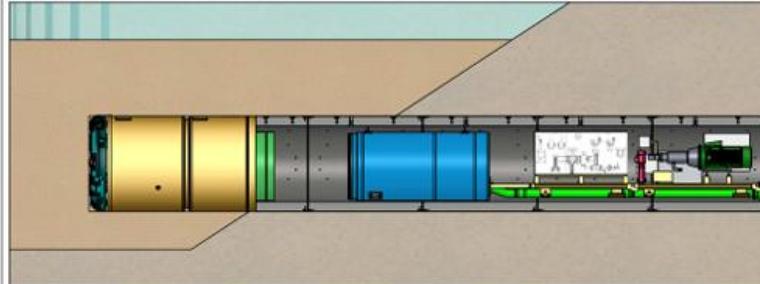
### Phase #5

Connecting MTBM lifting points + hydraulic hoses  
Expulsion of the MTBM with the sea recovery cylinders



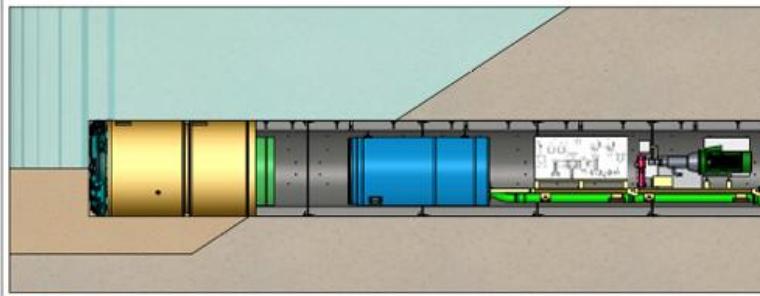
### Phase #2

Deconnection of the air lock, air regulator and power-pack



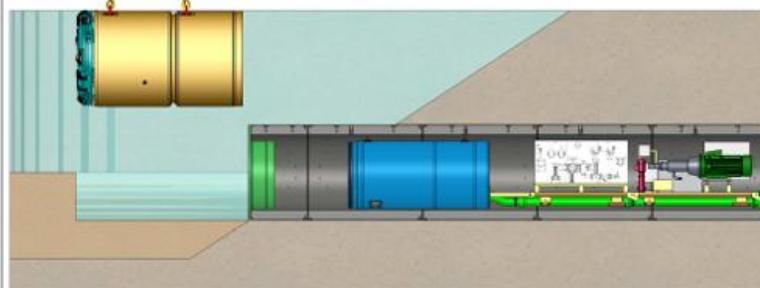
### Phase #4

Rotation of the excavation wheel to start the sand removal  
Pumping sand at the middle of MTBM

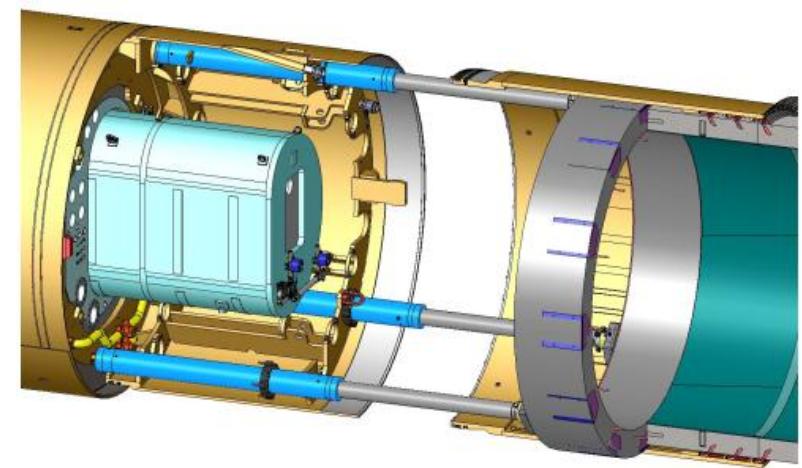
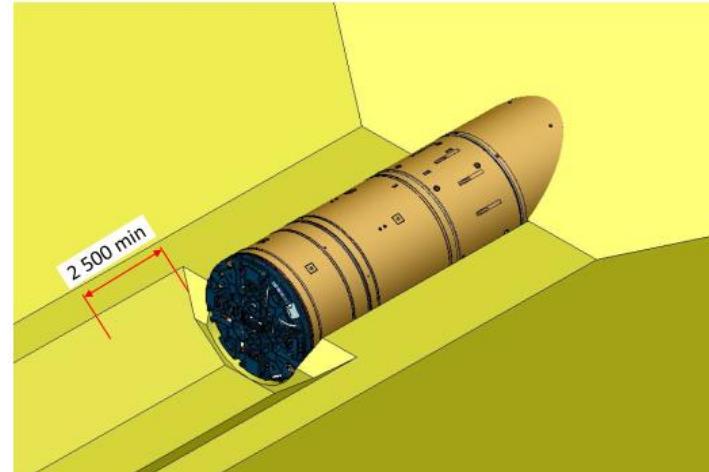
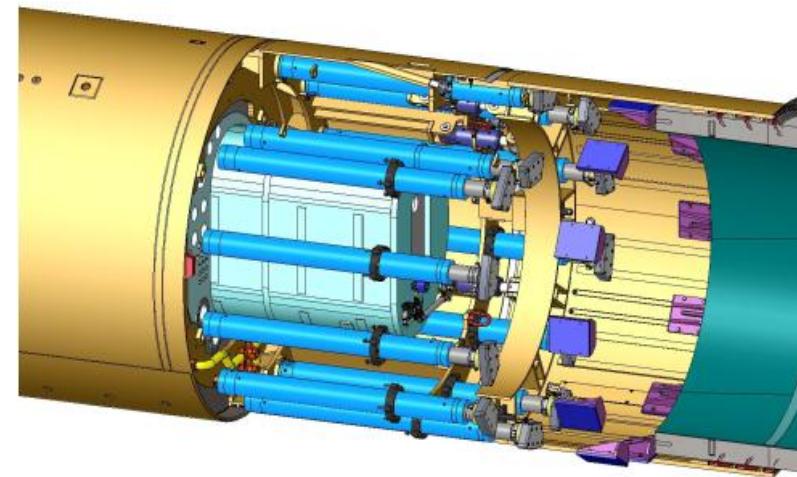
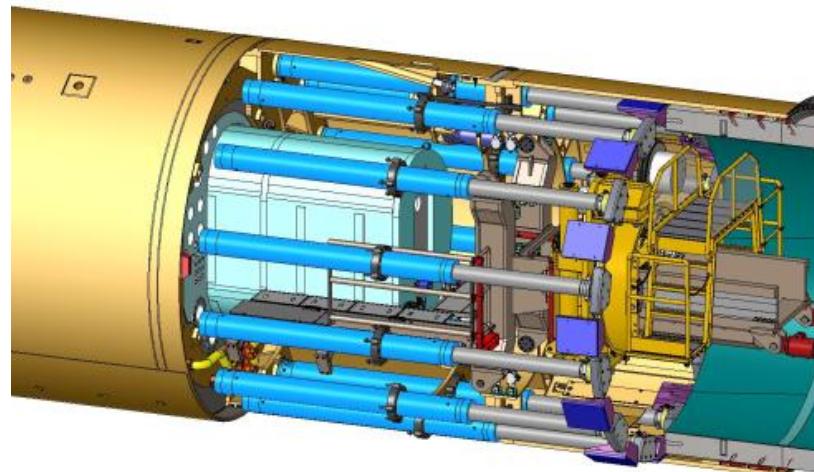


### Phase #6

Lifting the MTBM



## 6. Recuperación bajo agua – TBM Dovelas

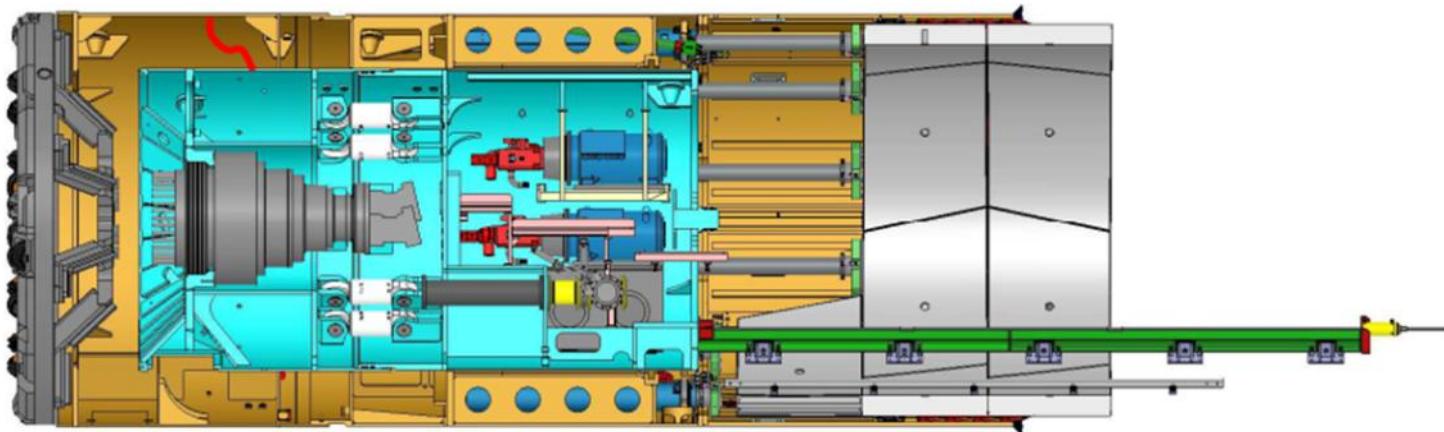
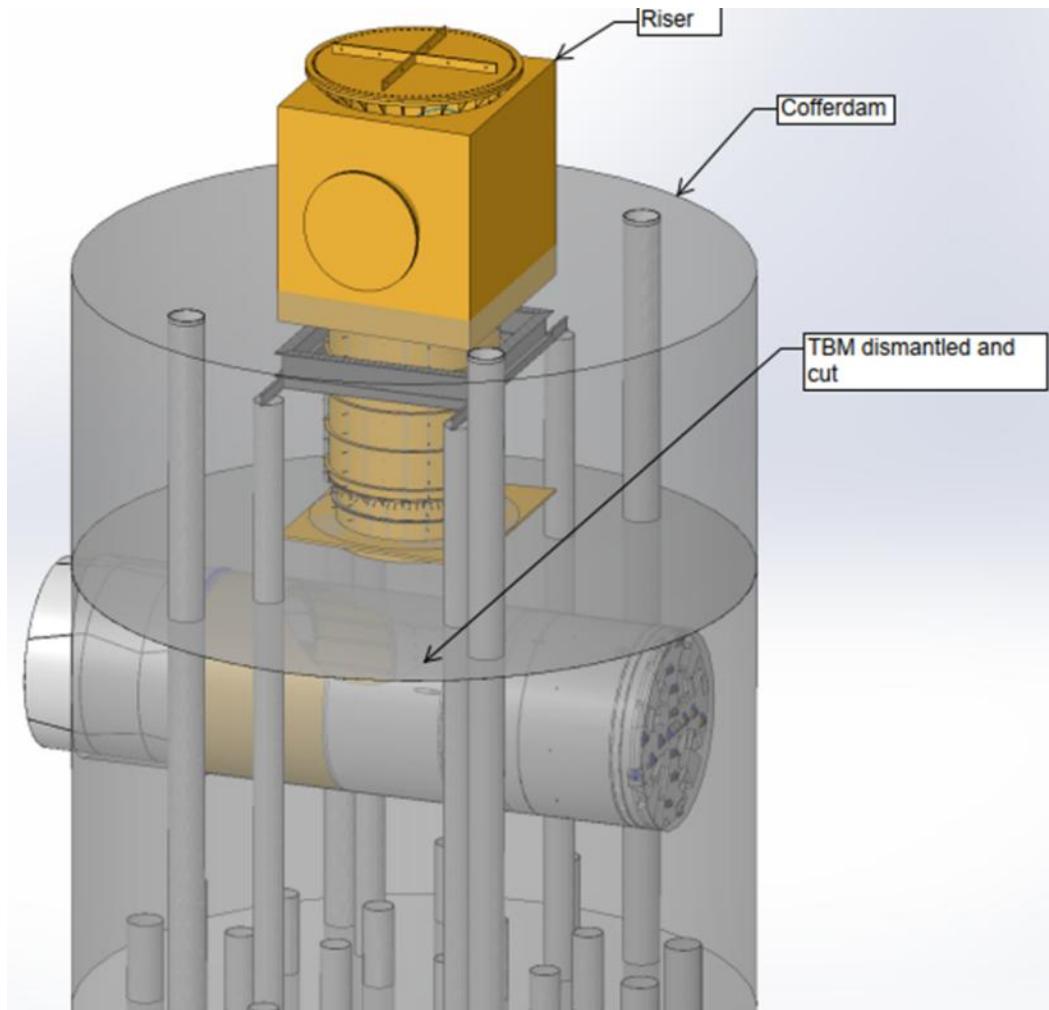




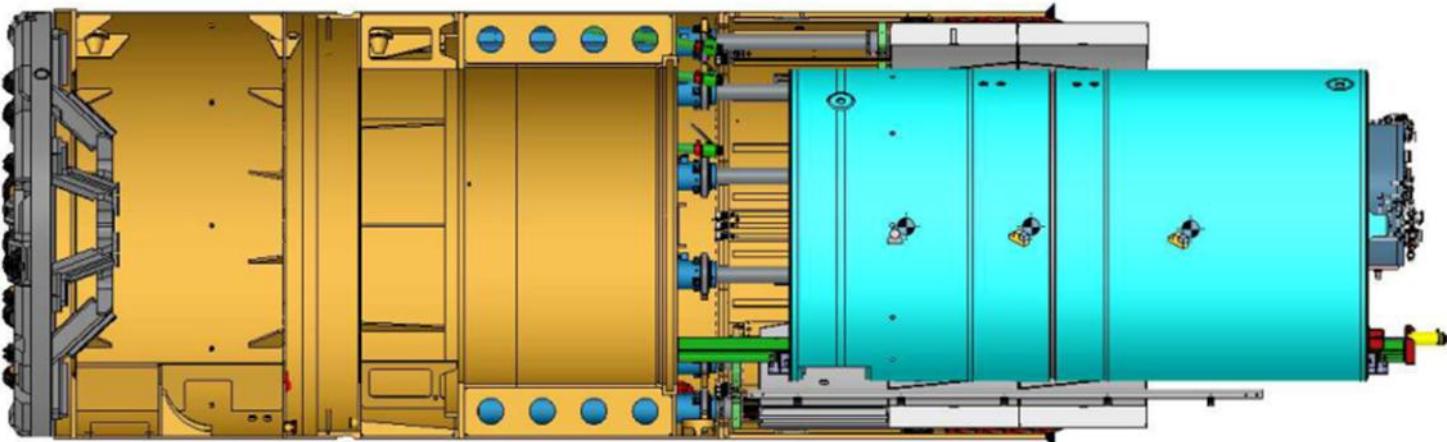
# Desmontaje en túnel ciego



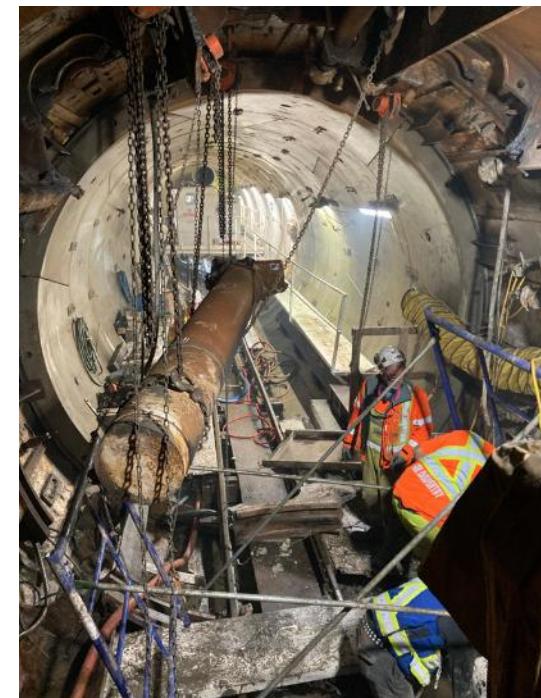
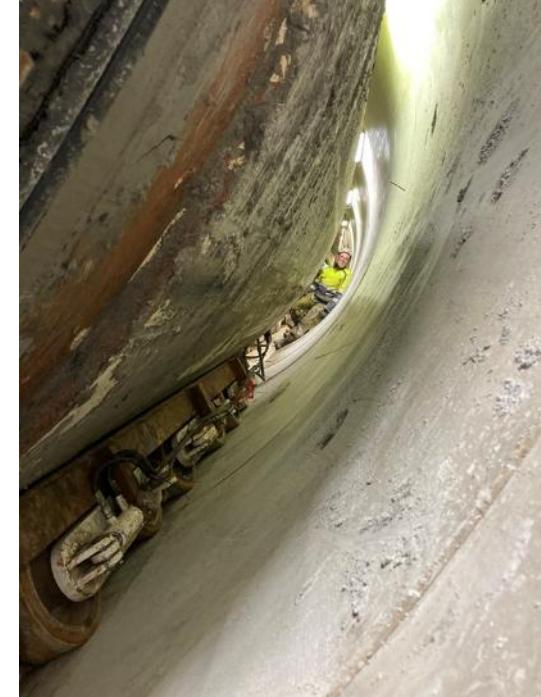
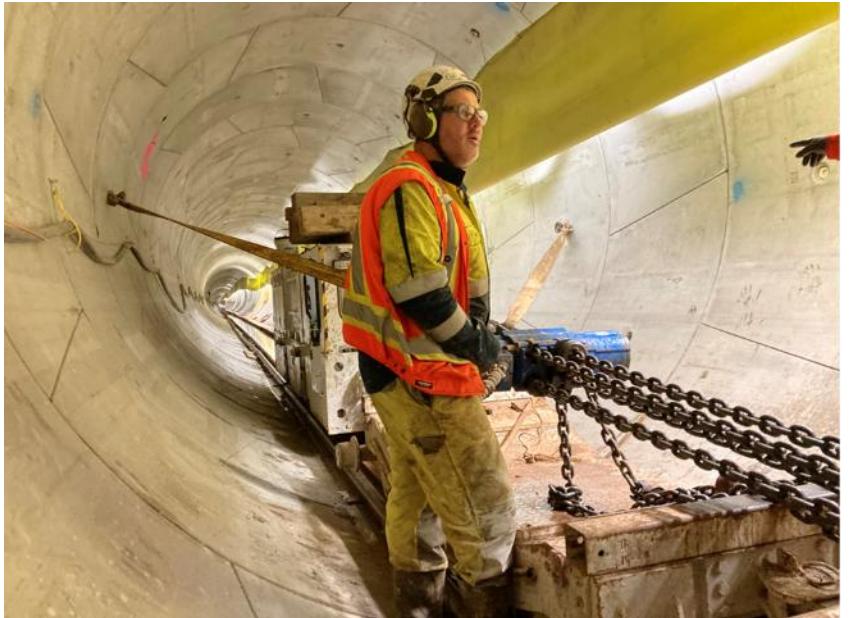
## 7. Recuperación: túnel ciego



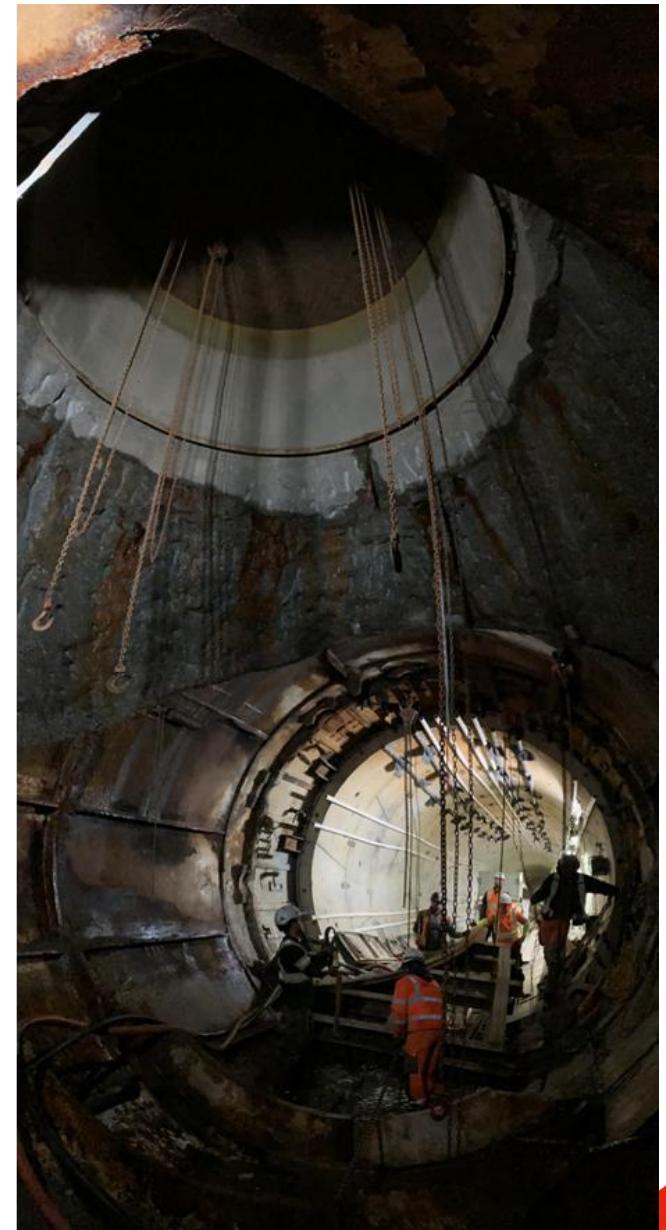
*Figure 8: Disconnection of the injection hoses (shown in red)*



## 7. Recuperación: túnel ciego



## 7. Recuperación: túnel ciego





# Bessac experiencias

- Petróleo y gas
- Túnel de cables
- Desalinización
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) emisarios
- Nuclear





Oil & Gas

# Petróleo y Gas



Oil & Gas

# ENI – Baleine Emisario gas pipeline

ABIDJAN (Costa de Marfil)



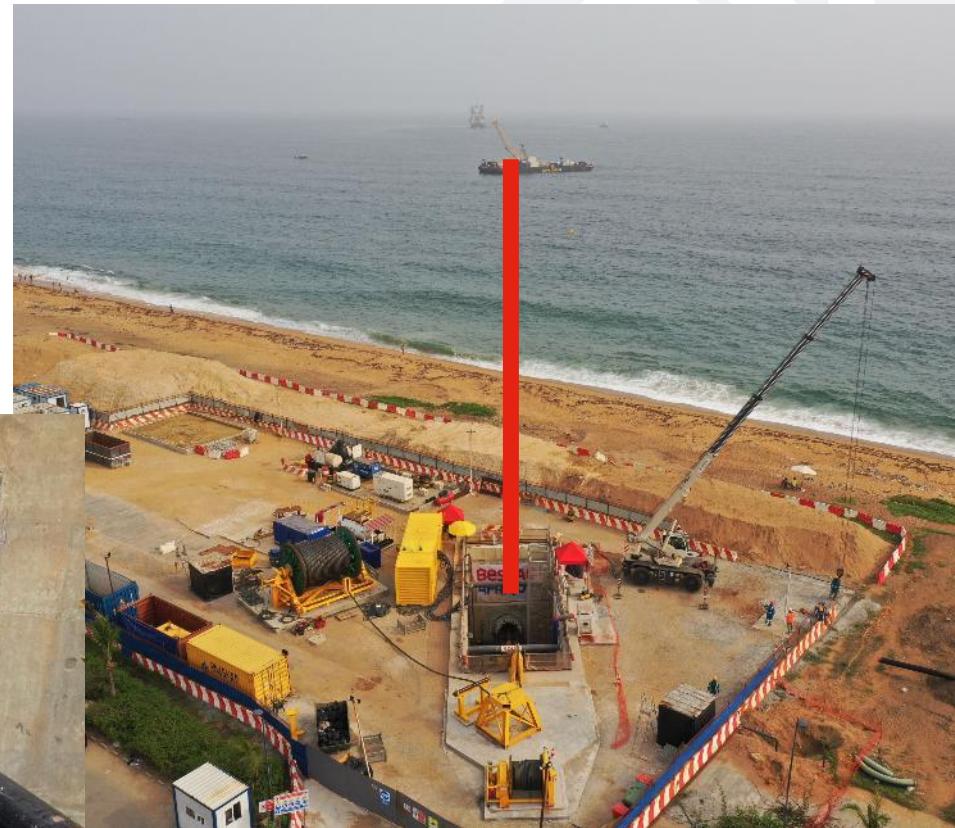
- Microtunnel Ø 1600 mm
- L : 330 m
- 1 pozo
- Gas pipeline pulling





Oil & Gas

- Instalación de gasoducto dentro del microtúnel



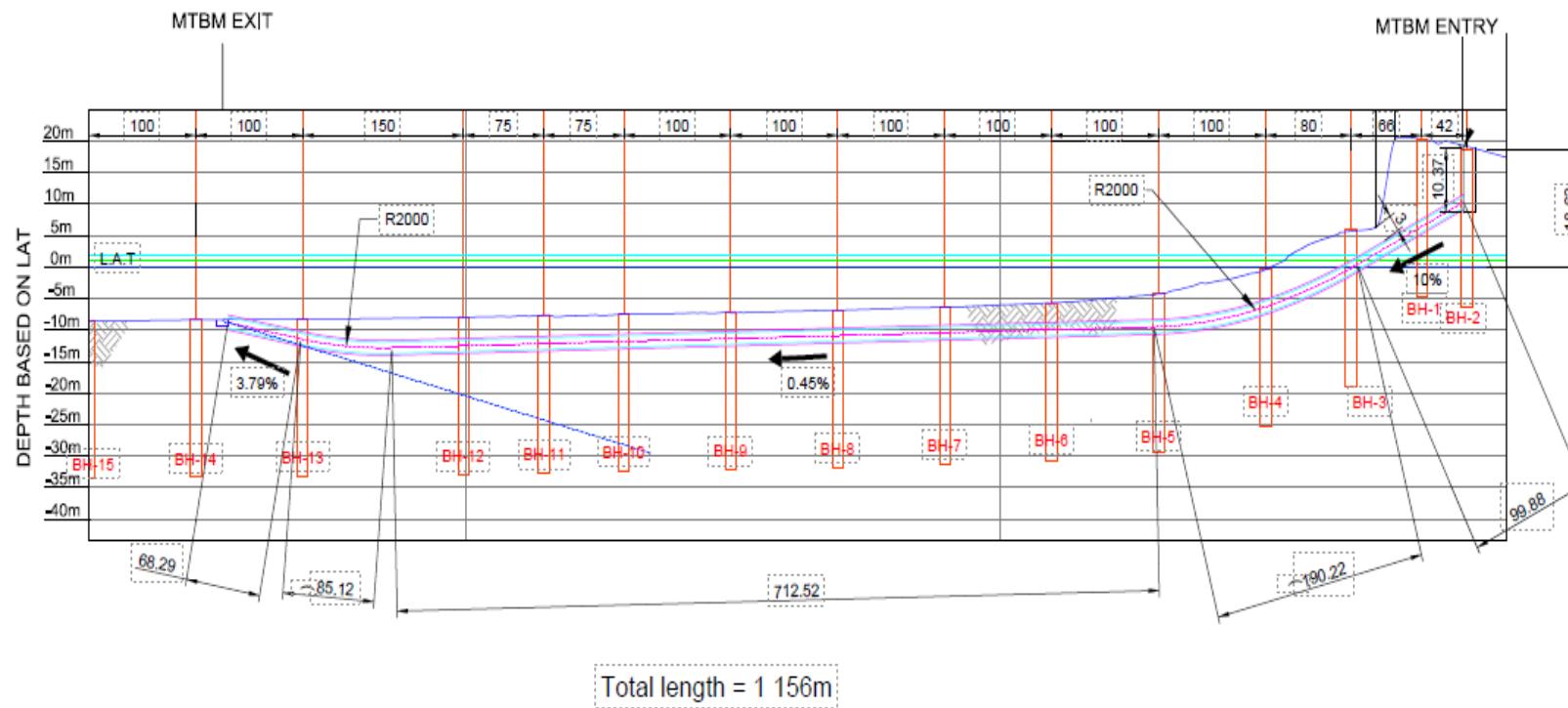
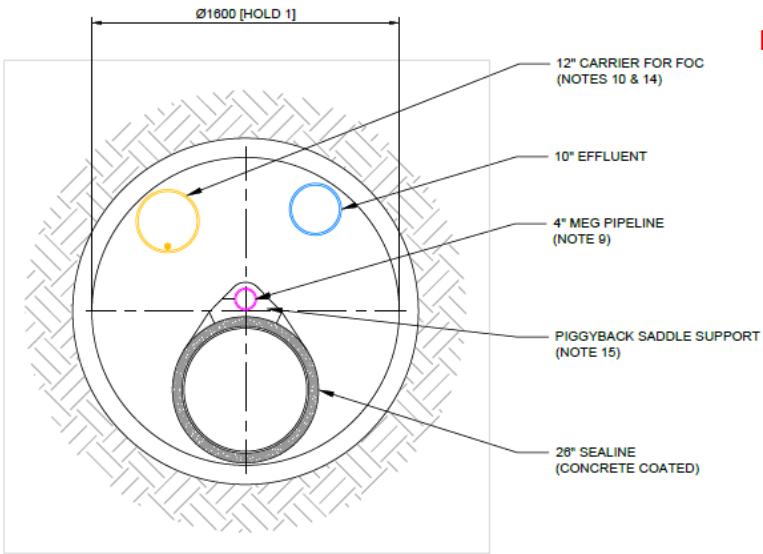


# ANGOLA - SOYO

## Quiluma

Emisario para oleoducto :

- 1160m (3,805') - Ø 1.8m (70") slurry MTBM
- 1 pozo
- HDPE Instalación de tubería en el interior del microtúnel



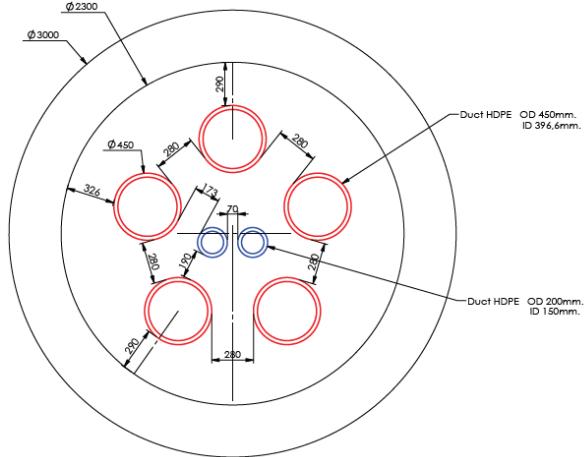
# Túnel como galería técnica



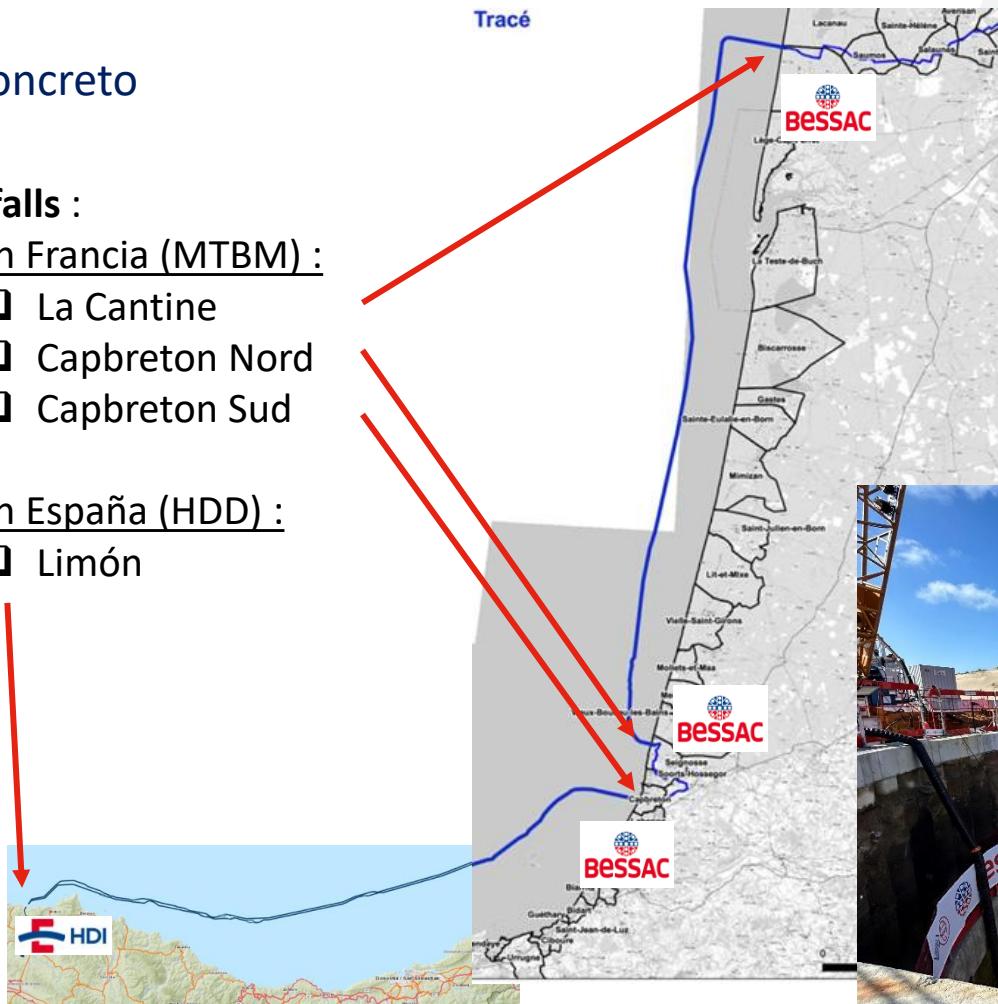
# INELFE – Conexión de alta tensión entre España y Francia



Diámetro:	2300mm
Longitud:	4.2 km de microtúnel
Pozos:	4 pozos
Revestimiento:	Tubería de concreto



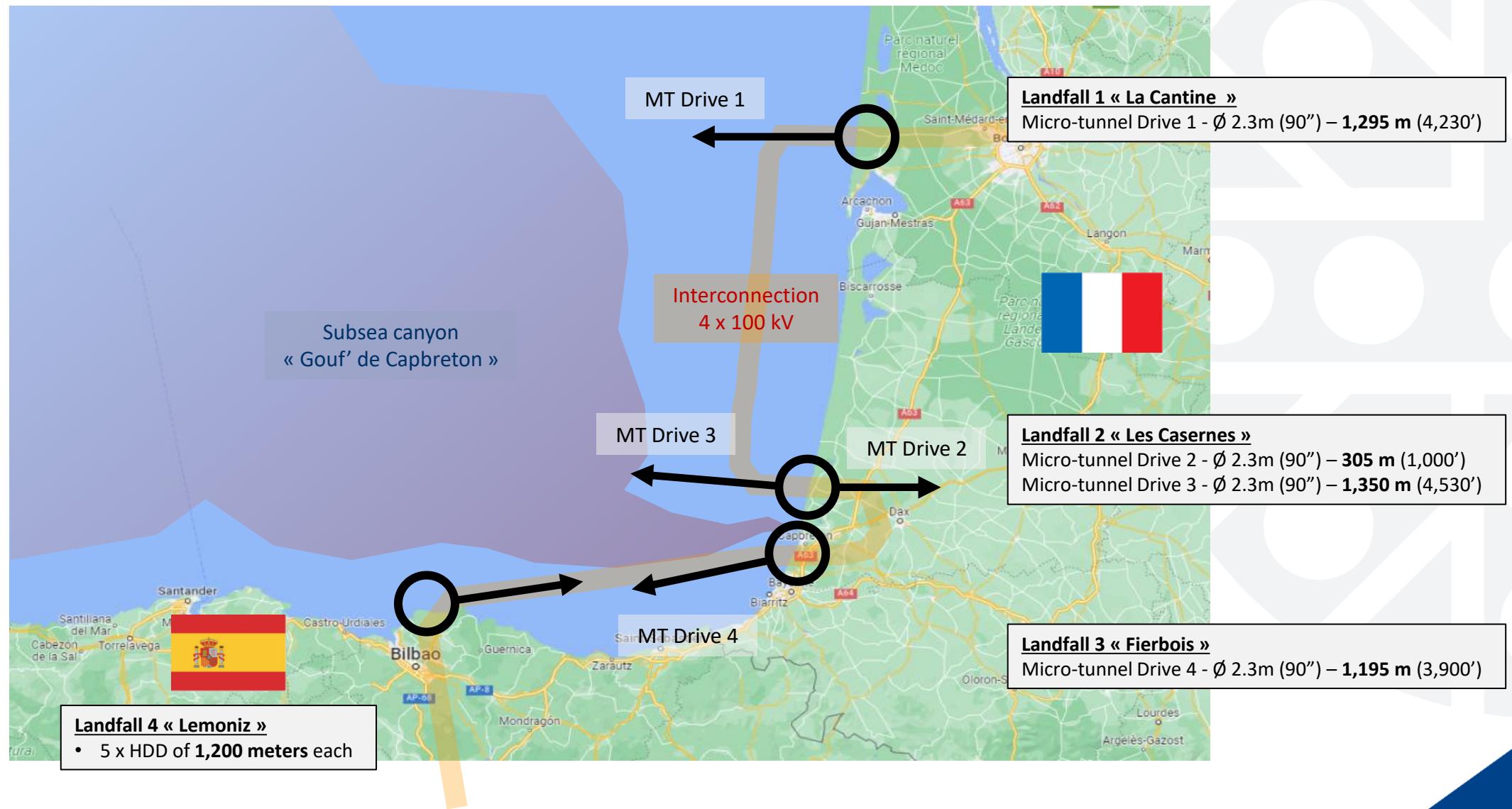
- 3 en Francia (MTBM) :
    - La Cantine
    - Capbreton Nord
    - Capbreton Sud
  - 1 en España (HDD) :
    - Limón



# INELFE – Conexión de alta tensión entre España y Francia



Energy



















# Plantas de Desalinización



Mining

# CHILE - ANTOFAGASTA – MINA ESCONDIDA

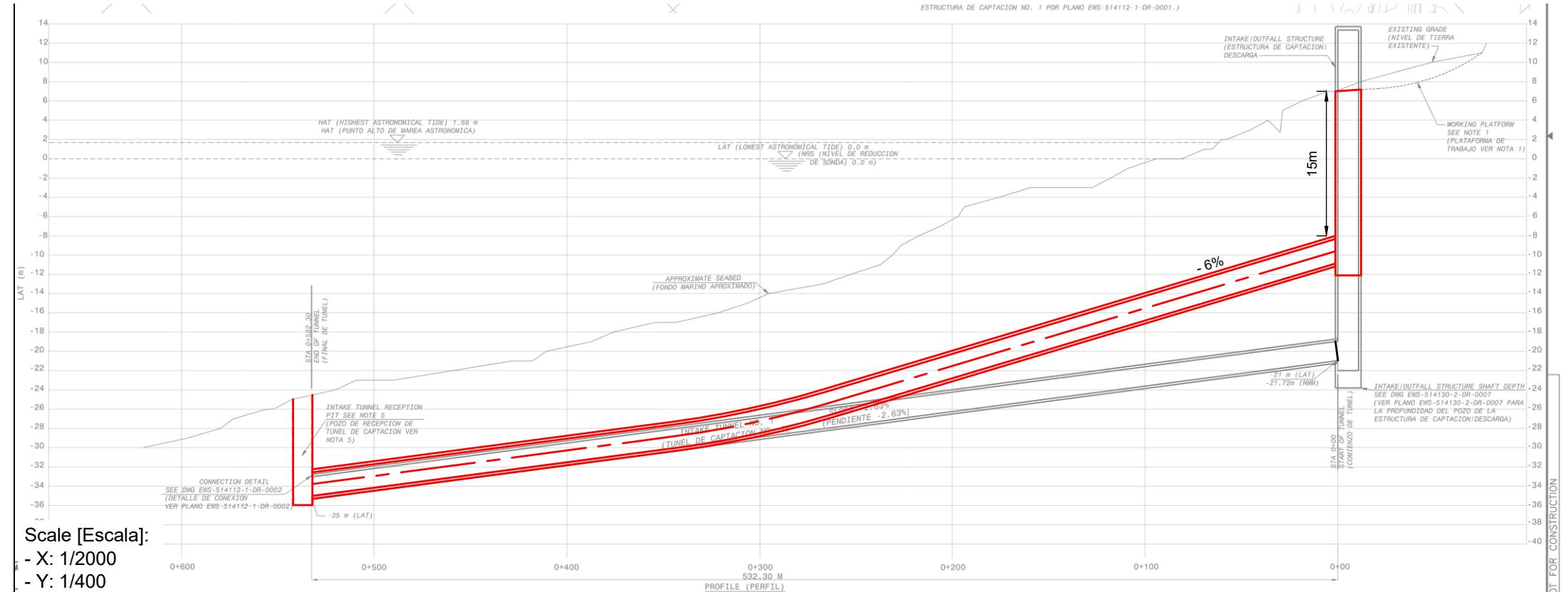
- 2 tomas de agua de mar y 1 emisario de salmuera para desalinización
- 1380m (2 x 530m + 320m) (4,530') - Ø 2m (78")
- 1 pozo interior + 3 pozos marinos



# Perfil del túnel :

## Pendiente maxi 6%

### Profundidad en el punto de recuperación del mar : 35 m



DATE	DESCRIPTION	DESIGN CHECK	APPROVE	CLIENT	AS BY	DATE	DESCRIPTION	DESIGN CHECK	APPROVE	CLIENT	DRAWING NUMBER	REFERENCE DRAWING
OCT-12	ISSUED FOR INTERNAL REVIEW	CH					C-PROF-Sections.dwg				Sheet_CRD.dwg	
NOV-12	ISSUED FOR CLIENT REVIEW	CH/JM	DL				20-C-SITE-PLAN000PS.dwg				20-C-SITE-PLAN1700PS.dwg	
DEC-12	ISSUED FOR BID	CH/JM	DL				173793-7230-P-GA-0001.dwg				Existing Site Layout.frd.dwg	
JAN-13	ISSUED FOR CLIENT REVIEW (REVISED)	CH/JM	DL				173793-7230-P-GA-0005.dwg				200 ENERGENI	
FEB-13	ISSUED FOR BID (REVISED)	CH/JM	DL				20-C-SITE-PLAN.dwg				DESIGNER: J. MCKELVY	

CHILE - Escondida Water Supply  
 Dwg: EWS-0201 Rev: 0  
 Folio: 1/4 Date: 03/06/13 Design: JSO

MONTEC

Geocean

CSM  
BESSAC

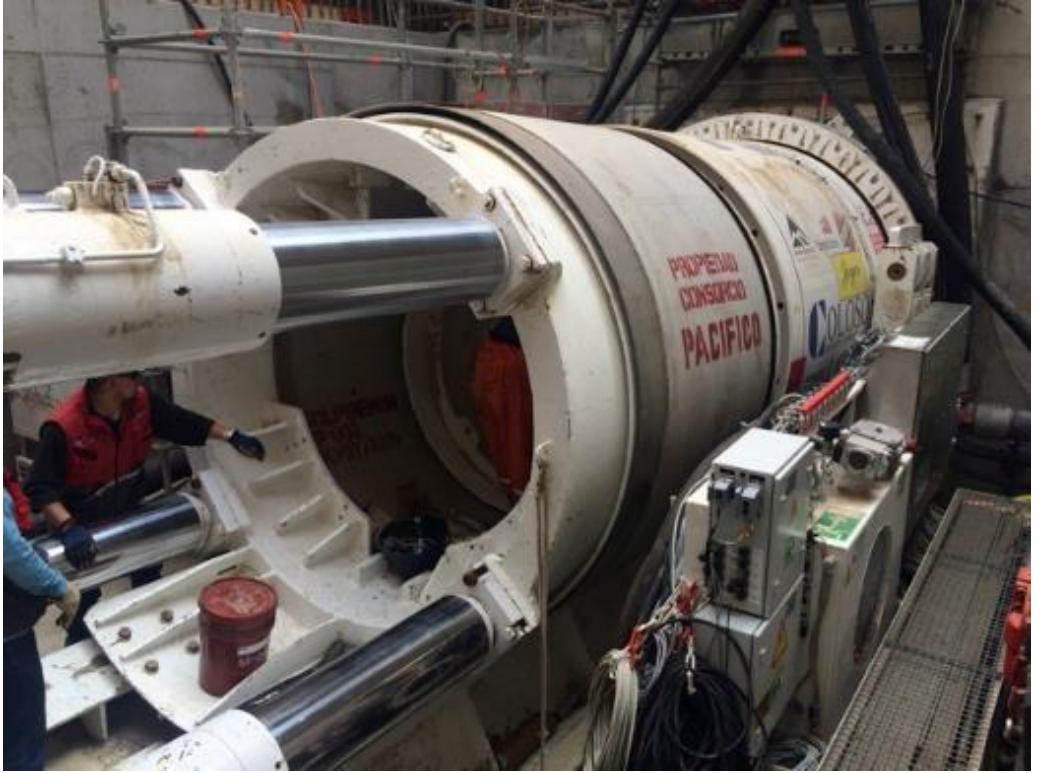
## Bajada y puesta en marcha del MTBM



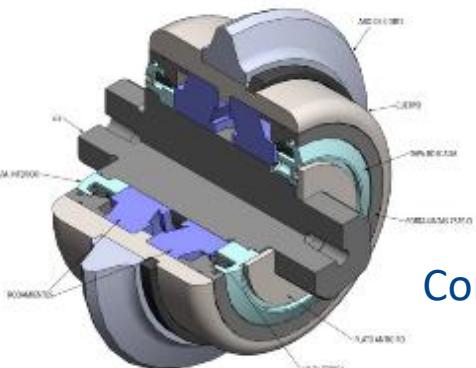
## Geología:

## Roca (Granito + diorita) - UCS: 29 000 PSI (200 Mpa)

## **Altura de agua: hasta 110' (35 metros)**



## Estación Principal de Empuje

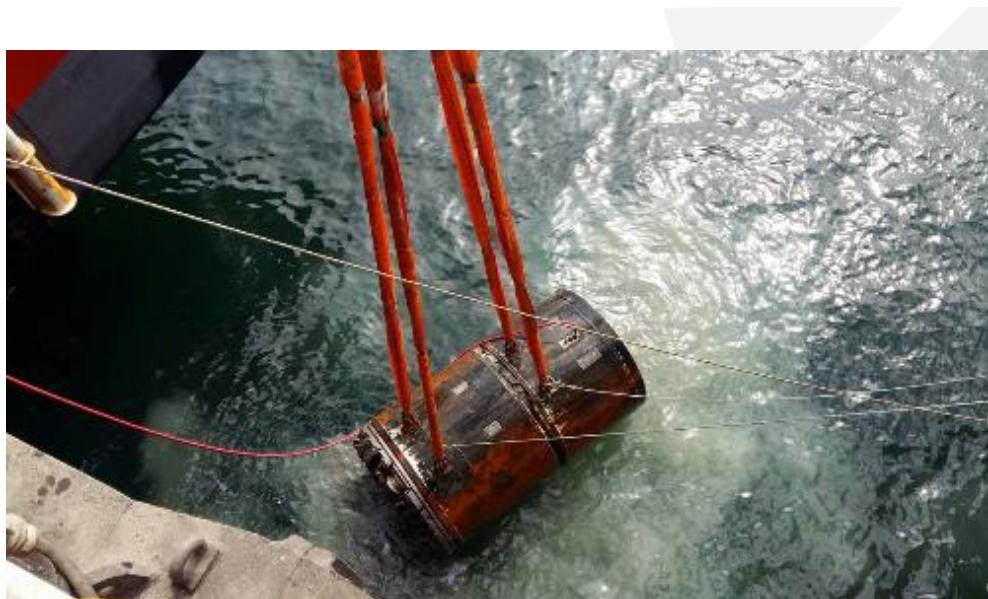


## Cortadores con compensación de presión



## Acceso a la cámara bajo presión de aire para inspeccionar / cambiar los cortadores

## Recuperación en el mar

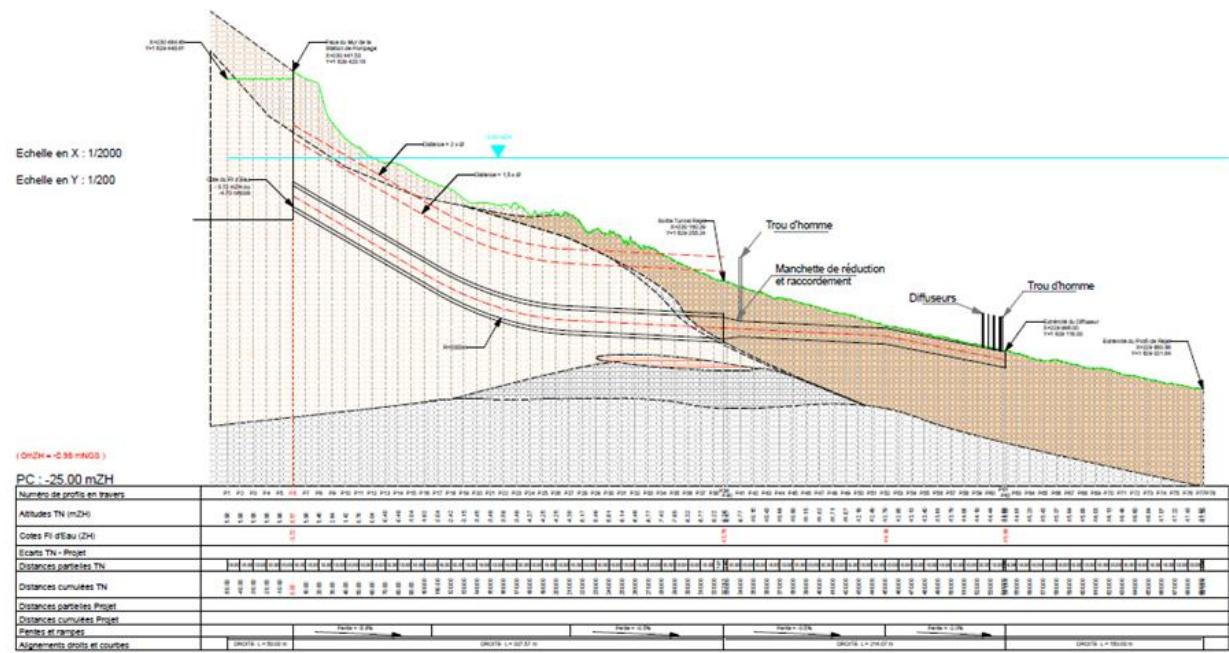


# Planta Desaladora MAMELLES – Inmisario y Emisario



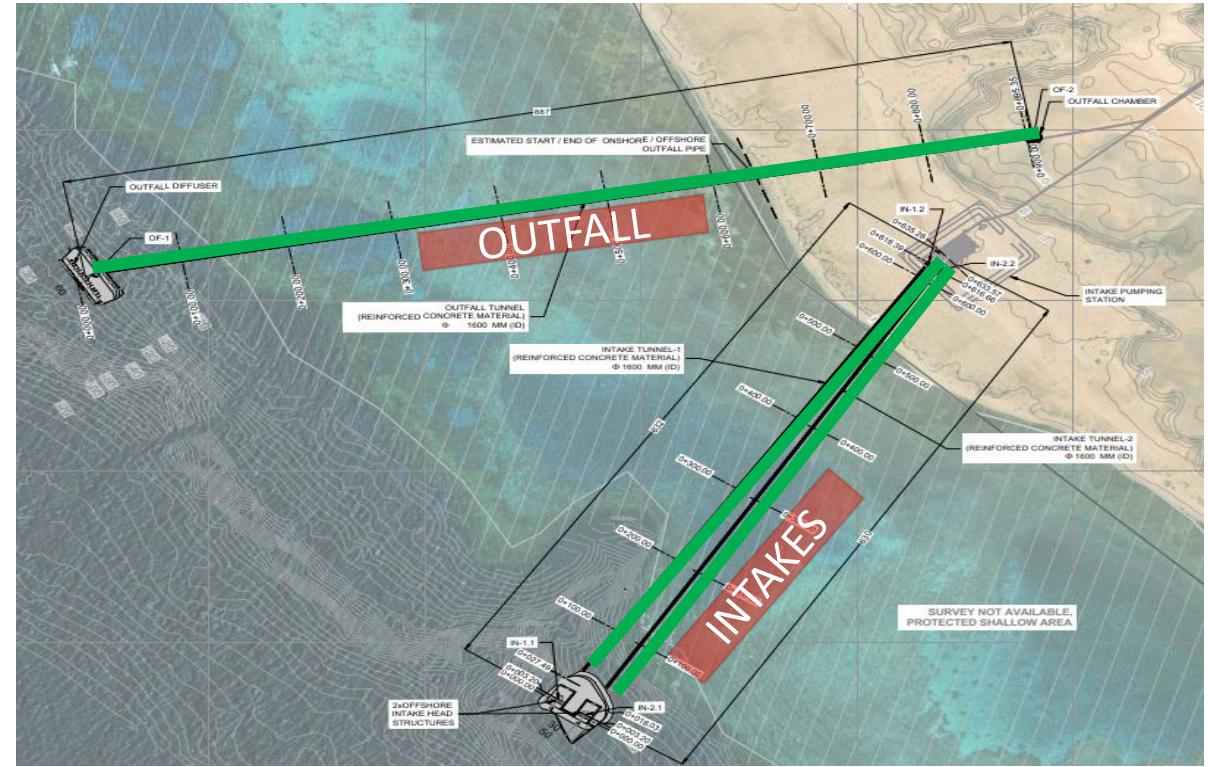
## Water & Sewer

- ## Microtúnel de 2 x 350 m Ø 1,60 m





# ARABIA SAUDITA - AMAALA



## Planta de Desalinización:

### 3 Microtúneles :

- Tomas : 2 x 560m (1,840') Ø 1600 mm (60")
- Emisario: 880m (2,890') Ø 1600 mm (60")

### 3 Pozos

# Israel – Planta desalinizadora de Hadera



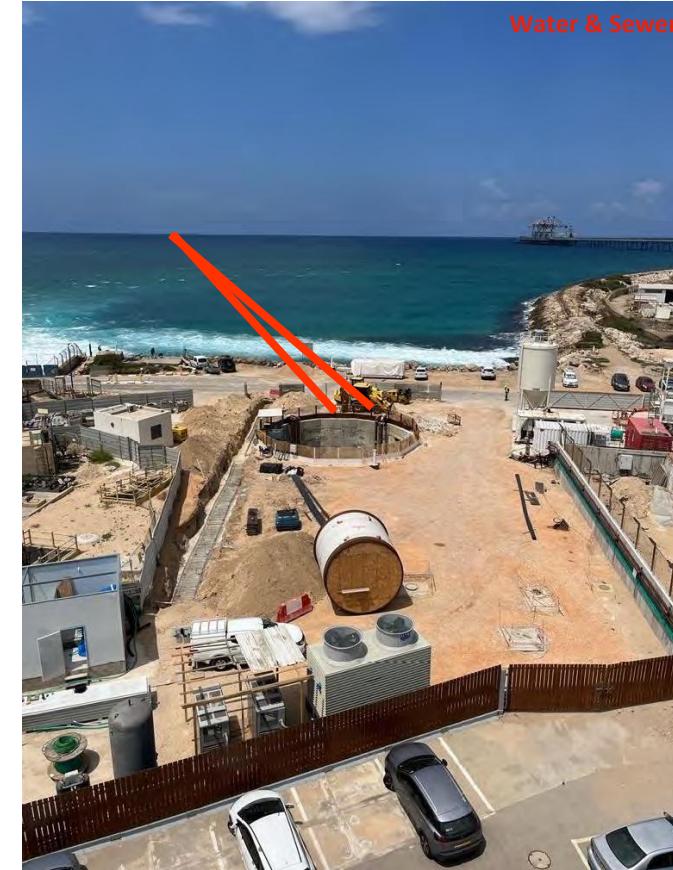
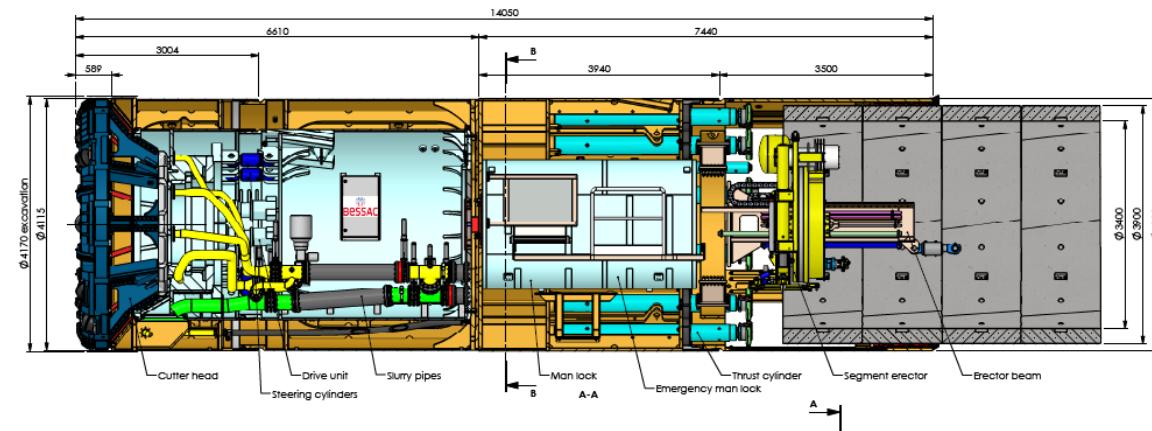
Water & Sewer

HADERA (Israel)

50  
YEARS  
1975 | 2025  
**BESSAC**



- ✳️ Túnel de 2,030 m
- ✳️ Ø 3,40 m
- ✳️ Tuneladora de lodos





Water & Sewer

# Israel – Planta desalinizadora de Hadera



# Aplicaciones para descargas marinas

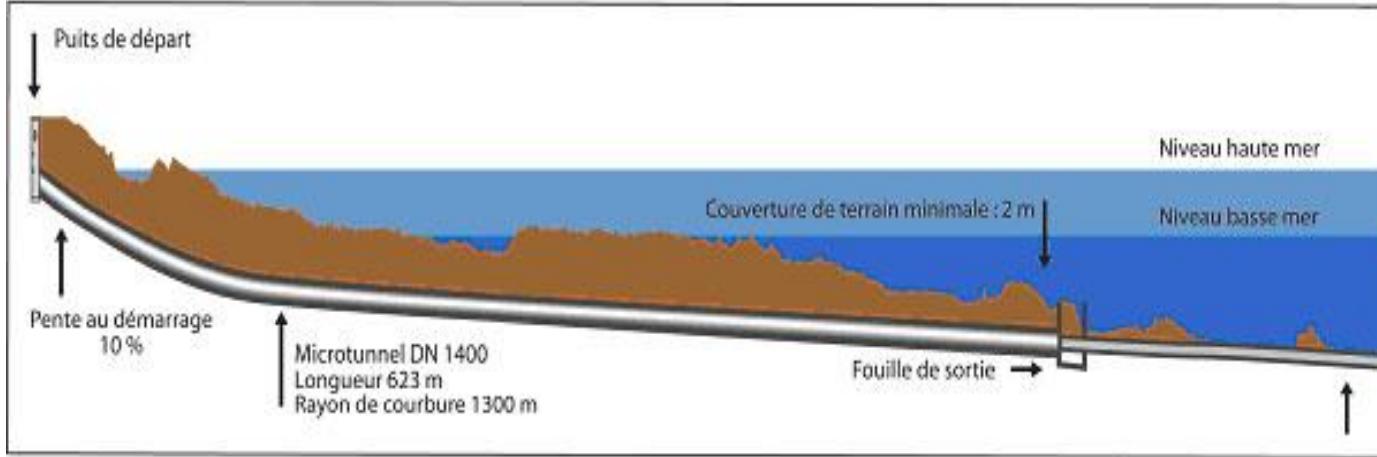




Water & Sewer

## SABLES D'OLONNE (France)

# Sables d'Olonne Emisario marino de aguas residuales



- Diámetro : 1,40 m
- L : 623 m





Water & Sewer

# FRANCIA – BIDART

## Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

- 580m (1,900') - Ø 1.6m (63") Slurry MTBM
- 1 shaft



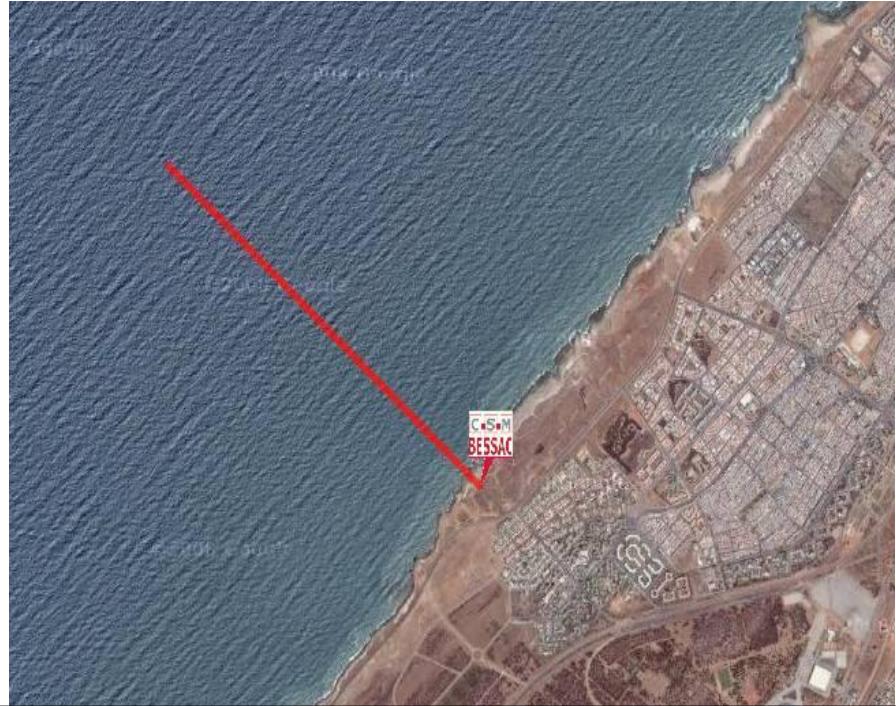
50  
YEARS  
1975 | 2025  
**BESSAC**

# MARUECOS - RABAT

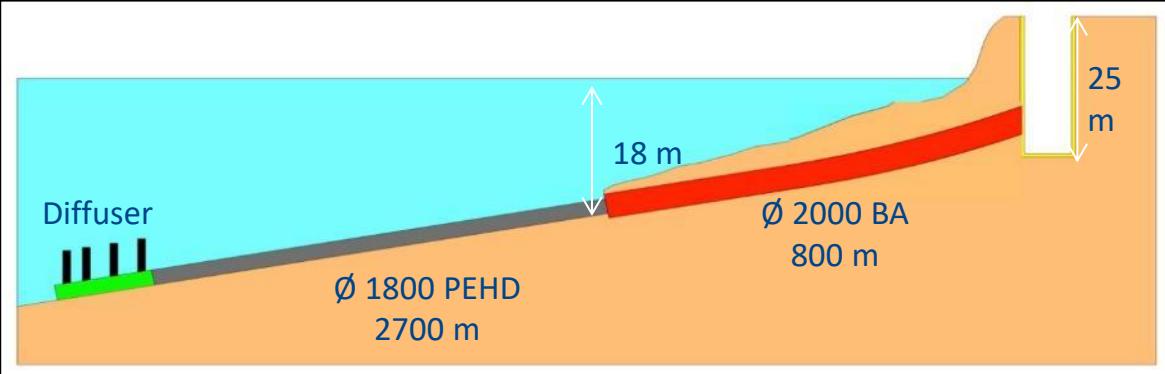
## Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)



Water & Sewer



- L: 800m
- Ø 2m Slurry MTBM
- 1 Pozo





Water & Sewer

# CASABLANCA (Morocco) – 2013 / 2014

## Emisario marino de aguas residuales

Diámetro:	2100mm
Longitud:	1100m
Geología:	Arena, esquisto, arenisca
Resaltar:	Intervenciones hiperbáricas, longitud





Water & Sewer

# REDAL – Emisario de aguas residuales

SAL (Marruecos)



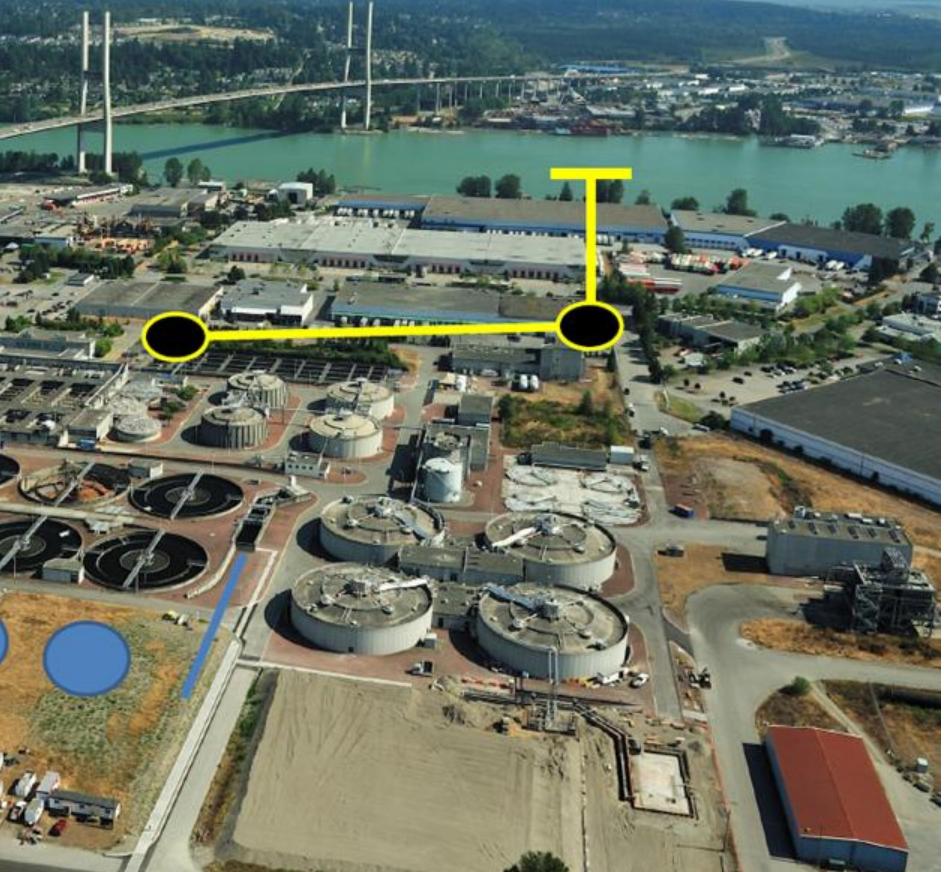
- **Microtunnel Ø 1900 mm**
- **L : 800 m**
- **1 Pozo**



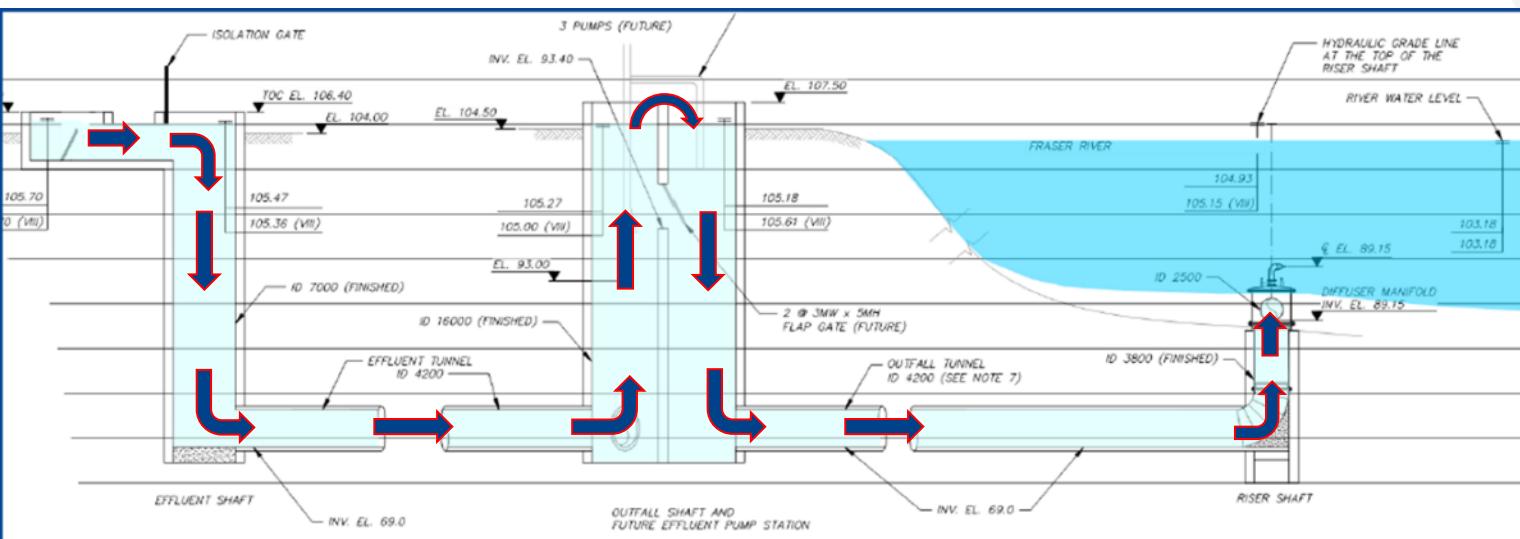


Water & Sewer

# CANADA - VANCOUVER ANNACIS OUTFALL



- 800m
- Ø 4.20m Slurry TBM
- 2 Pozos
- 1 Emisor del río
- 1 Difusor de río





# Aplicaciones Nucleares



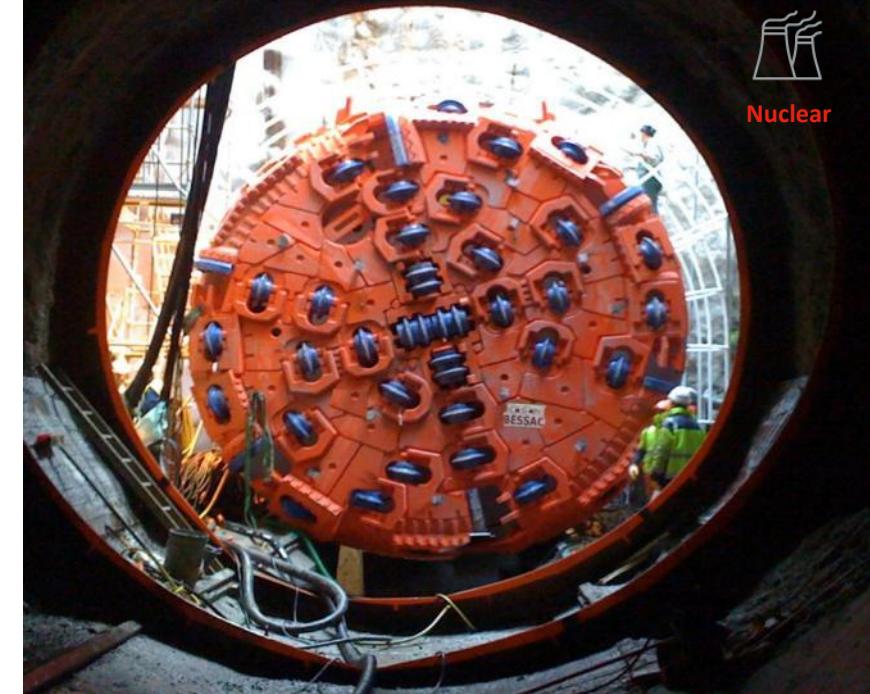
Nuclear

# FLAMANVILLE – FRANCIA

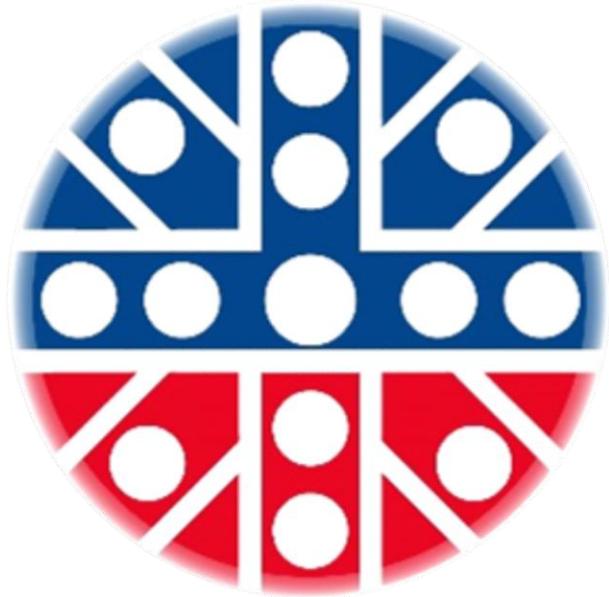
## EDF - CENTRAL NUCLEAR



- 900m (2,950")
- Ø 5m (16.4') Slurry TBM
- 1 Pozo
- Túnel ciego



# TÚNELES & MICROTÚNELES



[www.bessac.com.mx](http://www.bessac.com.mx)

Raymundo GONZÁLEZ

[raymundo.gonzalez@bessac.com](mailto:raymundo.gonzalez@bessac.com)

+52 55 4499 6738  
+52 55 5241 7250 ext. 253

Z.I. de la Pointe  
31790 Saint Jory - France  
Tél. : +33 5 61 37 63 63  
Email : [bessac@bessac.com](mailto:bessac@bessac.com)

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